

# EFICIÊNCIA DE INVENTÁRIO FLORESTAL UTILIZANDO PARCELA CIRCULAR *VERSUS* CONGLOMERADO EM LINHA

João Paulo Druszcz\*  
Nelson Yoshihiro Nakajima\*\*  
Sylvio Péllico Netto\*\*\*  
Sebastião do Amaral Machado\*\*\*\*  
Rogério Bamberg\*\*\*\*\*

## Resumo

O estudo foi conduzido em plantações de *Pinus taeda* L., localizadas no Estado do Paraná. O objetivo foi avaliar a eficiência do inventário florestal, utilizando-se a amostragem de área fixa com a estrutura de Parcela Circular (PC) e Conglomerado em Linha (CL), por meio da análise do comportamento quanto às precisões e eficiências relativas na estimativa das seguintes variáveis: diâmetro médio (cm), número de árvores (N/ha), área basal (m<sup>2</sup>/ha) e volume total (m<sup>3</sup>/ha). Para isso, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com 40 unidades amostrais para a Parcela Circular (PC) e 10 unidades para o Conglomerado em Linha (CL), sendo este composto por quatro subunidades. Concluiu-se que, para as variáveis diâmetro médio (cm), número de árvores (N/ha), área basal (m<sup>2</sup>/ha) e volume total (m<sup>3</sup>/ha), indica-se a utilização do método de área fixa com Parcela Circular (PC), considerando a maior eficiência no levantamento destas variáveis.

**Palavras-chave:** Eficiência relativa. Precisão. Métodos de amostragem.

## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de saber a quantidade e qualidade dos estoques florestais faz com que as empresas busquem informações por meio de inventários florestais, os quais são feitos com o uso das técnicas de amostragem. A obtenção destas informações apresenta custos que aumentam com o grau de detalhamento, precisão requerida, eficiência da forma como as variáveis são obtidas, entre outras informações. Segundo os pesquisadores Péllico Netto e Brena (1997), em qualquer aplicação de amostragem, a precisão e o custo são duas variáveis intimamente interligadas e a especificação de uma implica automaticamente a determinação da outra e, se o objetivo for comparar vários tamanhos simultaneamente, pode-se calcular o inverso dos produtos dos quadrados dos coeficientes de variação pelos respectivos custos, e compará-los entre si.

Nakajima (1997) afirma que, para se compararem diferentes métodos de amostragem como o de área fixa, utilizando-se diferentes formas nas unidades amostrais com os de área

\* Engenheiro Florestal; Doutorando em Ciências Florestais na Universidade Federal do Paraná; jpaulodr@gmail.com

\*\* Engenheiro Florestal; Doutor Professor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Curitiba; nelson.nakajima@ufpr.br

\*\*\* Engenheiro Florestal; Doutor Professor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná; sylvio-pelliconetto@gmail.com

\*\*\*\* Engenheiro Florestal, Doutor Professor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná; samachado@ufpr.br

\*\*\*\*\* Florestal, Doutor Professor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná; rogeriobamber@yahoo.com.br

variável, como os métodos de Bitterlich e Strand, deve-se “transformar” os métodos para uma mesma base de comparação, como a padronização do número de árvores por unidade amostral.

Sparcks et al. (2002) compararam estimativas de número de árvores em três plantios no Sudeste de Oklahoma (EUA), usando parcelas circulares e quadradas de tamanho fixo e de tamanho variável. Concluíram que todas as parcelas foram eficientes quanto ao tempo de medição, mas as de área fixa forneceram estimativas mais precisas do número de árvores, independente das suas dimensões.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi comparar a eficiência de duas variações estruturais do método de área fixa, ou seja, Parcela Circular (PC) *versus* Conglomerado em Linha (CL) para as estimativas correntes das variáveis diâmetro médio (cm), número de árvores (N/ha), área basal (m<sup>2</sup>/ha) e volume total (m<sup>3</sup>/ha), em plantações de *Pinus taeda* L., por meio de suas precisões e eficiências relativas. Nesse contexto, parte-se da hipótese de que não existem diferenças significativas estatisticamente entre a eficiência em inventário florestal realizado por ambas as variações estruturais, isto é, quaisquer diferenças observadas ocorrem exclusivamente, em razão dos fatores não controlados ou do acaso.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área deste estudo está localizada na região de Ponta Grossa, Estado do Paraná. As coordenadas geográficas são 24°04'44” de latitude Sul e 50°05'49” de longitude Oeste. O clima é classificado como Cfb de Köppen, ou seja, clima subtropical úmido, mesotérmico, com verões frescos, geadas severas demasiado frequentes e sem estação seca, sendo a precipitação anual média acima de 1.400 mm, com chuvas bem distribuídas durante o ano. A temperatura média anual nos meses mais frios é inferior a 18° C, enquanto a média anual dos meses mais quentes é superior a 22° C (BOGNOLA et al., 2002). Os talhões utilizados neste estudo são de *Pinus taeda* L., sem desbastes, com espaçamentos de 2 m por 2,5 m. As unidades amostrais foram alocadas em 3 diferentes talhões denominados de condições 1, 2 e 3. A condição 1 tem área de efetivo plantio igual a 52,1 ha, idade de 10 anos e topografia com 4° de inclinação média. A condição 2 tem área de efetivo plantio igual a 41,52 ha, idade de 7 anos e topografia com 5,5° de inclinação média, e a condição 3 tem área de efetivo plantio igual a 32,86 ha, idade de 9 anos e topografia com 6,5° de inclinação média. As três condições totalizam uma área de 126,48 ha.

### 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL UTILIZADO

O delineamento experimental utilizado foi o casualizado em blocos com repetições, isto é, cada condição topográfica/etária foi considerada um bloco e dentro de cada um deles foram sorteados ao acaso 40 pontos amostrais para o método de área fixa com Parcela Circular (PC) e 10

pontos amostrais para o método de área fixa com Conglomerado em Linha (CL). Para o controle das condições experimentais, estes pontos amostrais foram utilizados para as duas estruturas.

### 2.3 MÉTODO DE ÁREA FIXA COM PARCELA CIRCULAR (PC)

Na condição 1, o raio da unidade amostral foi de 6,75 m, que corresponde a uma área de 143,14 m<sup>2</sup> ou 0,0143 ha. Para a condição 2, o raio da unidade amostral foi de 5,65 m, que corresponde a uma área de 100,29 m<sup>2</sup> ou 0,01 ha e, para a condição 3, o raio da unidade amostral foi de 5,60 m, que corresponde a uma área de 98,52 m<sup>2</sup> ou 0,0099 ha. As fórmulas usadas para as estimativas das variáveis foram sugeridas por Nishizawa (1972).

$$\overline{dh} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \qquad N = \frac{n}{a}$$

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{a} \qquad V = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{a}$$

em que:

$\overline{dh}$  = diâmetro médio (cm);

$N$  = número de árvores por hectare;

$G$  = área basal por hectare (m<sup>2</sup>/ha);

$V$  = volume por hectare (m<sup>3</sup>/ha);

$n$  = número de árvores selecionadas por ponto de amostragem;

$d_i$  = diâmetro da árvore “i” selecionada (cm);

$g_i$  = área transversal da árvore “i” selecionada (m<sup>2</sup>);

$v_i$  = volume da árvore “i” selecionada (m<sup>3</sup>).

$a$  = área da parcela circular (ha).

### 2.4 MÉTODO DE ÁREA FIXA COM CONGLOMERADO EM LINHA (CL)

A amostragem por conglomerados ou grupos é uma variação do método de amostragem de área fixa, em que, ao invés de se utilizarem unidades amostrais individuais, seu arranjo espacial é feito em grupo ou conglomerado de pequenas subunidades. Neste estudo, foram utilizadas subunidades amostrais com diferentes áreas, ou seja, para cada condição foi determinado um raio. Na condição 1, o raio da subunidade amostral foi de 6,75 m, que corresponde a uma área de 143,14 m<sup>2</sup> ou 0,0143 ha. Para a condição 2, o raio da subunidade amostral foi de 5,65 m, que corresponde a uma área de 100,29 m<sup>2</sup> ou 0,01 ha e para a condição 3, o raio da subunidade amostral

foi de 5,60 m, que corresponde a uma área de 98,52 m<sup>2</sup> ou 0,0099 ha. A distância entre os centros das subunidades foi calculada da seguinte forma: uma distância fixa de 10 m entre bordas das subunidades, mais os raios que, para as condições mencionadas, geraram uma distância entre os centros das subunidades de 23,5 m, 21,3 m e 21,2 m.

As fórmulas usadas para as estimativas das variáveis foram sugeridas por Queiroz (1998), modificadas por Druszczyk (2008).

$$\overline{d_j} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{ijk}} d_{ijk}}{n_{ijk}} \quad dm = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \overline{d_j}}{n.m} \quad V = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left( \sum_{k=1}^{n_{ijk}} v_{ijk} \right)}{n.m} * \frac{1}{s}$$

$$NA = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m n_{ij}}{n.m} \right) * \frac{1}{s} \quad G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left( \sum_{k=1}^{n_{ijk}} g_{ijk} \right)}{n.m} * \frac{1}{s}$$

em que:

$n$  = número de unidades primárias ou conglomerados amostrados;

$M$  = número de subunidades que compõem cada conglomerado;

$dm$  = diâmetro médio do conglomerado (cm);

$NA$  = número de árvores por hectare;

$G$  = área basal por hectare (m<sup>2</sup>/ha);

$V$  = volume por hectare (m<sup>3</sup>/ha);

$\overline{d_j}$  = diâmetro médio das árvores selecionadas na subunidade “j” do conglomerado “i”;

$n_{ijk}$  = número de árvores “k” selecionada na subunidade “j” no conglomerado “i”;

$g_{ijk}$  = área basal da árvore “k” selecionada na subunidade “j” no conglomerado “i”;

$v_{ijk}$  = volume da árvore “k” selecionada na subunidade “j” no conglomerado “i”;

$s$  = área da subunidade circular (ha).

## 2.5 INTENSIDADE AMOSTRAL OU REPETIÇÕES

No presente estudo, cada estrutura foi conduzida em três diferentes condições topográficas e etárias com uma intensidade amostral de 40 unidades para cada condição com PC e 10 unidades com CL. O processo de amostragem adotado para o sorteio das unidades amostrais na área do estudo foi o inteiramente ao acaso.

## 2.6 MÉTODO DA EFICIÊNCIA RELATIVA (ER)

Para o cálculo de eficiência relativa foram consideradas todas as variáveis estimadas em cada estrutura do método de área fixa. Freese (1962) considera os tempos médios de mensuração em cada uma das estruturas e os coeficientes de variação obtidos. No caso do presente trabalho, o método que apresentar maior valor de eficiência relativa é o mais eficiente, calculado pela seguinte fórmula (10):

$$ER = \frac{1}{T_i CV^2}$$

em que:

$ER$  = eficiência relativa;

$T_1$  = tempo de medição da unidade amostral “ $i$ ”;

$CV$  = coeficiente de variação.

Assim, pode-se, com a eficiência relativa, comparar as estruturas do método de área fixa e mostrar qual deles teve melhor desempenho, atendendo ao limite de erro estipulado.

## 2.7 MÉTODO DE MEDIÇÃO

Para a estimativa das variáveis: diâmetro médio (cm), número de árvores (N/ha), área basal ( $m^2/ha$ ) e volume total ( $m^3/ha$ ), foram coletados dados de diâmetro à altura do peito (DAP) e também foram medidas, com o auxílio do hipsômetro de Blume-Leiss, as alturas de 120 árvores ao acaso presentes nas unidades amostrais. Adicionalmente, foi mensurado o tempo de implantação e a medição das parcelas, com o auxílio de um cronômetro digital.

## 2.8 FÓRMULAS ESTATÍSTICAS

### 2.8.1 Método de amostragem com Parcela Circular (PC)

Para a estrutura com Parcela Circular (PC) as análises estatísticas foram realizadas por meio das seguintes fórmulas, conforme Péllico Netto e Brena (1997).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n (\dot{x})}{n} \qquad s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\dot{x} - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$s_x = \sqrt{s_x^2} \qquad s_{\bar{x}} = \pm \frac{s_x}{\sqrt{n}}$$

$$cv = \frac{S_x}{\bar{x}} * 100$$

$$E_r = \pm \frac{t * S_x}{\bar{x}} * 100$$

$$ic = \bar{x} \pm t * s_x$$

em que:

$\bar{x}$  = média da variável x;

$x_i$  = valor de cada variável x;

$n$  = número de unidades amostrais;

$s^2$  = variância;

$s$  = desvio padrão;

$s_x$  = erro padrão;

$er$  = erro de amostragem em porcentagem;

$t$  = valor tabelar de Student ( $t_{(39;0,05)} = 2,023$ );

$ic$  = intervalo de confiança.

Para esse método, a população foi considerada infinita, sendo o erro máximo admissível de 10% e a probabilidade baseada em 95%.

### 2.8.2 Método de amostragem com Conglomerado em Linha (CL)

Para a estrutura com Conglomerado em Linha (CL), as análises estatísticas foram realizadas por meio das seguintes fórmulas sugeridas por Péllico Netto e Brena (1997).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M X_{ij}}{nM}$$

$$\bar{x}_i = \sum_{j=1}^M \frac{X_{ij}}{M}$$

$$s_x^2 = s_e^2 + s_d^2$$

$$s_d^2 = MQ_{dentro} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M (X_{ij} - \bar{x}_i)^2}{n(M-1)}$$

$$s_e^2 = \frac{MQ_{entre} - MQ_{dentro}}{M}$$

em que

$$MQ_{entre} = \frac{\sum_{i=1}^n M(\bar{x}_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$r = \frac{s_e^2}{s_e^2 + s_d^2}$$

$$s_x^2 = \frac{s_x^2}{nM} [1 + r(M-1)]$$

$$s = \sqrt{s_e^2 + s_d^2}$$

$$cv = \frac{s}{\bar{x}} 100$$

$$s_x = \sqrt{s_x^2}$$

$$er = \pm \frac{t s_x}{\bar{x}} 100$$

$$ic = \pm t s_x$$

em que:

$\bar{x}$  = média da população por subunidade;

$x_i$  = média das subunidades por conglomerado;

$n$  = número de conglomerados amostrados;

$s_x^2$  = variância da população por subunidade;

$s_e^2$  = variância entre conglomerados;

$s_d^2$  = variância dentro dos conglomerados;

$QM_{entre}$  = quadrado médio entre os conglomerados;

$QM_{dentro}$  = quadrado médio entre as subunidades dentro dos conglomerados;

$r$  = coeficiente de correlação intraconglomerados;

$s_x^2$  = variância da média;

$s$  = desvio padrão;

$s_x$  = erro padrão;

$cv$  = coeficiente de variação;

$er$  = erro de amostragem em porcentagem;

$t$  = valor tabelar de Student ( $t_{(09;0.05)} = 2,262$ );

$\hat{c}$  = intervalo de confiança.

Para este método, a população foi considerada infinita, sendo o erro máximo admissível de 10%, com 95% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 NÚMERO DE ÁRVORES AMOSTRADAS POR UNIDADE AMOSTRAL

Foram medidas as CAPs de 4.872 árvores em 150 unidades amostrais instaladas em uma área experimental de 126,48 ha. Na Tabela 1 e apresentam-se o número total e a média de árvores amostradas em cada condição e estrutura do método de área fixa.

Tabela 1 – Número total e média de árvores amostradas em cada condição e estrutura do método de área fixa

	Condição 1		Condição 2		Condição 3	
	PC	CL	PC	CL	PC	CL
Soma	927	938	772	760	736	739
Média	23	23	19	19	18	18

Fonte: os autores.

O tamanho da amostra dos dois métodos foi o mesmo, porém, observa-se que o número de árvores amostrado pelo CL foi 0,08% maior que o PC, em média. Isso significa duas árvores a mais amostradas pelo CL e que, no geral, não têm influência substancial nos resultados.

### 3.2 ESTIMATIVA DAS VARIÁVEIS PELOS MÉTODOS PC E CL

Na Tabela 2 está apresentado o resumo das estimativas dos valores das variáveis DAP médio (cm), número de árvores (N/ha), área basal (m<sup>2</sup>/ha) e volume total (m<sup>3</sup>/ha) para cada condição.

Tabela 2 – Estimativa das variáveis DAP médio (cm), número de árvores (N/ha), área basal (m<sup>2</sup>/ha) e volume total (m<sup>3</sup>/ha) para as três condições

Variáveis	Condição 1		Condição 2		Condição 3	
	PC	CL	PC	CL	PC	CL
DAP médio (cm)	16,6	16,5	16	16,1	15,3	15,3
Número de árvores (N/ha)	1619	1638	1924	1895	1868	1875
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	36,94	36,89	40,15	39,72	35,9	35,72
Volume (m <sup>3</sup> /ha)	237,24	235,04	191,96	189,84	192,56	191,17

Fonte: os autores.

### 3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DAS VARIÁVEIS ESTIMADAS POR AMBAS AS ESTRUTURAS DO MÉTODO DE ÁREA FIXA

Os resumos das análises estatísticas das variáveis DAP médio (cm), número de árvores por ha, área basal (m<sup>2</sup>/ha) e volume total (m<sup>3</sup>/ha) estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Análises estatísticas para o DAP médio (cm), número de árvores (N/ha), área basal (m<sup>2</sup>/ha) e volume total (m<sup>3</sup>/ha) para as três condições

DAP médio (cm)	Condição 1		Condição 2		Condição 3	
	PC	CL	PC	CL	PC	CL
Desvio padrão (cm)	±0,89	±0,96	±0,96	±0,88	±0,87	±0,84
Erro padrão (cm)	±0,14	±0,22	±0,15	±0,21	±0,14	±0,15
Coefficiente de variação (%)	5,34	5,84	5,98	5,47	5,65	5,51
Erro de amostragem (%)	±1,71	±2,75	±1,91	±2,61	±1,81	±2,00
Intervalo de confiança (cm)	±0,28	±0,45	±0,31	±0,42	±0,28	±0,31
Número de árvores/ha	Condição 1		Condição 2		Condição 3	
	PC	CL	PC	CL	PC	CL
Desvio padrão (N/ha)	±97,38	±130,00	±170,78	±204,48	±107,32	±174,34
Erro padrão (N/ha)	±15,40	±28,38	±27,00	±26,54	±16,97	±22,84
Coefficiente de variação (%)	6,01	7,94	8,87	10,79	5,75	9,30
Erro de amostragem (%)	±1,92	±3,50	±2,84	±2,83	±1,84	±2,46
Intervalo de confiança (N/ha)	±31,14	±57,40	±54,62	±53,68	±34,32	±46,19

DAP médio (cm)	Condição 1		Condição 2		Condição 3	
	PC	CL	PC	CL	PC	CL
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Condição 1		Condição 2		Condição 3	
	PC	CL	PC	CL	PC	CL
Desvio padrão (m <sup>2</sup> /ha)	±3,54	±4,84	±5,02	±3,49	±4,05	±4,23
Erro padrão (m <sup>2</sup> /ha)	±0,56	±1,20	±0,79	±0,50	±0,64	±0,71
Coefficiente de variação (%)	9,60	13,11	12,51	8,78	11,27	11,84
Erro de amostragem (%)	±3,07	±6,57	±4,00	±2,56	±3,61	±4,01
Intervalo de confiança (m <sup>2</sup> /ha)	±1,13	±2,43	±1,61	±1,02	±1,29	±1,43
Volume total (m <sup>3</sup> /ha)	Condição 1		Condição 2		Condição 3	
	PC	CL	PC	CL	PC	CL
Desvio padrão (m <sup>3</sup> /ha)	±26,93	±35,74	±26,67	±18,20	±23,05	±23,61
Erro padrão (m <sup>3</sup> /ha)	±4,26	±8,99	±4,22	±3,06	±3,64	±4,04
Coefficiente de variação (%)	11,35	15,21	13,89	9,59	11,97	12,35
Erro de amostragem (%)	±3,63	±7,74	±4,44	±3,27	±3,83	±4,28
Intervalo de confiança (m <sup>3</sup> /ha)	±8,61	±18,19	±8,53	±6,20	±7,37	±8,17

Fonte: os autores.

De acordo com a Tabela 3, para a estimativa do diâmetro médio (cm) e número de árvore (N/ha), o menor erro de amostragem foi obtido para o método de amostragem de área fixa com Parcela Circular (PC); na condição 2, foi a única vez que o método de área fixa com Conglomerado em Linha se mostrou superior para a variável número de árvores. Para o diâmetro médio, Yoshida (1991), em reflorestamento de cedro japonês (*Cryptomeria japonica* D. Don), obteve a seguinte classificação: método de Strand, Parcela Circular, Parcela Circular Concêntrica e método de Bitterlich. Já para a estimativa do número de árvores (N/ha), Nakajima, Yoshida e Imanaga (1995, 1996), nas Florestas de Shiragadake, Japão, obtiveram a seguinte classificação (quanto à precisão nas estimativas dessas variáveis): Parcela Circular, Parcela Circular Concêntrica e método de Strand.

Ainda conforme a Tabela 3, para a estimativa de área basal (m<sup>2</sup>/ha) e volume total (m<sup>3</sup>/ha), os menores erros de amostragem foram obtidos para o método de amostragem de área fixa com Parcela Circular (PC); na condição 2, o método de área fixa com Conglomerado em Linha se mostrou superior para as variáveis área basal e volume. Para a área basal, Nakajima Yoshida e Imanaga (1995, 1996), nas Florestas de Shiragadake, Japão, obtiveram a seguinte classificação da precisão: método de Bitterlich, Parcela Circular Concêntrica, método de Strand e Parcela Circular. Já para o volume, Mahrer e Vollenweider (1983), em reflorestamentos na Suíça, obtiveram a seguinte classificação: Parcela Circular Concêntrica, método de Strand, método de Bitterlich e Parcela Circular.

A superioridade da precisão do método de amostragem de área fixa com Parcela Circular (PC) se deve ao fato de o grau de liberdade utilizado nos cálculos estatísticos do Conglomerado em Linha (CL) ser menor, ou seja, para a PC foram utilizados 39 graus de liberdade contra 9 graus de liberdade utilizados para o CL.

### 3.4 COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA RELATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE ÁREA FIXA PC E CL

Para a análise da eficiência relativa entre o método de área fixa com Parcela Circular (PC) e Conglomerado em Linha (CL), foram consideradas as três condições simultaneamente.

### 3.5 CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS QUANTO À EFICIÊNCIA RELATIVA

Na análise de variância (Anova) da eficiência relativa para a variável diâmetro médio (cm), o teste F para blocos não foi significativo, ou seja, os blocos não influem na estimativa da variável analisada, não se justificando o controle local feito por meio deles. Em relação aos tratamentos, houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, ou seja, os tratamentos não possuem efeitos semelhantes sobre a variável analisada. Já para a variável número de árvores (N/ha), área basal (m<sup>2</sup>/ha) e volume total (m<sup>3</sup>/ha), o teste F para blocos e tratamentos não foi significativo ao nível de 5% de probabilidade, ou seja, tanto os blocos quanto os tratamentos possuem efeitos semelhantes sobre as variáveis analisadas. Dessa forma, como são apenas dois tratamentos, dá-se preferência para o método de amostragem com maior eficiência, que, nesse caso, é o método de amostragem de área fixa com PC. A Tabela 4 apresenta que na estimativa do diâmetro médio, número de árvores, área basal e volume total, por hectare, o método de área fixa com PC foi mais eficiente que o método de área fixa com CL.

Tabela 4 – Eficiência relativa comparada para as três condições

Método	Tempo (minutos)	DAP (cm)		Árvores/ha		Área basal (m <sup>2</sup> /ha)		Volume (m <sup>3</sup> /ha)	
		cv%	ER	cv%	ER	cv%	ER	cv%	ER
Condição 1									
PC	103,36	5,34	<b>3,39</b>	6,01	<b>2,67</b>	9,6	<b>1,05</b>	11,35	<b>0,75</b>
CL	141,52	5,84	2,07	7,94	1,12	13,11	0,41	15,21	0,31
Condição 2									
PC	67,12	5,98	<b>4,17</b>	8,87	<b>1,89</b>	12,51	0,95	13,89	0,77
CL	106,05	5,47	3,15	10,79	0,81	8,78	<b>1,22</b>	9,59	<b>1,03</b>
Condição 3									
PC	69,4	5,65	<b>4,51</b>	5,75	<b>4,36</b>	11,27	<b>1,13</b>	11,97	<b>1,01</b>
CL	115,60	5,51	2,85	9,30	1,00	11,84	0,62	12,35	0,57

Fonte: os autores.

## 4 CONCLUSÃO

Para as variáveis diâmetro médio (cm) e número de árvores (N/ha), indica-se a utilização do método de área fixa com Parcela Circular (PC) que, além de a precisão ser maior, é 33,1% e 67,2% mais eficiente em média, ou seja, tem um menor custo no levantamento destas variáveis; houve diferença estatisticamente significativa entre as estruturas no levantamento da variável diâmetro médio (cm) e não houve diferença estatisticamente significativa para a variável número de árvores (N/ha), entre os métodos. Para as variáveis área basal ( $m^2/ha$ ) e volume total ( $m^3/ha$ ), indica-se a utilização do método de área fixa com Parcela Circular (PC), pois foi mais preciso, além de ser 28,1% e 24,5% mais eficiente em média no levantamento destas variáveis, respectivamente. Porém, salienta-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre as estruturas no levantamento de tais variáveis.

### *Forest inventory efficiency using circular plot method versus line cluster sampling*

#### *Abstract*

This study was carried out in stands of *Pinus taeda* L., located in Paraná State. The aim was to evaluate the efficiency of inventories using Circular Plot (PC) and the sampling method with Line Cluster (CL) *to analyse the behavior of accuracies and relative efficiencies for estimation* of the variables: average diameter at breast height, number of trees, basal area and total volume per hectare. For this study, it was taken a sample of 40 units to the PC method and 10 units for the CL method, which is composed of four subunits and it was used the randomized block design. *It was concluded that for the variable diameter (cm), number of trees (ha), basal area ( $m^2/ha$ ) and total volume ( $m^3/ha$ ) it is indicated the use of Circular Plot sampling method (PC), since the efficiency is greater in the survey of these variables.*

*Keywords: Relative efficiency. Accuracy. Sampling methods.*

## REFERÊNCIAS

- BOGNOLA, I. et al. Caracterização dos solos do município de Carambeí - PR. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, p. 75, 2002.
- 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. 125 p. Dissertação. (Mestrado em Ciências Florestais)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- FREESE, F. **Elementary forest sampling**, Washington: Forest Service, Agriculture Handbook, n. 232, 1962.
- MAHRER, F.; VOLLENWEIDER, C. **National forest inventory**. Swiss: Swiss Federal Institute of Forestry Research, 1983.

NAKAJIMA, N. Y. et al. **Elaboração de um sistema de amostragem para estimativa de valores correntes e mudança/crescimento em reflorestamento de Pinus**. Curitiba: CNPq/UFPR, 1998.

NAKAJIMA, N. Y.; YOSHIDA, S.; IMANAGA, M. Comparison among four ground-survey methods as a continuous forest inventory system for forest management. **J. Jpn. For. Soc.**, Kagoshima, v. 77, n. 6, p. 573-580, 1995.

NAKAJIMA, N. Y. **Comparison of four ground-survey methods when used as permanent samples in the continuous forest inventory for forest management**. 91 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, Kagoshima, 1997.

NAKAJIMA, N. Y.; YOSHIDA, S.; IMANAGA, M. Comparison of the accuracies of four ground-survey methods used for estimating forest stand values on two occasions. **J. For. Plann.**, Kagoshima, p. 137-144, 1996.

NISHIZAWA, M. **Forest mensuration**. Tokyo: Nourinshuppan, 1972.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. **Inventário florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997.

QUEIROZ, W. T. **Técnicas de amostragem em inventário florestal nos trópicos**. Belém: FCAP, 1998.

YOSHIDA, S. Studies on the continuous forest inventory system: comparison of survey methods on the ground. **The Bulletin of the Faculty of Agriculture**, Kagoshima: Kagoshima University, 1991.