



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS - CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SILVICULTURA**

**HELDER COELHO DE OLIVEIRA; JOSIMAR ARCANJO FERREIRA; RICARDO  
ALVES RODRIGUES COELHO**

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE INVENTÁRIOS PARA ESTIMATIVA  
VOLUMÉTRICA EM PLANTIO DE *EUCALYPTUS* spp.**

**SÃO JOÃO EVANGELISTA – MG**

**JUNHO DE 2009**

**HELDER COELHO DE OLIVEIRA; JOSIMAR ARCANJO FERREIRA; RICARDO  
ALVES RODRIGUES COELHO**

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE INVENTÁRIOS PARA ESTIMATIVA  
VOLUMÉTRICA EM PLANTIO DE *EUCALYPTUS* spp.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso Superior de  
Tecnologia em Silvicultura, do IFMG,  
como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Tecnólogo em  
Silvicultura.

SÃO JOÃO EVANGELISTA – MG

JUNHO DE 2009

C672c COELHO, Ricardo Alves Rodrigues.

Comparação de métodos de inventários para estimativa volumétrica em plantio de *Eucalyptus* spp. / Ricardo Alves Rodrigues Coelho; Helder Coelho de Oliveira; Josimar Arcanjo Ferreira. São João Evangelista, MG:, 2009.

27p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) apresentado ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) - Campos São João Evangelista. Curso Superior de Tecnologia em Silvicultura, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva

1. Métodos de inventários. 2. Volumetria em *Eucalyptus* spp. I. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) - Campos São João Evangelista. Curso Superior de Tecnologia em Silvicultura. II. Título

CDD 634.9285

**HELDER COELHO DE OLIVEIRA; JOSIMAR ARCANJO FERREIRA; RICARDO ALVES RODRIGUES COELHO**

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE INVENTÁRIOS PARA ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA EM PLANTIO DE *EUCALYPTUS* spp.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Silvicultura, do IFMG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Silvicultura.

**APROVADO EM:** \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista (Orientador)

---

Prof. Ms. Fabricio Gomes Gonçalves – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista

---

Prof<sup>a</sup>. Esp. Ana Carolina Ferraro – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista

## **AGREDECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva pela orientação e ajuda nas análises dos dados.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista (IFMG-SJE), pela oportunidade de ensino.

A todos os professores do Curso Superior de Tecnologia em Silvicultura, pela dedicação no cumprimento trabalho de ensinar.

A todos os colegas da turma 062 do Curso Superior de Tecnologia em Silvicultura que nos incentivaram e ajudaram durante todo o curso.

Dedico, aos meus pais Otacílio e Nelzira,  
pela minha formação.

Aos meus irmãos Herbert e Otacílio Júnior,  
em especial ao Jú pela confiança em mim.

A Deus e Padre Pio, pela proteção  
espiritual.

Dedico aos meus pais Gervásio e Maria de  
Fátima, pela minha formação pessoal.

Ao meu irmão Deiverth por me mostrar a  
vida por outro ângulo, através da música.

A Deus por iluminar e direcionar meus  
passos nesse caminho que escolhi seguir.

Dedico aos meus pais Evaldo e Virgínia  
pela confiança, dedicação e compreensão  
ao longo da minha formação.

Aos meus irmãos Eduardo, Fernando,  
Geovânia e Evânia pelo incentivo e força  
durante esse período.

A Deus pela conquista de mais uma etapa  
da minha vida.

COELHO, Ricardo Alves Rodrigues; OLIVEIRA, Helder Coelho de; FERREIRA, Josimar Arcanjo. **Comparação de métodos de inventários para estimativa volumétrica em plantio de *Eucalyptus* spp.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, MG. 2009. Orientador: Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo comparar a eficiência na estimativa volumétrica de *Eucalyptus* spp. utilizando dois métodos de estimativa, o de Bitterlich e o Parcela de Área Fixa utilizando amostragem casual simples. No Inventário Florestal da área de 3,48 ha foi feito primeiramente um Censo para servir de testemunha para comparação dos resultados encontrados nos outros métodos, que para serem avaliados utilizou-se as estimativas de Coeficiente de Variação, Erro de amostragem, Estimativa do volume da população e Intervalo de Confiança. De modo geral o trabalho atendeu as expectativas e as conclusões finais atenderam ao objetivo principal do trabalho indicado o método mais adequado para inventariar *Eucalyptus* spp. segundo as estimativas encontradas.

**Palavras chave:** Inventário Florestal; Bitterlich; Parcela de Área Fixa; Eficiência na estimativa volumétrica de *Eucalyptus* spp.

COELHO, Ricardo Alves Rodrigues; OLIVEIRA, Helder Coelho de; FERREIRA, Josimar Arcanjo. **Comparison of methods to estimate volume of inventories planting *Eucalyptus* spp.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, MG. Junho 2009.

Advisor: Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva.

## **ABSTRACT**

This work aims to compare the efficiency in estimating volume of *Eucalyptus* spp. using two inventory methods: the Bitterlich and parcel of the fixed area using simple random sampling. First a census were done in the area of 3.48 ha and its results were used as standard to compare the results of others forest inventory methods serve as a control for comparison of results found in other methods. The estimates of variation coefficient, mean standard error, estimate the volume of population and confidence interval were used for evaluation of the inventory methods. In general the work accomplished the expectations and the expected final conclusions accomplished the aim of the work in identifying the most suitable inventory method for identifying *Eucalyptus* spp. modes in general according to the estimates found.

Keywords: Forest inventory; Bitterlich; Sampling units of Fixed Area; volumetric efficiency in the estimation of *Eucalyptus* spp.



## SUMÁRIO

<b>1INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>11</b>
<b>3METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
3.1 INSTALAÇÃO DAS PARCELAS AMOSTRAIS.....	15
3.2 MENSURAÇÃO DOS DADOS.....	16
3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	16
<b>4RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>5CONCLUSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

## 1INTRODUÇÃO

O uso crescente de produtos florestais tem exercido uma grande pressão sobre florestas nativas, aumentando então o plantio de árvores com grande rendimento produtivo. Nesse contexto o eucalipto se destaca sendo que o número de florestas homogêneas dessa espécie está aumentando gradativamente e com isso a necessidade de obter estimativas do estoque de madeira de forma rápida e eficiente. A melhor forma de quantificar a floresta é através de inventários florestais. Existem vários métodos para se inventariar uma área, mas há sempre um que combine mais com o objetivo do inventário e que proporcione, eficiência, precisão nos dados e baixo custo operacional.

Segundo Soares; Neto; Souza (2006), entre as técnicas de estimação da produção florestal, destaca-se o inventário florestal, o qual pode ser realizado sob diferentes níveis de detalhamento e em diferentes pontos no tempo.

De acordo com Druszcz (2008), para as empresas detentoras de áreas reflorestadas, a tomada de decisões relativas ao aproveitamento do material advindo de suas florestas e o seu manejo racional envolve a aplicação de técnicas adequadas para avaliação quantitativa e qualitativa de tais recursos. É de fundamental importância ter o conhecimento do potencial produtivo dos povoamentos florestais e confiabilidade determinados, para que se tenha uma administração e destinação ótimas deles, porque a avaliação desses recursos tem uma ligação direta com o planejamento econômico da empresa.

Segundo Cesaro *et al.* (1994), as informações de ordem técnica são, na sua essência, obtidas através do inventário florestal, baseado nas técnicas de amostragem. Os métodos usados para inventariar populações florestais buscam o menor erro para uma mesma quantidade de trabalho, fixada a precisão desejada para as informações a serem levantadas e que, posteriormente, serão usadas no planejamento da empresa. Assim, torna-se importante investigar, para o tipo florestal específico, os métodos e processos de amostragem que permitam reduzir o custo do inventário.

Entre os métodos de amostragem usados para estimar a quantidade de madeira na floresta destacam-se o uso de Parcelas de Área Fixa e o método de

Bitterlich, que são os mais comumente usados pelas empresas em seus inventários florestais.

O princípio de Bitterlich por ser um método de fácil execução cria uma série de dúvidas sobre a sua eficiência. Já o método de Parcelas de Área Fixa, que é o mais antigo método usado para inventários florestais, não exige conhecimento prévio da área a ser inventariada (SOARES; NETO; SOUZA, 2006).

Partindo do pré-suposto que os métodos citados produzem resultados estimados sobre volumetria em *Eucalyptus* spp. em mesma área a ser inventariada, o objetivo desse trabalho é verificar se os métodos citados estimam adequadamente o volume de madeira em florestas de *Eucalyptus* spp.

## 2REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em virtude das limitações de recursos financeiros, tempo, mão-de-obra e tamanho das florestas, é impraticável inventariar 100% da área das florestas, a não ser nas pequenas extensões de terra. Assim há necessidade do emprego de métodos de amostragem, com o objetivo de obter estimativas precisas e eficientes de diferentes parâmetros populacionais de interesse (FARIAS *et al.* 2002).

De acordo Scolforo; Mello (2006), amostra é uma rede de parcelas ou unidades amostrais com as quais se faz inferência para o restante da população através da estimativa de parâmetros. Assim, uma das características do inventário florestal é utilizar-se de amostra para obter resultados de análises estatísticas em um curto espaço de tempo.

São vários os métodos de amostragem. No entanto, ao se buscar que um inventário atinja seus objetivos através de uma amostragem de qualidade e representativa da população, convém levar em consideração, com bastante clareza, dois conceitos fundamentais: precisão e acuracidade (DRUSZCZ, 2008).

Diferentes métodos de amostragem vêm sendo empregados no estudo da vegetação, e podem ser classificados em duas categorias principais: método de parcelas e método de distância ,sem parcelas (DIAS; COUTO, 2005).

De acordo Couto; Bastos; Lacerda (1993), amostragem por pontos, utilizando o princípio de Bitterlich para estimativa de área basal de povoamentos florestais sempre levanta controvérsia entre pesquisadores na área dendrométrica, porque nem sempre apresentam resultados satisfatórios devido ao fato de não se coletar todos os dados de todas as árvores que estão dentro da parcela.

O procedimento de amostragem utilizando o Princípio de Bitterlich pode fornecer outras estimativas populacionais em um ponto de amostragem, por exemplo, o número de árvores, volume por hectare a altura e o diâmetro médios (SOARES; NETO; SOUZA, 2006).

De acordo com Farias *et al.* (2002), Considerando os métodos de amostragem o método de Bitterlich tem o objetivo de reduzir os custos de inventário florestais, sem, contudo, reduzir sua precisão, tornando a sua eficiência necessária para a utilização em inventários florestais.

Segundo Campos; Leite (2006), a escolha do fator instrumental (K) é função da homogeneidade do povoamento, topografia e da densidade (número de árvores por unidade de área). Os mesmos autores afirmam que em povoamentos mais heterogêneos a utilização de um fator menor, para que a área seja melhor representada com um maior número de árvores por amostra é mais indicado, enquanto em área mais homogêneas o fator (k) tende a ser maior resultando num número menor de árvores selecionadas.

O método de amostragem mais utilizado para inventariar florestas equiâneas e inequiâneas é o método Parcelas de Área Fixa. Este método geralmente possui custo elevado em áreas extensas, pois exige maior tempo para os levantamentos, devido à marcação e medição de um grande número de árvores (FARIAS *et al.*, 2002).

O método de Parcela de Área Fixa apresenta como argumentos a não exigência de conhecimentos especializados para sua implantação no campo e o perfeito controle das informações obtidas (AMBIENTE BRASIL [200?]).

Os inventários florestais são realizados, em sua maioria, utilizando-se parcelas de área fixa para realização das medições das características quantitativas da população. As parcelas de área fixa podem ter formato circular, retangular e quadrado e, dependendo da área a ser utilizada, poderá haver um formato diferente dos descritos anteriormente no povoamento devido a possíveis erros de precisão que poderão surgir. No entanto, no método idealizado pelo engenheiro florestal austríaco Walter Bitterlich, em 1948, as unidades de amostra possuem área variável e a seleção dos indivíduos é efetuada com probabilidade proporcional à área basal ou ao quadrado do diâmetro e a frequência do número de árvores (SOARES; NETO; SOUZA, 2006).

De acordo com Felfili; Carvalho; Haidar (2005), as parcelas de área fixa, de preferência retangular ou quadrada, devem ser usadas nos inventários, pois permite a análise de maior número de parâmetros de dinâmica do que pontos quadrantes ou outras parcelas de área variável.

Segundo Druszcz (2008), para fins de inventário quali-quantitativo em florestas plantadas, ainda o mais usual é a medição das parcelas em campo, devido esse método apresentar resultado satisfatório com a relação da precisão dos dados.

Ao se planejar um inventário florestal deve ser estudado o tamanho e formato da parcela, buscando identificar aquela que proporcione as melhores informações

com o mínimo de custo e com isso possa apresentar menores erros, que possam comprometer nos resultados finais (CESARO *et al.*, 1994).

De acordo com Scolforo; Mello (2006), o tamanho ótimo da parcela deve ser definido em função da heterogeneidade florística e densidade da população estudada. Portanto povoamentos florestais heterogêneos tende a ser representada por uma parcela maior, para que seja minimizada a sua variância.

Para uma mesma população e para uma mesma intensidade amostral parcelas menores exibem uma maior variabilidade relativa (coeficiente de variação) que parcelas maiores. Portanto, em populações homogêneas essa variância tende a ser menor que em população heterogênea, devido as árvores apresentarem DAP e altura próximos a variância é menor (SCOLFORO; MELLO, 2006).

A avaliação precisa e eficientes dos povoamentos florestais é decisiva para aplicações de ações silviculturais e de exploração adequada, técnica e economicamente. Devido a grande demanda do setor florestal é necessário um método eficiente e preciso para que a empresa economize tempo e mão-de-obra. (CESARO *et al.*, 1994).

Cesaro *et al.* (1994), concluíram em seu estudo sobre a maior eficiência observada entre três tipos de unidades amostrais, a de área fixa obteve melhores resultados, pois esta unidades cobriu maior área que os demais métodos, abrangendo maior variabilidade da população em cada unidade amostral, o que determinou um menor número de unidades amostrais para a precisão fixada, reduzindo, por conseguinte, o tempo total de inventário.

Segundo Farias *et al.* (2002), devido à simplicidade do procedimento para obtenção dos dados, a aplicação do método de Bitterlich pode ser de extrema utilidade, principalmente em situações em que se necessita de um diagnóstico rápido do estoque de madeira entre outras características de florestas inequidêneas. A natureza deste tipo de floresta demandam maiores esforços de amostragem, mas conclui em seu estudo que há a necessidade de número maior de pontos de amostragem para caracterizar a composição florística de uma floresta em estágio de sucessão secundário na amostragem por ponto, em comparação com o método de parcela de área fixa, em virtude do menor número de árvores amostradas.

Segundo Couto; Bastos; Lacerda (1993), amostragem por pontos, utilizando o Princípio de Bitterlich para estimativa de área basal de povoamentos florestais sempre levanta controvérsia entre pesquisadores na área Dendrométrica, porque

nem sempre apresentam resultados satisfatórios devido ao fato de não se coletar todos os dados de todas as árvores que estão dentro da parcela.

Segundo Scolforo; Mello (2006), para uma mesma população e para uma mesma intensidade amostral, parcelas menores exibem uma maior variabilidade relativa (coeficiente de variação) que parcelas maiores. Por exemplo, parcelas de 300m<sup>2</sup> exibem maior coeficiente de variação que parcelas de 500m<sup>2</sup> quando considerada a mesma população. Portanto em populações homogêneas essa variância tende a ser menor que em população heterogênea, porque as árvores apresentarem DAP e altura próximos à média da população.

Segundo Cesaro *et al.* (1994), a avaliação precisa e eficientes dos povoamentos florestais é decisiva para aplicações de ações silviculturais e de exploração adequada, técnica e economicamente. Devido a grande demanda do setor florestal é necessário um método eficiente e preciso para que a empresa economize tempo e mão-de-obra.

### 3METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, inventário florestal foi realizado no talhão de área 3,48 ha povoado com árvores clonais de um híbrido *Eucalyptus urophylla* Blake x *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden com espaçamento médio de 3m x 2m de 7 anos situado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista (IFMG-SJE) na região Centro Nordeste de Minas Gerais. IFMG-SJE encontra-se a 22°13'16" de latitude Sul e 54°48'2" de longitude Oeste.

#### 3.1 INSTALAÇÃO DAS PARCELAS AMOSTRAIS

O inventário florestal foi realizado em três etapas:

Primeiramente foi realizado o Censo 100% da área. Os dados foram coletados utilizando uma equipe de três pessoas, sendo um anotador dos dados, outro operador de altura com o clinômetro, e o terceiro na coleta do DAP (diâmetro à altura do peito ou 1,30m do solo) com uma suta. Os dados coletados foram o DAP e a altura de todas as árvores. Tanto o DAP e altura das árvores foram enumerados numa prancheta. O procedimento utilizado para a coleta dos dados foi realizado com medições feitas por linhas de plantio no povoamento.

O segundo passo foi o lançamento do método Parcela de Área Fixa. O procedimento de amostral utilizado foi o método de amostragem aleatório simples. Foram alocadas 4 parcelas no tamanho de 600m<sup>2</sup> (20 x 30m<sup>2</sup>). Utilizaram-se os seguintes materiais para a marcação de cada parcela foram estacas e barbante com comprimento de 30m e 20m. Nas unidades de amostrais de área fixa foram coletados todos os dados de DAP e altura de todas as árvores dentro da parcela.

O terceiro passo foi o emprego do método de Bitterlich. O centro de cada Parcela de Área Fixa foi considerado como um ponto de amostragem totalizando 4 pontos de amostragem. Para alocação desses pontos foram utilizadas estacas para ancoramento dos barbantes de 15 e 10 metros de comprimento para a marcação do

centro das parcelas. Para a qualificação das árvores foi utilizado a Barra de Bitterlich com fator de área basal (K) igual a 1.

### 3.2 MENSURAÇÃO DOS DADOS

Com a finalidade de comparar o número de unidades amostrais para a realização do inventário florestal através dos métodos de área fixa e Bitterlich visando conhecer o volume de madeira por hectare. Os dados coletados foram DAP com suta diamétrica, estimativa de altura (Ht) de todas as árvores qualificadas com clinômetro eletrônico Haglof.

### 3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.

Os dados de altura e diâmetro foram utilizados para cálculo do volume com casca das árvores pela equação  $V_{cc} = 0,00007423 \times DAP^{1,707348} \times Ht^{1,16873}$  com  $R^2 = 97,30\%$ , a mesma utilizada por Soares; Neto; Souza (2006), em inventário feito pelo método de Bitterlich para *Eucalyptus* spp.

Os dados de volume obtidos foram submetidos à análise estatística de acordo com o procedimento de inventário. Os parâmetros obtidos para o censo foram volume médio por hectare, volume total, número total de árvores, número de árvores por hectare (N/ha).

Os dados coletados foram transferidos para o programa Microsoft Excel® onde foram realizados os cálculos estatísticos com as equações descritas por Soares; Neto; Souza (2006), para as estimativas dos métodos de Bitterlich e Parcela de Área Fixa.

Para determinação de Área Basal no método de Bitterlich foi utilizada a seguinte formula:

$$B/ha = n \times K$$

Onde:

**B/ha** = área basal por hectare (m<sup>2</sup>/ha).

**n** = é o número de árvores qualificadas.

**K** = é o fator de área basal, oriundo da barra de Bitterlich.

Para determinação do número de árvores por hectare (N/ha) e volume por hectare (V/ha) com casca foram utilizadas as seguintes equações:

$$N / ha = \sum_{i=1}^n \frac{K}{As_i} = \sum_{i=1}^n N_i / ha \quad \text{e} \quad V / ha = \sum_{i=1}^n V_i \times N_i / ha$$

Onde:

**As<sub>i</sub>** = área seccional da i-ésima árvore qualificada no ponto de amostragem (m<sup>2</sup>);

**n** = número de árvores qualificadas no ponto de amostragem;

**V<sub>i</sub>** = volume da i-ésima árvore qualificada, em (m<sup>3</sup>);

**N<sub>i</sub>** = número de árvores por hectare que a i-ésima árvore qualificada representa.

Prosseguindo a análise, obtêm-se as seguintes estatísticas relativas ao volume por hectare:

1) Média estimada:

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$$

Onde:

**n** = número de ponto de amostragem;

**V<sub>i</sub>** = volume dos pontos de amostragem.

2) Variância da amostral:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)^2}{n}}{n - 1}$$

Onde:

**n** = número de ponto de amostragem;

**Y<sub>i</sub>** = volume (m<sup>3</sup>) dos pontos de amostragem.

3)Desvio-padrão:

$$S = \pm \sqrt{S^2}$$

4)Coeficiente de variação:

$$CV = \pm \frac{S}{\bar{Y}} \times 100$$

5)Tamanho da amostra:

No método de Bitterlich é usada a fórmula para populações infinitas,ou seja,onde não se conhece o tamanho da área inventariada, dada por:

$$n = \frac{t^2 \times (CV)^2}{(E\%)^2}$$

Onde:

**n** = tamanho da amostra;

**E** = precisão requerida ou erro admissível em torno da média volumétrica estimada, em termos percentuais;

**t** = valor tabelado da estatística “t” de Student, a dado nível de significância ( $\alpha$ ) e n-1 graus de liberdade.

6)Erro-padrão da média:

$$S_{\bar{x}} = \pm \sqrt{\frac{S^2}{n}}$$

Onde:

**n** = número de pontos de amostragem.

7)Erro de amostragem em porcentagem:

$$E\% = \pm \frac{S_{\bar{x}} \times t}{\bar{Y}} \times 100$$

8)Estimativa do volume total da população:

$$\hat{Y} = \bar{Y} \times a$$

Onde:

**a** = tamanho total da área.

9) Intervalo de confiança:

$$IC = (\bar{Y} \times N) \pm (S_{\bar{x}} \times E\% \times a)$$

Onde:

**a** = tamanho total da área.

No método de parcela de área fixa foram obtidas as estimativas seguindo as mesmas fórmulas estatísticas para o método de Bitterlich com exceção do cálculo do tamanho da amostra que é feito para populações finitas dado pela seguinte fórmula:

$$n = \frac{t^2 \times (CV)^2}{(E\%)^2 + \frac{t^2 \times (CV)^2}{N}}$$

Onde:

**N** = número total de unidades de amostra na população.

As estimativas volumétricas de CV, E%,  $\hat{Y}$  e IC foram utilizados para comparar a precisão dos métodos de parcela de área fixa e Bitterlich.

Para comparar os métodos quanto à exatidão utilizou-se os dados de volume e número de árvores do censo verificando se os valores dos parâmetros do censo estavam contidos nas estimativas de intervalo de confiança obtidos nos dois métodos.

Foi utilizado desvio das estimativas do volume de madeira (m<sup>3</sup>/ha) nos métodos de amostragem em relação ao censo fazendo a diferença entre as médias de volume por hectare dos métodos pelo volume por hectare obtido no censo dado por:

$$D = V_c / ha - \bar{Y}_m$$

Onde:

**V/ha<sub>c</sub>** = Volume por hectare obtido no censo.

$\bar{Y}_m$  = Volume médio por hectare de cada método.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização do censo florestal foram obtidos os dados de volume médio por hectare, volume total, número total de árvores, número de árvores por hectare para a área (tabela 1). Houve mortalidade de cerca de 31% na área, já que o N/ha deveria ser próximo de 1.660 árvores. Além da mortalidade notou-se que algumas árvores haviam sido cortadas.

Tabela 1: Dados obtidos no censo

Estimador	Valores
Volume total da área em (m <sup>3</sup> )	1.507,51
Volume por hectare em (m <sup>3</sup> )	433,19
Número total de árvores	3.984,00
Número de árvores por hectare	1.145,00

O método amostral de parcela de área fixa utilizado (tabela 2) foi mais exato que o método de Bitterlich, apresentando N/ha, V/ha e volume total mais próximos dos obtidos no censo.

Tabela 2: Valores levantados no método de parcela de área fixa

Estimador	Valores
Média volumétrica estimada (m <sup>3</sup> /ha)	420,25
Variância volumétrica (m <sup>3</sup> /ha) <sup>2</sup>	1430,06
Desvio-padrão volumétrico (m <sup>3</sup> /ha)	37,82
Coefficiente de variação (%)	8,99
Tamanho da amostra com precisão requerida de 20%	1,98
Erro-padrão da média (m <sup>3</sup> /ha)	18,24
Erro de amostragem (%)	13,81
Estimativa do volume da população (m <sup>3</sup> )	1462,47
Limite superior do intervalo de confiança (m <sup>3</sup> )	1664,49

Continua...

Continuação tabela 2.

Limite inferior do intervalo de confiança (m <sup>3</sup> )	1260,44
Número de árvores por hectare	1158,00
Número total de árvores observadas	278,00

O método de Bitterlich (tabela 3) apresentou estimativas com menor exatidão para as mesmas variáveis. Com relação à precisão dos métodos novamente o uso

de parcelas de área fixa proporcionou melhores resultados para coeficiente de variação, variância, desvio-padrão e a necessidade de um menor número de pontos amostrais para a precisão requerida.

Tabela 3: Resultados do método de Bitterlich

Estimador	Valores
Média volumétrica estimada (m <sup>3</sup> /ha)	833,56
Variância volumétrica (m <sup>3</sup> /ha) <sup>2</sup>	7333,69
Desvio-padrão volumétrico (m <sup>3</sup> /ha)	85,64
Coeficiente de variação (%)	10,27
Tamanho da amostra com precisão requerida de 20%	2,67
Erro-padrão da média m <sup>3</sup> /ha	42,82
Erro de amostragem (%)	16,34
Estimativa do volume da população (m <sup>3</sup> )	2900,79
Limite superior do intervalo de confiança (m <sup>3</sup> )	3374,93
Limite inferior do intervalo de confiança (m <sup>3</sup> )	2426,64
Número total de árvores amostradas	198,00
Área basal média (m <sup>2</sup> /ha)	49,50
Número de árvores por hectare	2505,00

O desvio entre as médias dos volumes (tabela 4) estimados demonstra a proximidade da média do censo e a média do método parcela de área fixa.

Tabela 4: Desvios das estimativas do volume de madeira (m<sup>3</sup>/ha) nos métodos de amostragem utilizados em relação ao censo.

Métodos	Desvio (m <sup>3</sup> /ha)
Parcela de área fixa	12,94
Bitterlich	400,37

Analisado-se as tabelas, em especial as estimativas apresentadas para o tamanho da amostra e a estimativa do volume populacional nota-se que o método de parcela de área fixa é o que mais se aproxima do censo (considerado o volume real da área) (tabela 4), embora na metodologia usada o tamanho da amostra seja, maior que o requerido para a precisão requerida de 20% e com probabilidade igual a 95%.

Na análise do intervalo de confiança o método de parcela por área fixa também se destaca pelo fato de conter entre os limites superior e inferior desses intervalos o volume encontrado no censo, já para o método de Bitterlich foi obtida uma estimativa tendenciosa para o volume, o que é evidenciado pelo fato do intervalo de confiança para a estimativa do volume obtido no método não conter o volume populacional encontrado no censo.

Apesar do erro de amostragem ser considerado baixo nos dois métodos, os valores estimados pelo o método de Bitterlich são elevados em relação ao valor encontrado com o uso de parcelas de área fixa.

O baixo coeficiente de variação demonstra que há uma baixa dispersão de dados entre as unidades de amostra dentro dos métodos de amostragem, tendo sido maior no método de Bitterlich.

Alguns fatores podem ser atribuídos para a diferença entre os resultados dos métodos sendo que um deles seria o fato de que o número de árvores selecionadas em cada unidade de amostra difere entre os métodos utilizados. O uso de parcelas de área fixa proporcionou a avaliação de um número maior de árvores, reduzindo assim a variância e resultando numa maior precisão e melhor representatividade da população amostrada. Uma possível causa para essa diferença é a grande mortalidade observada no povoamento.

Então, o método que deveria ser indicado para a situação aqui mostrada e o de parcela de área fixa, pela ausência de tendenciosidade, maior precisão e eliminação do erro devido à inclusão ou não de árvores na amostra.

Alguns fatores podem ter influenciado no resultado final como:

- Menor número de árvores observadas nos pontos em relação ao outro método;
- Mortalidade elevada no plantio;
- Tendências de erro do operador da barra Bitterlich.

Soares; Neto; Souza (2006), citaram que o tempo de caminhada entre unidades de amostrais podem tornar a amostragem dispendiosa e improdutiva em certos casos e que há possibilidades de uma distribuição desuniforme das unidades de amostra, resultando em uma amostragem irregular e, possivelmente, não representativa da população. Esse problema pode interferir nos dois métodos de amostragem utilizados, já que para execução correta do método de Bitterlich é necessário garantir uma distância tal entre pontos de amostragem que seja

suficiente para excluir a possibilidade de que uma árvore seja qualificada duas vezes.

No método de Bitterlich não se mostrou adequado em relação à precisão requerida isso pode ter influenciado no resultado, ou seja, possivelmente se aumentar a precisão conseqüentemente o aumento do número de pontos de amostragem para um bom resultado de estimativa volumétrica, isso proporcionaria um aumento também no número de parcelas, mas pode solucionar o problema de menor precisão para estimativa volumétrica do método.

Para reduzir a tendenciosidade, ou seja, melhorar a exatidão seria necessário um melhor treinamento da equipe.

Possivelmente o uso de um instrumento com fator de área basal maior, visto que o fator de área basal utilizado ( $k = 1$ ) proporciona a inclusão de um número grande de plantas e leva a muitas dúvidas na inclusão de plantas numa floresta homogênea, poderia melhorar os resultados apresentados no método de Bitterlich. Campos; Leite (2006), afirmam que em povoamentos homogêneos o uso de um fator de área basal maior proporciona resultados confiáveis. Com o aumento do fator  $K$  o número de árvores amostradas será menor em cada ponto, o que provavelmente ocasionará a necessidade de aumento do número de pontos amostrais.

Moscovich *et al.* (1999), verificaram que o método de Bitterlich foi o método que mais se aproximou do valor real do volume por hectare ao comparar a amostragem utilizando parcelas de área fixa e variável, em floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze.

Pereira *et al.* (2007), concluíram que o método de Bitterlich fornece estimativas precisas de área basal, volume e massa por hectare em plantações de *Eucalyptus grandis* em diversas idades.

Couto; Bastos; Lacerda (1990), concluíram que existe uma alta variabilidade entre pontos (Bitterlich) em relação à variabilidade entre parcelas de tamanho fixo, indicando a necessidade do aumento do número de pontos para atingir o mesmo erro amostral quando se usa parcela de tamanho fixa.

## 5 CONCLUSÃO

Nas condições em que o trabalho foi realizado conclui-se que o método de parcela de área fixa mostrou uma melhor precisão nos resultados volumétricos estimados, quando requerido a precisão de 20% e com probabilidade igual a 95%.

O método de Bitterlich, apesar de fácil aplicação não atingiu um resultado na estimativa volumétrica satisfatório para a situação em questão.

O aumento da precisão requerida também pode vir a influenciar nesse resultado melhorando-os, mas também vai aumentar o número de pontos recomendados para área conseqüentemente aumentando o esforço amostral e fugindo da pressuposta facilidade de aplicação do método de Bitterlich.

## REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL. **Inventário Florestal**. [200?]. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./florestal/index.html&conteudo=./florestal/inventario.html>>. Acessado em: 3 de junho 2008.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal perguntas e respostas**. 2. ed. Viçosa-MG: UFV, 2006. 470p.

CESARO, A; ENGEL, O. A.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia, e de seis árvores, quanto a eficiência, no inventario florestal de um povoamento de *Pinus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 97-108,1994.

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M.; LACERDA, J. S de. A amostragem por pontos na estima de área basal povoamento de *Eucalyptus*. **IPEF**, São Paulo, n. 46, p. 86-95, jan/dez. 1993.

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M.; LACERDA, J. S de. A amostragem por pontos na estima da altura de árvores dominantes e número de árvores por hectare em povoamentos de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, São Paulo, n. 43-44, p. 50-53, jan/dez. 1990.

DIAS, A. C.; COUTO, H. T. Z. Comparação de métodos de amostragem na floresta ombrofila densa – Parque Estadual Carlos Botelho/SP – Brasil . **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, SP, v.17, n.1, p. 63-72, jun. 2005.

DRUSZCZ, J. P. **Comparação entre os métodos de amostragem de Bitterlich e de área fixa com três variações estruturais de unidades circulares em plantações de *Pinus taeda* L.** 2008. 125f. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2008.

FARIAS, C. A.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L. DE.; LEITE, H. C. Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas inequiâneas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 5, p. 541-548, 2002.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas cerrado e pantanal**. Editora Universidade de Brasília, DF. 2005. 60p.

GORENSTEIN, M. R. **Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em florestas estacional semidecidual**. 2002. 92f. Dissertação (mestrado)-ESALQ/USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2002.

MICROSOFT EXCEL. Microsoft Corporation. Versão 7. 2000

MOSCOVICH, F. B.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. C. Comparação de diferentes métodos de amostragem, de área fixa e variável, em uma floresta de *Araucaria angustifolia*. **Ciência florestal**, Santa Maria, RS, v. 9, n. 1, p.173 -191, 1999.

PEREIRA, A. J.; LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C.; SOUZA, A. L. de. Use data from permanent sampling points in growth and yield modeling. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 59 - 69, 2007.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa-MG: UFV, 2006. 276p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA, 2006. 561p.

SOBRINHO, J. C. P. Estudo Comparativo da eficiência de métodos de parcelas com área fixa e métodos de distância em inventário florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.20, n. 4, p. 211-215, 2003.