

**USO DA AMOSTRAGEM ESTRATIFICADA NA ESTIMATIVA DA
PRODUÇÃO CERÍFERA DE CARNAÚBA *Copernicia prunifera*
(Miller) H. E. MOORE, NO MUNICÍPIO DE CAMPO MAIOR - PIAUÍ.**

JOSÉ ANTONIO ALEIXO DA SILVA
Prof. do Depto. de Ciência Florestal da UFRPE.

PAULO BORGES DA CUNHA
Eng. Florestal, Mestre em Botânica.

O presente trabalho foi realizado na Fazenda Arial, localizada no município de Campo Maior - PI, compreendendo uma área de 229 ha de vegetação nativa de carnaúba, *Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore, objetivando estimar a produção cerífera, através de amostragem estratificada em dois estratos caracterizados em função da densidade populacional. No Estrato I foram mensuradas 30 parcelas no período chuvoso, e no Estrato II 20 parcelas no período seco. O erro de amostragem adotado foi de 5% e o erro de amostragem obtido foi de 4,18%. Os limites de confiança para a média de produção do pó cerífero para os estratos I e II respectivamente $9,584 \leq \mu_I \leq 10,804$ (kg/ha) e $10,069 \leq \mu_{II} \leq 11,398$ (kg/ha). Com base na densidade populacional, o limite de confiança para o estrato I foi: $284 \leq \mu_I \leq 316$ (árv/ha), e para o estrato II foi: $150 \leq \mu_{II} \leq 184$ (árv/ha).

INTRODUÇÃO

A espécie vegetal conhecida como carnaúba *Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore, é uma palmeira pertencente à família Arecaceae, nativa do Brasil, sendo representativa do Nordeste, distribuída principalmente nos Estados do Maranhão, Ceará e Rio Grande do Norte, que concorrem com 86% do total da produção do pó cerífero nacional (SUDENE, 1967; Souza, 1982).

A carnaúba na Região Nordeste do Brasil é uma planta de valor econômico e digna de estudo por várias razões, principalmente devido ao seu estado incipiente de domesticação, proporcionando uma excelente oportunidade para que se examine o processo pelo qual uma planta silvestre se torna doméstica, e tem sido aproveitada de diversas maneiras tanto de forma comercial ou não comercial.

Em estudos de populações vegetais em áreas extensas, medir todos os indivíduos não recomendável, principalmente em função dos custos e da inviabilidade prática. O que se tem feito com frequência, é o emprego de técnicas de amostragem, onde se utiliza parte da população, denominada de amostra, na qual se analisam dados coletados e faz-se inferências sobre a população considerada.

A precisão da técnica de amostragem, nesses casos, dependerá da variabilidade da população representada pelas parcelas amostradas, intensidade amostral e do sistema de amostragem utilizado (Husch et al., 1972; Soares, 1980).

A teoria de amostragem aplicada em inventário florestal data do século XIX na Europa. No Brasil, os primeiros trabalhos de inventário florestal publicados, iniciaram com os primeiros convênios do governo brasileiro com a Food and Agriculture Organization (FAO) na década de 50 (Higuchi, 1982).

Silva (1977), comenta que um dos fatores correlatos à teoria de amostragem e que tem sido uma preocupação permanente por parte dos investigadores, é o erro de amostragem, que constitui algo como uma complexa equação, com várias incógnitas de valores muito variados.

Na estimativa dos parâmetros de uma população, com uma precisão pré-estabelecida, a intensidade de amostra depende da variabilidade dessa população. Quanto maior for a variação, maior a intensidade de amostragem, bem como os custos. Se a variação for menor, tanto a intensidade de amostragem como os custos serão reduzidos (Cochran, 1963).

Características tais como: topografia do terreno, tipologia florestal, densidade, altura, etc., podem ser tomadas como base para a estratificação da população (Netto e Brena, 1993). A técnica da estratificação é aplicável com o objetivo de obter informações, apresentando sensível diferença nas diversas partes da população, aumentando com isso, a precisão nas estimativas da população. A estratificação geralmente aumenta a precisão nas estimativas quando a população é constituída de características, cujos tamanhos e grandezas variam (Cochran, 1963).

MATERIAL E MÉTODOS

A região escolhida para execução do presente trabalho foi a Fazenda Arial, localizada no Município de Campo Maior, Estado do Piauí, que possui uma área de 229 hectares de vegetação nativa de *Copernicia prunifera* (Miler) H. E. Moore., localizada entre as coordenadas 4°49' de Latitude Sul e 42°11' de Longitude Oeste com uma altitude média de 125 metros.

Caracteriza-se por apresentar uma cobertura vegetal predominante típica de Zona do Cocais (Veloso et al., 1991), ocorrendo nesta região, gramíneas (capim-mimoso e agreste) e no seu porte arbustivo-arbóreo, principalmente carnaúba (SUDENE, 1986).

Dados coletados pela estação meteorológica da EMBRAPA, revelam uma precipitação média de 1375 mm/ano, com uma estação seca entre os meses de agosto a dezembro, com clima Aw', (clima quente e úmido com chuvas de verão), segundo a classificação de Koppen.

A área total do povoamento estudado foi de 229 hectares, subdividida em dois estratos de 128 e 101 hectares, respectivamente. A divisão dos estratos foi em função da densidade populacional, bem como da época em que os dados foram coletados (estação chuvosa e estação seca). A unidade amostral considerada no estudo foi parcela de 20 x 30 m (600m²).

No Estrato I, com população mais densa e com coletas de dados na época chuvosa, foram mensurados os indivíduos de 30 parcelas, sendo que os dados foram coletados entre os meses de maio a junho de 1993, o número total de parcelas no Estrato I foi de 2134. No Estrato II, com a população mais espaçada e com a coleta de dados na época seca, foram lançadas 20 parcelas. O número total de parcelas no Estrato II foi de 1964.

Após o corte das folhas, as mesmas eram recolhidas, riscadas e expostas por um período de 2 (dois) dias no lastro, local de secagem ao ar livre, posteriormente, era extraído o pó cerífero. Foi utilizada uma balança com capacidade para 10 Kg, para a pesagem do pó cerífero de cada parcela.

Para a análise da produção de pó cerífero por unidade de área foi considerado o sistema de amostragem estratificada segundo Netto e Brena (1993), onde:

N = número total de parcelas na população

H = número de estratos

N_h = número total de parcelas no estrato h

n_h = número de parcelas amostradas no estrato h

$$Wh = \frac{N_h}{\sum_{h=1}^H N_h} = \text{peso do estrato h}$$

$\bar{Y}_h$ = média da produção de pó cerífero (g) no estrato h

S_h² = estimativa da variância do estrato h

S_h = estimativa do desvio padrão do estrato h

CV_h = coeficiente de variação no estrato h

$\bar{Y} = \sum_{h=1}^H W_h \bar{Y}_h$ = produção média de pó cerífero (g) por parcela

$\hat{Y}_t = \sum_{h=1}^H N_h \bar{Y}_h$ = produção total de pó (g) cerífero para população

O erro de amostragem (E%) adotado foi de 5%, e a alocação das parcelas por estrato foi segundo o critério de Alocação Ótima de Neyman (Netto e Brena, 1993), cuja fórmula é:

$$n_h = \left(\frac{N_h H_h}{\sum_{h=1}^H N_h S_h} \right) n$$

onde:

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 \left(\sum_{h=1}^H W_h \cdot S_h \right)^2}{(E)^2} = \frac{t_{\alpha}^2 \left(\sum_{h=1}^H W_h \cdot CV_h \right)^2}{(E\%)^2}$$

sendo:

n = número mínimo de parcelas representativo da população

t_{α} = valor tabelar de t ao nível de 5% de probabilidade

E = erro de amostragem adotado (5%) e demais termos como definidos anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizados os trabalhos de campo, os seguintes resultados (Quadro 1) foram obtidos:

QUADRO 1 - Resultados obtidos por estratos

Estrato	N_h	n_h	Y_h	W_{hg}	S_h	CV_h	$W_h Y_h$	$W_h S_h$
I	2134	30	611,667	0,5589	98,264	16,06	341,861	54,920
I	1684	20	644,000	0,4411	85,311	13,24	284,068	37,631
Total	3818	50		1,0000			625,929	92,551

Em função dos resultados obtidos, calculou-se o tamanho da amostra que representa a população considerando um erro de amostragem de 5%.

Sabendo-se que a média geral da população de pó por parcela foi de 625,929 (g/parcela), tem-se que o erro adotado de 5% corresponde a:

$$E = 0,05 \times 625,929 = 31,296$$

logo,

$$n = \frac{(2,0)^2 (92,551)^2}{(31,296)^2} = 34,98 \approx 35 \text{ parcelas}$$

A distribuição das parcelas por estrato usando a distribuição ótima de Neyman resulta em:

Estrato I

$$n_I = \left(\frac{209695,376}{353359,100} \right) (35) = 20,77 \approx 21 \text{ parcelas}$$

Estrato II

$$n_{II} = \left(\frac{143663,724}{353359,100} \right) (35) = 14,23 \approx 15 \text{ parcelas}$$

Em amostragem os arredondamentos mínimos sempre são feitos para o número superior por uma questão de precisão, isto é, aumentar o número de amostras.

Como foram amostradas 30 e 20 parcelas respectivamente nos estratos I e II, a amostra piloto foi suficiente para ser considerada como definitiva, uma vez que o número mínimo de parcelas requerido por estrato, considerando um erro de amostragem de 5% foi, respectivamente de 21 e 15 parcelas.

As estimativas dos parâmetros populacionais foram as seguintes:

VALORES PARCIAIS (ESTRATOS)**Média da produção de pó****Estrato I**

$$\bar{Y}_I = \frac{\sum_{j=1}^{30} Y_{Ij}}{30} = \frac{18350,010}{30} = 611,667 \text{ (g/parcela)}$$

Estrato II

$$\bar{Y}_{II} = \frac{\sum_{j=1}^{20} Y_{IIj}}{20} = \frac{12880,000}{20} = 644,000 \text{ (g/parcela)}$$

Limite de confiança**Estrato I**

$$575,069 \leq m_I \leq 648,265 \text{ (g/parcela)}$$

Isto significa que se a amostragem for repetida 100 vezes em condições semelhantes, espera-se que em 95% das vezes os resultados obtidos estejam entre 575,069 a 648,265 (g/parcela), com a média verdadeira próxima de 611,667 (g/parcela).

Estrato II

$$604,131 \leq m_{II} \leq 683,869 \text{ (g/parcela)}$$

O mesmo tipo de inferência feita no estrato I é válida para o estrato II.

VALORES PARCIAIS POR HECTARE (ESTRATO)**Limite de confiança**

$$\left(\frac{10.000}{600} \right) (\bar{Y}_h \pm t_{\infty} \cdot S_{\bar{Y}_h})$$

Estrato I

$$9,584 \leq m_i \leq 10,804 \text{ (kg/ha)}$$

Estrato II

$$10,069 \leq m_{ii} \leq 11,398 \text{ (kg/ha)}$$

VALORES TOTAIS (POPULAÇÃO)**Média populacional**

$$\bar{Y}_T = \sum_{h=1}^2 W_h \bar{Y}_h = 625,929 \text{ (g/parcela)}$$

Produção total

$$\hat{Y}_T = \sum_{h=1}^2 N_h \bar{Y}_h = 2389,793 \text{ (kg/população)}$$

Produção por hectare

$$\hat{Y}_{ha} \left(\frac{10000}{600} \right) (625,929) = 10432,150 \text{ (g/ha)} = 10,432 \text{ (kg/ha)}$$

LIMITE DE CONFIANÇA**Média populacional**

$$599,749 \leq \mu_y \leq 652,109 \text{ (g/parcela)}$$

Produção total

$$2289,84 \leq \mu_T \leq 2489,75 \text{ (kg/população)}$$

Produção por hectare

$$9,996 \leq \mu_{ha} \leq 10,868 \text{ (kg/ha)}$$

ERRO DE AMOSTRAGEM

$$E_A = \left(\frac{t_{\alpha} S_y}{\bar{Y}} \right) \cdot (100)$$

Para o cálculo do E_A ocorrido, pode-se usar qualquer um dos limites de confiança anteriormente referidos.

$$E_A = \left(\frac{436,334}{10432,150} \right) (100) = 4,18\%$$

Este valor de 4,18% corresponde ao erro de amostragem ocorrido devido ao uso do sistema de amostragem estratificada na população alvo do presente estudo. Observa-se que como o erro de amostragem ocorrido foi inferior ao adotado (5%), a amostra piloto foi a definitiva.

DENSIDADE POPULACIONAL

Estrato I (Limite de confiança)

$$17,933 \pm 1,283 \text{ (árv./parcela)}$$

Como deve-se arredondar em valores para inteiros porque não se pode fracionar a árvore em termos de densidade, tem-se:

$$\begin{aligned} 18 \pm 1 \text{ (árv./parcela)} \\ 17 \leq m_I \leq 19 \text{ (árv./parcela)} \end{aligned}$$

Estrato II

$$10,050 \pm 1,041 \text{ (árv./parcela)}$$

Aproximadamente

$$\begin{aligned} 10 \pm 1 \text{ (árv./parcela)} \\ 9 \leq m_{II} \leq 11 \text{ (árv./parcela)} \end{aligned}$$

Resultando em:

$$150 \leq m_{II} \leq 184 \text{ (árv./ha)}$$

Observou-se também, que a época de corte (chuvas ou seca) condiciona a produção de pó cerífero, pois na época seca, mesmo em um local com menor densidade de árvore ocorreu maior produção de pó

cerífero. Recomenda-se que estudos experimentais sejam realizados com relação ao número de folhas a ser retirado na época chuvosa, de forma tal que garanta uma renda mínima para os produtores e deixar maior número de folhas para serem cortadas na época seca com a finalidade de maximizar os lucros.

ABSTRACT

This study was developed in the Farm Arial located in Campo Maior-PI, with an area of 229 ha of carnauba *Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore) native vegetation. A stratified sampling technique was used to estimate carnauba wax production with plots of 20 x 30m (600m²). During the months of May and July, 30 plots were measured in stratum I and 20 plots were measured during the dry season in stratum II. The considered sampling error was 5% and the actual sampling error was 4,18%. The confidence interval for the wax powder production was $9,584 \leq m_1 \leq 10,804$ kg/ha in stratum I and $10,069 \leq m_{II} \leq 11,398$ kg/ha in stratum II. Based on the density of the population the confidence interval for stratum I was $284 \leq m_1 \leq 316$ trees/ha and $150 \leq m_{II} \leq 184$ trees/ha for stratum II

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 COCHRAN, W. G. *Sampling techniques*. New York: John Wiley 1963. 413p.
2. HIGUCHI, N. *Tamanho de parcela amostral para inventário florestal*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte, *Anais*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1983. p. 649-656.
3. HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. et al. *Forest mensuration*. New York, The Ronald Press, 1972. 410p.
4. NETTO, S. P.; BRENA, D. A. *Inventário florestal*, Curitiba, UFPR/UFSM, 1993, 268p.
5. SILVA, L. B. X. Tamanhos e formas de unidades de amostra em amostragem aleatórias e sistemáticas para florestas plantadas de *Eucalyptus alba*. *Reviem. Revista Floresta*. Curitiba, v.3, n. 1, p. 13-18, jun. 1977.
6. SOARES, V. P. *Eficiência relativa de tamanhos e de formas de unidades de amostra em plantações de Eucalyptus grandis de origem híbrida, na região de Bom Despacho, Minas Gerais*. Viçosa, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Viçosa, p. 140, 1980.
7. SOUZA, A. J. de. *A carnaubeira e seu papel como uma planta econômica*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1972. 86p.
8. SUDENE, *Estudo dos principais extrativos vegetais do Nordeste*. Recife, SUDENE, 1967, 66p.

9. SUDENE, *Estudo dos principais extrativos vegetais do Nordeste*. Recife, SUDENE, 1986, 160p.
10. VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. et al. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 12P.

Recebido para publicação em 19/10/95