



AMOSTRAGEM EM CONGLOMERADOS PELO MÉTODO DE BITTERLICH EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Fabiane Aparecida Souza RETSLAFF^{1*}, Mayara Dalla Lana², Betina DOUBRAWA¹,
Afonso FIGUEIREDO FILHO¹, Sylvio PÉLLICO NETTO¹

¹Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

²Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

*E-mail: faretslaff@gmail.com

Recebido em julho/2014; Aceito em outubro/2014.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estimar a área basal por dois processos de amostragem em conglomerados, arranjos estruturais diferenciados em cruz e em linha, comparando com o censo, em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná, utilizando o método de Bitterlich. Os dados utilizados são provenientes de parcelas permanentes instaladas na Floresta Nacional de Irati. Na área foram distribuídos pontos de modo sistemático e sobre os pontos foram alocados 23 conglomerados em linha e 23 em cruz, cada um com quatro subunidades. O fator de área basal utilizado foi o 2. Não foi detectada diferença significativa ($p > 0,05$) entre as médias estimadas pelos conglomerados e a obtida pelo censo. Os dois arranjos de conglomerados testados apresentaram erros amostrais baixos (menor que 7%) e equivalentes, mas com superestimativas em relação à área basal média paramétrica, sendo que o arranjo em cruz apresentou uma diferença menor (2,9%) que o arranjo em linhas (4,9%). Embora o método de Bitterlich não seja muito utilizado em Floresta Ombrófila Mista, sua utilização em conglomerados, tanto em linha como em cruz, mostrou-se preciso para a estimativa da área basal por hectare.

Palavras-chave: inventário florestal, georreferenciamento, área basal.

CLUSTER SAMPLING USING BITTERLICH METHOD FOR ARAUCARIA FOREST

ABSTRACT: The aim of this study was to estimate the basal area for two cluster sampling procedures, structural cross and line arrangements, comparing with complete inventory, in a fragment of Araucaria Forest in Parana State, using the Bitterlich method. The data used came from permanent plots established in the Irati National Forest. Sample points were distributed in a systematic way and each point were allocated 23 sampling clusters in line and 23 sampling clusters in cross both with four subunits each. The basal area factor used was 2. No significant difference was detected ($p > 0.05$) between the estimated averages by sampling clusters and obtained by the complete inventory. The two arrangements of clusters tested had low sampling errors (less than 7%) and equivalent, but with overestimation compared to the average parametric basal area, and the arrangement in cross showed a smaller difference (2.9%) than the arrangement in lines (4.9%). Although Bitterlich method is not widely used in Araucaria Forest, its use in sampling cluster, structured in cross or in line arrangements, was accurate for de basal area estimation.

Keywords: forest inventory, georeferencing, basal area.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento dos recursos florestais em florestas nativas ou plantadas requer informações cada vez mais detalhadas e precisas. Neste sentido, as técnicas de amostragem são os instrumentos principais para alcançar esses objetivos (SCOLFORO; MELLO, 2006), fundamentando os inventários florestais na determinação ou estimativa de características quantitativas ou qualitativas da floresta (PÉLLICO NETTO; BRENA,

1997). O inventário florestal envolve, em geral, a avaliação de parâmetros das árvores e dos povoamentos florestais e, também, a identificação e quantificação de características da superfície em que aquelas se encontram implantadas. É conveniente sublinhar que o inventário florestal deve compreender uma avaliação das características das árvores e do terreno que as sustenta.

Ressalta-se, ainda, que o objetivo de qualquer levantamento de recursos naturais é obter informações

que possam ser utilizadas nas tomadas de decisões acerca do manejo da floresta. Para que elas sejam apropriadas, as informações devem ser confiáveis (DIAS; COUTO, 2005). Daí a importância na escolha do processo e do método de amostragem para a execução de inventários florestais que atendam aos objetivos a que se propõe e expressem a realidade da floresta de forma a representá-la. A forma com que as unidades amostrais (UAs) são distribuídas em uma floresta, com o objetivo de gerar estimativas da variável de interesse, é chamada de processo de amostragem (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997), sendo que o processo de amostragem em conglomerados é um dos mais utilizados em florestas nativas (SCOLFORO; MELLO, 2006).

As teorias de amostragem desenvolvidas para as unidades amostrais são denominadas de métodos de amostragem. Esses podem ser subdivididos, conforme o critério probabilístico de seleção das árvores, em métodos de área fixa e com probabilidade de seleção proporcional a um tamanho (ppt) (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997). Nesta última categoria, o método de Bitterlich é o mais conhecido e utilizado, onde a seleção das árvores que se inserem na unidade amostral é proporcional ao diâmetro quadrático, sendo realizada pela comparação do diâmetro da árvore com um ângulo de visada constante, conforme apresentado em Finger (1992), Péllico Netto; Brena (1997), Prodan et al. (1997), Machado; Figueiredo Filho (2014), entre outros.

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 entre outras características de florestas inequidâneas, que pela sua natureza demandam maiores esforços de amostragem (FARIAS et al., 2002), sempre visando um menor custo.

Pelo exposto, o objetivo deste trabalho foi estimar a área basal por dois processos de amostragem em conglomerados, arranjos estruturais diferenciados em cruz e em linha, comparando com o censo, em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná, utilizando o método de Bitterlich.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A área de estudo está inserida na Floresta Nacional de Irati (FLONA de Irati), localizada nos municípios de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares, região Centro-Sul do estado do Paraná, distante 9 km da cidade mais próxima, Irati, cujas coordenadas geográficas centrais de longitude Oeste são 50°35'07" e de latitude Sul 25°23'19". A FLONA possui uma área de 3.495 ha, com altitude média de 893 m (DISPERATI et al., 2007).

O clima da região é do tipo "Cfb", segundo a classificação de Köppen, com geadas frequentes no inverno. A temperatura média máxima é de 24,2 °C e a mínima de 11 °C. A precipitação média mensal é de 193,97 mm e a umidade relativa do ar média mensal é de 79,58%. O solo da região, onde se encontra a área de estudo, é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico álico. O relevo local é considerado de ondulado a plano (DISPERATI et al., 2007). A vegetação é a Floresta Ombrófila Mista, atualmente classificada como primária

alterada, visto que antes da criação da FLONA, sofreu exploração seletiva, mas, desde então, foi conservada e protegida.

2.2. Organização e análise dos dados

Os dados utilizados neste estudo são provenientes de 23 parcelas permanentes que foram instaladas na FLONA de Irati, provenientes da remediação de 2005. Trata-se de 23 blocos de um hectare cada, divididos em quatro parcelas quadradas de 50 m x 50 m (FIGUEIREDO FILHO et al., 2010). Nessas parcelas todas as árvores com diâmetro à 1,3 m de altura (DAP) foram medidas e especializadas em coordenadas X, Y. No mapa das parcelas foram distribuídos pontos de modo sistemático com auxílio do software Arcgis 9.3 (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI, 2008) ferramenta random points, sendo criados 137 pontos sistemáticos sobre o polígono desenhado (Figura 1). Sobre esses pontos foram desenhados dois tipos de conglomerados, em cruz e em linha, cada um com quatro subunidades, que é representada por pontos de amostragem de Bitterlich. Foram alocados 23 conglomerados em linha e 23 em cruz.

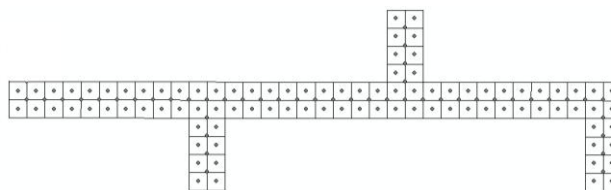


Figura 1. Pontos sistemáticos sobre os blocos na FLONA de Irati, Paraná.

O método de amostragem utilizado foi o de Bitterlich, totalizando 92 pontos amostrais (subunidades amostrais) para cada arranjo estrutural, sendo que alguns dos pontos foram compartilhados entre um conglomerado em linha e um em cruz. O fator de área basal (FAB) escolhido para selecionar as árvores pertencentes à subunidade amostral foi o 2. Para a escolha deste fator, a seguinte fórmula foi recomendada por Beers; Miller (1964), citados por Machado; Figueiredo Filho (2014):

$$K = \frac{G}{7} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que, G é a área basal provável (estimada) por acre e o valor 7 do denominador, pressupõe que, em média, dever-se-ia contar 7 árvores em cada ponto amostral. Por hectare, resultaria em, aproximadamente, 17,3 árvores por estação (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2014). A área basal paramétrica é 30,6 m²/ha que dividida por 17,3 resulta em um valor aproximado igual a 2.

A distância entre cada ponto central da subunidade do conglomerado e a árvore foi calculada pelo software Arcgis (ESRI, 2008) utilizando a ferramenta point distance, na qual se determina a distância de todas as árvores em relação a um ponto escolhido (Figura 2). A partir das distâncias das árvores em relação aos pontos, foram selecionadas aquelas que entravam em cada estação de Bitterlich (subunidade amostral). Para selecionar quais árvores pertenciam à subunidade amostral foi utilizada a Equação 2 (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2014) foi utilizada para calcular o raio crítico. A este foi somada

metade do DAP de cada indivíduo. Se a distância entre o ponto e a árvore era menor que o raio crítico, então esta era incluída na amostragem, caso contrário, não. As estimativas da área basal por hectare (G) foram obtidas (Equação 3).

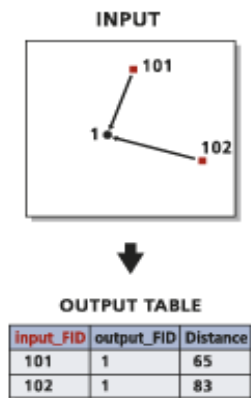


Figura 2. Ferramenta *point distance* do software Arcgis 9.3.

$$R_i = \frac{50d_i}{\sqrt{FAB}} \quad \text{(Equação 2)}$$

$$\hat{G} = (FAB) \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que: R_i = raio crítico (m); d_i = diâmetro à altura do peito (cm); FAB = fator de área basal; \hat{G} = área basal estimada (m²/ha); N = número de árvores contadas na estação; FAB = fator de área basal.

As estimativas da média da população por subunidade (\bar{x}), média das subunidades por conglomerados (\bar{x}_i), variância da população por subunidade (s_x^2), coeficiente de correlação intraconglomerados (r), variância da média ($s_{\bar{x}}^2$), erro padrão ($s_{\bar{x}}$), erro de amostragem absoluto (E_a) e relativo (E_r), intensidade de amostragem (n) e intervalo de confiança para a média (IC) foram obtidos pelas fórmulas que podem ser encontradas em Péllico Netto; Brena (1997). Segundo os mesmos pesquisadores, para efeito prático, o limite aceitável do coeficiente de correlação, para a aplicação da amostragem em conglomerados em inventários florestais é entre $0 \leq r \leq 0,4$.

2.3. Testes estatísticos aplicados

Para comparar as estimativas obtidas para a área basal (G) com os dois arranjos estruturais de conglomerados foram aplicados o teste F proposto por Graybill (1976) e o teste t para uma única média populacional.

Para o teste F de Graybill foi realizada uma regressão entre os valores paramétricos (censo) de cada conglomerado (G_{par}) e os valores estimados pela amostragem de Bitterlich (G_{est}). Assim, tem-se: $G_{est} = \beta_0 + \beta_1 G_{par} + \varepsilon$. A hipótese nula é que $\beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$, ou seja, o intercepto é igual a zero e a inclinação é igual a 1, contra a hipótese alternativa de rejeição de H_0 . O valor de F calculado foi comparado com um F tabelado ($\alpha; p; n - p$), com um nível α igual a 0,05, com p igual a 2 parâmetros do modelo e $n-2$ graus de liberdade. Se F calculado for menor que o tabelado aceita-se H_0 , e os valores observados e estimados não diferem

estatisticamente ao nível α de probabilidade (CHICHORRO et al., 2003; ROLIM et al., 2006).

O teste t para uma única média populacional foi utilizado, uma vez que se conhece o parâmetro G . Este foi realizado tomando todos os valores estimados pelos 23 conglomerados, cuja média é comparada com a média paramétrica, para testar a igualdade entre os valores estimados e os valores observados. Já para comparar as estimativas obtidas para G entre o arranjo em linha e o em cruz foi utilizado o teste t de Student para amostras independentes, ao nível α de 5% de probabilidade.

Para comparar as estimativas obtidas por meio do método de Bitterlich com os valores paramétricos entre os conglomerados de cada arranjo estrutural para os 23 ha amostrados, foi realizado o teste de Bartlett seguido da Análise de Variância (ANOVA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão os resultados da amostragem em linha e em cruz com a quantidade de árvores contada e a estimativa da área basal (G) por conglomerado. Em média foram amostradas 64,2 árvores por conglomerado em linha (16,05 árvores/estação) e 63,0 árvores por conglomerado em cruz (15,75 árvores/estação). Nota-se, que os resultados médios de G sempre foram superiores nos conglomerados com arranjo espacial em linha.

Tabela 1. Número de árvores contadas e área basal por conglomerados em cada um dos arranjos espaciais na FLONA de Irati, Paraná.

Conglomerados	Árvores/conglomerado*		G (m ² /ha)	
	Linha	Cruz	Linha	Cruz
1	47	51	23,5	25,5
2	59	66	29,5	33,0
3	66	64	33,0	32,0
4	54	62	27,0	31,0
5	49	36	24,5	18,0
6	59	67	29,5	33,5
7	61	59	30,5	29,5
8	67	49	33,5	24,5
9	61	64	30,5	32,0
10	61	61	30,5	30,5
11	71	74	35,5	37,0
12	67	77	33,5	38,5
13	66	68	33,0	34,0
14	64	57	32,0	28,5
15	75	62	37,5	31,0
16	87	63	43,5	31,5
17	43	66	21,5	33,0
18	72	55	36,0	27,5
19	61	66	30,5	33,0
20	64	68	32,0	34,0
21	66	61	33,0	30,5
22	78	75	39,0	37,5
23	78	78	39,0	39,0
Média	64,2	63,0	32,1	31,5

* média dos conglomerados com 4 sub-unidades de Bitterlich.

Nos dois conglomerados em linha (1 e 17 da Tabela 1), nos quais a média de G foi menor, o número médio de árvores contadas em cada estação foi de 11,8 e 10,8, respectivamente, abaixo da média total, que foi de 16 árvores por estação. Esses valores estão abaixo do que Bitterlich recomendou (20 a 30 árvores). Não se pode afirmar com certeza, mas os baixos valores de área basal estimados podem ser atribuídos por esses pontos terem

caído em alguma região com poucas árvores, uma clareira, por exemplo. No período de 2002-2005 houve a abertura de grandes clareiras no local de estudo ocasionadas pela seca da taquara.

No conglomerado 16 (em linha), o número médio de árvores contado por estação foi de 21,8, superior à média total (16 árvores por estação). A área basal estimada foi de 43,5 m²/ha e a média observada para o local foi de 32,9 m²/ha. Como o fator *k* de Bitterlich usado no trabalho foi o mesmo para todas as parcelas, e a tipologia tem diferenças, em função do agrupamento das espécies nativas (geralmente agregadas), isso pode ter ocasionado essa variação no número de árvores contadas em cada ponto amostral.

As estatísticas da variável área basal (*G*) estão apresentadas na Tabela 2, para os dois arranjos estruturais dos conglomerados. Na estimativa da área basal em ambas as estruturas, os valores da variância da média, erro padrão, erro de amostragem e intensidade amostral foram similares. A área basal média foi maior nos conglomerados em linha do que nos em cruz, bem como o coeficiente de correlação intraconglomerados.

Segundo Péllico Netto; Brena (1997), o coeficiente de correlação intraconglomerados é utilizado para avaliar o grau de homogeneidade da variável de interesse na floresta. Dessa maneira, quanto menor for o valor de (*r*) tanto mais homogênea será a floresta e vice-versa. O coeficiente de correlação intraconglomerados em linha foi de 0,20 (o dobro do em cruz, *r* = 0,10), ou seja, no conglomerado em linha a variabilidade é maior, em relação ao conglomerado em cruz. Isto pode ser decorrência do formato do conglomerado em linha que pode incorporar uma maior variabilidade de gradiente.

Tabela 2. Análise estatística do processo de amostragem em conglomerados para estimar a área basal.

Estimativas	G(m ² /ha)	
	Linha	Cruz
Área basal média (m ² /ha)	32,1	31,5
Variância da população (m ² /ha) ²	65,8	69,7
Coeficiente de correlação intraconglomerados	0,20	0,10
Variância da média (m ² /ha)	1,15	0,98
Erro padrão (m ² /ha)	1,1	1,0
Coeficiente de variação (%)	25,3	26,5
Erro de amostragem (m ² /ha)	2,2	2,0
Erro de amostragem relativo (%)	6,9	6,5
Intensidade amostral*	12	11

*Para número de conglomerados com um erro especificado de 10% do valor médio por conglomerado

A intensidade amostral suficiente para atingir um erro de 10% foi de apenas 12 e 11 conglomerados para o arranjo em linha e em cruz, respectivamente. O método de amostragem de Bitterlich foi eficiente para estimar a área basal, cumprindo bem a finalidade para o qual foi inicialmente proposto.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores observados e estimados da variável *G* para os arranjos dos conglomerados em cruz e em linha, respectivamente. Observou-se uma superestimativa em ambos os conglomerados para estimar *G* de 2,27% e de 4,63%, respectivamente, para os arranjos espaciais em cruz e em linha.

Os valores para as análises estatísticas do teste *F* de Graybill, teste *t* para uma única média populacional e teste *t* de duas amostras independentes para o arranjo em linha e em cruz, estão apresentados, resumidamente, na Tabela 4. Pelo teste *F* de Graybill os valores de *F* calculado para os dois arranjos estruturais foram menores que o valor tabelado (3,46680) então, aceita-se *H*₀ e os valores observados e estimados não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3. Área basal obtida pelo censo e estimados pelos arranjos dos conglomerados em cruz e em linha para a aplicação do teste *F* de Graybill.

Conglomerados	G (m ² /ha)			
	Cruz		Linha	
	Censo	Estimado	Censo	Estimado
1	30,83	25,5	31,83	23,5
2	25,06	33,0	27,52	29,5
3	32,79	32,0	31,80	33,0
4	30,74	31,0	29,68	27,0
5	26,46	18,0	27,78	24,5
6	29,10	33,5	30,20	29,5
7	29,79	29,5	30,27	30,5
8	29,57	24,5	29,04	33,5
9	27,64	32,0	29,68	30,5
10	35,62	30,5	35,22	30,5
11	31,39	37,0	30,93	35,5
12	36,19	38,5	31,68	33,5
13	30,60	34,0	26,26	33,0
14	32,34	28,5	31,87	32,0
15	31,17	31,0	31,93	37,5
16	29,72	31,5	32,92	43,5
17	28,34	33,0	28,28	21,5
18	30,00	27,5	30,07	36,0
19	30,50	33,0	31,18	30,5
20	29,95	34,0	29,49	32,0
21	28,86	30,5	31,05	33,0
22	34,12	37,5	35,84	39,0
23	37,67	39,0	31,10	39,0
Média	30,80	31,5	30,68	32,1

Tabela 4. Resumo dos resultados dos testes estatísticos aplicados para comparar os valores estimados com os observados para área basal (*G*).

Estatísticas	Conglomerado	
	Cruz	Linha
<i>F</i> (<i>H</i> ₀) de Graybill	0,5434 ^{ns}	1,0256 ^{ns}
Teste <i>t</i> (uma única μ_0 populacional conhecida)	0,9038 ^{ns}	1,3807 ^{ns}
Teste <i>t</i> (duas μ_0 amostrais independentes)	0,4026 ^{ns}	

ns = não significativo ao nível α de 5% de probabilidade.

Como a média da população é conhecida (*G* = 30,6 m²/ha), pois todas as árvores dos 23 ha considerados foram medidas (DAP \geq 10 cm), o teste *t* foi aplicado, para comparar se as médias de *G* obtidas nos dois arranjos estruturais dos conglomerados são estatisticamente iguais à populacional. Como os valores calculados são menores que o valor de *t* tabelado (2,0739), aceitou-se *H*₀, ao nível de 5% de probabilidade.

Pelo teste *t* de duas amostras independentes não foi identificado diferenças significativas entre os valores de *G* médios estimados pelos dois arranjos estruturais, podendo ser usado tanto o conglomerado com arranjo estrutural em cruz quanto o em linha.

Druszcz (2008) comparando a amostragem por ponto de Bitterlich com o método de área fixa com parcela circular e suas variações estruturais com conglomerado em cruz e com conglomerado em linha em plantação de *Pinus taeda* L., concluíram que as duas estruturas em conglomerados foram precisas e eficientes, sendo o conglomerado em linha um pouco superior. Outro estudo em que os resultados de volume total e número de árvores para todas as espécies se mostraram próximos aos valores reais foi o de Machado (1988), que comparou os resultados obtidos no censo florestal de 3012 hectares com os obtidos na amostragem sistemática em conglomerados de 3.750 m² de área efetiva de medição na Floresta Nacional de Tapajós, estado do Pará.

4. CONCLUSÕES

Os dois arranjos de conglomerados testados na pesquisa apresentaram erros amostrais baixos (menor que 7%) e equivalentes para estimar a área basal por hectare.

Ambos os arranjos de conglomerados apresentaram superestimativas em relação à área basal média paramétrica, sendo que o arranjo em cruz apresentou uma diferença menor (2,9%) que o arranjo em linhas (4,9%).

Embora o método de Bitterlich não seja muito utilizado em Floresta Ombrófila Mista, sua utilização em conglomerados, tanto em linha como em cruz, mostrou-se preciso para a estimativa da área basal por hectare.

5. REFERÊNCIAS

- CHICHORRO, J. F. et al. Equações de volume e de *taper* para quantificar multiprodutos da madeira em Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.6, p.799-809, nov./dez. 2003.
- DIAS, A. C.; COUTO, H. T. Z. Comparação de métodos de amostragem na Floresta Ombrófila Densa – Parque Estadual Carlos Botelho/SP–Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.17, n.1, p. 63-72, jun. 2005.
- DISPERATI, A. A. et al. Aplicação da técnica “filtragem de locais máximas” em fotografia aérea digital para a contagem de copas em reflorestamento de *Pinus elliottii*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.76, p.45-55, dez. 2007.
- 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 em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. **ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 9.3 CA.**, 2008.
- FARIAS, C. A. et al. Comparação de métodos de amostragem para análise estrutural de florestas inequidâneas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.5, p.541-548, set./out. 2002.
- FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, v.40, n.4, p.763-776, out./dez. 2010.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM CEPEF/FATEC, 1992. 263p.
- GRAYBILL, F. A. **Theory and application of linear model**. Massachusetts: Belmont Duxbury Press, 1976. 704p.
- MACHADO, S. A. Complete enumeration forest inventory versus Cluster sampling methods applied in the Amazonian Rain Forest. **Floresta**, Curitiba, v.18, n.1/2, p.122-130, jan./dez. 1988.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2.ed. (2ª reimpressão) Guarapuava: Editora Unicentro, 2014, 316 p.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. **Inventário florestal**. Curitiba: UFPR, 1997. 316p.
- PRODAN, M. et al. **Mensura florestal**. San José: IICA, 1997, 586p.
- ROLIM, S. G. et al. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazônica**, Manaus, v.36, n.1, p.107- 114, jan./mar. 2006.
- SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006, 561p.