

**A ESTIMATIVA DO VOLUME DE MADEIRA  
APROVEITÁVEL PARA CELULOSE, EM PO-  
VOAMENTOS DE EUCALYPTUS SP**

**Eng.º. Agr.º. CARLOS ALBERTO FERREIRA**

**Superintendente de Pesquisa e Desenvolvimento da  
Divisão de Recursos Naturais da  
CHAMPION PAPEL E CELULOSE S/A**

**Dissertação apresentada à Escola  
Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,  
para obtenção do título de “Mestre”**

**PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
1976**

A minha esposa, meus pais e  
irmãos dedico.

- A G R A D E C I M E N T O S -

- Agradece o autor em especial ao Dr. Helládio do Amaral Mello, pelo constante apoio e incentivo, principalmente por sua orientação geral na elaboração desta dissertação.
- Quer deixar consignados os sinceros agradecimentos ao Sr. Paul Otto Ploeger, digníssimo diretor vice-presidente da Cia. Melhoramentos de São Paulo, que lhe possibilitou a complementação do curso de pós graduação, quando ainda pertencia ao corpo de funcionários dessa empresa. Seus agradecimentos são extensivos aos colegas Benvenuto Antonio Guidoni, José Gomes de Moura e Jens Olaf Ficker, e todos os amigos da Fazenda Levantina.
- Ao Eng<sup>o</sup>. Flo<sup>o</sup>. Shiguenori Hajiya, pelo inestimável auxílio nas análises estatísticas e sugestões apresentadas. Ao Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>. Hilton Thadeu Zarate do Couto e Sr. Stivan Konecsny, cujas sugestões foram de extrema utilidade para o planejamento e desenvolvimento da presente dissertação.
- Seu sincero muito obrigado à Champion Papel e Celulose S/A, nas pessoas do Dr. Ronaldo Algodal Guedes Pereira, Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>. Oscar Kyoshi Tanaka e Eng<sup>o</sup>. Flo<sup>o</sup>. Manoel de Freitas, pela confiança e o apoio material e moral conferidos.
- Agradece ainda, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

# Í N D I C E

|   | <u>PÁGINAS</u> |
|---|----------------|
| I - INTRODUÇÃO  | 1              |
| II - ESTUDO DA DETERMINAÇÃO DO TAMANHO IDEAL DE AMOSTRAS OU PARCELAS                            | 3              |
| II.1 - Introdução e revisão bibliográfica   | 3              |
| II.1.1 - Inventário pelo método 3P  | 7              |
| II.2 - Material e métodos   | 11             |
| II.2.1 - Material   | 11             |
| II.2.2 - Método e Análise   | 12             |
| II.2.3 - Abordagem Econômica  | 14             |
| II.3 - Resultados obtidos e análises estatísticas   | 16             |
| II.3.1.1 - Resultados obtidos para povoamentos regenerados por alto-fuste                       | 16             |
| II.3.1.2 - Custo relativo das diferentes parcelas testadas                                      | 16             |
| II.3.2.1 - Resultados obtidos para povoamentos regenerados por talhadia                         | 20             |
| II.3.2.2 - Custo relativo das diferentes parcelas testadas                                      | 22             |
| II.4 - Discussão dos resultados   | 25             |
| II.4.1 - Discussão dos resultados obtidos para primeira rotação ou regeneração - por alto-fuste | 25             |
| II.5 - Sumário e conclusões   | 29             |

|  |    |
|--|----|
| III - DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES PARA O CÁLCULO DO VOLUME DE POVOAMENTOS DE <u>EUCALYPTUS SP</u>   | 31 |
| III.1 - Introdução e revisão bibliográfica   | 31 |
| III.1.1 - O cálculo da área basal  | 32 |
| III.1.2 - A área basal como parâmetro para a estimativa da densidade de povoa-<br>mentos florestais  | 33 |
| III.1.3 - A determinação da altura em povoa-<br>mentos florestais  | 34 |
| III.1.4 - A altura das árvores e sua relação<br>com a qualidade de local   | 36 |
| III.1.5 - Equações para a estimativa direta<br>do volume de povoamentos florestais   | 38 |
| III.2 - Material e métodos   | 43 |
| III.2.1 - Material   | 43 |
| III.2.2 - Métodos  | 43 |
| III.2.2.1 - Procedimentos de campo   | 43 |
| III.2.2.2 - Procedimentos de escritório  | 44 |
| III.2.3 - Análise de custos  | 47 |
| III.3 - Resultados obtidos e análises es-<br>tatísticas  | 48 |
| III.3.1 - Resultados obtidos para povoamentos<br>em regeneração por alto-fuste   | 48 |
| III.3.2 - Resultados obtidos para povoamentos<br>em regeneração por talhadia   | 65 |
| III.3.3 - Resultados obtidos para o teste das<br>correlações, visando o agrupamento<br>das mesmas  | 80 |
| III.3.4 - Resultados obtidos para a análise -<br>dos custos envolvidos   | 80 |
| III.3.5 - Resultados obtidos para a reanálise<br>do tamanho ideal de parcelas, em -<br>função da metodologia de inventário<br>mais precisa | 80 |

|   | <u>PÁGINAS</u> |
|---|----------------|
| III,4 - Discussão dos resultados  | 81             |
| III.4.1 - Equações volumétricas para populações em regime de alto-fuste                             | 81             |
| III.4.2 - Equações volumétricas para populações em regime de talhadia                               | 83             |
| III.4.3 - Teste das correlações visando a obtenção de equações comuns para alto-fuste e talhadia    | 85             |
| III.4.4 - Análise de custos relativos das metodologias testadas                                     | 88             |
| III.4.5 - Reanálise do tamanho ideal de parcelas em função da metodologia das cinco maiores árvores | 90             |
| III.4.6 - Utilização prática das metodologias propostas   | 90             |
| III.5 - A determinação do volume aproveitável para indústrias de celulose e papel                   | 95             |
| III.5.1 - Resultados obtidos  | 95             |
| III.5.2 - Adaptação das equações de variável combinada para determinação do volume real             | 97             |
| III.5.3 - O cálculo do volume comercial   | 98             |
| III.6 - Sumário e Conclusões  | 101            |
| <br>  |                |
| IV - RESUMO E CONCLUSÕES GERAIS   | 104            |
| <br>  |                |
| V - SUMMARY   | 106            |
| <br>  |                |
| VI - BIBLIOGRAFIA   | 108            |

A ESTIMATIVA DO VOLUME DE MADEIRA  
APROVEITÁVEL PARA CELULOSE, EM PO  
VOAMENTOS DE EUCALYPTUS SP

I - INTRODUÇÃO

Não é necessário ressaltar a importância do conhecimento da exata produção dos povoamentos florestais. Suas implicações práticas estendem-se desde simples transações de compra e venda, até planejamentos plurianuais, envolvendo enormes somas de capital.

Em nosso meio, muitas técnicas de inventário têm sido utilizadas, baseando-se fundamentalmente em dados de literatura. No entanto, - poucos pesquisadores tem procurado testá-los profundamente, o que provoca uma enorme incerteza com relação às informações e dados obtidos. O problema é agravado em áreas em regeneração por talhadia.

As soluções disponíveis que se fundamentam em tabelas de volume, - embora precisas, trazem problemas para a sua aplicação prática, - sendo o maior, a necessidade da mensuração em altura e diâmetro de todas as árvores amostradas.

Neste trabalho o autor procurou desenvolver métodos viáveis de aplicação prática imediata, dirigidos em sua totalidade para a obtenção do volume aproveitável para celulose e papel, atentando fundamentalmente para os aspectos de precisão, economia e praticidade.

O estudo é apresentado em duas partes interdependentes, a primeira estuda os aspectos de amostragem, procurando a dimensão ideal para parcelas permanentes de inventários de longa duração. Em sua segunda parte relata os resultados alcançados na tentativa de obter equações de variáveis combinadas, utilizáveis para estimativas rápidas, seguras e econômicas, sem o inconveniente prático das tabelas volumétricas de simples ou dupla entrada, e a sua conhecida tendencioidade.

Deve-se salientar que o autor procurou essencialmente o desenvolvimento de técnicas aplicáveis, de imediato, em consonância com as disponibilidades e o grau de aparelhamento da maioria das empresas nacionais.

Igualmente procurou estender as equações de volume, para a determinação dos volumes reais com e sem casca, nos níveis de aproveitamento das indústrias de celulose e papel, no mercado nacional.



## II - ESTUDO DA DETERMINAÇÃO DO TAMANHO IDEAL DE AMOSTRAS OU PARCELAS

### II.1 - Introdução e revisão bibliográfica

A maioria dos trabalhos publicados tem demonstrado a dependência entre a variância da média de parcelas e o tamanho das mesmas. Essa dependência se reflete no decréscimo da variância em função do aumento do tamanho da parcela. Igualmente, observou-se que o mesmo ocorria para os coeficientes de variação. Utilizando estas propriedades, FEDERER (1955) propôs o método da curvatura máxima, para a determinação do tamanho ideal de parcelas ou amostras. Consiste este método em localizar-se em gráfico os coeficientes de variação em função dos respectivos tamanhos das parcelas. e posteriormente, a construção à mão livre de um gráfico, ligando as coordenadas. Assim sendo o tamanho ótimo para as parcelas será encontrado no ponto de máxima curvatura, melhores resultados são alcançados quando a unidade de medida é fixa.

O método da curvatura máxima foi utilizado pela primeira vez no campo florestal por EVANS ET AL (1961), que estabeleceu tamanhos ideais de parcelas para povoamento de vinte anos de idade e para parâmetros tais como: a altura total, diâmetros à altura do peito, espessura de casca, etc. Baseando-se no método da curvatura máxima, os autores concluíram que uma amostra contendo vinte árvores seria a de tamanho ideal. No entanto, levando em consideração a ausência de homogeneidade dos vários locais de plantio, concluíram, arbitrariamente, ser melhor a utilização de parcelas de vinte e cinco árvores.

O tamanho da amostra segundo SPURR (1951) deve ser tal, que ordinariamente inclua pelo menos 20 a 30 árvores mensuráveis, e tão pequena que não requeira tempo em demasia para a sua mensuração. Em outras palavras, para árvores de grandes dimensões são necessárias parcelas igualmente de grandes dimensões, o mesmo sendo válido para povoamentos abertos. No caso de plantações densas e árvores de pequenas dimensões, as parcelas pequenas são perfeitamente satisfatórias. Segundo o mesmo autor, para ár

vores maduras as parcelas de um quarto de acre (1011 m<sup>2</sup>) podem ser utilizadas como padrão, embora com frequência se recomendem parcelas maiores para povoamentos abertos. Para povoamentos imaturos, o padrão, segundo o mesmo autor, estaria no intervalo de um quinto a um décimo de acre (809 a 404,6 m<sup>2</sup>).

Para as condições de LAKE STATES, U.S.A., ainda segundo SPURR (1951) - trabalhos conduzidos, levaram a recomendações nas quais, árvores de 24 polegadas de diâmetro ou maiores, devem ser mensuradas em parcelas de um acre; árvores de diâmetro entre 10 e 22 polegadas em parcelas de um quinto de acre, árvores cujo diâmetro esteja contido no intervalo de 6 a 8 polegadas em parcelas de um décimo de acre, e árvores de 2 a 4 polegadas de diâmetro em parcelas de um quinze avos de acre. Por razões práticas, no entanto, reduziu as recomendações a apenas dois tipos de parcelas, um quinto e um quinze avos de acre.

Em sequência a sua revisão bibliográfica, o mesmo autor, relata que - trabalhos conduzidos na Suécia, estudando estatisticamente o mesmo problema, levaram à conclusão que árvores, com diâmetro superior a 29 centímetros, deveriam ser mensuradas em parcelas retangulares com área de 200 m<sup>2</sup>. Árvores de diâmetros compreendidos entre 17 a 28 cm em parcelas de 80 m<sup>2</sup>, e ainda árvores de 8 a 16 cm em parcelas de 20 m<sup>2</sup>. O mesmo princípio pode ser aplicado para amostragem em faixas, adotando-se larguras diferentes, para árvores de dimensões diferentes.

Pesquisando problemas referentes ao inventário florestal na região da Georgia Central, AVERY e NEWTON (1965) encontraram para as latifolias, Platanus, Liriodendron, Liquidambar, Quercus e Fraxinus, o tamanho mais adequado de parcelas, de 400 m<sup>2</sup>, no entanto, para as coníferas Pinus taeda e Pinus echinata o tamanho de 200 m<sup>2</sup> se mostrou o mais adequado. BONILLA (1969) trabalhando com Pinus radiata, propôs tamanhos provisórios de parcelas, que oscilam de 400 a 800 m<sup>2</sup>, segundo a idade e a densidade do povoamento.

O problema da forma das parcelas também é objeto de alguns estudos. CRONKLE (1963) relata trabalhos onde se concluiu que as parcelas alongadas na direção do gradiente de qualidade de local, eram mais pre

cisas e efetivas que as parcelas quadradas, para reduzir a variação entre parcelas, dentro de blocos, quando a mesma era devida à heterogeneidade do solo. Excluiu, no entanto, a possibilidade de outras variáveis que não a heterogeneidade, como a competição entre plantas adjacentes e práticas de plantio desuniforme, pudessem modificar essa conclusão geral.

Ainda CRONKLE (1963) estudando o problema de tamanho e forma de parcelas experimentais, no tocante a sua eficiência relativa, e ao coeficiente de variação, concluiu que as parcelas alongadas transversalmente a diferentes elevações, proporcionaram melhor utilização do material experimental e reduziram com maior intensidade os coeficientes de variação, do que as parcelas aproximadamente quadradas, e as alongadas no sentido do nível do terreno. Relatando ainda trabalhos anteriores em que foram estudados dois tipos de parcelas, estreitas e quadrangulares, exemplifica áreas experimentais nas quais as mesmas mostraram eficiência absolutamente iguais, no tocante à redução da variação entre parcelas.

Parcelas de raio variável são altamente eficientes em amostragem para volume, desde que as árvores sejam escolhidas com probabilidade proporcional à sua área basal, que sozinha se constitui e é usualmente uma boa previsão de volume. São em geral os mais eficientes métodos de amostragem para povoamentos heterogêneos com relação à idade das árvores, ou em florestas com a usual variação em classes de tamanhos. O fator de área basal a ser empregado, no entanto deve ser escolhido de tal forma a fornecer cerca de sete a dez árvores por ponto SPACE (1974).

Comparando diversos tamanhos de parcelas e levando em consideração tempo e variação, NYSSONEN\*concluiu que parcelas entôrno de 300 m<sup>2</sup>, possibilitaram a obtenção de maior eficiência.

\* (1966)

Em síntese, os trabalhos relacionados a diversos tamanhos de parcelas têm confirmado a maior eficiência das parcelas pequenas. De um modo geral os coeficientes de variação decrescem como função inversa do tamanho da parcela, e em consequência o número de parcelas necessárias para o mesmo grau de precisão é mais elevado para as parcelas menores. Mas o número de árvores mensuradas sempre tem sido menor, - em comparação com as parcelas maiores, o que vem corroborar a maior eficiência das primeiras. A maior eficiência das parcelas pequenas foi comprovada e exemplificada por WRIGHT (1964), tendo por base de comparação a informação relativa por árvore, que decresceu sensívelmente com o aumento do número de árvores por parcela.

A limitação principal das parcelas unitárias, isto é, compostas de apenas uma árvore, segundo CRONKLE (1953) reside no fato de estabelecimento da competição dentro dos povoamentos, o que causaria um aumento da heterogeneidade, assim, segundo o autor, teriam pouco interêsse para inventários florestais, pois mostram-se valiosas para resultados finais avaliáveis antes do estabelecimento da competição intensa dentro do povoamento.

Por outro lado, é notório que a utilização de parcelas pequenas requer um aumento do número de parcelas, e como consequência, o custo do inventário é acrescido pelo aumento dos serviços necessários à locação e demarcação das mesmas.

O uso do método da curvatura máxima, proposta por FEDERER (1955), - baseado na propriedade do decréscimo dos coeficientes de variação como função do aumento do tamanho da amostra, tem ampla aceitação, tendo sido utilizado em várias ocasiões nos trabalhos de estudos de tamanho de parcelas no campo florestal. A única limitação deste método é não levar em consideração os aspectos econômicos do problema. Uma proposição em que os fatores econômicos entrariam em consideração, é relatado por CRONKLE (1963) tendo sido proposta por SMITH em 1938.

No entanto, estes trabalhos e o de PEARCE (1953) referem-se ao - problema da planificação experimental, buscando tamanhos ideais de parcelas, não especificamente parcelas ou amostras de inventários florestais, onde o problema dos custos é diferente, não incluindo formação e

implantação de mudas, mas sim, locação, mensuração e cálculos. Com relação ao problema de metodologia e custos decorrentes, tendo em vista análises comparativas, FREESE (1962) apresenta uma formulação que será relatada em maiores detalhes na abordagem de materiais e métodos.

#### II.1.1.1 - Inventário pelo método 3P

O inventário pelo método 3P, vem se revestindo de elevada importância, devido principalmente à aceitação que vem encontrando por muito pesquisadores em vários países. Aqui abrimos um parágrafo para abordar os aspectos principais deste método, que provavelmente em futuro próximo poderá vir a se transformar em método alternativo de amplo emprêgo e aceitação.

A amostragem para a finalidade de Inventários Florestais, no relativo à probabilidade para a escolha dos indivíduos a serem amostrados, apresenta até a presente data, três alternativas básicas DELOYA (1974):

- 1 - Probabilidade igual, para seleção de todos os indivíduos da população;
- 2 - Probabilidade proporcional ao volume individual (p.p.s.);
- 3 - Probabilidade proporcional à previsão do volume individual (3P).

(1) Probabilidade igual, para seleção de todos os indivíduos da população.

Se entende por probabilidade igual para seleção de todos os indivíduos da população, quando se lhes assegura igual probabilidade de serem incluídos na amostra. Um exemplo de uma situação como esta, é o emprêgo de parcelas geométricas de dimensões fixas. Estas parcelas constituíram o primeiro passo na evolução de técnicas para escolha de unidades amostrais, com propósito de inventário florestal.

(2) Probabilidade proporcional ao volume individual (p.p.s.)

A denominação aqui empregada, referindo-se ao volume individual, em realidade se aplica mais a termos de área basal, - pois se faz uso de parcelas de dimensões variáveis, sendo a amostragem executada de forma proporcional à área basal dos indivíduos que integram a população. Um exemplo típico deste método de amostragem são as parcelas de raio variável.

(3) Probabilidade proporcional à previsão volumétrica, ou de outra variável (3P).

Neste procedimento especial, é que se enquadra o método em - destaque neste capítulo, e consiste em se efetuar uma previsão do volume, ou outra variável de interêsse a ser obtida - no inventário, como a altura ou área basal, para cada um dos indivíduos pertinentes à população (K.P.I.). A escolha dos - indivíduos a serem amostrados se efetua posteriormente, e - com probabilidade proporcional à sua respectiva previsão. Para isso se lança mão geralmente, de uma relação de números - aleatórios, cujo valor máximo deve coincidir supostamente, - com o valor máximo alcançado por essa variável na população (K.Z.) SPACE (1974). A tabela de números ao acaso se obtém - por procedimentos de computação eletrônica, através de programas específicos, por exemplo o THRP e RN3P, especialmente desenvolvidos para essa finalidade.

A escolha dos indivíduos a serem mensurados se executa por comparação entre a previsão e a cifra correspondente na tabela de números ao acaso. No caso em que o valor da previsão resulte maior ou igual ao número aleatório, o indivíduo é incluído na amostra. Em seguida, se fôr o caso, o indivíduo é mensurado cuidadosamente, para se obter o valor exato da variável considerada (YI). Todo o processamento estatístico - fundamenta-se na razão YPI, que passa a ser a variável trabalhada.

$$Y P I = \frac{Y I}{K P I}$$

Depois de se haver seguido o processo de seleção descrito, se o indivíduo não for incluído na amostra, sua previsão KPI deve de qualquer maneira ser anotada nas fichas de registro, MESAVAGE (1971), GROSENBAUGH (1974), SPACE (1974).

O fato de a amostragem 3P trabalhar com a razão entre a previsão e o valor real obtido, é que condiciona a sua maior precisão. No caso das árvores serem selecionadas ao acaso, o coeficiente de variação é baseado na variação em volume de árvore para árvore; na amostragem 3P onde o volume de cada árvore é estimado, o C.V. é baseado na variação da razão - do volume atual sobre o volume estimado, SPACE (1974), MESAVAGE (1971), GROSENBAUGH (1967).

Em sua forma original, a amostragem 3P implica na necessidade de incluir todos os indivíduos da população, já que de cada um destes se requer uma previsão, utilizada posteriormente, para se obter o volume da população, a somatória de KPI. Isto se revela muito embaraçoso, principalmente para povoamentos muito grandes, ou ainda de difícil enumeração e demarcação. Entretanto o problema pode ser solucionado fazendo da amostragem 3P uma sub-amostra. Nestas condições, nos Estados Unidos, o uso de amostragens bi-etápicas (two stage samples), nas quais a unidade primária se constitui de pontos ou parcelas, estas geralmente de dimensões variáveis, e as unidades secundárias os indivíduos selecionados pelo processo 3P.

A amostragem 3P, GROSENBAUGH (1963a) explora a habilidade demonstrada - por muitos silvicultores, de avaliar intuitivamente o volume ou valor de árvores. No entanto, isto não se constitui numa limitação, pois o uso de tabelas de volume, é um instrumento auxiliar de muita valia para essas estimativas.

Aplicações práticas desta metodologia, principalmente como sub-amostras, de inventários bi-etápicos, foram executadas por HOOSER (1973) tendo efetuado a remensuração das amostras 3P em pouco mais que 1/10 do tempo - necessário à implantação das amostras pontuais do primeiro estágio, sendo que os resultados obtidos não diferiram sensivelmente. Ainda HOOSER - (1972) em amostra simulada do método 3P previu o volume cúbico total para cinco localidades no Sul do Alabama, esta estimativa diferiu apenas - 0,7% do previsto no último inventário da mesma área.

A propósito do uso de tabelas de volume. GROSENBAUGH (1968), afirma serem estas aplicáveis apenas à população na qual foram extraídas as amostras para a sua confecção, sendo normalmente tendenciosas, viciadas, se utilizadas para outras populações. As amostras destrutivas normalmente são muito caras, mas o uso de modernos dendrômetros óticos, torna desnecessário o corte de árvores para as estimativas e mensurações necessárias a valores mais acurados. Instrumentos, tais como o dendrômetro de Barr Stroud, o teledendrômetro U.D.T. e o Zeiss Teletop, são extremamente caros, mas considera-se que sua precisão e facilidade de uso compensem esse inconveniente, GROSENBAUGH (1968).

Para o emprêgo da metodologia 3P, e necessário o uso destes aparelhos, o que em realidade se constitui num inconveniente serio. em têrmos de custo do aparelho, e mão de obra necessariamente bem treinada.

Pelo fato de ser um método aplicável a inventários, já iniciados, com parcelas e pontos já fixados, isto é, ser utilizado para remensurações intermediárias, não testamos o presente método neste trabalho. Acreditamos, que se deva levar em conta para trabalhos futuros, testes e análises mais acuradas em relação a este método, maiores detalhes - podem ser encontrados em um número razoável de trabalhos, GROSENBAUGH (1963 a), GROSENBAUGH (1963 b), GROSENBAUGH (1967), GROSENBAUGH (1968) GROSENBAUGH (1973 a), GROSENBAUGH (1973 b), GROSENBAUGH (1974), MESA-VAGE (1971).



## II.2 - Material e Métodos

### II.2.1 - Material

Para este estudo escolheram-se povoamentos maduros, - já em fase final de rotação, localizados no Horto Santa Terezinha, município de Mogi Guaçu, de propriedade da Champion Papel e Celulose S/A, cujas características são apresentadas no QUADRO I.

QUADRO I - TALHÕES SELECIONADOS PARA O ESTUDO DO TAMANHO IDEAL DE PARCELAS PARA INVENTÁRIOS DE EUCALYPTUS SALIGNA, POVOAMENTOS REGENERADOS POR ALTO FUSTE.

| <u>TALHÃO</u> | <u>ESPÉCIE</u>    | <u>ESPAÇAMENTO</u> | <u>PLANTIO</u> |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------|
| 110           | <u>E. saligna</u> | 2,80 x 1,60        | 12/61          |
| 116           | <u>E. saligna</u> | 2,80 x 1,60        | 03/61          |
| 124           | <u>E. saligna</u> | 2,80 x 1,60        | 06/61          |

Igualmente para o mesmo estudo, mas em áreas de 2ª rotação foram selecionados três povoamentos do Horto Mogi Guaçu, município de Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, cujas características são apresentadas no - QUADRO II

QUADRO II - TALHÕES SELECIONADOS PARA O ESTUDO DO TAMANHO IDEAL DE - PARCELAS PARA INVENTÁRIO DE EUCALYPTUS SALIGNA E ALBA , REGENERADOS POR TALHADIA

| <u>TALHÃO</u> | <u>ESPÉCIE</u>                        | <u>ESPAÇAMENTO</u> | <u>PLANTIO</u> | <u>PRIMEIRO CORTE</u> |
|---------------|---------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| 30            | <u>E. saligna</u>                     | 2 x 2              | 04/60          | 12/64                 |
| 31            | <u>E. saligna</u>                     | 2 x 2              | 04/60          | 12/64                 |
| 32            | <u>E. alba</u> e<br><u>E. saligna</u> | 2 x 2              | 04/60          | 01/65                 |

Para ambos os estudos, foram locadas ao acaso trinta parcelas com dimensões de 10 x 10, 10 x 20, 20 x 20 e 20 x 30 m. Afim de obter-se efeitos ligados apenas aos diversos tamanhos de parcelas, realizou-se a casualização uma única vez, isto é, todas as amostras de diversos tamanhos referem-se ao mesmo ponto do interior do mesmo povoamento.

Os dados foram coletados nessas parcelas de forma sistemática consistindo na medição de todas as árvores, tanto em altura total como em diâmetro à altura do peito, cálculo da área basal e volume individual, sendo o volume total computado como a somatória dos volumes individuais de todas as árvores. Não houve preocupação da correção dos valores de volume cilíndrico assim obtidos, para qualquer outra forma de expressão de volume de madeira, pois nas condições do presente estudo, não se alterariam as relações e diferenças entre os valores, pois a correção seria praticamente a mesma, para todas as parcelas pertinentes ao mesmo povoamento.

A medição das alturas foi executada com o auxílio do hyspômetro de Blumen-Leiss, sendo mensurada a altura total. Os diâmetros foram obtidos com a utilização de um compasso florestal (Suta) com precisão 0,5 cm.

Os povoamentos estudados localizam-se em áreas de topografia suavemente ondulada a plana. Os plantios seguiram a direção das curvas de nível, não sendo alinhados no sentido das plantas, portanto, não obedecem a um esquadrinhamento rigoroso. Nestas condições encontram-se praticamente a totalidade dos plantios da Champion Papel e Celulose S/A.

#### II.2.2 - Método de Análise

Os dados referentes às parcelas de diversos tamanhos foram agrupados separadamente, sendo calculada a soma dos quadrados entre as várias parcelas do mesmo tamanho, e dividida pelos graus de liberdade, e assim obtidas as variâncias.

Procurou-se controlar o problema do excessivo número de falhas, seguindo as assertivas de BLAKE (1959) segundo o qual a média entre parcelas não é apreciavelmente afetada, quando a sobrevivência dentro das mesmas é igual ou superior a setenta por cento. WRIGHT e FREELAND (1960) contrariamente a BLAKE (1959) fixaram em cinquenta por cento de sobrevivência, o limite abaixo do qual a parcela seria perdida, pois a sua inclusão afetaria sensivelmente a estimativa da média entre as parcelas. As falhas dentro das áreas de primeira rotação não nos trouxeram qualquer problema, pois apresentaram-se em pequeno número e bem distribuídas. O mesmo não ocorreu em relação aos povoamentos de segunda rotação, onde as falhas, por causas ainda não bem conhecidas, são bem mais elevadas. Procurou-se contornar o problema alterando, quando necessário a posição da parcela dentro do povoamento, a fim de se manter a sobrevivência no limite de setenta por cento. No entanto, todas as parcelas de dimensões diferentes foram tomadas neste mesmo ponto, para não haver interferências de local nas comparações de interesse.

A variância da média de parcelas de tamanho qualquer, foi calculada pela fórmula:

$$V_n = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{r}}{r - 1}$$

Onde  $V_n$  é a variância da média de parcelas de tamanho qualquer,  $x$  é o valor obtido em uma parcela de tamanho qualquer, e o  $r$  o número de valores utilizados no computo da variância da média das parcelas.

Para a determinação do número de parcelas necessárias para a detecção da média com um erro pré-fixado, num determinado nível de probabilidade, para um tamanho de parcela, utilizou-se a clássica metodologia empregando o valor "t".

A determinação do número de parcelas, foi efetuada para o nível mínimo de erro de dez por cento, e o nível de probabilidade, para o compu-

to de "t" foi setenta por cento. O número de parcelas, portanto, foi de terminado pela fórmula:

$$n = \frac{t^2 Vn}{D^2}$$

onde: n = é o número de parcelas necessárias

t = é o valor de t para a probabilidade de setenta por cento

Vn = é a variância calculada da média para amostras de tamanho qualquer

D = é o erro mínimo admitido, no caso 10% da média

A correção para população finita  $1 - \frac{n}{N}$  foi desprezada, devido à natureza do presente estudo, onde a área da população em relação às parcelas, é muito grande.

### II.2.3 - Abordagem Econômica

No estudo das variáveis econômicas procurou-se coletar dados que possibilitassem a estimativa, em níveis razoáveis de precisão, dos custos envolvidos na adoção de cada um dos tamanhos de parcela em estudo.

De forma geral pode-se considerar como custos fixos, o mapeamento e a locação de parcelas. A demarcação como varia em função do tamanho da parcela, é em nosso caso um custo variável.

Para a determinação dos custos relativos foi adotada a metodologia proposta por FREESE (1962) pela qual, o custo de um determinado método de inventário (1), relativamente a outro método de inventário (2), para um erro de amostragem pré-fixado será dado pela fórmula:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{N_1^2 S_1^2 d_1}{N_2^2 S_2^2 d_2}$$

onde:  $N_1$  e  $N_2$  são os números de amostras necessárias da população para o erro admissível pré-fixado, e o nível de probabilidade adotado  $S_1^2$  e  $S_2^2$  são as estimativas da variância da população para os métodos em estudo.

$d_1$  e  $d_2$  são os custos unitários das unidades amostrais.

II-3 - RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

II-3.1.1 - Resultados obtidos para povoamentos regenerados por alto fuste

Os valores médios obtidos das parcelas locadas nas três populações, e os parâmetros calculados, de interesse para o presente estudo, são apresentados no QUADRO III.

As médias foram calculadas na forma de volume cilíndrico por hectare, e a análise estatística orientada para o cálculo dos coeficientes de variação, e em função destes o número de parcelas necessárias para alcançar o limite de erro de dez por cento da média, e nível de probabilidade de setenta por cento, segundo a metodologia clássica com emprêgo do valor "t". O decréscimo do coeficiente de variação em função do tamanho das unidades amostrais é apresentada também no GRÁFICO I.

II-3.1.2 - Custo relativo das diferentes parcelas testadas

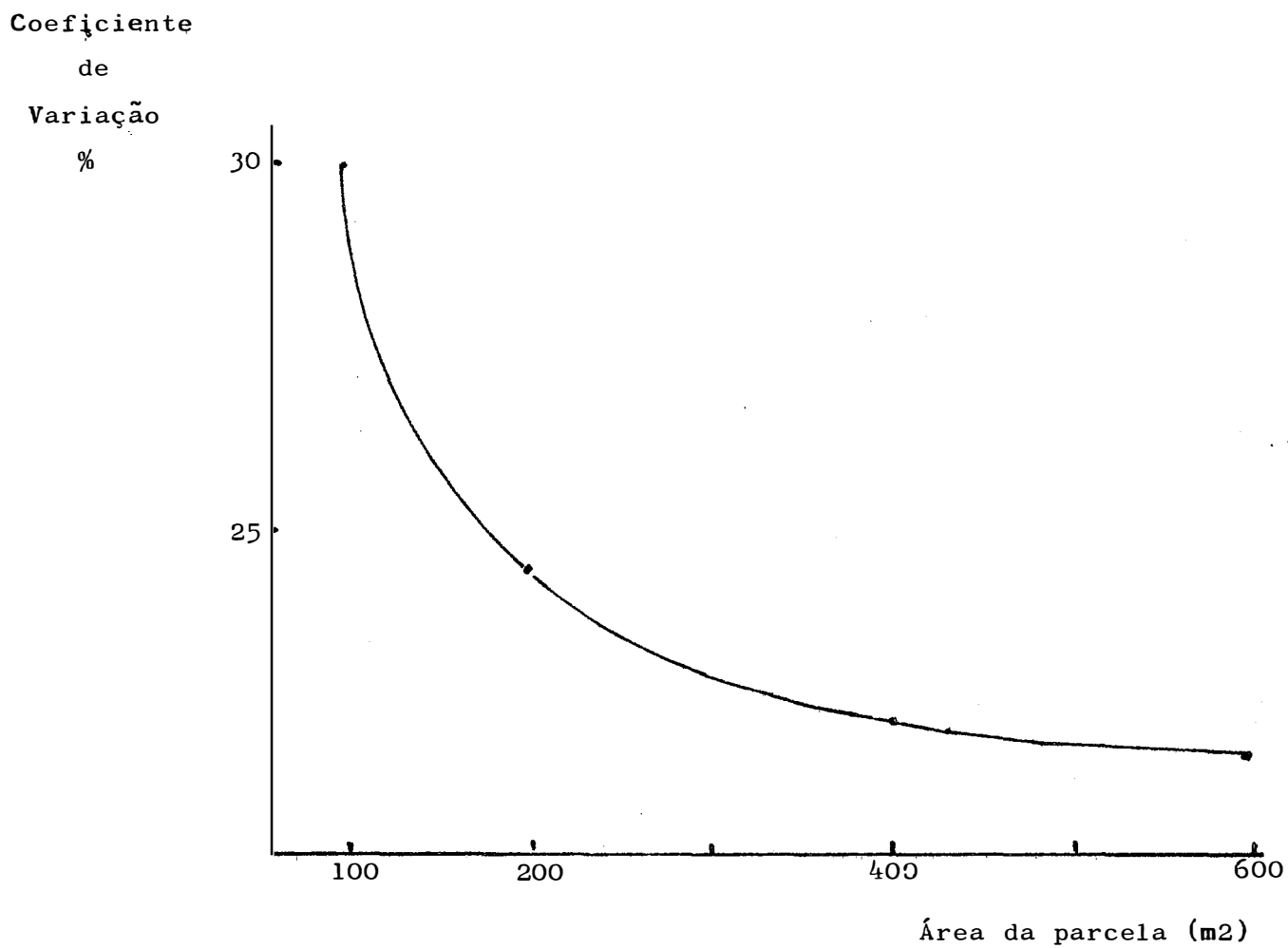
O custo relativo das diferentes parcelas testadas, foi obtido mediante a metodologia proposta por FREESE (1962). Os resultados obtidos são apresentados no QUADRO IV, e representados gráficamente no GRÁFICO III. Saliente-se que estes custos se referem apenas às operações de campo, não foram computados os trabalhos de mapeamento e os cálculos subsequentes, necessários para a obtenção das estimativas da média e seu erro.

QUADRO III - DADOS MÉDIOS OBTIDOS PARA POPULAÇÕES DE EUCALYPTUS SALIGNA REGENERADAS POR ALTO-FUSTE, EM RELAÇÃO AOS DIVERSOS TAMA - NHOS DE PARCELAS TESTADAS, E ANÁLISE DA VARIÂNCIA OBSERVA - DA PARA AS MESMAS. (MÉDIAS DE 30 AMOSTRAS)

| DIMENSÕES DAS PARCELAS | MÉDIA VOL. CIL./HA | DESVIO PADRÃO | COEFICIENTE DE VARIACÃO % | NÚMERO DE PARCE LAS NECESSÁRIAS * |
|------------------------|--------------------|---------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 10 x 10 m              | 376,00             | 108,91        | 28,97                     | 11                                |
| 20 x 10 m              | 375,86             | 91,81         | 24,43                     | 8                                 |
| 20 x 20 m              | 372,88             | 83,58         | 22,41                     | 6                                 |
| 20 x 30 m              | 382,45             | 83,49         | 21,83                     | 6                                 |

\* para o limite de erro de dez por cento da média e setenta por cento de probabilidade.

GRÁFICO I - Correlação entre o coeficiente de variação, expresso em percentagem, e a área da unidade amostral expressa em m<sup>2</sup>, Eucalyptus saligna em povoamentos regenerados por alto-fuste.





QUADRO IV - CUSTOS RELATIVOS DAS DIVERSAS DIMENSÕES DE PARCELA TESTADAS  
 PARA EUCALYPTUS SALIGNA, EM REGENERAÇÃO POR ALTO-FUSTE, COM-  
 PARAÇÕES EFETUADAS EM FUNÇÃO APENAS DOS SERVIÇOS DE CAMPO

| DIMENSÃO DA PARCELA | DESVIO PADRÃO (S) | CUSTO UNITÁRIO DA PARCELA H.D. (d) | NÚMERO DE PARCELAS (N) | N <sup>2</sup> | S <sup>2</sup> | d.N <sup>2</sup> .S <sup>2</sup> | CUSTO RELATIVO |
|---------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------|
| 10 x 10 m           | 108,91            | 0,23                               | 11                     | 121            | 11.861,39      | 330.102,48                       | 1,00           |
| 20 x 10 m           | 91,81             | 0,24                               | 8                      | 64             | 8.429,08       | 129.470,67                       | 0,39           |
| 20 x 20 m           | 83,58             | 0,32                               | 6                      | 36             | 6.985,62       | 80.474,34                        | 0,24           |
| 20 x 30 m           | 83,49             | 0,34                               | 6                      | 36             | 6.970,58       | 85.319,10                        | 0,26           |

II.3.2.1 - Resultados obtidos para povoamentos regenerados por talhadia

A sistemática seguida para a obtenção dos dados relativos às populações regeneradas por talhadia, foi exatamente a mesma que para as áreas por alto-fuste.

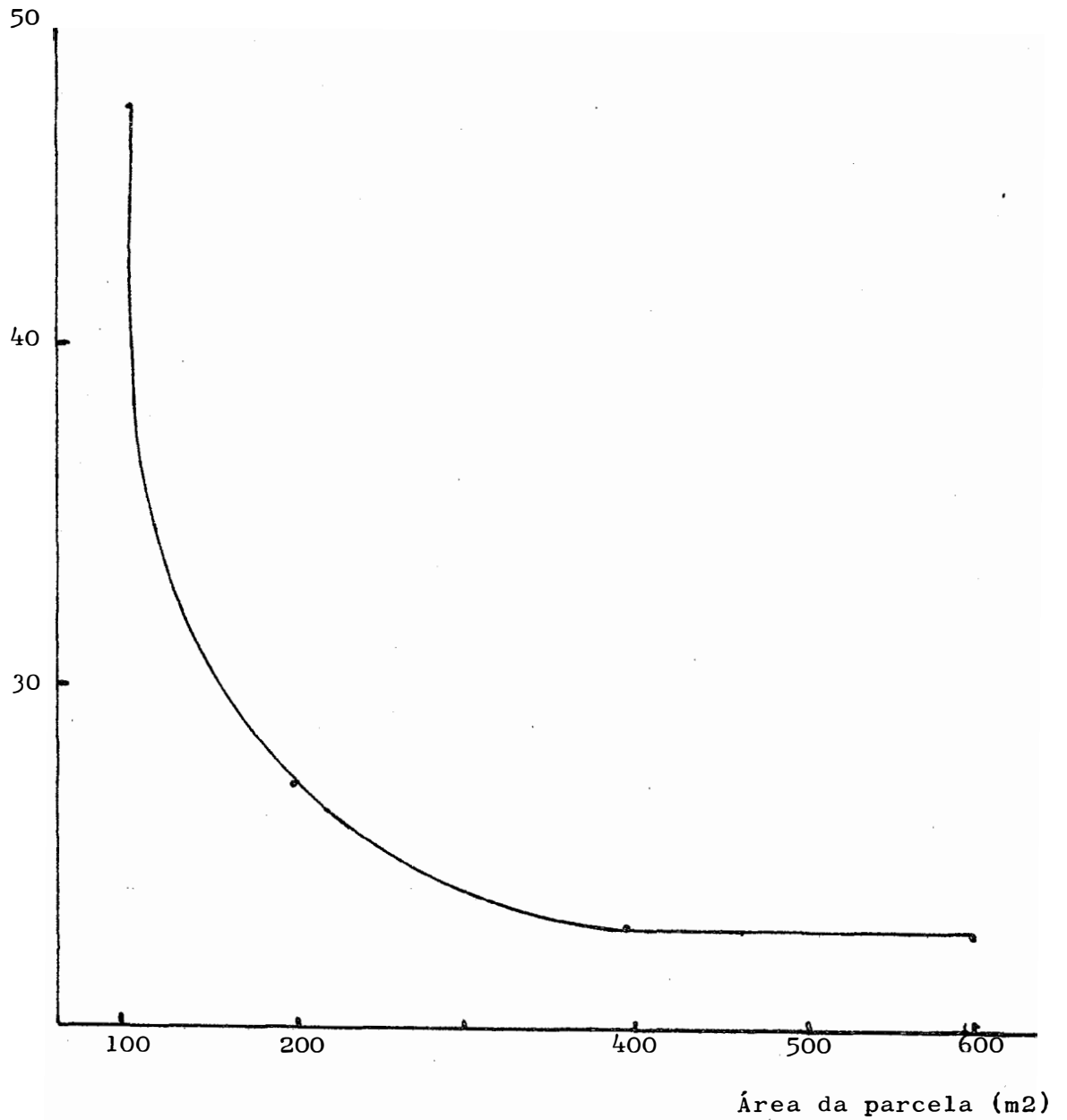
Da mesma forma que as populações regeneradas por alto-fuste, os valores apresentados são médias de trinta amostras oriundas de parcelas locadas em três povoamentos distintos, em fase final de rotação. Estes valores são apresentados no QUADRO V e representados pelo GRÁFICO II, onde se pode observar o decréscimo do coeficiente de variação em função do aumento da área da parcela. Os números de parcelas necessárias, apresentados no mesmo QUADRO V, foram calculados mediante a adoção do mesmo limite de erro e nível de probabilidade, que para povoamentos em regeneração por alto-fuste.

QUADRO V - DADOS MÉDIOS OBTIDOS PARA POPULAÇÕES DE EUC. ALBA e EUC. SALIGNA REGENERADOS POR TALHADIA REFERENTES AOS DIVERSOS TAMANHOS DE PARCELAS TESTADAS, E ANÁLISE DA VARIÂNCIA OBSERVADA PARA AS MESMAS. (MÉDIAS DE 30 AMOSTRAS).

| DIMENSÕES DAS PARCELAS | MÉDIA VOL.CIL./HA | DESVIO PADRÃO | COEFICIENTE DE VARIAÇÃO % | Nº DE PARCELAS NECESSÁRIAS |
|------------------------|-------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|
| 10 x 10 m              | 401,80            | 190,42        | 47,39                     | 28                         |
| 20 x 10 m              | 411,90            | 113,72        | 27,61                     | 10                         |
| 20 x 20 m              | 443,14            | 101,59        | 22,93                     | 7                          |
| 20 x 30 m              | 439,99            | 100,31        | 22,80                     | 7                          |

GRÁFICO II - Decréscimo do coeficiente de variação como função do aumento da área da unidade amostral, para Euc. saligna e Euc. alba, povoamentos regenerados por talhadia

Coeficiente  
de  
Variação  
%



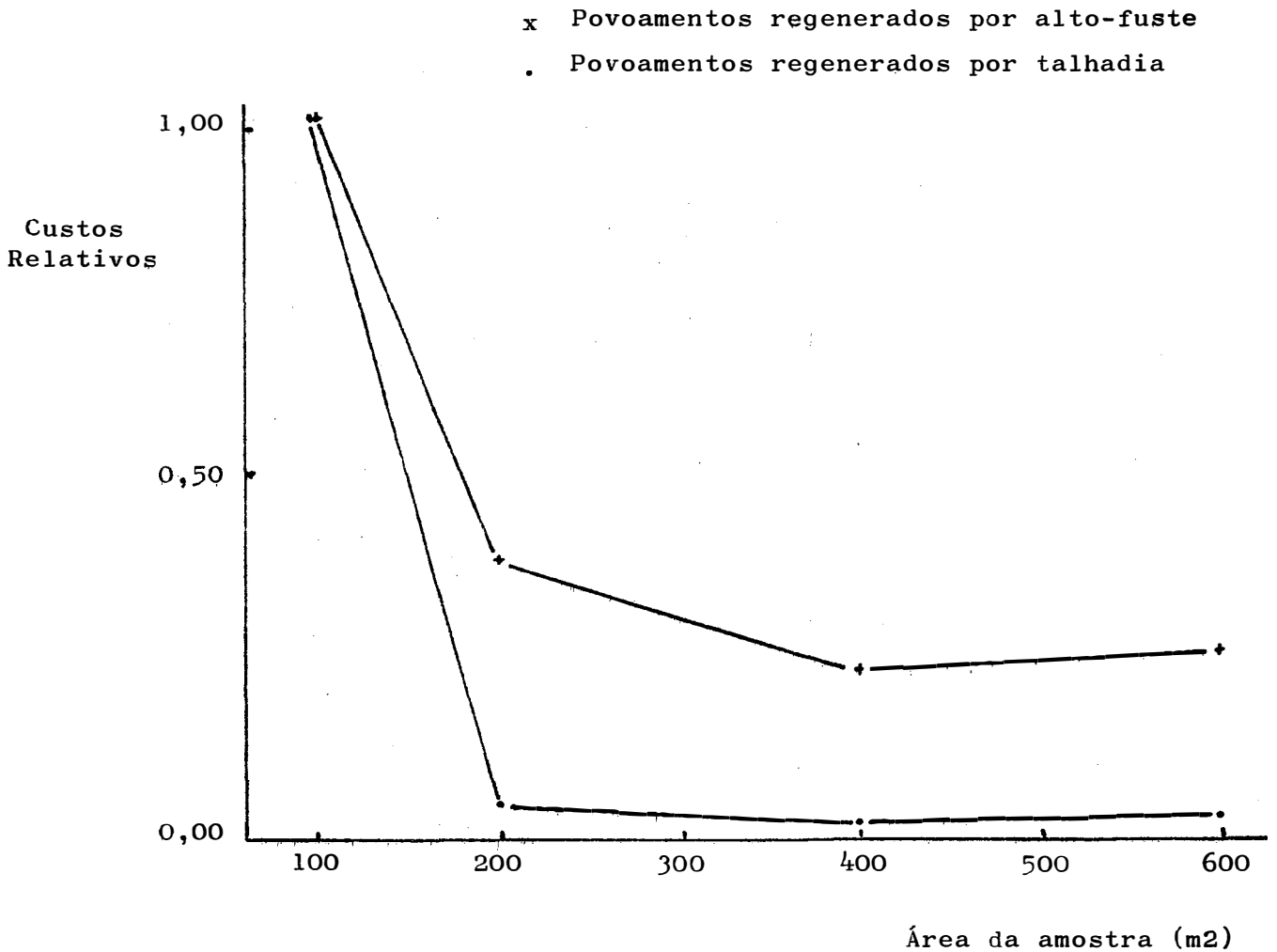
II-3.2.2 - Custo relativo das diferentes parcelas testadas

O custo relativo apresentado no QUADRO VI foi obtido segundo a metodologia proposta por FREESE (1962), utilizada igualmente para a comparação de custos relativos, efetuada para povoamentos de alto-fuste.

QUADRO VI - CUSTOS RELATIVOS DAS DIVERSAS DIMENSÕES DE PARCELA, TESTADAS PARA EUCALYPTUS SALIGNA E EUCALYPTUS ALBA EM REGENERAÇÃO POR TALHADIA, COMPARAÇÕES EFETUADAS EM FUNÇÃO APENAS DOS SERVIÇOS DE CAMPO

| DIMENSÕES DA PARCELA | DESVIO PADRÃO(S) | CUSTO UNITÁRIO DA PARCELA (d) EM H.D. | NÚMERO NECESSÁRIO DE PARCELAS (N) | N <sup>2</sup> | S <sup>2</sup> | d.N <sup>2</sup> .S <sup>2</sup> | CUSTO RELATIVO |
|----------------------|------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------|
| 10 x 10 m            | 190,42           | 0,33                                  | 28                                | 784            | 36.259,77      | 9.381.127,69                     | 1,000          |
| 20 x 10 m            | 113,72           | 0,35                                  | 10                                | 100            | 12.932,24      | 452.628,40                       | 0,048          |
| 20 x 20 m            | 101,59           | 0,50                                  | 7                                 | 49             | 10.308,34      | 252.554,33                       | 0,027          |
| 20 x 30 m            | 100,31           | 0,61                                  | 7                                 | 49             | 10.062,10      | 300.756,17                       | 0,032          |

GRÁFICO III - Variação dos custos relativos, calculados segundo FREESE (1962) para os diferentes tamanhos de parcela testados, custos relativos em números absolutos e área da amostra em m<sup>2</sup>, para populações regeneradas por alto-fuste e talhadia.



## II-4 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### II-4.1 - Discussão dos resultados obtidos para primeira rotação ou regeneração por alto-fuste

Os dados apresentados no QUADRO III, e representados - gráficamente no GRÁFICO I, demonstram claramente o decréscimo do coeficiente de variação em função do aumento da área da unidade amostral. Neste caso, o coeficiente de variação apresentou um decréscimo de 28,97 % - para 21,83 %, apenas como função do aumento da área da unidade amostral. O decréscimo observado é perfeitamente esperado e vem concordar com os trabalhos de FEDERER (1955), EVANS ET AL (1961) e CRONKLE (1963).

Pelo método da curvatura máxima, como se pode observar no GRÁFICO I, o tamanho ideal de parcela estaria localizado entorno de 340 - 400 m<sup>2</sup>. Parcelas de áreas menores que 200 m<sup>2</sup> não se mostraram aconselháveis. Por outro lado, tamanhos maiores que 400 m<sup>2</sup> demonstram ineficácia de decrescerem, em níveis compensadores, os coeficientes de variação, esse fato é claramente demonstrado pelas parcelas com área unitária de 600 m<sup>2</sup>.

Embora não sejam apresentados nos resultados obtidos, foi observado que para a estimativa do número de árvores por hectare, não houve qualquer diferença entre as áreas e dimensões de parcelas testadas, talvez em virtude do método de plantio seguir as curvas de nível do terreno. Provavelmente, o mesmo não venha a ocorrer em povoamentos cujo método de plantio seja esquadrihado.

Por outro lado, analisando-se o aspecto econômico do problema do tamanho das parcelas, adotando a metodologia proposta por FREESE (1962), em que se incluem não apenas custos, mas também variância e número de parcelas, para um determinado grau de precisão desejada,

pode ser constatado que o custo relativo diminuiu com o aumento da área da parcela, até o limite de 400 m<sup>2</sup>, no extremo máximo testado de 600 m<sup>2</sup>, o custo relativo sofreu ligeiro aumento (QUADRO IV e GRÁFICO III).

O que se pode concluir tanto do decréscimo dos coeficientes de variação, como dos valores de custo relativo obtidos, é que o tamanho ideal de parcela, para as condições deste trabalho, foi o de 400 m<sup>2</sup>, valor que coincide com o obtido por AVERY e NEWTON (1965), para Platanus, Liriodendron, Liquidambar, Quercus e Fraxinus.

Assim sendo, embora o método da curvatura máxima localize o tamanho ideal de parcela em área inferior a 400 m<sup>2</sup>, a associação dos dois métodos, o já referido e a do custo relativo, pode-se concluir nas condições do presente estudo, para populações regeneradas por alto-fuste ser ideal a parcela de 400 metros quadrados.



II-4.2 - Discussão dos resultados obtidos para povoamentos regenerados por talhadia

Os dados obtidos para povoamentos regenerados por talhadia, a apresentados no QUADRO V igualmente mostram a tendência do decréscimo do coeficiente de variação em função do aumento da área da parcela, ou unidade amostral. Neste caso, o decréscimo foi bem mais acentuado que para povoamentos regenerados - por alto-fuste, o que pode ser explicado pela maior variação oriunda das falhas que incidem em maior número neste tipo de regeneração, e ainda ao fato de serem mantidos dois brotos - por touça, o que condiciona evidentemente um aumento muito - maior de indivíduos mensuráveis quando se aumenta a área da unidade amostral, do que ocorre em áreas regeneradas por alto fuste.

Em função apenas do aumento da área da unidade amostral obseruvou-se o decréscimo do coeficiente de variação de 47,39% para 22,80 %, quando a área das parcelas passou de 100 para 600 m<sup>2</sup>

O GRÁFICO II apresenta o aspecto da variação do coeficiente - de variação em função do aumento da área da unidade amostral. Torna por outro lado, bastante claro o fato que parcelas com área menor que 200 m<sup>2</sup> não são recomendáveis, e ainda que parcelas com áreas maiores que 400 m<sup>2</sup> não reduzem sensivelmente o coeficiente de variação, de modo a não se justificar a sua utilização.

Pelo método da curvatura máxima, o tamanho ideal de parcela - situa-se entorno de 340 a 400 m<sup>2</sup>, este valor coincide com o - observado para as populações regeneradas por alto-fuste.

Comparando-se as parcelas em termos de custo relativo, como - pode ser observado no QUADRO VI, há um substancial decréscimo do mesmo em função do aumento da área da unidade amostral. O custo mínimo foi observado para as parcelas de 400 m<sup>2</sup>, ocorrendo para parcelas de áreas maiores que êsse limite, ligeiro acréscimo no custo relativo.

Para as condições deste estudo, combinando-se os dois critérios adotados, embora o método da curvatura máxima tenha situado a área ideal da parcela em nível inferior ao de 400 m<sup>2</sup>, pode-se concluir para populações regeneradas por talhadia, ser ideal a parcela de área de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m).

Deve ser salientado que as condições deste trabalho são bastante específicas, e suas conclusões devem ser interpretadas para estas condições. Em regiões de relevo montanhoso, com substanciais diferenças de qualidade de solo, deve ser levada em conta a maior eficiência das parcelas alongadas transversalmente a diferentes elevações. Em casos de plantios rigorosamente esquadrihados, as parcelas de dimensões múltiplas ao compasso de plantio, deverão ser preferidas, pois possibilitarão amostrar o número de árvores por unidade de área, rigorosamente - proporcional à população. No entanto, estes fatos não invalidam a conclusão de que o tamanho ideal de parcelas venha a situar-se no intervalo de 300 a 400 m<sup>2</sup>, mas permanece o problema em aberto para futuras - pesquisas.

## II-5 - SUMÁRIO E CONCLUSÕES

Esta dissertação relata trabalho visando estabelecer a área ideal de parcelas para inventários de Eucalyptus sp., estabelecidos em regeneração por alto-fuste e talhadia.

Foram locadas parcelas casualizadas, com as dimensões 10 x 10 m, 20 x 10 m, 20 x 20 m e 20 x 30 m, sendo que para cada ponto, no interior da população, considerou-se os quatro tipos de parcela, procurando-se dessa forma evitar ao máximo variações devidas a local. As populações eleitas foram de Eucalyptus saligna e Eucalyptus alba, suas características são apresentadas no QUADRO I e QUADRO II.

Os resultados obtidos submetidos a análise, segundo o método da curvatura máxima proposta por FEDERER (1955) e o método do custo relativo proposta por FREESE (1962), permitiram chegar-se às seguintes conclusões, para as condições deste trabalho:

- 1 - Pelo método da curvatura máxima, a área ideal de parcela obtida, localizou-se no intervalo de 340 a 400 m<sup>2</sup>, este valor foi o mesmo tanto para áreas em regime de alto-fuste como em talhadia;
- 2 - Em ambos os regimes estudados, os coeficientes de variação sofreram sensível decréscimo com o aumento da área unitária das parcelas;
- 3 - Pelo método do custo relativo, o valor mínimo observado foi obtido para as parcelas de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20m), tanto para áreas sob regime de alto-fuste como talhadia;
- 4 - Associando-se os dois métodos de análise adotados, concluiu-se pela utilização de parcelas de 400 m<sup>2</sup>, tanto para áreas de regeneração por alto-fuste, como por talhadia. Resta, no entanto, análises mais detalhadas, principalmente no intervalo de 300 a 400 m<sup>2</sup>, mas pela observação da curva de custos obtida (GRÁFICO III) pode-se afirmar, com boa aproximação, levando-se em conta o aspecto econômico, ser 400 m<sup>2</sup> a área ideal para parcelas, tanto para inventários de povoaamentos em regime de alto-fuste como de talhadia.

5 - As conclusões deste estudo aplicam-se a áreas de relêvo suavemente ondulado a plano, e para plantios não esquadrinhados. Para áreas - de relêvo ondulado, forte ondulado e montanhoso, e ainda para plantios esquadrinhados, permanece aberto o problema para futuras pesquisas.

III - DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES PARA O CÁLCULO DO VOLUME DE POVOAMENTOS DE EUCALYPTUS SP.

III-1 - Introdução e revisão bibliográfica.

O problema da determinação do volume de povoamentos ou populações florestais, preocupa os pesquisadores desde o século passado, quando as florestas artificiais gradativamente foram tomando assento e estas, como um todo, observadas como bens econômicos, passíveis de melhores técnicas de exploração, submetidas a preceitos biológicos, fisiológicos e econômicos mais sólidos.

A revisão bibliográfica apresentada por SPURR (1951) - inicia-se em 1846, quando pela primeira vez se procurava exprimir o volume de madeira como função da área basal, da altura da árvore e do fator de forma. A utilização desta formulação foi estendida para as estimativas diretas de volume, em que o resultado final seria dado em volume de madeira por unidade de superfície.

No século vinte houve a implantação progressiva das tabelas de rendimento para as estimativas diretas de volume de madeira. Tabelas onde a idade e o índice de qualidade de local (site index) funcionam como variáveis independentes; segundo SPURR (1951) fundamentalmente se prestam para estimativas de rendimento e incremento, mas são pouco acuradas para as estimativas de volumes médios de povoamentos com densidades populacionais inferiores à média.

Recentemente, o interesse geral deslocou-se para a estimativa direta do volume a partir de fotografias aéreas. SPURR (1951) relaciona uma série de estudos levados a cabo na Alemanha, de 1925 a 1933, demonstrando que poderiam ser utilizadas variáveis tais como, altura das árvores e densidade de copas, para estimativas de volume,

obtendo-se surpreendente precisão. Ainda segundo o mesmo autor, as tabelas de volume de povoamentos obtidas desta forma, diferem frontalmente das chamadas tabelas de rendimento, pelo fato de serem utilizadas para estimar volumes atuais de madeira e não a produção futura. Em suma, no entanto, a altura do povoamento e uma determinação da densidade do mesmo, são as variáveis independentes necessárias para a fixação da variável dependente, o volume de madeira.

### III-1.1 - O cálculo da área basal

De maneira geral, o cálculo da área basal se executa de duas maneiras distintas, uma a partir da média aritmética dos diâmetros, e outra a partir da soma dos quadrados dos diâmetros.

Estudando teoricamente o uso, em trabalhos florestais, da área basal obtida a partir da média aritmética dos diâmetros, GOMES (1965) encontrou uma série de inconvenientes sob o ponto de vista da "teoria da medida". Este método de determinação de área basal, conduz sempre a uma tendenciosidade proporcional à soma dos quadrados dos desvios dos diâmetros, e ainda, que a área existente calculada antes de um desbaste, é sempre inferior à soma das áreas retirada e remanescente. Tendo demonstrado também, com auxílio de um exemplo numérico, que em alguns casos, pode-se ter após um desbaste, uma área remanescente, superior à existente antes da sua execução. VEIGA (1970) assinalou discrepâncias devidas ao uso da média aritmética, tanto em populações teóricas, como em amostras geradas, e confirmadas em amostras reais, que contra-indicam sua utilização. Concluiu ser preferível a utilização do método comparado, que envolve cálculos de área seccional a partir da soma dos quadrados dos diâmetros das árvores do povoamento florestal.

III-1.2 - A área basal como parâmetro para a estimativa da densidade dos povoamentos florestais

A densidade de um povoamento florestal diz respeito ao grau de utilização ou aproveitamento dos fatores de crescimento. Esses fatores são a soma dos componentes edáficos, biológicos e climáticos que atuam sobre o mesmo. Segundo GALVÃO et ali (1969), existem várias maneiras de estimar-se a densidade dos povoamentos florestais: volume e número de árvores por hectare, proximidade ou porcentagem de área coberta pelas copas e área basal.

A área basal tem a vantagem de ser facilmente determinada, sendo segundo HUSCH (1963), bastante coerente para povoamentos com pleno aproveitamento dos fatores do meio, para espécies, idades e estações especificadas. Ainda, tem a vantagem de ser estreitamente relacionada com o volume, que em suma representa o parâmetro ideal para expressão da densidade, mas que tem em si a desvantagem de precisar ser estimado com o auxílio de mais de um parâmetro, por exemplo o diâmetro e a altura; e ainda a idade e qualidade do local, que devem ser considerados como variáveis independentes.

Embora a área basal cresça rapidamente com o crescimento dos povoamentos jovens, seus níveis de crescimento decrescem com a idade, e esta torna-se relativamente constante para povoamentos maduros, SPURR (1951). É bastante conhecido também, que na ampla gama de densidades de plantio, expressas em número de árvores por unidade de área, encontradas em populações bem manejadas, o crescimento em área basal tende a permanecer constante e em seu nível ótimo, independentemente da densidade do povoamento, SMITH (1962)

Os espaçamentos mais amplos, segundo COELHO et ali (1970) - quando comparados com compassos mais estreitos, propiciam às árvores condições de um maior crescimento diametral, no entanto, não exercem qualquer influência, pelo menos nos níveis testados em seu trabalho no crescimento em altura.

De acôrdo com JORGENSEN (1967) o crescimento em diâmetro é função direta da área à disposição de cada planta, isto foi confirmado por COUTO et ali (1973) em trabalho de condução de brotação de Eucalyptus sali-gna, onde os maiores diâmetros se associaram ao menor número de brotos remanescentes, não tendo observado qualquer influência na altura média dos mesmos.

Portanto, o que se pode inferir é que para a determinação da densidade de povoamentos florestais, a área basal é até o momento o melhor índice conhecido, tem a vantagem de ser facilmente estimada, e ainda apresentar elevada correlação com o volume.

### III-1.3 - A determinação da altura em povoamentos florestais

As medições diretas de altura das árvores, como é perfeitamente conhecido, são precisas, mas extremamente demoradas e perigosas. Muitos aparelhos foram desenvolvidos para permitir as medições indiretas, todos basicamente fundamentam-se em relações de triângulo. Entre estes, os mais utilizados nos trabalhos práticos e científicos são os seguintes: Dendrômetro de Weiss, Dendrômetro de Blume-Leiss, Dendrômetro de Haga, Relascópio de espelho de Bitterlich e Relascópio de Spiegel.

O objetivo desta revisão é simplesmente resumir as conclusões de alguns trabalhos que objetivaram comparar, em termos de êrros observados, os aparelhos mais comumente empregados.

Estudando a utilização do Blume-Leiss (PARDE) (segundo SIMÕES)(1967) registra êrro total de 1%. VUOKILLA (segundo SIMÕES)(1967) em estudo comparativo com medições diretas obtidas com trena, encontrou um êrro padrão de + 2,3%. Ainda com relação ao mesmo problema ABETZ e MERKEL (segundo SIMÕES) (1967) utilizando seis hipsômetros Blume-Leiss, verificaram um êrro combinado médio de - 0,23%

Comparando o Blume-Leiss com o nível de Abney, LAAR (segundo SIMÕES)(1967) constatou serem ambos igualmente preciso, e -



PRODAN (segundo SIMÕES) (1967) em estudo realizado com sete hipsômetros diferentes fundamentados em relações trigonométricas e geométricas, - concluiu terem sido obtidos os resultados mais rigorosos com a utilização do Blume-Leiss e do Dendrômetro de Haga.

ERICKSON (1970) testou instrumentos de diferentes tipos, o Altímetro de Tiren, o Teledendrômetro Universal (U.D.T.), o Altímetro de Suunto, e o Dendrômetro de Blume-Leiss. Os dois primeiros tipos testados utilizam tripés para poderem ser operados, enquanto os dois últimos são absolutamente manuais. Os erros observados expressos em Termos de desvio padrão e em percentagem foram os seguintes:

| <u>APARELHO</u>     | <u>DESVIO PADRÃO</u> | <u>PERCENTAGEM</u> |
|---------------------|----------------------|--------------------|
| Altímetro de Tiren  | 2,1 dm               | 1,1%               |
| V.T.D.              | 3,2 dm               | 1,7%               |
| Altímetro de Suunto | 3,9 dm               | 2,1%               |
| Blume-Leiss I       | 3,1 dm               | 1,6%               |
| Blume-Leiss II      | 9,1 dm               | 4,8%               |

O erro acentuado observado no Blume-Leiss II, segundo o autor, pode ser explicado pelo desenho do aparelho e a suspensão do pêndulo. Seus problemas são acentuados com a utilização em condições climáticas úmidas. Para trabalhos de elevada precisão, como para fins científicos, o autor recomenda a utilização de teodolitos, que têm o inconveniente da necessidade de cálculos demorados, que hoje podem ser resolvidos - pela utilização de computadores.

Em nossas condições SIMÕES et ali (1967) testando os hipsômetros de Blume-Leiss, Haga e Weiss, e a Prancheta Dendrometrica, tomando como termo de comparação as medições diretas obtidas por trena, chegaram às seguintes conclusões:

- o uso dos hipsômetros de Blume-Leiss e de Weiss, pode ser recomendado livremente;
- A Prancheta pode dar bons resultados se manuseada com bastante cuidado;
- O hipsômetro de Haga oferece resultados razoáveis podendo ser usado em casos em que não haja necessidade de muito rigor;
- Todos os aparelhos tem tendência de registrar resultados maiores - que a altura real da árvore.

Em vista dos aspectos dos trabalhos relatados, pode-se afirmar que de uma forma geral, sendo tomados os devidos cuidados, os dendrômetros - de Blume-Leiss e Weiss, constituem-se em aparelhos de precisão satisfatória. O Dendrômetro de Haga pode fornecer resultados apenas razoáveis, e a Prancheta dendrométrica, para oferecer bons resultados, necessita ser operada com extremo cuidado. Para mensuração em que se exija precisão elevada deve-se optar pelo uso de teodolitos ou teleden drômetros

#### III-1.4 - A altura das árvores e sua relação com a qualidade de local

A qualidade de local pode ser definida como a soma das componentes edáficas, climáticas e biológicas, e suas interações, que definem sua capacidade de suportar e promover o crescimento das árvores, BONILLA (1971).

Um problema bastante sério se apresenta na procura de um índice relativamente simples e seguro para a avaliação da qualidade de local. Segundo BONILLA (1971) já em 1923 a Sociedade Florestal Americana nomeou um comitê para estudar o assunto, tendo este chegado à seguinte conclusão: a única base sólida é a produção potencial em volume de madeira, a qual para ser expressa em uma forma homogênea, deve ser cubicada em um período definido da vida do povoamento, de preferência situado no ponto de incremento médio anual máximo, e com método de tratamento definido, de preferência em povoamentos bem densos, não desbastados e coetâneos. Esta conceituação não veio resolver o problema, tanto assim que com o correr do tempo muitas outras sugestões surgiram, incremento periódico por hectare, materia sêca expressa em unidades gravimétricas, equivalente calorífico da madeira, e altura considerada de diversas formas.

Segundo HUSCH (1963) define-se "site index", como a relação entre a altura da árvore e sua idade, e tem sido utilizado, por muitos anos, na avaliação de qualidade de local para povoamentos equiâneos, de composição pura ou aproximadamente pura. A altura das árvores dominantes e codominan -

tes, é utilizada freqüentemente como representativa da altura do povoamento, para trabalhos da mesma natureza. Segundo ainda o mesmo autor, e existem certas restrições ao problema da forma de escolha das árvores do minantes e codominantes, pois esta depende de decisões subjetivas, e além do mais podem atingir a posição de dominância por alterações ocorri das no povoamento, como por exemplo os desbastes. Como parâmetros alter nativos, foi augerida também considerar-se a altura média de um determi nado número das maiores árvores, ou então a altura da maior árvore.

A medição de altura das árvores dominantes e codominantes, não é sempre satisfatória, em primeiro lugar segundo (SPURR) (1951) há o problema da escolha ser subjetiva, e dois técnicos podem diferir muito em seu conceito de que sejam árvores dominantes e codominantes. Em segundo lugar, ainda segundo SPURR (1951), muitas das árvores codominantes serão elimi nadas dos estágios superiores com o envelhecimento da população, e portanto, não deveriam ser medidas. Em terceiro lugar, as operações de des baste podem modificar artificialmente a altura média das árvores domi nantes e codominantes, sem no entanto modificar a qualidade do local. - Finalmente, considera difícil conseguir-se medições precisas de altura, em povoamentos muito densos e cujas árvores atinjam alturas elevadas, - justamente pelo problema da impossibilidade da perfeita visualização - das copas.

Ainda segundo SPURR (1951), por estas razões é que há uma tendência para restringir mais cuidadosamente as árvores, que devem ser medidas, pa ra a determinação do "site". Assim existem sugestões de que apenas as árvores dominantes sejam medidas em povoamentos muito densos, onde há dificuldade em visualizar as alturas das codominantes. GRAY segundo ain da SPURR (1951) e BONILLA (1971), sugeriu a utilização da altura da mai or árvore, para trabalhos experimentais.

Embora a altura seja talvez a melhor mensuração simples de "site", não se deve inferir que seja a perfeita, SPURR (1951), BONILLA (1971), - HUSCH (1973). O crescimento em altura pode ser modificado por outros fa tôres, como as densidades extremas, altas ou baixas, e fatores genéticos como bem o demonstram os testes de origem e progênie SPURR (1951).

III-1.5 - Equações para a estimativa direta do volume de povoamentos florestais

Trabalhando com amostras de Pseudotsuga menziesii, representativas de uma ampla variação de idade, tamanho, classe de qualidade de local e forma, SPURR (1951) procurou correlacionar valores possíveis de serem obtidos através de fotografias aéreas - com o volume dos povoamentos. Codificou seus dados de modo a poder efetuar uma análise de regressão múltipla, resolvendo a variável volume, em pés cúbicos, em função de área basal, altura das árvores dominantes e codominantes, idade e índice de qualidade local, como variáveis independentes. As duas primeiras variáveis foram escolhidas por entrarem em equações de volume de povoamentos, e as últimas por serem utilizadas em tabelas de rendimento. Diâmetro médio e número de árvores por hectare não entraram em estudo, por não poderem ser obtidas diretamente através de fotografias aéreas. Entretanto, de forma indireta também foram testados, visto que a área basal média por árvore, multiplicada pelo número de árvores, nada mais é do que a área basal total.

A análise de regressão foi executada, não apenas para as cinco variáveis independentes, mas também para várias combinações de uma, duas, três e quatro destas variáveis. Os resultados obtidos nesse estudo são apresentados em resumo no QUADRO VII.

A variável simples mais fortemente associada com o volume foi a área basal. A melhor combinação de duas variáveis no que diz respeito a sua associação com o volume, foi o da área basal com a altura. A combinação de idade e qualidade de local, a base para as tabelas normais de rendimento demonstrou-se pouco precisa, com um erro de 20%, em percentagem. Embora isto certamente demonstre que a base estatística das tabelas de volume para povoamentos seja mais forte do que das tabelas de rendimento, deve ser salientado, que as análises apresentadas no QUADRO VII, são baseadas em regressão linear, não sendo feito qualquer teste para curvilinearidade.

QUADRO VII - Soluções para a estimativa de volume de povoamentos de Douglas Fir  
(*Pseudotsuga menziesii*)

| Variáveis independentes          | Coeficiente de correlação (R) | ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA DE VOLUME |             |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------|
|                                  |                               | Pés cúbicos                         | Porcentagem |
| Área basal                       | 0.949                         | 1.520                               | 14          |
| Altura                           | 0.903                         | 2.068                               | 19          |
| Idade                            | 799                           | 2.895                               | 27          |
| Área basal, altura               | 978                           | 1.016                               | 9           |
| Área basal, local                | 964                           | 1.277                               | 12          |
| Altura, local                    | 908                           | 2.021                               | 19          |
| Idade, local                     | 891                           | 2.190                               | 20          |
| Área basal, altura, idade        | 980                           | 966                                 | 9           |
| Área basal, altura, local        | 978                           | 1.074                               | 10          |
| Área basal, altura, idade, local | 984                           | 852                                 | 8           |
| Área basal, altura, BH*          | 994                           | 548                                 | 5           |
| BH                               | 990                           | 680                                 | 6           |

B.H. = área basal multiplicada pela altura média das árvores dominantes e codominantes.

A solução de menor erro, englobando três variáveis independentes foi a área basal, altura e idade, combinadas entre si, mas a melhoria, com relação à solução para área basal e altura sózinhos é muito pequena. Igualmente para as soluções englobando quatro variáveis, não se verificou um aumento sensível de precisão, sobre a melhor solução com três variáveis combinadas. Das dez soluções, a que mais promissora se mostrou, do ponto de vista de estimativa de volume, parece ser a baseada sobre altura e área basal apenas.

Posteriormente o autor demonstrou que o coeficiente angular da reta variava linearmente em função da altura:  $b = K + K'H$ .

Da mesma forma, o valor de interceptação do eixo x, mostrou variação linear em função da altura. Por este motivo, a formulação geral para a estimativa de volume de povoamentos florestais, na forma de uma regressão linear passou a ser:

$$V = a + aB + cH + dBH$$

Onde V será o volume por unidade de área, B a área basal e H a altura média das árvores dominantes e codominantes. Esta formulação permitiu o cálculo de uma correlação para Pseudotsuga menziesii com  $R = 0,994$  e erro de apenas 5 por cento em relação à média, é portanto, a solução mais precisa em comparação com todas as outras sumarizadas no QUADRO VII. Deve ser salientado que essa formulação independe de uma série de variáveis, idade, qualidade de local, fator de forma, espessura de casca, ... etc., possibilitando resultados plenamente satisfatórios.

A fórmula para resolução do volume em termos de área basal, altura total e o produto da área basal pela altura, é denominada "Fórmula Australiana" por ter sido utilizada pela primeira vez na resolução do volume individual de árvores por STOATE, citado por SPURR (1951), naquele país.

O elevado coeficiente de correlação entre o volume e o produto da área basal pela altura, possibilitou uma simplificação da fórmula Australiana, na qual foram omitidas as variáveis associadas, separadamente, com a área basal e a altura, assim SPURR (1951) denominou esta equação de "equação de variável combinada". Embora se tenha tornado uma equação re

lativamente simples, se comparada à "Fórmula Australiana", e às outras propostas pelo autor, sua precisão ainda assim é elevada, com um coeficiente de correlação de 0,990 e um erro padrão de apenas 6%. Ainda segundo SPURR (1951), desde que a solução da variável combinada pode ser reduzida para uma simples linha de regressão, ela pode rapidamente ser posta em um gráfico e testada para curvilinearidade. O autor em questão encontrou uma leve tendência à curvilinearidade para os valores mais baixos de volume e área basal multiplicada pela altura média. Salienta também, que esta resolução pode ser estendida para técnicas de inventário utilizando fotografias aéreas, onde o diâmetro, e conseqüentemente a área basal, podem ser estimadas a partir de diâmetros de copa ou outras mensurações. A resolução proposta inicialmente por SPURR (1951) para Pseudotsuga menziesii, foi estendida para Pinus palustris, Pinus taeda e outras coníferas com resultados plenamente satisfatórios.

A "equação de variável combinada", foi testada em áreas de regeneração por talhadia por CROMER et al (1961), comparando-a com a "Equação Australiana", para determinação de volumes de povoamentos, concluindo que a inclusão das variáveis ligadas apenas à área basal e a altura, não levou a resultados significativos, assim sendo, estas logicamente poderiam ser desprezadas. A melhor aproximação foi conseguida através de uma regressão múltipla incluindo idade, altura média das dominantes, número de árvores por acre e área basal. Outra formulação, exprimindo volume por unidade de área basal, em função da altura, na forma de uma regressão quadrática, mostrou resultados satisfatórios, e precisão pouco inferior à da melhor resolução. Em realidade, todas as equações testadas possibilitaram a fixação do volume com boa precisão, a diferença entre a mais precisa, com um desvio padrão da regressão, expresso com percentagem de 5,3%, e a menos precisa, "equação de variável combinada" de 6,1% foi de apenas 0,8%.

Alguns pesquisadores, propõem a utilização de equações para a determinação de volumes individuais, sendo estes volumes com e sem casca, e a vários níveis de aproveitamento. VEIGA (1972) trabalhando com uma série de equações clássicas para a resolução desse problema, concluiu que a melhor formulação aritmética não formal, foi para o caso de uma variável independente  $(Do^2 Ht)^*$ , a correspondente à equação de variável combi

\*  $Do$  = diâmetro à altura do peito com casca

$Ht$  = altura total

nada. Para o caso de equações logarítmicas de volume, não formais, destacaram-se para os volumes com casca, a equação da variável combinada, e para volumes de madeira descascada a de Schumacher. Igualmente as melhores equações volumétricas formais logarítmicas, foram correspondentes à equação da Variável Combinada Formal. Comparando todos os resultados, as equações mais precisas foram as volumétricas formais. Do ponto de vista prático, segundo o autor, pode-se optar pelas melhores equações não formais, - que envolvem menos trabalho de campo. Todas as equações desenvolvidas por este autor aplicam-se a Eucalyptus saligna Smith, em idade de primeiro corte (8 anos).

Trabalhos de HEINSDIJK (1972) (24) apresenta uma tabela de volume válida tanto para os povoamentos em regime de alto-fuste, como talhadia e para Eucalyptus saligna, Eucalyptus alba, Eucalyptus tereticornis, Eucalyptus rostrata, Eucalyptus grandis, Eucalyptus citriodora e Eucalyptus robusta e baseada na equação:

$$\log V = b_0 + b_1 \log (C.A.P.) + b_2 \log H$$

onde C.A.P. significa a circunferência medida à altura do peito, e H a altura total da árvore.

Os parâmetros estimados e a consequente equação obtida, para o volume total com casca foi a seguinte:

$$\log V = 5,24057 + 1,866157 \log (C.A.P.) + 1,02437 \log H$$

Para a correção do fator casca, o autor em pauta obteve a seguinte equação:

$$p = 146,5341 - 1,4891 H + 0,0165 H^2$$

As equações desenvolvidas por estes autores, e de maneira geral as equações para determinação de volumes individuais, requerem a determinação do número de indivíduos por unidade de área, e a medição de todas as alturas de todas as árvores pertinentes às parcelas, se o nosso objetivo for a determinação do volume do povoamento florestal, ou do volume por unidade de área. Requerem, por outro lado, como alternativa, a determinação de relações hipsométricas, se não desejarmos efetuar medições de todas as alturas de todas as árvores, mas isto gera uma insegurança oriunda da extra-polação de uma relação hipsométrica para parcelas e locais diferentes, onde sempre se deverá testar a relação hipsométrica em uso.



## III-2 - MATERIAL E MÉTODOS

### III-2.1 - Material

Para a elaboração das equações para as estimativas diretas de volume em Eucalyptus sp, foram coletadas amostras, em populações definidas como talhões, das espécies Eucalyptus saligna e Eucalyptus alba, nos espaçamentos 2,80 x 1,60 e 3,00 x 2,00, nas idades de 6,7, 12 e 13 anos, regeneradas por alto fuste. Maiores detalhes das populações amostradas são apresentadas no QUADRO - VIII, bem como o número de amostras coletadas para cada talhão.

A amostragem, em áreas de regeneração por talhadia, incluiu uma variação ampla no que concerne a idades, abrangendo as espécies Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna, em idades de 3 até 8 anos, no espaçamento 2,50 x 1,60.

As características das populações amostradas, para áreas em regeneração por talhadia, são apresentados no QUADRO IX.

Para as determinações de diâmetro foi utilizada uma Suta, ou compasso florestal, com precisão de 0,5 cm. As alturas foram obtidas por meio de um Blumen-Leiss, seguindo as especificações e recomendações normais do aparelho.

### III-2.2 - Métodos

#### III.2.2.1 - Procedimentos de campo

As parcelas foram demensionadas em consonância com os estudos preliminares de amostragem, abordados na primeira parte desta dissertação, assim sendo, foram locadas amostras de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m), no interior das populações em estudo, tanto em alto-fuste como em talhadia.

As amostras foram casualizadas no interior das populações, com a restrição de distarem pelo menos 25 m do carreador mais próximo, e sua sobrevivência mínima ser de 50 por cento.

Foram tomados todos os diâmetros das árvores do interior da parcela, e determinadas igualmente todas as alturas, de tal forma a possibilitar o cálculo do volume cilíndrico individual, de cada uma das árvores componentes da mesma.

Em sequência foram identificadas no campo, as árvores dominantes e codominantes, e as mesmas assinaladas no interior das parcelas.

### III-2.2.2 - Procedimentos de escritório.

Após a coleta dos dados, foram identificadas as cinco maiores árvores da parcela. Em sequência efetuou-se o cálculo do volume cilíndrico, pela soma dos volumes individuais de todas as árvores componentes das amostras, e o mesmo foi extrapolado para o hectare como padrão de unidade de área.

Posteriormente ao cálculo da área basal, extrapolada também para o hectare como unidade de área, foram calculadas as alturas médias, de todas as árvores; apenas das árvores dominantes e codominantes; das árvores dominantes e das cinco maiores árvores da parcela.

As variáveis área basal, e as diferentes alturas médias foram combinadas duas a duas, de modo a serem obtidas quatro - variáveis combinadas. As variáveis combinadas foram analisadas visando-se testar sua aqüidade para a determinação do volume cilíndrico.

A análise de covariância envolveu apenas as variáveis de primeiro grau, procurando-se obter uma regressão linear, de fácil aplicação prática, em consonância com a literatura consultada, demonstrando a alta precisão das equações de variável combinada.

QUADRO VIII - Características das populações de Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna, em regime de alto-fuste, amostrados para a elaboração das equações de estimativa direta de volumes de povoamentos.

| População ou Talhão | Espécie            | Espaçamento em m | Idade em anos | Nº de amostras |
|---------------------|--------------------|------------------|---------------|----------------|
| 120                 | Eucalyptus saligna | 2,80 x 1,60      | 12            | 5              |
| 112                 | Eucalyptus saligna | 2,80 x 1,60      | 13            | 5              |
| 108                 | Eucalyptus saligna | 2,80 x 1,60      | 13            | 5              |
| 126                 | Eucalyptus saligna | 2,80 x 1,60      | 12            | 5              |
| 113                 | Eucalyptus saligna | 2,80 x 1,60      | 12            | 5              |
| 107-A               | Eucalyptus saligna | 2,80 x 1,60      | 13            | 5              |
| 42                  | Eucalyptus saligna | 3,00 x 2,00      | 6             | 2              |
| 36                  | Eucalyptus alba    | 3,00 x 2,00      | 6             | 2              |
| 35                  | Eucalyptus saligna | 3,00 x 2,00      | 6             | 2              |
| 37                  | Eucalyptus alba    | 3,00 x 2,00      | 7             | 2              |
| 28                  | Eucalyptus saligna | 3,00 x 2,00      | 6             | 2              |
| 1                   | Eucalyptus alba    | 3,00 x 2,00      | 7             | 4              |
| 2                   | Eucalyptus alba    | 3,00 x 2,00      | 7             | 4              |

QUADRO IX - Características das populações de Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna em regime de talhadia, amostrados para a elaboração das equações de estimativa direta de volume de povoamentos

| População ou Ralhão | Espécie            | Espaçamento em m | Idade em anos | Nº de amostras |
|---------------------|--------------------|------------------|---------------|----------------|
| 2                   | Eucalyptus saligna | 2,50 x 1,60      | 3             | 2              |
| 7                   | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 3             | 2              |
| 69                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 3             | 2              |
| 62                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 3             | 2              |
| 58                  | Eucalyptus saligna | 2,50 x 1,60      | 3             | 2              |
| 60                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 3             | 2              |
| 5                   | Eucalyptus saligna | 2,50 x 1,60      | 3             | 2              |
| 6                   | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 4             | 2              |
| 10                  | Eucalyptus saligna | 2,50 x 1,60      | 4             | 2              |
| 12                  | Eucalyptus saligna | 2,50 x 1,60      | 4             | 2              |
| 30                  | Eucalyptus saligna | 2,50 x 1,60      | 7             | 2              |
| 18                  | Eucalyptus saligna | 2,50 x 1,60      | 5             | 2              |
| 13                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 4             | 2              |
| 23                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 5             | 2              |
| 20                  | Eucalyptus saligna | 2,50 x 1,60      | 5             | 2              |
| 11                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 8             | 2              |
| 26                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 7             | 2              |
| 31                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 6             | 2              |
| 34                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 6             | 2              |
| 39                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 6             | 2              |
| 40                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 8             | 2              |
| 45                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 8             | 2              |
| 44                  | Eucalyptus alba    | 2,50 x 1,60      | 8             | 2              |

Em sequência às análises de covariância, as equações obtidas foram testadas duas a duas, afim de serem determinadas quais as equações que poderiam ser suprimidas, e ainda quais as metodologias que se equivaleriam.

### III-2.3 - Análise de custos

As metodologias propostas, e constatadas como viáveis para a finalidade deste trabalho, foram analisadas economicamente. Para tanto, apenas as operações de campo foram consideradas. A princípio já se poderia admitir como desnecessária esta análise, pois a variável única testada, ou seja, o tempo necessário para a mensuração das alturas, deveria decrescer em função da diminuição do número de árvores exigidas pela metodologia adotada, e aumentado pela dificuldade em sua escolha. No entanto, visou-se quantificar o custo operacional da metodologia, e este associado à precisão da mesma, pode nos oferecer melhores dados, necessários às decisões.

Assim sendo, o tempo necessário para a mensuração da altura média, da altura das dominantes e codominantes, e ainda das cinco maiores árvores das parcelas, foi determinado em operações normais de campo e em número suficiente de amostras, para possibilitarem a avaliação de um valor médio de diárias dispendidas, suficientemente preciso. Deve ser salientado que a variação observada foi muito pequena, apenas dez amostras mostraram-se suficientes.

A análise de custos se resumiu a áreas de primeira rotação.

### III-3 - RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

#### III-3.1 - Resultados obtidos para povoamentos em regeneração por alto-fuste

Além dos diâmetros e alturas de todas as árvores, foram determinadas as alturas médias das árvores dominantes e codominantes, e das cinco maiores árvores das parcelas. Os dados obtidos, bem como os talhões e a respectiva identificação das amostras são apresentados no QUADRO X, onde A.B. significa área basal, H.D. altura média das árvores dominantes, H.D.C.D. altura das árvores dominantes e codominantes, H5 altura média das cinco maiores árvores e H.M. a altura média da parcela.

As determinações das correlações exigiram cálculos em separado, onde as variáveis foram consideradas duas a duas. Uma das variáveis, a área basal foi fixada. Sendo a finalidade deste estudo determinar qual a variável de altura média melhor correlacionada com o volume cilíndrico, esta foi combinada com a área basal e estudada separadamente.

Assim sendo, os quadros que se seguem dizem respeito a este estudo, e são ainda apresentadas em sequência as análises estatísticas, desde a análise da variância, o cálculo das equações de correlação e seus intervalos de confiança.

QUADRO X - Dados obtidos para Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna em alto fuste, nos espaçamentos: 2,80 x 1,60 e 3,00 x 2,00, - nas idades de 6, 7, 12 e 13 anos.

| <u>TALHÃO</u> | <u>AMOSTRA</u> | <u>A.B.</u> | <u>H.D.</u> | <u>H.D.C.D.</u> | <u>H.5</u> | <u>H.M.</u> | <u>VOLUME<br/>CIL/HA</u> |
|---------------|----------------|-------------|-------------|-----------------|------------|-------------|--------------------------|
| 120           | 1              | 19,21       | 27,30       | 26,10           | 27,30      | 18,49       | 430,75                   |
|               | 2              | 19,87       | 26,60       | 25,40           | 25,20      | 19,14       | 425,62                   |
|               | 3              | 20,90       | 28,70       | 28,00           | 28,70      | 18,95       | 495,02                   |
|               | 4              | 17,60       | 27,70       | 26,80           | 27,40      | 19,26       | 398,15                   |
|               | 5              | 19,66       | 28,30       | 25,20           | 26,80      | 17,41       | 385,32                   |
| 112           | 1              | 18,58       | 27,40       | 26,00           | 27,00      | 19,52       | 404,50                   |
|               | 2              | 21,07       | 27,41       | 25,80           | 27,50      | 18,50       | 491,65                   |
|               | 3              | 20,10       | 29,00       | 27,20           | 29,00      | 17,85       | 444,95                   |
|               | 4              | 22,07       | 27,70       | 26,80           | 27,70      | 18,95       | 485,20                   |
|               | 5              | 18,34       | 27,90       | 27,20           | 28,40      | 20,37       | 425,90                   |
| 108           | 1              | 19,25       | 27,00       | 25,90           | 26,60      | 17,49       | 400,07                   |
|               | 2              | 25,05       | 28,60       | 27,20           | 28,30      | 20,46       | 598,72                   |
|               | 3              | 23,22       | 30,10       | 28,10           | 30,30      | 19,10       | 566,62                   |
|               | 4              | 23,63       | 28,70       | 27,60           | 28,70      | 18,51       | 551,92                   |
|               | 5              | 15,27       | 27,00       | 25,10           | 26,30      | 17,19       | 311,12                   |
| 126           | 1              | 16,13       | 25,00       | 23,70           | 25,00      | 17,70       | 336,77                   |
|               | 2              | 17,34       | 25,10       | 24,00           | 24,80      | 17,09       | 358,15                   |
|               | 3              | 15,22       | 23,70       | 22,40           | 23,40      | 16,17       | 298,95                   |
|               | 4              | 12,77       | 23,00       | 22,10           | 22,90      | 14,44       | 228,52                   |
|               | 5              | 18,45       | 27,20       | 25,70           | 27,20      | 16,85       | 419,15                   |
| 113           | 1              | 17,38       | 28,30       | 25,75           | 26,90      | 19,00       | 385,52                   |
|               | 2              | 20,29       | 28,16       | 26,33           | 27,30      | 19,10       | 417,35                   |
|               | 3              | 14,76       | 27,70       | 26,87           | 27,70      | 19,90       | 313,60                   |
|               | 4              | 16,59       | 26,57       | 26,10           | 26,80      | 18,98       | 376,87                   |
|               | 5              | 16,49       | 26,60       | 24,80           | 26,60      | 18,76       | 371,72                   |
| 107-A         | 1              | 18,30       | 25,50       | 22,40           | 24,60      | 14,95       | 348,42                   |
|               | 2              | 14,33       | 26,30       | 22,90           | 26,30      | 15,69       | 287,15                   |
|               | 3              | 16,78       | 27,70       | 25,40           | 27,30      | 16,11       | 318,77                   |
|               | 4              | 16,32       | 26,50       | 23,60           | 25,80      | 15,55       | 321,37                   |
|               | 5              | 18,28       | 27,40       | 23,20           | 26,90      | 16,72       | 384,92                   |
| 42            | 1              | 17,10       | 24,70       | 22,90           | 24,80      | 17,64       | 351,87                   |
|               | 2              | 15,73       | 24,90       | 24,10           | 25,60      | 17,92       | 325,20                   |
| 36            | 1              | 17,97       | 22,50       | 22,00           | 23,20      | 16,14       | 343,75                   |
|               | 2              | 23,43       | 24,30       | 23,50           | 24,90      | 16,93       | 477,00                   |
| 35            | 1              | 15,80       | 22,50       | 21,50           | 22,50      | 17,14       | 302,50                   |
|               | 2              | 15,08       | 22,50       | 21,90           | 22,80      | 16,54       | 296,60                   |
| 37            | 1              | 19,83       | 22,30       | 21,30           | 23,30      | 15,81       | 381,75                   |
|               | 2              | 17,48       | 22,30       | 21,20           | 22,50      | 14,87       | 311,75                   |
| 28            | 1              | 13,48       | 25,50       | 23,40           | 25,30      | 17,84       | 269,67                   |
|               | 2              | 15,65       | 22,80       | 21,60           | 23,40      | 17,50       | 313,27                   |

| <u>TALHÃO</u> | <u>AMOSTRA</u> | <u>A.B.</u> | <u>H.D.</u> | <u>H.D.C.D.</u> | <u>H.5</u> | <u>H.M.</u> | <u>VOLUME<br/>CIL/HA</u> |
|---------------|----------------|-------------|-------------|-----------------|------------|-------------|--------------------------|
| 1             | 1              | 11,96       | 20,26       | 19,43           | 21,40      | 14,37       | 214,45                   |
|               | 2              | 13,07       | 21,70       | 20,50           | 23,20      | 15,32       | 246,60                   |
|               | 3              | 9,43        | 20,40       | 19,89           | 20,80      | 14,36       | 166,22                   |
|               | 4              | 15,04       | 23,10       | 21,72           | 23,60      | 16,95       | 311,37                   |
| 2             | 1              | 11,38       | 18,80       | 17,12           | 18,80      | 14,07       | 171,01                   |
|               | 2              | 10,02       | 18,40       | 17,96           | 19,00      | 14,87       | 165,15                   |
|               | 3              | 12,19       | 21,80       | 20,73           | 22,80      | 14,17       | 234,35                   |
|               | 4              | 16,75       | 23,00       | 21,76           | 24,10      | 17,89       | 345,00                   |



QUADRO XI - Dados obtidos para a combinação das variáveis, área basal e altura média utilizadas para o cálculo da covariância e determinação da equação necessária às estimativas de volume - cilíndrico.

| <u>TALHÃO</u> | <u>AMOSTRA</u> | <u>A.B.</u> | <u>H.M.</u> | <u>A.B. x H.M.</u> | <u>VOLUME<br/>CIL/HA</u> |
|---------------|----------------|-------------|-------------|--------------------|--------------------------|
| 120           | 1              | 19,21       | 18,49       | 355,19             | 430,75                   |
|               | 2              | 19,87       | 19,14       | 380,31             | 425,62                   |
|               | 3              | 20,90       | 18,95       | 396,05             | 495,02                   |
|               | 4              | 17,60       | 19,26       | 338,98             | 398,15                   |
|               | 5              | 19,66       | 17,41       | 342,28             | 385,32                   |
| 112           | 1              | 18,58       | 19,52       | 362,68             | 404,50                   |
|               | 2              | 21,07       | 18,50       | 389,79             | 491,65                   |
|               | 3              | 20,10       | 17,85       | 358,78             | 444,95                   |
|               | 4              | 22,07       | 18,95       | 418,23             | 485,20                   |
|               | 5              | 18,34       | 20,37       | 373,58             | 425,90                   |
| 108           | 1              | 19,25       | 17,49       | 336,68             | 400,07                   |
|               | 2              | 25,05       | 20,46       | 512,52             | 598,72                   |
|               | 3              | 23,22       | 19,10       | 443,50             | 566,02                   |
|               | 4              | 23,63       | 18,51       | 437,39             | 551,92                   |
|               | 5              | 15,27       | 17,19       | 262,49             | 311,12                   |
| 126           | 1              | 16,13       | 17,70       | 285,50             | 336,77                   |
|               | 2              | 17,34       | 17,09       | 296,34             | 358,15                   |
|               | 3              | 15,22       | 16,17       | 246,11             | 298,95                   |
|               | 4              | 12,77       | 14,44       | 184,40             | 228,52                   |
|               | 5              | 18,45       | 16,85       | 310,88             | 419,15                   |
| 113           | 1              | 17,38       | 19,00       | 330,22             | 385,52                   |
|               | 2              | 20,29       | 19,10       | 387,54             | 417,35                   |
|               | 3              | 14,76       | 19,90       | 293,72             | 313,60                   |
|               | 4              | 16,59       | 18,98       | 314,88             | 376,87                   |
|               | 5              | 16,49       | 18,76       | 309,35             | 371,72                   |
| 107-A         | 1              | 18,30       | 14,95       | 273,58             | 348,42                   |
|               | 2              | 14,33       | 15,69       | 224,84             | 287,15                   |
|               | 3              | 16,78       | 16,11       | 270,32             | 318,77                   |
|               | 4              | 16,32       | 15,55       | 253,78             | 321,37                   |
|               | 5              | 18,28       | 16,72       | 305,64             | 384,92                   |
| 42            | 1              | 17,10       | 17,64       | 301,64             | 351,87                   |
|               | 2              | 15,73       | 17,92       | 281,88             | 325,20                   |
| 36            | 1              | 17,97       | 16,14       | 290,03             | 343,75                   |
|               | 2              | 23,43       | 16,93       | 396,67             | 477,00                   |
| 35            | 1              | 15,80       | 17,14       | 270,81             | 302,50                   |
|               | 2              | 15,08       | 16,54       | 249,42             | 296,60                   |
| 37            | 1              | 19,83       | 15,81       | 313,51             | 381,75                   |
|               | 2              | 17,48       | 14,87       | 259,93             | 311,75                   |

| <u>TALHÃO</u> | <u>AMOSTRA</u> | <u>A.B.</u> | <u>H.M.</u> | <u>A.B. x H.M.</u> | <u>VOLUME<br/>CIL/HA</u> |
|---------------|----------------|-------------|-------------|--------------------|--------------------------|
| 28            | 1              | 13,48       | 17,84       | 235,63             | 269,67                   |
|               | 2              | 15,65       | 17,50       | 273,87             | 313,27                   |
| 1             | 1              | 11,96       | 14,37       | 171,86             | 214,45                   |
|               | 2              | 13,07       | 15,32       | 200,32             | 246,60                   |
|               | 3              | 9,43        | 14,36       | 135,41             | 166,22                   |
|               | 4              | 15,04       | 16,95       | 254,93             | 311,37                   |
| 2             | 1              | 11,38       | 14,07       | 160,12             | 171,01                   |
|               | 2              | 10,02       | 14,87       | 149,00             | 165,15                   |
|               | 3              | 12,19       | 14,17       | 172,73             | 234,35                   |
|               | 4              | 16,75       | 17,89       | 299,66             | 345,00                   |

QUADRO XII - Análise da variância dos dados apresentados no QUADRO XI, referentes às variáveis de área basal combinada com altura média e o volume cilíndrico por hectare.

| C. VAR. | GL | SQ          | QM          | F          |
|---------|----|-------------|-------------|------------|
| Regres. | 1  | 439542.9383 | 439542.9383 | 1190,69 ** |
| Resid.  | 46 | 16980.8354  | 369.1485    |            |
| Total   | 47 | 456523.7736 |             |            |

$$Y = 2,7181 + 1.1845 X \quad (1)$$

\*\* - significativo a 1% de probabilidade

$$\text{Coef. R} = 0.9812$$

$$\text{Coef. R}^2 = 0.9628$$

QUADRO XIII - Valores obtidos de produção expressa em volume cilíndrico por hectare, valores calculados através da equação de correlação nº 1 e os respectivos intervalos de confiança para probabilidade de 95%

| <u>VALORES<br/>OBTIDOS</u> | <u>VALORES<br/>CALCULADOS</u> | <u>DESVIO</u> | <u>INTERVALO DE CONFIANÇA<br/>A 95% DE PROBABILIDADE</u> |        |
|----------------------------|-------------------------------|---------------|--|--------|
| 430,75                     | 423,61                        | 7,13          | 430,32   | 416,90 |
| 425,62                     | 453,38                        | - 27,76       | 461,13   | 445,57 |
| 495,02                     | 472,03                        | 22,98         | 480,63   | 463,42 |
| 398,15                     | 404,40                        | - 6,25        | 410,55   | 398,25 |
| 385,32                     | 408,31                        | - 22,99       | 414,56   | 402,06 |
| 404,50                     | 432,48                        | - 27,93       | 439,49   | 425,47 |
| 491,65                     | 464,61                        | 27,03         | 472,89   | 456,33 |
| 444,95                     | 427,86                        | 17,08         | 434,71   | 421,01 |
| 485,20                     | 498,31                        | - 13,11       | 508,13   | 488,49 |
| 425,90                     | 445,40                        | - 19,50       | 452,89   | 437,91 |
| 400,07                     | 401,67                        | - 1,60        | 407,76   | 395,59 |
| 598,72                     | 610,04                        | - 11,32       | 625,64   | 594,45 |
| 566,02                     | 528,25                        | 37,76         | 539,55   | 516,96 |
| 551,92                     | 521,01                        | 30,90         | 531,94   | 510,08 |
| 311,12                     | 313,76                        | - 2,64        | 319,88   | 307,64 |
| 336,77                     | 341,03                        | - 4,26        | 346,67   | 335,39 |
| 358,15                     | 353,87                        | 4,27          | 359,43   | 348,32 |
| 298,95                     | 294,35                        | 4,59          | 301,03   | 287,67 |
| 228,52                     | 221,22                        | 7,29          | 230,93   | 211,52 |
| 419,15                     | 371,10                        | 48,04         | 376,70   | 365,51 |
| 385,52                     | 294,02                        | - 8,50        | 399,94   | 388,10 |
| 417,35                     | 461,94                        | - 44,59       | 470,11   | 453,78 |
| 313,60                     | 350,77                        | - 37,17       | 356,33   | 345,20 |
| 376,87                     | 375,84                        | 1,02          | 381,48   | 370,21 |
| 371,72                     | 369,29                        | 2,42          | 374,87   | 363,71 |
| 348,42                     | 326,90                        | 21,51         | 332,74   | 321,06 |
| 287,15                     | 269,15                        | 17,99         | 276,74   | 261,56 |
| 318,77                     | 323,04                        | - 4,27        | 328,95   | 317,12 |
| 321,37                     | 303,44                        | 17,92         | 309,84   | 297,04 |
| 384,92                     | 364,89                        | 20,02         | 370,45   | 359,33 |
| 351,87                     | 360,15                        | - 8,28        | 365,70   | 354,61 |
| 325,20                     | 336,74                        | - 11,54       | 342,43   | 331,05 |
| 343,75                     | 346,39                        | - 2,64        | 351,99   | 340,80 |
| 477,00                     | 472,76                        | 4,23          | 481,40   | 464,12 |
| 302,50                     | 323,62                        | - 21,12       | 329,52   | 317,72 |
| 296,60                     | 298,27                        | - 1,67        | 304,83   | 291,72 |
| 381,75                     | 374,22                        | 7,52          | 379,84   | 368,60 |
| 311,75                     | 310,73                        | 1,01          | 316,93   | 304,53 |
| 269,67                     | 281,93                        | - 12,26       | 289,04   | 274,83 |
| 313,27                     | 327,25                        | - 13,98       | 333,08   | 321,41 |
| 214,45                     | 206,36                        | 8,08          | 216,78   | 195,95 |
| 246,60                     | 240,09                        | 6,50          | 248,92   | 231,26 |
| 166,22                     | 163,17                        | 3,04          | 175,78   | 150,56 |
| 311,37                     | 304,80                        | 6,56          | 311,16   | 298,44 |
| 171,01                     | 192,45                        | - 21,44       | 203,56   | 181,34 |
| 165,15                     | 179,28                        | - 14,13       | 191,05   | 167,50 |
| 234,35                     | 307,40                        | - 26,94       | 217,76   | 197,03 |
| 345,00                     | 357,81                        | - 12,81       | 363,35   | 352,26 |

QUADRO XIV - Dados obtidos para a combinação das variáveis, área basal e altura média das árvores dominantes e codominantes, utilizadas para o cálculo da covariância e determinação da equação necessária às estimativas de volume cilíndrico - por hectare

| TALHÃO | AMOSTRA | A.B.  | H.D. e C.D. | A.B. x H.D.D.C. | VOLUME CIL/HA |
|--------|---------|-------|-------------|-----------------|---------------|
| 120    | 1       | 19,21 | 26,10       | 501,38          | 430,75        |
|        | 2       | 19,87 | 25,40       | 504,70          | 425,62        |
|        | 3       | 20,90 | 28,00       | 585,20          | 495,02        |
|        | 4       | 17,60 | 26,80       | 471,68          | 398,15        |
|        | 5       | 19,66 | 25,20       | 495,43          | 385,32        |
| 112    | 1       | 18,58 | 26,00       | 483,08          | 404,50        |
|        | 2       | 21,07 | 25,80       | 543,61          | 491,65        |
|        | 3       | 20,10 | 27,20       | 546,72          | 444,92        |
|        | 4       | 22,07 | 26,80       | 591,48          | 485,20        |
|        | 5       | 18,34 | 27,20       | 498,85          | 425,90        |
| 108    | 1       | 19,25 | 25,90       | 498,57          | 400,07        |
|        | 2       | 25,05 | 27,20       | 681,36          | 598,72        |
|        | 3       | 23,22 | 28,10       | 652,48          | 566,62        |
|        | 4       | 23,63 | 27,60       | 652,19          | 551,92        |
|        | 5       | 15,27 | 25,10       | 383,28          | 311,12        |
| 126    | 1       | 16,13 | 23,70       | 382,28          | 336,77        |
|        | 2       | 17,34 | 24,00       | 416,16          | 358,15        |
|        | 3       | 15,22 | 22,40       | 340,93          | 298,95        |
|        | 4       | 12,77 | 22,10       | 282,22          | 228,52        |
|        | 5       | 18,45 | 25,70       | 474,16          | 419,15        |
| 113    | 1       | 17,38 | 25,75       | 447,53          | 385,52        |
|        | 2       | 20,29 | 26,33       | 534,23          | 417,35        |
|        | 3       | 14,76 | 26,87       | 396,60          | 313,60        |
|        | 4       | 16,59 | 26,10       | 433,00          | 376,87        |
|        | 5       | 16,49 | 24,80       | 408,95          | 371,72        |
| 107-A  | 1       | 18,30 | 22,40       | 409,92          | 348,42        |
|        | 2       | 14,33 | 22,90       | 328,16          | 287,15        |
|        | 3       | 16,78 | 25,40       | 426,21          | 318,77        |
|        | 4       | 16,32 | 23,60       | 385,15          | 321,37        |
|        | 5       | 18,28 | 23,20       | 424,10          | 384,92        |
| 42     | 1       | 17,10 | 22,90       | 391,59          | 351,87        |
|        | 2       | 15,73 | 24,10       | 379,09          | 325,20        |
| 36     | 1       | 17,97 | 22,00       | 395,34          | 343,75        |
|        | 2       | 23,43 | 23,50       | 550,60          | 477,00        |
| 35     | 1       | 15,80 | 21,50       | 339,70          | 302,50        |
|        | 2       | 15,08 | 21,90       | 330,25          | 296,60        |
| 37     | 1       | 19,83 | 21,30       | 422,38          | 381,75        |
|        | 2       | 17,48 | 21,20       | 370,58          | 311,75        |
| 28     | 1       | 13,48 | 23,40       | 315,43          | 269,67        |
|        | 2       | 15,65 | 21,50       | 338,04          | 313,27        |
| 1      | 1       | 11,96 | 19,43       | 232,38          | 214,45        |
|        | 2       | 13,07 | 20,50       | 267,93          | 246,60        |
|        | 3       | 9,43  | 19,89       | 187,56          | 166,22        |
|        | 4       | 15,04 | 21,72       | 326,67          | 311,37        |
| 2      | 1       | 11,38 | 17,12       | 194,82          | 171,01        |
|        | 2       | 10,02 | 17,96       | 179,96          | 165,15        |
|        | 3       | 12,19 | 20,73       | 252,70          | 234,35        |
|        | 4       | 16,75 | 21,76       | 364,48          | 345,00        |

QUADRO XV - Análise da variância dos dados apresentados no QUADRO XLV, referentes às variáveis de área basal combinada com a altura média das árvores dominantes e codominantes, e o volume cilíndrico por hectare.

| <u>C.VAR.</u> | <u>GL</u> | <u>SQ</u>   | <u>QM</u>   | <u>F</u>  |
|---------------|-----------|-------------|-------------|-----------|
| Regres.       | 1         | 442504.6154 | 442504.6154 | 1451.95** |
| Resid.        | 46        | 14019.1582  | 204.7643    |           |
| Total         | 47        | 456523.7736 |             |           |

$$Y = 20,3570 + 0,8108 X \quad (2)$$

\*\* = significativo a 1% de probabilidade

$$\text{Coef. R} = 0,9845$$

$$\text{Coef. R}^2 = 0,9692$$

QUADRO XVI - Valores obtidos de produção, expressos em volume cilíndrico por hectare, valores calculados através da equação de correção nº 2 e os respectivos intervalos de confiança para a probabilidade de 95%

| <u>VALORES<br/>OBTIDOS</u> | <u>VALORES<br/>CALCULADOS</u> | <u>DESVIO</u> | <u>INTERVALO DE CONFIANÇA<br/>A 95% DE PROBABILIDADE</u> |        |
|----------------------------|-------------------------------|---------------|--|--------|
| 430,75                     | 426,90                        | 3,84          | 433,08   | 420,71 |
| 425,62                     | 429,59                        | - 3,97        | 435,86   | 423,32 |
| 495,02                     | 494,86                        | 0,15          | 503,61   | 486,11 |
| 398,15                     | 402,81                        | - 4,66        | 408,36   | 397,26 |
| 385,32                     | 422,07                        | - 36,75       | 428,12   | 416,03 |
| 404,45                     | 412,06                        | - 7,56        | 417,83   | 406,29 |
| 491,65                     | 461,14                        | 30,50         | 468,51   | 453,76 |
| 444,95                     | 463,66                        | - 18,71       | 471,13   | 456,19 |
| 485,20                     | 499,95                        | - 14,75       | 508,93   | 490,98 |
| 425,90                     | 424,84                        | 1,05          | 430,97   | 418,72 |
| 400,07                     | 424,62                        | - 24,55       | 430,74   | 418,50 |
| 598,72                     | 572,83                        | 25,88         | 585,16   | 560,51 |
| 566,02                     | 549,42                        | 16,59         | 560,63   | 538,20 |
| 551,92                     | 549,18                        | 2,73          | 560,38   | 537,98 |
| 311,12                     | 331,13                        | - 20,01       | 336,38   | 325,89 |
| 336,77                     | 330,32                        | 6,44          | 335,58   | 325,07 |
| 358,15                     | 357,80                        | 0,34          | 362,84   | 352,76 |
| 298,95                     | 296,80                        | 2,14          | 302,79   | 290,80 |
| 228,52                     | 249,19                        | - 20,67       | 256,83   | 241,55 |
| 419,15                     | 404,83                        | 14,31         | 410,42   | 399,23 |
| 385,52                     | 383,23                        | 2,28          | 388,44   | 378,03 |
| 417,35                     | 453,53                        | - 36,18       | 460,62   | 446,44 |
| 313,60                     | 341,94                        | - 28,34       | 347,05   | 336,82 |
| 376,87                     | 371,45                        | 5,41          | 376,54   | 366,37 |
| 371,72                     | 351,95                        | 19,76         | 357,00   | 346,90 |
| 348,42                     | 352,74                        | - 4,32        | 357,78   | 347,69 |
| 287,15                     | 286,44                        | 0,70          | 292,74   | 280,14 |
| 318,77                     | 365,94                        | - 47,17       | 371,00   | 360,89 |
| 321,37                     | 332,65                        | - 11,28       | 337,87   | 327,43 |
| 384,92                     | 364,23                        | 20,68         | 369,28   | 359,19 |
| 351,87                     | 337,87                        | 13,99         | 343,03   | 332,72 |
| 325,20                     | 327,74                        | - 2,54        | 333,03   | 322,45 |
| 343,75                     | 340,91                        | 2,83          | 346,04   | 335,79 |
| 477,00                     | 466,81                        | 10,18         | 474,40   | 459,21 |
| 302,50                     | 295,80                        | 6,69          | 301,82   | 289,78 |
| 296,60                     | 288,14                        | 8,45          | 294,38   | 281,89 |
| 381,75                     | 362,84                        | 18,90         | 367,88   | 357,79 |
| 311,75                     | 320,84                        | - 9,09        | 326,25   | 315,42 |
| 269,67                     | 276,12                        | - 6,45        | 282,76   | 269,48 |
| 313,27                     | 294,45                        | 18,81         | 300,51   | 288,39 |
| 214,45                     | 208,78                        | 5,66          | 218,11   | 199,44 |
| 246,60                     | 237,60                        | 8,99          | 245,71   | 229,50 |
| 166,22                     | 172,44                        | - 6,22        | 183,43   | 161,44 |
| 311,37                     | 285,23                        | 26,13         | 291,57   | 278,89 |
| 171,01                     | 178,32                        | - 7,31        | 189,04   | 167,60 |
| 165,15                     | 166,27                        | - 1,12        | 177,55   | 154,99 |
| 234,35                     | 225,25                        | 9,09          | 233,88   | 216,63 |
| 345,00                     | 315,89                        | 29,10         | 321,41   | 310,38 |

QUADRO XVII - Dados obtidos para a combinação das variáveis área basal e altura média das cinco maiores árvores das parcelas, utilizadas para o cálculo da covariância e determinação da equação necessária às estimativas de volume cilíndrico por hectare.

| TALHÃO | AMOSTRA | A.B.  | H.5 M. | A.B. x H.5 M. | VOLUME CIL/HA |
|--------|---------|-------|--------|---------------|---------------|
| 120    | 1       | 19,21 | 27,30  | 524,43        | 430,75        |
|        | 2       | 19,87 | 25,20  | 500,72        | 425,62        |
|        | 3       | 20,90 | 28,70  | 599,83        | 495,02        |
|        | 4       | 17,60 | 27,40  | 482,24        | 398,15        |
|        | 5       | 19,66 | 26,80  | 526,89        | 385,32        |
| 112    | 1       | 18,58 | 27,00  | 501,66        | 404,50        |
|        | 2       | 21,07 | 27,50  | 579,42        | 491,65        |
|        | 3       | 20,10 | 29,00  | 582,90        | 444,95        |
|        | 4       | 22,07 | 27,70  | 611,34        | 485,20        |
|        | 5       | 18,34 | 28,40  | 520,86        | 425,90        |
| 108    | 1       | 19,25 | 26,60  | 512,05        | 400,07        |
|        | 2       | 25,05 | 28,30  | 708,91        | 598,72        |
|        | 3       | 23,22 | 30,30  | 703,57        | 566,62        |
|        | 4       | 23,63 | 28,70  | 678,18        | 551,92        |
|        | 5       | 15,27 | 26,30  | 401,60        | 311,12        |
| 126    | 1       | 16,13 | 25,00  | 403,25        | 336,77        |
|        | 2       | 17,34 | 24,80  | 430,03        | 358,15        |
|        | 3       | 15,22 | 23,40  | 356,15        | 298,95        |
|        | 4       | 12,77 | 22,90  | 292,43        | 228,52        |
|        | 5       | 18,45 | 27,20  | 501,84        | 419,15        |
| 113    | 1       | 17,38 | 26,90  | 467,52        | 385,52        |
|        | 2       | 20,29 | 27,30  | 553,92        | 417,35        |
|        | 3       | 14,76 | 27,70  | 408,85        | 313,60        |
|        | 4       | 16,59 | 26,80  | 444,61        | 376,87        |
|        | 5       | 16,49 | 26,60  | 438,63        | 371,72        |
| 107-A  | 1       | 18,30 | 24,60  | 450,18        | 348,42        |
|        | 2       | 14,33 | 26,30  | 376,88        | 287,15        |
|        | 3       | 16,78 | 27,30  | 458,09        | 318,77        |
|        | 4       | 16,32 | 25,80  | 421,06        | 321,37        |
|        | 5       | 18,28 | 26,90  | 491,73        | 384,92        |
| 42     | 1       | 17,10 | 24,90  | 424,08        | 351,87        |
|        | 2       | 15,73 | 25,60  | 402,69        | 325,20        |
| 36     | 1       | 17,97 | 23,20  | 416,90        | 343,75        |
|        | 2       | 23,43 | 24,90  | 583,41        | 477,00        |
| 35     | 1       | 15,80 | 22,50  | 355,50        | 302,50        |
|        | 2       | 15,08 | 22,80  | 343,82        | 296,60        |
| 37     | 1       | 19,83 | 23,30  | 462,04        | 381,75        |
|        | 2       | 17,48 | 22,50  | 393,30        | 311,75        |
| 28     | 1       | 13,48 | 25,30  | 341,04        | 269,67        |
|        | 2       | 15,65 | 23,40  | 366,21        | 313,27        |
| 1      | 1       | 11,96 | 21,40  | 255,94        | 214,15        |
|        | 2       | 13,07 | 23,20  | 303,22        | 246,60        |
|        | 3       | 9,43  | 20,80  | 196,14        | 166,22        |
|        | 4       | 15,04 | 23,60  | 354,94        | 311,37        |
| 2      | 1       | 11,38 | 18,80  | 213,94        | 171,01        |
|        | 2       | 10,02 | 19,00  | 190,38        | 165,15        |
|        | 3       | 12,19 | 22,80  | 277,93        | 234,35        |
|        | 4       | 16,75 | 24,10  | 403,67        | 345,00        |



QUADRO XVIII - Análise da variância dos dados apresentados no QUADRO XVII, referentes às variáveis de área - basal combinada com a altura média das cinco - maiores árvores das parcelas, e o volume cilíndrico por hectare.

| <u>C.VAR.</u> | <u>GL</u> | <u>SQ</u>   | <u>QM</u>   | <u>F</u>  |
|---------------|-----------|-------------|-------------|-----------|
| Regres.       | 1         | 443413.5531 | 443413.5531 | 1555.81** |
| Resid.        | 46        | 13110.2207  | 285.0047    |           |
| Total         | 47        | 456523,7736 |             |           |

$$Y = 7,7257 + 0,7937 X \quad (3)$$

\*\* = significativo a 1% de probabilidade

$$\text{Coef. R} = 0,9855$$

$$\text{Coef. R}^2 = 0,9712$$

QUADRO XIX - Valores obtidos de produção, expressos em volume cilíndrico por hectare, valores calculados através da equação de correlação nº 3, e os respectivos intervalos de confiança para probabilidade de 95%

| <u>VALORES<br/>OBTIDOS</u> | <u>VALORES<br/>CALCULADOS</u> | <u>DESVIO</u> | <u>INTERVALO DE CONFIANÇA<br/>A 95% DE PROBABILIDADE</u> |        |
|----------------------------|-------------------------------|---------------|--|--------|
| 430,75                     | 423,97                        | 6,77          | 429,87   | 418,08 |
| 425,62                     | 405,15                        | 20,46         | 410,57   | 399,74 |
| 495,02                     | 483,82                        | 11,19         | 491,83   | 475,81 |
| 398,15                     | 390,49                        | 7,65          | 395,62   | 385,35 |
| 385,32                     | 425,93                        | - 40,61       | 431,88   | 419,97 |
| 404,50                     | 405,90                        | - 1,40        | 411,33   | 400,47 |
| 491,65                     | 467,62                        | 24,02         | 474,99   | 460,25 |
| 444,95                     | 470,38                        | - 25,43       | 477,86   | 462,91 |
| 485,20                     | 492,96                        | - 7,76        | 501,34   | 484,58 |
| 425,90                     | 421,14                        | 4,75          | 426,96   | 415,32 |
| 400,07                     | 414,15                        | - 14,08       | 419,78   | 408,52 |
| 598,72                     | 570,40                        | 28,31         | 582,20   | 558,60 |
| 566,02                     | 566,16                        | - 0,14        | 577,76   | 554,56 |
| 551,92                     | 546,01                        | 5,90          | 556,69   | 535,33 |
| 311,12                     | 326,48                        | - 15,36       | 331,62   | 321,34 |
| 336,77                     | 327,79                        | 8,97          | 332,91   | 322,67 |
| 358,15                     | 349,05                        | 9,09          | 353,94   | 344,15 |
| 298,95                     | 290,41                        | 8,53          | 296,38   | 284,43 |
| 228,52                     | 239,83                        | - 11,31       | 247,57   | 232,09 |
| 419,15                     | 406,04                        | 13,10         | 411,48   | 400,61 |
| 385,52                     | 378,80                        | 6,71          | 383,78   | 373,82 |
| 417,35                     | 447,38                        | - 30,03       | 454,02   | 440,74 |
| 313,60                     | 332,24                        | - 18,64       | 337,29   | 327,18 |
| 376,87                     | 360,62                        | 16,24         | 365,49   | 355,74 |
| 371,72                     | 355,87                        | 15,84         | 360,75   | 351,00 |
| 348,42                     | 365,04                        | - 16,62       | 369,92   | 360,16 |
| 287,15                     | 306,86                        | - 19,71       | 312,39   | 301,33 |
| 318,77                     | 371,32                        | - 52,55       | 376,23   | 366,40 |
| 321,37                     | 341,93                        | - 20,56       | 346,87   | 336,98 |
| 384,92                     | 398,02                        | - 13,10       | 403,29   | 392,75 |
| 351,87                     | 344,32                        | 7,54          | 349,25   | 339,40 |
| 325,20                     | 327,35                        | - 2,15        | 332,47   | 322,22 |
| 343,75                     | 338,62                        | 5,12          | 343,60   | 333,65 |
| 477,00                     | 470,79                        | 6,20          | 478,28   | 463,29 |
| 302,50                     | 289,89                        | 12,60         | 295,88   | 283,90 |
| 296,60                     | 280,62                        | 15,97         | 286,89   | 274,35 |
| 381,75                     | 374,45                        | 7,29          | 379,39   | 369,51 |
| 311,75                     | 319,89                        | - 8,14        | 325,15   | 314,64 |
| 269,67                     | 278,41                        | - 8,74        | 284,76   | 272,07 |
| 313,27                     | 298,39                        | 14,87         | 304,14   | 292,64 |
| 214,45                     | 210,87                        | 3,57          | 219,80   | 201,93 |
| 246,60                     | 248,39                        | - 1,79        | 255,81   | 240,98 |
| 166,22                     | 163,40                        | 2,81          | 174,43   | 152,37 |
| 311,37                     | 289,45                        | 21,91         | 295,45   | 283,44 |
| 171,01                     | 177,53                        | - 6,52        | 187,92   | 167,14 |
| 165,15                     | 158,83                        | 6,31          | 170,07   | 147,59 |
| 234,35                     | 228,32                        | 6,02          | 236,53   | 220,11 |
| 345,00                     | 328,12                        | 16,87         | 333,24   | 323,01 |

QUADRO XX - Dados obtidos para a combinação das variáveis área basal e altura média das árvores dominantes das parcelas, utilizados para o cálculo da covariância, e determinação da equação necessária às estimativas de volume cilíndrico por hectare.

| <u>TALHÃO</u> | <u>AMOSTRA</u> | <u>A.B.</u> | <u>H.D.</u> | <u>A.B. x H.D.</u> | <u>VOLUME CIL/HA</u> |
|---------------|----------------|-------------|-------------|--------------------|----------------------|
| 120           | 1              | 19,21       | 27,30       | 524,43             | 430,75               |
|               | 2              | 19,87       | 26,60       | 528,54             | 425,62               |
|               | 3              | 20,90       | 28,70       | 599,83             | 495,02               |
|               | 4              | 17,60       | 27,70       | 487,52             | 398,15               |
|               | 5              | 19,66       | 28,30       | 556,38             | 385,32               |
| 112           | 1              | 18,58       | 27,40       | 509,09             | 404,50               |
|               | 2              | 21,07       | 27,41       | 577,53             | 491,65               |
|               | 3              | 20,10       | 29,00       | 582,90             | 444,95               |
|               | 4              | 22,07       | 27,70       | 611,34             | 485,20               |
|               | 5              | 18,34       | 27,90       | 511,69             | 425,90               |
| 108           | 1              | 19,25       | 27,00       | 519,75             | 400,07               |
|               | 2              | 25,05       | 28,60       | 716,43             | 598,72               |
|               | 3              | 23,22       | 30,10       | 698,92             | 566,62               |
|               | 4              | 23,63       | 28,70       | 678,18             | 551,92               |
|               | 5              | 15,27       | 27,00       | 412,29             | 311,12               |
| 126           | 1              | 16,13       | 25,00       | 403,25             | 336,77               |
|               | 2              | 17,34       | 25,10       | 435,23             | 358,15               |
|               | 3              | 15,22       | 23,70       | 360,71             | 298,95               |
|               | 4              | 12,77       | 23,00       | 293,71             | 228,52               |
|               | 5              | 18,45       | 27,20       | 501,84             | 419,15               |
| 113           | 1              | 17,38       | 28,30       | 491,85             | 385,52               |
|               | 2              | 20,29       | 28,16       | 571,37             | 417,35               |
|               | 3              | 14,76       | 27,70       | 408,85             | 313,60               |
|               | 4              | 16,59       | 26,57       | 440,80             | 376,87               |
|               | 5              | 16,49       | 26,60       | 438,63             | 371,72               |
| 107-A         | 1              | 18,30       | 25,50       | 466,65             | 348,42               |
|               | 2              | 14,33       | 26,30       | 376,88             | 287,15               |
|               | 3              | 16,78       | 27,70       | 464,81             | 318,77               |
|               | 4              | 16,32       | 26,50       | 432,48             | 321,37               |
|               | 5              | 18,28       | 27,40       | 500,87             | 384,92               |
| 35            | 1              | 15,80       | 20,44       | 322,95             | 302,50               |
|               | 2              | 15,08       | 20,05       | 302,35             | 296,50               |
| 36            | 1              | 17,97       | 22,50       | 404,33             | 343,75               |
|               | 2              | 23,43       | 24,30       | 569,35             | 477,00               |
| 37            | 1              | 19,83       | 22,27       | 441,61             | 381,75               |
|               | 2              | 17,48       | 22,33       | 390,33             | 311,75               |
| 42            | 1              | 17,10       | 24,67       | 421,85             | 351,25               |
|               | 2              | 15,73       | 24,90       | 391,68             | 325,25               |
| 28            | 1              | 13,48       | 25,50       | 343,74             | 262,25               |
|               | 2              | 15,65       | 22,83       | 357,29             | 313,25               |
| 1             | 1              | 11,96       | 20,26       | 242,31             | 314,45               |
|               | 2              | 13,07       | 21,70       | 283,62             | 246,60               |
|               | 3              | 9,43        | 20,40       | 192,37             | 166,22               |
|               | 4              | 15,04       | 23,10       | 347,42             | 311,37               |
| 2             | 1              | 11,38       | 18,80       | 213,94             | 171,01               |
|               | 2              | 10,02       | 18,40       | 184,37             | 165,15               |
|               | 3              | 12,19       | 21,80       | 265,74             | 234,35               |
|               | 4              | 16,75       | 23,00       | 385,25             | 345,00               |

QUADRO XXI - Análise da variância dos dados apresentados no QUADRO XX, referentes às variáveis de área basal, combinada com a altura média das árvores dominantes e o volume cilíndrico por hectare.

| <u>C. VAR.</u> | <u>GL</u> | <u>SQ</u>   | <u>QM</u>   | <u>F</u> |
|----------------|-----------|-------------|-------------|----------|
| Regres.        | 1         | 419176.4196 | 419176.4196 | 516,29** |
| Resid.         | 46        | 37347.3540  | 811.8990    |          |
| Total          | 47        | 456523.7736 |             |          |

$$Y = 31,1374 + 0,7425 X \quad (4)$$

\*\* = significativo a 1% de probabilidade

$$\text{Coef. R} = 0.9582$$

$$\text{Coef. R}^2 = 0.9181$$

QUADRO XXII - Valores obtidos de produção, expressos em volume cilíndrico por hectare, valores calculados através da equação de correlação nº 4, e os respectivos intervalos de confiança para a probabilidade de 95%

| <u>VALORES<br/>OBTIDOS</u> | <u>VALORES<br/>CALCULADOS</u> | <u>DESVIO</u> | <u>INTERVALO DE CONFIANÇA<br/>A 95% DE PROBABILIDADE</u> |        |
|----------------------------|-------------------------------|---------------|--|--------|
| 430,75                     | 420,55                        | 10,19         | 430,43   | 410,68 |
| 425,62                     | 423,61                        | 2,00          | 433,63   | 413,58 |
| 495,02                     | 476,54                        | 18,47         | 489,79   | 463,29 |
| 398,15                     | 393,15                        | 4,99          | 401,92   | 384,38 |
| 385,32                     | 444,28                        | - 58,96       | 455,44   | 433,12 |
| 404,50                     | 409,16                        | - 4,66        | 418,52   | 399,81 |
| 491,65                     | 459,99                        | 31,65         | 472,13   | 447,84 |
| 444,95                     | 463,97                        | - 19,02       | 476,37   | 451,57 |
| 485,20                     | 485,09                        | 0,10          | 498,94   | 471,24 |
| 425,90                     | 411,09                        | 14,80         | 420,53   | 401,66 |
| 400,07                     | 417,08                        | - 17,01       | 426,79   | 407,37 |
| 598,72                     | 563,13                        | 35,58         | 582,93   | 543,33 |
| 566,02                     | 550,12                        | 15,89         | 568,89   | 531,36 |
| 551,92                     | 534,72                        | 17,19         | 552,28   | 517,17 |
| 311,12                     | 337,28                        | - 26,16       | 345,72   | 328,85 |
| 336,77                     | 330,57                        | 6,19          | 339,16   | 321,99 |
| 358,15                     | 354,32                        | 3,82          | 362,55   | 346,08 |
| 298,95                     | 298,98                        | - 0,03        | 308,74   | 289,23 |
| 228,52                     | 249,52                        | - 20,71       | 261,89   | 236,57 |
| 419,15                     | 403,78                        | 15,36         | 412,92   | 394,64 |
| 385,52                     | 396,36                        | - 10,84       | 405,24   | 387,49 |
| 417,35                     | 455,41                        | - 38,06       | 467,26   | 443,56 |
| 313,60                     | 334,73                        | - 21,13       | 343,22   | 326,24 |
| 376,87                     | 358,45                        | 18,41         | 366,68   | 350,23 |
| 371,72                     | 356,84                        | 14,87         | 365,07   | 348,62 |
| 348,42                     | 377,65                        | - 29,23       | 386,05   | 369,25 |
| 287,15                     | 310,99                        | - 23,84       | 320,22   | 301,76 |
| 318,77                     | 376,28                        | - 57,51       | 384,66   | 367,91 |
| 321,37                     | 352,28                        | - 30,91       | 360,52   | 344,03 |
| 384,92                     | 403,06                        | - 18,14       | 412,17   | 393,95 |
| 351,87                     | 270,94                        | 80,92         | 282,22   | 259,67 |
| 325,20                     | 255,65                        | 69,54         | 267,88   | 243,41 |
| 343,75                     | 331,37                        | 12,37         | 339,94   | 322,81 |
| 477,00                     | 453,91                        | 23,08         | 465,66   | 442,16 |
| 302,50                     | 359,06                        | - 56,56       | 367,28   | 350,83 |
| 296,60                     | 320,98                        | - 24,38       | 329,84   | 312,11 |
| 381,75                     | 344,38                        | 37,36         | 352,70   | 336,06 |
| 311,75                     | 321,98                        | - 10,23       | 330,81   | 313,15 |
| 269,67                     | 286,38                        | - 16,71       | 296,77   | 275,99 |
| 313,27                     | 296,44                        | 16,82         | 306,32   | 286,57 |
| 214,45                     | 211,06                        | 3,38          | 226,43   | 195,70 |
| 246,60                     | 241,74                        | 4,85          | 254,90   | 228,57 |
| 166,22                     | 173,98                        | - 7,76        | 192,19   | 155,77 |
| 311,37                     | 289,11                        | 22,25         | 299,36   | 278,87 |
| 171,01                     | 190,00                        | - 18,99       | 206,96   | 173,03 |
| 165,15                     | 168,04                        | - 2,89        | 186,71   | 149,36 |
| 234,35                     | 228,46                        | 5,88          | 242,56   | 214,36 |
| 345,00                     | 317,20                        | 27,79         | 326,20   | 308,21 |

QUADRO XXIII - Resumo das equações obtidas para as variáveis combinadas, área basal e formas de expressão de altura média, para o cálculo do volume cilíndrico por hectare, a partir de dados obtidos de parcelas de quatrocentos metros quadrados, de populações de Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna em regime de alto-fuste

| VARIÁVEIS COMBINADAS   | a       | b      | R      | R <sup>2</sup> | ÊRRO PADRÃO % |
|--|---------|--------|--------|----------------|---------------|
| Área basal e altura média da parcela - 1                                       | 2,7181  | 1,1849 | 0,9812 | 0,9628         | 5,4           |
| Área basal e altura média das árvores dominantes e codominantes da parcela - 2 | 20,3570 | 0,8108 | 0,9845 | 0,9692         | 4,9           |
| Área basal e altura média das cinco maiores árvores da parcela - 3             | 7,7257  | 0,7937 | 0,9855 | 0,9712         | 4,7           |
| Área basal e altura média das árvores dominantes da parcela - 4                | 31,1374 | 0,7425 | 0,9582 | 0,9181         | 7,9           |

III-3.2 - Resultados obtidos para povoamentos em regeneração por talha-  
dia

De conformidade com a metodologia, são apresentados no QUADRO XXIV, os dados obtidos para os valores de área basal (A.B.) , altura média das árvores dominantes (H.D.), altura média das árvores dominantes e codominantes (H.D.C.D.), altura média - das cinco maiores árvores da parcela (H.5), e altura média de todas as árvores da parcela (H.M.).

Os dados combinados de área basal e várias formas de expres - são de altura média são apresentados nos QUADROS em sequência, da mesma forma que a análise da variância, as equações de - correlação calculadas e as estimativas de seus intervalos de confiança, para o volume cilíndrico.

A ordem de apresentação dos dados e resultados segue absolutamente a mesma sequência observada para os de primeira rotação.

QUADRO XXIV - Dados obtidos para Euc. alba e Euc. saligna, para o espaçamento 2,50 x 1,60, nas idades de 3 a 8 anos e para povoamentos em regime de talhadia.

| TALHÃO | AMOSTRA | A.B./HA | H.D.  | HD e CD | H.5 M | H.M.  | VOLUME<br>CIL/HA |
|--------|---------|---------|-------|---------|-------|-------|------------------|
| 2      | 1       | 9,92    | 13,90 | 13,03   | 14,50 | 9,32  | 122,02           |
|        | 2       | 12,21   | 17,54 | 17,48   | 18,40 | 12,47 | 185,25           |
| 7      | 1       | 10,33   | 14,60 | 13,90   | 14,60 | 10,07 | 121,12           |
|        | 2       | 10,48   | 14,60 | 14,00   | 14,60 | 9,51  | 120,27           |
| 69     | 1       | 7,52    | 13,50 | 12,58   | 14,10 | 8,89  | 84,60            |
|        | 2       | 8,22    | 12,16 | 11,03   | 12,50 | 8,34  | 85,40            |
| 62     | 1       | 6,53    | 11,20 | 10,48   | 11,50 | 7,82  | 61,15            |
|        | 2       | 6,70    | 11,37 | 10,48   | 11,50 | 8,16  | 65,82            |
| 58     | 1       | 10,99   | 16,20 | 15,04   | 16,40 | 10,86 | 150,77           |
|        | 2       | 10,18   | 15,08 | 14,69   | 15,30 | 10,58 | 128,15           |
| 60     | 1       | 7,21    | 12,70 | 11,80   | 13,20 | 7,94  | 72,50            |
|        | 2       | 6,60    | 10,60 | 10,10   | 11,20 | 7,66  | 61,27            |
| 5      | 1       | 13,59   | 15,30 | 14,38   | 15,60 | 10,87 | 190,20           |
|        | 2       | 9,93    | 16,70 | 15,75   | 17,00 | 10,19 | 127,72           |
| 6      | 1       | 13,38   | 16,25 | 14,74   | 16,60 | 11,88 | 177,25           |
|        | 2       | 10,69   | 16,08 | 14,45   | 16,20 | 10,03 | 136,00           |
| 10     | 1       | 16,01   | 18,25 | 16,83   | 18,60 | 11,09 | 234,50           |
|        | 2       | 13,91   | 18,80 | 18,02   | 19,80 | 11,80 | 224,50           |
| 12     | 1       | 16,68   | 17,19 | 16,26   | 17,90 | 11,27 | 246,00           |
|        | 2       | 10,67   | 17,20 | 15,17   | 17,40 | 12,26 | 157,50           |
| 30     | 1       | 12,06   | 18,62 | 17,04   | 18,70 | 11,07 | 180,25           |
|        | 2       | 17,82   | 24,37 | 22,47   | 25,00 | 15,64 | 363,00           |
| 18     | 1       | 9,68    | 16,80 | 15,43   | 17,60 | 10,88 | 136,75           |
|        | 2       | 13,42   | 20,40 | 18,10   | 21,20 | 12,21 | 214,75           |
| 13     | 1       | 8,74    | 15,12 | 13,44   | 15,00 | 9,56  | 99,50            |
|        | 2       | 10,46   | 16,93 | 15,40   | 17,30 | 10,91 | 148,50           |
| 23     | 1       | 13,52   | 20,80 | 18,95   | 21,20 | 10,42 | 226,25           |
|        | 2       | 15,39   | 20,75 | 18,94   | 21,20 | 9,89  | 247,50           |
| 20     | 1       | 11,82   | 18,83 | 16,52   | 18,90 | 12,70 | 184,50           |
|        | 2       | 14,67   | 20,00 | 18,63   | 21,20 | 13,20 | 225,00           |
| 11     | 1       | 16,41   | 22,33 | 19,92   | 22,40 | 11,98 | 298,88           |
|        | 2       | 17,79   | 22,32 | 20,62   | 23,50 | 12,50 | 333,10           |
| 26     | 1       | 19,29   | 23,33 | 21,18   | 23,50 | 13,21 | 368,00           |
|        | 2       | 13,58   | 20,50 | 17,67   | 20,50 | 12,28 | 219,00           |
| 31     | 1       | 15,36   | 20,87 | 19,50   | 21,00 | 11,59 | 264,00           |
|        | 2       | 16,27   | 21,40 | 19,32   | 21,40 | 12,56 | 272,00           |
| 34     | 1       | 11,44   | 18,92 | 17,38   | 19,40 | 11,13 | 171,50           |
|        | 2       | 14,54   | 16,90 | 15,87   | 18,10 | 11,03 | 212,25           |
| 39     | 1       | 10,76   | 17,70 | 16,50   | 17,80 | 9,82  | 150,50           |
|        | 2       | 21,85   | 24,60 | 24,46   | 24,90 | 12,08 | 427,00           |
| 30     | 1       | 11,45   | 19,50 | 17,57   | 19,90 | 10,15 | 169,25           |
|        | 2       | 13,14   | 19,62 | 18,81   | 20,50 | 10,87 | 204,75           |
| 45     | 1       | 14,55   | 20,87 | 20,46   | 21,90 | 11,04 | 219,25           |
|        | 2       | 15,53   | 22,20 | 19,19   | 22,20 | 10,72 | 271,00           |
| 44     | 1       | 12,35   | 20,25 | 18,09   | 20,10 | 9,96  | 182,79           |
|        | 2       | 14,78   | 22,10 | 21,22   | 22,80 | 10,63 | 266,50           |



QUADRO XXV - Dados obtidos para a combinação das variáveis, área basal e altura média das árvores, utilizadas para o cálculo da covariância, e determinação da equação necessária às estimativas de volume cilíndrico de Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna em regime de talhadia.

| <u>ÁREA BASAL</u> | <u>ALTURA MÉDIA</u> | <u>A.B. x ALT.MÉDIA</u> | <u>VOLUME CIL/HA</u> |
|-------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|
| 9,92              | 9,32                | 92,45                   | 122,02               |
| 12,21             | 12,47               | 152,26                  | 185,25               |
| 10,33             | 10,07               | 104,02                  | 121,12               |
| 10,48             | 9,51                | 99,66                   | 120,27               |
| 7,52              | 8,89                | 66,85                   | 84,60                |
| 8,22              | 8,34                | 68,55                   | 85,40                |
| 6,53              | 7,82                | 51,06                   | 61,15                |
| 6,70              | 8,16                | 54,67                   | 65,82                |
| 10,99             | 10,86               | 119,35                  | 150,77               |
| 10,18             | 10,58               | 107,70                  | 128,15               |
| 7,21              | 7,94                | 57,25                   | 72,50                |
| 6,60              | 7,66                | 50,56                   | 61,27                |
| 13,59             | 10,87               | 147,72                  | 190,20               |
| 9,93              | 10,19               | 101,19                  | 127,72               |
| 13,38             | 11,88               | 158,95                  | 177,25               |
| 10,69             | 10,03               | 107,22                  | 136,00               |
| 16,01             | 11,09               | 177,55                  | 234,50               |
| 13,91             | 11,80               | 164,14                  | 224,50               |
| 16,68             | 11,27               | 187,98                  | 246,00               |
| 10,67             | 12,26               | 130,81                  | 157,50               |
| 12,06             | 11,07               | 133,50                  | 180,25               |
| 17,82             | 15,64               | 278,70                  | 363,00               |
| 9,63              | 10,88               | 105,32                  | 136,75               |
| 13,42             | 12,21               | 163,86                  | 214,75               |
| 8,74              | 9,56                | 83,55                   | 99,50                |
| 10,46             | 10,91               | 114,12                  | 148,50               |
| 13,52             | 10,42               | 140,88                  | 226,25               |
| 15,39             | 9,89                | 152,21                  | 247,50               |
| 11,82             | 12,70               | 150,11                  | 184,50               |
| 14,67             | 13,20               | 193,64                  | 225,00               |
| 16,41             | 11,98               | 196,59                  | 298,88               |
| 17,79             | 12,50               | 222,37                  | 333,10               |
| 19,29             | 13,21               | 254,82                  | 368,00               |
| 13,58             | 12,28               | 166,76                  | 219,00               |
| 15,36             | 11,59               | 178,02                  | 264,00               |
| 16,27             | 12,56               | 204,35                  | 272,00               |
| 11,44             | 11,13               | 127,33                  | 171,50               |
| 14,54             | 11,03               | 160,38                  | 212,25               |
| 10,76             | 9,82                | 105,66                  | 150,50               |
| 21,85             | 12,08               | 263,95                  | 427,00               |
| 11,45             | 10,15               | 116,22                  | 169,25               |
| 13,14             | 10,87               | 142,83                  | 204,75               |
| 14,55             | 11,04               | 160,63                  | 219,25               |
| 15,53             | 10,72               | 166,48                  | 271,00               |
| 12,35             | 9,96                | 123,01                  | 182,79               |
| 14,78             | 10,63               | 157,11                  | 266,50               |

QUADRO XXVI - Análise da variância dos dados apresentados no QUADRO XXV, referentes às variáveis de área basal, combinada com a altura média, e o volume cilíndrico por hectare para Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna em regime - de talhadia.

| <u>C.VAR.</u> | <u>GL</u> | <u>SQ</u>   | <u>QM</u>   | <u>F</u> |
|---------------|-----------|-------------|-------------|----------|
| Regres.       | 1         | 297280.9853 | 297280.9853 | 658,67** |
| Resid.        | 44        | 19858,5178  | 451.3299    |          |
| Total         | 45        | 317139,5031 |             |          |

$$Y = 19,6938 + 1,5031 X \quad (5)$$

\*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$\text{Coef. R} = 0,9681$$

$$\text{Coef. R}^2 = 0,9373$$

QUADRO XXVII - Valores obtidos de produção expressos em volume cilíndrico por hectare, valores calculados através da equação nº 5, e o respectivo intervalo de confiança, para a probabilidade de 95%

| <u>VALORES<br/>OBTIDOS</u> | <u>VALORES<br/>CALCULADOS</u> | <u>DESVIO</u> | <u>INTERVALO DE CONFIANÇA<br/>A 95% DE PROBABILIDADE</u> |        |
|----------------------------|-------------------------------|---------------|--|--------|
| 122,02                     | 119,26                        | 2,75          | 127,69   | 110,84 |
| 185,25                     | 209,17                        | - 23,92       | 215,58   | 202,75 |
| 121,12                     | 136,66                        | - 15,54       | 144,24   | 129,07 |
| 120,27                     | 130,10                        | - 9,83        | 137,98   | 122,22 |
| 84,60                      | 80,78                         | 3,81          | 91,45  | 70,12  |
| 85,40                      | 83,34                         | 2,05          | 93,84  | 72,84  |
| 61,15                      | 57,05                         | 4,09          | 69,26  | 44,85  |
| 65,82                      | 62,48                         | 3,33          | 74,32  | 50,63  |
| 150,77                     | 159,70                        | - 8,93        | 166,43   | 152,96 |
| 128,15                     | 142,19                        | - 14,04       | 149,54   | 143,84 |
| 72,50                      | 66,35                         | 6,14          | 77,94  | 54,77  |
| 61,27                      | 56,30                         | 4,96          | 68,55  | 44,04  |
| 190,20                     | 202,34                        | - 12,14       | 208,66   | 196,02 |
| 127,72                     | 132,40                        | - 4,68        | 140,18   | 124,63 |
| 177,25                     | 219,22                        | - 41,97       | 225,85   | 212,59 |
| 136,00                     | 141,47                        | - 5,47        | 148,84   | 134,09 |
| 234,50                     | 247,18                        | - 12,68       | 254,80   | 239,56 |
| 224,50                     | 227,02                        | - 2,52        | 233,87   | 220,17 |
| 246,00                     | 262,86                        | - 16,86       | 271,24   | 254,48 |
| 157,50                     | 176,92                        | - 19,42       | 183,29   | 170,56 |
| 180,25                     | 180,97                        | - 0,72        | 187,29   | 174,65 |
| 363,00                     | 399,22                        | - 36,22       | 416,58   | 381,86 |
| 136,75                     | 138,61                        | - 1,86        | 146,11   | 131,11 |
| 214,75                     | 226,60                        | - 11,85       | 233,44   | 219,77 |
| 99,50                      | 105,89                        | - 6,39        | 115,04   | 96,74  |
| 148,50                     | 151,84                        | - 3,34        | 158,82   | 144,85 |
| 226,25                     | 192,06                        | 34,18         | 198,33   | 185,80 |
| 247,50                     | 209,09                        | 38,40         | 215,50   | 202,68 |
| 184,50                     | 205,93                        | - 21,43       | 212,30   | 199,57 |
| 225,00                     | 271,37                        | - 46,37       | 280,20   | 262,53 |
| 298,88                     | 275,80                        | 23,07         | 284,88   | 266,72 |
| 333,10                     | 314,55                        | 18,54         | 326,01   | 303,09 |
| 368,00                     | 363,33                        | 4,66          | 378,11   | 348,54 |
| 219,00                     | 230,96                        | - 11,96       | 237,94   | 223,98 |
| 264,00                     | 247,89                        | 16,10         | 255,54   | 240,23 |
| 272,00                     | 287,46                        | - 15,46       | 297,22   | 277,71 |
| 171,50                     | 171,69                        | - 0,19        | 178,14   | 165,24 |
| 212,25                     | 221,37                        | - 9,12        | 228,06   | 214,69 |
| 150,50                     | 139,12                        | 11,37         | 146,60   | 131,65 |
| 427,00                     | 377,05                        | 49,94         | 392,81   | 361,29 |
| 169,25                     | 154,99                        | 14,25         | 161,87   | 148,11 |
| 204,75                     | 194,99                        | 9,75          | 201,26   | 188,72 |
| 219,25                     | 221,75                        | - 2,50        | 228,44   | 215,05 |
| 271,00                     | 230,54                        | 40,45         | 237,51   | 223,58 |
| 182,79                     | 165,20                        | 17,58         | 171,79   | 158,61 |
| 266,50                     | 216,46                        | 50,03         | 223,02   | 209,90 |

QUADRO XXVIII - Dados obtidos para a combinação das variáveis, área basal e altura média das árvores dominantes e codominantes, utilizadas para o cálculo da covariância, e determinação da equação necessária às estimativas de volume cilíndrico.

| <u>ÁREA BASAL</u><br>(A.B.) | <u>ALTURA MÉDIA</u><br><u>DAS DOM. E CODOM.</u><br>(H.D. e C.D.) | <u>A.B. x H.D.</u><br><u>e C.D.</u> | <u>VOLUME</u><br><u>CIL/HA</u> |
|-----------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------------|
| 9,92                        | 13,03  | 129,26                              | 122,02                         |
| 12,21                       | 17,48  | 213,43                              | 185,25                         |
| 10,33                       | 13,90  | 143,59                              | 121,12                         |
| 10,48                       | 14,00  | 146,72                              | 120,27                         |
| 7,52                        | 12,58  | 94,60                               | 84,60                          |
| 8,22                        | 11,03  | 90,67                               | 85,40                          |
| 6,53                        | 10,48  | 68,43                               | 61,15                          |
| 6,70                        | 10,48  | 70,22                               | 65,82                          |
| 10,99                       | 15,04  | 165,29                              | 150,77                         |
| 10,18                       | 14,69  | 149,54                              | 128,15                         |
| 7,21                        | 11,80  | 85,08                               | 72,50                          |
| 6,60                        | 10,10  | 66,66                               | 61,27                          |
| 13,59                       | 14,38  | 195,42                              | 190,20                         |
| 9,93                        | 15,75  | 156,40                              | 127,72                         |
| 13,38                       | 14,74  | 197,22                              | 177,25                         |
| 10,69                       | 14,45  | 154,47                              | 136,00                         |
| 16,01                       | 16,83  | 269,45                              | 234,50                         |
| 13,91                       | 18,02  | 250,66                              | 224,50                         |
| 16,68                       | 16,26  | 271,22                              | 246,00                         |
| 10,67                       | 15,17  | 161,86                              | 157,50                         |
| 12,06                       | 17,04  | 205,50                              | 180,25                         |
| 17,82                       | 22,47  | 400,42                              | 363,00                         |
| 9,68                        | 15,43  | 149,36                              | 136,75                         |
| 13,42                       | 18,10  | 242,90                              | 214,75                         |
| 8,74                        | 13,44  | 117,47                              | 99,50                          |
| 10,46                       | 15,40  | 151,08                              | 148,50                         |
| 13,52                       | 18,95  | 256,20                              | 226,25                         |
| 15,39                       | 18,94  | 291,49                              | 247,50                         |
| 11,82                       | 16,52  | 195,27                              | 184,50                         |
| 14,67                       | 18,63  | 273,30                              | 225,00                         |
| 16,41                       | 19,92  | 326,89                              | 298,88                         |
| 17,79                       | 20,62  | 366,93                              | 333,10                         |
| 19,29                       | 21,13  | 408,56                              | 368,00                         |
| 13,58                       | 17,67  | 239,96                              | 219,00                         |
| 15,36                       | 19,50  | 299,52                              | 264,00                         |
| 16,27                       | 19,32  | 314,34                              | 272,00                         |
| 11,44                       | 17,38  | 193,83                              | 171,50                         |
| 14,54                       | 15,87  | 230,75                              | 212,25                         |
| 10,76                       | 16,50  | 177,54                              | 150,50                         |
| 21,85                       | 24,46  | 534,45                              | 427,00                         |
| 11,45                       | 17,57  | 201,18                              | 169,25                         |
| 13,14                       | 18,81  | 247,16                              | 204,75                         |
| 14,55                       | 20,46  | 297,69                              | 219,25                         |
| 15,53                       | 19,19  | 298,02                              | 271,00                         |
| 12,35                       | 18,09  | 223,41                              | 182,79                         |
| 14,78                       | 21,22  | 313,63                              | 266,50                         |

QUADRO XXIX - Análise da variância dos dados apresentados no QUADRO XXVIII, referentes às variáveis combinadas de área basal e altura média das árvores dominantes e codominantes, e o volume cilíndrico por hectare, para Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna em regime de talhadia.

| <u>C.VAR.</u> | <u>GL</u> | <u>SQ</u>   | <u>QM</u>   | <u>F</u>   |
|---------------|-----------|-------------|-------------|------------|
| Regres.       | 1         | 311175,7037 | 311175,7037 | 2295,80 ** |
| Resid.        | 44        | 5963,7995   | 135,5408    |            |
| Total         | 45        | 317139,5031 |             |            |

$$Y = 6,7167 + 0,8454 X \quad - \quad (6)$$

\*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$\text{Coef. R} = 0,9905$$

$$\text{Coef. R}^2 = 0,9811$$

QUADRO XXX - Valores obtidos de produção, expressos em volume cilíndrico por hectare, valores calculados através da equação nº 6 e o respectivo intervalo de confiança para a probabilidade de 95%

| <u>VALORES<br/>OBTIDOS</u> | <u>VALORES<br/>CALCULADOS</u> | <u>DESVIO</u> | <u>INTERVALO DE CONFIANÇA<br/>A 95% DE PROBABILIDADE</u> |        |
|----------------------------|-------------------------------|---------------|--|--------|
| 122,02                     | 116,00                        | 6,01          | 120,66   | 111,34 |
| 185,25                     | 187,16                        | - 1,91        | 190,60   | 183,73 |
| 121,12                     | 128,12                        | - 7,00        | 132,45   | 123,78 |
| 120,27                     | 139,76                        | - 19,49       | 135,03   | 126,49 |
| 84,60                      | 86,69                         | - 2,09        | 92,25  | 81,13  |
| 85,40                      | 33,37                         | 2,02          | 89,04  | 77,70  |
| 61,15                      | 64,57                         | - 3,42        | 70,88  | 58,26  |
| 65,82                      | 66,08                         | - 0,26        | 72,34  | 59,82  |
| 150,77                     | 146,46                        | 4,30          | 150,38   | 142,55 |
| 128,15                     | 133,15                        | - 5,00        | 137,35   | 128,94 |
| 72,50                      | 78,65                         | - 6,15        | 84,47  | 72,82  |
| 61,27                      | 63,07                         | - 1,80        | 69,44  | 56,71  |
| 190,20                     | 171,94                        | 18,25         | 175,47   | 168,41 |
| 127,72                     | 138,95                        | - 11,23       | 143,02   | 134,87 |
| 177,25                     | 173,46                        | 3,78          | 176,97   | 169,94 |
| 136,00                     | 137,31                        | - 1,31        | 141,42   | 133,20 |
| 234,50                     | 234,53                        | - 0,03        | 238,40   | 230,65 |
| 224,50                     | 218,64                        | 5,85          | 222,26   | 215,03 |
| 246,00                     | 236,02                        | 9,97          | 239,93   | 232,12 |
| 157,50                     | 143,56                        | 13,93         | 147,54   | 139,59 |
| 180,25                     | 180,46                        | - 0,21        | 183,92   | 177,00 |
| 363,00                     | 345,26                        | 17,73         | 352,54   | 337,98 |
| 136,75                     | 132,99                        | 3,75          | 137,21   | 128,78 |
| 214,75                     | 212,08                        | 2,66          | 215,62   | 208,54 |
| 99,50                      | 106,03                        | - 6,53        | 110,98   | 101,08 |
| 148,50                     | 142,90                        | 5,59          | 146,89   | 138,92 |
| 226,25                     | 223,33                        | 2,91          | 227,01   | 219,64 |
| 247,50                     | 253,16                        | - 5,66        | 257,45   | 248,87 |
| 184,50                     | 171,81                        | 12,68         | 175,34   | 168,28 |
| 225,00                     | 237,78                        | - 12,78       | 241,72   | 233,84 |
| 298,88                     | 283,09                        | 15,78         | 288,23   | 277,95 |
| 333,10                     | 316,86                        | 16,23         | 323,12   | 310,60 |
| 368,00                     | 352,14                        | 15,85         | 359,68   | 344,61 |
| 219,00                     | 209,59                        | 9,40          | 213,11   | 206,08 |
| 264,00                     | 259,95                        | 4,04          | 264,42   | 255,48 |
| 272,00                     | 272,48                        | - 0,48        | 277,30   | 267,66 |
| 171,50                     | 174,82                        | - 3,32        | 178,32   | 171,32 |
| 212,25                     | 201,81                        | 10,43         | 205,27   | 198,35 |
| 150,50                     | 156,82                        | - 6,32        | 160,54   | 153,09 |
| 427,00                     | 458,58                        | - 31,58       | 470,25   | 446,92 |
| 169,25                     | 176,81                        | - 7,56        | 180,29   | 173,32 |
| 204,75                     | 215,68                        | - 10,93       | 219,26   | 212,10 |
| 219,25                     | 258,40                        | - 39,15       | 262,83   | 253,98 |
| 271,00                     | 258,68                        | 12,31         | 263,12   | 254,25 |
| 182,79                     | 195,60                        | - 12,81       | 199,04   | 192,16 |
| 266,50                     | 271,88                        | - 5,38        | 276,68   | 267,08 |

QUADRO XXXI - Dados obtidos para a combinação das variáveis área basal e altura média das cinco maiores árvores da parcela, utilizadas para o cálculo da covariância, e determinação da equação necessária às estimativas de volume cilíndrico - de Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna, em regime de talhadia.

| ÁREA BASAL<br>(A.B.) | ALTURA DAS 5<br>MAIORES ÁRVORES<br>(H. 5 M) | A.B. x H.5 M. | VOLUME<br>CIL/HA |
|----------------------|---|---------------|------------------|
| 9,92                 | 14,50                                       | 143,84        | 122,02           |
| 12,21                | 18,40                                       | 224,66        | 185,25           |
| 10,33                | 14,60                                       | 150,82        | 121,12           |
| 10,48                | 14,60                                       | 153,01        | 120,27           |
| 7,52                 | 14,10                                       | 106,53        | 84,60            |
| 8,22                 | 12,50                                       | 102,75        | 85,40            |
| 6,53                 | 11,50                                       | 75,10         | 61,15            |
| 6,70                 | 11,50                                       | 77,05         | 65,82            |
| 10,99                | 16,40                                       | 180,24        | 150,77           |
| 10,18                | 15,30                                       | 155,75        | 128,15           |
| 7,21                 | 13,20                                       | 95,17         | 72,50            |
| 6,60                 | 11,20                                       | 73,92         | 61,27            |
| 13,59                | 15,60                                       | 212,00        | 190,20           |
| 9,93                 | 17,00                                       | 168,81        | 127,72           |
| 13,38                | 15,60                                       | 222,11        | 177,25           |
| 10,69                | 16,20                                       | 173,18        | 136,00           |
| 16,01                | 18,60                                       | 297,79        | 234,50           |
| 13,91                | 19,80                                       | 275,42        | 224,50           |
| 16,68                | 17,90                                       | 298,57        | 246,00           |
| 10,67                | 17,40                                       | 185,66        | 157,50           |
| 12,06                | 18,70                                       | 225,52        | 180,25           |
| 17,82                | 25,00                                       | 445,50        | 363,00           |
| 9,68                 | 17,60                                       | 170,37        | 136,75           |
| 13,42                | 21,20                                       | 284,50        | 214,75           |
| 8,74                 | 15,00                                       | 131,10        | 99,50            |
| 10,46                | 17,30                                       | 180,96        | 148,50           |
| 13,52                | 21,20                                       | 286,62        | 226,25           |
| 15,39                | 21,20                                       | 326,27        | 247,50           |
| 11,82                | 18,90                                       | 223,40        | 184,50           |
| 14,67                | 21,20                                       | 311,00        | 225,00           |
| 16,41                | 22,40                                       | 367,58        | 298,88           |
| 17,79                | 23,50                                       | 418,07        | 333,10           |
| 19,29                | 23,50                                       | 453,32        | 368,00           |
| 13,58                | 20,50                                       | 278,39        | 219,00           |
| 15,36                | 21,00                                       | 322,56        | 264,00           |
| 16,27                | 21,40                                       | 348,18        | 272,00           |
| 11,44                | 19,40                                       | 221,94        | 171,50           |
| 14,54                | 18,10                                       | 263,17        | 212,25           |
| 10,76                | 17,80                                       | 191,53        | 150,50           |
| 21,85                | 24,90                                       | 544,07        | 427,00           |
| 11,45                | 19,90                                       | 227,86        | 169,25           |
| 13,14                | 20,50                                       | 269,37        | 204,75           |
| 14,55                | 21,90                                       | 318,65        | 219,25           |
| 15,53                | 22,20                                       | 344,77        | 271,00           |
| 12,53                | 20,10                                       | 251,85        | 182,79           |
| 14,78                | 22,80                                       | 336,98        | 266,50           |

QUADRO XXXII - Análise da variância dos dados apresentados no QUADRO XXXI, referentes às variáveis combinadas de área basal e altura média das cinco maiores árvores da parcela, e o volume cilíndrico por hectare para Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna em regime de talhadia.

| <u>C.VAR.</u> | <u>GL</u> | <u>SQ</u>          | <u>QM</u>   | <u>F</u>  |
|---------------|-----------|--------------------|-------------|-----------|
| Regres.       | 1         | 313386.1123        | 313386.1123 | 3673.74** |
| Resid.        | 44        | 3753.3908          | 85.3043     |           |
| <b>Total</b>  | <b>45</b> | <b>317139.5031</b> |             |           |

$$Y = 2,5484 + 0,7818 X \quad (7)$$

\*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$\text{Coef. R} = 0,9940$$

$$\text{Coef. R}^2 = 0,9881$$



QUADRO XXXIII - Valores obtidos de produção, expressos em volume cilíndrico por hectare, valores calculados através da equação nº 7, e o respectivo intervalo de confiança para 95% de probabilidade

| <u>VALORES OBTIDOS</u> | <u>VALORES CALCULADOS</u> | <u>DESVIO</u> | <u>INTERVALO DE CONFIANÇA A 95% DE PROBABILIDADE</u> |        |
|------------------------|---------------------------|---------------|--|--------|
| 122,02                 | 115,00                    | 7,01          | 118,72   | 111,29 |
| 185,25                 | 178,19                    | 7,05          | 180,95   | 175,43 |
| 121,12                 | 120,46                    | 0,65          | 124,05   | 116,87 |
| 120,27                 | 122,17                    | - 1,90        | 125,73   | 118,62 |
| 84,60                  | 85,44                     | - 0,84        | 89,88  | 81,01  |
| 85,40                  | 82,88                     | 2,51          | 87,38  | 78,38  |
| 61,15                  | 61,26                     | - 0,11        | 66,35  | 56,17  |
| 65,82                  | 62,78                     | 3,03          | 67,83  | 57,74  |
| 150,77                 | 143,46                    | 7,30          | 146,61   | 140,31 |
| 128,15                 | 124,32                    | 3,82          | 127,83   | 120,80 |
| 72,50                  | 76,95                     | - 4,45        | 81,61  | 72,29  |
| 61,27                  | 60,34                     | 0,92          | 65,45  | 55,22  |
| 190,20                 | 168,29                    | 21,90         | 171,12   | 165,47 |
| 127,72                 | 134,53                    | - 6,81        | 137,84   | 131,22 |
| 177,25                 | 176,20                    | 1,04          | 178,97   | 173,43 |
| 136,00                 | 137,94                    | - 1,94        | 141,19   | 134,70 |
| 234,50                 | 235,37                    | - 0,87        | 238,45   | 232,28 |
| 224,50                 | 217,88                    | 6,61          | 220,74   | 215,02 |
| 246,00                 | 235,98                    | 10,01         | 239,07   | 232,88 |
| 157,50                 | 147,70                    | 9,79          | 150,78   | 144,62 |
| 180,25                 | 178,87                    | 1,37          | 181,62   | 176,11 |
| 363,00                 | 350,86                    | 12,13         | 356,78   | 344,93 |
| 136,75                 | 135,75                    | 0,99          | 139,03   | 132,46 |
| 214,75                 | 224,98                    | - 10,23       | 227,92   | 222,04 |
| 99,50                  | 105,04                    | - 5,54        | 108,99   | 101,10 |
| 148,50                 | 144,03                    | 4,46          | 147,17   | 140,88 |
| 226,25                 | 226,64                    | - 0,39        | 229,60   | 223,68 |
| 247,50                 | 257,64                    | - 10,14       | 261,13   | 254,15 |
| 184,50                 | 177,21                    | 7,28          | 179,97   | 174,44 |
| 225,00                 | 245,70                    | - 20,70       | 248,96   | 242,44 |
| 298,88                 | 289,93                    | 8,94          | 294,17   | 285,69 |
| 333,10                 | 329,41                    | 3,68          | 334,71   | 324,11 |
| 368,00                 | 356,97                    | 11,02         | 363,07   | 350,87 |
| 219,00                 | 220,20                    | - 1,20        | 223,09   | 217,32 |
| 264,00                 | 254,74                    | 9,25          | 258,17   | 251,30 |
| 272,00                 | 274,77                    | - 2,77        | 278,64   | 270,90 |
| 171,50                 | 176,07                    | - 4,57        | 178,84   | 173,30 |
| 212,25                 | 208,30                    | 3,94          | 211,08   | 205,52 |
| 150,50                 | 152,29                    | - 1,79        | 155,31   | 149,28 |
| 427,00                 | 427,92                    | - 0,92        | 436,19   | 419,66 |
| 169,25                 | 180,69                    | - 11,44       | 183,44   | 177,95 |
| 204,75                 | 213,15                    | - 8,40        | 215,97   | 210,33 |
| 219,25                 | 251,68                    | - 32,43       | 255,05   | 248,31 |
| 271,00                 | 272,10                    | - 1,10        | 275,91   | 268,29 |
| 182,79                 | 199,45                    | - 16,66       | 202,19   | 196,71 |
| 266,50                 | 266,01                    | 0,48          | 269,68   | 262,34 |

QUADRO XXXIV - Dados obtidos para a combinação das variáveis área basal e altura média das árvores dominantes da parcela, utilizadas para o cálculo da covariância, e determinação da equação necessária às estimativas de volume cilíndrico de Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna em regime de talhadia.

| <u>ÁREA BASAL</u><br>(A.B.) | <u>ALTURA MÉDIA DAS</u><br><u>ÁRVORES DOMINANTES</u><br>(H.D.) | <u>A.B. x H.D.</u> | <u>VOLUME</u><br><u>CIL/HA</u> |
|-----------------------------|--|--------------------|--------------------------------|
| 9,92                        | 13,90  | 137,89             | 122,02                         |
| 12,21                       | 17,54  | 214,16             | 185,25                         |
| 10,33                       | 14,60  | 150,82             | 121,12                         |
| 10,48                       | 14,60  | 153,01             | 120,27                         |
| 7,52                        | 13,50  | 101,52             | 84,60                          |
| 8,22                        | 12,16  | 99,96              | 85,40                          |
| 6,53                        | 11,20  | 73,14              | 61,15                          |
| 6,70                        | 11,37  | 76,18              | 65,82                          |
| 10,99                       | 16,20  | 178,04             | 150,77                         |
| 10,18                       | 15,08  | 153,51             | 128,15                         |
| 7,21                        | 12,70  | 91,57              | 72,50                          |
| 6,60                        | 10,60  | 69,96              | 61,27                          |
| 13,59                       | 15,30  | 207,93             | 190,20                         |
| 9,93                        | 16,70  | 165,83             | 127,72                         |
| 13,38                       | 16,25  | 217,43             | 177,25                         |
| 10,69                       | 16,08  | 171,90             | 136,00                         |
| 16,01                       | 18,25  | 292,18             | 234,50                         |
| 13,91                       | 18,80  | 261,51             | 224,50                         |
| 16,68                       | 17,19  | 286,73             | 246,00                         |
| 10,67                       | 17,20  | 183,52             | 157,50                         |
| 12,06                       | 18,62  | 224,56             | 180,25                         |
| 17,82                       | 24,37  | 434,27             | 363,00                         |
| 9,68                        | 16,80  | 162,62             | 136,75                         |
| 13,42                       | 20,40  | 273,77             | 214,75                         |
| 8,74                        | 15,12  | 132,15             | 99,50                          |
| 10,46                       | 16,93  | 177,09             | 148,50                         |
| 13,52                       | 20,80  | 281,22             | 226,25                         |
| 15,39                       | 20,75  | 319,34             | 247,50                         |
| 11,82                       | 18,83  | 222,57             | 184,50                         |
| 14,67                       | 20,00  | 293,40             | 225,00                         |
| 16,41                       | 22,33  | 266,44             | 298,88                         |
| 17,79                       | 22,32  | 397,07             | 333,10                         |
| 19,29                       | 23,33  | 450,04             | 368,00                         |
| 13,58                       | 20,50  | 278,39             | 219,00                         |
| 15,36                       | 20,87  | 320,56             | 264,00                         |
| 16,27                       | 21,40  | 348,18             | 272,00                         |
| 11,44                       | 18,92  | 216,44             | 171,50                         |
| 14,54                       | 16,90  | 245,73             | 212,25                         |
| 10,76                       | 17,70  | 190,45             | 150,50                         |
| 21,85                       | 24,60  | 537,51             | 427,00                         |
| 11,45                       | 19,50  | 223,28             | 169,25                         |
| 13,14                       | 19,62  | 257,81             | 204,75                         |
| 14,55                       | 20,87  | 303,66             | 219,25                         |
| 15,53                       | 22,20  | 344,77             | 271,00                         |
| 12,53                       | 20,25  | 253,73             | 182,79                         |
| 14,78                       | 22,10  | 326,64             | 266,50                         |

QUADRO XXXV - Análise da variância dos dados apresentados no QUADRO XXXIV, referentes às variáveis combinadas de área basal e altura média das árvores dominantes da parcela, e o volume cilíndrico por hectare para Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna em regime de talhadia

| <u>C.VAR.</u> | <u>GL</u> | <u>SQ</u>   | <u>QM</u>   | <u>F</u>   |
|---------------|-----------|-------------|-------------|------------|
| Regres.       | 1         | 306458.3576 | 306458.3576 | 1262.42 ** |
| Resid.        | 44        | 10681.1455  | 242.7533    |            |
| Total         | 45        | 317139.5031 |             |            |

$$Y = 3,8055 + 0,8016 X - (8)$$

\*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$\text{Coef. R} = 0,9830$$

$$\text{Coef. R}^2 = 0,9663$$

QUADRO XXXVI - Valores de produção, expressos em volume cilíndrico por hectare, valores calculados através da equação nº 8, e o respectivo intervalo de confiança para 95 % de probabilidade.

| <u>VALORES<br/>OBTIDOS</u> | <u>VALORES<br/>CALCULADOS</u> | <u>DESVIO</u> | <u>INTERVALO DE CONFIANÇA<br/>A 95% DE PROBABILIDADE</u> |        |
|----------------------------|-------------------------------|---------------|--|--------|
| 122,02                     | 114,34                        | 7,67          | 120,66   | 108,02 |
| 185,25                     | 175,48                        | 9,76          | 180,17   | 170,80 |
| 121,12                     | 124,71                        | - 3,59        | 130,64   | 118,77 |
| 120,27                     | 126,46                        | - 6,19        | 132,34   | 120,59 |
| 84,60                      | 85,19                         | - 0,59        | 92,73  | 77,64  |
| 85,40                      | 83,93                         | 1,46          | 91,53  | 76,34  |
| 61,15                      | 62,43                         | - 1,28        | 71,03  | 53,84  |
| 65,82                      | 64,87                         | 0,94          | 73,35  | 56,39  |
| 150,77                     | 146,53                        | 4,23          | 151,77   | 141,28 |
| 128,15                     | 126,86                        | 1,28          | 132,72   | 121,00 |
| 72,50                      | 77,21                         | - 4,71        | 85,11  | 69,30  |
| 61,27                      | 59,88                         | 1,38          | 68,60  | 51,17  |
| 190,20                     | 170,49                        | 19,70         | 175,23   | 165,75 |
| 127,72                     | 136,74                        | - 9,02        | 142,27   | 131,21 |
| 177,25                     | 178,11                        | - 0,86        | 182,76   | 173,45 |
| 136,00                     | 141,61                        | - 5,61        | 146,99   | 136,22 |
| 234,50                     | 238,03                        | - 3,53        | 243,32   | 232,74 |
| 224,50                     | 213,44                        | 11,05         | 218,20   | 208,69 |
| 246,00                     | 233,66                        | 12,33         | 238,83   | 228,49 |
| 157,50                     | 150,92                        | 6,57          | 156,05   | 145,79 |
| 180,25                     | 183,82                        | - 3,57        | 188,44   | 179,21 |
| 363,00                     | 351,94                        | 11,05         | 362,07   | 341,81 |
| 136,75                     | 134,17                        | 2,57          | 139,78   | 128,55 |
| 214,75                     | 223,27                        | - 8,52        | 228,20   | 218,34 |
| 99,50                      | 109,74                        | - 10,24       | 116,24   | 103,24 |
| 148,50                     | 145,77                        | 2,72          | 151,03   | 140,50 |
| 226,25                     | 229,24                        | - 2,99        | 234,31   | 224,18 |
| 247,50                     | 259,80                        | - 12,30       | 265,80   | 253,81 |
| 184,50                     | 182,23                        | 2,26          | 186,85   | 177,60 |
| 225,00                     | 239,01                        | - 14,01       | 244,33   | 233,69 |
| 298,88                     | 217,40                        | 81,47         | 222,22   | 212,58 |
| 333,10                     | 322,12                        | 10,97         | 330,79   | 313,45 |
| 368,00                     | 364,58                        | 3,41          | 375,35   | 353,81 |
| 219,00                     | 226,98                        | - 7,98        | 231,99   | 221,97 |
| 264,00                     | 260,78                        | 3,21          | 266,81   | 254,75 |
| 272,00                     | 282,92                        | - 10,92       | 289,82   | 276,02 |
| 171,50                     | 177,31                        | - 5,81        | 181,98   | 172,65 |
| 212,25                     | 200,79                        | 11,45         | 205,42   | 196,17 |
| 150,50                     | 156,48                        | - 5,98        | 161,48   | 151,48 |
| 427,00                     | 434,70                        | - 7,70        | 449,14   | 420,26 |
| 169,25                     | 182,80                        | - 13,55       | 187,42   | 178,18 |
| 204,75                     | 210,48                        | - 5,73        | 215,20   | 205,76 |
| 219,25                     | 247,23                        | - 27,98       | 252,80   | 241,67 |
| 271,00                     | 280,19                        | - 9,19        | 286,98   | 273,40 |
| 182,79                     | 207,21                        | - 24,42       | 211,89   | 202,53 |
| 266,50                     | 265,66                        | 0,83          | 271,86   | 259,45 |

QUADRO XXXVII - Resumo das equações obtidas para as variáveis combinadas, área basal e formas de expressão de altura média, para o cálculo do volume cilíndrico por hectare a partir de dados obtidos de parcelas de quatrocentos metros quadrados, de populações de Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna em regime de talhadia

| VARIÁVEIS COMBINADAS   | a        | b      | R      | R <sup>2</sup> | ERRO PADRÃO PERCENTUAL |
|--|----------|--------|--------|----------------|------------------------|
| Área basal e altura média da parcela - (5)                                       | -19,6938 | 1.5031 | 0,9681 | 0,9373         | 11,1                   |
| Área basal e altura média das árvores dominantes e codominantes da parcela - (6) | 6,7167   | 0,8454 | 0,9905 | 0,9811         | 6,1                    |
| Área basal e altura média das cinco maiores árvores da parcela - (7)             | 2,5484   | 0,7818 | 0,9940 | 0,9881         | 4,8                    |
| Área basal e altura média das árvores dominantes da parcela (8)                  | 3,8055   | 0,8016 | 0,9830 | 0,9663         | 8,1                    |

III-3.3 - Resultados obtidos para o teste das correlações, visando o agrupamento das mesmas.

Os resultados obtidos para o teste das correlações, visando-se conhecer quais os conjuntos de valores que poderiam ser expressos por uma única equação de correlação, são apresentados no QUADRO XXXVIII.

O QUADRO XXXIX resume as equações de interesse possíveis de serem obtidas para o cálculo do volume cilíndrico, nos povoamentos amostrados para regimes de alto-fuste e talhadia. A reunião das equações 3 x 4 não apresenta interesse prático, pois não podem ser estendidas para populações em alto-fuste e talhadia, e suas soluções individuais já foram calculadas.

III-3.4 - Resultados obtidos para a análise dos custos envolvidos

Os resultados obtidos, para a análise de custos envolvidos na utilização prática das diversas metodologias testadas, são apresentados no QUADRO XL. O mesmo quadro apresenta ainda os resultados obtidos, comparando os diversos dispêndios em homens-dia, empregando as diversas metodologias, nas várias dimensões de parcela estudadas.

III-3.5 - Resultados obtidos para a reanálise do tamanho ideal de parcela em função da metodologia de inventário mais precisa.

Quadro XLI resume os custos relativos obtidos segundo metodologia proposta por FREESE (1962). Os custos referem-se apenas às operações de campo, sendo que o número de amostras necessárias referem-se à precisão de 10% entôrno da média, e a 70% de probabilidade para o intervalo de confiança.

### III-4 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### III-4.1-Equações volumétricas para populações em regime de alto-fuste

Os dados obtidos para povoamentos em regeneração por alto-fuste são apresentados no QUADRO X. Como pode ser verificado, embora a amostragem se tenha concentrado em populações com idades próximas e superiores à idade econômica de corte recomendada para as condições do Estado de São Paulo (6 - 8 anos), ocorreu uma considerável variação nas características principais das amostras. Exemplificando, a área basal variou desde 12,77 até 25,05 m<sup>2</sup>/ha, e a altura média de 14,44 até 20,46 m.

A equação de variável combinada, área basal e altura média da parcela, mostrou precisão relativamente boa, com coeficiente de determinação de 0,9628, e erro padrão percentual 5,4%. Pode ser verificado pelos resultados e análises estatísticas resumidas nos QUADROS XII, XV, XVIII, XXI e principalmente XXIII, que todas as soluções propostas mostraram precisão bastante aceitável. Entretanto, as soluções que maior precisão apresentaram foram em ordem decrescente, a equação de variável combinada área basal e altura média das cinco maiores árvores, com erro padrão percentual de 4,7% seguida da equação de variável combinada área basal e altura média das dominantes e codominantes, com erro padrão de 4,9%. A equação de variável combinada, área basal e altura média das plantas da parcela, possibilitou a solução do volume cilíndrico, com erro de 5,4%, sendo a menos precisa a solução envolvendo área basal e altura média das árvores dominantes com erro de 7,9%.

A possibilidade de uso da equação envolvendo área basal e altura média das dominantes e codominantes, já havia sido comprovada por SPURR (1951) para volumes de Pseudotsuga menziesii, Pinus palustris e Pinus taeda, esta dissertação comprova a possibilidade de estender esta solução para Eucalyptus saligna e Eucalyptus alba, inclusive com precisão um pouco mais elevada, como pode ser observado no QUADRO VII.

Embora seja a equação envolvendo altura média das árvores dominantes e co dominantes, de precisão bastante elevada, seu problema principal reside na identificação das árvores, que é feita sempre subjetivamente BONILLA - (1971) e SPURR (1951). O problema é mais acentuado para as árvores codomi nantes, SPURR (1951).

De execução bem mais simples, e sem tantos problemas de identificação no campo, a solução envolvendo apenas a eleição das árvores dominantes, apre senta, no entanto, uma precisão relativamente mais baixa, este fato prova velmente se deva ao pequeno número de árvores, por v $\hat{e}$ zes eleito em deter- minadas parcelas (2 - 3 em média).

A equação, que melhor resolução propiciou, foi sem dúvida a envolvendo área basal e altura média das cinco maiores árvores da parcela, o que seria u- ma variação da equação envolvendo altura média das dominantes e codominan tes. Entenda-se por maiores árvores, as mais desenvolvidas em altura, ge- ralmente estas são igualmente as mais desenvolvidas em diâmetro. Esta me- todologia mostrou-se bastante simples, a eleição das cinco maiores árvo- res é uma operação rápida, possibilitando elevado rendimento operacional, erro padrão percentual de apenas 4,7%, e coeficiente de determinação .... 0,9712.

Dentre todos os aspectos analisados, a última equação abordada foi a que apresentou os melhores resultados, resta, no entanto, analisar os aspec- tos econômicos dos vários métodos testados. O QUADRO XL resume os resulta- dos da análise de custos realizada, cuja metodologia procurou o mais pos- sível ser fiel às condições de campo. Como se pode verificar, em termos - de custo a resolução mais cara é a que envolve a altura média das árvores dominantes e codominantes, o que se pode compreender, devido ao fato da - necessidade da eleição das mesmas. Esta metodologia mostrou tendência de ser mais dispendiosa, para todas as dimensões de parcela.

Em ordem decrescente de custo, as equações de variável combinada testadas se agruparam da seguinte forma, altura média das dominantes e codominan tes, altura média de todas as árvores, altura média das dominantes, e al- tura média das cinco maiores árvores.



Procurando, portanto, alcançar os objetivos deste trabalho, podemos concluir que de todas as metodologias de cálculo de volume testadas, a que - melhor solução possibilitou, tanto do ponto de vista de precisão, quanto de custo operacional, foi a equação de variável combinada, área basal e - altura média das cinco maiores árvores da parcela, e sua formulação é a seguinte:

$$Y = 7,7257 + 0,7937 X$$

Y = volume cilíndrico em m<sup>3</sup>/ha

X = variável combinada área basal por hectare multiplicada pela altura média das cinco maiores árvores da parcela

#### III-4.2 - Equações volumétricas para populações em regime de talhadia

Para populações em regime de talhadia, houve a preocupação de a mostrar uma gama mais ampla de idades. Como pode ser observado no QUADRO XXIV a área basal das amostras variou desde 6,53 até 21,85 m<sup>2</sup>/ha. No tocante às alturas médias, a variação foi de .. 7,66 a 15,64 m, sendo que as idades variaram de 3 até 8 anos. Naturalmente os resultados e conclusões aqui apresentados, podem ser aplicados nesses intervalos sem qualquer restrição, para limites superiores e inferiores a estes, deve-se tomar precauções, não se recomendando extrapolações.

Como pode ser verificado pelos QUADROS XXVI, XXIX, XXXII, XXXV e principalmente XXXVII, as equações de variável combinada demonstraram a possibilidade de serem empregadas para a determinação do volume cilíndrico, mas variaram substancialmente com relação à sua precisão.

A resolução que maior precisão apresentou foi a envolvendo as - cinco maiores árvores da parcela, com apenas 4,8% de erro padrão percentual, lembramos que para o caso de populações em regime de alto-fuste, esta resolução também se mostrou a mais precisa. Podemos salientar ainda a resolução envolvendo a altura - média das árvores dominantes e codominantes, cuja precisão ex -

pressa em erro padrão percentual atingiu 6,1%. A resolução incluindo altura média das dominantes foi bem menos precisa, só sendo suplantada - nesse aspecto, pela envolvendo a altura média das árvores da parcela, cujo erro atingiu 11,1%.

O elevado erro observado para a metodologia envolvendo a altura média - das árvores da parcela, mostrou um aspecto surpreendente, tendo em vista que no caso de alto-fuste, seu erro padrão percentual não excedeu - 5,4%.

O QUADRO XXV mostra, muito significativamente, todos os valores da área basal multiplicada por altura média, como sendo inferiores ao volume cilíndrico. Provavelmente a razão para esta subestimativa seja considerar-se, com pesos iguais para a composição do volume, tanto as árvores de - diâmetros inferiores quanto às de diâmetros superiores. Na realidade as árvores de maiores diâmetros apresentam geralmente maiores alturas mé - dias, e concorrem em maior grau para composição do volume. Merece ainda ser ressaltado que a metodologia aqui abordada é frequentemente utilizada em lugar de equações volumétricas e de equações de estimativa direta de volume, mas sem qualquer correção, o que evidentemente condiciona resultados que subestimam, em percentagem muito elevada, o volume real.

As nossas afirmativas são reforçadas pelos resultados obtidos para povoamentos em regime de alto-fuste (QUADRO XI), onde também se observa o - problema de subestimativa de volume. Neste caso, porém, a equação de regressão possibilitou o cálculo de uma correção mais precisa.

Tendo em mente o objetivo deste trabalho, podemos concluir que, a metodologia mais apropriada, em função de sua precisão observada e seu baixo custo, comprovado para áreas em regime de alto-fuste, mas evidentemente de maior significação para áreas de talhadia, é a equação de varii

ável combinada incluindo a altura média das cinco maiores árvores da parcela e área basal por hectare. Sua expressão matemática é a seguinte:

$$Y = 2,5484 + 0,7818 X$$

Y = volume cilíndrico em m<sup>3</sup>/ha

X = variável combinada, área basal por hectare multiplicada pela altura média das cinco maiores árvores da parcela.

### III-4.3 - Teste das correlações visando obtenção de equações comuns para alto-fuste e talhadia:

Visando agrupar as correlações, a fim de expressar os volumes cilíndricos, de populações em regime de talhadia e alto-fuste, por uma única metodologia e equação, foi empregado o teste t - para as estimativas dos parâmetros a e b, e o teste F para as variâncias das regressões, e testada a hipótese da nulidade.

Os testes empregados permitiram concluir-se que as equações 2 e 6, 3 e 4, 3 e 8 e 4 e 8, para as condições deste trabalho, não diferiram entre si, (QUADRO XXXVIII)

Dessa forma, foi possível calcular uma única equação de correlação para a variável combinada área basal e altura média das dominantes e codominantes, a referida equação e sua precisão é apresentada no QUADRO XXXIX. A precisão alcançada por esta solução é inferior à precisão da mesma quando do cálculo individualizado para alto-fuste, mas superior à alcançada para o regime de talhadia.

A reunião das equações 3 e 4 que também não diferiram, não apresenta interesse do ponto de vista prático, pois ambas as metodologias, tem sua solução individual, aplicável a populações em alto-fuste.

Por outro lado, não diferiram as equações 3 e 8, ou seja, a solução englobando as cinco maiores árvores em regime de al-

QUADRO XXXVIII- Resumo dos testes estatísticos realizados nas equações de correlação visando-se conhecer quais as que não deferiam entre si.

| CORRELAÇÕES | COEF. A.  | TESTE t PARA OS COEF. B | (B) MEDIO | A1        | A2        | F      |
|-------------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 1 x 2       | 18,59 **  | 9,42 **                 | 0,9296    | 79.3972   | - 29.1772 | 1,21   |
| 1 x 3       | 21,16 **  | 10,07 **                | 0,9141    | 84.0367   | - 45.5075 | 1,29   |
| 1 x 4       | 16,20 **  | 8,57 **                 | 0,8716    | 96.8181   | - 25.7560 | 2,19   |
| 1 x 5       | 6,39 **   | 4,78 **                 | 1,2791    | - 25.5523 | 11.7726   | 1,22   |
| 1 x 6       | 17,58 **  | 9,07 **                 | 0,9874    | 62.0178   | - 24,3156 | 2,72   |
| 1 x 7       | 21,74 **  | 11,70 **                | 0,9346    | 77.8786   | - 34.3817 | 4,32 * |
| 1 x 8       | 19,33 **  | 9,50 **                 | 0,9535    | 72.2052   | - 31.7556 | 1,52   |
| 2 x 3       | 5,69 **   | 0,58 n.s.               | 0,8020    | 24.0082   | 4.0258    | 1,06   |
| 2 x 4       | 3,77 **   | 1,72 n.s.               | 0,7746    | 35.4633   | 16.9990   | 2,66   |
| 2 x 5       | 10,69 **  | 11,83 **                | 0,9240    | - 26.8572 | 61.6563   | 1,48   |
| 2 x 6       | 0,90 n.s. | 1,19 n.s.               | 0,8244    | 14.6834   | 11.3128   | 2,24   |
| 2 x 7       | 7,92 **   | 1,11 n.s.               | 0,7983    | 25.5875   | - 1.4299  | 3,57   |
| 2 x 8       | 4,81 **   | 0,29 n.s.               | 0,8070    | 21.9459   | 2.5468    | 1,25   |
| 3 x 4       | 0,17 n.s. | 1,32 n.s.               | 0,7671    | 19,4672   | 20.2930   | 2,84   |
| 3 x 5       | 12,53 **  | 12,34 **                | 0,9054    | - 41,6563 | 64.2696   | 1,58   |
| 3 x 6       | 3,94 **   | 1,84 n.s.               | 0,8135    | - 1,0166  | 13.7055   | 2,10   |
| 3 x 7       | 2,68 **   | 0,47 n.s.               | 0,7887    | 9,9384    | 0,8875    | 3,34   |
| 3 x 8       | 0,34 n.s. | 0,26 n.s.               | 0,7969    | 6,3085    | 4,9134    | 1,17   |
| 4 x 5       | 9,09 **   | 13,13 **                | 0,8547    | - 18.3385 | 71.3888   | 1,79   |
| 4 x 6       | 1,12 n.s. | 2,46 *                  | 0,7800    | 14.6140   | 21.0184   | 5,99 * |
| 4 x 7       | 3,03 **   | 1,01 n.s.               | 0,7583    | 24.1617   | 8.2174    | 9,51 * |
| 4 x 8       | 1,52 n.s. | 1,38 n.s.               | 0,7653    | 21.0928   | 12.3077   | 3,34   |
| 5 x 6       | 12,21 **  | 12,20 **                | 0,9981    | 51.2502   | - 26.6385 | 3,32   |
| 5 x 7       | 13,51 **  | 14,24 **                | 0,9291    | 60.9402   | - 33.0471 | 5,29 * |
| 5 x 8       | 12,67 **  | 12,09 **                | 0,9533    | 57.5399   | - 31.7055 | 1,85   |
| 6 x 7       | 8,16 **   | 2,93 **                 | 0,8110    | 14,2377   | - 4.5132  | 1,58   |
| 6 x 8       | 4,42 **   | 1,52 n.s.               | 0,8225    | 11.7230   | - 1.0902  | 1,79   |
| 7 x 8       | 2,23 *    | 0,76 n.s.               | 0,7913    | 0,2405    | 6.2092    | 2,84   |

\* = significativo a 5%  
 \*\* = significativo a 1%  
 n.s. = não significativo

QUADRO XXXIX - Resumo das equações obtidas após os testes de possibilidade de combinação, visando obter equações únicas para a expressão do volume cilíndrico, para os povoamentos em regime de alto-fuste e talhadia.

| EQUAÇÕES COMBINADAS | a       | b      | R      | R <sup>2</sup> | ERRO PA -<br>DRÃO PER-<br>CENTUAL |
|---------------------|---------|--------|--------|----------------|-----------------------------------|
| 2 e 6               | 10,5620 | 0,8321 | 0,9928 | 0,9856         | 5,4                               |
| 3 e 8               | 4,5702  | 0,8000 | 0,9916 | 0,9833         | 5,8                               |
| 4 e 8               | 10,3267 | 0,7843 | 0,9823 | 0,9649         | 8,5                               |

to-fuste, e a resolução em função das árvores dominantes, para o regime de talhadia. A precisão para esta metodologia, foi inferior à equação - das cinco maiores árvores para alto-fuste e superior a equação das domi nantes para o regime de talhadia. A possibilidade aqui abordada, também não apresenta muito interêsse prático, pois condiciona duas metodolo - gias diversas, para as duas formas de regeneração.

O fato de não haverem diferido entre si as equações 4 e 8, possibilita a adoção de uma metodologia única para os regimes de alto-fuste e talha dia, entretanto, a precisão alcançada foi relativamente baixa.

A análise das equações 3 e 7, as que individualmente mostraram maior in terêsse, demonstraram que estas diferiram apenas no que diz respeito às estimativas dos coeficientes "a".

De uma forma geral, no entanto, o mais recomendável é a utilização da - metodologia envolvendo a altura média das cinco maiores árvores, empre - gando as equações individualizadas para alto-fuste e talhadia.

#### III-4.4 - Análise de custos relativos das metodologias testadas,

● Os resultados obtidos, para os custos operacionais envolvidos na aplicação das diversas metodologias testadas nas condições deste trabalho, e com referência apenas às operações de campo, são apresentados no QUADRO XL.

A metodologia envolvendo a escolha das árvores dominantes e - codominantes, provavelmente devido à dificuldade de eleição , principalmente das árvores codominantes, apresentou tendência de ser a mais dispendiosa, independentemente das dimensões das par celas.

Por outro lado, as metodologias envolvendo a escolha de um nú mero menor de árvores, mostraram-se bem menos dispendiosas. A metodologia de escolha das árvores dominantes mostrou-se mais econômica que as metodologias envolvendo a medição de todas -

QUADRO XL - Análise de custos envolvidos para a utilização dos métodos de inventário preconizados neste trabalho:

| MÉTODO DE<br>INVENTÁRIO | DISPÊNDIO EM HOMENS DIA POR PARCELA,<br>NAS DIMENSÕES DE: |           |           |           | VALOR<br>MÉDIO |
|-------------------------|---|-----------|-----------|-----------|----------------|
|                         | 10 x 10 m   | 10 x 20 m | 20 x 20 m | 20 x 30 m |                |
| H.M.                    | 0,23  | 0,24      | 0,31      | 0,35      | 0,28           |
| H.D. e C.D.             | 0,24  | 0,25      | 0,34      | 0,35      | 0,29           |
| H.D.                    | 0,19  | 0,20      | 0,27      | 0,26      | 0,23           |
| H.5 M.                  | 0,18  | 0,19      | 0,24      | 0,24      | 0,21           |

as árvores, e das dominantes e codominantes.

Do ponto de vista econômico, a medição das cinco maiores árvores, como metodologia para estimativa do volume cilíndrico, também propiciou os resultados mais interessantes. Deve ser salientado que a diferença entre esta e a metodologia das árvores dominantes foi muito pequena.

A significação destes resultados econômicos cresce em importância a medida que as parcelas crescem em tamanho, e portanto condicionam a necessidade da mensuração de um número maior de árvores.

#### III-4.5 - Reanálise do tamanho ideal de parcelas em função da metodologia das cinco maiores árvores.

A reanálise do tamanho ideal de parcela, foi efetuada mediante o uso do método do custo relativo proposto por FREESE (1962), já descrito em maiores detalhes na primeira parte desta dissertação. Lembramos que esta metodologia se fundamenta não apenas nos custos unitários das parcelas, mas também na sua precisão.

Os resultados obtidos para esta reanálise são apresentados no QUADRO XLI, e em função destes foi possível concluir que os custos relativos das parcelas tenderam a decrescer em função do aumento da área da parcela, e mesmo com o uso da metodologia menos dispendiosa, para as operações de campo, foi constatada a não necessidade do aumento da área da parcela, de quatrocentos (20 x 20m) para seiscentos metros quadrados (30 x 20m). O custo relativo de ambas foi praticamente o mesmo, mas devido ao maior número de árvores a serem mensuradas, as parcelas de seiscentos metros quadrados mostram-se menos aconselháveis.

#### III-4.6 - Utilização prática das metodologias propostas.

A fim de se testar as metodologias propostas neste trabalho, foram aproveitados talhões que entrariam em programação nor-



QUADRO XLI - Custos relativos das diversas dimensões de parcela em função da metodologia de menor custo, ou seja, das cinco maiores árvores da parcela.

| DIMENSÃO DA PARCELA | NÚMERO DE PARCELAS (N) | DESVIO PADRÃO (S) | CUSTO UNITÁRIO DA PARCELA (d) | d. N <sup>2</sup> . S <sup>2</sup> . | CUSTO RELATIVO |
|---------------------|------------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| 10 x 10 m           | 11                     | 108,91            | 0,18                          | 258341,07                            | 1,00           |
| 20 x 10 m           | 8                      | 91,81             | 0,19                          | 102497,61                            | 0,39           |
| 20 x 20 m           | 5                      | 83,58             | 0,24                          | 60355,76                             | 0,23           |
| 20 x 30 m           | 6                      | 83,49             | 0,24                          | 60225,81                             | 0,23           |

mal de corte, para suprimento de matéria prima para celulose e papel.

Nestes talhões foram locadas, ao acaso, parcelas de quatrocentos metros quadrados, em número a priori considerado como suficiente para a precisão desejada, ou seja, dez por cento da média para o êrro padrão e setenta por cento de probabilidade para o intervalo de confiança conter a média verdadeira. Em sequência foram amostradas árvores representativas do diâmetro médio, para o cálculo do fator forma, percentagem de casca e fator empilhamento.

Para o conhecimento da produção real de madeira, foi controlada a entrada na fábrica, onde a mesma é medida nos próprios caminhões. O fato de tomarmos esta medida para as comparações, não quer dizer que a admitamos como o valor verdadeiro, pois evidentemente está também sujeito a êrros. No entanto, em realidade foi este o melhor termo de comparação disponível.

Os resultados obtidos, apresentados no QUADRO XLII, demonstram que em duas das três populações estudadas a amostragem não se mostrou suficiente, acarretando êrros maiores que dez por cento. Entretanto, os êrros cometidos, comparando-se as estimativas, com as produções obtidas, pelo controle de entrada na fábrica, foi em todos os casos inferior a dez por cento. O maior êrro foi constatado para talhões em regime de talhadia e para a metodologia envolvendo o uso de árvores dominantes e codominantes. Como já era esperado, os menores êrros foram observados para o método das cinco maiores árvores e populações em regeneração por alto fuste.

A correção do volume cilíndrico, para níveis de madeira aproveitável, depende fundamentalmente da utilização final da mesma. Por outro lado, outros fatores como idade, espécie, diâmetro e altura das árvores, condicionam correções diferentes para o mesmo grau e finalidade de uso.

O objetivo desta dissertação, tornado claro nas primeiras páginas, foi a elaboração de uma metodologia prática, econômica e suficientemente precisa, que possibilitasse uma grande gama de aplicações práticas. Evi

QUADRO XLII - Utilização de algumas das metodologias propostas, consistindo a produção obtida, em madeira efetivamente colocada no pátio da fábrica, dimensionada em estéreos de madeira sem casca.

| POPULAÇÃO                  | REGENERAÇÃO | METODOLOGIA | PRODUÇÃO ESTIMADA | PRODUÇÃO OBTIDA | ÊRRO PERCENTUAL |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| T. 30-31 e 32<br>H.M.Guaçu | Talhada     | H.D.eC.D    | 5021,57 ± 636,61  | 4.603,49        | + 9,0 %         |
| T.8 F.C.                   | Alto-fuste  | H 5M        | 6099,36 ± 555,96  | 6.005,76        | + 1,5 %         |
| T. 37 H.G.I                | Alto-fuste  | H 5M        | 3179,24 ± 406,03  | 3.144,01        | + 1,1 %         |

H.D. e C.D. - Equação de variável combinada, área basal por hectare multiplicada pela altura média das árvores dominantes e codominantes.

H.5M - Equação de variável combinada, área basal por hectare multiplicada pela altura média das cinco maiores árvores da parcela.

dentemente, se atentássemos para as correções de volume, visando uma ou outra finalidade para a madeira, limitaríamos a utilização do método. Dessa forma, as correções volumétricas deverão ser estudadas - para cada caso particular de aplicação, permanecendo portanto, o problema em aberto, para futuras pesquisas.

Entretanto, para a finalidade produção de celulose e papel, apresentamos em seqüência um estudo da correção volumétrica, inclusive a adaptação das equações de variável combinada para essa finalidade.

III-5 - A determinação do volume aproveitável para indústrias de celulose e papel.

Para o estudo da correção do volume cilíndrico para níveis de aproveitamento pelas indústrias de celulose e papel, foram abatidas 240 árvores das três espécies mais amplamente utilizadas em nosso meio, casualizadas por ampla gama de variação de diâmetros e alturas, aproveitou-se também a disponibilidade de material ampliando o estudo para o Eucalyptus propinqua.

Calculou-se o volume cilíndrico, o volume real com casca, e o volume real sem casca de todas as árvores, respeitando-se o limite mínimo de aproveitamento diametral (6 cm). Amostras foram geradas, constituindo-se de 10 árvores sorteadas, que foram consideradas como representativas de cem indivíduos pertencentes à população, portanto, a unidade amostral gerada foi equivalente ao volume de mil árvores. As amostras assim obtidas de volume cilíndrico, volume real sem casca, e volume real com casca foram analisadas visando-se à obtenção de equações de correlação, que permitem o cálculo dos volumes reais a partir do volume cilíndrico.

III.5.1 - Resultados obtidos

Os resultados obtidos para o cálculo das equações de correlação necessárias para a obtenção do volume real com casca, a partir do volume cilíndrico, são apresentados no Quadro XLIII. Os resultados obtidos para o volume real sem casca são apresentados no Quadro XLIV.

QUADRO XLIII - EQUAÇÕES OBTIDAS PARA O CÁLCULO DO VOLUME REAL COM CASCA, A PARTIR DO VOLUME CILÍNDRICO, PARA OS NÍVEIS DE APROVEITAMENTO DAS INDÚSTRIAS DE CELULOSE E PAPEL

| ESPÉCIE             | ESTIMATIVA DOS COEFICIENTES |       | INTERVALO DE APLICACÃO M3/HA | R <sup>2</sup> | r     |
|---------------------|-----------------------------|-------|------------------------------|----------------|-------|
|                     | a                           | b     |                              |                |       |
| <u>E. grandis</u>   | 1,12                        | 0,432 | 120 a 1.377                  | 0,981          | 0,991 |
| <u>E. saligna</u>   | 1,47                        | 0,455 | 120 a 1.203                  | 0,973          | 0,990 |
| <u>E. urophylla</u> | 2,00                        | 0,449 | 98 a 2.187                   | 0,987          | 0,992 |
| <u>E. propinqua</u> | 19,32                       | 0,399 | 112 a 944                    | 0,973          | 0,990 |

QUADRO XLIV - EQUAÇÕES OBTIDAS PARA O CÁLCULO DO VOLUME REAL SEM CASCAS, A PARTIR DO VOLUME CILÍNDRICO, PARA OS NÍVEIS DE APROVEITAMENTO DAS INDÚSTRIAS DE CELULOSE E PAPEL.

| ESPÉCIE             | ESTIMATIVA DOS COEFICIENTES |       | INTERVALO DE APLICACÃO M3/HA | R <sup>2</sup> | r     |
|---------------------|-----------------------------|-------|------------------------------|----------------|-------|
|                     | a                           | b     |                              |                |       |
| <u>E. grandis</u>   | 1,27                        | 0,365 | 120 a 1.377                  | 0,977          | 0,988 |
| <u>E. saligna</u>   | 1,38                        | 0,386 | 120 a 1.203                  | 0,970          | 0,985 |
| <u>E. urophylla</u> | 5,71                        | 0,386 | 98 a 2.187                   | 0,988          | 0,994 |
| <u>E. propinqua</u> | 10,48                       | 0,329 | 112 a 944                    | 0,960          | 0,980 |

III.5.2 - Adaptação das equações de variável combinada para determinação do volume real

Para as determinações dos volumes reais com e sem casca, a partir das equações de variável combinada, obtidas para as populações em regime de alto-fuste e talhadia, estas foram adaptadas matematicamente com o uso das equações para cálculo de volumes reais a partir do volume cilíndrico.

Embora as equações desenvolvidas pudessem ter sido testadas para sabermos quais poderiam ser agrupadas e expressas por uma única, não executamos esses testes de homogeneidade, optamos por continuar usando para cada espécie uma equação, embora as estimativas dos parâmetros a e b para as equações desenvolvidas para Eucalyptus grandis, Eucalyptus saligna e Eucalyptus urophylla, possuam valores muito próximos.

As equações obtidas expressando o volume real com casca, tendo por base os valores para área basal e altura média das cinco maiores árvores da parcela, são apresentadas nos QUADROS XLV e XLVI.

A resolução de volumes reais a partir da variável combinada área basal por hectare multiplicada pela altura média das cinco maiores árvores, não foi estendida para o Eucalyptus propinqua, pois esta espécie não foi amostrada para o cálculo das mesmas, embora não amostrada o Euca - lyptus grandis, apresenta características fenotípicas próximas ao Euca - lyptus saligna, e por este motivo estendemos a solução para a mesma.

### III.5.3 - O cálculo do volume comercial

Em nossas condições a madeira é comercializada na forma de pilhas, recebendo a denominação de "estéreo". Aqui reside uma das dificuldades da avaliação da produção dos povoamentos, pois o fator de empilhamento que quantifica o acréscimo volumétrico em função da execução da pilha, sofre elevadas variações, em função principalmente da altura, mas também, do diâmetro das árvores. A respeito desse problema há um estudo de HEINS DIJK (1972), e a tabela que apresentamos no QUADRO XLVII é uma adaptação do mesmo, por acreditarmos ser o trabalho mais bem elaborado a respeito, e ainda havermos constatado em condições de campo, valores bastante próximos.

Em resumo para a determinação do volume comercial, será suficiente utilizar-se à equação de variável combinada para a espécie em questão, exprimindo o volume real com ou sem casca, e multiplicá-lo pelo fator empilhamento apropriado.

Uma pequena ressalva precisa ser feita quando do uso destes fatores de empilhamento, para madeira destinada à celulose e papel, onde há necessidade, por questões industriais, do rachamento de toretes que atinjam diâmetros superiores a trinta centímetros.



QUADRO XLV - EQUAÇÕES DE VARIÁVEL COMBINADA, PARA EXPRESSÃO DO VOLUME REAL COM CASCA, PARA OS REGIMES DE ALTO FUSTE E TALHADIA PARA AS PRINCIPAIS ESPÉCIES CULTIVADAS NO SUDESTE DO BRASIL

| ESPÉCIE                       | REGIME DE REGENERAÇÃO | ESTIMATIVAS PARA OS COEFICIENTES |        |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------|
|                               |                       | a                                | b      |
| <u>E. grandis</u>             | Alto fuste            | 4,4575                           | 0,3429 |
|                               | Talhadia              | 2,2209                           | 0,3377 |
| <u>E. saligna</u>             | Alto fuste            | 4,9851                           | 0,3611 |
|                               | Talhadia              | 2,6295                           | 0,3557 |
| <u>E. urophylla</u><br>(alba) | Alto fuste            | 5,4688                           | 0,3564 |
|                               | Talhadia              | 3,1442                           | 0,3510 |

QUADRO XLVI - EQUAÇÕES DE VARIÁVEL COMBINADA PARA EXPRESSÃO DO VOLUME REAL SEM CASCA, PARA OS REGIMES DE ALTO FUSTE E TALHADIA PARA AS PRINCIPAIS ESPÉCIES CULTIVADAS NO SUDESTE DO BRASIL

| ESPÉCIE                       | REGIME DE REGENERAÇÃO | ESTIMATIVAS PARA OS COEFICIENTES |        |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------|
|                               |                       | a                                | b      |
| <u>E. grandis</u>             | Alto fuste            | 4,0900                           | 0,2897 |
|                               | Talhadia              | 2,2002                           | 0,2853 |
| <u>E. saligna</u>             | Alto fuste            | 4,3621                           | 0,3064 |
|                               | Talhadia              | 2,3637                           | 0,3018 |
| <u>E. urophylla</u><br>(alba) | Alto fuste            | 8,6921                           | 0,3064 |
|                               | Talhadia              | 6,6937                           | 0,3018 |

QUADRO XLVII - VALORES PROVÁVEIS DO FATOR DE EMPILHAMENTO EM FUNÇÃO DA ALTURA E DO DIÂMETRO DAS ÁRVORES PARA EUCALYPTUS SP SEGUNDO HEINSDIJK (1972)

| ALTURA DAS ÁRVORES (M) | INTERVALO DE DIÂMETRO (CM) | FATOR EMPILHAMENTO |
|------------------------|----------------------------|--------------------|
| 08                     | 2,6 - 5,0                  | 1,97               |
| 11                     | 5,1 - 7,5                  | 1,87               |
| 13                     | 7,6 - 10,0                 | 1,79               |
| 16                     | 10,1 - 12,6                | 1,71               |
| 19                     | 12,6 - 15,0                | 1,64               |
| 21                     | 15,1 - 17,5                | 1,58               |
| 23                     | 17,6 - 20,0                | 1,52               |
| 25                     | 20,1 - 22,5                | 1,48               |
| 27                     | 22,6 - 25,0                | 1,44               |
| 29                     | 25,1 - 27,5                | 1,42               |
| 31                     | 27,6 - 30,0                | 1,40               |
| 33                     | 30,1 - 32,5                | 1,39               |
| 35                     | 32,6 - 35,0                | 1,39               |

III-6 - SUMÁRIO E CONCLUSÕES

A segunda parte desta dissertação relata os resultados obtidos para a tentativa do estabelecimento de equações para o cálculo do volume cilíndrico de povoamentos florestais.

Fundamentalmente foram testadas "equações de variáveis combinadas", sendo estas formadas pelo produto da área basal, por diferentes estimativas de altura, a saber: altura média de todas as árvores da parcela, altura média das árvores dominantes e codominantes, altura média das dominantes e altura média das cinco maiores árvores da parcela. O uso destas equações foi testado em populações regeneradas por alto-fuste em idades de 6, 7, 12 e 13 anos, e em populações regeneradas por talhadia em idades de 3, 4, 5, 6, 7 e 8 anos, em ambos os casos das espécies Eucalyptus alba Reinw e Eucalyptus saligna Smith, originários de sementes de Rio Claro.

Tanto para populações em regime de alto-fuste, quanto populações em regime de talhadia, o autor chegou às seguintes conclusões:

- 1 - todas as soluções propostas apresentaram precisão bastante aceitável;
- 2 - em ordem decrescente as equações de variável combinada que melhores resultados apresentaram foram:
  - a - equação de variável combinada, área basal por hectare multiplicada pela altura média das cinco maiores árvores;
  - b - equação de variável combinada, área basal por hectare multiplicada pela altura média das árvores dominantes e codominantes da parcela.
- 3 - Do ponto de vista econômico, levando-se em conta apenas as operações de campo, a melhor resolução testada foi a equação de variável combinada, área basal por hectare multiplicada pela altura média das cinco maiores árvores da parcela;

4 - Em resumo, levando-se em consideração aspectos de precisão e custo, a metodologia condicionando o uso da equação de variável combinada, área basal por hectare e altura média das cinco maiores árvores da parcela, mostrou-se a mais recomendável.

5 - A determinação do volume cilíndrico de povoamentos de Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna, para populações em alto-fuste, pode portanto ser obtido através da equação:

$$Y = 7,7257 + 0,7937 X$$

Y = volume cilíndrico em m<sup>3</sup>/ha.

X = variável combinada área basal por hectare multiplicada pela altura média das cinco maiores árvores da parcela.

6 - Para populações em regime de talhadia, a obtenção do volume cilíndrico, resume-se à resolução da seguinte equação:

$$Y = 2,5484 + 0,7818 X$$

Y = volume cilíndrico em m<sup>3</sup>/ha

X = variável combinada área basal multiplicada pela altura média das cinco maiores árvores da parcela.

7 - A utilização desta metodologia, para o caso de populações em regeneração por alto-fuste, possibilitou um decréscimo no custo das operações de campo, da ordem de 22%, utilizando-se parcelas de 400 m<sup>2</sup>.

8 - As estimativas de volume cilíndrico, baseadas em estimativas de área basal e altura média, amplamente empregadas em trabalhos práticos de inventário em nosso meio, conduzem a substanciais sub-estimativas do mesmo.

Esta dissertação apresenta ainda estudos de correção de volume cilíndrico, para níveis de aproveitamento para indústrias de celulose e papel, utilizáveis para as espécies Eucalyptus grandis, Eucalyptus saligna e Eucalyptus urophylla. Também é apresentada uma tabela de fatores de empilhamento, que possibilitam as estimativas do volume comercial das espécies estudadas. Os resultados destes estudos são apresentados nos QUADROS XLV, XLVI e XLVII.

#### IV - RESUMO E CONCLUSÕES GERAIS

Esta dissertação, tendo por objetivo o desenvolvimento de metodologia para a determinação do volume de madeira de povoamentos de Eucalyptus sp., compõe-se de duas partes distintas.

A primeira parte é um estudo da determinação do tamanho ideal de parcela, para populações em regeneração por alto-fuste e talhadia. A análise dos dados obtidos possibilitou as seguintes conclusões:

- 1 - associando-se os dois métodos de análise adotadas, a saber o "método da curvatura máxima" e o "método dos custos relativos", a parcela ideal para as condições deste trabalho - foi a de 400 m<sup>2</sup>;
- 2 - a dimensão de 400 m<sup>2</sup> mostrou-se ideal tanto para populações em regime de alto-fuste, como em talhadia.

Em sua segunda parte, este trabalho relata os resultados obtidos para a tentativa de obtenção de equações para a determinação do volume cilíndrico, baseando-se fundamentalmente nas equações de variável combinada.

As espécies amostradas para este estudo foram o Eucalyptus alba Reinw e Eucalyptus saligna Smith, em regeneração por alto-fuste e talhadia. As conclusões mais importantes obtidas foram as seguintes:

- 1 - A determinação do volume cilíndrico de povoamentos de Eucalyptus alba e Eucalyptus saligna, em regeneração por alto-fuste pode ser efetuada pela resolução da seguinte equação:

$$Y = 7,7257 + 0,7937 X$$

sendo:

Y = volume cilíndrico em m<sup>3</sup>/ha.

X = variável combinada área basal por hectare multiplicada pela altura média das cinco maiores árvores da parcela.

- 2 - Para populações em regime de talhadia, o volume cilíndrico pode ser obtido pela resolução da seguinte equação:

$$Y = 2,5484 + 0,7818 X$$

sendo:

Y = volume cilíndrico em m<sup>3</sup>/ha.

X = variável combinada área basal multiplicada pela altura média das cinco maiores árvores da parcela.

- 3 - A utilização destes métodos em populações em regime de alto fuste possibilitou o decréscimo dos custos operacionais em vinte e dois por cento, com o uso de parcelas de quatrocentos metros quadrados.

Nesta dissertação são apresentadas ainda, equações para determinação do volume de madeira aproveitável para indústrias de celulose e papel, para as espécies Eucalyptus grandis, Eucalyptus saligna e Eucalyptus urophylla (alba).

V - SUMMARY

In this paper is related the results obtained for the development of a methodology to the wood volume determination of Eucalyptus plantations.

At first, it was been studied sampling problems, specially concerned with sample sizes. From the discussion of the results - obtained, could be draw the following conclusions:

- 1 - By the two analytical methods utilized, "the maximum curvature method", and "the relative cost method", the best results were obtained for the size of 400 square meters.
- 2 - This size of sample (400 m2) show better results both to the first regeneration and first regeneration of the cutover plantations.

This paper in addition presents the results for the utilization of "combined variable equations" to the determination of cilindric volumes of wood with bark in stands of Eucalyptus alba (urophylla) Reinw and Eucalyptus saligna Smith, in first regeneration and first regeneration of the cutover plantation.

The most important conclusions obtained were the following:

- 1 - The determination of the volume, of Eucalyptus alba (urophylla), and Eucalyptus saligna, can be made by solving the following equation:

$$Y = 7,7257 + 0,7937 X$$

in wich:

- Y = is the cilindric volume with bark expressed in cubic meters per hectare
- x = is the combined variable, basal area per hectare multiplied by the average height of the five biggest trees of the sample.



- 2 - The stand volume of Eucalyptus alba (urophylla) and Eucalyptus saligna, in first regeneration of cutover plantations, can be obtained by solving the following equation:

$$Y = 2,5484 + 0,7818 X$$

in wich:

Y = is the cilindric volume with bark, expressed in cubic meters per hectare

X = is the combined variable, basal area per hectare multiplied by the average height of the five biggest trees of the sample.

- 3 - The solutions for the expression of wood volume for pulp and paper mill are also presented. Special equations were developed for pulp and paper wood volume of Eucalyptus grandis, Eucalyptus saligna and Eucalyptus urophylla plantations.

= B I B L I O G R A F I A =

- 01 - AVERY, G. NEWTON, R. - 1965 - "Plot sizes for timber cruising in Georgia" - J. For. 63 (12): 530-9
- 02 - BLAKE, G.M. - 1959 - "A study to determine optimum plot size for progeny testing of red pine" - M. Sc. Thesis University - of Minnesota, Minneapolis.
- 03 - BONILLA, J.A. - 1969 - "El tamaño de parcela su magnitud mas adecuada para relevamientos dasométricos" - Silvicultura Maldonado. Uruguay nº 27 15-38.
- 04 - BONILLA, J.A. - 1971 - "La influencia del suelo y el clima en el crecimiento de los arboles en las regiones templadas" - IPEF nº 2/3 79:92.
- 05 - COELHO, A.S.R. MELLO, H.A. SIMÕES, J.W. - 1970 - "Comportamento de espécies de eucalipto face ao espaçamento" - IPEF - vol. 1 : 29-55.
- 06 - COUTO, H.T.Z. MELLO, H.A. SIMÕES, J.W. VENCOVSKY, R. - 1973 "Condução da brotação de Eucalyptus saligna Smith" - IPEF vol. 7 : 115-123
- 07 - CRONKLE, M.T., - 1963 - "The determination of experimental plot size and shape in loblolly and slash pines" - Tech. Rep. nº 17, North Carolina State College, School of Forestry, Raleigh 51p.
- 08 - CROMER, D.A.N. BOWLING, P.J. - 1962-"The development of a yield table for Eucalyptus obliqua regrowth in Southern Tasmania" - Seg. Conf. Mundial do Eucalipto - 2 : 1073-1084 - São Paulo
- 09 - DELOYA, M.C. - 1974 - "Consideraciones generales sobre el muestreo - 3P - Nota INF nº 25 Vol. II - Ano 1, 16pp - Guadalajara - Mexico.

- 10 - ERICKSON, H. - 1970 - "On measuring errors in tree height determination with different altimeters" - Estoc. Coll. of For. pg. 38-42.
- 11 - EVANS, T.C., BARBER, J.C., SQUILLACE, A.E. - 1961 - "Some statistical aspects of progeny testing" - Proc. Sixth Southern Conf. Forest Tree Improvement - School of Forestry, Univ. of Florida Gainesville - June 7-8 pg. 73-79.
- 12 - FEDERER, W.T. - 1955 - "Experimental Design - Mc Millan Co, - New York.
- 13 - FISHER, R.A., F. YATES - 1971 - "Tabelas estatísticas para pesquisa em biologia, medicina e agricultura " - Trad. Salvador Haim - Ed. Univ. São Paulo e Ed. Polig. 150 p. il. - S. Paulo.
- 14 - FREESE, F. - 1962 - "Elementary Forest Sampling" - U.S.D.A. - Agric. Handb. nº 232 91 p.
- 15 - GALVÃO, A.P.M., MELLO H.A., SIMÕES, J.M., FERREIRA, M.; PEREIRA R.A.G. - 1969 - "Dendrometria e Inventários Florestais" - Texto para Aulas de Silv. - Cad. Silv. E.S.A.L.Q. 73p.
- 16 - GOMES, F.P. - 1965 - "Inconvenientes do uso do valor médio do diâmetro para determinações de área basal" - Anais da E.S.A.L.Q 22 : 111-116
- 17 - GROSENBAUGH, L.R. - 1963a- "Some suggestions for better sample tree - measurement"- Repr. from Proceedings, Society of American Foresters, Boston Mass.
- 18 - GROSENBAUGH, L.R. - 1963b- "Optical dendrometers for out of reach diameters": A conspectus and some new Theory - Forest Science - Monograph 4 37 pp.
- 19 - GROSENBAUGH, L.R. - 1967 - "The gains from sample tree selection with Unequal probabilities" - Journ. Forestry, Vol 65 nº 3 - pp. 203-206

- 20 - GROSENBAUGH, L.R. - 1968 - "Sample tree measurement a New Science"  
Repr. from Forest Farmer Magazine, official publication of Forest  
Farmer - Association, Atlanta, Georgia V. 28 (3) pp. 10-11.
- 21 - GROSENBAUGH, L.R. - 1973a-"Forest measurement" - Repr. from Mc.  
Graw Hill Yearbook Science and Technology - Mc Graw Hill Book  
Company.
- 22 - GROSENBAUGH, L R. - 1973b- "Metrication and forest Inventory -  
Journ of Forestry Vol. 71 n<sup>o</sup> 2 - pp. 84-85.
- 23 - GROSENBAUGH, L.R. - 1974 - STX 3-3-73: "Tree content and value  
estimation using various sample designs, dendrometry methods and  
V-S-L Conversion Coefficients" U.S.D.A. Forest Service Re-  
search Paper SE-117.
- 24 - HEINSDIJK, D. - 1972 - "Forestry in Southern Brazil" - Repr. -  
Bull. 1:3:5:10, Ministry of Agric., For. Serv., For. Invent. Sec.  
72p. I.B.D.F. Rio de Janeiro - Brasil.
- 25 - HOOSER, D.D. Van - 1972 - "Evaluation of Two - Stage 3P sampling  
for Forest Surveys" - U.S.D.A. Forest Service Research Paper SO-  
77.
- 26 - HOOSER, D.D. Van - 1973 - "Field Evaluation of Two - Stage 3P -  
sampling" - U.S. Dep. of Agric. For. Serv. Res. Paper 50-86
- 27 - HUSCH, B. - 1963 - "Forest mensuration and statistics" - The -  
Ronald Press. Comp. New York - 474 p.
- 28 - JORGENSEN, J.S. - 1967 - "The influence of spacing on the growth  
and development of coniferous plantations" - Intern. Rev. For.  
Res., New York Academic Press 316 pg.
- 29 - MESAVAGE, C. - 1971 -"STX Timber estimating with 3P sampling and  
dendrometry U.S.D.A. Forest Service, Agriculture Handbook n<sup>o</sup> 415  
135 p.

- 30 - NYSSONEN, A. - 1966 - "On the efficiency of some methods of forestry survey" - Proc. of the 6 th World Forestry Congress, Madrid, Rome FAO - pp 22.473 - 22.476.
- 31 - PEARCE, S.C. - 1953 - "Field experimentation with fruit trees and other perennial plants" - Tech. Comm. n<sup>o</sup> 23, Commonwealth Bur, of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, Maidstone, Kent, England.
- 32 - SIMÕES, J.M., MELLO, H.A., BARBIN, D. - 1967 - "Eficiência dos aparelhos e influência do operador na medição de altura total - das árvores " - O Solo - Ano LIX - n<sup>o</sup> 2 57-63
- 33 - SMITH, D.M. - 1962 - "The Practice of Silviculture" - John Wiley and Sons - New York - 578 pg.
- 34 - SNEDECOR, G.W. - 1956 - "Statistical Methods" - Fifth Edition, Iowa State College Press, Ames.
- 35 - SPACE, J.C. - 1974 - "3P Forest Inventory" - U.S. Forest Service State & Private Forestry - Southeastern Area - Atlanta Georgia 58 pp.
- 36 - SPURR, S.H. - 1951 - "Forest Inventory" The Ronald Press Company - 476 p.
- 37 - WRIGHT, J.W., FREELAND, F.D. - 1958 - "Plot size in forest genetic research" - Pap. Mich. Acad. Sci. 44 : 177-182
- 38 - WRIGHT, J.W., FREELAND, F.D. - 1960 - "Plot size and experimental efficiency in forest genetic research" - Mich. Agric. Exp. Station - Tech. Bull 280, 28 p.
- 39 - WRIGHT, J.W. - 1964 - "Mejoramiento genetico de los arboles forestales" - FAO - Organ. de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion - ROMA 436 pp.

- 40 - VEIGA, R.A.A. - 1970 - "Métodos de determinação de área basal em povoamentos florestais" - Tese Dout. - F.C.M.B.B. 119 p. Botucatu, Est. de São Paulo.
- 41 - VEIGA, R.A.A. - 1972 - "Equações volumétricas para Eucalyptus sa ligna Smith, em ocasião de primeiro corte" - Tese de Livre docência F.C.M.B.B. - 172p., Botucatu - Est. de São Paulo.