



THAMYLON CAMILO DIAS

**FORMA E TAMANHO ÓTIMOS DE PARCELAS
EXPERIMENTAIS DE EUCALIPTO CLONAL
EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA-FLORESTA**

LAVRAS - MG

2014

THAMYLON CAMILO DIAS

**FORMA E TAMANHO ÓTIMOS DE PARCELAS EXPERIMENTAIS DE
EUCALIPTO CLONAL EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA-FLORESTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Renato Luiz Grisi Macedo

Coorientadores

Dr. Augusto Ramalho De Moraes

Dr. Helio Tonini

LAVRAS - MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Dias, Thamyron Camilo.

Forma e tamanhos ótimos de parcelas experimentais de eucalipto clonal em sistema de integração – lavoura – pecuária – floresta / Thamyron Camilo Dias. – Lavras : UFLA, 2014.

114 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Renato Luiz Grisi Macedo.

Bibliografia.

1. Sistema agroflorestal. 2. *Eucalyptus urograndis*. 3. Biometria. 4. Planejamento experimental. 5. Otimização. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.9

THAMYLON CAMILO DIAS

**FORMA E TAMANHO ÓTIMOS DE PARCELAS EXPERIMENTAIS DE
EUCALIPTO CLONAL EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA-FLORESTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2014.

Dr. Augusto Ramalho Morais UFLA

Dr. Helio Tonini EMBRAPA Agrossilvipastoril / CPAMT

Dr. Nelson Venturin UFLA

Dr. Renato Luiz Grisi Macedo
Orientador

LAVRAS - MG

2014

Primeiramente a Deus,

Principal responsável por tornar tudo possível e por ter me dado força, saúde e perseverança pra chegar ao final de mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais,

Carlos Roberto Rodrigues Dias e Beatriz Camilo Ricardo Dias, pelo amor, apoio, dedicação, incentivo e compreensão, durante todos esses anos.

Ao meu irmão,

Thalyson Camilo Dias, pelo companheirismo, amizade e paciência.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

“Algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre, umas porque nos vão ajudando na construção, outras porque nos apresentam projetos de sonho e outras ainda porque nos desafiam a construí-los. Quando damos conta, já é tarde para lhes agradecer...”

Aos estimados Dr. Renato Luiz Grisi Macedo, Dr. Augusto Ramalho de Moraes e Dr. Helio Tonini pela orientação, amizade, incentivo, conselhos e confiança, expresso o meu maior agradecimento e meu profundo respeito, que sempre serão poucos diante do muito que me foi oferecido.

A Dr.^a Roberta Aparecida Carnevalli, pela confiança depositada e por ter proporcionado a execução do trabalho junto a seu projeto na EMBRAPA Agrossilvipastoril. Assim como pela ajuda na execução do trabalho e pelo auxílio prestado, quando as duvidas persistiram.

Aos funcionários da UFLA e EMBRAPA Agrossilvipastoril, sem a colaboração de todos; esse trabalho não seria possível.

A todos os professores do PPG em Engenharia Florestal da UFLA, pelo compromisso sério de ensinar e passar seus conhecimentos.

Aos meus familiares, que sempre me deram carinho e força pra continuar trilhando esse caminho.

A todos os amigos que estiveram comigo nos melhores e piores momentos.

A todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização desse trabalho, MEUS MAIS SINCEROS AGRADECIMENTOS.

RESUMO

Foram conduzidos na EMBRAPA Agrossilvipastoril em Sinop-MT, um ensaio de uniformidade (teste em branco) em plantio puro e nove em sistema de integração lavoura pecuária floresta (iLPF) com Eucalipto codificados como (P.Puro, iLPF1, iLPF2, iLPF3, iLPF4, iLPF5, iLPF6, iLPF7, iLPF8, iLPF8 e iLPF9). As variáveis dendrométricas analisadas foram: o diâmetro a 1,30 m de altura do solo (DAP), altura total (Ht) e o volume total com casca (Vol). Para cada variável de interesse foi definido o tamanho ótimo e a forma mais adequada para as parcelas experimentais. Dentre as três variáveis a que apresentou o maior tamanho de parcela foi escolhida como mais adequada para a determinação do tamanho utilizado para cada área. A unidade básica (UB) foi considerada uma planta/árvore. Utilizando-se as UB's, dispostas convenientemente em linhas e colunas, foram simulados 17 diferentes tamanhos de parcelas (1,2,...,14,15,20 e 25 plantas por parcela), formados por i unidades básicas na linha e j unidades básicas na coluna. Os métodos de estimação utilizados foram: o método de máxima curvatura modificada (MCM), método de modelo linear de resposta em platô (MLRP) e o método de modelo quadrático de resposta em platô (MQRP). Como medidas de qualidade dos ajustes, foram utilizados o coeficiente de determinação (R^2), critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de Informação Bayesiano (BIC). A melhor forma correspondeu à conformação que apresentou o menor (CV_x) e a maior informação relativa (IR). Com os resultados obtidos foi possível identificar que o melhor método é o MCM; dentre as variáveis analisadas a (Vol) foi escolhida por ser a mais exigente. Nessa realidade para as áreas P.Puro e iLPF6 o tamanho de parcela é de 8 UB e para as demais áreas de 7UB, sendo o formato retangular o mais informativo e recomendado para utilização em sistema iLPF.

Palavras-chave: Sistema Agroflorestal. *Eucalyptus urograndis*. Biometria. Planejamento experimental. Otimização.

ABSTRACT

Were conducted in EMBRAPA Agroforestry in Sinop - MT, nine tests of uniformity in integrated crop livestock forest (iLPF) system and an essay in pure stand coded as (P.Puro, iLPF1, iLPF2, iLPF3, iLPF4, iLPF5, iLPF6, iLPF7, iLPF8, iLPF8 and iLPF9). The dendrometric variables analyzed were: the diameter at 1.30 m above the ground (DBH), total height (HT) and bark volume (Vol). For each of these variables was set a great size and a suitable form of plots. Among the three variables dendrometric the one with the largest plot size was chosen as the most appropriate for determining the size used for each area. The basic unit (BU) was considered a plant / tree. Was used to BU's conveniently arranged in rows and columns, 17 different sizes of plots (ixj) and (1,2,...,14,15,20 and 25 plants per plot), formed by basic units in row i and j basic units in the column were simulated. Estimation methods were. Modified maximum curvature method (MMC) method of linear model response plateau (LMRP) and method of quadratic model response plateau (QMRP), to check the difference between the quality of the adjustments, the coefficient of determination (R^2), information criteria of Akaike (ICA) and the information criterion of Bayesian (ICB). Methods were compared the best way corresponds to the conformation that provides the lowest (CVX) most IR. Com the results it can be identify that among the methods evaluated the best method is the MCM; and among the variables analyzed (Vol) was chosen for being the most demanding. (P.Puro) to this reality and (iLPF6) areas the plot size is 8 UB and other areas of that same reality 7UB and rectangular plots were those that are most appropriate.

Keywords: Agroforestry. *Eucalyptus urograndis*. Biometrics. Experimental design. Optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de modelo linear segmentado com platô.....	42
Figura 2	Esquema de modelo quadrático segmentado com platô.....	43
Figura 3	Ilustração do agrupamento de UB adjacentes para a formação de parcelas no formato retangular 2x1 ($i=2, j=1$).....	50
Figura 4	Tamanhos ótimos de parcela em UB na área (P.Puro) plantio puro em espaçamento (3,5x3m), para a variável volume, nos três métodos de determinação utilizados MCM, MLRP e MQRP. Em que: X_0 = Tamanho ótimo de parcela em UB; $CV(\%)$ = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X_0 UB's; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, com valores aproximados para o inteiro superior mais próximo	65
Figura 5	Tamanhos ótimos de parcela em UB na área de (iLPF1) sistema com renques triplos em espaçamento (3,5 x 3m) para a variável volume, nos três métodos de determinação utilizados MCM, MLRP e MQRP. Em que: X_0 =Tamanho ótimo de parcela em UB; $CV(\%)$ = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X_0 UB's; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, com valores aproximados para o inteiro superior mais próximo.....	66

Figura 6 Relação entre coeficiente de variação (CV) e tamanho da parcela (UB) Para a variável volume (Vol) de plantas de eucalipto, clone H13 na área de (P.Puro) plantio puro em espaçamento (3,5x3,0), estimativa do tamanho ótimo de parcela (X0) em UB, pelo método MCM. Em que: X0 = Tamanho ótimo de parcela em UB; CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X0 UB's; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, sendo os valores aproximados para o inteiro superior mais próximo..... 76

Figura 7 Relação entre coeficiente de variação (CV) e tamanho da parcela (UB), para a variável volume (Vol) de plantas de eucalipto, clone H13 na área de (iLPF6), sistema iLPF com linhas duplas em espaçamento (3,0x2,0), estimativa do tamanho ótimo de parcela (X0) em UB, pelo método MCM. Em que: X0 = Tamanho ótimo de parcela em UB; CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X0 UB's; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, sendo os valores aproximados para o inteiro superior mais próximo..... 77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Descrição das informações das áreas avaliadas contendo o respectivo código da área, área de plantio, idade de avaliação do povoamento e espaçamento utilizado para o <i>E.urograndis</i> em cada área no C.E da Embrapa Agrossilvipastoril em Sinop (MT) ...	46
Tabela 2	Sequencia de implantação da lavoura e pasto nas três áreas (A1, A2, A3 e A4) do primeiro ao quarto ano de implantação do sistema.....	47
Tabela 3	Estimativas dos avaliadores de qualidade do ajuste dos três principais métodos de estimação do tamanho de parcela, para as dez áreas avaliadas e respectivas médias gerais, para a variável diâmetro a altura do peito (DAP) de eucalipto, clone H13	57
Tabela 4	Estimativas dos avaliadores de qualidade do ajuste dos três principais métodos de estimação do tamanho de parcela, para as dez áreas avaliadas e respectivas médias gerais, para a variável altura total (Ht) de eucalipto, clone H13	58
Tabela 5	Estimativas dos avaliadores de qualidade do ajuste dos três principais métodos de estimação do tamanho de parcela, para as dez áreas avaliadas e respectivas médias gerais, para a variável volume total (Vol) de eucalipto, clone H13	59
Tabela 6	Tamanhos ótimos de parcela em UB pelo método de MCM, para as dez áreas avaliadas nas três variáveis de interesse e suas respectivas médias.....	68
Tabela 7	Tamanhos ótimos de parcela em UB pelo método de MLRP, para todas as áreas avaliadas nas três variáveis de interesse e suas respectivas médias.....	71

Tabela 8	Tamanhos ótimos de parcela em UB pelo método de MQRP, para todas as áreas avaliadas nas três variáveis de interesse e suas respectivas médias.....	73
Tabela 9	Estimativas do tamanho ótimo de parcela (X_0), em UB, do coeficiente de variação (CV%), para a variável volume (Vol), para as dez áreas avaliadas nos três métodos de determinação utilizados MCM, MLRP e MQRP e suas respectivas médias	74
Tabela 10	Tamanhos ótimos de parcela em UB pelo método de MCM, para as dez áreas avaliadas nas três variáveis de interesse (DAP, Ht e Vol).....	84
Tabela 11	Tamanhos, diferentes possibilidades de forma de parcela, CV(%) e IR das áreas P.Puro e iLPF1, nas três variáveis de interesse DAP, Ht e Vol	86
Tabela 12	Tamanhos, diferentes possibilidades de forma de parcela, CV(%) e IR das áreas iLPF2, iLPF3, iLPF4 e iLPF5, nas três variáveis de interesse	88
Tabela 13	Tamanhos, diferentes possibilidades de forma de parcela, CV(%) e IR das áreas iLPF6, iLPF7, iLPF8 e iLPF9, nas três variáveis de interesse	88
Tabela 14	Tamanhos, diferentes possibilidades de forma de parcela, CV(%) e IR de todas as áreas avaliadas, na principal variável de interesse Vol.....	91

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	Sistemas agroflorestais	15
2.2	Eucalipto	19
2.3	Tamanho de parcela	22
2.3.1	Planejamento	23
2.3.2	Erro experimental.....	24
2.3.3	Coefficiente de variação X tamanho de parcela	25
2.3.4	Tamanho de parcela em diferentes culturas.....	26
2.3.5	Tamanho de parcela na área florestal.....	28
2.3.6	Importância e uso da parcela.....	29
2.4	Forma da parcela	32
2.5	Métodos de determinação de tamanho ótimo.....	32
2.5.1	Ensaio de uniformidade (experimento em branco).....	33
2.5.2	Principais métodos utilizados.....	33
2.5.3	Máxima curvatura modificada (MCM)	36
2.5.4	Modelo linear com resposta platô (MLRP)	38
2.5.5	Modelo quadrático com resposta platô (MQRP)	42
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3.1	Descrição das áreas de estudo	45
3.2	Variáveis dendrométricas analisadas.....	47
3.3	Métodos para estimação do tamanho da parcela	49
3.4	Forma e tamanho ótimos de parcela	52
3.4.1	Avaliadores de qualidade de ajuste	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1	Métodos de determinação de tamanho ótimo de parcela	56
4.2	Tamanho ótimo de parcela.....	67
4.3	Forma adequada para parcelas experimentais	83
5	CONCLUSÕES	94
	REFERÊNCIAS.....	95

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil e em todo mundo, um novo conceito em unidades de produção de bens e serviços baseado em integração de culturas vem se popularizando não só entre os produtores, mas principalmente entre as entidades de pesquisa que objetivam aperfeiçoar esse sistema produtivo.

Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) é um termo novo utilizado para classificar sistemas de cultivo que envolvem os componentes animal, agrícola e florestal, que podem estar escalonados no espaço e/ou no tempo. Também popularmente conhecido como Sistema Agroflorestal (SAF), são práticas antigas adaptadas às realidades atuais, desenvolvidas em grande parte por comunidades tradicionais em várias partes do mundo (REGMI e GARFORTH, 2010), especialmente nos trópicos.

A iLPF pode proporcionar várias vantagens para pequenos, médios e grandes produtores, muitas dessas são promovidas pelo componente florestal, que, quando bem utilizado promove maiores benefícios ao sistema. Dentre as espécies florestais mais utilizadas em iLPF as espécies do gênero *Eucalyptus* merecem destaque, por sua precocidade, alta produtividade, rentabilidade, qualidade dos produtos finais e, principalmente, pela capacidade de se adaptar a diferentes ambientes.

Esses aspectos tornaram o gênero *Eucalyptus* parte definitiva da produção florestal no Brasil, e o consolidam de forma crescente em sistemas iLPF no país e no mundo (VALE, 2004; GALZERANO; MORGADO, 2008; MACEDO, VALE; VENTURIN, 2010; SILVEIRA et al., 2011; SOUZA et al., 2011). Grande parte da viabilidade econômica do sistema iLPF é proporcionada pelo componente florestal, havendo a necessidade de maiores cuidados na implantação, condução e acompanhamento. Essas fases devem ser realizadas de forma eficiente e seguras, para garantir o sucesso do empreendimento.

No contexto de investigação e acompanhamento florestal, a determinação de tamanho e forma de parcela merece destaque por ser uma questão prática pertinente ao planejamento e por ser uma das principais formas de melhorar a qualidade das informações. À crescente demanda por novas tecnologia em sistemas iLPF tornam, cada vez mais, necessários experimentos mais seguros, precisos e com resultados extremamente confiáveis.

Para que as áreas experimentais possam ser manejadas de forma mais intensiva e produzir maior quantidade de resultados com qualidade em um menor período de tempo é importante um planejamento experimental adequado, para que os experimentos sejam menores e mais eficientes quanto à precisão e aos custos. Segundo Gomes e Couto (1985), é possível reduzir significativamente a área experimental, por meio de estudo do tamanho da parcela sem, contudo, afetar a precisão do experimento.

Existem, hoje, diversos métodos de determinação de tamanho ótimo de parcela que, aplicados a um mesmo conjunto de dados, proporcionam os mais variados resultados, cabe ao pesquisador escolher o que mais se adequa a sua realidade e o que melhor satisfaça os principais critérios estatísticos, silviculturais e operacionais.

Considerando o exposto, diante a carência de informações no tema e principalmente visando auxiliar e facilitar a investigação e o acompanhamento do crescimento do componente florestal em sistema iLPF, conduziu-se, este estudo, com o objetivo de testar e comparar diferentes métodos para a determinação do tamanho ótimo de parcela com Eucalipto em sistema iLPF, e indicar o tamanho ótimo e a forma mais adequada de parcelas experimentais para avaliação das principais características dendrométricas em dez diferentes áreas, das quais nove são cultivadas em sistema iLPF.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico resume-se a uma revisão de literatura geral sobre sistemas agroflorestais, sobre o Eucalipto, sobre os principais fatores que afetam o tamanho e forma das parcelas experimentais, histórico de trabalhos dessa natureza no setor florestal, caracterização dos ensaios de uniformidade e, por fim, uma abordagem sobre os principais métodos empregados para estimação do tamanho adequado e os métodos escolhidos para compor o presente trabalho.

2.1 Sistemas agroflorestais

Há uma grande ambiguidade e muitas definições para sistemas agroflorestais. A definição adotada pelo Internacional Center for Research in Agroforestry (ICRAF) é:

Sistema agroflorestal é um nome coletivo para sistemas e tecnologias de uso da terra onde plantas lenhosas e perenes são usadas deliberadamente na mesma unidade de manejo da terra com cultivos agrícolas e/ou animais em alguma forma de arranjo espacial e sequência temporal (NAIR, 1993, p. 46).

Dentro dos sistemas agroflorestais, existem diversas combinações, nas quais o sistema que integra o componente florestal, agrícola e pecuário escalonados no espaço e no tempo chama-se sistema agrosilvipastoril ou também pode ser chamado de integração lavoura pecuária floresta (iLPF) que será o termo utilizado para se referir a essa modalidade de SAF no presente trabalho. Esta é uma técnica capaz de gerar emprego e renda, além de integrar no sistema produtivo mais de trinta milhões de hectares de terras pouco produtivas e combinar alta produtividade com sustentabilidade ambiental (CARVALHO; CARNEIRO; CANEIRO, 2001; DIÉGUEZ et al., 2008).

A iLPF permite a diversificação das atividades econômicas na propriedade e minimiza os riscos de frustração de renda por eventos climáticos ou por condições de mercado, o que gera impactos positivos e torna a atividade uma ótima alternativa econômica (COLE, 2010), principalmente para pequenos produtores rurais (OLIVEIRA; SCOLFORO; SILVEIRA, 2000; SANTOS; PAIVA, 2010).

Algumas vantagens da utilização de SAF's, podem ser citadas no Brasil e em várias partes do mundo, nas quais essas técnicas e suas adaptações, vêm mostrando bons resultados, o que torna o SAF's uma alternativa econômica e sustentável que pode elevar a produtividade de áreas degradadas o que possibilita a geração de empregos aliado à conservação do meio ambiente (SILVA, 2008).

Segundo Regmi e Garforth (2010), existe um grande potencial na integração de árvores em terras agrícolas que visa a melhorar os meios de subsistência de famílias rurais no Nepal. Além de acrescentar diversidade às fazendas e oferecer uma grande variedade de produtos e serviços para os produtores, assim como combustíveis, forragem, madeira e frutos.

Outra vantagem do componente florestal em sistemas produtivo é dada pela capacidade que as árvores têm de agir como um sumidouro de dióxido de carbono, e também por promover o acúmulo de N e C no solo. Espécies leguminosas podem ser usadas na recuperação de áreas degradadas, recuperando os níveis de matéria orgânica do solo, biodiversidade do ecossistema e outras funções ambientais, o que destaca esse tipo de sistema como potencial para a captação de carbono (ALBRECHT; KANDJI, 2003; OELBERMANN; VORONEY; GORDON, 2004; SUDHA et al., 2007; RAMACHANDRAN et al., 2009; LEITE et al., 2010; CHAER et al., 2011).

A utilização do componente florestal em pastagem gera um sombreamento que favorece as condições ambientais (conforto térmico) aos

animais, o que influencia no comportamento dos mesmos, alterando o tempo e a frequência de pastejo, principalmente em regiões tropicais em razão da alta taxa de radiação solar (MARQUES, 2006; SOUZA et al., 2010).

Além de afetar a quantidade e a qualidade da forragem produzida (CARNEIRO, 2007; KRUSCHEWSKY et al., 2007; PACIULLO et al., 2007; REIS et al., 2010; XAVIER et al., 2011) e redução de custos (SILVA et al., 2011), quando se compara com o ambiente de pastagens desprotegidas, o microclima modificado entre as árvores pode reduzir a velocidade do vento, a radiação solar, conseqüentemente cria um regime de temperatura ameno com maiores níveis de umidade do solo (BALBINO et al., 2011).

A braquiária é uma gramínea adaptada às condições tropicais, muito utilizada no Brasil e considerada uma espécie de média tolerância ao sombreamento (OLIVEIRA et al., 2007). No entanto, são necessários estudos sobre a produtividade das mesmas, quando implantadas em iLPF (SOUSA et al., 2010). Diferentes arranjos espaciais e espaçamentos afetam diretamente a produtividade agrícola, o que pouco ocorre com o componente florestal (KRUSCHEWSKY et al., 2007; MACEDO, 2009; OLIVEIRA et al., 2010).

A largura das linhas e distâncias entre as árvores podem ser selecionadas com base no consórcio realizado e também pela comodidade e disponibilidade de mão de obra e maquinário disponíveis para as operações de campo. Enquanto espaçamentos menores (3-6m) podem ser utilizados para consórcio com culturas forrageiras, os espaçamentos maiores (7-11m) são mais aconselháveis para culturas de grãos, como o feijão caupi, sendo interessante a utilização de linhas duplas e triplas do componente florestal (PRASAD et al., 2010).

Segundo Dhakal, Cockfield e Maraseni (2012), os SAF's vêm evoluindo muito com o passar do tempo, mas ainda existe a necessidade de estudos que demonstrem os diversos benefícios promovidos por esse sistema de uso da terra. Esses estudos farão com que os benefícios promovidos por esses sistemas

possam ser mais bem estimados, gerando repostas úteis para a compreensão do que poderá ser feito e melhorado pelos condutores e tomadores de decisão que promovem a evolução desses sistemas produtivos em todo o mundo.

Para a evolução e eficiência das técnicas e conseqüente maior adoção por pequenos e médios produtores é necessário, além de estudos e pesquisas um suporte que inclua a transferência de conhecimento assim como material de apoio, promoção de mercado garantido, acompanhamento e o apoio por meio da extensão. O que possibilita o treinamento necessário além de habilitar e fornecer conhecimento sobre a tecnologia, de forma a tornar muito mais fácil a adoção desse tipo de sistema produtivo (BALBINO et al 2011; MACHADO; BALBINO; CECCON, 2011; DHAKAL; COCKFIELD; MARASENI, 2012).

Nessa realidade, a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) merece destaque, por ser uma empresa nacional que investe massivamente em pesquisa e, principalmente, difusão de novas tecnologias. Havendo, ainda assim, a necessidade de um maior esforço por parte do governo em promover programas que se concentrem nos pequenos e médios agricultores que geralmente são avessos ao risco e mudanças drásticas, para que eles possam aderir a essa nova técnica é fundamental o apoio, na forma de subsídios de insumos agrícolas e maquinário adequado, assim como o pagamento por serviços ambientais prestados.

Nesse contexto, a utilização do eucalipto em iLPF é de fundamental importância, não só pelo seu pacote tecnológico bem estabelecido e difundido, mas também pelos benefícios econômicos e sociais gerados. As plantações de eucalipto também trazem vantagens ambientais como já mencionado o sequestro de carbono e, principalmente, por resguardar as espécies nativas, por aliviar a pressão sobre elas, diminuindo a necessidade de desmatamento para suprir a demanda por matéria prima pelo mercado madeireiro.

2.2 Eucalipto

As espécies do gênero *Eucalyptus* merecem destaque por serem algumas das espécies florestais mais estudadas e plantadas no país, onde em 2012 a área plantada com eucalipto foi de 5.102 milhões hectares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, 2013). Os plantios com eucalipto vêm suprimindo grande parte da demanda por madeira com propriedades tecnológicas e silviculturais específicas de diversos setores industriais, notadamente o de papel e celulose, carvão vegetal, postes, moirões de cerca e mais recentemente o de madeira serrada (MAFIA et al., 2005).

A silvicultura clonal de eucalipto se encontra bastante evoluída, com um pacote tecnológico muito bem estabelecido, sendo uma realidade na maioria das empresas florestais brasileiras. Por meio do uso correto de suas técnicas, pode promover a uniformização dos plantios, maximização dos ganhos em produtividade e qualidade da madeira, melhor adaptação dos clones à área a ser plantada e aproveitamento de combinações híbridas específicas, racionalização das atividades operacionais (ALFENAS et al., 2004; HENRIQUES NETO; ASSIS; FETT-NETO; ALFENAS, 2004).

Macedo, Vale e Venturin (2008, 2010) evidenciam as principais características do eucalipto que justificam a sua utilização em sistemas agroflorestais, as quais podem ser citadas:

GRANDE NÚMERO DE ESPÉCIES. O gênero *Eucalyptus* consiste de mais de 800 espécies de árvores. Essa grande diversidade de espécies possibilita a seleção e a utilização de muitas árvores com características específicas, para se atingir os mais diferenciados objetivos de produção e/ou de conservação ambiental de várias modalidades de sistemas agroflorestais.

ESPÉCIES COM GRANDE PLASTICIDADE ECOLÓGICA. Muitas espécies e híbridos de *Eucalyptus* (*E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E.*

urophylla, *E. grandis* e outras) apresentam uma grande plasticidade ecológica, com potencial de adaptação, estabelecimento, crescimento e produção às mais variadas condições ecológicas do território nacional.

ESPÉCIES DE MÚLTIPLOS USOS E PRODUTOS. A grande diversidade de espécies permite os mais diversificados usos para fins produtivos (em nível empresarial ou para produtores rurais) e conservacionistas, relacionados aos vários serviços ambientais inerentes às formações arbóreas. E fornece diversificados produtos, relacionados com a cadeia produtiva de madeira para fins industriais ou rurais, além de variados produtos não madeireiros (óleos essenciais, produtos melíferos e medicinais, tanino, etc.).

ESPÉCIES COM CARACTERÍSTICAS AGROFLORESTAIS DESEJÁVEIS. Os eucaliptos são espécies arbóreas heliófitas, com elevada capacidade fotossintética e diversificadas fitoarquiteturas de copas adaptadas a vários objetivos agroflorestais. Apresentam diferentes sistemas radiculares, que associados aos fungos micorrízicos exploram diferentes perfis de solo, que conferem absorção, translocação, distribuição e utilização eficientes de nutrientes e favorecem a ciclagem de nutrientes das camadas mais profundas do solo para as mais superficiais. Essas características permitem estratificações e utilizações diferenciadas dos perfis vertical e horizontal da paisagem, possibilitando vários tipos de consórcios complementares com cultivos agrícolas e/ou pastagens, principalmente nas suas entrelinhas de plantio.

ESPÉCIES DE RÁPIDO CRESCIMENTO E ELEVADA PRODUTIVIDADE. Os eucaliptos são caracterizados como espécies florestais de rápido crescimento que exploram, eficientemente, os fatores de produção disponíveis, produzindo biomassa florestal renovável de usos múltiplos em ciclos rotacionais relativamente curtos. Muitas espécies são adaptadas, inclusive para áreas degradadas por atividades de mau uso agrícola/pecuária. A produtividade média das florestas de eucalipto é bastante influenciada pelas

condições edafoclimáticas de cada região, podendo atingir valores que variam de 30 a 40 m³.ha⁻¹. ano⁻¹. No entanto, com o melhoramento genético, a produção de híbridos, a clonagem, adubações e práticas silviculturais adequadas, pode-se chegar a uma produtividade de 60 a 80 m³.ha⁻¹. ano⁻¹.

DOMÍNIO DA SILVICULTURA DO EUCALIPTO. O eucalipto é a espécie florestal mais estudada no Brasil. Na atualidade, o setor florestal brasileiro dispõe de zoneamento ecológico para indicação de espécies de eucalipto de usos múltiplos para várias regiões do país. Domina, satisfatoriamente, as tecnologias de produção de sementes, reprodução vegetativa, métodos de melhoramento florestal, produção de clones, métodos de plantio, condução e manejo silvicultural, sistemas de exploração e tecnologias de processamentos dos produtos florestais. Nos últimos dez anos, toda essa tecnologia disponível tem sido adaptada para a viabilização de sistemas agroflorestais com eucalipto.

ESPÉCIES CAPITALIZADORAS DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS. De um modo geral, as análises econômicas revelam que nos sistemas integrados de produção agroflorestal, os eucaliptos são considerados os elementos capitalizadores dos mesmos (poupança verde), concomitantemente os componentes agrícolas e/ou pecuários consorciados ao eucalipto poderão fornecer rendas perenizadas com fluxo de caixa contínuo ao produtor rural, ao longo do seu ciclo rotacional. E as rentabilidades de suas colheitas poderão ainda amortizar os custos de implantação/manutenção do componente florestal, enquanto se aguarda a sua exploração.

A utilização de híbridos de eucalipto é vantajosa e pode ser observada em regiões mais frias onde a ocorrência de geada é comum, e o eucalipto, principalmente o híbrido (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), mostram-se muito resistente à geada e é preferível quando comparado a outras espécies

como a canafístula (*Peltophorum dubium*) e guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) que demonstram ser sensíveis (SOUZA et al., 2011).

Como mencionado, grande parte da viabilidade econômica da iLPF é proporcionada pelo componente florestal, e a definição da idade de corte é um fator fundamental para que se torne uma atividade realmente viável, a idade de corte pode variar de acordo com o sítio. Sendo que sítios mais produtivos proporcionaram maior lucro e menos tempo de imobilização do capital (SOUZA et al., 2007).

Esses cuidados devem ser levados em consideração principalmente para agregar valor ao produto final. Para se obter um aumento significativo na viabilidade em iLPF, é importante procurar dar um destino mais nobre a madeira, e agregar valor ao produto final. Quando possível for, procurar conduzir a madeira para serraria, com ciclos mais longos, porém com lucro maior (SOUZA et al., 2007).

2.3 Tamanho de parcela

Dentre os principais fatores que afetam o tamanho da parcela, os principais são a área disponível, a qualidade do terreno, os objetivos dos experimentos, a precisão requerida, o número de tratamentos, o número de repetições, o tipo de bordadura, se as plantas são de grande ou pequeno porte, por questões de manejo, a idade de avaliação, as variáveis de interesse, o tipo de planta cultivada, o nível de tecnologia empregado e a disponibilidade dos recursos financeiros também influenciam na definição do tamanho da parcela (LE CLERG; LEONARD; CLARK, 1962; LA LOMA, 1966; CHAVES, 1985; BERTOLUCCI; RAMALHO; DUARTE, 1991; VALLEJO; MENDOZA, 1992; VIANA, 1999).

Além desses fatores, merece destaque o principal deles que é a heterogeneidade do solo, que ocorre em decorrência da combinação de vários elementos que causam diferenças nas características químicas físicas e biológicas do solo. Tais como drenagem, relevo, nivelamento, textura, subsolo, estrutura, variação na fertilidade, plantas daninhas, e manejo (HALLAUER, 1964; STORCK, 1979; GOMEZ; GOMEZ, 1984; RAMALHO et al., 2000; STORCK et al., 2000).

Além da variação que ocorre em razão da gênese do solo, em áreas que sofrem influências de condições tropicais, onde o Brasil se insere, a má distribuição e intensidade das chuvas, aliada a problemas de relevo, espera-se maior variação de fertilidade nos solos, colocando a heterogeneidade do solo como principal fator causador do erro experimental, segundo Ramalho et al. (2000). Assim, de acordo com Oliveira e Estefanel (1995) e Viana (1999), o tamanho e a forma das parcelas não podem ser generalizados, pois variam com todos os fatores antes mencionados.

2.3.1 Planejamento

Um problema que sempre surge na experimentação florestal é a escolha das dimensões das parcelas experimentais, a serem utilizadas, tanto para o desenvolvimento de pesquisas quanto para a realização de inventários e manejo de florestas (SIMPLÍCIO et al., 1996). A determinação do tamanho e forma das parcelas são questões práticas pertinentes ao planejamento experimental e que , quando realizadas de forma criteriosa reduzem o efeito da variabilidade ambiental, conferem maior precisão ao experimento e endossam a extrapolação dos resultados por melhorar a qualidade das informações, fatores que contribuem para o sucesso da experimentação (STEEL; TORRIE, 1960; STORCK et al., 2000; STORCK et al., 2005).

Segundo Brum et al. (2008), o planejamento experimental é de fundamental importância quando se deseja precisão e qualidade dos resultados. É nesse momento em que ocorre a escolha adequada da área experimental, do tamanho e forma da parcela, do delineamento, e do número de repetições, tema amplamente discutido na literatura referente à experimentação (GOMEZ; GOMEZ, 1984; STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997; ZANON; STORCK, 1997; RAMALHO et al., 2000; STORCK et al., 2005; STORCK; BISOGNIN; OLIVEIRA, 2006).

O planejamento deve sempre conduzir o experimento a uma alta precisão experimental, em menor área possível, pois, independentemente do objetivo da pesquisa, o pesquisador está interessado na obtenção de diferenças estatísticas significativas entre tratamentos testados, o que depende, essencialmente, da precisão com que os dados são obtidos e em muitos casos a disponibilidade de área para os experimentos é escassa ou se torna antieconômica (MUNIZ et al., 1999; MUNIZ et al., 2009; DONATO, 2007; DONATO et al., 2008).

Para tal, deve-se considerar as diversas fontes de variação que afetam a magnitude do erro experimental, dentre elas o tipo de tratamento, presença de pragas, doenças e plantas daninhas, competição interparcelar e intraparcular, heterogeneidade do material experimental e heterogeneidade das unidades experimentais ou parcelas. Tais fatores podem ser intensificados sob influência de condições tropicais pela ocorrência de chuvas mal distribuídas e intensidade bastante variável (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997; STORCK et al., 2000; RAMALHO et al., 2000; MARTIN et al., 2005; STORCK et al., 2005).

2.3.2 Erro experimental

O erro experimental pode ser reduzido ou minimizado, mas nunca totalmente eliminado, o controle dos fatores que o originam pode ser realizado

de várias formas, dentre elas podem ser citados uso de observações concomitantes ou simultâneas, a execução de experimento em branco para adequar a área experimental, delineamento experimental adequado e escolha do tamanho e forma das parcelas (COCHRAN; COX, 1957; STEEL; TORRIE, 1960; GOMEZ; GOMEZ, 1984; STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997).

O controle do erro pelo delineamento experimental consiste em planejar o experimento visando ao controle da variação que ocorre na área experimental (ZANON; STORCK, 2000). O delineamento adequado depende de alguns requisitos básicos como: número adequado de repetições, seleção dos tratamentos, heterogeneidade do material experimental, número de plantas por parcela, tipo de tratamento aplicado, tratos culturais, manejo e controle de pragas, doenças e plantas daninhas, amostragem na parcela e, principalmente, heterogeneidade das unidades experimentais (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997; STORCK et al., 2000).

2.3.3 Coeficiente de variação X tamanho de parcela

A experimentação e a teoria demonstram que, na quase totalidade dos casos, o coeficiente de variação decresce quando aumenta o tamanho das parcelas. Esse tipo de comportamento é aceito como sendo um axioma para trabalhos sobre tamanho de parcela (RAMPTON; RAMPTON; PETERSEN, 1962; PIGNATARO; GONÇALVES, 1972; MARKUS, 1974; STORCK, 1979; GOMES, 1984; VALLEJO; MENDOZA, 1992; ZHANG; WARRICK; MYERS, 1994; OLIVEIRA, 1994; ORTIZ, 1995; CAMPOS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011).

Essa é uma tendência esperada, em razão da correlação entre as parcelas vizinhas, de acordo com a lei empírica de SMITH (1938), uma vez que o aumento de UB tem influência direta no desvio padrão, o qual dá origem ao coeficiente de variação. Esse fato levou muitos experimentadores a preferirem

parcelas grandes, para trabalhar com coeficiente de variação menor (IMER; RALEIGH, 1933; MCCLELLAND, 1926; MCKENZIE et al., 1964; DURNER, 1989). Sem perceber que as parcelas excessivamente grandes, que acarretam necessariamente menor número de repetições, podem representar um risco e reduzir a precisão do experimento (GOMES, 2000).

O aumento do tamanho da parcela, entretanto, não resulta em comportamento linear decrescente das medidas de variabilidade, mas, em função potencial negativa, pois ocorrem, inicialmente, melhorias relevantes na precisão com pequeno aumento do tamanho e a partir do momento em que este atinge um tamanho satisfatório pouco se ganha em precisão com o incremento no seu tamanho (PEIXOTO et al., 2010).

A área das parcelas limita o número de repetições, diminuindo a medida que aumenta a área da unidade experimental. Essa redução é proporcional, sendo, assim, preferível sacrificar a área da parcela em favor do número de repetições (FERREIRA, 2000). Aliado a isso, são esperadas pequenas diferenças entre os tratamentos em estudo, o aumento no número de repetições é crítico para que se possa medi-las com precisão.

A esse respeito, Lin e Binns (1984 apud DONATO, 2007) acrescentam que o número de repetições requerido pode ser muito elevado, o que torna necessário buscar outras formas de aumentar a precisão, como alterações no tamanho da parcela. Nessa realidade, deve-se dar preferência a parcelas de menor tamanho aliado a um número máximo de repetições, compatível com os trabalhos previstos no manejo do experimento e obter a precisão desejada e viabilidade prática (STORCK et al., 2000; HENRIQUES NETO, 2004).

2.3.4 Tamanho de parcela em diferentes culturas

Mediante a esses fatores é fácil identificar a importância de se determinar tamanhos adequados de parcelas, nesse contexto Paranaíba (2007)

destaca a importância da utilização de métodos confiáveis de determinação do tamanho ótimo de parcelas. Essa temática tem merecido a atenção de muitos pesquisadores desde o início do século, de modo que Wood e Stratton (1910) apresentaram um dos primeiros trabalhos que demonstraram a influência do tamanho da parcela sobre o erro experimental.

A literatura sobre tamanho de parcelas em experimentos agrícolas é relativamente extensa. Investigações a esse respeito têm sido conduzidas, no Brasil e em todo o mundo e em diversas culturas (Silva et al., 2012). Os trabalhos pioneiros foram realizados com a cultura do trigo (WIEBE, 1935; SMITH, 1938), com essa cultura também trabalharam (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009).

Ainda podem ser citados trabalhos com as culturas do girassol (CAMPOS, 1972), da soja (SILVA, 1972; MARTIN et al., 2007), do feijão-caupi (RIBEIRO; SILVA; FREIRE FILHO, 1984), do milho (CHAVES, 1985; SILVA; MACHADO; MOURA, 1987), do feijão comum (BERTOLUCCI; RAMALHO; DUARTE, 1991), da batata Igue et al. (1991), Oliveira e Estefanel (1995), Bearzoti e Pinto (1996) e Storck et al. (2005), Storck et al. (2006), do mamão Lima et al. (2007), da mandioca (VIANA et al., 2002; PARANAÍBA; MORAIS; FERREIRA, 2009), do arroz (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009), do rabanete (CAMPOS et al., 2009) e também do maracuja (PEIXOTO; FARIA; MORAIS, 2011).

Na literatura, também são encontrados trabalhos que determinam o tamanho ótimo de parcela para algumas hortaliças como o morango (NAGAI et al. 1978), o tomate (LOPES et al., 1998), a alface em cultivo hidropônico (MARODIM et al., 2000), a abobrinha italiana (MELLO et al., 2004) e o pimentão (LÚCIO et al., 2004).

Rossetti (2002) avaliou o tamanho da parcela em experimentos com plantas arbóreas, relacionando o número de repetições, procurando-se garantir

maior uniformidade no experimento, com reflexos na eficiência dos testes e melhoria da qualidade das pesquisas. Rossetti et al. (1991), Rossetti, Barros e Almeida (1996) estudaram o tamanho de parcelas em experimentos com cajueiro comum e anão precoce, usando a técnica da correlação intraclasse.

2.3.5 Tamanho de parcela na área florestal

Embora os trabalhos básicos envolvendo a determinação do tamanho de parcelas tenham sido desenvolvidos para a experimentação com culturas agrícolas, a metodologia pode ser adaptada para espécies florestais. Nos experimentos florestais as parcelas são evidentemente muito maiores do que nos ensaios com plantas pequenas, como o milho, soja ou o feijão. O mesmo acontece com as parcelas de árvores frutíferas.

Como consequência, o tamanho da parcela, que tem menor interesse na experimentação com plantas pequenas, torna-se de grande importância quando se passa a trabalhar com árvores. Nesse sentido, vários estudos foram conduzidos na área florestal, tanto para florestas nativas quanto para florestas plantadas, utilizando os diversos métodos (SIMPLÍCIO et al., 1996; MUNIZ; BARBER; SQUILLACE, 1999).

Blake (1959) e Evans et al. (1961) propuseram tamanhos ótimos de parcelas para 3 testes de progenie de *Pinus elliotti* e utilizaram o método da máxima curvatura. Wright e Freeland (1959), Wright (1960) e Conckle (1963) estabeleceram tamanho ótimo de parcelas para a experimentação florestal ao realizarem estudos utilizando o método de Smith. Wright e Baldwin (1957) compararam taxas de crescimento em testes de procedência de *Pinus sylvestris* com treze anos de idade, concluindo que o melhor tamanho de parcela retangular foi de 200 árvores.

Silva (1977) estudou um povoamento de *Eucalyptus alba* Rewien com seis anos e meio de idade, no espaçamento de 2,0 x 2,5m formas de unidades de

amostras retangulares, circulares e quadradas, em tamanhos variando entre 100m² e 1000m². O autor observou que parcelas retangulares de 250m² (2,5m x 100m), englobando 50 árvores foram as mais eficientes. Soares (1980) estudou o tamanho e forma de parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* pelo método da eficiência relativa, concluindo que entre as parcelas quadradas, as de 900 m² (30m x 30m) foram as melhores. Simplício et al. (1996) avaliaram parcelas experimentais retangulares para *Eucalyptus grandis* com seis anos de idade sugerindo valores a serem usados em diversas situações.

Também trabalhando com *Eucalyptus grandis* aos seis anos de idade, Muniz et al. (1999) avaliaram o tamanho ótimo de parcelas quadradas, apresentando sugestões de tamanho em diversas configurações experimentais. Zanon e Storck (2000) avaliaram o tamanho ótimo de parcelas em experimentos com *Eucalyptus saligna* Smith, com cinco anos e meio de idade pelo método da máxima curvatura e máxima curvatura modificado, obtendo tamanho de parcelas variando entre duas a dez plantas. Silva et al. (2003) estudaram o tamanho de parcela em testes clonais de *Eucalyptus* por meio dos métodos da máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual. Os autores utilizaram quatro testes clonais, dispostos num delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e parcelas quadradas de 25 plantas, simulando-se diferentes tamanhos de parcela. Os resultados indicaram que parcelas de cinco a dez plantas proporcionam uma boa precisão.

2.3.6 Importância e uso da parcela

A parcela ou unidade experimental segundo Federer (1977) é a quantidade total de material para o qual um tratamento em uma replicação específica é aplicada. O que a torna a unidade básica de informação sobre a qual a experimentação se fundamenta; ela deve ser capaz de reduzir ao máximo o efeito da heterogeneidade ambiental e da variabilidade genética do material

experimental (FREITAS et al., 2001). Essa parcela pode ter diversos tamanhos, formas e, ainda, constituir-se de um número diferente de plantas ou partes delas (BARROS; TAVARES, 1995; STORCK et al., 2000).

De acordo com Batista (2006), *parcela* é o tipo de unidade amostral mais utilizado em levantamentos florestais, mas sua forma e tamanho variam bastante em função do tipo de floresta e objetivo do levantamento florestal. Nessa realidade é possível reduzir significativamente a área destinada aos experimentos florestais, por meio de estudo do tamanho da parcela, sem, contudo afetar a precisão do experimento (GOMES; COUTO, 1985).

A utilização de parcelas é frequente em inventários florestais, ela serve para avaliar o componente florestal assim como possibilita a realização das estimativas de crescimento e produção de madeira (SILVA et al., 2007). Nos experimentos florestais, as parcelas são evidentemente muito maiores do que nos ensaios com culturas agrícolas. Como consequência, o tamanho da parcela, torna-se de grande importância quando se passa a trabalhar com árvores.

Scolforo, Chaves e Mello (1993) destacam que a unidade amostral (parcela) utilizada deverá representar as diversas condições da população e fornecer estimativas não tendenciosas e precisas dos parâmetros de interesse, a um menor custo. Esses mesmos autores ainda ressaltam que a decisão não deve basear-se apenas na preferência do planejador, mas deve ser apoiada em uma pesquisa específica que determine o tamanho, a forma e o número ideal de parcelas para as condições da região em estudo.

De acordo com Higuchi, Santos e Jardim (1982), como o objetivo do inventário florestal é obter o máximo de informações, com a máxima precisão, a um mínimo custo, a definição do tamanho, da forma e da suficiência amostral são fundamentais para estudos da vegetação e elaboração de planos de manejo florestal. Portanto, estudos sobre tamanhos de parcela são importantes para

garantir a precisão dos métodos de amostragem, principalmente em florestas tropicais (GAMA et al., 2001).

Na Amazônia, os tamanhos de parcela utilizados são bastante variados e definidos em função das classes de tamanho de plantas e da intensidade amostral. Esses tamanhos de parcela variam de 1 m^2 , como nos estudos de Jankauskis (1978) e Almeida (1989), até 500 m^2 , como detectado nos estudos de Barros (1986) e França (1991). Entretanto, o tamanho de parcela mais utilizado na região é de 25 m^2 ($5\text{ m} \times 5\text{ m}$), como verificado em Rodrigues (1961), Carvalho (1982), Silva e Lopes (1984), Oliveira e Estefanel (1995), entre outros autores. Mais atualmente, Gama et al. (2001) determinaram tamanho ótimo de parcela para estudos da regeneração natural em floresta de várzea na Amazônia. Em geral, existem pouquíssimos estudos sobre tamanho de parcela e suficiência amostral para inventários de regeneração natural na Amazônia.

O tamanho e forma das parcelas, não podem ser generalizados, pois variam com as realidades dos experimentos, segundo Viana et al. (2002), a adoção de um tamanho e forma de parcela adequados é uma das maneiras mais eficientes de reduzir o erro experimental. A determinação pode ser feita de forma empírica, usando tamanhos práticos em função das limitações do experimento e pelo conhecimento e experiência dos pesquisadores (OLIVEIRA; ESTEFANEL, 1995; SILVA et al., 2003).

Mas, idealmente devem ser baseados em métodos próprios, que buscam estimar quais os tamanhos mais convenientes para reduzir o erro experimental e, conseqüentemente, obter alta precisão com menor área possível (BARROS; TAVARES, 1995; STORCK; BISOGNIN; OLIVEIRA, 2006; ZANON; STORK, 2000). Atualmente existem vários métodos que propiciam obter mais informações com objetividade, otimizando custos, adequando número de

repetições e também aproveitando dados de experimentos de campo (STORCK, 1979; ZANON, 1996; LORENTZ; ERICHSEN; LÚCIO, 2012).

2.4 Forma da parcela

Como já foi dito, além do tamanho a forma da parcela também influencia na redução do erro experimental. Essa influência é mais significativa em parcelas maiores do que em parcelas menores. A melhor forma da parcela será, para cada caso, não havendo uma única forma ideal para todas as realidades. A forma mais aconselhável é aquela que for capaz de controlar as variações aleatórias e que se adapte aos tratamentos do estudo (FERREIRA, 2000).

Segundo Gomez e Gomez (1984), se o padrão de fertilidade for desconhecido ou irregular, as parcelas devem ser as mais quadradas possíveis. Os autores consideram que a escolha da forma da parcela depende do gradiente de fertilidade do solo. Nesse sentido, parcelas longas e estreitas devem ser usadas para áreas com distinto gradiente de fertilidade, com o comprimento da parcela perpendicular ao referido gradiente.

Segundo Oliveira et al. (2011), o tamanho conveniente é muito flexível e permite adequação do tamanho da parcela experimental com as condições, características e limitações do experimento. No caso de sistemas de iLPF que apresentam o componente florestal disposto em faixas simples, duplas, triplas ou maiores a forma ideal é adaptada ao número de plantas por faixa.

2.5 Métodos de determinação de tamanho ótimo

A seguir, é apresentada uma descrição do que é ensaio de uniformidade (experimento em branco) e sua utilização na determinação de tamanho ótimo de

parcela, também é feita uma abordagem sobre os principais métodos utilizados e, por fim, uma descrição dos métodos utilizados no presente trabalho, sendo eles: Máxima curvatura modificada (MCM), Modelo linear com resposta platô (MLRP) e Modelo quadrático com resposta platô (MQRP) respectivamente.

2.5.1 Ensaio de uniformidade (experimento em branco)

A maioria dos estudos de determinação de tamanho ótimo de parcela são baseados em métodos que utilizam ensaios de uniformidade, ou em branco, a partir dos quais são calculadas a variância e o coeficiente de variação que são usados como medida de variabilidade para as diferentes dimensões de parcelas testadas em cada realidade (LOVE, 1943; VIANA, 1999; LÚCIO et al., 2004; PARANAÍBA; MORAIS; FERREIRA, 2009; PARAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009; OLIVEIRA; ESTEFANEL, 2005).

Assim, ensaios de uniformidade também chamados de experimentos em branco, consistem no plantio de uma área experimental com um único material genético, em que se aplicam práticas culturais e de manejo o mais uniforme possível, dessa forma a maioria das fontes de variabilidade são mantidas constantes. Em seguida, divide-se a área em pequenas unidades de mesmo tamanho, chamadas de unidades básicas (UB), das quais se determinam as variáveis de interesse, que no caso de experimentos florestais é considerado uma planta/árvore ou parte dela (LA LOMA, 1966; IGUE et al., 1991; STORCK et al., 2000).

2.5.2 Principais métodos utilizados

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, por meio do uso de ferramentas estatísticas e computacionais que possibilitem a estimação precisa dos parâmetros de interesse do pesquisador (LEITE; PETERNELLI; BARBOSA, 2006). Nesse contexto são citados os principais métodos encontrados na literatura.

Um dos primeiros trabalhos e precursor de vários outros, é o apresentado por Smith (1938), que se baseia na relação empírica entre o tamanho das parcelas e a variância, estabelecendo-se uma relação negativa dada pela expressão. O autor desenvolveu uma forma empírica, conhecida como Lei da Variância de Smith, para determinar o melhor tamanho de parcela, no qual se calcula o tamanho ótimo da parcela associando o coeficiente de heterogeneidade do solo com os custos do experimento.

Um método que considera as correlações entre as estimativas das variâncias e a estimativa do coeficiente de heterogeneidade do solo foi proposto por Hatheway e Williams (1958), fazendo uma ponderação dos logaritmos das estimativas das variâncias observadas entre parcelas de diferentes tamanhos pelos elementos de sua matriz de informação. Posteriormente, Hatheway (1961), obteve o tamanho ótimo da parcela experimental independente de custos. Conhecido como método de Hatheway esse método propõe o cálculo do tamanho da parcela baseado no número de repetições do experimento e da diferença observada entre médias de tratamentos.

Segundo Nagai et al. (1978), o método permite, conhecer a priori a diferença que poderá ser detectada entre médias para um determinado tamanho de parcela. Ao utilizar o método Storck, Bisognin e Oliveira (2006), ressaltam ainda que o método permite estabelecer o tamanho da parcela para uma determinada diferença entre as médias que o experimentador quer detectar.

Criado por Gomes (1984), também chamado de Método de Correlação Intraclasse (SILVA, 2001). Esse método considera o coeficiente de correlação intraclasse relativo às árvores úteis dentro de cada parcela e define como

tamanho ótimo da parcela o número de árvores úteis que minimiza a variância média de um tratamento. Gomes e Couto (1985) aprimoram o trabalho anterior conduzindo um estudo em que foram consideradas as bordaduras das parcelas, definindo-se como tamanho ótimo, o número de árvores da área útil que minimiza a variância média do tratamento.

Gomes (1988) generalizou seus dois trabalhos para o caso mais geral, buscando-se o tamanho ótimo quando se varia o número de linhas com o número de árvores da parcela útil. Esse método ainda foi empregado por Zanon e Storck (1997), que buscaram obter indicações de tamanhos mínimos de parcelas experimentais, sem, contudo, afetar a precisão experimental. Também utilizado por Alves e Seraphin (2004), o método é considerado muito simples e prático de se utilizar, apresentando bons resultados.

Entre outros métodos de estudo do tamanho de parcelas, destacam-se ainda o método da Máxima Informação Relativa IR, descrito por Keller (1949); o método da Máxima Curvatura, descrito por Lessman e Atkins (1963); o método da Otimização, descrito por Pablos e Castillo (1966); o método de inspeção visual da curvatura máxima, (LE CLERG, 1967); o método da Máxima Curvatura Modificado, aprimorado por Meier e Lessman (1971); o método de Thomas, descrito por Thomas (1974); o método da Regressão Múltipla, descrito por Lugo (1977); os métodos com resposta Platô, mencionados por Cargnelutti Filho et al. (2011) e Paranaíba (2007) que têm-se mostrado eficientes; dentre vários outros.

Mais recentemente foi proposto por Lorentz, Erichsen e Lúcio (2012), um método alternativo para a estimação do tamanho ótimo de parcela, para culturas agrícolas, chamado de Método da Máxima Distância, que é fortemente influenciado pelo índice de heterogeneidade da produção, que mede a correlação entre as produções de parcelas contíguas.

Cada método possui suas peculiaridades, sendo uns derivados e aprimorados de outros. A maior parte deles fornece resultados diferenciados entre si para a determinação do tamanho ou forma das parcelas. Cabe ao pesquisador decidir pelos mais adequados de acordo com seus objetivos, bom senso e conhecimento. Nesse contexto os métodos escolhidos para o presente trabalho foram o método de máxima curvatura modificada, método de resposta platô linear e quadrática, suas descrições são apresentadas a seguir.

2.5.3 Máxima curvatura modificada (MCM)

Com o objetivo de evitar a tendenciosidade, uma das restrições descritas por Federer (1977) ao método da máxima curvatura, o método da máxima curvatura modificado foi proposto por Lessman e Atkins (1963) e consta, apenas, de um aperfeiçoamento do método anterior com o objetivo de eliminar a influência da escala dos eixos coordenados na determinação do ponto de máxima curvatura.

O método consiste em se determinar algebricamente o ponto no qual a curvatura é máxima na relação entre o coeficiente de variação (CV_{exp}) e os respectivos tamanhos de parcelas, dando maior precisão aos resultados obtidos (ORTIZ, 1995; VIANA, 1999; VIANA et al., 2002). Essa relação é representada na Equação 1 por:

$$CV_{exp} = aX^{-b} \quad (1)$$

em que: CV_{exp} = representa o coeficiente de variação experimental; e X = tamanho da parcela, a e b são os parâmetros a ser estimados.

A partir da função de curvatura, é determinado o valor da abscissa no qual ocorre o ponto de máxima curvatura, conforme apresentado por Meier e Lessman (1971), por meio da Equação 2:

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

em que: X_0 = Valor da abscissa no ponto de máxima curvatura, o qual corresponde a estimativa do tamanho ótimo da parcela experimental (UB); a = constante da regressão e b = coeficiente de regressão.

Os parâmetros a e b podem ser estimados por meio de uma regressão linear ponderada pelos graus de liberdade e aplicada na linearização da equação, ou pode-se utilizar o método dos quadrados mínimos para modelos não-lineares de Gauss-Newton (ZANON; STORCK, 2000). Chaves (1985) verificou um possível erro na equação anterior que subestimaria o tamanho da parcela, o autor argumenta que, nesse caso, o valor da abscissa no ponto de máxima curvatura deve ser interpretado como o limite mínimo de tamanho da parcela, e não como tamanho ótimo. Ele ainda propôs uma correção, mas que não foi utilizada no presente trabalho, por meio da Equação 3:

$$X_0 = \left[\frac{a^2 b^2 (2b-1)}{(b-2)} \right]^{\frac{1}{2-2b}} \quad (3)$$

em que: X_0 = Valor da abscissa no ponto de máxima curvatura, o qual corresponde a estimativa do tamanho ótimo da parcela experimental (UB); a = constante da regressão e b = coeficiente de regressão.

Segundo Silva et al. (2003), o método MCM é um dos mais utilizados para determinar o tamanho das unidades amostrais, entretanto, da forma como foi concebido, ele pode apresentar um inconveniente. A propriedade do método consiste em determinar o ponto de máxima curvatura, de forma algébrica, considerando a máxima curvatura e o vértice da curva, mas não o ponto de estabilização dos valores do coeficiente de variação experimental.

Desse modo, o aumento no número de plantas na parcela promove ganho significativo na precisão experimental, visto que o vértice da curva do coeficiente de variação experimental tende a ocorrer sempre na região das pequenas parcelas. Assim, esse método tende a subestimar o número ótimo de plantas por parcela, interferindo na análise e, conseqüentemente, na predição do desempenho do teste.

Nessa mesma realidade, alguns autores encontraram problema de subestimação, utilizando o método MCM, (PARANAÍBA et al. 2009a, 2009b; HENRIQUES NETO et al. 2009; VIEIRA; SILVA, 2008; LIMA et al. 2007; FEIJÓ et al. 2006). Chegando ao extremo de estudos indicarem tamanhos não aplicáveis, como, por exemplo, Leite, Peternelli e Barbosa (2006) com o objetivo de determinar o tamanho ideal de parcela para a redução do erro experimental na estimação de parâmetros genéticos em famílias de cana-de-açúcar, encontrando tamanhos de parcelas com menos de uma planta.

2.5.4 Modelo linear com resposta platô (MLRP)

Ao estudarem uma família de modelos para descrever respostas à aplicação de nutrientes, enfatizando que processos como relação entre crescimento, produção de plantas e aplicação de nutrientes são biologicamente de resposta não-linear, Anderson e Nelson (1975) denominaram o que hoje se conhece como MLRP.

Algum tempo depois Braga (1983), utilizou a técnica em ensaio sobre fertilidade do solo, no qual ele aponta como principal vantagem à descontinuidade do modelo, que na presença de doses muito elevadas de algum elemento torna-se possível estimar a diminuição do desempenho ocasionada pelo excesso deste. O autor ainda argumenta que, em decorrência dessa característica, o modelo se torna adequado na avaliação da produção.

Segundo Coelho et al. (1987), o modelo permite a comparação de combinações alternativas de reta e platô, permitindo escolher como melhor opção de ajustamento a combinação que tenha apresentado a menor soma de quadrados dos desvios. O MLRP foi desenvolvido para análise de métodos descontínuos, sendo classificada como uma regressão segmentada (DRAPER; SMITH, 1998; SCHABENBERGER; PIERCE, 2002).

Atualmente, o LRP é utilizado nas mais diversas áreas de estudo, Euclides e Rostagno (2001) consideram que o MLRP possa ser um modelo muito difundido na área animal. Já, na área vegetal, a técnica foi utilizada de forma pioneira, em culturas como arroz, trigo e mandioca, ela também foi utilizada para estimar tamanho de parcelas em diferentes culturas, como rabanete, mamona e maracujazeiro em experimentos de conservação in vitro (CAMPOS et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010; PEIXOTO, FARIA; MORAIS, 2011).

O uso de modelos lineares segmentados com platô para estimativa do tamanho ótimo de parcelas experimentais é um dos mais atuais e foi proposto por Paranaíba, Ferreira e Moraes (2009). Esse método é amplamente utilizado para estudos de suficiência amostral, para determinação do tamanho ou área mínima de amostragem para representação da população. Diversos trabalhos foram desenvolvidos com essa mesma finalidade, como por exemplo, Gama et al. (2001), Gomide et al. (2005), Reis et al. (2007), Rezende et al., (2007), Silva et al. (2007), Costa Junior et al. (2008).

Ao utilizar o MLRP na determinação de tamanho de parcelas experimentais para *Eremanthus erythropappus* Oliveira et al. (2011), observaram que o modelo não se ajusta tão bem quanto a outros modelos utilizados, o autor ainda ressalta que esse resultado já era de se esperar, uma vez que se trata de dois segmentos de reta para explicar uma tendência exponencial. Diferentemente dos resultados encontrados por Paranaíba, Ferreira e Moraes (2009), que afirmaram o potencial do método, pelo menos para culturas agrícolas. Segundo Gomide et al. (2005), o emprego de técnicas é uma alternativa viável, porém deve-se utilizar com critérios, em alguns pontos pode-se chegar a uma falsa suficiência.

O modelo platô de resposta linear descreve dois segmentos, uma reta crescente ou decrescente (dependendo do valor de b), até uma determinada altura P que é o platô. A partir desse ponto, o valor Y assume um valor constante P , que é o segundo segmento (FERREIRA, 2007). O modelo platô de resposta linear é dado pelas Equações 4 e 5:

$$\begin{aligned} Y &= a + bX + \varepsilon \quad \text{se } X \leq X_0 \\ Y &= P + \varepsilon \quad \text{se } X > X_0 \end{aligned} \quad (4)$$

em que:

Y = variável dependente (resposta);

a = intercepto do modelo linear simples do segmento anterior ao Platô;

b = coeficiente angular neste mesmo segmento;

P = Platô;

X_0 = ponto de junção dos dois segmentos;

ε = erro aleatório.

Segundo Ferreira (2007), o uso de uma variável binária *Dummy* é empregado para unir os dois modelos representados pela equação anterior. O

mecanismo que aciona cada modelo é em função de Z . Logo, para o valor de $Z = 1$, ou seja ($X < X0$), o modelo linear é ativado. Com o valor de $Z = 0$, isto é ($X > X0$) o modelo de platô é acionado.

$$Y = (a + bX)Z + P(1 - Z) \quad (5)$$

em que:

a e b = parâmetros a serem estimados;

P = Parâmetro a ser estimado na equação anterior;

Y = variável dependente;

X = variável independente;

Z = intercepto do modelo linear simples do segmento anterior ao Platô;

b = variável *Dummy*.

Na Figura 1, apresenta-se a aplicação do modelo a uma curva de tendência semelhante à curva de variabilidade em função do tamanho de parcelas experimentais. A união das retas geradas pelo modelo linear, em conjunto com a regressão de platô, expressa o tamanho ótimo da parcela experimental ($X0$). Para a aplicação na estimativa do tamanho ótimo de parcelas experimentais, a variável dependente (Y) assume valores de coeficiente de variação (CV_x) e a variável independente (X) assume os valores de tamanhos das parcelas (PARANAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009).

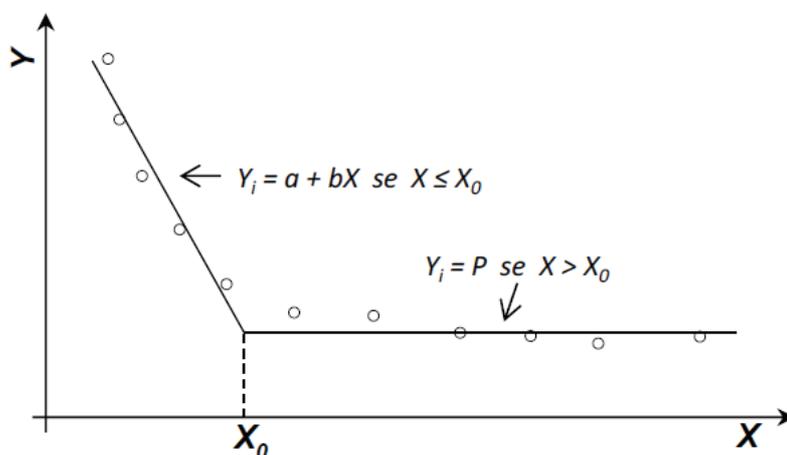


Figura 1 Esquema de modelo linear segmentado com platô

2.5.5 Modelo quadrático com resposta platô (MQRP)

Com definições semelhantes às do MLRP o método do modelo de regressão quadrática com resposta em platô é representado por uma fase decrescente ou crescente, descrita por uma equação do segundo grau e, após a estabilização, por um platô. O ponto de junção entre o modelo quadrático e o platô define o tamanho ótimo de parcela (PARANAÍBA; MORAIS; FERREIRA, 2009; PARAÍBA; FERREIRA; MORAIS, 2009; PEIXOTO; FARIA; MORAIS, 2011).

Pensou-se na utilização desse modelo pelo fato de que, em geral, ocorre redução no coeficiente de variação, à medida que se aumenta o número de unidades básicas agrupadas por parcela, e essa redução pode apresentar um comportamento quadrático. O modelo de regressão quadrático segmentado com platô é representado pela Equação 6:

$$CV(X_i) = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \varepsilon_i, & \text{se } X_1 < X_0 \\ P + \varepsilon_i, & \text{se } X_1 > X_0 \end{cases} \quad (6)$$

em que: β_0 , β_1 e β_2 são os parâmetros a serem estimados do primeiro segmento (quadrático); P é o parâmetro do platô; X_0 é o valor do tamanho ótimo da parcela parcelas (UB) que será recomendado para esse tipo de experimento; X_i é o erro aleatório não observável associado ao $CV(X_i)$ correspondente, considerados independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância constante.

Na Figura 2, apresenta-se a aplicação do modelo a uma curva de tendência semelhante à curva de variabilidade em função do tamanho de parcelas experimentais. A união das retas gerada pelo modelo quadrático, em conjunto com a regressão de platô, expressa o tamanho ótimo da parcela experimental (X_0).

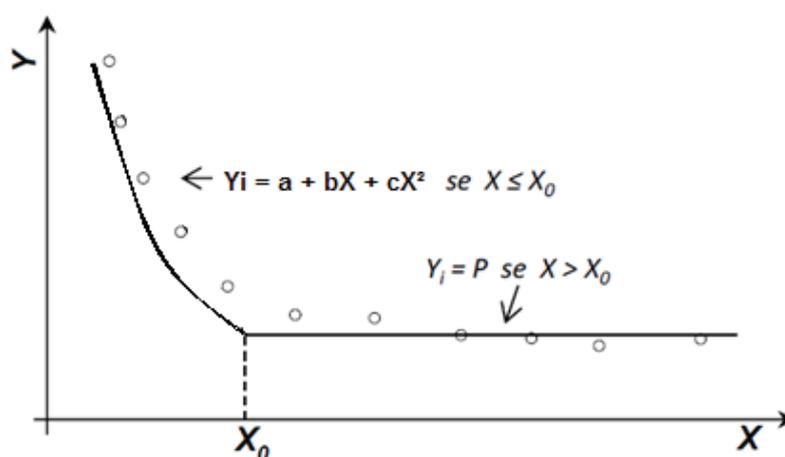


Figura 2 Esquema de modelo quadrático segmentado com platô

O MQRP é uma técnica que se baseia no modelo quadrático, que é um modelo mais elaborado e melhor do ponto de vista biológico que o modelo platô de resposta linear. Cerrato e Blackmer (1990), Bullock e Bullock (1994), Carrijo e Hochmuth (1998) e Campos et al. (2009), utilizaram essa técnica, observando

um bom comportamento do modelo na descrição das respostas em experimentos na área de Ciências Agrárias.

A vantagem do uso da equação quadrática, associada ao platô é que o nível ótimo encontrado não é alto, como geralmente estimado pela derivação da função quadrática simples, nem baixo como normalmente observado no MQLP, no ponto encontrado entre a equação linear e o platô. Os modelos de regressão não linear com response platô têm-se mostrado úteis para estimar o tamanho ótimo de parcelas experimentais.

Rezende, Muniz e Ferreira (2000) apresentaram um modelo não-linear exponencial, utilizando a técnica platô de resposta, definido pela expressão $y = \hat{a} \exp(-\hat{c}(x - \hat{b})^2)$, em que $x < x_0$ e se $x > x_0$, então, o modelo será $y = \hat{p}$, em que p é o ponto de platô. Eles compararam esse modelo com o modelo platô de resposta quadrática. Os autores utilizaram o coeficiente de determinação para comparar os modelos, chegando a evidências de que, para os dados analisados, os dois modelos se comportam de forma semelhante, sendo o modelo exponencial uma boa opção para interpretar os resultados na área de nutrição animal.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A seguir, é apresentada uma descrição geral da área e das condições de estudo, as variáveis dendrométricas avaliadas, a caracterização do ensaio de uniformidade e, por fim, uma relação dos métodos que foram empregados para a estimativa dos tamanhos das parcelas experimentais.

3.1 Descrição das áreas de estudo

O estudo foi realizado no campo experimental da EMBRAPA Agrossilvipastoril (Centro de Pesquisa Agropecuária do Mato Grosso), no município de Sinop, no norte do estado do Mato Grosso. A região está localizada nas coordenadas geográficas 11° 51' 43'' de latitude Sul e 55° 35' 27'' de longitude Oeste, em uma altitude de 384m a cima do nível do mar.

O clima da região é do tipo Aw (tropical com estação seca de inverno), de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média anual diária é de 25,0 °C. A média anual da precipitação pluvial acumulada é de 2.550 mm, com quatro meses de estação seca, de junho a setembro. As chuvas são concentradas entre janeiro e março e a umidade relativa do ar, média anual é de 82,5%.

A evapotranspiração potencial anual atinge de 1.000 mm a 1.200 mm. O solo predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo com relevo plano. O histórico da área em anos anteriores é composto por cultivos agrícolas como soja, milho, algodão.

Foram conduzidos nove ensaios de uniformidade em sistema iLPF e um ensaio em plantio puro. Como componente florestal, foi utilizado o clone H13, que é um clone híbrido (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*), os referidos ensaios de uniformidade foram realizados em diferentes áreas que apresentam diferentes

idades, espaçamentos e disposição do componente florestal, conforme mostrado na (Tabela 1).

Tabela 1 Descrição das informações das áreas avaliadas contendo o respectivo código da área, área de plantio, idade de avaliação do povoamento e espaçamento utilizado para o *E. urograndis* em cada área no C.E da Embrapa Agrossilvipastoril em Sinop (MT)

Área	Cód.	Área plantada (ha)	Idade (anos)	Espaçamento (m)
Plantio Puro ¹	P.Puro	10	2,0	3,5x3,0
Tripla ²	iLPF1	10	2,0	3,5x3,0
A1 Tripla ³	iLPF2	7	2,5	3,0x2,0
A2 Tripla ³	iLPF3	7	2,5	3,0x2,0
A3 Tripla ³	iLPF4	7	2,5	3,0x2,0
A4 Tripla ³	iLPF5	7	2,5	3,0x2,0
A1 Dupla ³	iLPF6	3	2,5	3,0x2,0
A2 Dupla ³	iLPF7	3	2,5	3,0x2,0
A3 Dupla ³	iLPF8	3	2,5	3,0x2,0
A4 Dupla ³	iLPF9	3	2,5	3,0x2,0

¹Monocultivo de Eucalipto; ²Sistema iPLF com gado de corte; ³Sistema iLPF com gado de leite; Tripla = Faixas (renques) compostas de linhas de três árvores; Dupla = Faixas (renques) compostas de linhas de duas árvores.

A área (P.Puro) é totalmente cultivada no espaçamento (3,5 x 3,0 m) em uma área total de dez hectares. Já, a área (iLPF1) é um sistema iLPF composto por quatro linhas triplas de árvores com 15m entre os renques, com espaçamento de 1,5m entre as árvores e a cultura agrícola. O sistema é destinado à utilização com gado de corte, em uma área total de dez hectares.

Já, as áreas semelhantes (A1, A2, A3 e A4) são sistemas destinados a utilização com gado de leite, essas áreas estão alocadas próximas umas das outras, em uma área experimental efetiva de 40 hectares, subdivididos em quatro áreas homogêneas de dez ha cada, das quais sete ha para áreas com sistemas iLPF com linhas triplas e três ha para sistemas com linhas duplas.

O componente agrícola é composto de milho (*Zea mays* L.) e feijão caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) que foram plantados na safra e safrinha, respectivamente de cada ano agrícola. A pastagem é composta de Ruziziensis (*Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard) e a Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. Piatã) e foi introduzida juntamente com o componente agrícola, caracterizando um sistema rotativo. O que difere as quatro áreas é a sequência de implantação do componente agrícola e da pastagem, essa é apresentada na Tabela 2, para os quatro primeiros anos do sistema.

Tabela 2 Sequencia de implantação da lavoura e pasto nas três áreas (A1, A2, A3 e A4) do primeiro ao quarto ano de implantação do sistema

ANO	A1	A2	A3	A4
1º (2011)	Lavoura ¹	Lavoura ²	Pasto (1ºano)	Pasto (2ºano)
2º (2012)	Lavoura ²	Pasto (1ºano)	Pasto (2ºano)	Lavoura ¹
3º (2013)	Pasto (1ºano)	Pasto (2ºano)	Lavoura ¹	Lavoura ²
4º (2014)	Pasto (2ºano)	Lavoura ¹	Lavoura ²	Pasto (1ºano)

¹- Cultivo de milho na safra e com Ruziziensis + Feijão Caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) na safrinha. ²- Cultivo de milho na safra juntamente com a Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. Piatã).

Nesse caso, o componente florestal tem dois diferentes arranjos, um composto por duas linhas duplas de árvores nas extremidades do renque e com 52m no meio do renque (Dupla) e o outro (Tripla) composto de quadro linhas triplas de árvores com 15m entre os renques, com espaçamento de 1,5m entre as árvores e a cultura agrícola.

3.2 Variáveis dendrométricas analisadas

As variáveis dendrométricas analisadas foram: o diâmetro a 1,30 m de altura do solo (DAP), altura total (Ht) e o volume total com casca (Vol). Para cada uma dessas variáveis, foi definido um tamanho ótimo e uma forma

adequada de parcelas experimentais. Dentre as três variáveis dendrométricas a que apresentar o maior tamanho de parcela será escolhida como mais adequada para a escolha do tamanho a ser indicado e utilizado, sendo o tamanho definitivo para tal tratamento.

O diâmetro a 1,30m do solo (DAP) foi mensurado com o auxílio de uma fita diamétrica em (cm). A altura total (Ht) dos indivíduos foi obtida com uso de hipsômetro Vertex em (m). O volume total com casca foi calculado, utilizando-se de uma equação de volume construída após realização da cubagem pelo método de Smalian (HUSCH; BEERS; KERSHAW JUNIOR, 2003), posteriormente já de posse dos dados de volume, o modelo de Schumacher e Hall (1933) foi ajustado para cada área avaliada, na Equação 7:

$$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \beta_2 \ln(Ht) + \varepsilon \quad (7)$$

em que: \ln = operador logaritmo neperiano; V = volume comercial com casca, em m^3 ; β_i = parâmetros do modelo, $i= 0,1$ e 2 , DAP diâmetro a 1,30m de altura do solo, em cm; Ht = altura total, em m; ε = erro aleatório, sendo $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

Para as três variáveis de interesse avaliadas, a unidade básica (UB) da amostra foi constituída de uma planta/árvore devidamente identificada por sua posição na fila e na coluna, de forma a simular parcelas de diversos tamanhos e formas. Esse tipo de UB é utilizado na maioria dos experimentos na área florestal.

3.3 Métodos para estimação do tamanho da parcela

Os métodos apresentados a seguir foram selecionados em função do seu uso clássico na literatura, praticidade e alguns métodos atuais, para verificar sua eficiência e aplicabilidade na determinação de tamanho ótimo de parcela em experimentos em sistemas iLPF com Eucalipto. Ressalta-se que todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se rotinas específicas do programa computacional livre R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

Para estimação do tamanho de parcela, utilizando os diferentes métodos, cada tratamento foi considerado como um ensaio em branco. Segundo Oliveira et al. (2005), a composição ou tamanho da UB utilizada nas experiências de tamanho ótimo de parcela afetam a estimativa do tamanho ótimo de parcela, sem alterar o erro experimental, independentemente do número de tratamentos.

Desse modo, utilizaram-se as unidades básicas, dispostas convenientemente em linhas e colunas, para cada uma das áreas e para cada variável de interesse. Foram simulados 17 diferentes tamanhos de parcelas (1,2,...,14,15,20 e 25 plantas por parcela), sendo formados pelo agrupamento das observações das unidades básicas adjacentes constituídas por i unidades básicas na linha e j unidades básicas na coluna. O tamanho da parcela (X) é obtido pelo produto de ($X = i \times j$) unidades básicas.

Paranaíba (2007), ilustrando o cálculo do coeficiente de variação, referentes às parcelas 2×1 (linha \times colunas) apresentou o esquema de acordo com a Figura 3, ilustrando o agrupamento das unidades básicas para a composição das parcelas. Para parcelas 2×1 , são obtidos $ij/2$ parcelas com duas unidades básicas, cada uma formada pela soma dos valores de duas observações. Em razão de os métodos utilizados não levarem em consideração a forma das parcelas, mas sim o tamanho das mesmas, calculou-se a média aritmética dos $CV(x)$ das parcelas de diferentes formas com mesmo tamanho.

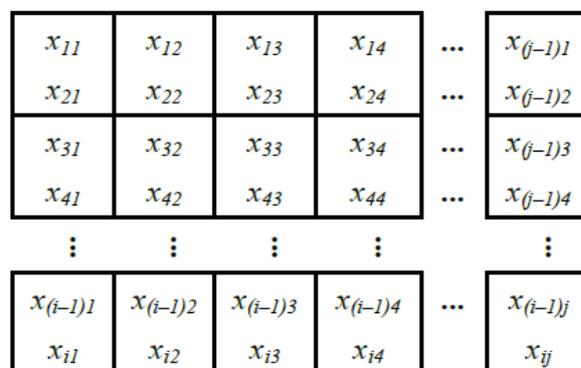


Figura 3 Ilustração do agrupamento de UB adjacentes para a formação de parcelas no formato retangular 2x1 ($i=2, j=1$)

Os métodos de estimação utilizados para determinar o tamanho ótimo de parcelas foram: Método de máxima curvatura modificada (MCM), método de modelo linear de resposta em platô (MLRP) e método de modelo quadrático de resposta em platô (MQRP) que serão descritos a seguir:

Máxima curvatura modificada (MCM)

O método da máxima curvatura modificado foi proposto por Lessman e Atkins (1963) e consta, apenas, de um aperfeiçoamento do método anterior que consiste em se determinar algebricamente o ponto no qual a curvatura é máxima na curva que relaciona coeficiente de variação (CV_{exp}) com tamanho de parcela. A partir da função de curvatura, será determinado o valor da abscissa, onde ocorre o ponto de máxima curvatura, conforme apresentado por Meier e Lessman (1971), por meio das Equações 8 e 9:

$$CV_{exp} = aX^{-b} \quad (8)$$

em que: CV_{exp} = representa o coeficiente de variação experimental; e X = tamanho da parcela.

$$X_0 = \left[\frac{a^2 b^2 (2b+1)}{(b+2)} \right]^{\frac{1}{2+2b}} \quad (9)$$

em que: X_0 = Valor da abcissa no ponto de máxima curvatura, o qual corresponde a estimativa do tamanho ótimo da parcela experimental (UB); a = constante da regressão e b = coeficiente de regressão.

Modelo linear segmentado com resposta em platô (MLRP)

No método do modelo linear segmentado com resposta em platô, o modelo é formado por dois segmentos (SCHABENBERGER; PIERCE, 2002), o primeiro descreve uma reta decrescente até uma determinada constante P , que é o platô, e o segundo refere-se ao platô, que, a partir de determinado valor do coeficiente de variação (CV), assume um valor constante. O modelo é representado pela Equação 10:

$$CV(X_i) = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i, & \text{se } X_i \leq X_0 \\ P + \varepsilon_i, & \text{se } X_i > X_0 \end{cases} \quad (10)$$

em que: β_0 e β_1 são os parâmetros do segmento linear; P é o parâmetro do platô; X_0 é o valor do tamanho ótimo da parcela parcelas (UB) que será recomendado para esse tipo de experimento; X_i é o erro aleatório não observável associado ao $CV(X_i)$ correspondente, considerados independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância constante.

Modelo de regressão quadrática com resposta em platô (MQRP)

Com definições semelhantes às do MLRP o método do modelo de regressão quadrática com resposta em platô é representado por uma fase decrescente ou crescente, descrita por uma equação do segundo grau e após a estabilização, por um platô. O ponto de junção entre o modelo quadrático e o platô define o tamanho ótimo de parcela. Pensou-se na utilização desse modelo pelo fato de que, em geral, ocorre redução no coeficiente de variação, à medida que se aumenta o número de unidades básicas agrupadas por parcela, e essa redução pode apresentar um comportamento quadrático. O modelo de regressão quadrático segmentado com platô é representado pela Equação 11:

$$CV(X_i) = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \varepsilon_i, & \text{se } X_1 \leq X_0 \\ P + \varepsilon_i, & \text{se } X_1 > X_0 \end{cases} \quad (11)$$

em que: β_0 , β_1 e β_2 são os parâmetros a serem estimados do primeiro segmento (quadrático); P é o parâmetro do platô; X_0 é o valor do tamanho ótimo da parcela parcelas (UB) que será recomendado para esse tipo de experimento; X_i é o erro aleatório não observável associado ao $CV(X_i)$ correspondente, considerados independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância constante.

3.4 Forma e tamanho ótimos de parcela

A determinação da forma mais adequada foi realizada após determinar o tamanho ótimo da parcela. Foram avaliadas todas as formas possíveis, de modo que linha \times planta ($i \times j$) resultassem no tamanho ótimo proposto ($i \times j = X_0$). Em seguida, foram calculados os coeficientes de variação (CV_x) e a informação Relativa (IR) de acordo com Keller (1949), correspondentes a cada forma.

Considera-se que as parcelas compostas por uma unidade básica fornecem a maior informação. A informação relativa (*IR*) é calculada pela razão entre a variância das parcelas unitárias pelas variâncias comparáveis de cada forma de parcela para um mesmo tamanho, pela Equação 12:

$$V_{xc} = \frac{V_x}{X} \quad IR = \frac{V_1}{V_{xc}} \times 100 \quad (12)$$

em que: V_{xc} = variância comparável; V_x = variância entre parcelas de tamanho X unidades básicas; X = tamanho da parcela em unidades básicas; IR = informação relativa em porcentagem; V_1 = variância entre parcelas compostas de uma unidade básica.

A melhor forma corresponderá à conformação que forneça o menor (CV_x) a maior IR . Esse procedimento foi realizado para todas as áreas e para cada variável dendrométrica de interesse, no entanto apenas um formato foi escolhido dentre as avaliadas, sendo o que melhor representa e que tem maior representatividade da produção.

3.4.1 Avaliadores de qualidade de ajuste

Nos tópicos subsequentes, são apresentados os avaliadores da qualidade de ajuste de modelos de regressão não lineares utilizados neste trabalho, os mesmos sugeridos por Oliveira, (2010). Para verificar diferença entre a qualidade dos ajustes, foram comparados o coeficiente de determinação (R^2), critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de Informação Bayesiano (BIC) dos métodos utilizados na determinação de tamanho ótimo, descritos a seguir:

Coefficiente de determinação (R^2)

Segundo Souza (1998), citado por Regazzi e Silva (2010), no caso de modelo de regressão não linear a adequacidade do ajustamento, ou seja, o coeficiente de determinação, pode ser medida pelo quadrado do coeficiente de correlação entre os valores observados e preditos. Essa medida pode ser calculada com a utilização da Equação 13:

$$R^2 = (r_{y\hat{y}}^2) = \frac{\left[\sum_{i=1}^n y_i \hat{y}_i - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)(\sum_{i=1}^n \hat{y}_i)}{n} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n} \right] \left[\sum_{i=1}^n \hat{y}_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n \hat{y}_i)^2}{n} \right]} \quad (13)$$

em que: y_i é o valor observado no coeficiente de variação e \hat{y}_i é o respectivo valor estimado.

Crítério de Informação de Akaike (AIC)

O AIC é um teste que permite uma comparação entre modelos não aninhados e penalizam modelos com maior número de parâmetros. Sendo que, menores valores indicam melhor ajuste (WOLFINGER, 1993; AKAIKE, 1974). Esse critério permite utilizar o princípio da parcimônia na escolha do melhor modelo, ou seja, de acordo com esse critério, nem sempre o modelo mais parametrizado é melhor (BURNHAM; ANDERSON, 2004). Sua expressão é dada pelas Equações 14 e 15:

$$AIC = -2 \log \text{like} + 2p \quad (14)$$

em que: p = número de parâmetros e $\log like$ = valor do logaritmo da função de verossimilhança, considerando-se as estimativas dos parâmetros.

$$\log like = -\frac{n}{2} \ln(2\pi) - \frac{n}{2} \ln(\hat{\sigma}^2) - \frac{1}{2\hat{\sigma}^2} \sum_{i=1}^m (y_1 - \hat{y}_1)^2 - \frac{1}{2\hat{\sigma}^2} \sum_{i=m+1}^n (y_1 - \hat{p})^2 \quad (15)$$

em que: m é tal que $X_m < X_0 < X_{m+1}$, $\hat{\sigma}^2$ é a variância dos resíduos estimada com grau de liberdade n , e \hat{p} é o platô estimado de cada modelo (HERNANDES, 2010).

Critério de Informação bayesiano (BIC)

Assim como o AIC, o critério BIC leva em conta o grau de parametrização do modelo e, da mesma forma, quanto menor for o valor de BIC (SCHWARZ, 1978), melhor será o ajuste do modelo. Sua expressão é dada pela Equação 16:

$$BIC = -2 \log like + p \times \ln(n) \quad (16)$$

em que: n é o número de observações utilizadas para ajustar a curva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Métodos de determinação de tamanho ótimo de parcela

Uma análise comparativa dos métodos de determinação de tamanho ótimo de parcela foi realizada utilizando três avaliadores de qualidade de ajuste (R^2 , BIC e AIC). Ressalta-se que valores mais próximos de um de R^2 e menores valores de AIC e BIC correspondem ao melhor ajuste para cada realidade.

Nesse contexto, serão comparados os métodos MCM, MLRP e MQRP, a fim de mostrar a eficiência e confiabilidade dos mesmos, os quais foram aplicados nas dez áreas avaliadas, para as variáveis DAP Tabela 3, Ht Tabela 4 e Vol Tabela 5, nas quais são apresentados os avaliadores da qualidade do ajuste.

Tabela 3 Estimativas dos avaliadores de qualidade do ajuste dos três principais métodos de estimação do tamanho de parcela, para as dez áreas avaliadas e respectivas médias gerais, para a variável diâmetro a altura do peito (DAP) de eucalipto, clone H13

Área	Métodos								
	MCM			MLRP			MQRP		
	R ²	BIC	AIC	R ²	BIC	AIC	R ²	BIC	AIC
P.Puro	0,98	45,38	42,88	0,93	105,77	102,43	0,95	97,95	94,62
iLPF1	0,98	46,03	43,53	0,94	98,60	95,27	0,97	88,79	85,46
iLPF2	0,99	-44,39	-46,89	0,94	88,98	85,65	0,95	97,95	94,62
iLPF3	0,99	-13,34	-15,84	0,94	92,40	89,07	0,97	80,25	76,92
iLPF4	0,99	-23,49	-25,99	0,95	87,55	84,22	0,97	76,17	72,83
iLPF5	0,99	-29,69	-32,19	0,94	91,09	87,76	0,97	80,77	77,43
iLPF6	0,98	39,16	36,66	0,94	102,95	99,62	0,97	93,45	90,11
iLPF7	0,99	-12,85	-15,35	0,94	89,95	86,62	0,97	76,90	73,57
iLPF8	0,99	10,86	8,36	0,94	92,06	88,73	0,97	82,34	79,01
iLPF9	0,99	18,64	16,14	0,94	93,98	90,65	0,97	82,93	79,59
Média	0,99	3,63	1,13	0,94	94,33	91,00	0,97	85,75	82,42

em que: Coeficiente de determinação (R²), critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação bayesiano (BIC), máxima curvatura modificada (MCM), modelo linear segmentado com platô (MLRP) e modelo quadrático segmentado com platô (MQRP).

Para a variável DAP, quando se comparam as diferentes áreas, as que se mostram com os melhores ajustes para o métodos MCM são as áreas iLPF2, iLPF5 e iLPF4 respectivamente; para o método MLRP são as áreas iLPF4, iLPF2 e iLPF7 respectivamente e para o método MQRP são as áreas iLPF7, iLPF3 e iLPF5 respectivamente. Ressalta-se que o P.Puro apresentou resultados inferiores a maioria dos demais para os três métodos.

Tabela 4 Estimativas dos avaliadores de qualidade do ajuste dos três principais métodos de estimação do tamanho de parcela, para as dez áreas avaliadas e respectivas médias gerais, para a variável altura total (Ht) de eucalipto, clone H13

Área	Métodos								
	MCM			MLRP			MQRP		
	R ²	BIC	AIC	R ²	BIC	AIC	R ²	BIC	AIC
P.Puro	0,98	46,46	43,96	0,93	106,71	103,38	0,95	99,11	95,78
iLPF1	0,98	44,59	42,09	0,94	97,84	94,51	0,97	87,87	84,54
iLPF2	0,99	-33,73	-36,23	0,94	84,75	81,41	0,97	75,02	71,69
iLPF3	0,99	32,71	30,21	0,95	85,52	82,19	0,98	72,67	69,33
iLPF4	0,99	-17,91	-20,41	0,94	84,03	80,70	0,97	73,86	70,52
iLPF5	0,99	-21,48	-23,98	0,94	89,57	86,24	0,97	79,88	76,55
iLPF6	0,98	42,95	40,46	0,94	101,95	98,62	0,96	93,46	90,13
iLPF7	0,99	20,13	17,63	0,94	88,74	85,40	0,97	78,64	75,31
iLPF8	0,99	4,29	1,79	0,94	91,25	87,92	0,96	82,45	79,12
iLPF9	0,99	22,50	20,00	0,94	93,99	90,65	0,97	83,66	80,33
Média	0,99	14,05	11,55	0,94	92,43	89,10	0,97	82,66	79,33

em que: Coeficiente de determinação (R²), critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação bayesiano (BIC), máxima curvatura modificada (MCM), modelo linear segmentado com platô (MLRP) e modelo quadrático segmentado com platô (MQRP).

Para a variável Vol, quando se compara as diferentes áreas, as que se mostram com os melhores ajustes para o métodos MCM são as áreas iLPF2, iLPF5 e iLPF4 respectivamente, para o método MLRP são as áreas iLPF4, iLPF5 e iLPF9 respectivamente e para o método MQRP são as áreas iLPF4, iLPF5 e iLPF9 respectivamente. Ressalta-se que o P.Puro apresentou resultados inferiores à maioria dos demais para os três métodos.

Quando se comparam os ajustes dos três métodos para o plantio puro com os demais é possível observar que em todas as variáveis os ajustes do plantio puro se mostram piores que os demais, estando sempre entre os piores

ajustes independente do método utilizado, isso, possivelmente é decorrente do fato de o plantio puro já estar em fase de competição entre árvores e por já ter suas copas fechadas o que aumenta a competição e gera maior heterogeneidade.

Tabela 5 Estimativas dos avaliadores de qualidade do ajuste dos três principais métodos de estimação do tamanho de parcela, para as dez áreas avaliadas e respectivas médias gerais, para a variável volume total (Vol) de eucalipto, clone H13

Área	Métodos								
	MCM			MLRP			MQRP		
	R ²	BIC	AIC	R ²	BIC	AIC	R ²	BIC	AIC
P.Puro	0,98	44,42	41,92	0,93	111,82	108,48	0,95	104,59	101,3
iLPF1	0,98	45,74	43,24	0,94	103,39	100,05	0,97	93,00	89,67
iLPF2	0,99	-17,9	20,48	0,94	99,09	95,76	0,97	88,52	85,19
iLPF3	0,99	5,84	3,34	0,94	104,45	101,12	0,97	92,88	89,54
iLPF4	0,99	4,40	1,90	0,95	98,07	94,73	0,97	87,10	83,76
iLPF5	0,99	-10,5	12,95	0,94	98,13	94,80	0,97	87,94	84,61
iLPF6	0,98	42,62	40,12	0,95	105,43	102,10	0,97	99,06	95,73
iLPF7	0,99	13,07	10,57	0,94	101,13	97,79	0,97	89,47	86,13
iLPF8	0,99	5,26	2,76	0,94	101,56	98,23	0,97	92,50	89,16
iLPF9	0,99	24,05	21,55	0,94	98,86	95,53	0,97	88,17	84,84
Média	0,99	15,71	13,21	0,94	102,19	98,86	0,97	92,32	88,99

em que: Coeficiente de determinação (R²), critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação bayesiano (BIC), máxima curvatura modificada (MCM), modelo linear segmentado com platô (MLRP) e modelo quadrático segmentado com platô (MQRP).

Ao analisar os resultados, é possível observar que os dados se ajustam melhor para a variável DAP, seguido de HT e Vol, respectivamente, o que permite inferir que a variável Vol é mais complexa de ser representada, para a qual se deve ter um cuidado especial, mediante a sua importância prática e

também por essa variável ser uma representação das demais variáveis. Nesse caso, essa variável será a que possivelmente apresentara os maiores tamanhos de parcela.

Como já observado por Henriques Neto et al. (2004), Mello et al. (2004), Lopes et al. (2005), Donato et al. (2008), Cargnelutti Filho et al. (2011) e Peixoto, Faria e Morais (2011), os diversos métodos de estimação do tamanho ótimo de parcela levam a diferentes resultados, fato que gera diferenças mesmo quando os métodos baseiam-se em princípios semelhantes. Isso ocorre, principalmente, porque os métodos consideram de forma diferente as relações entre os parâmetros estimados para sua determinação.

Em razão das diferenças entre os métodos, quando estes são ajustados a um mesmo conjunto de dados, é necessário utilizar ferramentas estatísticas, com o intuito de comparar os modelos e indicar o melhor de forma confiável (SILVEIRA, 2010). Não havendo um método soberano para todas as realidades, havendo a necessidade de compará-los sempre para cada realidade diferente. Nessa realidade Storck (1979) e Bakke (1988) indicam que, quando é possível, é necessário utilizar mais de um método para que sejam supridas as informações a partir do que se explora em cada um deles.

Ao realizar uma análise comparativa dos métodos, com base nos valores dos avaliadores da qualidade de ajuste, é possível observar que dentre os avaliados no presente trabalho, o MCM merece destaque por apresentar os melhores resultados em todas as variáveis e em todas as áreas avaliadas. Embora esse método seja baseado no mesmo princípio do método máxima curvatura por inspeção visual, ele estabelece uma equação de regressão para explicar a relação entre CV e tamanho de parcela, possibilitando a obtenção de tamanhos diferentes daqueles preestabelecidos, além de fornecer resultados mais precisos (VIANA et al., 2002).

O método MCM foi sugerido por Lessman e Atkins, (1963) e aprimorado por Méier e Lessman, (1971). Ele tem por finalidade aperfeiçoar o método da máxima curvatura por inspeção visual desenvolvido por Federer (1977), por meio da proposição de uma fórmula de determinação do ponto de máxima curvatura, eliminando, dessa maneira, a inspeção visual e a subjetividade na determinação do tamanho ótimo. Ao avaliar diferentes métodos de determinação de tamanho de parcela Viana et al. (2002; 2003), indicaram o método como sendo o que permitiu a obtenção de estimativas mais adequadas. Ele ainda permite encontrar valores intermediários entre os tamanhos de parcela pré-determinados.

Assim, como no presente trabalho, vários autores ressaltam a superioridade do método MCM perante outros métodos alternativos, por apresentar equações de regressão com altos valores de R^2 , aumentando a confiabilidade das estimativas. Em estudos com *Eucalyptus* Zanon e Storck, (2000); com a cultura da banana Donato et al. (2008); com mudas de cafeeiro Campos et al (2010); com *Eremanthus erythropappus* Oliveira et al. (2011) e com rabanetes Silva et al. (2012), ressaltam que o tamanho de parcela é melhor determinado pelo método MCM.

Mesmo com ótimos resultados observados no presente estudo e da confirmação desses com resultados encontrados na literatura, o método MCM apresenta algumas desvantagens, dentre elas o fato do método não considerar os custos da implantação, condução e avaliação do experimento. Entretanto, segundo Lima et al. (2007) dentro de certos limites, desde que os custos não sejam tão elevados, podem ser desprezados, com o intuito de se aumentar à precisão de um experimento.

Nessa mesma realidade, alguns autores encontraram problema de subestimação, utilizando o método MCM, Paranaíba, Morais e Ferreira (2009), Paranaíba, Ferreira e Morais (2009); Henriques Neto et al. (2009); Vieira e Silva

(2008); Lima et al. (2007) e Feijó et al. (2006). Chegando ao extremo de estudos indicarem tamanhos não aplicáveis, como, por exemplo, Leite, Peternelli e Barbosa (2006) com o objetivo de determinar o tamanho ideal de parcela para a redução do erro experimental na estimação de parâmetros genéticos em famílias de cana-de-açúcar, encontrando tamanhos de parcelas com menos de uma planta.

Segundo Silva et al. (2003), o método não considera o ponto de estabilização dos valores do coeficiente de variação, desse modo, o aumento no número de plantas na parcela ainda promove ganho expressivo na precisão experimental. Nesse caso, conforme Chaves (1985), o valor da abscissa no ponto de máxima curvatura deve ser interpretado como o limite mínimo de tamanho da parcela, e não como tamanho ótimo. Em função disso, propôs um novo modelo para corrigir o problema da subestimação do método anterior.

Outras desvantagens foram observadas em estudos com a cultura do sorgo granífero, onde Lopes et al. (2005) constataram disparidade nos valores de tamanho de parcela estimados pelo método, resultados semelhantes foram observados com as culturas de: milho (MARTIN et al., 2005), batata (STORCK; BISOGNIN; OLIVEIRA, 2006), trigo (HENRIQUES NETO et al., 2004) e mandioca (VIANA et al., 2002).

Os dois métodos de resposta em platô MLRP e MGRP apresentaram resultados, dos índices de qualidade, inferiores ao MCM, com valores de R^2 menores e valores de AIC e BIC maiores. Entretanto, esses resultados não podem ser considerados como ruins, pois sabe-se que os métodos que usam modelos lineares segmentados com platô não se ajustam tão bem, isso é de se esperar uma vez que se trata de dois segmentos de reta para explicar uma tendência exponencial (OLIVEIRA et al., 2011).

Assim como no presente trabalho Campos et al. (2010) observaram que o método MLRP, quando comparado ao método MCM, apresenta R^2 menores, mas também altos, acima de 80%. Nessa mesma realidade Silva et al. (2012),

observaram uma superioridade do MCM quando comparado aos métodos de resposta platô. Segundo Cargnelutti Filho et al. (2011) o uso do método MLRP, para estimar o tamanho ótimo de parcela, é recente, sendo necessários mais estudos para afirmações conclusivas sobre o mesmo.

Ao estudar a técnica platô de resposta, utilizando modelos de regressão segmentada para avaliar sua aplicação no estudo da exigência de Zn em frango de corte, Rezende et al. (2007) verificaram que todos os modelos testados, incluindo MLRP e MQRP foram válidos e estatisticamente equivalentes, contudo o modelo que mostrou-se mais adequado foi o que apresentou maior facilidade de interpretação dos parâmetros, fato que varia de acordo com o conjunto de dados.

Analisando os resultados obtidos pelo método MQRP esse apresenta melhores resultados quando comparado com o MLRP, o mesmo resultado foi observado por Silva et al. (2012). Ao comparar os dois modelos com base nos valores de R^2 , o método MQRP proporciona melhores ajustes, resultado que era de se esperar, em decorrência do maior número de parâmetros. No entanto, um possível “falso” platô pode ser obtido ao se utilizar de modelos segmentados, pois nem sempre existe amplitude suficiente nos tamanhos de parcelas simulados para se alcançar uma resposta com platô, como é mais comum ocorrer com o modelo quadrático (PEIXOTO; FARIA; MORAIS, 2011).

O método MQRP em geral, estima maiores tamanhos de parcelas, em razão provavelmente da curvatura do modelo no seu primeiro ponto numa tentativa de melhor ajuste dos dados, já que o decréscimo da variabilidade nem sempre é linear; devendo ser utilizado para aquelas situações em que se necessita de maiores precisões experimentais (PEIXOTO, 2009). Nessa mesma realidade Morris (1983) e Runho et al. (2001) afirmam que o ajuste de dados pelo modelo MLRP em casos especiais proporciona bom ajuste estatístico, mas frequentemente subestima a dose ótima.

Segundo Oliveira et al. (2011), nos métodos de modelo segmentado com platô o mais importante não é o melhor ajuste de modelos, mas, sim, o ponto de junção das duas retas, indicando o ótimo entre o ganho em precisão e o tamanho da parcela experimental.

Independente do método escolhido, Brito et al. (2012) sugerem a utilização de regressão antitônica e afirmam que a transformação de dados via análise de regressão antitônica possibilita aumento da qualidade no ajuste dos métodos utilizados. Os autores ainda relatam que a utilização da técnica da regressão antitônica não produz diferença expressiva no tamanho ótimo da parcela em ambos os métodos.

A seguir, são mostrados os resultados de duas das áreas avaliadas. Na Figura 4, é possível ver a determinação dos tamanhos ótimos de parcela na área P.Puro, constituída de um plantio puro em espaçamento (3,5x3m), para a variável volume, nos três métodos de determinação utilizados MCM, MLRP e MQRP. É possível observar as diferenças entre os métodos e, principalmente, nos valores estimados como ótimo. Nesse caso, a indicação menos aconselhável seria 6UB que é a média entre os métodos, mas a indicação mais coerente seria escolher o método MCM que estima 8UB para essa área.

Já, na Figura 5, é possível ver a determinação dos tamanhos ótimos de parcela na área de (iLPF1), área constituída de um sistema com renques triplos em espaçamento (3,5 x 3m) para a variável volume, nos três métodos de determinação utilizados MCM, MLRP e MQRP.

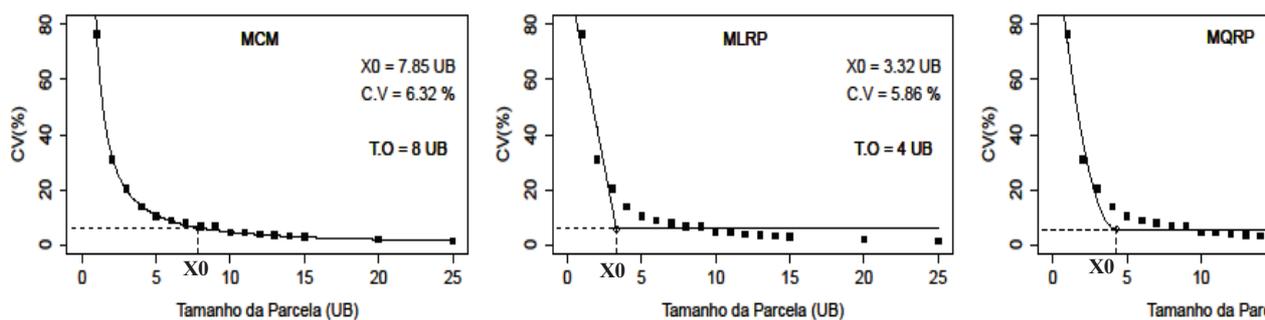


Figura 4 Tamanhos ótimos de parcela em UB na área (P.Puro) plantio puro em espaçamento (3,5x3m), volume, nos três métodos de determinação utilizados MCM, MLRP e MQRP. Em que: X0 = tamanho ótimo de parcela em UB; CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas; X0 UB's; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, com valores aproximados para o inteiro próximo

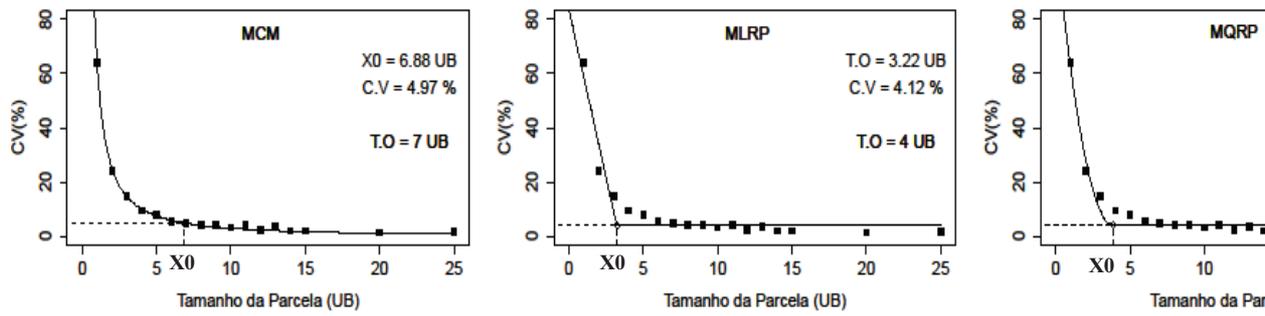


Figura 5 Tamanhos ótimos de parcela em UB na área de (iLPP1) sistema com renques triplos em espaçamento de 3m) para a variável volume, nos três métodos de determinação utilizados MCM, MLRP e MQRP. X0=Tamanho ótimo de parcela em UB; CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação das parcelas compostas de X0 UB's; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, com valores aproximados para o inteiro superior mais próximo.

Como mencionado o tamanho ótimo de parcela muda de acordo com o método e de acordo com a variável analisada. Mesmo sendo definido qual método utilizar, Campos et al. (2010), sugerem utilizar o tamanho mais rigoroso, o qual corresponde ao maior. Uma segunda opção, menos aconselhável, caso haja uma restrição de área ou recurso financeiro seria utilizar o valor médio dos tamanhos de parcelas obtidos entre os métodos escolhidos.

Nesse caso, a indicação menos aconselhável seria 5UB que é a média entre os métodos, já, a indicação mais coerente seria escolher o método MCM que estima 7UB para essa área. As demais áreas apresentam o mesmo comportamento e aconselha-se sempre a optar pelo método que apresentar os melhores ajustes e maiores tamanhos.

4.2 Tamanho ótimo de parcela

Durante a realização das medições das principais variáveis de interesse, foram encontradas algumas falhas de plantio, nas dez áreas avaliadas, todas decorrentes de árvores quebradas, mortas ou que foram replantadas e que não apresentava um desenvolvimento semelhante às demais. A proporção de falhas foi relativamente baixa e sua ocorrência não interferiu na condução do experimento, entretanto optou-se por utilizar o valor de zero UB quando ocorreu a falha.

Para todos os métodos utilizados e todas as áreas avaliadas foram simulados 17 diferentes tamanhos de parcelas ($i \times j$) os quais são (1,2,...,14,15,20 e 25 UB por parcela), formados por i plantas na linha e j na coluna, esse procedimento foi repetido nas três variáveis de interesse. Na Tabela 6, são apresentados as estimativas do tamanho ótimo de parcela obtidas pelo método da máxima curvatura modificada (MCM), para as dez áreas avaliadas e respectivas

médias, e para as três variáveis dendrométricas (DAP, Ht e Vol) e respectivas médias.

No presente trabalho, como a UB é a unidade natural (uma planta), arredondaram-se os valores calculados para o inteiro subsequente. A opção de se arredondar o valor para cima decorre do fato de esses métodos, de modo geral, estimarem valores pequenos de tamanhos de parcela. E pela observação da ocorrência de decréscimo nos valores do CV(%), com o aumento do tamanho da parcela, na região imediatamente superior ao ponto de máxima curvatura (HENRIQUES NETO, 2003).

Tabela 6 Tamanhos ótimos de parcela em UB pelo método de MCM, para as dez áreas avaliadas nas três variáveis de interesse e suas respectivas médias

Área	Variáveis									Média
	DAP			Ht			Vol			
	X0	CV(%)	T.O	X0	CV(%)	T.O	X0	CV(%)	T.O	
P.Puro	7,04	5,45	8	7,17	5,63	8	7,85	6,32	8	7,35
iLPF1	6,57	4,90	7	6,55	4,89	7	6,88	4,97	7	6,67
iLPF2	5,60	3,78	6	5,39	3,73	6	6,31	4,23	7	5,77
iLPF3	5,69	3,64	6	5,44	3,53	6	6,70	4,42	7	5,94
iLPF4	5,50	3,62	6	5,39	3,73	6	6,36	4,32	7	5,75
iLPF5	5,79	3,92	6	5,75	4,01	6	6,39	4,39	7	5,98
iLPF6	6,99	5,15	7	7,03	5,42	8	7,50	5,43	8	7,17
iLPF7	5,46	3,39	6	5,74	4,09	6	6,46	4,28	7	5,89
iLPF8	5,78	3,91	6	5,89	4,28	6	6,76	4,89	7	6,14
iLPF9	5,99	4,08	6	6,04	4,24	7	6,45	4,48	7	6,16
Média (X0)	6,04			6,04			6,77			6,28
Média (X0)^a	7			7			7			7

em que: X0 = Tamanho ótimo de parcela em UB; CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X0 em UB; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, sendo (**a**) valores aproximados para o inteiro superior mais próximo.

Ao realizar a comparação dos resultados das diferentes áreas, é possível identificar que a área P.Puro e a iLPF6, são as que apresentam maior tamanho de parcela, esse valor se deve no primeiro caso ao fato de ser um plantio puro e as plantas já apresentarem um significativo fechamento de copa. Nesse estágio, já existe uma alta competição entre as plantas e consequente superioridade de alguns indivíduos, fato que gera uma maior heterogeneidade nos valores observados das variáveis dendrométricas.

No segundo caso, área iLPF6, a heterogeneidade se deve a uma intervenção antrópica que ocorreu nessa área, na qual parte das árvores foram suprimidas em função da construção de uma cerca e na época de avaliação se encontravam em diferentes estágios de desenvolvimento. Fora essas duas particularidade as áreas de sistema iLPF apresentam resultado semelhante em todas as variáveis.

Para a área P.Puro, é possível observar que nas três variáveis de interesse o tamanho de parcela é o mesmo, 8 UB, para área iLPF1 é observado algo semelhante mas com 7 UB. Já para a área iLPF2 nas variáveis DAP e Ht o tamanho é de 6 UB e para o Vol é de 7 UB, o mesmo acontece para as áreas iLPF3, iLPF4 e iLPF5. Ao observar a área iLPF6, é possível identificar que para a variável DAP o tamanho é de 7 UB e para Ht e Vol o tamanho é de 8 UB, tendência semelhante foi observada na área iLPF9, mas com valores de 6 UB para a variável DAP e 7 UB para as variáveis Ht e Vol.

Ao analisar as áreas iLPF8 e iLPF9, é possível observar que essas apresentam os mesmos resultados para as variáveis DAP e Ht, nas quais o tamanho de parcela é de 6 UB e para a variável Vol de 7 UB. Considerando os resultados médios dos tamanhos de parcela das áreas e das variáveis, esses indicam que a parcela ideal para o método MCM é de 7 UB. Uma sugestão menos segura seria utilizar a média dos tamanhos de parcela nas diferentes áreas ou variáveis, o que proporcionaria parcelas ainda menores, mais fáceis de serem

instaladas, avaliadas e, conseqüentemente, economicamente mais viáveis. Entretanto, a escolha pela média não é aconselhável, pois o interesse maior é na avaliação global de todas as áreas e variáveis, uma alternativa mais segura seria utilizar o maior tamanho de parcela em cada realidade.

Nesse caso, para o método MCM o tamanho ótimo de parcela para as realidades do experimento é de 8UB, resultado semelhante foi observado por Silva et al. (2003) que também utilizaram o métodos em testes clonais com eucalipto e concluíram que em programas iniciais para seleção de clones, parcelas de cinco a dez plantas proporcionaram boa precisão experimental, sendo recomendadas, principalmente, em situação com limitações de mudas, teste de grande número de clones e avaliações de cunho preliminar e em idades precoces.

Silva et al. (2003) ainda observaram que, com exceção da Ht, o número ótimo de plantas determinado para a parcela experimental foi menor no espaçamento 3 x 3 m, seguido pelos espaçamentos 3 x 2,5 m e 3 x 2 m. Tal fato indica que o aumento na área explorada por planta reduziu a competição entre árvores e diminuiu o número de plantas na parcela experimental. Entretanto, se forem comparadas as áreas iLPF1 (3,5 x 3 m) com as áreas iLPF2, iLPF3, iLPF4, e iLPF5 (3 x 2 m), é possível observar que essa tendência não ocorreu, mas é importante ressaltar que em razão da idade das árvores ainda não existe competição intensa, esse fenômeno deve ser novamente investigado em avaliações futuras, para que seja melhor explicado.

Em alguns trabalhos encontrados na literatura, o método MCM apresenta a desvantagem de estimar tamanhos pequenos de parcela e, em casos como esse, conforme elucidaram Chaves (1985) e Henriques Neto et al. (2004), o valor da abscissa no ponto de máxima curvatura, deve ser interpretado como um limite inferior de tamanho de parcela, em vez de tamanho ótimo. Entretanto,

no presente trabalho, o método MCM foi o que estimou os maiores tamanhos de parcela.

Na Tabela 7, são apresentadas as estimativas de tamanho ótimo de parcela pelo método do modelo linear de resposta em platô (MLRP), para as dez áreas avaliadas e as respectivas médias, além das três variáveis de interesse (DAP, Ht e Vol) e suas respectivas médias. Diferentemente do método anterior nesse o tamanho ótimo de parcela varia pouquíssimo de uma área para a outra, mesmo com as variações já mencionadas anteriormente das áreas P.Puro e iLPF6.

Tabela 7 Tamanhos ótimos de parcela em UB pelo método de MLRP, para todas as áreas avaliadas nas três variáveis de interesse e suas respectivas médias

Área	Variáveis									Média
	DAP			Ht			Vol			
	X0	CV(%)	T.O	X0	CV(%)	T.O	X0	CV(%)	T.O	
P.Puro	3,29	4,50	4	3,30	4,74	4	3,32	5,86	4	3,30
iLPF1	3,22	3,86	4	3,24	3,81	4	3,22	4,12	4	3,23
iLPF2	3,22	2,13	4	3,23	2,03	4	3,21	2,87	4	3,22
iLPF3	3,17	2,14	4	3,09	2,13	4	3,18	3,34	4	3,15
iLPF4	3,20	2,01	4	3,22	2,06	4	3,20	3,02	4	3,21
iLPF5	3,22	2,32	4	3,24	2,40	4	3,23	3,03	4	3,23
iLPF6	3,21	4,29	4	3,24	4,55	4	2,52	5,74	3	2,99
iLPF7	3,17	1,84	4	3,22	2,58	4	3,18	3,11	4	3,19
iLPF8	3,27	2,22	4	3,28	2,68	4	3,27	3,68	4	3,27
iLPF9	3,20	2,70	4	3,21	2,86	4	3,20	3,30	4	3,20
Média (X0)	3,22			3,23			3,15			3,20
Média (X0)a	4			4			4			4

em que: X0 = Tamanho ótimo de parcela em UB; CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X0 em UB; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, sendo (a) valores aproximados para o inteiro superior mais próximo.

Uma particularidade ocorreu na variável Vol para a área iLPF6, para a qual o platô foi formado em 3 UB, dando origem a uma parcela menor do que as formadas nas variáveis DAP e Ht, resultado incomum. Nas demais áreas é observado um resultado semelhante em todas as variáveis e respectivas médias, de acordo com o método MLRP o tamanho ótimo é de 4 UB.

Na Tabela 8, são apresentados os dados de tamanho ótimo de parcela pelo método do modelo quadrático de resposta em platô (MQRP), para as dez áreas avaliadas e as respectivas médias, além das três variáveis de interesse (DAP, Ht e Vol) e suas respectivas médias. Semelhante ao método anterior o tamanho ótimo de parcela varia pouquíssimo de uma área para a outra. Para a variável DAP, não é observada diferença entre as áreas avaliadas, com tamanho fixado em 4UB.

Já, para a variável Ht nas áreas P.Puro e iLPF8 o platô é formado em 5UB e para as demais áreas ele é formado em 4UB. Para a variável Vol apenas na área P.Puro é observado um tamanho de 5UB nas demais áreas o tamanho é fixado em 4UB. Nesse contexto, ao analisar os resultados e os valores médios dos tamanhos de parcela obtidos pelo método MQRP, é possível identificar que o tamanho 4UB é o mais aplicado. Entretanto, como o maior valor estimado foi o de 5UB é aconselhável indicá-lo como tamanho ótimo de parcela por esse método.

O maior tamanho de parcela pelo método MQRP comparado ao MLRP, observado no presente trabalho, também foi relatado por (PEIXOTO; FARIA; MORAIS, 2011). O resultado provavelmente se dá em razão da curvatura do modelo no seu primeiro ponto, já que o decréscimo da variabilidade nem sempre é linear. O MQRP deve ser utilizado em detrimento ao MLRP para as situações em que se necessita de maiores precisões experimentais (PEIXOTO, 2009).

Tabela 8 Tamanhos ótimos de parcela em UB pelo método de MQRP, para todas as áreas avaliadas nas três variáveis de interesse e suas respectivas médias

Área	Variáveis									Média
	DAP			Ht			Vol			
	X0	CV(%)	T.O	X0	CV(%)	T.O	X0	CV(%)	T.O	
P.Puro	3,98	4,63	4	4,09	4,82	5	4,30	5,79	5	4,13
iLPF1	3,88	3,97	4	3,91	3,92	4	3,86	4,26	4	3,88
iLPF2	3,98	4,63	4	3,93	2,10	4	3,84	3,00	4	3,92
iLPF3	3,74	2,25	4	3,63	2,20	4	3,78	3,49	4	3,72
iLPF4	3,83	2,09	4	3,90	2,13	4	3,85	3,13	4	3,86
iLPF5	3,90	2,40	4	3,94	2,47	4	3,92	3,13	4	3,92
iLPF6	3,89	4,41	4	3,95	4,65	4	3,87	5,09	4	3,90
iLPF7	3,71	1,95	4	3,88	2,66	4	3,79	3,24	4	3,80
iLPF8	3,97	2,31	4	4,07	2,73	5	3,99	3,79	4	4,01
iLPF9	3,82	2,80	4	3,85	2,96	4	3,84	3,41	4	3,84
Média (X0)	3,87			3,92			3,91			3,90
Média (X0)a	4			4			4			4

em que: X0 = Tamanho ótimo de parcela em UB; CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X0 em UB; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, sendo (a) valores aproximados para o inteiro superior mais próximo.

Na Tabela 9, são apresentados os dados de tamanho ótimo de parcela para a variável (Vol) em todos os métodos de determinação do tamanho ótimo de parcela, para todas as áreas avaliadas e as respectivas médias. Para o método MCM é possível observar que nas áreas P.Puro e iLPF6 o tamanho de parcela é de 8 UB e para as demais áreas de 7UB. Para o método MLRP, exceto para a área iLPF6, as demais áreas apresentaram tamanho de parcela com 4UB. Resultado bem próximo do obtido pelo método MQRP, no qual apenas para a área P.Puro o tamanho é de 5UB e para as demais áreas é de 4UB.

A média dos tamanhos ótimos de parcelas obtidos pelos métodos foi de 5UB, entretanto, como já foi mencionado o mais aconselhável é utilizar o maior tamanho de parcela que nesse caso é de 8UB estimados pelo método MCM. Diferente desse trabalho, Silva et al. (2012) trabalhando com rabanetes observaram que o métodos MLRP e o MQRP estimaram parcelas maiores do que o MCM. Esses mesmos autores ainda observaram que o método MQRP estima parcelas maiores do que o MLRP.

Tabela 9 Estimativas do tamanho ótimo de parcela (X0), em UB, do coeficiente de variação (CV%), para a variável volume (Vol), para as dez áreas avaliadas nos três métodos de determinação utilizados MCM, MLRP e MQRP e suas respectivas médias

Área	Métodos									Média
	MCM			MLRP			MQRP			
	X0	CV(%)	T.O	X0	CV(%)	T.O	X0	CV(%)	T.O	
P.Puro	7,85	6,32	8	3,32	5,86	4	4,30	5,79	5	5,16
iLPF1	6,88	4,97	7	3,22	4,12	4	3,86	4,26	4	4,65
iLPF2	6,31	4,23	7	3,21	2,87	4	3,84	3,00	4	4,45
iLPF3	6,70	4,42	7	3,18	3,34	4	3,78	3,49	4	4,55
iLPF4	6,36	4,32	7	3,20	3,02	4	3,85	3,13	4	4,47
iLPF5	6,39	4,39	7	3,23	3,03	4	3,92	3,13	4	4,51
iLPF6	7,50	5,43	8	2,52	5,74	3	3,87	5,09	4	4,63
iLPF7	6,46	4,28	7	3,18	3,11	4	3,79	3,24	4	4,48
iLPF8	6,76	4,89	7	3,27	3,68	4	3,99	3,79	4	4,67
iLPF9	6,45	4,48	7	3,20	3,30	4	3,84	3,41	4	4,50
Média (X0)	6,77			3,15			3,91			4,61
T.O da Média	7			4			4			5

em que: X0 = Tamanho ótimo de parcela em UB; CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X0 em UB; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, sendo (a) valores aproximados para o inteiro superior mais próximo.

Com o exposto, é possível destacar a variável volume e o método MCM como sendo os mais indicados na determinação de tamanho ótimo de parcela, para as realidades do presente estudo. Uma ilustração dos resultados das áreas P.Puro e iLPF6, para esse método e variável, são apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente, por serem as áreas que apresentaram os maiores tamanhos de parcela.

Em todos os experimentos, o maior valor de CV foi observado no menor tamanho de parcela (parcela unitária), verificando-se redução contínua desse coeficiente com o aumento no tamanho da unidade experimental, porém com taxas diferenciadas de decréscimo (Figuras 6 e 7). O ganho em precisão, ou seja, redução do CV(%) é expressivo quando se tem parcela pequena, mas depois que esta atinge tamanho satisfatório, pouco se ganha com o incremento de mais área à parcela, paralelamente, grande aumento nos custos (ZHANG; WARRICK; MYERS, 1994; HENRIQUES NETO et al., 2004).

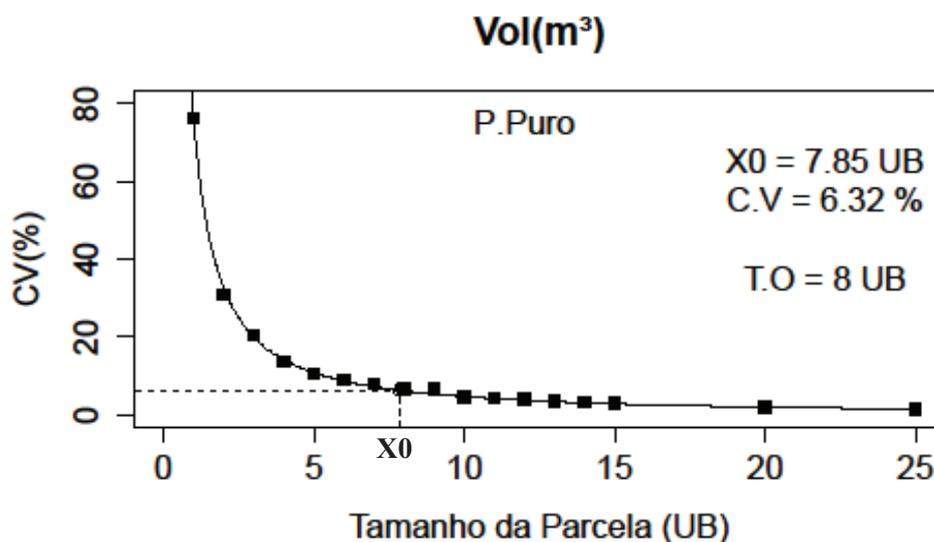


Figura 6 Relação entre coeficiente de variação (CV) e tamanho da parcela (UB) Para a variável volume (Vol) de plantas de eucalipto, clone H13 na área de (P.Puro) plantio puro em espaçamento (3,5x3,0), estimativa do tamanho ótimo de parcela (X_0) em UB, pelo método MCM. Em que: X_0 = Tamanho ótimo de parcela em UB; CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X_0 UB's; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, sendo os valores aproximados para o inteiro superior mais próximo

Mesmo sabendo que parcelas grandes são as que apresentam os menores CV(%) varios autores recomendam o uso de parcelas menores, desde que sejam compatíveis com o manejo previsto no experimento e o comportamento natural do fenômeno. A otimização do experimento e obtenção da precisão desejada, nesse caso, só é possível por meio do aumento no número de repetições, nesse caso existe uma correlação negativa entre o tamanho da parcela e o número de repetições (NONNECKE; SMILLIE, 1964; BOUDREAUX; JONES, 1978; RESENDE, 1995, STORCK et al., 2000; MARTIN et al., 2007; MUNIZ et al., 2009).

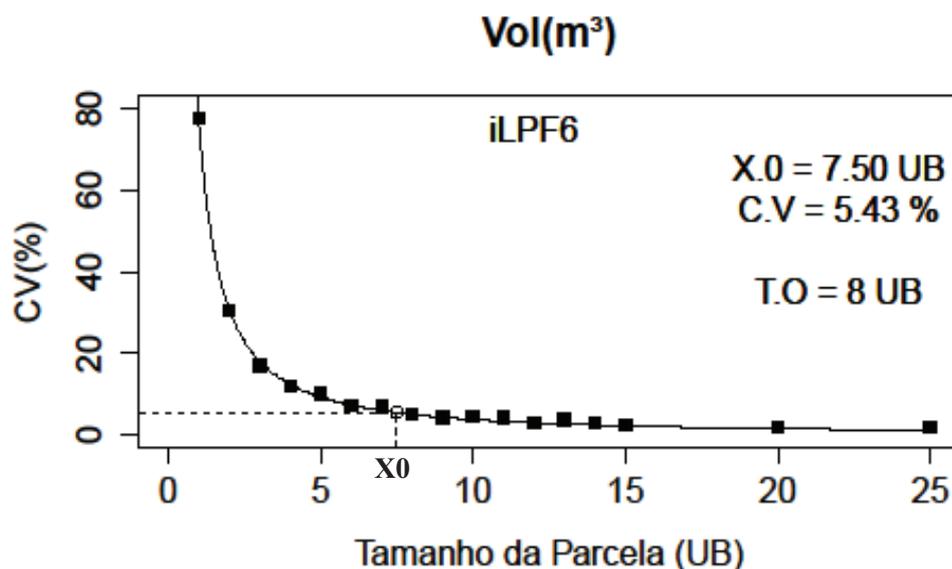


Figura 7 Relação entre coeficiente de variação (CV) e tamanho da parcela (UB), para a variável volume (Vol) de plantas de eucalipto, clone H13 na área de (iLPF6), sistema iLPF com linhas duplas em espaçamento (3,0x2,0), estimativa do tamanho ótimo de parcela (X_0) em UB, pelo método MCM. Em que: X_0 = Tamanho ótimo de parcela em UB; CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X_0 UB's; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, sendo os valores aproximados para o inteiro superior mais próximo

Parcelas menores demandam menor área experimental, e se tornam mais eficientes do que parcelas maiores, com menor número de repetições. O uso de parcelas menores pode trazer grande redução no custo da amostragem, sem perda de precisão, ou, alternativamente, grande aumento de precisão, sem aumento de custo (GOMES, 1988; HENRIQUES NETO et al., 2004).

Os métodos utilizados neste trabalho para a determinação do tamanho ótimo de parcelas experimentais têm a desvantagem de não levar em consideração os custos. Entretanto, pode-se considerar que, em experimentação, dentro de certos limites, os custos, a não ser que sejam muito elevados, podem ser desprezados, com o objetivo de aumentar a precisão.

Mesmo não tendo sido objetivo deste trabalho, é importante mencionar que em estudos de sistemas iLPF assim como em inventários florestais, além da precisão, avaliar o custo e operacionalidade dos procedimentos é fundamental para que se consiga um resultado final satisfatório. Assim, seria objeto de interesse em estudos posteriores a avaliação de tempos de coleta dos dados, bem como seus custos associados, de modo a avançar nas conclusões para se obter métodos mais precisos, operacionais e de baixo custo.

Atualmente, as áreas experimentais estão sendo cada vez mais utilizadas de modo intensivo pelos pesquisadores, a fim de maximizar recursos financeiros, logísticos e de pessoal, para obter resultados mais rápidos e com maior confiabilidade (MARTIN et al., 2007). Alguns exemplos de tamanho de parcela são encontrados na literatura, Wright e Baldwin (1957) compararam taxas de crescimento em testes de procedência de pinus (*Pinus sylvestris* L.) com treze anos de idade, concluindo que o melhor tamanho de parcela retangular foi de 200 árvores, número bem elevado de plantas.

Parcelas grandes também foram indicadas por Silva (1977) que estudou formas de unidades de amostras retangulares, circulares e quadradas, em tamanhos variando entre 100m² e 1000m², num povoamento de *Eucalyptus alba* com seis anos e meio de idade, no espaçamento de 2,0 x 2,5m. O autor observou que parcelas retangulares de 250m² (2,5m x 100m), englobando 50 árvores foram as mais eficientes.

Nesse mesmo sentido, Vianna et al. (2010) analisaram o tamanho de parcela ideal para ser utilizado no inventário amostral definitivo com a finalidade de estimar o estoque de carbono da parte aérea lenhosa de diferentes fitofisionomias. De acordo com os resultados do estudo, determinou-se que o tamanho ótimo da unidade amostral a ser utilizada no inventário amostral definitivo será de 10 x 200 m (2000 m²).

Soares (1980) estudou o tamanho e forma de parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* pelo método da eficiência relativa, concluindo que entre as parcelas quadradas, as de 900 m² (30m x 30m) foram as melhores. Já, de acordo com Gomes e Couto (1985), é possível diminuir o tamanho das parcelas sem prejuízos para a seleção e com economia ao setor florestal. Nesse sentido, no presente trabalho a maior área útil da parcela foi a da área iLPF2 que apresenta 100 m², aproximadamente, parcelas bem menores do que as sugeridas anteriormente. Entretanto na maioria dos trabalhos o tamanho da parcela é calculado pelo número de UB por parcela e não pela área útil.

Nesse contexto, Zanon e Storck (2000) avaliaram o tamanho ótimo de parcelas em experimentos com *Eucalyptus saligna* Smith, com cinco anos e meio de idade pelo método da máxima curvatura e MCM, obtendo tamanho de parcelas variando entre duas a dez plantas. Em estudo semelhante Silva et al. (2003) estudaram o tamanho de parcela em testes clonais de Eucalypto por meio dos métodos da MCM, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual. Os autores utilizaram quatro testes clonais, dispostos num delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Os resultados indicaram que parcelas de cinco a dez plantas proporcionam uma boa precisão.

Concordando com esses valores Silva et al. (2007), ao avaliar o efeito do tamanho e da composição de parcelas amostrais simuladas sobre a precisão de um modelo hipsométrico de *Eucalyptus grandis*, concluíram que parcelas com pelo menos nove árvores proporcionaram estimativas mais precisas da altura das árvores quando comparadas com parcelas menores que esse número. No entanto, parcelas maiores que nove árvores não implicaram ganhos significativos em termos de precisão.

Os autores ainda observaram a influência do tamanho e composição da parcela amostral sobre a precisão das equações de regressão ajustadas para o modelo de relação hipsométrica selecionado. Nessa realidade, Guimarães e Leite

(1996), também realizaram estudos com esse enfoque e testaram o efeito de diferentes tamanhos de parcela sobre a precisão de uma equação de volume e concluíram, que com um número bem menor de árvores (UB) por parcela poderia se chegar a uma precisão semelhante para as estimativas geradas quando se trabalhava com um número bem maior de árvores (UB) amostra por parcela.

Muniz et al. (1999), estudando parcelas quadradas em experimentos com *Eucalyptus grandis* aos seis anos de idade, pelo método de Hatheway (1961) encontraram como tamanho ótimo de parcela, quatro plantas, para experimentos com 10 tratamentos, 6 repetições, CV = 10%, sendo detectadas diferenças de 15% entre tratamentos. Posteriormente, Muniz et al. (2009), novamente ressaltaram que parcelas lineares de tamanho entre 5 e 10 plantas são adequadas em vários casos.

Esse resultado também foi estimado por, Silva et al. (2003) que indicaram parcelas com 5 a 10 plantas como sendo as mais adequadas para seleção precoce em testes clonais, assim como para inferências visando ao uso em plantios comerciais. Na determinação do número de plantas de meio-irmãos que devem compor a parcela, Arriel, Ramalho e Andrade (1993) verificaram a necessidade de três plantas para as avaliações, mas ressaltam que se deve levar em conta a variação genética que poderá ampliar o número de plantas e a área do experimento para que as inferências tenham validade.

Simplício et al. (1996), trabalharam na determinação do tamanho de parcelas experimentais em povoamentos de *Eucalyptus grandis*, com seis anos de idade, em parcelas retangulares. Os autores indicaram para um experimento em blocos casualizados com 10 ou mais tratamentos e 6 repetições, parcelas com 10 UB em retângulo (2 x 5), essas constituem o tamanho ótimo para essa realidade, já para ambientes mais homogêneos, com CV(%) inferiores a 10%, parcelas com 8 UB (2 x 4) representam um tamanho razoável.

Zanon e Storck (1997) trabalharam com *Eucalyptus saligna* Smith, aos 15 meses de idade e aos 5 anos e meio de idade, os autores concluíram que o tamanho ótimo de parcelas para plantas com 5 anos e meio foi de 9 a 25 plantas uteis, e para experimento com 15 meses de idade a parcela ideal é de 4 plantas. Esses resultados demonstram a necessidade de se repetirem as avaliações pelo menos mais duas vezes, sendo uma delas em idade pré-corte para verificar se haverá um acréscimo no tamanho ótimo das parcelas, pois Silva et al. (2003) demonstraram que o número de plantas exigido na parcela experimental tende a aumentar de acordo com o incremento da idade de avaliação.

Segundo os autores, tal aumento pode ser atribuído ao incremento da interação dos clones com o ambiente com o passar do tempo, provocando, assim, essa maior variação entre as parcelas. Assim, como observado no trabalho de Zanon e Storck (2000) em que existe uma diferença no tamanho da parcela conforme o povoamento se torna mais velho, o autor ressalta que plantas mais velhas são mais sensíveis à heterogeneidade do solo, o que gera maior resposta quanto ao aumento do tamanho das parcelas no sentido de aumentar a precisão.

O tamanho de parcela pode mudar de acordo com vários fatores, principalmente em sistemas integrados como o iLPF que tem muitos fatores de variação. Nesse sentido, é importante levar em consideração não só a eficiência estatística, mas sim ter uma visão holística das avaliações que serão realizadas e considerar as características do sistema, os objetivos da avaliação e o bom-senso do pesquisador, de modo a atender aos critérios estatísticos, silviculturais e operacionais (SILVA et al., 2003).

Outro ponto que deve ser levado em consideração na determinação do tamanho da parcela é aplicado em casos de parcelas permanentes para o acompanhamento do desenvolvimento do componente florestal que vão sofrer desbastes e, nesse caso, indivíduos serão suprimidos. Nesses casos devem-se utilizar parcelas maiores, de modo que mesmo depois de todos os desbastes

previstos a parcela ainda tenha o número ótimo de plantas, garantindo assim informações seguras.

Saindo de uma visão apenas florestal e partindo para uma visão de sistema, deve-se adequar o tamanho da parcela do componente florestal igual ou maior às do componente agrícola e zootécnico, pois todas as avaliações do sistema devem ser feitas em uma mesma área para garantir a real relação entre componentes, pois não adianta analisar todos os componentes do sistema de forma isolada ou em áreas diferentes, cada vez mais as parcelas devem ser pensadas levando em consideração todos componentes do sistema e adaptações devem ser feitas, esse é um dos grandes desafios a ser superado.

Após ter definido o tamanho ótimo a ser utilizado, recomenda-se que as parcelas sejam instaladas de forma sistemática em aproximadamente 10% da área, para aferir o crescimento do componente florestal em sistemas iLPF e similares. Essa recomendação deve-se a melhor representação da população conseguida pelo processo, em que as unidades amostrais mensuradas são uniformemente distribuídas sobre a área de estudo. Nesse caso é possível a percepção do gradiente de crescimento, caracterizando o perfil da população (SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2006), o que é muito comum em áreas semelhantes a do estudo, em virtude da fertilidade do solo, de declividade do terreno, dentre outros.

Avaliando a utilização de diferentes formas de amostragem em inventário florestal de sistemas agroflorestais com eucalipto Fick (2011) identificou que a amostragem sistemática foi a mais eficiente por apresentar baixo erro de amostragem, as intensidades avaliadas foram de 5%, 10% e 20% do total de plantas e os erros foram 12,49%, 6,05% e 7,04% respectivamente.

Ao simular diversos tamanhos de amostra para ajuste de relações hipsométricas em maciços de *E. grandis*, Silva et al. (2007) observaram que a mensuração de apenas 5,7% da população foi o suficiente. Nesse mesmo

contexto (UBIALLI et al., 2009) indicaram intensidade de 5 e 10%, como sendo suficientes para a obtenção de uma boa precisão, na obtenção de variáveis dendrométricas, com erros próximos de 10% para estimativa de área basal em uma floresta ecotonal no norte de Mato Grosso.

4.3 Forma adequada para parcelas experimentais

A forma ótima ou mais adequada, segundo Bakke (1988), é definida após a determinação do tamanho ótimo da parcela. A melhor forma corresponde à conformação ($i \times j$) que forneça o menor coeficiente de variação, CV(%) e a maior informação relativa, IR. Nessa realidade, são apresentados na Tabela 10 os tamanhos ótimos de parcela para todas as áreas avaliadas e para as três variáveis de interesse, DAP, Ht e Vol.

O tamanho ótimo de parcela foi determinado pelo método de MCM, que foi o que se mostrou mais eficiente para a realidade do presente experimento. Nota-se que a variável que apresentou o maior CV(%) foi a variável (Vol), o que a torna a mais crítica ou exigente das três e, conseqüentemente, a que apresentou os maiores valores de tamanhos de parcela.

Para o P.Puro e o iLPF1, que são áreas com características semelhantes, não houve uma diferenciação entre as variáveis de interesse, mantendo-se o mesmo tamanho para todas, já para as demais áreas de modo geral os tamanhos aumentaram no sentido da Ht e principalmente para o Vol. Nesse contexto, quando analisado apenas a variável(Vol), deve-se ter um destaque especial para a área de P.Puro que, por já haver um fechamento de copa, apresenta uma maior competição entre plantas, o que gera um CV(%) maior. Destaque deve ser dado também para a área iLPF6 que também apresenta tamanho de parcela diferenciado das áreas semelhantes a ela, esse fato é explicado pela área ter

sofrido uma intervenção antrópica, antes mencionada, em parte dela que gerou uma desuniformidade na área e um conseqüente maior CV(%).

Tabela 10 Tamanhos ótimos de parcela em UB pelo método de MCM, para as dez áreas avaliadas nas três variáveis de interesse (DAP, Ht e Vol)

Área	Variáveis								
	DAP			Ht			Vol		
	X0	CV(%)	T.O	X0	CV(%)	T.O	X0	CV(%)	T.O
P.Puro	7,04	5,45	8	7,17	5,63	8	7,85	6,32	8
iLPF1	6,57	4,90	7	6,55	4,89	7	6,88	4,97	7
iLPF2	5,60	3,78	6	5,39	3,73	6	6,31	4,23	7
iLPF3	5,69	3,64	6	5,44	3,53	6	6,70	4,42	7
iLPF4	5,50	3,62	6	5,39	3,73	6	6,36	4,32	7
iLPF5	5,79	3,92	6	5,75	4,01	6	6,39	4,39	7
iLPF6	6,99	5,15	7	7,03	5,42	8	7,50	5,43	8
iLPF7	5,46	3,39	6	5,74	4,09	6	6,46	4,28	7
iLPF8	5,78	3,91	6	5,89	4,28	6	6,76	4,89	7
iLPF9	5,99	4,08	6	6,04	4,24	7	6,45	4,48	7

em que: X0 = Tamanho ótimo de parcela em UB; CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X0 em UB; T.O = Tamanho ótimo de parcela em UB, sendo os valores aproximados para o inteiro superior mais próximo.

Segundo Oliveira et al. (2011), o tamanho conveniente é muito flexível e permite adequação do tamanho da parcela experimental com as condições, características e limitações do experimento. No caso de sistemas de iLPF que apresentam o componente florestal disposto em faixas simples, duplas, triplas ou maiores a forma ideal é adaptada ao número de plantas por faixa. No presente trabalho, foi mantido o tamanho ótimo da área P.Puro, já para as demais áreas que se tratam de áreas compostas de sistemas iLPF, o tamanho ótimo foi aumentado ao máximo cabível que correspondessem a tamanhos múltiplos do número de plantas que compõem as faixas.

Logo as áreas iLPF1, iLPF2 iLPF3 iLPF4 e iLPF5 tiveram seus tamanhos adaptados para valores múltiplos de três, por apresentarem o componente florestal disposto em faixas triplas. O mesmo foi feito para as áreas iLPF6, iLPF7 iLPF8 e iLPF9 que tiveram seus tamanhos adaptados para valores múltiplos de dois, por apresentarem o componente florestal disposto em faixas duplas.

De acordo com Oliveira e Estefanel (1995) e Viana (1999), a forma das parcelas não podem ser generalizadas, pois variam com o solo, as condições climáticas, a cultura e o manejo empregado. Nesse contexto, para que fosse possível realizar a melhor análise dos dados, as áreas foram separadas de acordo com sua composição, logo as áreas P.Puro e iLPF1 foram agrupadas na Tabela 11, pois se tratam de áreas plantadas no espaçamento 3,0 x 3,5 e apresentarem mesma idade, 2 anos até o momento da avaliação.

Na Tabela 11, é possível observar que na área de P.Puro, para a variável DAP o menor CV(%) é apresentado para a forma (2x4) e o maior IR para a forma (4x2), ambas as formas proporcionam uma parcela retangular de forma semelhante que se diferem apenas pelo sentido do maior lado, uma apresenta o maior lado na linha de plantio já, a outra, na entrelinha. Para as variáveis Ht e Vol a forma que apresentou o menor CV(%) e o maior IR foi a forma (2x4), fato que possibilita apontar essa forma como a mais adequada para a área de P.Puro. Já, para a área iLPF1, é possível observar que tanto para a variável DAP, Ht e Vol a forma (3x3) foi a que apresentou o menor CV(%) e o maior IR, essa forma proporciona uma parcela quadrada que é a mais adequada para essa área.

Tabela 11 Tamanhos, diferentes possibilidades de forma de parcela, CV(%) e IR das áreas P.Puro e iLPF1, nas três variáveis de interesse DAP, Ht e Vol

P.Puro				
Variável	Tamanho	Forma (ixj)	CV(%)	IR
DAP	8	1x8	6,65	22,2
		2x4	4,43	33,4
		4x2	4,49	33,8
		8x1	4,90	30,4
Ht	8	1x8	7,01	21,0
		2x4	4,62	32,4
		4x2	4,77	31,5
		8x1	5,30	27,4
Vol	8	1x8	8,75	17,2
		2x4	5,84	26,9
		4x2	6,09	25,4
		8x1	6,47	24,8
iLPF1				
Variável	Tamanho	Forma (ixj)	CV(%)	IR
DAP	9	1x9	4,99	17,1
		3x3	2,61	58,5
Ht	9	1x9	5,06	16,4
		3x3	2,71	53,7
Vol	9	1x9	5,33	19,7
		3x3	3,04	57,5

em que: CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X0 em UB; IR = informação relativa.

Já, as áreas iLPF2, iLPF3, iLPF4 e iLPF5 foram agrupadas na Tabela 12, pois representam as áreas plantadas no espaçamento (3,0 x 2,0 m), apresentarem mesma idade, 2,5 anos até o momento da avaliação e serem compostas por faixas triplas do componente florestal. E, por fim, as áreas iLPF6, iLPF7, iLPF8 e iLPF9 foram agrupadas na Tabela 14, pois se tratam de áreas plantadas no espaçamento (3,0 x 2,0 m) apresentarem mesma idade, 2,5 anos até o momento da avaliação e serem compostas por faixas duplas do componente florestal.

Na Tabela 12, é possível observar que na área de iLPF2, para a variável DAP o menor CV(%) e o maior IR são observados para a forma (1x9), que gera uma parcela linear, havendo a necessidade de deixar as duas parcelas da extremidade como bordadura e a linha central como útil, nessa linha a parcela é composta por 9 árvores na linha útil. A parcela linear foi uma particularidade para essa variável nessa área em particular, pois para as variáveis Ht e Vol da área iLPF2 e todas as variáveis das áreas iLPF3, iLPF4 e iLPF5 foi observado que o menor CV(%) e o maior IR são resultado da forma (3x3), essa forma proporciona uma parcela quadrada que é a mais adequada para essas áreas.

Na Tabela 13, é possível observar que para as diferentes áreas e diferentes variáveis são apresentados tamanhos e formas diferentes. Nesse caso, para a área iLPF6 pode-se observar que o tamanho ótimo para as três variáveis é de 8 UB por parcela e a forma mais adequada é a (2x4) que forma uma parcela retangular. Para a área iLPF7, o tamanho ótimo para as variáveis DAP e Ht é de 6UB e a forma mais adequada é a (2x3), já para a variável Vol o tamanho é de 8UB e a forma mais adequada é a (2x4), ambas as formas dão origem a parcelas retangulares que são as mais adequadas para essa área.

Já, para a área iLPF8 observa-se que o tamanho ótimo para as variáveis DAP e Ht é de 6 UB e para a variável Vol é de 8 UB. Nesse caso, para a variável DAP ocorreu a mesma particularidade que foi apresentada para essa variável na área iLPF2, em que o menor CV(%) e o maior IR são observados para a forma (1x6), que dá origem a uma parcela linear, que deve ter as mesmas características antes citadas, nesse caso com a parcela composta por 6 árvores na linha útil. Segundo Mello et al. (2009) analisando a estimativa de volume em plantios de *Eucalyptus grandis* concluíram que, para baixa intensidade amostral, parcelas de inventário em linhas garantiam maior exatidão nas estimativas.

Tabela 12 Tamanhos, diferentes possibilidades de forma de parcela, CV(%) e IR das áreas iLPF2, iLPF3, nas três variáveis de interesse

Var.	iLPF2				iLPF3				iLPF4				iLPF5	
	Tam.	Forma	CV	IR	Tam.	Forma	CV	IR	Tam.	Forma	CV	IR	Tam.	Forma
DAP	9	1x9	1,89	69,1	9	1x9	1,98	78,3	9	1x9	2,13	53,4	9	1x9
		3x3	1,95	65,0		3x3	1,77	95,8		3x3	1,73	79,3		3x3
Ht	9	1x9	1,98	49,4	9	1x9	2,24	47,5	9	1x9	2,25	39,1	9	1x9
		3x3	1,87	55,4		3x3	1,86	66,9		3x3	1,83	57,5		3x3
Vol	9	1x9	2,66	62,3	9	1x9	3,23	60,5	9	1x9	3,27	43,0	9	1x9
		3x3	2,55	68,0		3x3	2,86	75,7		3x3	2,54	69,5		3x3

em que: Variável (Var.), CV = coeficiente de variação em (%) entre parcelas de X0 em UB; IR = informação relativa

Tabela 13 Tamanhos, diferentes possibilidades de forma de parcela, CV(%) e IR das áreas iLPF6, iLPF7, nas três variáveis de interesse

Var.	iLPF6				iLPF7				iLPF8				iLPF9	
	Tam.	Forma	CV	IR	Tam.	Forma	CV	IR	Tam.	Forma	CV	IR	Tam.	Forma
DAP	8	1x8	5,32	29,4	6	1x6	2,91	83,7	6	1x6	3,28	88,6	6	1x6
		2x4	4,26	45,6		2x3	2,75	96,1		2x3	3,52	76,9		2x3
Ht	8	1x8	5,64	24,0	6	1x6	4,31	45,4	6	1x6	4,17	51,8	8	1x6
		2x4	4,64	35,5		2x3	3,78	59,0		2x3	3,92	58,7		2x3
Vol	8	1x8	6,08	32,3	8	1x8	3,49	60,4	8	1x8	4,13	42,7	8	1x8
		2x4	5,11	45,5		2x4	3,30	67,7		2x4	3,95	46,6		2x4

em que: Variável (Var.), CV = coeficiente de variação em (%) entre parcelas de X0 em UB; IR = informação relativa

Considerações gerais podem ser feitas quanto à divergência entre as formas. Observa-se que a forma mais adequada muda tanto em função da variável considerada quanto em função do tamanho da parcela. Esse efeito decorre, provavelmente, a variabilidade das plantas dentro do ensaio em branco, uma vez que as diferentes formas possíveis para cada tamanho e variável dendrométrica implicam na combinação de diferentes plantas de diferentes posições em campo. A própria genética da espécie e o ambiente produzem essa espacialização da variabilidade e, conseqüentemente, variação da forma mais adequada.

No entanto, é impraticável a adoção de formas diferentes para cada variável dendrométrica em um experimento florestal, havendo a necessidade de chegar a uma forma que atenda adequadamente a todas as variáveis de interesse. A princípio, seria lógica a opção pelas formas das variáveis DAP e Ht por sempre apresentarem CV(%) menor, no entanto a variável Vol é a mais crítica em termos de variabilidade quando comparada as demais. A escolha das formas mais adequadas para DAP e Ht levaria a uma perda considerável de precisão nas análises de Vol. Nesse caso, a opção mais sensata é realizar a escolha da forma mais adequada, baseada na variável Vol.

Nesse contexto, a fim de auxiliar as conclusões, foi elaborada a Tabela 14, que apresenta os tamanhos e formas de parcela para a variável Vol em todas as áreas estudadas. Nela é possível observar que para a área P.Puro a parcela com forma (2x4) é a mais adequada, já, para as áreas iLPF2, iLPF3, iLPF4 e iLPF5 a parcela com forma (3x3) se mostra a mais adequada, essa forma gera uma parcela quadrada.

Soares (1980) estudou o tamanho e forma de parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* pelo método da eficiência relativa, concluindo que entre as parcelas quadradas, as de 900 m² (30m x 30m) foram as melhores. Trabalhando-

se também com *Eucalyptus grandis* aos seis anos de idade, Muniz et al. (1999) avaliaram o tamanho ótimo de parcelas quadradas, apresentando sugestões de tamanho em diversas configurações experimentais.

Segundo Gomez e Gomez (1984) se o padrão de fertilidade for desconhecido ou irregular, as parcelas devem ser as mais quadradas possíveis, os autores consideram que a escolha da forma da parcela depende do gradiente de fertilidade do solo. Nesse sentido, parcelas longas e estreitas devem ser usadas para áreas com distinto gradiente de fertilidade, com o comprimento da parcela perpendicular ao referido gradiente.

O tamanho ótimo de parcelas para o experimento de *Eucalyptus saligna* Smith com cinco anos e meio de idade para bordaduras simples e dupla é de 9 a 25 plantas úteis por parcelas distribuídas em três a cinco filas; para experimentos com plantas de 15 meses de idade deve-se utilizar quatro plantas úteis distribuídas em duas filas; e, não há necessidade da utilização de bordadura dupla nas parcelas (ZANON; STORCK, 1997).

Na Tabela 14, também é possível observar que para as áreas iLPF6, iLPF7, iLPF8 e iLPF9 as parcelas com forma (2x4) são as que se mostram mais adequadas. De modo geral, na maioria das áreas a forma que se mostrou ser mais informativa e que permite a análise das principais variáveis dendrométricas foi a retangular, que apresentou seu maior lado no sentido da linha de plantio. A recomendação mais frequente em relação ao tamanho e forma de parcelas experimentais indica o uso de parcelas retangulares e pequenas, em detrimento das parcelas quadradas e grandes (BAKKE, 1988).

Simplício et al. (1996). estudaram tamanho ótimo de parcelas experimentais retangulares para povoamentos florestais de *Eucalyptus grandis* com seis anos de idade, sugerindo valores a serem usados em diversas situações. Os autores ainda ressaltam que para um experimento em blocos casualizados

com 10 ou mais tratamentos e 6 repetições, parcelas com 10 unidades básicas em retângulo (2 x 5), poderão constituir num tamanho ótimo, pois permite detectar diferenças mínimas de 15% entre verdadeiras médias de tratamentos, para coeficientes de variação de até 20%.

Tabela 14 Tamanhos, diferentes possibilidades de forma de parcela, CV(%) e IR de todas as áreas avaliadas, na principal variável de interesse Vol

Vol (m ³)									
Área	Tam.	Forma	CV(%)	IR	Área	Tam.	Forma	CV(%)	IR
P.Puro	8	1x8	8,75	17,2	iLPF5	9	1x9	3,13	45,1
	8	2x4	5,84	26,9		9	3x3	2,77	57,3
iLPF1	9	1x9	5,33	19,7	iLPF6	8	1x8	6,08	43,6
	9	3x3	3,04	57,5		8	2x4	5,11	60,0
iLPF2	9	1x9	2,66	62,3	iLPF7	8	1x8	3,49	60,4
	9	3x3	2,55	68,0		8	2x4	3,3	67,7
iLPF3	9	1x9	3,23	60,5	iLPF8	8	1x8	4,13	42,8
	9	3x3	2,86	75,7		8	2x4	3,95	46,7
iLPF4	9	1x9	3,27	43,0	iLPF9	8	1x8	3,86	43,6
	9	3x3	2,54	69,5		8	2x4	3,27	60,0

em que: CV(%) = valores em porcentagem do coeficiente de variação entre parcelas compostas de X0 em UB; IR = informação relativa, Forma(ixj).

Silva (1977) estudou formas de unidades de amostras retangulares, circulares e quadradas, em tamanhos variando entre 100m² e 1000m², num povoamento de *Eucalyptus alba* Rewien com seis anos e meio de idade, no espaçamento de 2,0 x 2,5m esse autor observou que parcelas retangulares de 250m² (2,5m x 100m), englobando 50 árvores foram as mais eficientes. Scarpinati et al., (2009), ao avaliar a influência do modelo de análise estatística e da forma das parcelas experimentais na seleção de clones de *Eucalyptus spp*, e

também destacaram os bons resultados das parcelas retangulares quando comparado às demais formas.

Lúcio et al. (2004) e Cocco et al. (2009), estudando outras culturas, observaram que o aumento da parcela no sentido das linhas promovia maior ganho em precisão. Observação feita por Zanon e Storck (2000), que ao comparar os $CV(x)$ de parcelas de mesmo tamanho, mas de formas diferentes concluíram que parcelas mais compridas (sentido das filas) e estreitas foram mais precisas porque há maior proximidade entre as plantas dentro da fila, o que determina maior semelhança.

Nessa mesma realidade, Oliveira et al. (2011), estudando forma de parcela para experimentos com candeia destaca que as formas mais adequadas para análise das variáveis *CAP*, *HT* e *VT*, foram formas retangulares, respectivamente, 4×15 , 4×15 e 2×30 . O autor ainda destaca que os três menores CVx e as três maiores *IR*, dentro de cada variável dendrométrica, são apresentadas pelas conformações que possuem um maior número de plantas dentro da linha, o que também ocorre no presente trabalho.

Segundo Brum et al. (2008), o planejamento experimental é de fundamental importância quando se deseja precisão e qualidade dos resultados. Nesse contexto, a escolha correta do tamanho e da forma de parcela em função da cultura e do tipo de ambiente merece atenção especial. De acordo com Batista (2006), parcela é o tipo de unidade amostral mais utilizado em levantamentos florestais, mas sua forma e tamanho variam bastante em função do tipo de floresta e objetivo do levantamento florestal.

Sabe-se que, além da determinação do tamanho ótimo, a escolha criteriosa da forma mais adequada da parcela é uma das técnicas utilizadas para minimizar o erro experimental e aumentar a precisão dos experimentos (STORCK et al., 2005; STORCK; BISOGNIN; OLIVEIRA, 2006). Essa

influência é mais significativa em parcelas maiores que em parcelas menores. A melhor forma da parcela será, para cada caso, não havendo uma única forma ideal para todas as realidades, a forma mais aconselhável é aquela que for capaz de controlar as variações aleatórias e que se adapte aos tratamentos do estudo (FERREIRA, 2000).

5 CONCLUSÕES

Dentre os métodos testados e avaliados para a determinação do tamanho ótimo de parcela o melhor métodos é o MCM seguido do MQRP e MLRP, respectivamente. Dentre as variáveis analisadas a (Vol), mostra-se como a mais exigente e que requer maior preocupação, nessa realidade, dentre as testadas essa foi escolhida para determinação de tamanho ótimo de parcela.

O tamanho ótimo de parcela estimado pelo método MCM para a variável (Vol), para a área P.Puro e iLPF6 é de 8 UB e para as demais áreas de 7UB. Para a área de P.Puro a forma (2x4), para as áreas de iLPF com linhas triplas a forma (3x3) e para as áreas de iLPF com linhas duplas a forma (2x4) foram as mais indicadas para o presente trabalho. Mostrando que de modo geral as parcelas com forma retangulares são as mais aconselháveis para trabalhos com sistema iLPF.

REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, New York, v. 19, n. 6, p. 716-723, Dec. 1974.
- ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 99, n. 1-3, p. 15-27, Oct. 2003.
- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora da UFV, 2004.
- ALMEIDA, S. S. de. **Clareiras naturais na Amazônia central: abundância, distribuição, estrutura e aspectos da colonização vegetal**. 1989. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Fundação Universidade do Amazonas, Manaus.
- ALVES, S. M. F.; SERAPHIN, J. C. Coeficiente de heterogeneidade do solo e tamanho de parcela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 105-111, fev. 2004.
- ANDERSON, R. L.; NELSON, L. A. A family of models involving intersecting straight lines and concomitant experimental designs useful in evaluating response to fertilizer nutrients. **Biometrics**, Washington, v. 31, n. 2, p. 303-318, 1975. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2529422>>. Acesso em: 05 fev. 2014.
- ARRIEL, N. H. C.; RAMALHO, M. A. P.; ANDRADE, H. B. Número de repetições e influência da seleção em progênies de meioirmãos de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.7, n.2, p.213-223, 1993.
- ASSIS, T. F.; FETT-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on Eucalyptus. In: WALTER, C.; CARSON, M. (Ed.). **Plantation forest biotechnology for the 21st century**. Kerala, India: Research Signposts, 2004. p. 303-333.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da Abraf**. Brasília: ABRAF, 2013.

Disponível em:

<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf>.

Acesso em: 20 fev. 2014.

BAKKE, O.A. **Tamanho e forma ótimos de parcelas em delineamentos experimentais**. 1988. 138 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

BALBINO, L. C. et al. **Manual orientador para implantação de unidades de referência tecnológica de integração lavoura-pecuária-floresta–URT iLPF**. Planatina: Embrapa Cerrados, 2011.

BARROS, I.; TAVARES, M. Estimativa do tamanho ótimo de parcelas experimentais através de cálculos algébricos. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 1, p. 209-215, 1995.

BARROS, P. L. C. **Estudo fitossociológico de uma floresta tropical úmida no planalto de Curuá-Una, Amazônia brasileira**. 1986. 147 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BATISTA, J. L. F. **Notas para a disciplina LCF-764 – Métodos de Amostragem em Levantamentos Florestais**. 2006. 78 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo.

BEARZOTI, E.; PINTO, C. A. B. P. Dimensionamento de parcela em experimentos de seleção em batatas (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 151-159, abr./jun. 1996.

BERTOLUCCI, F. L. G.; RAMALHO, M. A. P.; DUARTE, G. S. Alternativas de tamanho e forma da parcela para avaliação de progênies do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 295-305, out./dez. 1991.

BLAKE, G. M. **A study to determine optimum plot size for progeny testing of *Pinus resinosa***. Minneapolis: University of Minnesota, 1959.

- BOUDREAUX, I. E.; JONES, L. G. Field-plot studies with sweet potato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 103, n. 1, p. 87-89, 1978.
- BRAGA, J. M. **Avaliação da fertilidade do solo: ensaios de campo**. Viçosa: Editora da UFV, 1983.
- BRITO, M. C. M. et al. Estimação do tamanho ótimo de parcela via regressão antiôtnica. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 353-366, jul./set. 2012.
- BRUM, B. et al. Tamanho ótimo de parcela para ensaios com sorgo granífero em duas épocas de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 315-320, mar./abr. 2008.
- BULLOCK, D. G.; BULLOCK, D. S. Quadratic and quadraticplus- plateau models for predicting optimal nitrogen rate of corn: a comparison. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, p. 191-195, 1994.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. **Sociological Methods & Research**, Beverly, v. 33, n. 2, p. 261-304, Nov. 2004.
- CAMPOS, G. M. **Determinação do tamanho e forma das parcelas para uso em experimentos de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 1972. 133 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- CAMPOS, K. A. et al. Optimal size of plots for experiments with radish using nonlinear regression. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ETASTISTICA, 19., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABE, 2010.
- CAMPOS, K. A. et al. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes usando regressão não linear. In: ESCOLA DE MODELOS DE REGRESSÃO, 2009, Recife. **Resumos...** Recife: EMR, 2009.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Métodos de estimativa do tamanho ótimo de parcelas experimentais de híbridos de milho simples, triplo e duplo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1509-1516, set. 2011.

CARNEIRO, R. C. P. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 4, p. 1029-1037, ago. 2007.

CARRIJO, O. A.; HOCHMUTH, G. Estimativa do rendimento do tomateiro usando modelos estatísticos com teores iniciais de fósforo no solo e níveis de adubação fosfatada. **Embrapa Hortaliças**, Brasília, n. 19, dez. 1998. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/pa/pa19.html>>. Acesso em: 05 fev. 2014.

CARVALHO, J. O. P. de. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no Estado do Pará**. 1982. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CARVALHO, M. M.; CARNEIRO, M. J.; CARNEIRO, J. da C. **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001.

CERRATO, M. E.; BLACKMER, A. M. Comparison of models for describing corn yields response to nitrogen fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, p. 138-143, 1990.

CHAER, G. M. et al. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 139-149, Feb. 2011.

CHAVES, L. J. **Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (*Zea mays* L.)**. 1985. 148 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

COCCO, C. et al. Tamanho e forma de parcela em experimentos com morangueiro cultivado em solo ou em hidroponia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 7, p. 681-686, 2009.

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental design**. 2. ed. New York: John Wiley, 1957.

COELHO, L. S. S. et al. Modelos para estimar exigências nutricionais em suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 16, n. 1, p. 102-110, 1987.

COLE, R. J. Social and environmental impacts of payments for environmental services for agroforestry on small-scale farms in southern Costa Rica. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, Lancs, v. 17, n. 3, p. 208-216, June 2010.

CONCKLE, M. T. **The determination of experimental plot size and shape in loblolly and slash pines**. Raleigh: State College, 1963.

COSTA JUNIOR, R. F. et al. Estrutura fitossociológica do componente arbóreo de um fragmento de floresta ombrófila densa na mata sul de Pernambuco, nordeste do Brasil. **Ciências Florestais**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 173-183, abr./jun. 2008.

DHAKAL, A.; COCKFIELD, G.; MARASENI, T. N. Evolution of agroforestry based farming systems: a study of Dhanusha District, Nepal. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 86, p. 17-33, Mar. 2012.

DIÉGUEZ, E. T. et al. Caracterización agroecosistémica de los esquemas de cultivo basados en agroforesterias (sistemas agroforestales): conceptos y metodos de sustentabilidad agropecuaria. **Agrofaz**, Durango, v. 8, n. 2, p. 119-126, 2008.

DONATO, S. L. R. **Estimativas do tamanho e forma de parcelas experimentais para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira (musa spp.)**. 2007. 188 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DONATO, S. L. R. et al. Estimativas de tamanho de parcelas para avaliação de descritores fenotípicos em bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p. 957-969, ago. 2008.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3. ed. New York: John Wiley, 1998.

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

EUCLYDES, R. F.; ROSTAGNO, H. S. **Estimativa dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho** [mensagem pessoal]. Palestra proferida no Workshop Latino Americano Anjinomoto Biolatina, em Foz do Iguaçu, 18-20 de junho de 2001.

EVANS, T. C.; BARBER, J. C.; SQUILLACE, A. E. Some statistical aspects of progeny testing. In: SOUTHERN CONFERENCE FOREST TREE IMPROVEMENT SCHOOL OF FORESTRY, 6., 1961, Gainesville.

Proceedings... Gainesville: University of Florida, 1961. p. 73-79.

FEDERER, W. T. **Experimental design**: theory and application. 3. ed. Nova York: Oxford & IBH Publishing, 1977.

FEIJÓ, S. et al. Heterogeneidade do solo e de tamanho de amostra antes e após cultivos com abobrinha italiana em estufa plástica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1744-1748, nov./dez. 2006.

FERREIRA, D. F. **Uso de recursos computacionais**. Lavras: UFLA, 2007. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/RC0.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2014.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000.

FICK, T. A. Amostragem para inventário florestal em sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1033-1038, set./out. 2011.

FRANÇA, J. T. **Estudo da sucessão secundária em áreas contíguas a mineração de cassiterita na Floresta Nacional de Jamarí-RO**. 1991. 167 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

FREITAS, J. A. et al. Tamanho de amostra na parcela para caracterização da altura de plantas de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, p. 583-587, 2001.

GALZERANO, L.; MORGADO, E. Eucalipto em sistemas Agrossilvipastoris. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 1-6, Mar. 2008.

GAMA, J. R. V. et al. Tamanho de parcela e suficiência amostral para estudo da regeneração natural em floresta de várzea na Amazônia. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 1-11, 2001.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: ESALQ, 2000.

GOMES, F. P. Novos aspectos do problema do tamanho ótimo das parcelas experimentais com plantas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 59-62, jan. 1988.

GOMES, F. P. O problema de tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 12, p. 1507-1512, 1984.

GOMES, F. P. O problema do tamanho ótimo de parcelas experimentais: Relação entre o coeficiente de Smith e o coeficiente de correlação intraclasses (ρ). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, n. 3, p. 385-389, 2002.

GOMES, F. P.; COUTO, H. T. Z. O tamanho ótimo de parcela experimental para ensaio com eucalipto. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 31, p. 75-77, dez. 1985.

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

GOMIDE, L. R. et al. Uma nova abordagem para definição da suficiência amostral em fragmentos florestais nativos. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 376-388, 2005.

GUIMARÃES, D.; LEITE, H. Influência do número de árvores na determinação de equação volumétrica para *Eucalyptus grandis*. **Scientia forestalis**, Piracicaba, v. 50, p. 37-42, 1996.

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

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

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

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

HENRIQUES NETO, D. et al. Tamanho de parcelas em experimentos com trigo irrigado sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 517-524, jun. 2004.

HENRIQUES NETO, D. et al. Tamanho de parcela para avaliação da produção em trigo irrigado, sob dois sistemas de plantio. **Ciência Agrônômica**, Jaboticabal, v. 40, n. 1, p. 86-93, jan./mar. 2009.

HERNANDEZ, E. L. **Parameter estimation in linear-linear segmented regression**. 2010. 93 p. Dissertation (Department of Statistics) – Brigham Young University, Brigham.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; JARDIM, F. C. S. Tamanho de parcela amostral para inventários florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBS, 1982. p. 649-656.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JUNIOR, J. A. **Forest mensuration**. 4. ed. Malabar: Krieger Publishing Company, 2003.

IGUE, T. et al. Tamanho e forma de parcela experimental para cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n. 1, p. 163-180, 1991.

IMER, F.; RALEIGH, S. M. Further studies of sizes and shape of plot relative to field experiments with sugar beets. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 47, n. 8, p. 212-215, Oct. 1933.

JANKAUSKIS, J. **Recuperação de florestas tropicais mecanicamente exploradas**. Belém: SUDAM, 1978.

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

KRUSCHEWSKY, G. C. et al. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus spp.*, em sistema agrossilvipastoril no cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 360-367, out./dez. 2007.

LA LOMA, J. L. de. **Experimentación agrícola**. México: Hispano Americana, 1966.

- LE CLERG, E. L. Significance of experimental design in plant breeding. In: FREY, K. J. (Ed.). **Plant breeding symposium**. Ames: Iowa State University, 1967. p. 243-313.
- LE CLERG, E. L.; LEONARD W. H.; CLARK, A. G. **Field plot technique**. Minneapolis: Burgess Publishing, 1962.
- LEITE, L. F. C. et al. O potencial de seqüestro de carbono em sistemas de produção integrados: integração lavoura-pecuária-floresta (iLRF). In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 12., 2010, Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2010. p. 69-76.
- LEITE, M. S. D. 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**, Londrina, v. 6, p. 40-46, 2006.
- LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield tests. **Crop Science**, Madison, v. 3, n. 5, p. 477-481, 1963.
- LIMA, J. F. D. et al. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com plantas de mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1411-1415, set./out. 2007.
- LOPES, S. J. et al. Tamanho de parcela para produtividade de grãos de sorgo granífero em diferentes densidades de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 525-530, 2005.
- LOPES, S. J. et al. Técnicas experimentais para tomateiro tipo salada sob estufas plásticas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 193-197, abr./jun. 1998.
- LORENTZ, L. H.; ERICHSEN, R.; LÚCIO, A. D. C. Proposta de método para estimação de tamanho de parcela para culturas agrícolas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 6, p. 772-780, nov./dez. 2012.
- LOVE, K. R. **Experimental methods in agricultural research**. Porto Rico: Agricultural Experiment Station of the University, 1943.
- LÚCIO, A. D. et al. Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 766-770, out./dez. 2004.

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

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, nesp., p. 133-146, 2009.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B. do; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: Editora da UFLA, 2010.

MACEDO, R.; VALE, A. B. do; VENTURIN, N. Eucalipto em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 242, p. 71-85, 2008.

MACHADO, L. A. Z.; BALBINO, L. C.; CECCON, G. **Lavoura-pecuária-floresta: estruturação dos sistemas de integração lavoura-pecuária**. Brasília: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011.

MAFIA, R. G. et al. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 843-851, nov./dez. 2005.

MARKUS, R. **Elementos de estatística aplicada**. 1974. 329 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MARODIM, V. S. et al. Delineamento experimental e tamanho de amostra para alface cultivada em hidroponia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 779-7781, set./out. 2000.

MARQUES, J. A. Comportamento de bovinos mestiços em confinamento com e sem acesso a sombra durante o período de verão. **Campo Digit@l**, Campo Mourão, v. 1, n. 1, p. 54-59, jul./dez. 2006.

MARTIN, T. N. et al. Metodologia experimental para rendimento de grãos de soja em condições de restrição de espaço. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 521-526, 2007.

MARTIN, T. N. et al. Bases genéticas de milho e alterações no plano experimental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 35-40, Jan. 2005.

MCCLELLAND, C. K. Some determinations of plot variability. **Journal of the American Society of Agronomy**, Washington, v. 18, n. 9, p. 819-823, 1926.

MCKENZIE, H. N. D. et al. A comparison of three plot sizes in studies of host resistance to the wheat stem sawfly. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 44, n. 5, p. 485, Apr. 1964.

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

MELLO, R. M. et al. Size and form of plots for the culture of the Italian pumpkin in plastic greenhouse. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 457-461, jul./ago. 2004.

MORRIS, T. R. The interpretation of response data from animal feeding trials. In: HARESIGN, W. **Recent advances in animal nutrition**. London: Butterworths, 1983. p. 13-23.

MUNIZ, J. A. et al. Determinação do tamanho de parcelas experimentais em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill II: parcelas quadradas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 446-453, mar./abr. 1999.

MUNIZ, J. A. et al. Estudo do tamanho de parcelas experimentais em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill, usando parcelas lineares. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1002-1010, jul./ago. 2009.

NAGAI, V. et al. Tamanho da parcela e número de repetições em experimentos com morangueiro. **Bragantia**, Campinas, v. 37, n. 9, p. 71-81, 1978.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Gainesville: Springer, 1993.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Verlag, v. 172, n. 1, p. 10-23, Feb. 2009.

NONNECKE, I. L.; SMILLIE, K. W. Precision of field experiments with vegetable crop as influenced by plot size and shape III. potatoes **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 44, n. 1, p. 57-65, 1964.

- OELBERMANN, M.; VORONEY, R. P.; GORDON, A. M. Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Washington, v. 104, n. 3, p. 359-377, Dec. 2004.
- OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S.; SILVEIRA, V. P. Análise econômica de um sistema agro-silvo-pastoril com eucalipto implantado em região de cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 1-19, 2000.
- OLIVEIRA, E. A. de. **Métodos alternativos para estimar tamanho ótimo de parcelas experimentais: uma aplicação na cultura da bananeira**. 2010. 66 p. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- OLIVEIRA, G. M. V. et al. Tamanho e forma de parcelas experimentais para *Eremanthus erythropappus*. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 327-338, jul./set. 2011.
- OLIVEIRA, P. H. de. **Tamanho e forma ótimos da parcela para avaliação do rendimento em experimentos com batata**. 1994. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- OLIVEIRA, P. H.; ESTEFANEL, V. Tamanho e forma ótimos da parcela para avaliação do rendimento em experimentos com batata; Optimal size and shape of potato plots in experiments to evaluate potato yields. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 205-208, 1995.
- OLIVEIRA, S. J. R. de. Plot size and experimental unit relationship in exploratory experiments. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 585-589, Nov./Dec. 2005.
- OLIVEIRA, T. K. et al. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 01-10, 2010.
- OLIVEIRA, T. K. et al. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 748-757, May/June 2007.

- 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.
- PABLOS, J. L.; CASTILLO, A. **Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica**. Chapingo: Centro de Estadística y Calculo, 1966.
- PACIULLO, D. S. C. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, abr. 2007.
- PARANAÍBA, P. F. **Proposições e avaliação de métodos para estimar o tamanho ótimo de parcelas experimentais**. 2007. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- 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**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 81-90, jan./mar. 2009.
- PARANAÍBA, 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, abr./jun. 2009.
- PEIXOTO, A. P. B. **Estimação do tamanho de parcelas para experimentos de conservação *in vitro* de maracujazeiro**. 2009. 67 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- PEIXOTO, A. P. B. et al. Ajuste de modelo não linear para em experimentos in vitro com maracujá roxo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 19., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABE, 2010.
- PEIXOTO, A. P. B.; FARIA, G. A.; MORAIS, A. R. D. Using of regression plateau models in estimation of plot sizes for experiments with passion fruit. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1907-1913, nov. 2011.
- PIGNATARO, I. A. B., GONÇALVES, H. M. Estimativa de melhor tamanho de parcela para experimento de soja. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 153-159, ago. 1972.

PRASAD, J. V. N. S. et al. Tree row spacing affected agronomic and economic performance of Eucalyptus-based agroforestry in Andhra Pradesh, Southern India. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 78, n. 3, p. 253-267, Mar. 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing: versão 2.10.0.v. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 01 out. 2013.

RAMACHANDRAN, P. et al. A critical step for postsynaptic F-actin organization: Regulation of Baz/Par-3 localization by aPKC and PTEN. **Developmental Neurobiology**, London, v. 69, n. 9, p. 583-602, 2009.

RAMALHO, M. A. P. et al. **A experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: EDUFLA, 2000.

RAMPTON, H. H.; PETERSEN, R. G. Relative efficiency of plot size and numbers of replications as indicated by yields of orchard grass seed in a uniformity test. **Agronomy Journal**, Madison, v. 54, n. 3, p. 247-249, May 1962.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear em dados de experimento em delineamento em blocos casualizado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 315-320, maio/jun. 2010.

REGMI, B. N.; GARFORTH, C. Trees outside forests and rural livelihoods: a study of Chitwan District, Nepal. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 79, n. 3, p. 393-407, 2010.

REIS, G. et al. Influence of trees on soil nutrient pools in a silvopastoral system in the Brazilian Savannah. **Plant and Soil**, The Hague, v. 329, n. 1-2, p. 185-193, Apr. 2010.

REIS, H. et al. Análise da composição florística, diversidade e similaridade de fragmentos de mata atlântica em Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 280-290, 2007.

RESENDE, M. D. V. Delineamentos de experimentos de seleção para a maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 4, p. 479-500, 1995.

REZENDE, D. et al. Ajuste de modelos de platô de resposta para a exigência de zinco em frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 468-478, mar./abr. 2007.

REZENDE, D. M. L. C.; MUNIZ, J. A.; FERREIRA, D. F. Proposição de um modelo não linear com response plateau. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 96-99.

RIBEIRO, V. Q.; SILVA, E. C.; FREIRE FILHO, F. R. Tamanho e forma de parcelas de culturas consorciadas e solteiras de caupi e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 11, p. 1365-1371, nov. 1984.

RODRIGUES, W. A. **Estudo preliminar de mata de várzea alta de uma ilha do baixo rio Negro de solo argiloso e úmido**. Manaus: INPA, 1961 (Série Botânica, 10).

ROSSETTI, A. G. et al. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com cajueiro comum. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 2, p. 117-122, dez. 1991.

ROSSETTI, A. G. Influência da área da parcela e do número de repetições na precisão de experimentos com arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 433-438, abr. 2002.

ROSSETTI, A. G.; BARROS, L. de M.; ALMEIDA, J. I. L. Tamanho ótimo de parcela para experimentos de campo com cajueiro anão precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 12, p. 843-852, 1996.

RUNHO, R. C. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 187-196, jan./fev. 2001.

SANTOS, M. J. C.; PAIVA, S. N. Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 135-141, 2010.

SCARPINATI, E. A. et al. Influência do modelo de análise estatística e da forma das parcelas experimentais na seleção de clones de *Eucalyptus spp.* **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 769-776, jul./ago. 2009.

SCHABENBERGER, O.; PIERCE, F. J. **Contemporary statistical models for the plant and soil sciences**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2002.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber volume. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.

SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a model. **Annals of Statistics**, Hayward, v. 6, n. 2, p. 461-464, 1978.

SCOLFORO, J. R. S.; CHAVES, A. L.; MELLO, J. M. Definição de tamanho de parcela para inventário florestal em floresta semidecídua montana. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS, 1993. p. 333-337.

SILVA, E. C. **Estudo do tamanho e forma de parcelas para experimentos de soja**. 1972. 71 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SILVA, G. F. D. et al. Análise da influência de diferentes tamanhos e composições de amostras no ajuste de uma relação hipsométrica para *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 685-684, 2007.

SILVA, J. A. R. et al. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1364-1371, out. 2011.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A. **Inventário florestal contínuo em florestas tropicais: a metodologia usada pela EMBRAPA/CPATU na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA, 1984. (Documentos, 33).

SILVA, L. B. X. de. Tamanhos e formas de unidades de amostras em amostragem aleatória e sistemática para florestas plantadas de *Eucalyptus Alba* Rewien. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 13-18, 1977.

SILVA, L. F. D. O. D. et al. Optimal plot size for experiments with radish. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 5, p. 624-629, set./out. 2012.

SILVA, L. L. G. G. **Influência da arborização de pastagens no sistema solo-planta-animal**. 2008. 90 p. Tese (Doutorado em Agronomia Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SILVA, P. S. L.; MACHADO, A. A.; MOURA, M. M. Tamanho e forma de parcela para experimentação com milho irrigado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 39, p. 1178-1181, 1987.

SILVA, R. L. da. **Influência do tamanho da parcela experimental em testes clonais de eucalipto**. 2001. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, R. L. et al. Determinação do tamanho ótimo da parcela experimental pelos métodos da máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual em testes clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 669-676, set./out. 2003.

SILVEIRA, D. D. P. et al. Classificação de árvores de eucalipto para postes em sistema agroflorestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 875-882, jul./ago. 2011.

SILVEIRA, F. G. da. **Classificação multivariada de modelos de crescimento para grupos genéticos de ovinos de corte**. 2010. 71 p. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SIMPLÍCIO, E. et al. Determinação do tamanho de parcelas experimentais em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. I – parcelas retangulares. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 53-65, 1996.

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, Jan. 1938.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F. de; SOUZA, A. L. de. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: Editora da UFV, 2006.

SOARES, V. P. **Eficiência relativa de tamanhos e formas de unidades de amostra em plantações de *Eucalyptus grandis* de origem híbrida, na região de Bom Despacho, Minas Gerais**. 1980. 68 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUSA, L. et al. Nutritional evaluation of “Braquiarião” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 79, n. 2, p. 189-199, June 2010.

SOUZA, Á. N. et al. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 01, p. 96-106, 2007.

SOUZA, G. S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: EMBRAPA, 1998.

SOUZA, V. Q. et al. Resistance of arboreal species submitted to extreme frost in different agroforestry systems. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 972-977, June 2011.

SOUZA, W. et al. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with *eucalyptus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 677-684, Mar. 2010.

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

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill, 1997.

STORCK, L. **Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.)**. 1979. 98 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

STORCK, L. et al. Comprimento e largura do tamanho ótimo da parcela experimental em batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1043-1048, set./out. 2005.

STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2000.

STORCK, L.; BISOGNIN, D. A.; OLIVEIRA, S. J. R. de. Dimensões dos ensaios e estimativas do tamanho ótimo de parcela em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 903-909, jun. 2006.

SUDHA, P. et al. Development of an agroforestry carbon sequestration project in Khammam district, India. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, London, v. 12, n. 6, p. 1131-1152, July 2007.

- THOMAS, E. J. Relationship between plot size and plot variance. **Agricultural Research Journal of Kerala**, Amsterdam, v. 12, n. 2, p. 178-189, 1974.
- UBIALLI, J. A. et al. Comparação de métodos e processos de amostragem para estimar a área basal para grupos de espécies em uma floresta ecotonal da região norte matogrossense. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 305-314, 2009.
- VALE, R. S. **Agrossilvicultura com eucalipto como alternativa para o desenvolvimento sustentável da Zona da Mata de Minas Gerais**. 2004. 115 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- VALLEJO, R. L.; MENDOZA, H. A. Plot technique studies on sweetpotato yield trials. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 3, p. 508-511, May 1992.
- VIANA, A. E. S. **Estimativas do tamanho de parcela e característica do material de plantio em experimentos com *Manihot esculenta* Crantz**. 1999. 132 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- VIANA, A. E. S. et al. Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 58-63, mar. 2002.
- VIANA, A. E. S. et al. Estudos sobre tamanho de parcela em experimentos com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 281-289, 2003.
- VIANNA, A. L. M. et al. Tamanho ótimo de parcela para estimativa de estoque de carbono da parte aérea lenhosa de fitofisionomias florestais na amazônia oriental. **Ciência Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 447-456, abr./jun. 2010.
- VIEIRA, J. V.; SILVA, G. O. Tamanho mínimo de parcela para avaliação de caracteres de raiz em cenoura. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 1047-1052, out./dez. 2008.
- WIEBE, G. A. Variation and correlation in grain yield among 1.500 wheat nursery plots. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 50, n. 4, p. 331-357, Feb. 1935.

- WOLFINGER, R. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation**, Ontario, v. 22, n. 4, p. 1079-1106, Apr. 1993.
- WOOD, T. B.; STRATTON, F. J. M. The interpretation of experimental results. **Journal of Agricultural Science**, Camberra, v. 3, n. 4, p. 417-440, Dec. 1910.
- WRIGHT, J. W. **Plot size and experimental efficiency in forest genetic research**. Ann Arbor: Michigan Agricultural Experiment Station, 1960.
- WRIGHT, J. W.; BALDWIN, H. I. The 1938 international union scotch pine provenance test in New Hampshire. **Silvae genetica**, Frankfurt, v. 6, p. 2-14, 1957.
- WRIGHT, J. W.; FREELAND, J. R. F. D. Plot size in forest genetics research. **Papers of Michigan Academy of Science, Arts and Letters**, Michigan, v. 44, p. 177-82, 1959.
- XAVIER, D. F. et al. Dinâmica da serapilheira em pastagens de braquiária em sistema silvipastoril e monocultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1214-1219, out. 2011.
- ZANON, M. L. B.; STORCK, L. Tamanho ótimo de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith em dois estádios de desenvolvimento. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 104-111, jul./ dez. 2000.
- ZANON, M. L. B.; STORCK, L. Tamanho de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 589-593, 1997.
- ZANON, M. L. **Tamanho e forma ótimos de parcelas experimentais para *Eucaliptus saligna* SMITH**. 1996. 78 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- ZHANG, R.; WARRICK, A. W.; MYERS, D. E. Heterogeneity, plot shape effect and optimum plot size. **Geoderma**: an international journal of soil science, Amsterdam, v. 62, p. 183-197, 1994.