

"TAMANHOS E FORMAS DE UNIDADES DE AMOSTRA EM AMOSTRAGEM ALEATÓRIA E SISTEMÁTICA PARA FLORESTAS PLANTADAS DE EUCALYPTUS ALBA REWIEN"

Luiz Benedito Xavier da Silva

SUMMARY

The objective of this study has been to weigh option for forms of sample units, rectangular, circular, square and by Bitterlich station points, in surface areas between 100 and 1.000 square meters, in an attempt to choose the best alternatives in Forest Inventories of wooded areas planted with Eucalyptus alba Rewien, more specifically in those cases which involve estimates of quantitative parameters, such as volume in cubic meters, a basic variable of this study.

At the same time, an attempt has been made to evaluate the behavior and efficiency of estimates resulting from random, systematic and two-stage sampling processes, defining for each their optimizing alternatives in terms of the size of sample units to be used.

In order to reach these objectives, a wooded area with Eucalyptus alba Rewien was located, planted some six and a half years earlier, with an initial interval of 2,0 m x 2,5m and one hectare. After measuring the variables of total height (in meters) and D.A.P. (centimeters), individual volumes were calculated by using regression equations, thereby making it possible to establish a basic plant for this unit of study, of which the parametric volume was known (181,83 m³/ha).

Working with this basic plant, simulations were performed for sample unit forms and sizes, and through the sampling techniques mentioned above, estimators were obtained for volume/hectare, the variation coefficient (C.V. %) and sampling error. From this data, analysis of variance and significance testing were done, complemented by the establishment of regression curves and analysis of individual and relative efficiency.

Certain valuable conclusions have been reached from this study, among which are the following:

A. The most efficient sample units are rectangular, with 250 m² in area 2,5m wide by 100 m in length-with 50 trees. However, one cannot overlook the high return presented by the method of Bitterlich station points through Basal Area Factor I, which was adversely affected only by its failure to meet the requirement of a 10% level of sampling error.

B. Circular and square units and other Bitterlich Area Factors (II, III and IV) did not meet the minimum requirements, in the surfaces analysed, of statistical reliability in their respective estimates, as far as standard deviation, sampling error and variation coefficient are concerned. As well, in terms of estimates of parametric volume, these units failed to present a 95% significance level of probability.

C. Upon increasing sampling intensity, a general tendency was observed of the decrease in sampling error and particular for sampling units with less than 660m² of surface area. The variation coefficient was not affected by increasing the sample size.

D. The random sampling process, through rectangular sampling units measuring 2,5 m in width and 100m in length (205m²), was found to be superior to systematic sampling, for which option 3 — the estimate of associate variance — presented the best results among the options analysed.

1. INTRODUÇÃO

Ao comentar-se na atualidade acerca de rendimento florestal econômico sustentado, na região centro-sul brasileira, subtende-se obrigatoriamente os florestamentos e reflorestamentos, quer com espécies nativas, quer com exóticas, implantadas em proporções mais significativas para estas.

Todavia, quando procura-se fornecer elementos que possibilitem estimar o estoque e potencial madeireiro de macro ou micro regiões envolvendo estas chamadas florestas de produção, esbarra-se em algumas limitações inerentes à metodologia de avaliação utilizada.

A aplicação do método científico, tem obtido progressos extraordinários na pesquisa florestal, mormente nas 3 (três) úl-

timas décadas. Este impulso é produto da interação de esforços físicos e mentais de muitos matemáticos e investigadores florestais, que têm confiado seu tempo à busca de fórmulas eficazes para resolver os complexos problemas que envolvem os trabalhos de campo. Neste sentido as técnicas estatísticas empregadas para avaliar os resultados experimentais, têm sido um instrumento poderoso e de positivo valor nos trabalhos de investigação.

Sem dúvida, em muitos casos, os fatores que governam o desenvolvimento e produtividade das árvores são tão variados e dinâmicos, que não permitem estabelecer princípios ou regras de aplicação geral, criando assim a necessidade de conduzir a investigação sobre cada cultivo, em cada lugar.

A aplicação de amostragem a florestas plantadas tem sido motivo de ampla discussão, e à luz de novas concepções e experiências práticas, tem-se conseguido delinear novos processos de amostragem, ou mesmo melhorar a aplicação daqueles tradicionalmente empregados. Entretanto, não há razão para se pensar, que os conhecimentos até o presente desenvolvidos, pelos autores da teoria clássica, são já conclusivos. Muitos problemas, que frequentemente aparecem na aplicação da teoria de amostragem na natureza, podem ainda ser melhor estudados.

A teoria de amostragem quando aplicada a estas florestas, chamadas de produção, é modificada por considerações de ordem econômica, na obtenção dos resultados desejados. Desta forma, um conhecimento detalhado das potencialidades e das limitações da aplicação da amostragem no levantamento dos recursos florestais, é indubitavelmente desejável como premissa preliminar. Uma constante investigação, deve ser o processo evolutivo através do qual se pode refinar os métodos de amostragem, mormente aos aplicáveis àquelas florestas.

Um dos fatores correlatos à teoria da amostragem, que tem recebido uma preocupação permanente da parte dos investigadores, é o erro de amostragem, que constitui algo como uma complexa equação, com várias incógnitas de valores muito variados. O investigador procura mini-

mizar o erro para aumentar a confiabilidade das estimativas.

Existem várias técnicas experimentais para diminuir o erro. Uma delas, é o uso de processos adequados com unidades de amostra com tamanho e forma ótimas. Perseguindo esta finalidade, se tem conduzido vários trabalhos com os mais variados cultivos agrícolas de valor econômico. Todavia, revisando a literatura florestal sobre este particular, encontrou-se pouca informação relacionada com florestas plantadas de climas temperados, resultando daí no trabalho de pesquisa aqui desenvolvido e cujos objetivos são delineados a seguir.

OBJETIVOS

Quando se conduz um trabalho de investigação, em grande parte deles, o propósito é o de se comparar o efeito de dois ou mais tratamentos, cujas diferenças se deseja detectar.

Sendo o material experimental (ambiente-planta) muito heterogêneo, as diferenças entre tratamentos serão maiores ou menores que os efeitos verdadeiros. Esta situação induz incerteza na interpretação dos resultados e pode conduzir a cometer graves erros, no momento de decidir a superioridade de um tratamento, sobre outro, PEREZ (42).

No presente estudo, procurando-se atenuar estas incertezas, decidiu-se estruturar a investigação, calcada no conhecimento prévio dos valores verdadeiros, lançando-se posteriormente simulações sobre a planta básica, que constituiriam os inventários e forneceriam as estimativas daqueles parâmetros já conhecidos.

Em seu sentido mais amplo, este trabalho destina-se a mostrar a influência que a mudança de tamanho e forma de unidades amostrais, pode causar na magnitude das estimativas para o valor do volume por unidade de superfície, previamente conhecido, de uma floresta plantada de *Eucalyptus alba* Rewien.

Unidades de amostra muito grandes tendem a apresentar menor variabilidade, porém em certas circunstâncias, o processo pode tornar-se oneroso em relação ao elevado número de elementos a serem

observados e medidos, LÖETSCH (34). Saliencia-se ainda que a partir de dado momento, ao aumento da superfície da unidade de amostra, não corresponde mais ao devido acréscimo de precisão esperada, ponto este a partir do qual, cada unidade marginal medida, torna-se onerosa à amostragem realizada.

A forma destas unidades amostrais, pode influir igualmente nas estimativas reportadas, em função da maior ou menor amplitude longitudinal das mesmas. Para alguns casos as mais estreitas e alongadas são mais representativas. Em outros casos não. Parte-se da premissa de que em qualquer floresta, deve-se estudar o arranjo mais eficiente para o povoamento, levando-se em consideração suas características específicas.

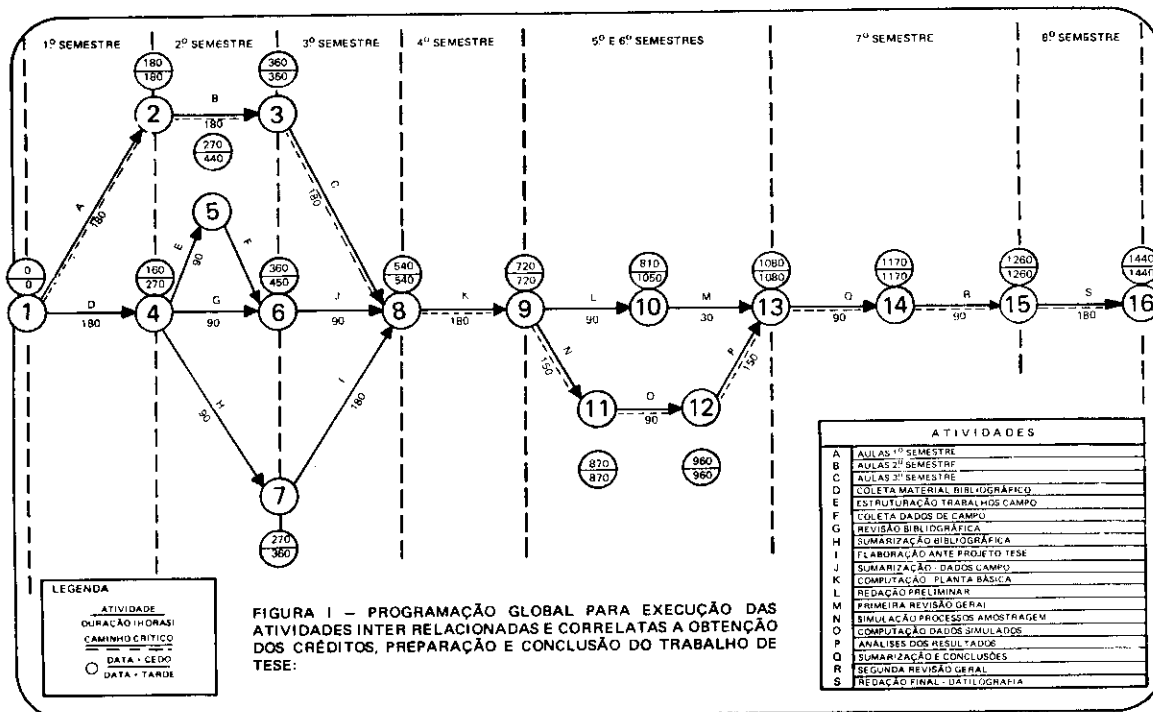
Entende-se portanto, que o custo e a precisão alcançada, estão correlacionadas estreitamente com a forma e tamanho das unidades amostrais. Procura-se, entre as diferentes possibilidades de seleção de amostras, escolher aquelas opções que possibilitem uma maior eficiência, isto é, um menor erro e consequentemente,

maior confiança nas estimativas, a um custo mínimo.

Considerando-se que a extensão da área a ser levantada e o tipo de floresta, contribuem decisivamente no planejamento do inventário, induzindo o uso de determinadas técnicas e tipos de amostragens, procura-se, num sentido mais restrito, avaliar as estimativas obtidas por alguns procedimentos de amostragens, pois através da escolha adequada de um processo de amostragem inerente às condições do povoamento, é possível reduzir bastante o tempo e as operações necessárias para a coleta das informações, podendo-se assegurar o grau de precisão desejada.

Portanto os objetivos do trabalho em pauta, podem ser resumidos como sendo, o estudo das influências das mudanças de tamanho e forma de unidade de amostra em relação às estimativas realizadas, considerados alguns processos tradicionais de amostragem.

No intuito de dar cumprimento a tais objetivos, estruturou-se uma programação global, baseada no método PERT-CPM, mostrada na FIGURA-1, a seguir.



5. CONCLUSÕES

Os resultados referentes às simulações de formas e tamanhos de unidades de amostra, considerados alguns processos de amostragem e idealizadas sobre uma planta básica da unidade de estudo com *Eucalyptus alba* Rewien, possuindo compasso inicial de 2,0m x 2,5m 6 (seis) anos e 1/2 (meio) de plantio e 1 (um) hectare de superfície, conduziram o autor a várias conclusões.

5.1. Formas e Tamanhos

Ressalta-se que, para a estruturação dos inventários simulados, foi fixada a intensidade de amostragem em 5 (cinco) unidades de amostra e cuja escolha das mesmas, conduziu-se segundo as normas do processo aleatório de amostragem.

Observadas as restrições estabelecidas no que concerne a baixos coeficientes de variação e erros padrões, inferiores à 10% e alta eficiência individual e relativa, as diversas análises de variância acusaram significâncias aos níveis de 95% e 99% de probabilidade, detectadas pelo teste de TUKEY e complementadas pela observação das curvas de regressão obtidas o que segue:

5.1.1. Unidades de amostra estreitas e compridas, proporcionam melhores resultados no que diz respeito à otimização das estimativas. As unidades de forma retangular com 250m² de superfície, definidas em seus limites por largura com 2,5m e extensão de 100m, englobando uma única linha de 50 indivíduos, propiciaram melhor eficiência individual (5,26) e relativa (1,12), erro de amostragem (8,29%) e coeficiente de variação (7,02%) inferiores aos das demais formas testadas, consideradas iguais superfícies de U. A.

5.1.2. Unidades de amostra tomadas pelo método de pontos de Bitterlich, considerado o FATOR DE ÁREA BASAL I, contendo em média 30 indivíduos por ponto, atingiram considerável índice de eficiência individual (4,69) e coeficiente de variação (10,21%). Prejudicadas tão somente pela estimativa do erro de amostragem acima de 10%. Todavia, face ao reduzido número de indivíduos observa-

dos por ponto, este método torna o trabalho de operação de coleta de dados mais econômica, sendo viável a ampliação da intensidade de amostragem, reduzindo assim o erro de amostragem ao limite predeterminedo, e sem prejuízo na eficiência.

É um método favorecido pela facilidade de locação no campo, já que cada U.A. é limitada a um ponto de estação, sem necessidade de demarcação de limites. Embora de rápida execução, é prejudicado pela necessidade de mão-de-obra mais especializada e treinada com precisão, para uso e aferição das medidas reportadas pelo relascópio.

5.1.3. — Com exceção das unidades de amostras de forma retangular com 15m de largura, as demais formas retangulares, com 5,0m e 10m de largura, possuindo áreas de 400m² e 1000m², com extensão de 80m e 100 e englobando respectivamente 80 e 200 indivíduos, podem ser utilizadas como alternativas secundárias, pois embora, não preencham requisitos de baixos custos, estimam com precisão os valores observados e suplantam as restrições impostas, no que concerne à baixos coeficientes de variação e erros de amostragem inferiores à 10%.

5.1.4. Em termos de unidades de amostra simples, aquelas de forma circular, quadrada e os demais Fatores de Área Basal (II, III e IV) de Bitterlich, não suplantaram as restrições estabelecidas, não preenchendo, portanto, os requisitos necessários para a confiabilidade estatística.

5.1.5. As unidades de amostra retangulares com 15m de largura, denotam similaridade de comportamento, se comparadas às de forma quadrada, em termos de distribuição do coeficiente de variação, à medida do acréscimo de áreas às unidades amostrais. Tal fato, denota a tendência de que, à medida que se alargam as dimensões das U.A. de forma retangular, induzindo-as para a forma quadrada, àquelas assumem as tendências de comportamento destas.

5.1.6. Para a totalidade das estimativas estabelecidas pelas diversas formas de U.A. em todos os tamanhos de área simulados, não verificou-se diferença significativa ao nível de 95% e 99% de proba-

bilidade, em termos de estimativa do volume paramétrico (181,83m³/ha), reportando-o com fidelidade.

5.1.7. Ao ampliar-se a intensidade de amostragem, verificou-se para todas as formas e em todos os tamanhos de U.A., a tendência de redução do erro de amostragem, qual não é proporcional ao aumento dado à intensidade. As maiores reduções do erro, verificaram-se para unidades de amostra inferiores à 660m² de superfície, confirmando-se que mesmo ao ampliar-se o tamanho da amostra, é preferível utilizar-se U.A. pequenas.

5.1.8. Através do aumento do tamanho das U.A. circulares e quadradas, pelo arranjo em unidades adjacentes, apenas as de forma circular preencheram as restrições estabelecidas e embora não significantes ao nível de 95%, denotaram tendência de superestimar o volume (m³/ha), como é comum às unidades de forma circular.

5.2. Pcessos de Amostragem

5.2.1. Em termos de estimativa do volume paramétrico, os processos aleatório, sistemático e bietápico, não demonstraram significância ao nível de 95% e 99% de probabilidade, estimando-o com fidelidade.

5.2.2. Para o processo de amostragem aleatório, as unidades retangulares com 2,5m de largura por 100m de comprimento, com 250 m² de superfície e englobando 50 árvores, foram as mais significativas em termos de eficiência e confiabilidade estatística.

5.2.3. No processo de amostragem sistemático, a opção n^o 3 para estimativa da variância associada demonstrou maior precisão que as demais opções. Para o mesmo arranjo em unidades de amostra principal (faixas), compostas de três unidades de amostras secundárias de forma retangular, foi o mais significativo ao nível de 95% e 99% de probabilidade.

Três U.A. secundárias de forma retangular com 5,9m de largura e 18m de comprimento, englobando 90m² de superfície e 18 árvores, compõem a unidade principal (faixa) com 270m² de superfície 54 indivíduos.

5.2.4. O processo de amostragem em dois estágios, delineado apenas para a amplitude de 100m² a 400m² de superfície, não sobrepujou neste intervalo as restrições estabelecidas para a confiabilidade estatística. Possivelmente com unidades principais, englobando mais de 500m² de superfície, tal processo suplantasse aquelas restrições e merecesse sua indicação, mantida, é claro, a metodologia estabelecida neste trabalho.

5.2.5. Mesmo favorecido pela tendência teórica de estimar erros padrões inferiores aos verificados pelo processo aleatório, o processo de amostragem sistemático, mostrou-se inferior àquele, pois enquanto o processo aleatório contando com 5 (cinco) U.A. de 250m² de área indicou erro padrão de 5,44 (m³/ha), o processo sistemático constituindo em sua opção 3, por 15 (quinze) unidades de amostra secundárias, que constituíam 3 a 3 as 5 (cinco) unidades principais (faixas) com 270m², apresentou uma estimativa de erro padrão de 8,26 (m³/ha) superior àquele do processo inteiramente aleatório e significativamente diferentes ao nível de 95% de probabilidade.

Não considerando-se os aspectos de praticidade de execução, custos e outros pormenores de ordem prática, o processo de amostragem aleatório deve ser considerado no presente estudo, como de maior precisão em termos estatísticos, quando comparado ao processo de amostragem sistemática.

5.3. Equações de Regressão

5.3.1. Para estimativa dos volumes individuais, dentre as equações selecionadas, optou-se pela escolha da equação logarítmica de PRODAN, cujos coeficientes apresentaram os valores:

$$\log V = \log - 0,2038 + 0,3694 \log D \\ - 0,6046 \log H - 0,379 \log^2 D \\ + 0,1232 \log^2 H$$

Foi a que conduziu as estimativas mais precisas do ponto de vista estatístico e em que pese a complexidade para sua utilização, do ponto de vista prático pelo fato de efetuar-se o seu uso através o auxílio de computador, tal detalhe tornou-se irrelevante.

5.3.2. Para as estimativas do comportamento dos coeficientes de variação e dos erros padrões em função do aumento do tamanho das U.A., em que pese as equações logarítmicas denotarem ligeira superioridade em termos de precisão estatística, optou-se na configuração gráfica, pelas equações aritméticas, face à praticidade de seu uso, quando utilizadas calculadoras de mesa simples.

6. RESUMO

Este trabalho objetivou estudar opções de formas de unidades de amostras retangulares, circulares, quadradas e por pontos de estação de Bitterlich, em tamanhos de superfícies que variam de 100m² a 1000m², na tentativa de se selecionar as melhores alternativas em termos de eficiência e confiabilidade estatística, para suas utilizações em Inventários Florestais de povoamentos plantados de *Eucalyptus alba* Rewien, mais especificamente, nos casos que envolvem estimativas de parâmetros quantitativos, como o volume em m³, variável básica desta pesquisa.

Paralelamente procurou-se avaliar o comportamento e eficiências das estimativas apresentadas pelos processos aleatório, sistemático e em dois estágios de amostragem, definindo-se para os mesmos, suas alternativas otimizantes em termos de tamanho de unidade de amostra a ser utilizada.

No intuito de se atingir aqueles objetivos, demarcou-se um povoamento de *Eucalyptus alba* Rewien, com 6 anos e 1/2 de plantio, compasso inicial de 2,0m x 2,5m e 1 (um) hectare de área e nela foram medidas, as variáveis altura total (m) e D.A.P. (cm), obtendo-se através de equações de regressão, os volumes individuais, que possibilitaram a confecção de uma planta básica desta unidade de estudo, da qual se conhecia o volume paramétrico (181,83 m³/ha).

Sobre esta planta simulou-se as formas e tamanhos de unidades de amostra e através dos processos de amostragem citados, obteve-se as estimativas para o

volume/ha, para o coeficiente de variação e para o erro padrão e para o erro de amostragem, sobre os quais realizaram-se análises de variância e testes de significância, complementados pela obtenção de curvas de regressão e análises de eficiências individuais e relativas, que culminaram com algumas conclusões valiosas, dentre as quais sobressaem-se:

A. Unidades de amostra retangulares com 250m² de área e dimensões de 2,5m de largura por 100m de comprimento, englobando 50 árvores, são as mais eficientes, não se desconsiderando o alto rendimento apresentado pelo método de pontos de estação de Bitterlich através do Fator de Área Basal I, somente prejudicado pelo não cumprimento da restrição relativa a erros de amostragem inferiores à 10%.

B. As unidades de amostras de forma circular, quadrada e os demais Fatores de Área Basal de Bitterlich (II, III e IV), não preencheram, nos intervalos de superfície analisados, as restrições estabelecidas para a confiabilidade estatística de suas respectivas estimativas, no que concerne ao erro padrão, e coeficiente de variação. Em termos de estimativa de volume paramétrico, não apresentaram significância ao nível de 95% de probabilidade, reportando-o com fidelidade.

C. Ao aumentar-se a intensidade de amostragem, verificou-se a tendência geral de diminuição do erro de amostragem e em maior proporção para unidades de amostras inferiores à 660m² de superfície. O coeficiente de variação não sofreu qualquer influência pela ampliação da amostra, permanecendo praticamente inalterado.

D. O processo de amostragem aleatório, através de unidades de amostras retangulares, com 250m² de área e dimensões de 2,5m de largura por 100m de comprimento mostrou-se superior ao processo de amostragem sistemático, para o qual a opção 3 de estimativa da variância associada, configurou-se superior às demais opções analisadas.