

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

**JOSÉ GERALDO VIEIRA JÚNIOR; VICTOR ANDRADE**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA, PRECISÃO E EXATIDÃO DOS MÉTODOS DE  
AMOSTRAGEM DE BITTERLICH, PRODAN E PARCELA DE ÁREA FIXA PARA  
INVENTÁRIO FLORESTAL EM POVOAMENTO DE EUCALIPTO.**

**SÃO JOÃO EVANGELISTA – MG**

**NOVEMBRO DE 2009**

**JOSÉ GERALDO VIEIRA JÚNIOR; VICTOR ANDRADE**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA, PRECISÃO E EXATIDÃO DOS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM DE BITTERLICH, PRODAN E PARCELA DE ÁREA FIXA PARA INVENTÁRIO FLORESTAL EM POVOAMENTO DE EUCALIPTO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Silvicultura, como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Silvicultura, IFMG - Campus São João Evangelista.

**SÃO JOÃO EVANGELISTA – MG**

**NOVEMBRO DE 2009**

## FICHA CATALOGRÁFICA

ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS – CAMPUS SÃO JOÃO  
EVANGELISTA.

R696a

VIEIRA JÚNIOR, José Geraldo.

Avaliação da eficiência, precisão e exatidão dos métodos de amostragem de Bitterlich, Prodan e Parcela de Área Fixa para inventário florestal em povoamento de eucalipto./ José Geraldo Vieira Júnior; Victor Andrade. São João Evangelista, MG: IFMG – Campus São João Evangelista, 2009.

23 p.

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

Orientador: Dr. Aderlan Gomes da Silva.

1. Inventário Florestal. 2. Eucalipto. 3. Floresta. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. Curso Superior de Tecnologia em Silvicultura. II. Título.

CDD 634.9285

**JOSÉ GERALDO VIEIRA JÚNIOR; VICTOR ANDRADE**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA, PRECISÃO E EXATIDÃO DOS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM DE BITTERLICH, PRODAN E PARCELA DE ÁREA FIXA PARA INVENTÁRIO FLORESTAL EM POVOAMENTO DE EUCALIPTO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Silvicultura, como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Silvicultura, IFMG - Campus São João Evangelista.

Aprovado em: 12 de novembro de 2009.

**BANCA EXAMINADORA**

---

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

---

Prof. Msc. José Roberto de Paula - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista.

---

Prof. Esp. Ana Carolina Ferraro - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista.

A Deus, por todas as  
graças alcançadas  
em nossas vidas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primordialmente a Deus, por iluminar nossos passos durante essa longa caminhada.

Aos nossos pais, por acreditarem em nós, por nos dar todo o suporte que precisamos e por depositar toda a confiança em nós.

A todos os mestres que nos ajudaram nesta árdua batalha e que deram todo o apoio quando precisamos.

Ao nosso professor orientador Aderlan Gomes da Silva que foi super importante para a confecção desse trabalho, e que sempre esteve presente quando necessitamos de algum tipo de ajuda.

Aos nossos colegas por três anos de convivência e amizades conquistadas.

Ao Instituto, por todo suporte oferecido para o trabalho realizado.

Ao Herbert Ferreira Rodrigues que nos ajudou na elaboração do projeto do presente trabalho e nos trabalhos de campo.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente nos ajudaram a chegar até aqui e alcançar o que alcançamos.

**VIEIRA JÚNIOR, J. G.; ANDRADE, V. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - campus São João Evangelista, novembro de 2009.** Avaliação da eficiência, precisão e exatidão dos métodos de amostragem de Bitterlich, Prodan e Parcela de Área Fixa para inventário florestal em povoamento de eucalipto. **Orientador: Aderlan Gomes da Silva.**

## **RESUMO**

No presente trabalho foram comparados os métodos de amostragem de Parcela de Área Fixa, Bitterlich e de Prodan quanto à precisão, exatidão e eficiência em relação ao tempo de execução. O estudo foi realizado em povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, inventariado pelos três métodos de amostragem, para um erro máximo admitido de 10% da média do volume e 95% de probabilidade de confiança. Os resultados mostraram ser mais eficiente o inventário conduzido pelo método de Prodan, porém foi o mais oneroso devido ao erro de amostragem de 37%. O método de Parcela de Área Fixa apresentou um erro de amostragem de 27% seguido pelo de Bitterlich que apresentou 20% de erro de amostragem. O método que apresentou maior exatidão foi o de Parcela de Área Fixa, seguido pelo de Prodan e Bitterlich respectivamente. O método mais preciso foi o de Bitterlich, seguido pelo de Parcela de Área Fixa e Prodan respectivamente.

**Palavras chave:** Inventário florestal, Eucalipto, Métodos de inventário.

VIEIRA JR, J. G. Andrade, V. Federal Office of Education, Science and Technology of Minas Gerais - campus St. John the Evangelist, in November 2009. **Evaluation of the efficiency, precision and accuracy of the sampling methods of Bitterlich, Prodan and the Fixed Area Units for forest inventory in a stand of eucalyptus.** Advisor: Aderlan Gomes da Silva.

## ABSTRACT

In the present study were evaluated the precision, accuracy and time efficiency of three forest inventory sampling methods: use of fixed area units, Bitterlich and Prodan. The study was conducted in a *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* stand which was inventoried using the three methods. The admitted sampling error was 10% for the mean of the volume at 95% probability. Results showed that more efficient inventory method was the method of Prodan, but it was more costly due to sampling error of 37%. The method of fixed area units presented a sampling error of 27% followed by Bitterlich method that showed a 20% sampling error. The method that showed the highest accuracy was the fixed area units, followed by Prodan and Bitterlich methods respectively. The most accurate method was the Bitterlich, followed by Area Fixed units and Prodan respectively.

**Keywords:** Forest Inventory, Eucalyptus, Inventory methods.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>13</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA UTILIZADA PARA O ESTUDO .....	13
3.2	PROCEDIMENTOS NO CAMPO .....	13
3.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	14
3.4	DETERMINAÇÃO DE TEMPO PARA CADA MÉTODO .....	15
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>22</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil a área total com florestas plantadas em 2006 totalizou 5,74 milhões de hectares, sendo 3,55 milhões com eucalipto. Minas Gerais se apresenta como o estado brasileiro com a maior área de floresta plantada do país, ocupando 1,23 milhão ha, seguido por São Paulo com 963,3 mil ha. A indústria de base florestal representa 3,5% do PIB nacional (ABIMCI, 2007).

O setor florestal brasileiro apresenta as condições básicas para ocupar posição de maior destaque no cenário internacional. Para tanto, é importante que as empresas do setor invistam ainda mais em tecnologia, a fim de aumentar a produção de madeira. Para que esse aumento ocorra com sucesso é necessário que técnicos especializados monitorem o crescimento das árvores, coletando dados suficientes para conhecer o volume dos povoamentos. Esse procedimento de coleta de dados é conhecido como Inventário Florestal.

Em virtude das limitações de recursos financeiros, tempo, mão-de-obra, acesso e tamanho das florestas, é impraticável inventariar 100% da população florestal. Assim, há a 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).

Existem vários métodos para se inventariar uma floresta, mas de acordo com a metodologia a ser utilizada obtém-se um método que irá conciliar o objetivo do inventário com eficiência e tempo de coleta de dados. Dentre os vários métodos para estimar o volume de madeira no campo, destacamos o método de amostragem de Parcela de Área Fixa, o método de Bitterlich e o método de Prodan, este último é conhecido também como método das seis árvores.

Segundo Farias et al. (2002), tradicionalmente, o método de amostragem mais utilizado para inventariar florestas equiâneas e inequiâneas é o método que se baseia na alocação de parcelas de área fixa. Este método geralmente exige maior tempo para os levantamentos, devido à marcação e medição de um grande número de árvores. Assim sendo, torna-se importante analisar diferentes métodos de amostragem, visando reduzir o tempo de execução do inventário, sem perda de exatidão e precisão.

O método de amostragem de Parcela de Área Fixa é considerado, de acordo com Sterba (1986), o mais antigo. Nesse método, a seleção das árvores ocorre com probabilidade proporcional à área, sendo medidas todas as árvores que se situarem no interior de uma unidade de amostra.

Um método de área variável, no qual a seleção das árvores que compõem a unidade de amostra é de probabilidade proporcional ao tamanho, foi desenvolvido por Bitterlich, em 1948. Devido à simplicidade do procedimento para obtenção dos dados, a aplicação desse método pode ser de extrema utilidade, principalmente em situações em que se necessita de um diagnóstico rápido do estoque de madeira. A seleção das árvores que compõem a unidade de amostra é realizada pela comparação do diâmetro da árvore com um ângulo de visada constante conforme apresentado por Silva (1977), Sterba (1986), Finger (1992), entre outros.

Segundo Cesaro et al. (1994), o método das seis árvores, como é conhecido o método de Prodan, gera unidades de área circular, sendo o método de seleção das árvores o de probabilidade proporcional à distância. Não ocorre o problema de representatividade do número de árvores, pois o tamanho das unidades de amostra é variável de acordo com a distância entre o centro da unidade e o centro da sexta árvore mais próxima a este ponto de referência.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a exatidão, a precisão e o tempo operacional dos métodos de amostragem Parcela de Área Fixa, Bitterlich e Prodan.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De ocorrência natural na Austrália, o eucalipto possui mais de 600 espécies adaptadas a diversas condições edafoclimáticas. O eucalipto, é geralmente cortado aos 7 anos de idade, podendo produzir cerca 50 m<sup>3</sup>/ha/ano. A madeira oriunda de florestas plantadas é utilizada principalmente para produção de chapas, lâminas, compensados, aglomerados, carvão vegetal, madeira serrada, celulose e móveis. Outros produtos também podem ser obtidos, a exemplo de óleos essenciais e mel (SBS, 2007).

De acordo com Cesaro et al. (1994), as informações do estoque de madeira no sentido qualitativo e quantitativo, necessárias ao planejamento, são obtidas através do inventário florestal. Essas informações normalmente referidas ao volume da floresta, ou mesmo para qualquer outra variável dendrométrica, podem ser obtidas por procedimentos de amostragem ou pela enumeração total das árvores.

Cesaro et al. (1994) confirmam que, a enumeração de todos os indivíduos da população ou Censo, embora isenta de erros amostrais só é praticável em áreas pequenas e de grande importância econômica, devido ao alto custo que representa esta operação. Por outro lado, os procedimentos de amostragem permitem conhecer as estimativas desta população com alta precisão e baixo custo.

Ubialli (2007) afirma que, nos levantamentos florestais é prática geral selecionar uma amostra. Uma amostra é uma pequena parte da floresta que se observa, mas é a população como um todo que se deseja conhecer. Assim, as inferências obtidas para a população são fidedignas se a amostra for uma verdadeira representação da população investigada. Ubialli (2007) observa ainda, que as estimativas dos parâmetros estão sujeitas a erros de amostragem.

A amostragem de uma população pode ser realizada segundo vários métodos, os quais devem ser aplicados de acordo com as características da população, para obter maior exatidão e precisão em um menor espaço de tempo (CESARO et al. 1994).

Segundo Druszcz (2008), 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. São dois parâmetros

relacionados ao desvio da média estimada, que geralmente são utilizados em inventários florestais para avaliar a qualidade dos mesmos. O primeiro parâmetro avalia os desvios dos dados um em relação aos outros, o segundo avalia o quão próximas as estimativas estão dos valores dos parâmetros estimados.

Conforme Dias; Couto (2005), 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). A definição do método muitas vezes leva em conta o menor custo em espaço de tempo. Muitas vezes nem apresentam resultados satisfatórios tanto qualitativos quanto quantitativos.

Segundo Soares; Neto; Souza (2006), 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 alocação que poderão surgir.

Segundo Cesaro et al. (1994) 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 os resultados finais.

Scolforo; Mello, (2006) afirmam que o tamanho ótimo da parcela deve ser definido em função da heterogeneidade florística e densidade da população estudada. Por isso, em inventários de florestas plantadas as unidades de amostra utilizadas geralmente possuem menor tamanho que as unidades de amostra utilizadas em florestas nativas, manejadas ou não, isso devido à homogeneidade florística e a densidade das áreas de plantio.

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 populações heterogêneas, devido às árvores apresentarem DAP e altura próximos à média da população.

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).

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.

Conforme dito por Soares; Neto; Souza (2006), 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 médio.

O método de Prodan considera a medição de seis árvores e a distância ou raio do centro do ponto amostral ao centro da sexta árvore como referência da unidade amostral. Nestas condições, a inclusão de uma árvore na amostragem tem como variável a sua distância ao centro amostral e, portanto, a seleção das árvores se faz com probabilidade proporcional à distância (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997).

A decisão sobre o número de árvores medidas na unidade amostral, tem como base o comportamento do coeficiente de variação e do volume individual das árvores em relação ao número de árvores observadas (PRODAN, 1968). Quanto ao coeficiente de variação Péllico Netto; Brena (1997) verificaram que esse se tornava estável a partir da sexta árvore medida. Neste método se considera a medição de seis árvores e a distância ou raio da sexta árvore como referência da unidade amostral.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA UTILIZADA PARA O ESTUDO

Para o desenvolvimento deste trabalho o Inventário Florestal foi realizado em uma área de 3,48 hectares. É uma floresta equiana, composta por árvores clonais de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* de sete anos de idade com espaçamento de 3 x 2 m situado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista (IFMG-SJE), região Centro Nordeste de Minas Gerais, que encontra-se a 22°13'16" de latitude Sul e 54°48'2" de longitude Oeste.

#### 3.2 PROCEDIMENTOS NO CAMPO

A localização geográfica da área de estudo foi realizada com um aparelho digital de Sistema de Posicionamento Global (GPS), modelo eTrex, fabricado pela Garmin. Primeiramente foi realizado um Inventário Florestal do tipo censo, coletando o DAP (Diâmetro a Altura do Peito a 1,30m do solo) com uma suta mecânica Haglof e estimando a altura de todas as árvores com um clinômetro digital Haglof. A mensuração foi feita seguindo as linhas do plantio. Os dados do censo permitiram obter alguns parâmetros da população como densidade e volume total, parâmetros esses necessários para avaliação da exatidão. Foi realizada a cubagem rigorosa de 20 árvores. O volume das árvores foi obtido pelo método de Smalian. Em seguida ajustou-se o modelo  $\text{LnVcc} = a + b \text{Ln(DAP)} + c \text{Ln(Ht)}$ .

$$\text{LnVcc} = -10,59577 + 2,1474 \text{LnDAP} + 0,91549 \text{LnHt}$$

Em que:

LnVcc = logaritmo neperiano do volume com casca;

LnDAP = logaritmo neperiano do diâmetro a altura do peito;

$\ln Ht$  = o logaritmo neperiano da altura total; e  
a, b, c = estimativa dos parâmetros para intersepto.

Depois de realizada a coleta dos dados do método de Censo, iniciou-se os métodos de amostragem, começando pelo método de Parcela de Área Fixa. Este, por sua vez, foi composto por cinco parcelas retangulares com tamanho de 15 x 20m (300m<sup>2</sup>), sendo a maior dimensão no sentido da maior declividade. O procedimento usado para distribuir as parcelas na área em estudo foi pelo método de Amostragem Casual Simples, onde todas as parcelas teriam as mesmas chances de serem selecionadas. Em cada parcela foram coletados o DAP e altura de cada árvore, mediu-se também a declividade da parcela e o tempo do início ao fim da mensuração de cada parcela foi cronometrado.

Concluído o método de Parcela de Área Fixa, foi realizado o inventário pelo método de Bitterlich. O centro de cada Parcela de Área Fixa foi considerado um ponto de amostragem, totalizando assim 5 pontos de Bitterlich. Para a qualificação das árvores foi utilizada a Barra de Bitterlich com fator de área basal (k) igual a 2. Em cada ponto foi coletado o DAP e altura de cada árvore marcando o tempo de coleta do início ao fim da mensuração do ponto.

A coleta de dados deste trabalho foi finalizada com o método de Prodan, também conhecido como método das seis árvores. Foram alocados 5 pontos aleatoriamente na área de estudo, que foram considerados como unidades amostrais. Em cada ponto, mediu-se o DAP e altura das seis árvores mais próximas do ponto de referência, bem como o tempo de início e fim de mensuração de cada ponto.

### 3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram tabulados e processados no programa Microsoft Excel<sup>®</sup>.

Os parâmetros analisados no método de Censo foram Volume Total (m<sup>3</sup>), Volume por hectare (m<sup>3</sup>), Número de Árvores da População, Número de Árvores por

hectare e o Incremento Médio Anual ( $m^3/ha$ ). Estes parâmetros foram suficientes para avaliar a exatidão e precisão dos métodos de amostragem.

As estatísticas usadas para os métodos de Parcela de Área Fixa, Bitterlich e Prodan foram Média Volumétrica ( $m^3/ha$ ), Variância ( $m^3/ha$ ), Desvio Padrão ( $m^3/ha$ ), Coeficiente de Variação (%), Tamanho da Amostra, com erros admissíveis de 10 e 20%, Erro Padrão da Média ( $m^3$ ), Volume Estimado da População ( $m^3$ ) e Erro de Amostragem (% e  $m^3$ ).

Os resultados encontrados nos métodos de amostragem foram comparados entre si para avaliar qual método seria mais exato e preciso em relação à testemunha (Censo).

### 3.4 DETERMINAÇÃO DE TEMPO PARA CADA MÉTODO

Com o intuito de avaliar a eficiência de cada método, foi avaliado o tempo gasto para mensurar cada parcela, cada ponto de Bitterlich e cada ponto de Prodan. Esse tempo foi mensurado utilizando um cronômetro digital com precisão de 0,01 segundos. O tempo de medição de cada parcela em cada método foi considerado uma repetição. Os dados de tempo foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização do Censo foram obtidos os parâmetros populacionais presentes na tabela 1. O volume de cada árvore individual foi obtido através da seguinte fórmula: (estimada através da cubagem).

$$\text{LnVcc} = -10,59577 + 2,1474 \text{ LnDAP} + 0,91549 \text{ LnHt}$$

Tabela 1: Resultados obtidos pelo censo florestal realizado.

Parâmetro	Valor
Volume total (população) (m <sup>3</sup> )	994,9983
Volume por hectare (m <sup>3</sup> )	285,9190
Número de árvores da população	3988
Número de árvores por hectare	1146
Incremento Médio Anual (m <sup>3</sup> /ha)	40,8456

Fonte: Os autores.

Tendo em vista, que o espaçamento do plantio era de 3 x 2 m pode-se inferir que deveria conter na área, aproximadamente, 1667 árvores por hectare. Assim, pode-se observar a mortalidade de 31,21% dos indivíduos da população deste o plantio até a data de realização dos trabalhos de campo. O Censo mostra claramente uma alta mortalidade das árvores na área em estudo, apresentando somente 1146 árvores por hectare. Esta alta taxa de mortalidade pode ser explicada, dentre outras causas naturais, pelo corte de algumas árvores para execução de pesquisas, realizadas por professores e alunos do Instituto, ataque de pragas e patógenos além de falhas de plantio.

Os valores obtidos de estimativas dos parâmetros avaliados nos três métodos de amostragem utilizados, de Parcela de Área Fixa, Bitterlich e Prodans estão expressos na tabela 2.

Tabela 2: Estimativas dos parâmetros avaliados pelos métodos de amostragem; Volume Médio ( $m^3/ha$ ); Variância, em  $m^3/ha$  ( $S^2$ ); Desvio Padrão, em  $m^3/ha$  ( $S$ ); Coeficiente de Variação, em % ( $CV$ ); Tamanho da Amostra, com erro admissível de 10% ( $n_{10\%}$ ); Tamanho da Amostra, com erro admissível de 20% ( $n_{20\%}$ ); Erro-padrão da Média, em  $m^3$  ( $S_{\bar{y}}$ ); Volume Estimado da População, em  $m^3$  ( $\hat{Y}$ ); Erro de Amostragem Estimado, em  $m^3$  ( $E$ ); Erro de Amostragem Estimado, em % ( $E\%$ ); Erro em relação ao Censo, em  $m^3/ha$ ; Intervalo de Confiança ( $IC$ ).

Estimativa dos parâmetros	Parcela de Área Fixa	Bitterlich	Prodan
Volume médio ( $m^3/ha$ )	242,9958	333,0563	500,7879
$S^2$ ( $m^3/ha$ ) <sup>2</sup>	3024,3142	3066,4690	23391,5691
$S$ ( $m^3/ha$ )	54,9938	55,3757	152,9430
$CV$ (%)	22,6316	16,6265	30,5405
$n_{10\%}$	29,4496	17,9978	44,3787
$n_{20\%}$	9,0940	5,0920	15,5591
$S_{\bar{y}}$ ( $m^3$ )	24,0581	24,2252	66,9079
$\hat{Y}$ ( $m^3$ )	863,0919	1159,0360	1742,7419
$E$ ( $m^3$ )	66,7852	67,2491	185,7362
$E$ (%)	27,4841	20,1915	37,0888
Erro em relação ao censo ( $m^3/ha$ )	42,9232	-47,1373	-214,8689
IC limite inferior	20440,4246	925,0093	36546
IC limite superior	35934,5973	1393,0628	79636,8

Fonte: Os autores.

O método de amostragem que teve uma maior exatidão foi o método da Parcela de Área Fixa, tendo uma estimativa de média volumétrica de aproximadamente 242,9958  $m^3/ha$  e uma estimativa de volume total da população de aproximadamente 863,0919  $m^3$ , resultados estes, muito próximos dos valores do Censo (média volumétrica de 285,9198  $m^3/ha$  e volume total da população de 994,9983  $m^3$ ). O método de Bitterlich foi o segundo método que mais se aproximou das estimativas do Censo, sendo o método de Prodan o menos exato.

Apresentando resultado distinto de exatidão na comparação de métodos de amostragem em um bosque nativo de *Araucaria angustifolia*, Moscovich; Brena (2002) verificaram que a exatidão maior foi encontrada no método de Bitterlich, seguido pelos métodos de Parcela de Área Fixa e de Prodan.

Segundo Soares; Neto; Souza (2006) a precisão também é um conceito qualitativo e usada para caracterizar a magnitude dos erros presente na medida, ou seja, quanto menor a magnitude dos erros, maior a precisão requerida da medida em

estudo. Partindo deste princípio, o método de amostragem mais preciso foi o de Bitterlich, por ter apresentado um erro de amostragem em torno de 10% com 18 pontos de amostragem (unidades amostrais), seguido pelo método de Parcela de Área Fixa com 29 unidades amostrais para um erro admissível de 10% e, por último, o método de Prodan, necessitando de 44 unidades amostrais para um erro admissível de 10%.

Em florestas inequiâneas, este comportamento de precisão se diferencia em alguns trabalhos, no caso de Sobrinho (2003), o método mais preciso para estimar o volume de florestas nativas é o método de Parcela de Área Fixa.

Houve também diferença entre os três métodos de inventário ao se comparar o tempo de execução de cada método. A tabela 3 mostra os resultados de tempo médio gasto, por parcela, para a execução do inventário florestal nos métodos de amostragem estudados.

Tabela 3: Tempo necessário para mensuração de uma unidade de amostra, em plantio de eucalipto, utilizando diferentes métodos de inventário florestal.

Método de Inventário	Tempo (minutos e segundos)		
	Médias		Desvio Padrão da Média
Prodan	4'44"	A	17,15
Bitterlich	9'39"	B	96,06
Parcela de Área Fixa	23'30"	C	204,37

Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Os autores.

Como se pode observar na tabela 3, o método de Prodan mostrou ser o mais eficiente, quando se relaciona com o tempo gasto na execução da amostragem para estimar o volume da população, apresentando um tempo médio de 4 minutos e 44 segundos para realizar o inventário de cada unidade de amostra. O método de Bitterlich apresentou um tempo médio de 9 minutos 39 segundos, e o método de Parcela de Área Fixa um tempo médio de 23 minutos e 30 segundos para realizar o inventário de cada unidade de amostra.

As diferenças encontradas no tempo de amostragem dos métodos se devem ao fato que, o método da Parcela de Área Fixa exige um maior tempo de mensurações, devido ao maior número de árvores que a área da parcela abrange. No método de Bitterlich este tempo gasto nas mensurações varia de acordo com o fator K, ou seja, o fator  $K = 2$  escolhido neste estudo proporcionou um número menor de árvores

enquadradas na medição. E por fim no método de Prodan, como descrito na metodologia, é necessário apenas a mensuração de 6 árvores para cada ponto de amostragem, conseqüentemente um baixo tempo na realização do inventário por este método.

Mas, quando se relaciona eficiência do método de inventário levando em consideração a precisão requerida e exatidão das estimativas volumétricas, o menor tempo gasto pelo método de Prodan se torna oneroso, por apresentar um erro de amostragem de 37% (como descrito na tabela 2), além de uma superestimativa do volume da população. Vale destacar que este método necessitaria de um número maior de unidades de amostra para satisfazer a precisão requerida como mostra claramente a tabela 2.

Comparando ainda as estimativas apresentadas na tabela 2 e o tempo médio gasto na realização do inventário, o método de amostragem de Bitterlich apresenta-se o mais eficiente devido uma melhor relação de tempo e confiabilidade das estimativas volumétricas. Isto pode ser observado devido ao número menor de unidades amostrais (pontos de amostragem) necessários para satisfazer uma determinada precisão requerida seja 10 ou 20% (como visto na tabela 2), além de sua precisão satisfatória, como já discutido.

Cesaro et al. (1994), encontraram valor semelhante no tempo gasto para execução do inventário florestal no método de Parcela de Área Fixa, onde trabalhando com parcelas de 20 x 30 m tiveram um gasto médio de 25 minutos para inventariar cada parcela, em um povoamento de *Pinus* sp. Os resultados de eficiência relacionando o tempo foram diferentes dos encontrados no presente trabalho, quando se observa que o método de Bitterlich foi o mais eficiente. Cesaro et al. (1994) obtiveram uma eficiência maior no método da Parcela de Área Fixa, seguido por Bitterlich e Prodan. O resultado apresentado por este autor pode ser explicado devido ao povoamento de *Pinus* sp. obter uma média diamétrica maior que o povoamento de eucalipto e já haviam sido realizados dois desbastes, ou seja, o método de Bitterlich necessitaria de um fator K menor para visualização satisfatória das árvores remanescentes, e as dimensões da Parcela de Área Fixa utilizada por este autor apresentava uma maior área de abrangência do povoamento, resultando em uma estimativa mais confiável.

Comparando a eficiência de métodos de amostragem em floresta inequiânea, Sobrinho (2003), encontrou resultado diferente do presente trabalho, já que o método de Parcela de Área Fixa mostrou ser o mais eficiente e obtendo valor satisfatório de erro, apresentando menor erro de amostragem a 10% de confiabilidade.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados do presente trabalho permitiram concluir que:

- O método de amostragem que apresentou uma maior exatidão foi o método da Parcela de Área Fixa, seguido dos métodos de Bitterlich e Prodan.
- O método de amostragem mais preciso foi o de Bitterlich, seguido pelos métodos de Parcela de Área Fixa e o de Prodan.
- A maior eficiência observada entre os três tipos de unidades de amostra foi no método de Prodan, porém apresentou maior onerosidade, por ter ocorrido 37% de erro de amostragem, tornando assim menos confiável.

## REFERÊNCIAS

ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente, 2007. Disponível em <www.abimci.com.br>. Acesso em 02/9/2008.

CESARO, A. de et al. 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.* **Scientia Forestalis**, Santa Maria, v. 4, n. 1, 1994. p. 97-108.

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.

DIAS, A. C.; COUTO, H. T. Z. Comparação de métodos de amostragem na floresta ombrofila densa – Parque Estadual Carlos Botelhos/SP – Brasil\* . **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, SP, v17, 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. et al. Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas inequias. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 5, 2002. p. 541-548.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 269p.

MOSCOVICH, F.A.; BRENA, D. A. Comparación de los métodos de muestreo de área fija, bitterlich, prodan, strand y cuadrantes, en su eficiencia relativa aplicados a un bosque nativo de *Araucaria Angustifolia*. **II Simposio Internacional sobre Manejo Forestal, Universidad de Pinar del Rio "Hnos Saíz Montes de Oca"**. Cuba. 15 p. 2002.

PÉLLICO NETTO, S., BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná e Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 316 p.

PRODAN, M. **Forest biometrics**. Oxford: Pergamon Press, 1968. 447 p.

SBS - Sociedade Brasileira de Silvicultura. Fatos e Números do Brasil Florestal. 2007. Disponível em <[www.sbs.org.br](http://www.sbs.org.br)>. Acesso em 02/9/2008.

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

SILVA, J.A. **Biometria e estatística florestal**. Santa Maria: UFSM, 1977. 235 p.

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

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.

STERBA, H. H. Wien: **Inst. f. Forstl. Ertragslehre der Univ. f. Bodenkultur**, 1986. 169p.

STRAND, L. Sampling for volume along a line. **Meddelelser fra Det Norske Skogforsoksvesen**, v. 51. 1958. p. 327-331.

UBIALLI, J. A. **Comparação de métodos e processos de amostragem para estudos fitossociológicos e estimativas de estoque de uma floresta ecotonal na região norte mato-grossense**. 2007. 138p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná – Paraná.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.