

ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE MEDIÇÃO NUM
BOSQUE SECUNDÁRIO TROPICAL

Tese de Grau

de

Magister Scientiae

Sebastião do Amaral Machado



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DA OEA
Centro Tropical de Ensino e Investigação
Departamento de Ciências Florestais
Turrialba, Costa Rica
Novembro, 1972

ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE MEDIÇÃO NUM
BOSQUE SECUNDÁRIO TROPICAL

Tese

Apresentada ao conselho da Escola para Graduados
como requisito parcial para optar ao grau

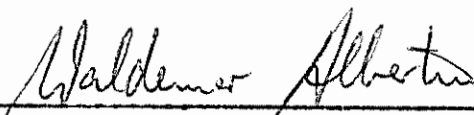
de

Magister Scientiae

no

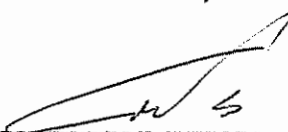
Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA

APROVADA:



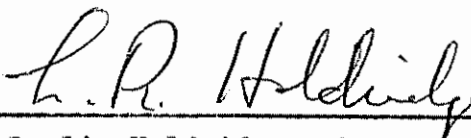
Waldemar Albertin, Ph.D.

Conselheiro



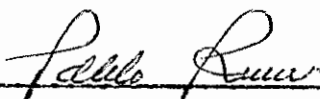
Gilberto Páez, Ph.D.

Comitê



Leslie Holdridge, Ph.D.

Comitê



Pablo Rosero, M.Sc.

Comitê

Novembro, 1972

AGRADECIMENTOS

O autor deseja expressar seus agradecimentos ao Dr. Waldemar Albertin, conselheiro principal, por sua orientação e estímulo.

Aos demais membros do comitê conselheiro, Dr. Gilberto Páez, Dr. Leslie Holdridge, Ing. Pablo Rosero pelo apoio, orientação e sugestões apresentadas na elaboração da tese.

A minha esposa Daniela pela grande colaboração no ordenamento e classificação de dados bem como nos trabalhos de datilografia da tese.

Aos colegas do Departamento de Manejo Florestal da Faculdade de Florestas pelo encargo de trabalhos a mais, durante a ausência do autor.

Ao Sr. Manoel Zamorra pelos trabalhos de processamento de dados no computador IBM 1130.

A Universidade Federal do Paraná, através da Reitoria, COPERTIDE e Faculdade de Florestas pela licença e suporte financeiro concedidos durante o período de estudos no CTEI-IIICA.

Ao IICA através da zona Sul, CTEI e direção geral pela ajuda prestada, possibilitando os estudos pos-graduados.

Aos demais professores, colegas e pessoal do CTEI-IIICA e Faculdade de Florestas que de uma ou outra forma contribuíram para o êxito desta etapa da vida profissional.

BIOGRAFIA

O autor nasceu em Barbacena, estado de Minas Gerais, Brasil, onde realizou estudos primários e secundários.

Em 1961 ingressou na Escola Nacional de Florestas da URFMG, onde cursou os três primeiros anos universitários. Em 1964, juntamente com a Escola Nacional de Florestas, transferiu-se para a Universidade do Paraná, em Curitiba, onde cursou os dois últimos anos de Universidade, recebendo o título de engenheiro florestal em dezembro de 1965.

A partir de novembro de 1965 ingressou na Comissão de Estudo dos Recursos Naturais do Paraná, participando durante 8 meses nos trabalhos de inventário florestal do Pinheiro do Paraná. Posteriormente participou nos trabalhos de levantamento de solos do Estado do Paraná, trabalhando no setor de fotogrametria e fotointerpretação.

Em 1967 iniciou também suas atividades como auxiliar de ensino no departamento de Manejo Florestal da Faculdade de Florestas da Universidade Federal do Paraná, onde atualmente exerce as funções de professor regente das disciplinas de Dendrometria e Manejo de Áreas Silvestres, trabalhando em tempo integral e dedicação exclusiva.

Dentre os vários cursos que já participou devem ser citados os seguintes: curso de fotogrametria e fotointerpretação oferecido pelo Centro Geotécnico da França em cooperação com a Universidade Federal do Paraná em 1968. Curso de Manejo de Áreas Silvestres no CTBI-IICA em 1969. Além disso participou de vários outros cursos curtos, seminários e Congressos no Brasil.

Em início de outubro de 1971 ingressou no Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA, como estudante do departamento de Ciências Florestais do Centro Tropical de Ensino e Investigação (CTEI), em Turrialba, Costa Rica.

Depois de cumprir com todos os requisitos da Escola para Graduados, optou ao grau de Magister Scientiae, em novembro de 1972.

INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Delineamento	3
2.2. Amostragem	3
2.3. Relação entre tamanho e número de parcelas e precisão	4
2.4. Eficiência	7
2.5. Relações estruturais do bosque	9
2.5.1. Relação altura com DAP	9
2.5.2. Relação número de árvores por hectare com DAP ..	11
2.6. Volume da casca	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1. Localização do bosque em estudo	14
3.1.1. Características gerais da área	14
3.2. Trabalhos preliminares	15
3.3. Amostragem	17
3.4. Variáveis medidas	19
3.5. Métodos de medição e compute dos volumes totais e aproveitáveis	21
3.5.1. Método de medição completa	21
3.5.2. Método de medição flexível	22
3.5.3. Método do DAP médio	22
3.5.4. Método do prisma	23
3.6. Análise comparativa dos quatro métodos de medição.	24
3.7. Relação do número de árvores por hectare com DAP .	26
3.8. Relação entre DAP, altura total e altura aprovei- tável	27
3.9. Elaboração da tabela de volume	28
3.10. Volume do tronco com sapopemas em porcentagem, relacionado ao volume do tronco limpo	28
3.11. Volume da casca e relação entre DAP sem casca e DAP com casca	29
3.12. Relação entre altura total e altura aproveitável .	30

	<u>Página</u>
4. RESULTADOS	31
4.1. Volume total e aproveitável	31
4.2. Análise e comparação dos resultados	34
4.3. Área basal por hectare	36
4.4. Distribuição diamétrica	36
4.5. Relação entre DAP com altura total e aproveitável.	37
4.6. Relação entre altura total e altura aproveitável .	44
4.7. Volume do tronco com sapopema, percentualmente ao volume do tronco limpo e volume total	49
4.8. Volume da casca em percentagem e relação DAP sem casca com DAP com casca	50
5. DISCUSSÃO	53
6. CONCLUSÕES	59
7a. RESUMO	60
7b. RESUMEN	63
7c. SUMMARY	66
8. LITERATURA CITADA	69
9. APÊNDICE	73

LISTA DE QUADROS

Quadro Nº		<u>Página</u>
1	Volumes total e aproveitável por hectare pelos quatro métodos de medição com respectivos erros de amostragem	32
2	Volumes totais e aproveitáveis por hectare no bosque estudado	33
3	Eficiência relativa dos métodos de medição para estimar volume total	35
4	Eficiência relativa dos métodos de medição para estimar volume aproveitável	35
5	Parâmetros da área basal por hectare	36
6	Número de árvores por classe diamétrica para 123 parcelas de 500 m ²	38
7	Análise de variância para a equação logarítmica.	43
8	Equações para relacionar altura total com DAP de algumas espécies no bosque estudado	45
9	Equações para relacionar altura total com altura aproveitável das espécies mais importantes	
10	Porcentagem de árvores de algumas das espécies que apresentam sapopema	50
11	Volume da casca em porcentagem e relação do DAP sem casca com DAP com casca para todo o bosque e para algumas espécies	51
12	Relação do DAP SEM CASCA com DAP com casca (k) e volume da casca em porcentagem (V%), por classe diamétrica de algumas espécies no bosque	52

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº		<u>Página</u>
1	Mapa do bosque de Florência com esquema de amostragem	16
2	Distribuição diamétrica no bosque	39
3	Distribuição diamétrica das lauraceae e do gênero Inga no bosque	40
4	Distribuição diamétrica de algumas espécies no bosque	41
5	Relação altura total com DAP para todo o bosque	42
6	Relação altura total com DAP de algumas espécies no bosque	46
7	Relação altura aproveitável com altura total para todo o bosque	47

APÊNDICE

Quadro Nº		<u>Página</u>
1	Lista de espécies, gêneros ou famílias encontradas no bosque Florência	74
2	Volumes totais por espécie e por parcela em m ³ . Método de medição completa	77
3	Volumes aproveitáveis por espécies e por parcela em m ³ . Método de medição completa	78
4	Volumes aproveitáveis e totais por parcela pelos métodos de medição de DAP médio e flexível	79
5	Volumes totais, aproveitáveis, altura total média, altura aproveitável média por ponto de amostragem, e área basal	80
6	Estimação do volume em função do DAP e da altura aproveitável da árvores	81
7	Tempo em minutos, gasto para medição de parcelas de amostragem por quatro métodos de medição	82
8	Distância máxima em metros à qual se tomará o DAP com o prisma de fator de área basal "3" ...	84

1. INTRODUÇÃO

Ainda existem na América Latina extensas áreas de bosques naturais primários e heterogêneos, concentrados em sua maioria na região amazônica. Porém a demanda de madeiras valiosas e de dimensões avançadas faz com que dia a dia estes bosques se tornem mais pobres e degradados. Somando-se a isto a regeneração natural é lenta e o bosque uma vez explorado irracionalmente, muitos anos se passam para que haja novamente madeira com dimensões comerciais que permitam nova exploração econômica. Também deve-se considerar como causa importante da depreciação de bosques e degradação de solos, a agricultura nômade praticada por nossos colonos carentes de conhecimento e orientação técnicos.

Com o avanço tecnológico novas dimensões se tem dado ao aproveitamento de madeiras antes consideradas imprestáveis. Com isto estes bosques já explorados e secundários podem exercer novamente papel importante na economia regional e talvez nacional em alguns dos países da América Latina.

Antes de começar a exploração de um bosque deve-se primeiramente conhecer a existência, para então decidir a maneira mais racional para manejar tal bosque com o fim de manter um rendimento sustentado. Para retratar adequadamente a existência de um bosque empregando qualquer método tradicional de amostragem, é bastante caro principalmente quando se trata de extensas áreas.

As razões apontadas sugerem a necessidade de fazer muitas pesquisas para buscar métodos de amostragem que sejam eficientes, e que reduzam os custos de inventariação e que forneçam dados fidedignos para

outros estudos dasométricos e estruturais desses bosques. Devido a grande importância de tais trabalhos se fez no presente estudo uma tentativa para encontrar uma solução satisfatória ao problema de custo e precisão no estudo dasométrico de bosques secundários e que eventualmente pode também ser aplicado a bosques primários.

Os objetivos da presente investigação são:

- 1) Comparar 4 métodos de medição para determinar o volume total e aproveitável de um bosque secundário tropical.
- 2) Estabelecer relações entre volume total e volume aproveitável de algumas espécies mais importantes; relação entre diâmetro a altura do peito (DAP) e número de árvores por hectare; relação entre DAP, altura total e aproveitável.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Delineamento

A amostragem irrestritamente ao acaso foi primeiramente usada em grande escala em censo de população envolvendo um grande número de indivíduos. Posteriormente êste delineamento foi aplicado em pesquisas agrícolas. De alguns anos para cá tem sido bastante aplicado a levantamentos florestais, principalmente nos Estados Unidos.

De acôrdo com esta teoria de amostragem cada unidade de amostra tem a mesma possibilidade de ser selecionada dentro de um universo ou população. Quando há boa acessibilidade a amostragem irrestritamente aleatória oferece consideráveis vantagens sôbre o ponto de vista prático e estatístico.

Segundo Harrison (19) a aplicação dêste delineamento tem permitido nos Estados Unidos obter estimativas de volumes de bosques com alta precisão empregando relativamente uma baixa intensidade de amostragem.

2.2. Amostragem

Amostragem por pontos tem-se tornado uma técnica familiar para determinar área basal, volume e frequência por hectare. Grosenbaugh (17) cita que embora vários instrumentos para medir ângulos, tenham sido idealizados, um dos mais promissores é um simples prisma ou cunha ótica que pode ser elaborada para permitir a compensação do declive do terreno.

Em um estudo comparativo dêste processo de pontos de amostragem versus amostragem por parcelas, de 1/4 acre e de forma circular, fez

comparações de médias, desvio padrão e erro padrão de área basal e volume. Usando 655 parcelas e 655 pontos de amostragem com o mesmo centro, não encontrou grandes diferenças na área basal média e volume, além daqueles que facilmente são atribuídos à chance ou variação de amostragem. Embora o erro de amostragem por ponto fôsse ligeiramente maior o trabalho envolvido foi muito menos para este método.

Para obter uma mesma precisão na estimação do volume encontrou-se que necessitava 20% mais de pontos de amostragem que parcelas de área fixa. Os coeficientes de variação para amostragem por pontos foram de 7 a 12% mais altos do que aqueles encontrados para parcelas circulares de $1/4$ acre.

Os coeficientes de relação são: 0,874 para área basal e 0,911 para volume. Gabriel (16) em inventários extensivos de florestas do noroeste do Equador, empregou o método do prisma ou probabilidade proporcional ao tamanho da amostra. Ele comparou este método com amostragem por parcelas circulares com área fixa. Encontrou resultados comparáveis entre os dois métodos e uma maior eficiência com PPS, porque necessitou medir muito menos árvores. Observou que para uma mesma precisão, para o método do prisma se necessita um número de pontos de amostragem 1,4 a 1,8 vezes o número de parcelas de amostragem.

2.3. Relação entre tamanho e número de parcelas e precisão

O número e área de unidades de amostragem a ser usado em um universo, para chegar a uma estimativa, a um nível de precisão predeterminado, depende sobretudo da variabilidade ou variância entre as variáveis a serem estimadas dentro deste universo. Se a variância é

grande, o número de unidades de amostra ou intensidade de amostragem será grande e vice-versa.

Spurr (41) indica que o tamanho da parcela deve ser suficientemente grande para incluir umas 20 a 30 árvores a serem medidas e suficientemente pequena para não requerer um tempo de medição excessiva. Parcelas grandes são requeridas em povoamentos com árvores grandes ou esparsas, enquanto parcelas pequenas são requeridas para povoamentos densos e com árvores pequenas. Assim é que $1/4$ de acre é um tamanho padrão para povoamentos maduros, e $1/5$ a $1/10$ de acre são tamanhos padrões para povoamentos imaturos.

Quando se duplica o tamanho da unidade de amostragem o coeficiente de variação sofre uma redução igual a raiz quadrada de dois. Por outro lado quando se duplica o número de unidades de amostragem o erro padrão sofrerá também uma redução igual a raiz quadrada de dois.

Mesavage e Grosenbaugh (31) usando parcelas de 0,1, 0,2, 0,4 e 0,8 de acre encontraram maior coeficiente de variação para parcelas de 0,1 acre, seguidas de 0,2, 0,4 e 0,8 acre. Por outro lado o erro de amostragem foi menor para parcelas menores e a eficiência foi também maior para parcelas menores. Assim a parcela de 0,1 acre apresentou menor erro de amostragem e maior eficiência que as demais. É bem conhecido que o uso de parcelas pequenas resulta mais eficiente para uma mesma intensidade de amostragem.

Por outro lado se necessita muito mais trabalho em caminhar do que quando se usa parcelas grandes. Loetsch (28) recomenda o uso de parcelas circulares ou retangulares de 0,05 ha e que se deve planejar bem o trabalho de campo para se evitar muitas caminhadas desnecessárias.

Harrison (19) diz que a distância entre linhas onde se localizam as parcelas pode ser medidas por passos e a orientação destas linhas deve ser determinada com uma bússola de bolso. Deve-se ter cuidado na localização de parcelas nos devidos lugares para evitar tendências pessoais e a delimitação da mesma deve ser exata de acordo com Bruce e Schumacher (5).

Segundo Pardé (35) e Bruce e Schumacher (5) árvores que estejam exatamente no limite da parcela devem ser incluídas, uma sim e outra não, ou consideradas simplesmente como meia unidade. Loetsch e Haller (29) citam que para todos os limites de erro a probabilidade de 95% é sempre usada. Pardé (35) cita que se deve usar uma probabilidade de 95% de significância e erro de $\pm 5\%$ quando se quer estimativas com certa precisão em casos de florestas de alto valor e a mesma probabilidade e erro de $\pm 10\%$ em casos de bosques de valor mais baixo.

Para Loetsch e Haller (30) o erro total resulta da acumulação do erro devido ao vício (bias) e ao erro de amostragem que não pode ser definido com exatidão, porém pode-se calcular com ajuda do erro normal com determinada probabilidade. Pode-se considerar o vício como inimigo número um em todos os inventários florestais e estes vícios são de diferentes tipos, sendo difíceis ou em alguns casos impossíveis de calcular a priori. A magnitude do erro normal das estimações pode se controlar mediante a dimensão da amostra. A redução deste erro sempre causa um aumento considerável dos custos dos inventários.

Husch (23) cita que a fixação do erro máximo admissível no início do planejamento de um inventário, é requisito prévio para a eleição do esquema de amostragem mais adequado. A determinação do grau de

precisão que se vai empregar em cada um dos diferentes elementos do inventário exigirá um cuidadoso exame, pois êste influirá muito no custo. Aumentando o tamanho da amostra ou número de parcelas o êrro médio de amostragem diminui e nêste caso a estimativa do inventário é mais fidedigna. É indispensável que o método de amostragem escolhido para o inventário permita avaliar o êrro de amostragem. Êste êrro de amostragem deve-se a variações inerentes a composição do bosque e a probabilidade de seleção das parcelas a serem amostradas. Para uma área amostrada constante a precisão depende da área das parcelas e em menor extensão da forma das mesmas. Em casos usuais, parcelas alongadas e pequenas são preferíveis (27).

2.4. Eficiência

Segundo Freese (14) a eficiência de delineamentos ou processos de medição pode ser determinada estabelecendo relação entre os custos totais para uma mesma precisão ou relacionando o custo versus as devidas precisões do método em análise. Relacionando custos teria:

c_1 = custo total para o método 1.

c_2 = custo total para o método 2.

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{n_1 d_1}{n_2 d_2}$$

n_1, n_2 = número de observações (parcelas) para os métodos 1, 2 respectivamente.

d_1, d_2 = custo de uma parcela para os métodos 1 e 2 respectivamente.

Relacionando custos e precisões:

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{n_1^2 s_1^2 d_1}{n_2^2 s_2^2 d_2}$$

n_1, n_2 = nº total de unidades de amostragem tomadas em cada método.

s_1^2 e s_2^2 = variância para os métodos 1 e 2 respectivamente.

Segundo o mesmo (14) a eficiência relativa (u) é uma recíproca do custo multiplicado pelo coeficiente de variação ao quadrado (cv^2), expresso pela fórmula: $u = \frac{1}{d \cdot cv^2}$ e se se relaciona duas alternativas tem-se:

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{d_1 cv_1^2}{d_2 cv_2^2}$$

Segundo Mesavage e Grosenbaugh (31) para se calcular a eficiência deve-se considerar a precisão, bem como o custo ou tempo e diz que a eficiência relativa é uma função da recíproca do produto do erro de amostragem ao quadrado (expresso em porcentagem), multiplicado pelo custo. A eficiência é ótima quando a recíproca atinge um máximo. Considerando dois métodos a eficiência seria dada pela relação de eficiências relativas de cada um:

$$\text{Eficiência} = \frac{(E_1)^2 \times (t_1)}{(E_2)^2 \times (t_2)}$$

onde:

E_1 e E_2 são os erros de amostragem em porcentagem para os métodos 1 e 2 respectivamente.

t_1 e t_2 são os tempos totais para as pesquisas 1 e 2 respectivamente.

$$E\% = \frac{CV}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{N-n}{N}}$$

Como termo comparador a eficiência de um método tomado como padrão deve ser considerada como 100% e a eficiência dos outros métodos deve ser expressa como porcentagem da eficiência do método padrão.

Nyssonen (34) comparou diversos aspectos em inventários florestais. Usando diversos tamanhos de parcelas e considerando o tempo e variação, chegou a conclusão que parcelas em torno de 300 m² dão uma maior eficiência. O sistema de parcelas variáveis parece ser pelo menos tão exato como o de parcelas fixas.

$$\text{Eficiência relativa} = ER = \frac{\text{Delineamento de maior restrição}}{\text{Delineamento de menor restrição}}$$

2.5. Relações estruturais do bosque

2.5.1. Relação altura com DAP

Bruchwald (6) analisando dados de 3.578 árvores em seis povoamentos na Polónia, encontrou que a relação entre altura e DAP era bastante bem expressa por uma parábola de 2ª ordem. Concluiu que medida de 20 a 30 árvores é suficiente para a construção da curva de altura e com este número de árvores o erro padrão é somente $\pm 1,0\%$.

Pita Carpenter (38) trabalhando em povoamentos de Pinus pinaster Aitem, Eucaliptus globulus habill, Pinus uncinata Ramond aplicou as fórmulas abaixo para relacionar altura e diâmetro:

$$a) H = a + b_1 D + b_2 D^2$$

$$b) H = 1,3 + \left(\frac{D}{a + b D} \right)^2$$

onde:

H = altura

D = DAP

a,b = coeficientes

Para bosques irregulares a relação altura sôbre diâmetro permanece pouco alterada com o tempo e uma mesma equação pode ser usada em inventários sucessivos. Para êste povoamento encontrou um melhor ajuste para a fórmula parabólica (a) e quanto mais irregular seja o povoamento a diferença de ajuste entre as duas fórmulas aumenta.

Embry (12) em bosques mixtos de coníferas encontrou um melhor ajuste para a equação:

$$\log (H - 4,5) = b_1 \log D^2$$

Usou também várias equações e que deram um ajuste inferior.

$$H = a + b_1 D + b_2 D^2$$

$$H = 4,5 + b_1 D + b_2 D^2$$

$$H = a + b_1 \log D$$

$$H = 4,5 + b_1 \log D$$

onde:

H = altura em metros

D = DAP em centímetros

a,b = coeficientes

Pardé (35) sugere a equação parabólica para relacionar altura com DAP, enquanto Anuchin (2) sugere a equação logarítmica para a mesma relação. Diz que a curva de altura ascende com bastante pendente para povoamentos jovens em uma boa classe de sitio mas declina ou descende

suavemente em povoamentos velhos e em classes de sitios ruins.

Bruce e Schumacher (5) dizem que as maiores alturas, geralmente não correspondem aos maiores diâmetros e por isso há uma tendencia da curva se inclinar para baixo.

Chapman e Meyer (9) dizem que curvas de altura sôbre diâmetro não representam uma relação biológica definida, tal como altura sôbre idade ou diâmetro sôbre idade. Quando tal curva é tomada em povoamentos contendo diversas classes de idade e variedades de sitios, as árvores individuais apresentarão uma grande variabilidade em altura para um mesmo diâmetro.

2.5.2. Relação número de árvores por hectare com DAP

O número de árvores por hectare em bosques naturais decresce em progressão geométrica a media que passa de uma classe de diâmetro a outra superior. A razão desta progressão varia de acôrdo com o sitio, sendo menor em sitios de boa fertilidade e maior em sitios pobres (35). As equações geométricas e logarítmicas são as que melhor se ajustam a tal relação. Pardé (35) para povoamentos naturais recomenda a equação:

$$Y = ae^{-bx}$$

onde:

y = nº de árvores por hectare

x = DAP

a, b = coeficientes

e = base de logaritmos naturais

Heinsdijk (21) utilizou a equação:

$$NA = a \cdot D_{cl}^b \text{ ou } \log NA = \log a + b \log D_{cl}$$

para encontrar a distribuição diamétrica nas florestas do norte do Espírito Santo.

Onde:

NA = nº de árvores por hectare

D_{cl} = valor numérico da classe de diâmetro representada pelos números 3, 4, 5, 11.

Encontrou para esta floresta, aplicando a equação acima um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,99122 e um erro padrão de estimação (bxy) igual a 0,00870922.

2.6. Volume da casca

A determinação do volume da casca é importante em casos em que esta tem um valor comercial. Também quando se interessa somente o volume do tronco limpo, previamente deve-se conhecer o volume da casca, porcentualmente ao volume aproveitável do fuste (32). A relação do diâmetro sem casca (d) com diâmetro com casca (D) é linear e expressa pela fórmula:

$$d = K \cdot D \quad (32,43,42)$$

onde:

K = coeficiente de regressão

As medidas dos diâmetros com e sem casca devem ser tomadas a 1,30 metros do solo. Meyer (32) medindo diâmetros em cada extremidade de toras de 16 pés em "hemlock", não encontrou diferenças significantes

entre os valores de K, calculados por medições nessas diversas alturas e medições somente no DAP.

Segundo varios autores (32, 42, 43) para se obter K, emprega-se a fórmula:

$$K = \frac{\sum d}{\sum D} = \frac{\sum D - \sum 2B}{\sum D}$$

onde:

D = DAP com casca

d = DAP sem casca

B = espessura da casca

O volume da casca é dado pela expressão:

$$V_c = V (1 - K^2) \text{ e } V_c\% = (1 - K^2) 100$$

A constante K varia para cada espécie, local e dimensões das árvores (32).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização do bosque em estudo

O bosque em estudo, cobrindo uma área de 117 hectares, pertence à fazenda Florencia. Está situado a 6 km. da cidade de Turrialba, Costa Rica, em direção ao sul, aproximadamente a 80° 39'20" de longitude oeste e a 9°53'40" de latitude norte.

3.1.1. Características gerais da área

A topografia é bastante irregular apresentando declives que vão desde 20 a 50 por cento em sua maior parte. O ponto mais baixo do bosque está a 600 m de altitude sobre o nível do mar e o mais alto está a 787 m. Segundo dados da estação meteorológica do Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, o clima reinante na área apresenta as seguintes características: temperatura média anual de 22,6° C e precipitação de 2.581,3 mm. como média anual (8), embora algumas pequenas variações possam ocorrer no bosque em estudo.

Segundo a classificação ecológica de Holdridge (22), esta área pertence a formação "bosque úmido premontano". Os solos são de origem vulcânica, correspondendo a formações de lavas velhas, sendo em sua maior parte lateríticos de textura argilo-arenosa (11). O bosque é constituído de inúmeras espécies distribuídas por toda a área, ou as vezes concentradas em partes como é o caso do Guacimo (Goethalsia meiantha Burret) que forma um agrupamento quase puro dessa espécie.

Também a Rollinia microsepala Standley pode-se encontrar em grupos, porém nunca sozinha neste bosque. Em uma parte do bosque,

aproximadamente 15 hectares, onde há uns 20 ou 30 anos era cafezal, existe uma massa arborea quase pura de Erythrina spp.

O bosque é bastante heterogêneo tanto em composição quanto em densidade. Normalmente as massas mais densas estão no centro do bosque, ao passo que nas margens a densidade é mais baixa. Isto se deve a pequenas explorações seletivas de madeiras para uso próprio da fazenda. A etapa de sucessão foi estudada em detalhe por Budowski (7) e por comparação o bosque em estudo parece ter uma idade entre 50 a 60 anos.

3.2. Trabalhos preliminares

Nesta etapa do trabalho se fez um reconhecimento detalhado do bosque, recorrendo o mesmo e com ajuda de fotografias aéreas, bem como se elaborou um mapa base. As fotografias aéreas utilizadas estão numa escala de 1:10.000 e 1:20.000 tomadas respectivamente em 1960 e 1970 pelo Serviço Geográfico de Costa Rica e Instituto de Terras e Colonização. Estas fotos são de boa qualidade, em branco e preto e em papel brilhante. Por comparação entre as fotos de 1960 e 1970 viuse que houve alteração nos limites do bosque nestes dez anos. Porém no interior do mesmo não se notou grandes diferenças no que se conclui que não houve grandes explorações de madeira.

Para a elaboração do mapa topográfico da área, baseou-se no mapa construído por Isquierdo (24) através de triangulação radial, onde utilizou as fotografias em escala 1:10.000 tomadas em 1960. As correções dos limites do bosque foram feitas com auxílio do "Aero-Sketch

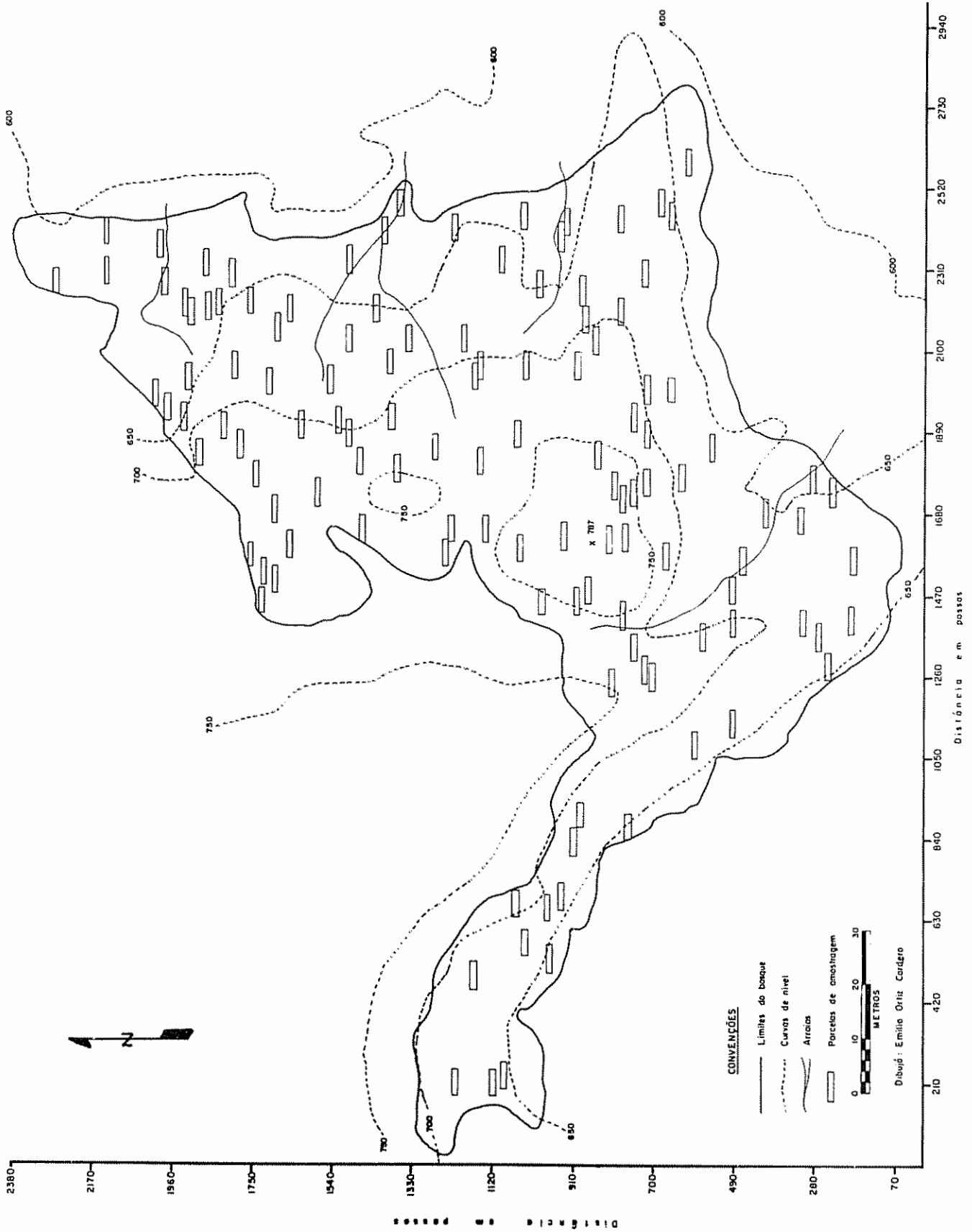


Fig. 1 Mapa do Bosque de Florência com esquema de amostragem

master Zeis", que permitiu traçar sôbre o mapa já existente, a conformação atual de tal bosque, utilizando as fotografias aéreas de 1.970, já que desta época até hoje o bosque não foi modificado em seu contorno. Também se acrescentou ao mapa de Isquierdo (24) os pequenos cursos de água que nascem no próprio bosque. O cálculo da área do bosque foi feita mediante o uso de um planímetro.

Para facilitar o traçado do esquema de amostragem, bem como facilitar a localização das unidades de amostragem, ampliou-se êste mapa para uma escala 1:5.000, sôbre um papel milimetrado.

3.3. Amostragem

Tratando-se de um bosque relativamente pequeno e com boa acessibilidade se optou pelo emprêgo do delineamento irrestritamente ao acaso. Neste tipo de bosque, êste delineamento oferece consideráveis vantagens sôbre o ponto de vista prático e estatístico, segundo Harrison (19).

Optou-se pelo uso de unidades de amostragem com uma área de 500 m^2 de forma retangular de 10 m por 50 m de lado.

Segundo vários autores (41, 31, 28) unidades de amostragem menores com mais repetição dão uma maior eficiência e precisão. A forma das parcelas não afeta grandemente a precisão, sendo que parcelas alongadas e pequenas oferecem geralmente uma melhor consistência (27). Isto se explica pelo fato de que dentre as parcelas de mesma área, as de forma retangular possuem um maior perímetro. Assim a variabilidade dentro de cada parcela retangular será maior, porém entre as parcelas a variabilidade será menor. Também por considerar mais fácil

a demarcação de parcelas desta forma é que se decidiu usá-las. Pretendia-se inicialmente utilizar uma precisão ou erro de amostragem de 5% a um nível de significância de 95%, para estimar o volume total do bosque. Como verificou-se posteriormente que a variabilidade de tal variável era bastante elevada, o que acarretaria um grande tamanho da amostra, decidiu-se por questão de tempo, trabalhar com precisão de 10% a um nível de significância de 95% que é bastante razoável para tal tipo de trabalho.

Como a variabilidade necessária para o cálculo do tamanho da amostra não era conhecida, decidiu-se aplicar um esquema de amostragem sequencial em duas etapas de Stain. Levantaram-se então vinte parcelas e com os dados da variabilidade do volume total destas parcelas, se calculou o tamanho da amostra (n) necessário para atingir a precisão desejada, usando a fórmula comumente utilizada em inventários florestais, com a devida correção para população finita, resultando então 123 parcelas.

A seleção das unidades de amostragem (parcelas), foi totalmente ao acaso e para isso se utilizou a tabela de números aleatórios. Antes se compilou o mapa sobre um papel milimetrado e se colocou em coordenadas retangulares as distâncias expressas em passos, previamente graduados em relação a distância linear em unidades métricas. Ao eixo das abcisas corresponderam 2.870 passos e ao eixo das ordenadas 2.480 passos. Buscou-se na tabela de números aleatórios, as combinações de dois números de quatro dígitos cada um e o cruzamento destes números no mapa determinava o centro da parcela, que era imediatamente traçada no mapa.

Para a localização das unidades de amostragem no terreno, partia-se das parcelas situadas nas margens do bosque e em lugares facilmente identificáveis com o auxílio de fotografias aéreas e um estereoscópio de bolso. Uma vez terminada a medição dessas parcelas, partia-se para a parcela mais próxima, utilizando uma bússola "SUUNTO" para determinar a direção e contando a distância em passos. Todas as parcelas foram desenhadas de modo que a sua maior extensão sempre fôsse na direção leste-oeste. Algumas vêzes comprovou-se a precisão dêste método de localização das parcelas, quando estas se situavam próximas ou sob árvores facilmente identificáveis nas fotografias aéreas, ou quando se localizavam perto de acidentes geográficos distintos. De todo modo êste ponto não tem muita importância uma vez que de qualquer modo a parcela estaria sendo localizada aleatoriamente, a menos que se fôssem acumulando êrros e no fim de certo número de parcelas, estas poderiam estar em pontos bem distintos de sua verdadeira localização.

Porém isto não ocorreu em nenhum caso, uma vez que a área é pequena e nunca se localizavam mais de 10 parcelas partindo de uma base. Uma vez localizados os centros de cada parcela, abria-se uma brocha de 25 m para cada lado, na direção leste-oeste, ficando assim delimitada sua maior extensão. Essa medida foi feita com uma trena de 25 m e sempre procurou-se colocá-la em posição horizontal para evitar problemas de medição de distância em terrenos inclinados.

3.4. Variáveis medidas

- 1) Diâmetro a altura do peito (DAP) tomados com a fita de

diâmetro de tôdas as árvores com DAP acima de 20 cm. Árvores que apresentavam sapopemas, seus diâmetros eram tomados aproximadamente a 30 cm após o término destes sapopemas. Não se teve problemas na medição dos diâmetros, uma vez que a porcentagem de árvores com sapopema era baixa e raras vezes se encontrou êstes sapopemas com alturas superiores a 2 m.

- 2) Alturas totais e aproveitáveis (até o primeiro galho), das árvores com DAP acima de 20 cm. utilizando para tal o hipsômetro "Blumm-Leiss". Às vezes era difícil a medição da altura de tôdas as árvores de uma parcela, por motivo de falta de visibilidade em suas copas ou mesmo, de todo seu fuste limpo. Nêste caso, que não foram muitos, determinava-se a altura por comparação com outras árvores próximas e já medidas.
- 3) Área basal com o prisma, usando um fator de área basal (F.A.B) igual a três, bem como DAP e alturas totais e aproveitáveis das árvores contadas.
- 4) Tempo gasto para medição por cada um dos processos. Como se utilizou basicamente a mesma parcela ou mesmo centro de parcela para todos os métodos, se considerou somente o tempo gasto para um método de medição por parcela. Para cada cinco parcelas se considerava o tempo gasto por um método de medição, de modo que em um processo de reveasamento sucessivo no fim da amostragem tinha-se igual número de parcelas com tempos tomados para cada método de medição (Quadro 7 do Apêndice).

- 5) Número de árvores por parcela com DAP entre 10 e 20 cm, fazendo sua respectiva identificação por espécie, gênero ou família. A identificação foi feita a nível de espécie quando possível. Outras vezes a nível de gêneros ou mesmo de famílias.
- 6) Altura dos sapopemas quando mais altas do que 50 cm.
- 7) Espessura da casca de árvores com DAP acima de 20 cm, tomada a 1,30 m utilizando o medidor de casca sueco.

3.5. Métodos de medição e cômputo dos volumes totais e aproveitáveis

3.5.1. Método de medição completa

Denominou-se de medição completa ao método em que se mediu as variáveis anteriormente descritas de todas as árvores dentro da parcela de 10 m. por 50 m. Árvores que estavam exatamente no limite da parcela, eram incluídas uma sim outra não (5, 35). Os volumes foram computados por espécie e por parcela. Para volume total utilizou-se a fórmula usada por Isquierdo (24) para o mesmo bosque que é a seguinte:

$$V = 0,3925 D^2 H$$

onde:

D = D.A.P em metros

H = altura total em m.

$$0,3925 = \frac{\pi}{4} \times \text{fator de forma}$$

Para o volume aproveitável se utilizou a equação de Schumacher, cujos coeficientes foram estimados por Amaral (1) para bosques semelhantes ao bosque em estudo e situados na mesma região.

$$V = 0,66269 D^{1,962665} \times H^{0,905317}$$

onde:

V = volume em m³

D = diâmetro em m

H = altura até os primeiros galhos em m

3.5.2. Método de medição flexível

Denominou-se de medição flexível ao método em que se mediu as mesmas variáveis do método anterior, somente das seis árvores mais próximas do centro da parcela. Foram computados os volumes totais e aproveitáveis por espécie, utilizando as mesmas fórmulas empregadas para o método anterior. Como se vê, é um método em que as parcelas tem áreas variáveis. Para computar os volumes referindo-se a uma unidade de área, contava-se o número de árvores com DAP acima de 20 cm. existentes na parcela de área fixa (500 m²) e com o mesmo centro e logo fazia-se a relação deste número de árvores (variável para cada parcela), com o número seis que era constante para tôdas as parcelas. Logo multiplicando êste fator pela soma dos volumes das seis árvores, obtinha-se volume referente também a uma área de 500 m². Logicamente em casos que em tôda a parcela de 500 m² de área existia somente seis ou menos de seis árvores êste fator de relação era igual a unidade.

3.5.3. Método DAP médio

Êste método consistiu em estabelecer a parcela de 500 m² (10 x 50) e imediatamente selecionar visualmente as árvores que aparentemente apresentavam DAP médio. Destas árvores tomavam-se todas as medidas

tomadas para os métodos anteriores. Para estimar o volume por espécie e por parcela procede-se exatamente como no método de medição flexível, determinando também um fator de relação e logo multiplicando êste fator pela soma dos volumes individuais das árvores medidas, que nôste processo de medição é muito variável. Em caso que tôdas as árvores da parcela apresentassem aparentemente quase os mesmos DAP, então media-se tôdas elas e em caso que apenas uma ou duas árvores apresentassem DAP médio, também somente media-se estas uma ou duas árvores. Sabia-se de antemão que este método está muito sujeito à influência pessoal do operador, porém a aplicação dêste método servirá como um teste pessoal e talvez pudesse chegar a um resultado satisfatório.

3.5.4. Método do prisma

Usou-se como ponto de amostragem o próprio centro da parcela de área fixa empregada para os métodos anteriores. Com centro nêstes pontos em um giro de 360° contou-se tôdas as árvores com DAP acima de 20 cm. que preenchiam a condição de contagem inerentes a êste método. Destas árvores foram medidos seus DAP com casca e sem casca, altura total e aproveitável. Usou-se um prisma de fator de área basal (FAB) igual a "3" e o número de árvores contadas em cada ponto, multiplicado por êste fator dar a área basal por hectare.

Como há problema do declive, e como também em muitos casos a visibilidade no interior do bosque não é boa, utilizou uma tabela, na qual estão calculadas as distâncias máximas para que uma árvore seja contada com o prisma de fator de área basal "3". Estas distâncias

superfície que neste caso foi o hectare, com o fim de obter uma homogeneização dos quatro métodos usados, referindo todos êles a uma mesma unidade de superfície. Foi estimado também o erro de amostragem em porcentagem para todos os métodos. A comparação entre os métodos de medição foi feita através do cálculo da Eficiência Relativa. Para calcular esta eficiência relativa deve-se considerar a variabilidade, bem como o custo (14, 31, 33, 34).

Como parâmetro de variabilidade para cálculo da eficiência, Freese (14) utilizou o coeficiente de variação e Mesavage e Grosenbaugh (31) utilizaram o erro de amostragem expresso em porcentagem. Optou-se no presente estudo utilizar a fórmula empregada pelo segundo (31), utilizando sempre como comparador o método de medição completa. A fórmula empregada foi a seguinte:

$$ER = \frac{E_1^2 \times t_1}{E_2^2 \times t_2}$$

onde:

E_1 e t_1 são respectivamente o erro de amostragem em porcentagem e o custo expresso em unidade de tempo medio por parcela, gasto para o método de medição completa.

Foi considerado somente o custo como função do tempo gasto para as medições que constitui o custo variavel para cada método. Os outros custos referentes à localização de parcelas, preparo do esquema de amostragem, etc., constituem custos fixos para qualquer dos métodos de medição empregados e por isto foram desprezados.

E_2 e t_2 são respectivamente o erro de amostragem em porcentagem e o tempo médio por parcela, gasto para o método de medição flexível.

foram calculadas para cada DIP e pendentes do terreno em graus (Quadro 8 do Apêndice).

Conhecendo a área basal por hectare aproximada e sabendo que o número mais apropriado de árvores a serem contadas está entre 5 e 8 calcula-se o FAB pela simples média ($\frac{5+8}{2}$) = 6,5 ou aproximadamente "6" (13). Assim é que julgou-se que o fator (FAB) apropriado para tal bosque seria "3", estimando que o referido bosque se assemelhava ao bosque do Instituto que tem uma área basal por hectare em torno de 20 m².

Para computar os volumes totais e aproveitáveis utilizou-se a fórmula tradicional $V = AB \times \bar{H} \times F$

onde:

- V = volume por hectare (total e aproveitável) em m³
- AB = área basal em m² por hectare fornecida pela multiplicação do FAB pelo número de árvores contadas em cada ponto.
- H = altura média em m, total e aproveitável por ponto
- F = fator de forma tirado das equações usadas por Isquierdo (24) e Amaral (1).

3.6. Análise comparativa dos quatro métodos de medição

Uma vez calculados os volumes totais e aproveitáveis por parcela fez-se uma análise estatística para estimar alguns parâmetros de variabilidade entre parcelas e estes foram os seguintes: desvio padrão, erro padrão da média, coeficiente de variação e erro de amostragem. Também foram estimados os volumes médios total e aproveitável por parcela. Logo estas estimativas foram referidas a uma unidade básica de

Assim se procedeu para os outros dois métodos de medição respectivamente DAP médio e prisma. Se esta relação é maior que a unidade, indica que o método referente ao denominador da relação, é mais eficiente que o método que serviu como base de comparação e vice-versa. Pode-se dizer também que quando a recíproca do produto $E_1^2 \times t_1$, atinge um máximo, indica que a eficiência é ótima.

3.7. Relação do número de árvores por hectare com DAP

Para esta relação utilizou-se os dados tomados pelo método de medição completa. O objetivo foi encontrar uma equação que melhor se ajustasse para tal bosque. Para isto agruparam-se tôdas as árvores em classes de diâmetros, com intervalo de 10 cm, considerando somente DAP superiores a 10 cm.

Desejava-se também conhecer a distribuição diamétrica de algumas espécies mais importantes. Por isto se fez agrupamentos em classes de DAP, para se ter o número de árvores por hectare em cada classe diamétrica tanto para todo o bosque, como para algumas espécies mais importantes. Embora em trabalhos anteriores quase sempre usavam a equação geométrica para estabelecer esta relação, no presente estudo aplicamos, além da geométrica, as equações quadrática e logaritmica ou seja:

a) geométrica: $y = b_0 b_1^x$

b) quadrática: $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$

c) logaritmica: $y = b_0 x^{b_1}$

onde:

y = número de árvores por hectare

x = centro de classes de DAP (15, 25, 35, 95)

b_0, b_1, b_2 = coeficientes.

Uma vez tendo os coeficientes da equação que melhor se ajustou, isto é, que apresentou um coeficiente de determinação (R^2) mais alto, por substituição na equação, estimou-se o número de árvores por hectare para cada classe diamétrica. Com êstes valores estimados traçou-se a curva que representa tal relação. A distribuição das espécies mais importantes foi representada através de histogramas. Para selecionar estas espécies mais importantes levou-se em conta tanto o valor econômico, como abundância destas espécies nêste bosques e estas são:

Cordia spp., Virola spp., Rollinia microsepala Standley, Simaruba amara, Aubl. e as espécies da família Lauraceae.

3.8. Relação entre DAP, altura total e altura aproveitável

Aplicando os modelos de equações usados no item anterior procurou-se ver qual dêles que mais se ajustava para estabelecer relação entre altura aproveitável e altura total. Fez-se isto tanto para todo o bosque, como para as cinco espécies mais importantes já mencionadas. Para êste caso considerou a altura aproveitável como variável dependente (y) e a altura total como variável independente (x). Para tôdas as relações mencionadas nos itens 3,7, 3,8 e 3,9 usou-se o método dos mínimos quadrados para estimar os coeficientes. A razão do uso dêste método, bem como o procedimento dos cálculos, dispensam comentários, por se tratar de um método matemático bastante difundido no ramo da dasometria.

3.9. Elaboração da tabela de volume

Êste item foi feito sòmente como uma complementação, aplicando a equação de Schumacher, cujos coeficientes foram estimados por Amaral (1), sob as mesmas condições ambientais. No presente trabalho mudou-se sòmente a forma de apresentação dos resultados, ou seja, da tabela de volume. A equação é a seguinte:

$$V = 0,66269D^{1,962665} \times H^{0,905317}$$

3.10. Volume do tronco com sapopemas em porcentagem relacionado ao volume do tronco limpo

Considerou-se como sapopemas para êste fim, sòmente aquelas defor-
mações na base do tronco e que atingiam uma altura acima de 50 cm.
Isto porque, no momento de aproveitar uma árvore, os cortes normalmen-
te são feitos a esta altura, com pequenas variações para mais ou para
menos.

Para estimar o volume do sapopema empregou-se a fórmula seguinte:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H$$

onde:

V = volume do sapopema em m³

H = altura do sapopema em m

D = diâmetro tomado na extremidade superior do sapopema em m

Como se vê, considerou-se o volume do sapopema, como o volume do ci-
lindro com o diâmetro e altura mencionados.

Para se estimar o volume exato do sapopema, não se encontraria uma fórmula matemática, visto que êstes sapopemas apresentam-se bastante irregulares, as vêzes em forma de aletas ou raízes tabulares. Posteriormente o volume do sapopema foi relacionado ao volume aproveitável expresso em porcentagem do primeiro sôbre o último.

3.11. Volume da casca e relação entre DAP sem casca e DAP com casca

O volume da casca foi estimado como uma porcentagem do volume do tronco, tanto para todo o bosque como para as cinco espécies mais importantes, através da seguinte fórmula:

$$V\% = 100 (1-k^2)$$

onde:

V = volume da casca em porcentagem

K = relação entre as somas dos DAP sem casca sôbre soma dos DAP com casca.

A relação de DAP sem casca com DAP com casca foi estimada para as cinco espécies mais importantes mediante a equação linear seguinte:

$$y = KD$$

onde:

y = DAP sem casca

D = DAP com casca

K = coeficiente

Empregou-se os modelos linear, logarítico, geométrico e quadrático para estabelecer esta relação e verificar qual dêste modelos matemáticos que mais se ajustava a tal relação.

3.12. Relação entre altura total e altura aproveitável

Aplicando os modelos de equações usados no item anterior procurou-se ver qual dêles que mais se ajustava para estabelecer relação entre altura aproveitável e altura total. Fez-se isto tanto para todo o bos que, como para as cinco espécies mais importantes já mencionadas. Para êste caso considerou a altura aproveitável como variável dependente (y) e a altura total como variável independente (x).

4. RESULTADOS

4.1. Volume total e aproveitavel

Nos Quadros 2 e 3 do Apêndice são apresentados respectivamente os resultados dos volumes totais e aproveitáveis, por espécie e por parcela, bem como a soma dos volumes de cada espécie e total nas 123 parcelas, expressos em metros cúbicos. Êstes mesmos valores estão também expressos em porcentagem, para se ter uma idéia da distribuição volumétrica, por espécie no bosque em estudo. Para saber a que espécie se trata em cada coluna, basta verificar o código referente a cada uma delas, apresentadas no Quadro 1 do Apêndice. Deve-se mencionar que êstes resultados foram obtidos empregando o método de medição completa.

Apesar de se ter obtido resultados de volumes totais e aproveitáveis por espécie e por parcela, no Quadro 4 do Apêndice referente aos métodos de medição do DAP médio e flexível são apresentados somente os resultados dêstes volumes por parcela e total, por julgar-se desnecessário maiores detalhes para todos os métodos de medição. Na realidade por um único método de medição pode-se ter uma idéia da composição e distribuição volumétrica por espécie. Além do mais utilizaram-se somente os volumes por parcela para comparação dos resultados obtidos pelos quatro métodos de medição empregados.

Como se usou o método tradicional para o cálculo do volume através de medição com prisma, no Quadro 5 do Apêndice são apresentados os resultados encontrados por ponto de amostragem que por características inerentes a êste método, referem-se ao hectare. Para relacionar o

volume aproveitável com o volume total, encontrados por cada método de medição e expressando o primeiro como uma porcentagem do segundo, apresenta-se um resumo dos resultados no Quadro 1.

Quadro 1. Volume total e aproveitável por hectare pelos quatro métodos de medição com respectivos erros de amostragem.

Método de medição	Volume total em m ³ /ha	E em m ³ /ha	Volume aproveitável em m ³ /ha	E em m ³ /ha	Porcentagem de volume aproveitável
Completa	196,73	17,53	104,51	10,89	53,12
Flexível	194,56	19,65	104,76	12,41	53,84
DAP medio	158,10	14,76	87,12	9,96	55,10
Prisma	160,03	12,96	94,57	8,56	59,09

Compõem estes volumes totais e aproveitáveis do bosque, 25 famílias, 38 gêneros e 16 espécies, conforme foi possível a identificação e estas se apresentam no Quadro 1 do Apêndice.

Apenas 10 famílias distribuídas em 14 gêneros e 3 espécies participam na composição volumétrica do bosque com mais de 2% e estas são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2. Volumes totais e aproveitáveis por hectare no bosque estudado.

Especies, Generos ou familias	Volume total em m ³ /ha	% de volume total do bosque	Volume aprovei- tável em m ³ /ha	% do volume apro- veitável do bosque
<u>Rollinia microsepala</u>	25,75	13,08	13,70	13,11
Lauraceae	20,80	10,54	12,25	11,72
<u>Cordia spp.</u>	15,73	7,99	8,65	8,27
<u>Erythrina spp.</u>	15,23	7,74	6,98	6,68
<u>Goethalsia meiantha</u>	14,27	7,25	7,51	7,19
<u>Brosimum costaricanum</u>	12,48	6,34	6,30	6,03
<u>Cecropia spp.</u>	11,95	6,07	6,55	6,25
<u>Pourouma aspera</u>	10,93	5,55	5,22	5,00
<u>Inga spp.</u>	6,23	3,17	3,08	2,94
<u>Virola spp.</u>	5,66	2,88	3,57	3,42
<u>Ficus spp.</u>	5,35	2,72	2,68	2,56
<u>Jacaranda copaia</u>	4,62	2,35	2,22	2,13
<u>Pouteria sp.</u>	4,60	2,35	2,58	2,47
<u>Belotia panamensis</u>	4,93	2,51	2,49	2,38
TOTAL	158,57	80,54	83,76	80,15

4.2. Análise e comparação dos resultados

Para determinar a eficiência relativa de cada método de medição foi previamente feita uma análise estatística dos volumes totais e aproveitáveis por parcela determinados por cada método. Os resultados desta análise bem como o tempo médio gasto por parcela e por cada método encontram-se nos Quadros 3 e 4. Os parâmetros de variabilidade por hectare que são neste caso, o desvio padrão (s), erro padrão da média, ($s\bar{v}$), erro de amostragem em porcentagem ($E\%$), coeficiente de variação, (cv), bem como o volume médio (\bar{v}), referem-se a uma mesma unidade de superfície, que é no presente trabalho o hectare. Foi tomado também o tempo médio em minutos para medir cada parcela expresso como custo (c).

Conforme foi explicado em Materiais e Métodos a eficiência relativa para o método de medição completa foi escolhida como um termo de comparação por isso sua eficiência foi considerada como 100%. As demais estão expressas em função da primeira, ou seja, a eficiência relativa de um método é igual ao produto do quadrado do erro de amostragem em porcentagem ($E\%$)² vezes o tempo médio correspondente, do método comparador, dividido pelo mesmo produto de um outro método.

Para calcular a eficiência relativa considerou-se a precisão e o custo expresso em unidades de tempo. Se considerar a eficiência relativa somente como uma função do custo, a ordem desta nos Quadros 3 e 4 não iria modificar. Porém se considerar somente como uma função da precisão, os métodos de maior precisão seriam em ordem decrescente: prisma, medição completa, DAP médio e flexível. Para atingir uma mesma

precisão por todos os métodos, para estimar o volume total se necessitaria tomar 123 parcelas para o método de medição completa, 138 para o método flexível, 129 para o método DAP médio e 109 para o prisma. Mesmo para atingir uma igual precisão a eficiência relativa mantém na mesma ordem.

Quadro 3. Eficiência relativa (ER) dos métodos de medição para estimar volume total.

Método de medição	\bar{V} em m^3/ha	S m^3/ha	$S\bar{v}$ m^3/ha	E %	CV %	c	ER %
Completa	196,734	101,78	9,176	8,91	51,73	33	100
Flexível	194,560	114,03	10,282	10,09	58,60	22,5	114,37
DAP médio	158,100	85,69	7,726	9,33	54,20	19,6	153,50
Prisma	160,029	75,29	6,788	8,10	47,05	17,7	225,3

Quadro 4. Eficiência relativa (ER) dos métodos de medição para estimar volume aproveitável.

Método de medição	\bar{V} em m^3/ha	S m^3/ha	$S\bar{v}$ m^3/ha	E %	CV %	c	ER %
Completa	104,512	63,206	5,698	10,42	60,47	33,0	100
Flexível	104,760	72,039	6,494	11,84	68,75	22,5	113,59
DAP médio	87,120	57,836	5,214	11,43	66,38	19,6	139,93
Prisma	94,571	49,710	4,482	9,06	52,56	17,7	246,61

4.3. Área basal por hectare

Foi estimada a área basal por hectare, utilizando os métodos de medição completa e por prisma. Os parâmetros de variabilidade, que são neste caso, o desvio padrão (S), erro padrão da média ($S\bar{v}$), erro de amostragem em porcentagem (E%), coeficiente de variação (cv), bem como a área basal média por hectare (\bar{AB}) encontram-se no Quadro 5.

Quadro 5. Parâmetros da área basal por hectare.

Método de medição	\bar{AB} m ² /ha	S m ² /ha	$S\bar{AB}$ m ² /ha	E %	cv %
Completa	17,13	7,23	0,65	7,05	42,19
Prisma	15,29	5,63	0,51	6,97	39,41

4.4. Distribuição diamétrica

Para estudar a distribuição diamétrica no bosque em estudo utilizaram-se os dados tomados pelo método de medição completa, abrangendo 1012 árvores com DAP acima de 20 cm, e 1005 árvores com DAP compreendido entre 10 e 20 cm.

A dispersão ou variabilidade de diâmetros é bastante ampla neste bosque. No Quadro 5 pode-se observar a distribuição por classe diamétrica com intervalo de 10 cm, tanto para algumas espécies mais frequentes como para o total. Com estes dados referidos ao hectare encontrou-se a equação que mais ajusta quando se relaciona número de árvores por

hectare (NA) e DAP. A equação encontrada em forma aritmética foi a seguinte:

$$NA = 657,6 \times 10^{-0,034082 \text{ DAP}} \quad \text{ou em forma logaritmica}$$
$$\log Na = 2,8180 - 0,034082 \text{ DAP}$$

Esta equação apresentou um coeficiente de ajuste ou coeficiente de determinação $R^2 = 0,9797$.

A figura 2 representa a distribuição diamétrica do bosque secundário tropical em estudo. Como se vê existe um grande número de árvores por hectare com diâmetros pequenos e esse número de árvores por hectare reduz rapidamente com o aumento do diâmetro.

Como se pretendia estudar a distribuição diamétrica de algumas espécies mais importantes como Cordia spp., Virola spp., Simaruba amara Aubl., Rollinia microsepala Standley, e também da família Lauraceae apresentam-se estes resultados em forma de histograma para ver a tendência da distribuição diamétrica como mostram as Figuras 3, 4.

4.5. Relação entre DAP com altura total e aproveitável

Para encontrar a relação entre DAP com altura total e aproveitável para todo o bosque utilizou-se a equação logarítmica. Relacionando altura total sobre DAP encontrou-se como expressão matemática do modelo logarítmico a seguinte equação: $\hat{y} = 2,498 X^{0,588529}$, com um coeficiente de determinação $R^2 = 0,494$ onde:

\hat{y} = altura de árvore em metro

X = diâmetro a altura do peito em centímetro

Utilizando a equação acima construiu-se o gráfico que se apresenta na Figura 5.

Quadro 6. Número de árvores por classe diamétrica para 123 parcelas de 500 m².

Espécies, gêneros ou famílias	Classe diamétrica em cm.										Total
	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	Total	
Lauraceae	107	64	41	17	1	1	--	0	--	233	
<u>Virola spp.</u>	69	42	13	4	1					129	
<u>Simarouba amara</u>	57	28	10	1						96	
<u>Cordia spp.</u>	8	17	27	23	5					80	
<u>Rollinia microsepala</u>	4	11	7	17	12	7	4	1		63	
<u>Inga spp.</u>	183	61	19	2	--	1				266	
<u>Cecropia spp.</u>	26	49	33	5	2	2				117	
<u>Pourouma aspera</u>	21	35	28	10	5	1				100	
<u>Ficus spp.</u>	62	11	5	2	--	1	1			82	
<u>Brosimum costaricanum</u>	26	11	6	9	4	4	1			61	
<u>Erythrina spp.</u>	14	16	7	11	5	4	1	2		60	
<u>Ormosia sp.</u>	34	16	7	1	--	-	1			59	
<u>Goethalsia peiantha</u>	12	3	9	12	6	6	1			49	
<u>Guarea spp.</u>	12	4	4	2	1					23	
<u>Lonchocarpus velutinus</u>	2	5	3	2	2					14	
<u>Cedrela mexicana</u>	7	2								9	
Outras	363	98	57	29	16	4	10			577	
Total	1005	473	276	148	62	29	19	3	2	2016	
Total por hectare	163,41	76,91	44,87	23,90	10,08	4,71	3,09	0,49	0,32	327,78	

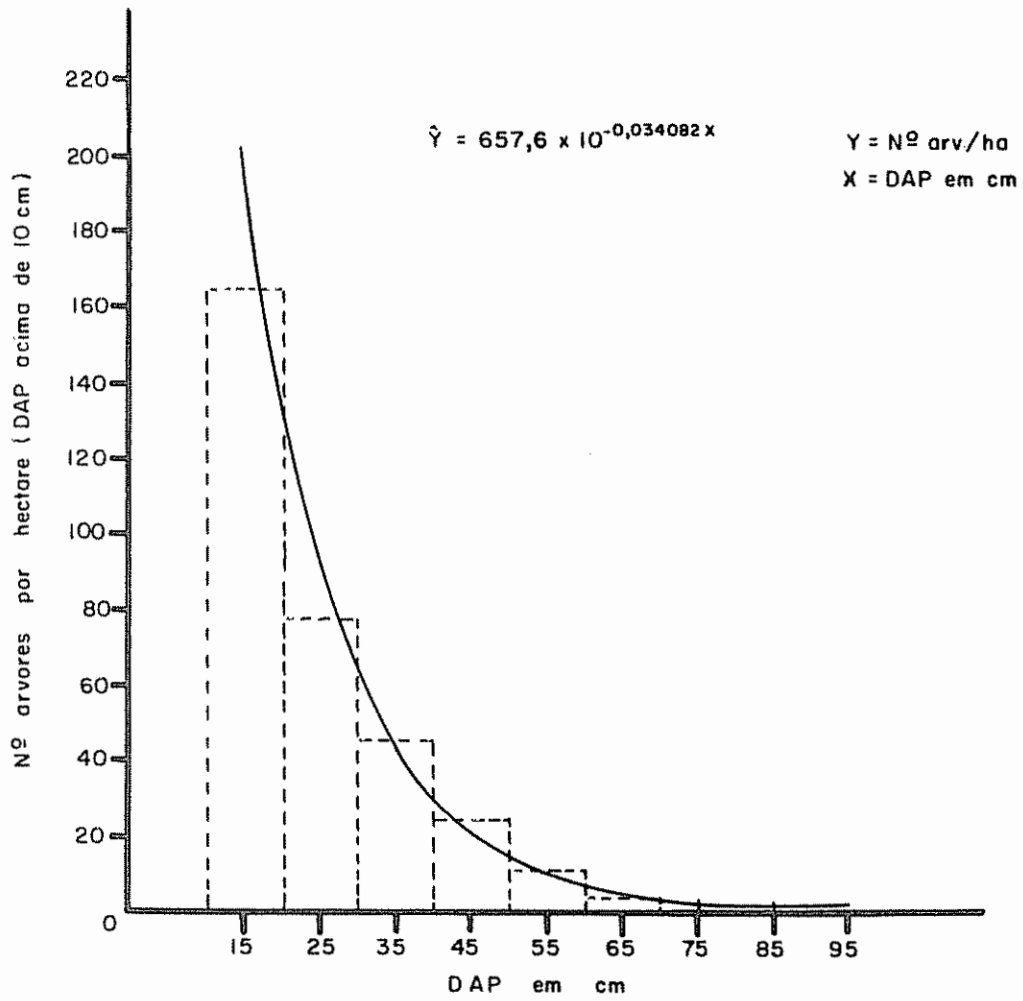


Fig 2 Distribuição diamétrica no bosque

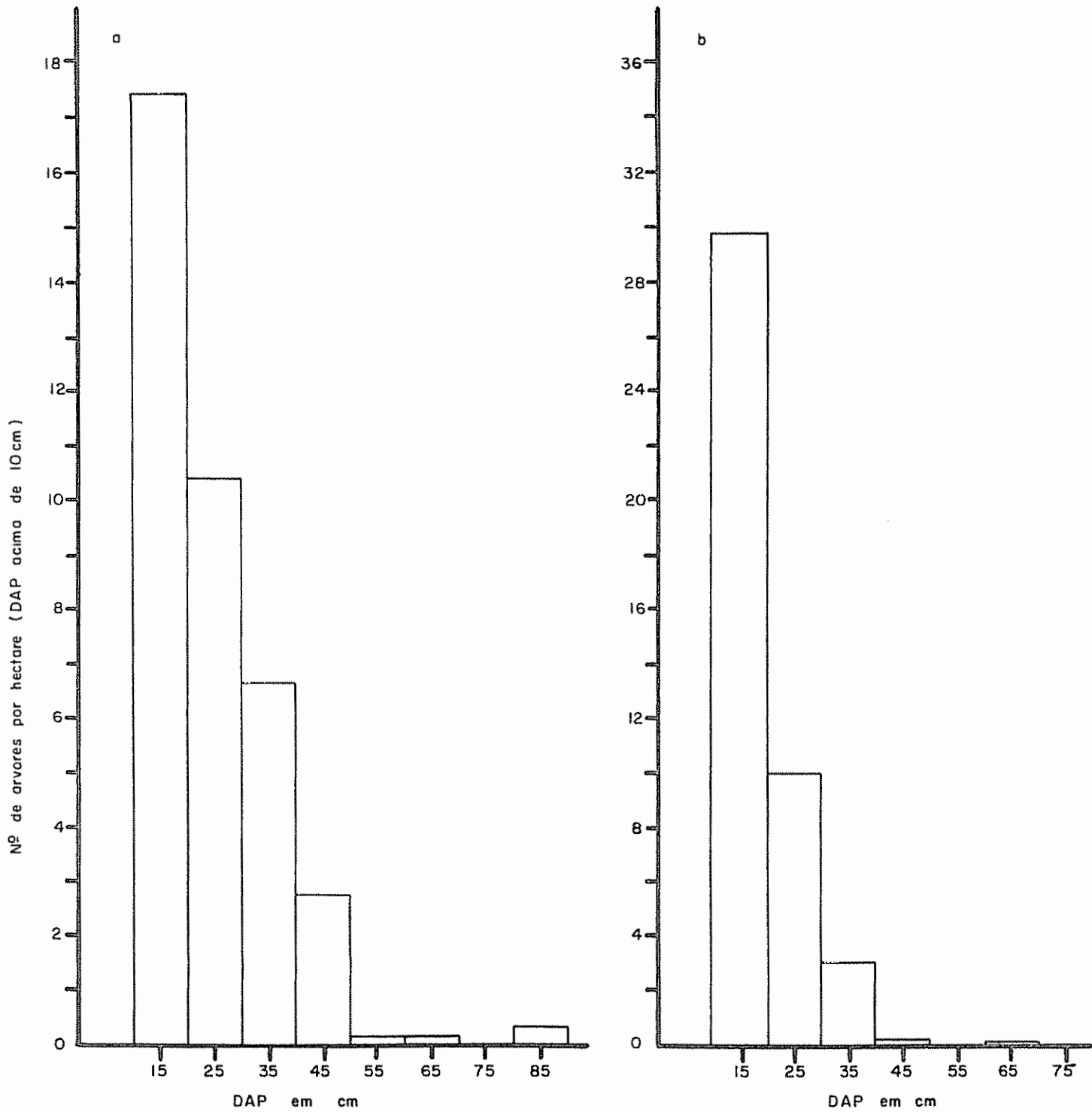


Fig 3 Distribuição diamétrica das lauráceas (a) e do gênero inga (b) no bosque

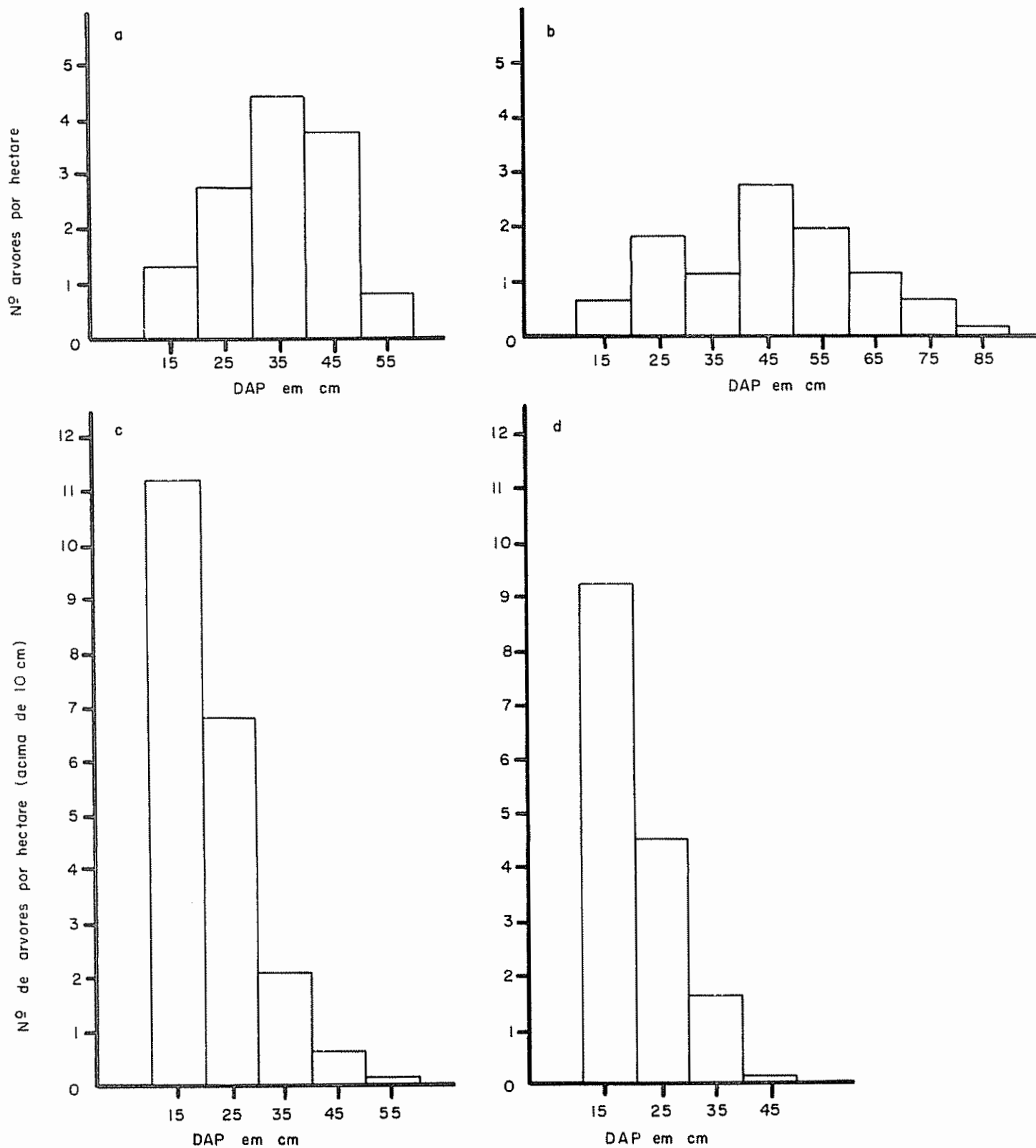


Fig. 4 Distribuição diamétrica de algumas espécies no bosque

a) *Cordia alliodora* Cham. e *C. bicolor* A DC b) *Rollinia microsepala* Standley

c) *Virola sebifera* Aubl. e *V. koschnyi* Warb d) *Simaruba amara* Aubl.

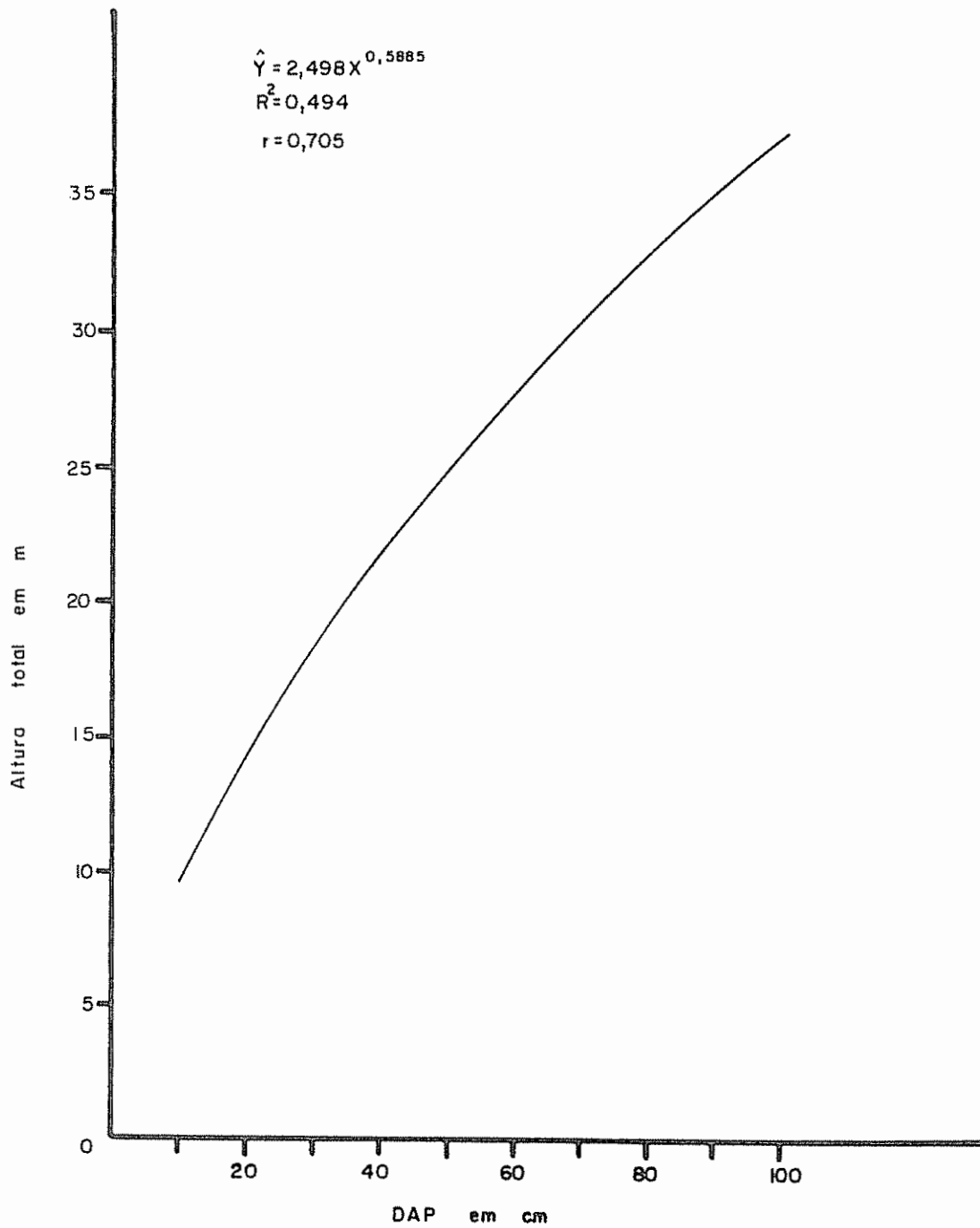


Fig. 5 Relação altura total com DAP para todo o bosque

O coeficiente de correlação entre DAP e altura total foi $r = 0,705$.

Usando também o modelo logarítmico, estabeleceu-se a relação entre DAP e altura aproveitável. A equação logarítmica encontrada foi

$$\hat{y} = 14,50303 + 10,965698 \log X. \quad R^2 = 0,152$$

onde:

\hat{y} = altura aproveitável em metros

X = DAP em metros

Para ambos os casos provou-se também a equação quadrática que apresentou um coeficiente de ajuste praticamente igual ao apresentado pelas equações logarítmicas.

Como o coeficiente de determinação (R^2) foi bastante baixo fez uma análise de variância para detetar a diferença quanto a regressão. Esta análise se apresneta no Quadro 7.

Quadro 7. Análise de variância para a equação logarítmica.

Fonte de variação	G.I.	S.C.	C.M.	F
Regressão	2	4.986,494	2.493,247	181,09
Erro	1009	13.891,912	13,768	
Total	1011	18.878,406	2.507,015	

O "F" tabular a um nível de 1% para os dados acima é igual a 5,45.

Aplicou-se as equações quadrática, linear, geométrica e logarítmica para estabelecer relação entre altura total com DAP de algumas

mais importantes encontradas no bosque em estudo.

As equações logarítmica e quadrática foram as que apresentaram um melhor ajuste, seguida da linear e geométrica.

Apresentam-se no quadro 8 os resultados encontrados com as equações quadrática e logarítmica. Substituindo os valores do DAF na equação logarítmica de base "e" encontraram-se valores da altura total. Com estes valores em pares, construiu-se os gráficos da Figura 6.

4.6. Relação entre altura total e altura aproveitável

Para relacionar altura total com altura aproveitável para todo o bosque se utilizou o modelo linear e a expressão da equação encontrada é:

$$\hat{y} = 1,21593 + 0,506598x$$

onde:

\hat{y} = altura aproveitável

X = altura total

A confiabilidade de ajuste ou coeficiente de determinação é $R^2 = 0,472$.

Por substituição dos valores de "x" na equação acima, encontraram-se os valores de "y". A representação gráfica da relação altura aproveitável sobre altura total se encontra na Figura 7.

Trabalhando com as espécies expostas no quadro 9, tentou-se buscar um modelo que mais se ajuste á relação entre altura aproveitável e altura total. Provou-se os modelos linear, quadrático, logarítmico e geométrico. O modelo linear competiu com o modelo quadrático, quanto a confiabilidade de ajuste e os resultados podem ser observados no Quadro 9.

Quadro 8. Equações para relacionar altura total com DAP de algumas espécies : gênero ou família no bosque estudado.

Espécie, Gênero ou família	Equação logarítmica $\left(\frac{1}{1H}\right)$	R ²	Equação quadrática	R ²
<u>Rollinia microsenala</u>	$\hat{y} = 4,460 \cdot x^{0,4454}$	0,443	$\hat{y} = 12,7071 + 0,2733x - 0,0003x^2$	0,440
<u>Simaruba spura</u>	$\hat{y} = 2,230 \cdot x^{0,6160}$	0,274	$\hat{y} = 10,1691 + 0,1520x + 0,0038x^2$	0,360
<u>Cordia spp.</u>	$\hat{y} = 1,738 \cdot x^{0,7242}$	0,454	$\hat{y} = 2,6086 + 1,0341x - 0,0030x^2$	0,445
<u>Virola spp.</u>	$y = 5,418 \cdot x^{0,3674}$	0,262	$\hat{y} = 6,1115 + 0,6296x - 0,0062x^2$	0,277
Lauraceae	$\hat{y} = 2,547 \cdot x^{0,5885}$	0,416	$\hat{y} = 2,7728 + 0,6936x - 0,0046x^2$	0,428

\hat{y} = altura total em metros.

x = DAP em centímetros

R² = coeficiente de determinação.

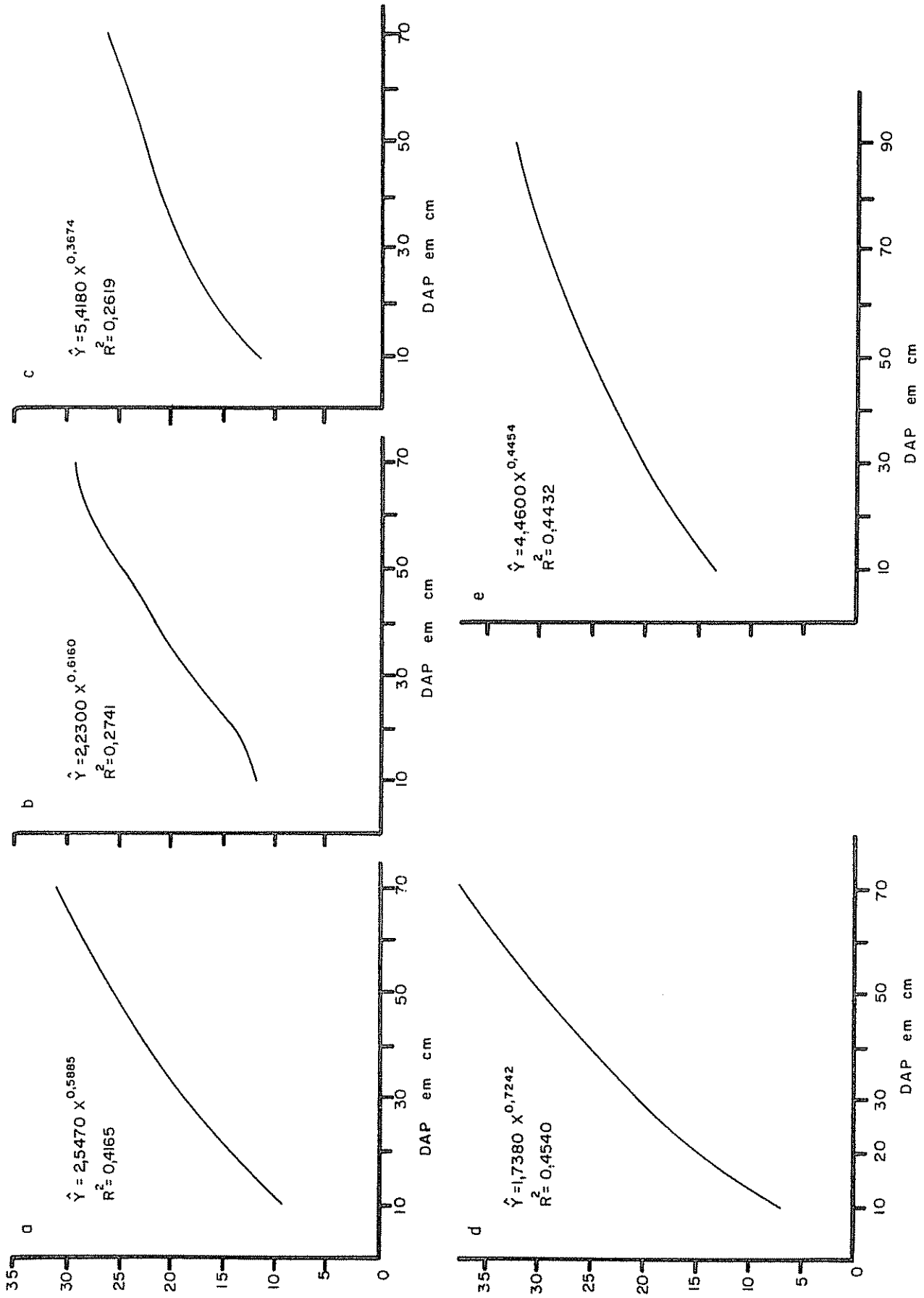


Fig.6 Relação altura total com DAP de algumas espécies no bosque a) Lauraceas, b) Simaruba amara, c) Virola spp, d) Cordia spp, e) Rollinia microsepala

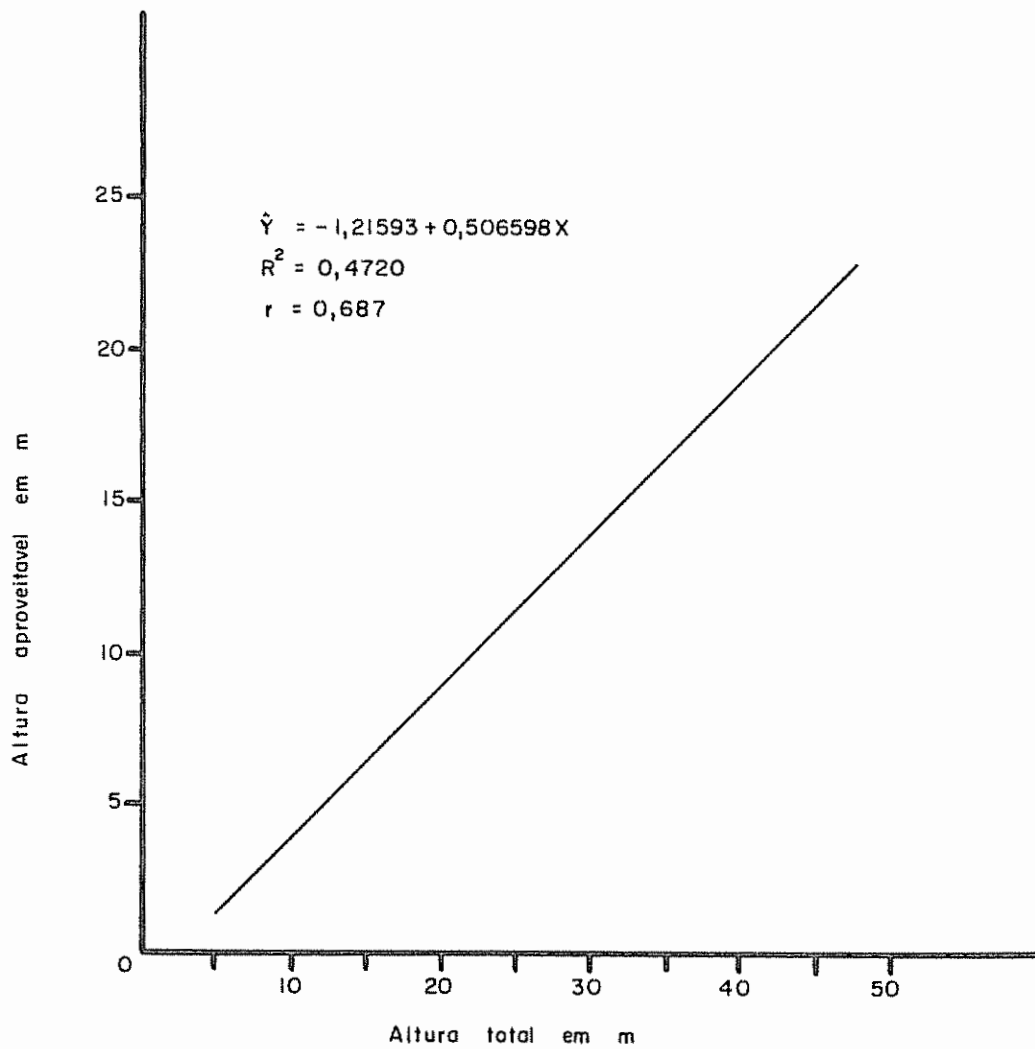


Fig. 7 Relação altura aproveitavel com altura total para todo o bosque

Quadro 9. Equações para relacionar altura total com altura aproveitável das espécies, gêneros ou família mais abundantes no bosque.

Espécie, gênero ou família	Equação linear	R ²	Equação quadrática	R ²
<u>Rollinia microsepala</u>	$\hat{y} = -0,6241 + 0,4740X$	0,431	$\hat{y} = 12,9958 + 1,4953X - 0,020X^2$	0,422
<u>Simarouba</u>	$\hat{y} = -2,5865 + 0,6009X$	0,525	$\hat{y} = 6,3471 + 1,0529X - 0,0130X^2$	0,530
<u>Gordia</u> spp.	$\hat{y} = -2,1398 + 0,5535X$	0,503	$\hat{y} = 0,1651 + 0,3756X + 0,0037X^2$	0,504
<u>Virola</u> spp.	$\hat{y} = -2,1982 + 0,6751X$	0,427	$\hat{y} = -4,1521 + 0,8887X - 0,0056X^2$	0,427
Lauraceae	$\hat{y} = -2,5763 + 0,6178X$	0,553	$\hat{y} = 1,9819 + 0,1556X + 0,0110X^2$	0,560

\hat{y} = altura aproveitável em metros.

X = altura total em metros

R² = coeficiente de determinação.

O modelo que menos se ajustou a tal relação foi o geométrico seguido do logarítmico.

4.7. Volume do tronco com sapopema, percentualmente ao volume do tronco limpo e volume total

Comumente em bosques tropicais os sapopemas são bastante frequentes e para determinar o volume aproveitável há que considerá-los particularmente quando se trata de bosques secundários, onde as árvores não atingiram ainda dimensões e forma definitivas os sapopemas estão em sua fase de formação e não tem muita importância no cômputo do volume aproveitável. Procurou-se fazer êste estudo de sapopemas em virtude de que é um assunto pouco ou quase não considerado em trabalhos de investigação, principalmente em bosques secundários tropicais. Apresentam-se aqui alguns resultados julgados de interêsse como uma informação e êstas são os seguintes: a) Volume de sapopemas em 123 parcelas = 33,45 m³ e b) Volume do sapopema por hectare = 5,44 m³.

Êste volume de sapopemas corresponde a 2,76% do volume total do bosque e 5,20% do volume aproveitável do bosque em estudo. De 1012 árvores medidas em 123 parcelas, 97 árvores apresentaram sapopemas com altura superior a 0,50 m. Isto quer dizer que 9,58% das árvores dêste bosque apresentam sapopemas. Considerando algumas espécies de maior importância económica tem-se os resultados do quadro 10.

Quadro 10. Porcentagem de árvores de algumas das espécies que apresentam saponemas.

<u>Rollinia microsepala</u>	23,3% das árvores com saponema
<u>Simaruba amara</u>	5,2% das árvores com saponema
<u>Cordia spp.</u>	5,5% das árvores com saponema
<u>Virola spp.</u>	3,7% das árvores com saponema
Lauroceae	10,6% das árvores com saponema

4.8. Volume da casca em porcentagem e relação DAP sem casca com DAP com casca

O volume da casca em porcentagem depende sobretudo do diâmetro. Dentro de uma mesma espécie, num mesmo sítio, a porcentagem do volume de casca decresce com o aumento do diâmetro. No presente estudo encontramos valores médios do volume da casca em porcentagem tanto para todo o bosque como para algumas espécies mais importantes. Os resultados podem ser observados nos Quadros 11 e 12.

Quadro 11. Volume da casca em porcentagem e relação do DAP sem casca com DAP com casca.

Espécie, gênero ou família	V %	K	D
Tôdas as espécies	11,83	0,939	34,6
<u>Rollinia microsepala</u>	10,32	0,947	47,9
<u>Simaruba amara</u>	12,21	0,937	26,9
<u>Cordia</u> sp.	12,39	0,936	35,7
<u>Virola</u> spp.	14,07	0,927	28,1
Lauraceae	11,64	0,940	31,9

onde: V% = volume da casca em porcentagem do volume do tronco.

K = relação entre DAP sem casca com DAP com casca.

D = DAP médio em cm.

Quadro 12. Relação do DAP SEM CASCA com DAP com casca (k) e volume da casca em porcentagem (V%),

por classe diamétrica de algumas espécies no bosque.

DAP	E S P E C I E S											
	CORDIA spp.		VIROLA spp.		ROLLINIA MICROSEPALA		STYRUBA ALATA		LAURACEA			
	K	V%	K	V%	K	V%	K	V%	K	V%	K	V%
20 - 29,9	0,9281	13,82	0,9215	15,08	0,9109	17,03	0,9363	12,33	0,9354	12,50		
30 - 39,9	0,9354	12,50	0,9263	14,19	0,9286	13,67	0,9185	15,65	0,9288	13,73		
40 - 49,9	0,9458	10,53	0,9417	11,32	0,9473	10,26	0,9540	8,98	0,9645	6,97		
50 - 59,9	0,9447	10,75	---	---	0,9635	7,16	---	---	0,9570	8,41		
60 - 69,9	---	---	---	---	0,9562	8,57	---	---	0,9594	7,95		
70 - 79,9	---	---	---	---	0,9589	8,05	---	---	---	---		
80 - 89,9	---	---	---	---	0,9669	6,51	---	---	---	---		

5. DISCUSSÃO

Antes de se tomar qualquer decisão quanto ao manejo de um bosque torna-se necessário conhecer a existência por espécie. Isto é relativamente fácil em bosques de plantação, porém torna cada vez mais difícil, quanto mais irregular ou heterogêneo seja o bosque. Esta heterogeneidade, tanto florística quanto estrutural é uma característica da maioria dos bosques tropicais, primários ou secundários.

A composição florística estrutural, bem como a produtividade de tais bosques tropicais é pouco conhecida e por isto são mal aproveitados. Procurou-se neste estudo, apresentar uma pequena colaboração, para o conhecimento de um bosque secundário tropical, da formação "bosque muito úmido premontano tropical" tentando encontrar uma maneira mais simples e mais precisa para o conhecimento, sobre o ponto de vista dasométrico de tal bosque.

Pelos resultados obtidos e considerando o volume como variável de resposta, pode-se ver que o método de amostragem por pontos com o prisma deu uma maior precisão que os demais métodos, usando o mesmo número de unidades de amostragem. Neste ponto o resultado encontrado contrasta com os resultados encontrados por Gabriel (16), Grosenbaugh e Stower (18) que encontraram maior precisão usando parcelas de área fixa. Crê-se que o motivo dos resultados encontrados neste estudo está ligado ao fato de ter-se usado parcelas fixas de área pequena. Por outro lado referindo-se ao custo e eficiência relativa, os resultados encontrados pela medição com prisma são compatíveis com os resultados obtidos por Gabriel (16), Grosenbaugh e Stower (18), Kirby (25). Parece

que os volumes totais e aproveitáveis foram subestimados pelo método de medição com prisma e este resultado concorda com Grosenbaugh e Stower (18) que dizem que a medição com este instrumento tende a subestimar o volume de árvores menores.

Como o diâmetro médio do bosque em estudo está ao redor de 34 cm, vê-se que classes diamétricas pequenas dominam em tal bosque. Um outro fator que pode ter causado uma subestimação do volume é o fator de área basal utilizado que foi "3". No reconhecimento preliminar estimou-se que a área basal por hectare estava entre 20 e 25 m². Se assim fôsse o fator de área basal (FAB) "3" seria o ideal segundo Scarpita (13). Porém após realizados os trabalhos de campo resultou que esta área basal por hectare estava entre 15 e 18 m². Assim sendo o FAB ideal para tal bosque deveria ser de 2,0 ou 2,5 que resultaria um maior número de árvores contados por ponto de amostragem, o que evitaria subestimação segundo Scarpita (13).

O método de medição flexível, utilizado pela primeira vez deu resultados de volume total e aproveitável praticamente iguais aos encontrados com o método de medição completa. No entanto apresentou uma maior eficiência relativa, o que prova que seu uso é recomendável para trabalhos de inventário florestal.

Para atingir uma mesma precisão pelos métodos de medição flexível e medição completa necessitava tomar apenas 15 parcelas a mais para o primeiro. Apesar do método de medição do DAP médio ter apresentado uma eficiência relativa maior que os métodos de medição completa e flexível, seu uso pode ser comprometedor, porque é um método sujeito a influências pessoais.

No presente trabalho parece que houve uma subestimação dos volumes total e aproveitável. Dificilmente duas pessoas encontrariam o mesmo resultado utilizando o método de medição do DAP médio. Observando os resultados vê-se que o bosque em estudo, apesar de bastante heterogêneo, apresenta um potencial de produção elevado, se manejado adequadamente. Aproximadamente 40% do volume total ou aproveitável deste bosque é constituído de espécies de valor comercial local ou internacionalmente.

Quanto a estrutura diamétrica do bosque em estudo, pode-se notar pelos resultados que a distribuição dos diâmetros em classes segue a tendência natural da maioria dos bosques tropicais heterogêneos e se assemelha a encontrada por Rojas (39) em um bosque secundário tropical, bem como a encontrada por Heinsdijk (20) na floresta amazônica.

O número de árvores por hectare decresce rapidamente a medida que passa de uma classe diamétrica a outra superior. Esta distribuição segue aproximadamente balanceada, isto é, o número de árvores de uma classe está em torno de 50% do número de árvores da classe imediatamente inferior. Isto quer dizer que somente metade das árvores passam de uma classe diamétrica a outra imediatamente superior, segundo Heinsdijk (20, 21). Assim o número de árvores de sucessivas classes diamétricas é representado por uma série geométrica de forma $a, aq, aq^2, aq^3, \dots, aq^n$, onde $q = 0,5$.

Considerando algumas espécies mais importantes encontradas no bosque em estudo e cuja distribuição está representada em histogramas nas figuras 3 e 4 pode-se fazer alguns comentários. Nas espécies que

compõem a família Lauraceae, Virola spp. e Simaruba amara, encontrou-se uma distribuição aproximadamente balanceada. No genero Inga observa-se que o número de árvores que passa de uma classe a outra imediatamente superior é de aproximadamente 30%, o que indica que as espécies do genero Inga desaparecerão rapidamente. No caso da Rollinia microsepala e Cordia spp. a distribuição diamétrica é distinta da tendência geral de todo o bosque. Como são espécies emergentes necessitam plena luz para desenvolverem. A estrutura diamétrica apresenta-se semelhante a uma distribuição normal, em que um maior número de árvores se encontra nas classes centrais. Isto indica que tais espécies tem um crescimento inicial acelerado, atingindo suas idades maduras rapidamente e logo tendem a desaparecer a medida que o bosque atinge fases de sucessão mais avançadas.

A relação altura total com DAP não ofereceu uma confiabilidade ou ajuste muito boa e êste resultado está de acôrdo com Chapman e Meyer (9) que dizem que curvas de altura sôbre diâmetro não representam uma relação biológica definida.

Pensava-se que ao estabelecer tal relação para espécies em separado iria obter um melhor ajuste, porém isto não aconteceu para nenhuma das espécies estudadas e que se apresentam na Figura 6. Isto se deve ao fato de que para uma mesma espécie crescendo em sitios e condições diferentes encontra-se para uma mesma classe diamétrica, uma grande variedade de alturas. O número de árvores utilizados para estabelecer a relação altura total com DAP foi mais que suficiente.

Tomando Cordia spp., como exemplo, estabeleceu-se esta relação

com 72,50 e 30 árvores. O coeficiente de determinação (R^2) permaneceu quase constante com pequenas diferenças.

Este resultado confirma o encontrado por Bruchwald (6) que diz que 20 a 30 árvores são suficientes para estabelecer tal relação.

No bosque em estudo há uma alta variabilidade da altura aproveitável em cada classe diamétrica, o que indica uma baixa correlação entre DAP e altura aproveitável. Por isso é que empregando os modelos quadrático, logarítimo, linear e geométrico para encontrar uma equação para relacionar tais variáveis, obteve-se um baixíssimo coeficiente de ajuste (R^2), mesmo trabalhando com espécies em separado.

Também a altura aproveitável é bastante variável dentro de uma mesma classe de altura total, porém há uma correlação significativa entre estas variáveis o que permite estabelecer a relação entre ambas com uma confiabilidade e ajuste aceitáveis.

Como as equações linear e quadrática apresentaram resultados quase idênticos quanto a ajuste, recomenda-se utilizar a equação linear em tais bosques, por ser mais simples sua aplicação e porque envolve somente dois coeficientes no passo que a equação quadrática envolve três e para calcular estes coeficientes com uma calculadora simples exige a transformação da forma quadrática para logaritmica.

A porcentagem do volume de casca no bosque em estudo foi de 11,83% que é um pouco superior a encontrada por Heinsdijk (20, 21) em bosques tropicais do norte do Espírito Santo e Amazônia que foram respectivamente de 10,1% e 8%. Como os bosques estudados por Heinsdijk (20, 21) são primários, logicamente apresentam diâmetros maiores que o bosque secundário aqui estudado.

Como é conhecido o volume da casca em porcentagem diminui com o aumento do diâmetro, para uma mesma espécie.

A relação DAP sem casca com DAP com casca é linear, passando pela origem. O coeficiente K varia para cada espécie e dentro de uma mesma espécie varia de acordo com o diâmetro.

Assim é que aos menores diâmetros correspondem menores valores de "K".

Isto pode ser observado nos resultados do Quadro 10 que comprovaram pesquisas feitas por Meyer (32), Villa Salas (43) e Stayton (42).

6. CONCLUSÕES

1. A eficiência relativa dos métodos de amostragem deve ser interpretada não só numericamente, mas também tomando em consideração outras qualidades inerentes aos métodos.
2. Considerando o volume estimado por hectare, os métodos de medição completa e flexível apresentam cifras superiores aos métodos de medição do DAP médio e prisma respectivamente 19% e 18%.
3. Se a variável de resposta é a estimativa do volume por hectare, o método do prisma comparativamente com outros provados oferece maior vantagem em eficiência.
4. Se a variável de resposta por um parâmetro da comunidade vegetal, como abundância, dominância, etc., o método de medição completa não tem competidor.
5. Os resultados indicam que a produtividade total do bosque de aproximadamente 200 m³ por hectare é relativamente alta o que faz inferir que o sítio está pouco explorado.
6. O bosque estudado é bastante heterogêneo contendo aproximadamente 60 espécies diferentes.
7. As espécies Rollinia microsepala, Simaruba amara, Cordia alliodora e C. bicolor, Virola sebífera e V. koschnyi, e a família Lauracea, consideradas mais importantes no bosque em estudo, tem uma participação tanto volumétrica como em número de árvores, bastante representativa, constituindo 40% do volume total desse bosque.

7a. RESUMO

A presente investigação tem como objetivo principal o estudo comparativo de métodos de medição num bosque secundário tropical, localizado em Turrialba, Costa Rica, na zona de vida "bosque muito úmido premontano tropical", da classificação de Holdridge.

Utilizando um delineamento irrestritamente ao acaso, aplicou-se à parcela com o mesmo centro, quatro métodos de medição: a) medição completa, na qual se mediram tôdas as árvores com DAP acima de 20 cm. na parcela de área fixa de 10 x 50 m., b) medição por prisma ou amostragem por pontos, c) medição flexível na qual se mediram as seis árvores mais próximas do centro da parcela, d) medição das árvores dentro da parcela de 10 x 50 m que aparentemente representavam um DAP médio.

Para cada método tomou-se o tempo gasto para medir, incluindo demarcação da parcela, bem como se identificaram tôdas as árvores, pelo menos a nível de família. Calculou-se o volume total e aproveitável por parcela ou por ponto de amostragem, bem como os parâmetros de variabilidade.

Considerando tanto a variabilidade do volume por hectare, como o custo expresso em tempo calculou-se a eficiência relativa de cada método de medição empregado, encontrando-se os seguintes resultados: Medição completa, tomada como comparador e cuja eficiência relativa foi considerada como 100%, medição flexível rendeu uma eficiência relativa de 114,37%, método do DAP médio rendeu uma eficiência relativa de 153,50% e o método do prisma deu uma eficiência relativa de 225,3%, sendo o mais eficiente para estimar volume total e aproveitável.

Para o estudo da distribuição diamétrica no bosque utilizou-se os dados obtidos pelo método de medição completa, abrangendo 1012 árvores com DAP acima de 20 cm e 1005 árvores com DAP entre 10 e 20 cm. Encontrou-se que o número de árvores por hectare decresce rapidamente com o aumento do diâmetro e a equação encontrada para representar tal distribuição é uma equação geométrica da forma:

$$N_d = 657,6 \times 10^{-0,034082 \text{ DAP}} \text{ e } R^2 = 0,9797$$

As espécies Rollinia microsepala Standley, Simaruba amara Aubl, Cordia spp., Virola spp. e as Lauraceas participam na composição volumétrica do bosque com respectivamente 13,08%, 1,66%, 7,99%, 2,88%, 10,54%.

Determinaram-se as relações entre DAP com altura total e aproveitável para todo bosque e para as espécies Rollinia microsepala Standley, Simaruba amara Aubl., Cordia spp., Virola spp. e para as Lauraceas. Tanto para todo o bosque como para as espécies mencionadas a equação quadrática ou parabólica do tipo $Y = b_0 + b_1 X - b_2 X^2$ competiu com a equação logaritmicamente do tipo $Y = b_0 \times X^{b_1}$ apresentando coeficientes de ajuste praticamente iguais.

Aplicando os mesmos modelos quadráticos, logaritmico, linear e geométrico para estabelecer relação entre DAP e altura aproveitável, encontrou-se um mal ajuste para todas as equações e em todas as espécies, o que prova que esta relação é bastante débil em bosques secundários tropicais.

Também se utilizaram os modelos matemáticos citados no parágrafo

anterior para estabelecer a relação entre altura total e aproveitável, encontrando que o modelo linear é o que mais se ajusta a tal relação.

Ao estimar o volume do sapopema encontrou-se que êste corresponde a 2,76% do volume total e 5,20% do volume aproveitável do bosque estudado.

Pesquisou-se também o volume da casca em porcentagem e verificou-se que êste volume em porcentagem alcança 11,83% do volume aproveitável, considerando todo o bosque e que esta porcentagem dentro das espécies estudadas em separado decresce com o aumento do DAP.

O fator de relação (K) entre DAP sem casca e DAP com casca é diretamente proporcional ao DAP da árvore.

7b. RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal el estudio comparativo de métodos de medición en un bosque secundario tropical localizado en Turrialba, Costa Rica en la zona de vida "bosque muy húmedo premontano tropical" de la clasificación de Holdridge.

Utilizando el diseño irrestrictamente al azar, se aplicó a las parcelas con el mismo centro cuatro métodos de medición: a) medición completa, en el cual se midieron todos los árboles con DAP arriba de 20 cm en la parcela de área fija de 10 x 50 m, b) medición con prisma o muestreo por puntos, c) medición flexible en el cual se midieron los seis árboles más cercanos al centro de la parcela, d) medición de los árboles dentro de la parcela de 10 m x 50 m que aparentemente representaban el DAP promedio.

Para cada método se tomó el tiempo utilizado en medir, incluyendo demarcación de la parcela, como también se identificaron todos los árboles, por lo menos a nivel de familia.

Se calculó el volumen total y aprovechable por parcela o por punto de muestreo, así como los parámetros de variabilidad.

Considerando, tanto la variabilidad del volumen por hectárea como el costo expresado en tiempo, se calculó la eficiencia relativa de cada método de medición empleado, encontrándose los siguientes resultados: Medición completa tomada como comparador y cuya eficiencia relativa fue considerada como 100%; medición flexible rindió una eficiencia relativa de 114,37%; método del DAP promedio rindió una eficiencia relativa de 153,50% y el método del prisma dio una eficiencia relativa

de 225,30%, siendo el más eficiente para estimar volumen total y aprovechable.

Se estudió la distribución diamétrica del bosque utilizando los datos obtenidos por el método de medición completa, conteniendo 1012 árboles con DAP arriba de 20 cm y 1005 árboles con DAP entre 10 y 20 cm. Se encontró que el número de árboles por hectárea (NA) decrece rápidamente con el aumento del DAP y la ecuación encontrada para representar tal distribución es el modelo matemático geométrico de forma:

$$NA = 657,6 \times 10^{-0,034082 \text{ DAP}} \text{ con un } R^2 = 0,9797$$

Las especies Rollinia microsepala Standley, Simaruba amara Aubl., Cordia spp., Virola spp., y las Lauraceas participan en la composición volumétrica del bosque con 13,08%, 1,66%, 7,99%, 2,88% y 10,54%, respectivamente.

Se determinaron las relaciones DAP-altura total y DAP-altura aprovechable para todo el bosque y para las especies Rollinia microsepala Standley, Simaruba amara, Cordia spp., Virola spp., y para las Lauraceas.

Tanto para todo el bosque como para las especies mencionadas la ecuación logarítmica del tipo $Y = b_0 \cdot X^{b_1}$ compitió con la ecuación cuadrática del tipo $Y = b_0 + b_1 X - b_2 X^2$, presentando coeficientes de ajuste prácticamente iguales.

Aplicando los modelos logarítmicos, cuadrático, lineal y geométrico para establecer la relación entre DAP y altura aprovechable, se encontró un coeficiente de determinación siempre inferior a 0,21 para

todas las ecuaciones empleadas y en todas las especies, lo que prueba que esta relación es bastante débil en bosques secundarios tropicales.

También se utilizaron los modelos matemáticos citados en el párrafo anterior para establecer la relación altura total-altura aprovechable encontrándose que el modelo lineal es el que más se ajusta a tal relación.

Al estimar el volumen de las gambas se encontró que corresponde al 2,76% del volumen total y al 5,20% del volumen aprovechable.

Se investigó también el volumen de la corteza y se encontró que alcanza 11,83% del volumen aprovechable, considerando todo el bosque, y que este porcentaje dentro de las especies estudiadas por separado, decrece con el aumento del DAP. El factor de relación (K), dado por el DAP sin corteza sobre el DAP con corteza es directamente proporcional al DAP del árbol.

7c. SUMMARY

The principal objective of the research project was to compare inventory techniques in a secondary tropical forest located at Turrialba, Costa Rica in the "Very humid premontane tropical forest" life zone according to the Holdridge classification system.

Applying the unrestricted random sampling design and using the same center in each sample plot, four different inventory methods were used: a) complete inventory in which all trees with a dbh of 20 cm and above were measured in a fixed area plot of 10 x 50 m, b) prism method or point sampling, c) flexible method in which the six closest trees to the center of the plot were measured, d) average dbh method in which all trees which appeared to be of average size in a plot of 10 x 50 m were measured.

In each method the following data were taken: time period required to measure the plot including demarcation of the plot and identification of the trees to species, genus or family. The total volumes per plot or per point of sampling were calculated and parameters of variability established.

Considering the variability in volume per hectare and cost expressed in time, the relative efficiency of each method of measurement has determined with the following results: a) the complete inventory method of plots was given a relative efficiency of 100% and used as standard of comparison, b) the flexible method resulted in a relative efficiency of 114.37%, c) the average dbh method in 153.50% and d) the prism method in a relative efficiency of 225.30%. The prism method

was thus determined to be the most efficient in estimating total and commercial volumes.

A study of the diameter class distribution in the forest, applying the data obtained in the complete inventory method of plots, revealed that there are 1012 trees with a dbh of more than 20 cm and 1005 trees with a dbh between 10-20 cm present in 123 plots. The number of trees per hectare (NA) decreased rapidly with increase in dbh.

The equation which represents best the distribution of trees is a geometric mathematical model, $NA = 657,6 \times 10^{-0,034082 \text{ dbh}}$ with an $R^2 = 0.9797$.

The species Rollinia microsepala Standley, Simaruba amara Aubl., Cordia spp. and species of the Lauraceae family are represented in the volumetric composition of the forest with 13.08%, 1.66%, 7.99%, 2.88% and 10.54% respectively.

Relationships between dbh/total height and dbh/commercial height were determined for the forest as a whole and the species Rollinia microsepala Standley, Simaruba amara Aubl., Cordia spp., Virola spp. as well as for species of the family Lauraceae.

For the entire forest and the species mentioned the logarithmic equation $Y = b_0 \cdot X^{b_1}$ and the quadratic equation $Y = b_0 + b_1 X - X^2$ resulted in the same adjustment coefficients.

Applying the logarithmic, quadratic, linear and geometric models in establishing the relationship between dbh/commercial height the determination coefficient was always less than 0.21 for all equations

and all species, which proves that this relationship is quite fragil in secondary tropical forests.

The same mathematical models were applied to establish the relationship between total height/commercial height. It was determined that the linear model is most closely adjusted to this relationship.

Buttresses represent 2.76% of the total and 5.20% of the commercial volumes of the forest. Bark volume in this forest amounted to 11.83% of the commercial volume. With increasing dbh's in the species studied the percentage of bark in relation to the commercial volume decreased. The K factor relationship between the dbh without bark/dbh with bark is directly proportional to the dbh of the tree.

8. LITERATURA CITADA

1. GERRAL, D. L. Eficiência relativa de alguns métodos de estimação de volume. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 82 p.
2. ANUCHIN, N. P. Forest mensuration. Tradução do russo. 2 ed. Washington, D. C., U.S. Department of Agriculture, 1970. 454 p.
3. ASGHAR, A. Prism sampling by compartment in Chin-Pine (Pinus roxburghii) forests. Pakistan Journal of Forestry 20(2): 177-184. 1970.
4. BECERRA, J. E. Algunas consideraciones para la ordenación de un bosque heterogéneo natural en la zona húmeda tropical. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 135 p.
5. BRUCE, D. e SCHUMACHER, F. X. Forest mensuration. 3 ed. New York, McGraw-Hill, 1950. 483 p.
6. BRUCHWALD, A. Investigation on the relation between height and D.b.h. in scots Pine stands. Forestry Abstracts 32(3):562. 1971.
7. BUDOWSKI, G. Studies on forest sucession in Costa Rica and Panama. Ph.D. Thesis. New Haven, Connecticut, Yale University, 1961. 189 p.
8. _____ e SCHREUDER, G. The climate at Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 36 p.
9. CHAPMAN, H. H. e MEYER, W. H. Forest mensuration. New York, McGraw-Hill, 1949. 522 p.
10. DILWORTH, S. R. e BELL, S. F. Variable probability sampling-variable plot and three-p. Corvallis, Oregon, O.S.U. Book store, 1971. 129 p.
11. DONDOLI, C. e TORRES, J. A. Estudio geoagronómico de la región oriental de la Meseta Central. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industria, 1954. 180 p.
12. EMBRY, R. S. e GOTTFRIED, G. S. Height-diameter equations for Arizona mixed conifers. U.S. Forest Service. Forest Range Experimental Station. Research Note Rocky Mountain. RM 191. 1971. 2 p.

13. ESCARFETA, A. H. Método de muestreos con sitios de dimensiones variables. México y sus Bosques 1:6-13. 1962.
14. FREESA, F. Muestreo forestal elemental. Trad. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, 1969. 96 p.
15. FURNIVAL, G. M. An index for comparing equations used in construction of volume tables. Forest Science 7(4):337-341. 1961.
16. GABRIEL, H. W. Forestry development in the Northwest. United Nations Development Program, FAO. Publication 15, 1967. 15 p.
17. GROSSENBAUGH, L. R. Plotless timber estimates. New, fast, easy. Journal of Forestry 50(1):32-37. 1952.
18. _____ e STOWER, W. E. Point sampling compared with plot sampling in Southeast Texas. Forest Science 3(1):2-14. 1957.
19. HARRISON, J. D. B. Planning a national forest inventory. Washington, D. C., Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1950. 88 p.
20. HEINSDIJK, D. e BASTOS, A. M. Inventários florestais na Amazônia Rio de Janeiro, Serviço Florestal. Boletim nº 6. 1963. 100 p.
21. _____ et al. A floresta do norte do Espiritu Santo. Rio de Janeiro, Serviço Florestal. Boletim nº 7, 1963. 68 p.
22. HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. San José, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
23. HUSCH, B. Planificación de un inventario forestal. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1971. 137 p.
24. IZQUIERDO, J. E. C. Las fotografías aéreas en la estimación del volumen de bosques secundarios en el trópico. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1962. 48 p.
25. KIRBY, C. L. Accuracy of point sampling in white Spruce-Aspen stands of Saskatchewan. Journal of Forestry 63(12):924-926. 1965.
26. KULOW, D. L. Comparison of forest sampling designs. Journal of Forestry 64(3):469-474. 1966.

27. LANLY, S. P. Precision d'un inventaire forestier en fonction de certaines de ses caracteristiques. Bois et Forests des Tropiques 125:35-61. 1969.
28. LOETSCH, F. Report to the Government of Thailand on inventory methods for tropical forests. Part 1. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1957. 49 p. (FAO. Report 545)
29. _____ e HALLER, K. E. Forest inventory: statistics of forest inventory and information from aerial photographs. Germany, BLV Verlagsgesellschaft Munchen-Basel-Wien, 1954. v. 1, 453 p.
30. _____ e HALLER, K. E. Degree of precision on estimates and inventories. In World Forestry Congress, 6th, Madrid, 1966. Proceedings. Rome, FAO, 1966. v. 3, pp. 2255-2264.
31. MESAVIGE, C. e GROSENBLOUGH, L. R. Efficiency of several cruising designs of small tracts in North Arkansas. Journal of Forestry 3(9):569-576. 1956.
32. MEYER, H. A. Bark volume determination in trees. Journal of Forestry 44(12):1967-1070. 1946.
33. NEGI, G. S. Relative efficiency of strip surveys in forest enumeration. Indian Forester 92(7):473-476. 1966.
34. NYSSOEN, A. On the efficiency of some methods of forestry survey. In World Forestry Congress, 6th, Madrid, 1966. Proceedings. Rome, FAO, 1966. pp. 22473-22476.
35. PARDÉ, J. Dendrometrie. Nancy, L'Ecole National des Eaux et Forests, 1961. 350 p.
36. PATRONE, G. Lezioni di Dendrometria. 2 ed. Firenze, B. Coppini, 1963. 392 p.
37. PETRICKS, J. Plan de ordenación del bosque de la finca La Selva. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1956. 175 p.
38. PITA CARFENTER, P. A. La relación dasométrica entre alturas totales y diámetros normales. Montes (España) 25(149):403-411. 1969.
39. ROJAS, A. M. G. Efecto del raleo sobre el crecimiento en área basal de un bosque secundario en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 78 p.

40. SCHRUBDER, H. T., SEDRANSK, S. e WARE, K. D. 3-p sampling and some alternatives, I. Forest Science 14(4):429-453. 1968.
41. SPURR, S. H. Forest inventory. New York, Ronald, 1952. 476 p.
42. STYLTON, C. L. e HOFFMAN, M. Estimating sugar maple bark thickness and volume. U.S. Forest Service. North Central Forest Experimental Station. Research Paper NC-38. 1969. 8 p.
43. VILVA SALAS, A. B. Cálculo de incremento en los bosques de coníferas. México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletim nº 11. 1963. 35 p.

9. AFÊNDICE

Quadro 1. Lista de espécies, gêneros ou famílias encontradas no bosque Florencia.

Nº codificado	NOME CIENTIFICO	NOME VULGAR	FAMILIA
01	<u>Belotia panamensis</u> Pittier		TILIACEAE
02	<u>Brosimum costaricanum</u> Liebm.	Ochote	MORACEAE
03	<u>Calophyllum brasiliensis</u> Camb.	Palo María	GUTTIFERAE
04	<u>Cecropia</u> spp.	Guaruno	MORACEAE
05	<u>Cedrela mexicana</u> Roem.	Cedro	MELIACEAE
06	<u>Ceiba pentandra</u> Gaertn	Ceiba	BOMBACACEAE
07	<u>Clethra lanata</u> Mart. & Gal.	Nance macho	CLETHRACEAE
08	<u>Cordia alliodora</u> Cham.	Laurel	BORRAGINACEAE
08	<u>Cordia bicolor</u> L. DC.	Bernábé	BORRAGINACEAE
09	<u>Erythrina</u> spp.	Peró	LEGUMINOSAE
10	<u>Ficus</u> spp.	Higo, Higuero	MORACEAE
11	<u>Goethalsia meiantha</u> Burret	Guacimo blanco	TILIACEAE
12	<u>Guarea</u> spp.		MELIACEAE
13	<u>Inga</u> spp.	Guava	LEGUMINOSAE
14	<u>Jacaranda comata</u> (Aubl.) D. Don	Gallinazo	BIGNONIACEAE
15	<u>Pouteria</u> sp.	Zapotillo	SAPOTACEAE
16	<u>Lonchocarpus</u> sp.		LEGUMINOSAE
17	<u>Tanirira brenesii</u> Standl.	Cirri	ANACARDIACEAE
18	<u>Nectandra</u> sp.	Ira	LAURACEAE
19	<u>Ocotea</u> spp.	Quizarrá	LAURACEAE
20	<u>Ochroma lagopus</u> Sw.	Balsa	BOMBACACEAE
21	<u>Engelhartia pterocarpa</u> (Oerst) Standl.	Gavilan	LEGUMINOSAE

Cont. Quadro 1.

Nº codi- ficado	NOME CIENTIFICO	NOME VULGAR	FAMILIA
22	<u>Pourouma aspera</u> Trecul	Chunico	ECRACEAE
23	<u>Rollinia microsepala</u> Standley	Anonillo	ANNONACEAE
24	<u>Simaruba amara</u> Aubl.	Acetituno	SIMARUBACEAE
25	<u>Spondias nombin</u> Linn	Jobo	ANACARDIACEAE
26	<u>Virola sebifera</u> Aubl.	Fruta dorada	MYRISTICACEAE
26	<u>Virola koschnyi</u> Warb.	Fruta dorada	MYRISTICACEAE
27	<u>Vismia</u> spp.	Ichotillo	GUTTIFERAE
28	<u>Vochysia hondurensis</u> Sprague e <u>V. ferruginea</u> Mart.		VOCHYSIACEAE
29	<u>Zantoxylum</u> spp.	Legertillo	RUTACEAE
30			EUPHORBIACEAE
31			AURACEAE
32			MYRTACEAE
33			ECITIDACEAE
34			ESTERCULIACEAE
35	<u>Amyris barbata</u> Lundell		RUTACEAE
36	<u>Castilla elastica</u> cerv.	Hule	ECRACEAE
37	<u>Lonchocarpus velutina</u> Benth.	Comenegro	LEGUMINOSAE
38			ERALIACEAE
39	<u>Hernandia stemonura</u> Standl.		HERNANDIACEAE
40	<u>Luehea seemanni</u> Flanch	Guaciro Colorado	TILIACEAE
41	<u>Albizia edinoccephala</u> Briton	Gavilana	LEGUMINOSAE
42	<u>Bunchosia</u> sp.		MALFIGHIACEAE

Cont. Quadro 1.

Nº codificado	NOME CIENTIFICO	NOME VULGAR	FAMILIA
43			RUBIACEAE
44			GUTTIFERAE
45	<u>Roupala complicata</u> HBK.	Carne esada	PROTEACEAE
46	<u>Casearia</u> sp.		FLACOURTIACEAE

Quadro 4. Volumes aproveitáveis e totais por parcela pelos métodos de medição do DAP médio e flexível

PARCELA Nº	D A P M E D I O		F L E X I V E L		PARCELA Nº	D A P M E D I O		F L E X I V E L	
	VOLUME APROVEITAVEL m ³	VOLUME TOTAL m ³	VOLUME APROVEITAVEL m ³	VOLUME TOTAL m ³		VOLUME APROVEITAVEL m ³	VOLUME TOTAL m ³	VOLUME APROVEITAVEL m ³	VOLUME TOTAL m ³
1	4.095	7.020	5.133	7.821	63	0.842	1.423	7.243	15.733
	6.147	7.696	5.598	7.283		3.919	6.734	4.027	10.650
	3.000	6.423	2.475	7.772		2.927	7.926	7.785	15.746
	4.549	6.780	9.256	18.072		4.856	7.861	3.657	7.444
	13.667	15.418	14.759	20.539		3.723	6.234	3.198	11.668
	3.795	6.326	3.465	5.914		3.949	7.342	1.764	1.589
	9.786	12.727	9.442	14.074		0.764	1.989	6.489	11.902
	15.624	23.124	29.590	35.893	70	3.441	6.443	1.930	3.322
	11.001	18.203	10.724	15.057		2.085	3.262	1.317	3.419
10	6.894	10.559	6.046	8.575		1.311	3.619	5.791	11.713
	2.444	5.330	2.978	4.742		5.323	10.421	3.780	7.501
	3.963	8.377	6.350	13.470		3.360	6.251	1.894	3.631
	0.807	1.506	2.669	4.841		2.165	4.019	4.501	6.931
	0.518	1.279	0.388	1.490		3.407	7.890	2.815	3.931
	4.402	6.607	8.081	12.817		3.543	7.147	2.216	3.294
	3.061	5.723	2.997	5.978		1.720	2.567	2.497	4.257
	1.695	2.681	2.141	3.463		1.320	6.072	3.650	7.430
	9.270	13.831	8.340	12.877	80	5.035	11.035	1.474	4.025
	3.549	5.415	2.664	4.251		1.821	4.607	4.405	7.411
20	9.361	13.823	15.915	24.882		3.780	5.509	10.202	15.491
	3.875	8.492	3.976	7.937		7.200	17.096	2.642	6.762
	2.895	5.637	2.008	3.957		2.200	13.828	7.617	13.521
	6.213	10.733	5.317	9.815		2.528	4.917	2.873	5.282
	7.375	11.804	12.037	18.582		2.474	6.779	1.920	5.580
	4.678	8.659	4.274	8.107		1.705	2.655	1.301	2.623
	6.373	12.672	8.845	19.600		3.097	7.064	6.325	12.083
	6.063	10.438	4.779	6.743		4.730	10.519	8.324	14.849
	7.722	16.235	6.210	12.011	90	3.012	8.041	3.839	5.517
	2.855	4.183	2.165	3.303		4.074	8.979	5.733	10.372
30	4.178	6.527	3.260	5.486		2.773	5.876	4.749	8.907
	7.291	13.591	8.877	19.026		2.850	7.943	3.115	4.001
	4.540	8.271	7.869	13.685		5.163	9.425	6.100	13.710
	3.122	5.370	3.481	7.324		1.340	3.504	3.971	5.470
	1.408	2.040	1.408	2.440		2.830	7.821	3.574	10.532
	4.776	7.574	4.760	9.822		4.979	8.315	4.792	11.732
	2.775	5.951	3.357	5.801		3.800	13.461	6.700	12.000
	2.334	3.469	2.995	6.385		6.559	11.919	5.611	11.658
	2.018	4.145	3.155	5.451	100	4.391	8.709	4.635	10.125
	2.544	4.284	13.677	19.804		8.161	6.073	8.514	13.791
40	15.011	20.811	4.721	10.200		1.121	12.032	9.158	13.610
	4.026	8.558	1.673	6.091		3.867	5.902	5.927	11.773
	2.756	5.032	4.847	9.134		2.843	6.779	3.083	6.881
	2.107	5.788	8.589	13.047		0.793	1.496	0.796	2.271
	5.456	9.599	5.254	9.953		2.013	4.180	4.097	5.816
	6.881	11.271	5.843	11.170		1.065	3.500	3.291	6.311
	4.193	7.864	4.235	7.873		4.526	7.725	5.926	11.246
	5.334	7.958	4.589	8.682		5.435	11.577	7.101	12.300
	3.420	7.045	11.825	22.249	110	3.473	7.245	3.473	7.245
	7.012	12.897	7.912	15.760		6.254	11.406	6.027	12.140
50	5.904	11.727	4.857	10.130		3.550	5.251	3.059	5.382
	3.076	8.952	5.484	10.728		3.807	9.418	3.807	9.418
	3.934	7.478	3.560	9.784		0.878	1.925	1.927	2.194
	3.923	6.626	10.506	21.280		13.436	20.052	13.121	21.491
	11.953	20.264	6.980	13.143		1.773	3.306	2.185	3.673
	4.469	8.760	1.266	3.693		1.190	2.127	1.265	2.877
	1.266	3.693	7.259	14.575		3.729	7.285	3.581	6.926
	5.942	11.305	6.775	12.982		3.408	6.561	2.922	5.944
	6.379	10.736	1.678	2.845	120	2.551	4.682	2.516	5.304
	1.753	3.008	2.148	5.208		3.772	6.541	5.837	11.247
60	1.359	3.648	7.344	14.087		4.262	5.607	5.606	8.711
	3.967	7.567	2.456	5.256	123	2.860	6.898	3.066	4.901
	1.937	4.194	0.842	1.423					
					TOTAL	335.826	972.371	641.388	1196.619

Quadro 5. Volumes totais, aproveitáveis, altura total média, altura aproveitável média por ponto de amostragem e área basal.

PARCELA	VOLUME	VOLUME	AREA	ALTURA	ALTURA	PARCELA	VOLUME	VOLUME	AREA	ALTURA	ALTURA
Nº	TOTAL	APROVEITAVEL	BASAL	TOTAL	APROVEITAVEL	Nº	TOTAL	APROVEITAVEL	BASAL	TOTAL	APROVEITAVEL
	POR HA	POR HA	POR HA	MEDIA	MEDIA		FOR HA	FOR HA	POR HA	MEDIA	MEDIA
	M ³	M ³	M ²	M	M		M ³	M ³	M ²	M	M
1	166,25	144,83	15	21,9	14,2	70	171,00	97,91	18	10,0	5,0
	106,40	97,91	12	18,1	12,0		106,40	30,19	12	18,0	3,7
	70,50	32,63	6	23,5	8,0		157,50	86,69	15	21,0	8,5
	150,00	99,95	15	21,2	9,8		174,00	104,03	10	23,2	10,2
	346,95	220,32	27	25,7	12,0		211,50	127,08	19	23,5	11,0
	154,79	96,69	18	17,2	7,9		127,00	89,75	12	21,3	11,0
	242,39	190,94	24	20,2	11,7		117,00	71,80	12	19,5	9,9
	213,20	170,74	27	23,2	9,3		30,00	16,31	3	20,0	3,0
	270,90	211,34	21	25,8	14,8		67,50	52,91	9	15,0	3,0
	242,54	148,51	21	23,1	10,4		226,70	134,23	21	21,0	3,4
10	77,45	63,03	9	17,3	10,3	86,14	48,95	9	19,0	3,0	
	192,60	94,24	18	21,4	7,7	72,10	48,95	9	17,5	3,0	
	61,15	34,27	9	13,6	5,6	145,80	87,31	12	24,3	10,7	
	57,15	24,47	9	12,9	4,0	164,70	89,35	18	19,3	3,0	
	185,75	119,31	15	25,3	11,6	96,00	75,77	12	19,5	0,1	
	106,10	56,30	12	18,2	6,8	71,10	30,56	9	19,0	3,0	
	74,94	53,85	9	17,1	8,9	147,75	79,55	15	19,7	10,0	
	177,00	141,77	15	23,6	13,9	112,50	79,55	9	35,0	17,0	
	136,20	31,60	12	22,7	10,0	90,00	73,44	9	21,0	12,0	
	206,25	115,25	15	27,5	11,3	160,50	99,95	15	21,4	8,0	
20	106,10	46,51	12	28,0	13,0	201,00	89,75	18	26,9	8,0	
	111,60	57,93	12	13,6	5,7	160,50	79,45	15	21,4	7,0	
	193,50	126,67	18	21,5	10,3	141,00	85,77	15	19,0	2,1	
	171,60	120,76	12	28,6	14,8	155,70	67,32	13	17,4	1,5	
	101,50	58,75	9	22,6	9,6	119,50	61,19	15	17,0	1,0	
	200,50	112,19	15	27,8	11,0	190,50	104,73	15	26,4	10,2	
	166,00	106,00	12	29,0	13,0	210,25	172,80	21	20,5	3,0	
	330,00	200,73	24	27,5	12,3	40,00	26,52	6	16,0	6,5	
	180,70	129,74	18	22,2	10,6	145,50	87,91	15	19,4	0,6	
	202,14	167,07	27	20,9	9,1	90,00	59,97	9	23,0	0,8	
30	160,00	66,09	12	28,0	8,1	104,65	59,36	9	23,7	0,7	
	97,10	56,91	9	21,6	9,3	270,00	134,23	31	25,6	0,4	
	151,50	69,36	15	20,2	6,8	201,60	146,89	18	21,4	13,0	
	94,50	44,67	9	21,0	7,3	140,00	99,95	15	24,4	9,8	
	72,00	55,08	6	24,0	13,5	230,70	122,39	19	22,3	10,0	
	91,35	58,75	9	20,3	9,5	242,54	138,51	21	23,1	0,7	
	43,50	16,31	3	29,0	8,0	254,70	137,04	18	22,3	11,2	
	261,60	150,14	24	21,8	9,2	283,20	171,36	24	23,6	10,5	
	180,25	142,80	15	29,1	14,0	247,50	165,23	18	27,5	13,5	
	165,60	83,23	18	18,4	6,8	80,10	88,25	9	21,8	14,0	
40	46,50	38,55	9	19,0	6,3	117,00	77,11	9	26,0	12,5	
	130,20	79,15	12	20,2	9,7	40,50	55,95	9	10,0	0,0	
	103,00	81,60	15	20,4	10,0	140,20	100,97	9	34,6	10,5	
	103,50	64,87	9	23,0	10,6	180,00	96,46	15	24,4	9,5	
	213,29	100,36	18	23,7	8,2	160,50	84,65	15	20,6	8,3	
	97,10	65,27	12	16,2	8,0	270,00	185,64	21	25,8	13,0	
	340,20	193,50	27	25,2	10,0	170,00	86,49	15	23,2	8,5	
	292,70	150,14	24	24,4	9,2	154,20	86,49	12	25,7	10,6	
	330,00	181,76	27	24,8	9,9	127,35	61,19	9	28,3	10,0	
	268,80	158,50	21	29,7	11,1	90,00	34,88	9	20,0	5,7	
50	117,00	69,36	12	19,5	8,5	70,50	23,25	6	23,5	5,7	
	216,00	114,23	15	28,9	11,2	42,00	28,40	6	14,0	5,0	
	244,79	149,32	18	27,2	12,2	412,50	320,27	30	27,5	15,7	
	103,19	62,83	12	17,2	7,7	60,00	27,39	6	15,0	5,7	
	110,25	58,75	9	24,5	9,6	40,50	18,36	6	14,5	4,5	
	190,39	105,26	18	21,6	8,6	207,00	110,16	18	23,1	9,0	
	219,70	117,50	18	24,3	9,6	141,00	65,27	15	18,8	5,4	
	135,00	61,19	12	22,2	7,5	133,20	79,15	12	22,2	9,7	
	174,00	96,49	15	23,2	9,5	145,80	92,20	12	24,3	11,3	
	132,00	44,04	12	27,0	10,3	159,25	117,30	15	20,7	11,5	
60	190,24	114,24	21	18,7	8,0	170,25	71,40	15	23,5	7,0	
	27,50	22,43	3	18,0	11,0						
MEDIA							160,03	94,57			

Quadro 7. Tempo em minutos, gastos para a medição de parcelas de amostragem por quatro métodos de medição.

MÉTODOS DE MEDIÇÃO							
COMPLETA		FRISMA		FLEXIVEL		DAP MEDIO	
Nº Parcela	Tempo	Nº Parcela	Tempo	Nº Parcela	Tempo	Nº Parcela	Tempo
2	55	7	22	12	30	17	18
3	50	8	35	13	32	18	25
4	60	9	27	14	25	19	17
5	50	10	20	15	30	20	25
6	40	11	20	16	25		
21	40	26	17	31	22	36	19
22	25	27	15	32	25	37	15
23	35	28	22	33	25	38	20
24	28	29	13	34	17	39	15
25	35	30	23	35	22	40	25
41	30	46	13	51	21	56	17
42	30	47	27	52	15	57	22
43	32	48	17	53	18	58	22
44	35	49	20	54	20	59	16
45	32	50	22	55	18	60	20
61	25	66	16	71	20	76	18
62	15	67	18	72	20	77	17
63	32	68	9	73	20	78	15
64	28	69	17	74	22	79	25
65	25	70	5	75	25	80	20

Cont. Quadro 7.

MÉTODOS DE MEDIÇÃO							
COMPLETA		FRISIL		FLEXIVEL		DAP MÉDIO	
Nº Parcela	Tempo	Nº Parcela	Tempo	Nº Parcela	Tempo	Nº Parcela	Tempo
81	35	86	10	91	20	96	20
82	30	87	12	92	28	97	25
83	23	88	14	93	23	98	20
84	30	89	16	94	20	99	15
85	25	90	10	95	23	100	15
101	27	106	20	111	25	117	20
102	25	107	10	112	23	118	15
103	40	108	18	113	20	119	20
104	30	109	25	114	20	120	30
105	20	110	19	116	23	121	30
115	45					122	30
123	25						
Soma	1057		532		677		609
Media	33,0		17,7		22,5		20,3

Quadro 8. Distância máxima em metros à qual se tomará o DAP com o prisma de fator de área basal "3".^x

DAP Cm.	Pendente				DAP Cm.	Pendente			
	0º	10º	15º	20º		0º	10º	15º	20º
15	4,35	4,40	4,48	4,61	41	11,83	11,72	11,94	12,28
16	4,62	4,69	4,78	4,91	42	12,12	12,31	12,55	12,90
17	4,91	4,98	5,08	5,22	43	12,41	12,60	12,85	13,21
18	5,19	5,27	5,40	5,52	44	12,70	12,90	13,15	13,51
19	5,48	5,57	5,68	5,83	45	12,99	13,19	13,45	13,82
20	5,77	5,86	5,98	6,14					
21	6,06	6,15	6,27	6,45	46	13,28	13,48	13,75	14,13
22	6,35	6,45	6,57	6,76	47	13,57	13,78	14,05	14,44
23	6,64	6,74	6,87	7,07	48	13,85	14,06	14,34	14,74
24	6,93	7,03	7,17	7,37	49	14,14	14,36	14,64	15,05
25	7,22	7,33	7,47	7,68	50	14,43	14,65	14,94	15,36
26	7,50	7,62	7,76	7,98	51	14,72	14,95	15,24	15,66
27	7,79	7,91	8,06	8,29	52	15,01	15,24	15,54	15,97
28	8,08	8,21	8,36	8,60	53	15,30	15,54	15,84	16,28
29	8,37	8,50	8,66	8,91	54	15,59	15,83	16,14	16,59
30	8,66	8,79	8,97	9,21	55	15,87	15,83	16,14	16,89
31	8,95	9,09	9,27	9,52	56	16,16	16,41	16,73	17,20
32	9,24	9,38	9,57	9,83	57	16,45	16,70	17,03	17,51
33	9,52	9,67	9,86	10,13	58	16,74	17,00	17,33	17,81
34	9,81	9,96	10,16	10,44	59	17,03	17,29	17,63	18,12
35	10,10	10,26	10,46	10,75	60	17,32	17,59	17,93	18,43
36	10,39	10,55	10,76	11,06	61	17,61	17,88	18,23	18,74
37	10,68	10,84	11,06	11,36	62	17,89	18,17	18,52	19,04
38	10,97	11,14	11,36	11,67	63	18,18	18,46	18,82	19,35
39	11,26	11,43	11,66	11,98	64	18,47	18,75	19,12	19,65
40	11,54	11,72	11,94	12,28	65	18,76	19,05	19,42	19,96

^x Tomado de Proyecto de Evaluación Forestal FAO FYDIP, Guatemala.

Cont. Quadro 8.

DAP Cm.	Pendente				DAP Cm.	Pendente			
	00	100	150	200		00	100	150	200
66	19,05	19,34	19,72	20,27	92	26,55	26,96	27,49	28,25
67	19,34	19,63	20,02	20,58	93	26,84	27,29	27,79	28,56
68	19,63	19,93	20,32	20,89	94	27,13	27,55	28,09	28,87
69	19,91	20,22	20,61	21,19	95	27,42	27,84	28,39	29,18
70	20,20	20,51	20,91	21,50	96	27,71	28,14	28,69	29,49
71	20,49	20,81	21,21	21,80	97	28,00	28,43	28,99	29,80
72	20,78	21,10	21,51	22,11	98	28,29	28,73	29,29	30,10
73	21,07	21,39	21,81	22,42	99	28,57	29,09	29,58	30,40
74	21,36	21,69	22,11	22,73	100	28,86	29,30	29,88	30,71
75	21,65	21,98	22,41	23,04	101	29,15	29,60	30,18	31,02
76	21,94	22,28	22,71	23,35	102	29,44	29,89	30,48	31,33
77	22,22	22,56	23,00	23,65	103	29,73	30,19	30,78	31,64
78	22,51	22,86	23,30	23,95	104	30,02	30,48	31,08	31,95
79	22,80	23,15	23,60	24,26	105	30,31	30,78	31,38	32,25
80	23,09	23,45	23,90	24,57	106	30,59	31,06	31,67	32,55
81	23,38	23,74	24,20	24,88	107	30,88	31,36	31,97	32,86
82	23,67	24,03	24,51	25,19	108	31,17	31,65	32,27	33,17
83	23,96	24,33	24,81	25,50	109	31,46	31,95	32,57	33,48
84	24,24	24,61	25,10	25,79	110	31,75	32,24	32,87	33,79
85	24,53	24,91	25,40	26,10	111	32,04	32,53	33,17	34,10
86	24,82	25,20	25,70	26,41	112	32,33	32,83	33,47	34,40
87	25,11	25,50	26,00	26,72	113	32,61	33,11	33,76	34,70
88	25,40	25,79	26,30	27,03	114	32,90	33,41	34,06	35,01
89	25,69	26,09	26,60	27,34	115	33,19	33,70	34,36	35,32
90	25,98	26,38	26,90	27,65	116	33,48	34,00	34,66	35,63
91	26,26	26,66	27,19	27,94					

Cont. Quadro 8.

DAF Cm.	Pendente			
	00	100	150	200
117	33,77	34,29	34,96	35,94
118	34,06	34,59	35,26	36,25
119	34,35	34,88	35,56	36,55
120	34,64	35,17	35,86	36,86
121	34,92	35,46	36,15	37,16
122	35,21	35,75	36,45	37,47
123	35,50	36,05	36,75	37,78
124	35,79	36,34	37,05	38,09
125	36,08	36,64	37,35	38,39
126	36,37	36,93	37,65	38,70
127	36,66	37,23	37,95	39,01
128	36,94	37,51	38,24	39,31
129	37,23	37,80	38,54	39,62
130	37,52	38,10	38,84	39,93
131	37,81	38,39	39,14	40,24
132	38,10	38,69	39,44	40,54
133	38,39	38,98	39,74	40,85
134	38,68	39,28	40,04	41,16
135	38,96	39,56	40,33	41,46
136	39,25	39,86	40,64	41,77
137	39,54	40,15	40,94	42,08
138	39,83	40,44	41,24	42,38
139	40,12	40,74	41,54	42,69
140	40,41	41,03	41,84	43,00