

ESTUDO DA VARIAÇÃO DA DENSIDADE
BÁSICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus alba*
Reinw E *Eucalyptus saligna* Smith

MARIO FERREIRA

ENGENHEIRO - AGRÔNOMO

Instrutor da Cadeira n.º 22

Silvicultura - ESALQ

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura
«Luiz de Queiroz», da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Junho - 1968

Aos meus queridos pais,
à Norminha
ao Carlos Alberto
à Carminha

E R R A T A

Pág. 55 linha nº 15 onde se lê "liner" lêia-se linear.

Pág. 62 acrescente-se a citação:

ZOBEL, B.J. 1967. Report on a trip to the State
of São Paulo. (Não publicado). 18pp.

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

Agradecemos em especial ao Prof. Dr. Helladio do Amaral Mello, pela orientação geral do trabalho.

Agradecemos também, pelo apôio, sugestões e colaboração recebidos:

— aos colegas da Cadeira de Silvicultura

— às Cadeiras de Física e Matemática da E.S.A.- "Luiz de Queiroz", nas pessoas dos professores Klaus Reichardt e Décio Barbin

— à Champion Celulose S.A., representada pelo corpo técnico do seu Departamento Florestal

— à FAPESP e ao CNPq, representados pelas bolsistas Maria Aparecida de Souza Mourão e Alina Célia Banzatto

— e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Piracicaba, Junho de 1968

MÁRIO FERREIRA

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3 - MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 - Material	9
3.2 - Métodos	10
3.2.1 - Coleta das amostras pelo método destrutivo	10
3.2.2 - Coleta das amostras pelo método não destrutivo.	10
3.2.3 - Determinação da densidade básica pelo método -- destrutivo	11
3.2.4 - Determinação da densidade básica pelo método -- não destrutivo	13
3.2.5 - Determinação da densidade básica média da árvo- re	15
4 - RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	16
4.1 - Variação da densidade básica média em função da - altura	16
4.2 - Variação da densidade básica média da árvore em - função do D.A.P.	24
4.3 - Variação da densidade básica média da árvore em - função da densidade básica média ao nível do D.A. P.	33
5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	42
6 - RESUMO E CONCLUSÕES	51
7 - SUMMARY	54
8 - BIBLIOGRAFIA	57

Na determinação das qualidades da madeira, a densidade é o índice mais simples e mais utilizado. Correlaciona-se diretamente com o rendimento em fibras das madeiras normalmente empregadas nas indústrias de celulose e papel, e também com as propriedades físico-mecânicas podendo, em última análise, ser usada para determinar os fins para os quais a madeira pode ser utilizada.

Nos estudos de melhoramento e genética florestal, a densidade por ser um caráter herdável vem sendo empregada como índice de seleção de árvores matrizes. Igualmente vem sendo utilizada nas determinações das variações populacionais, das variações dentro e entre indivíduos de uma mesma população.

Segundo NYLINDER (1965), a moderna tecnologia exigirá em escala crescente informações tais como: relações existentes entre a densidade da madeira e as suas propriedades físico-mecânicas, relações entre a densidade e as condições dos povoamentos (solo, clima, latitude, longitude, etc.) e as variações dentro e entre indivíduos de uma mesma espécie.

Para o atendimento dessas exigências, há necessidade de desenvolver métodos de determinação da densidade, que tenham como características principais não necessitarem destruir as árvores, e serem rápidos, precisos e econômicos.

O presente trabalho tem por objetivo estudar as variações da densidade da madeira de árvores de povoamentos de Eucalyptus alba Reinw. e Eucalyptus saligna Smith, nas idades de 5 e 7 anos. Pretende-se, através do estudo dessas variações, estabelecer a possibilidade do uso de um método não destrutivo na determinação da densidade da madeira das árvores, baseado em amostras retiradas ao nível do D.A.P., utilizando-se para tal as conhecidas sondas de Pressler.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O estudo da densidade da madeira tem se con- centrado especialmente em gimnospermas. SPURR e HSIUNG (1954), após exaustiva revisão bibliográfica sôbre o assunto, citam- que os primeiros estudos são coincidentes com o início do in- terêsse científico que a densidade passou a ter em Silvicultu- ra, a partir do início do século XVIII, quando em face do pro- gresso da tecnologia da madeira, sua importância pôde ser re- conhecida. Citam êsses autôres os trabalhos de Chevandier e Wertheim (1848), que estudando as variações da densidade da ma- deira, emitiram algumas conclusões, ainda aceitas atualmente.

A densidade aumenta com a idade, sendo que, nos primeiros anos êsse aumento é pronunciado, para, em segui- da, ela manter-se num determinado nível. YANDLE (1956), DESCH (1932), SPURR e HSIUNG (1954).

Êsse padrão é o mesmo a qualquer altura na árvore, sendo que em Picea spp, a densidade nos primeiros anos é maior, cai rapidamente, reiniciando após, o aumento com a i- dade. NYLINDER (1953), BRYAN & PEARSON (1955), NYLINDER (1965).

Num determinado anel de crescimento anual, a densidade da madeira decresce em função da altura. NYLINDER- (1965). Êsse padrão também se modifica em Picea spp, segundo - NYLINDER (1953), SPURR & HSIUNG (1954), podendo a densidade -- crescer com a altura.

Não há uma relação regular entre largura do anel de crescimento anual e a densidade, sendo êsse ponto alta- mente controvertido, conforme se depreende dos trabalhos de -- GOGGANS (1961), que apresenta vasta revisão a respeito do as- sunto.

Segundo NYLINDER (1953), SPURR & HSIUNG -- (1954), LARSON (1957), NYLINDER (1965), a densidade da madeira varia em função da percentagem de lenho primaveril e lenho outonal, pelo menos naquelas espécies em que o lenho primaveril e o lenho outonal sejam distintos.

As angiospermas conhecidas coletivamente-- como madeiras porosas, dividem-se, de acôrdo com BROWN et al. - (1949), em dois grupos: as que possuem poros dispostos em anéis concêntricos e as que possuem poros dispostos de maneira difusa.

No grupo das angiospermas com poros dispostos em anéis concêntricos destacam-se, particularmente, as espécies do gênero Quercus e Fraxinus. BURGUER (1947), estudando Quercus spp, concluiu que a densidade tende a decrescer com a idade, e que as árvores jovens são mais densas que as mais idosas.

BENSON (1924), trabalhando com Fraxinus - spp, concluiu que a densidade varia com a altura, tendendo a decrescer da copa para a base.

Revido os estudos então realizados com essas espécies BRISCOE (1963), concluiu que a densidade tende a decrescer com a idade tendendo a decrescer também, da copa para a base, da mesma maneira que a percentagem de lenho outonal decresce.

Ainda em relação às angiospermas de poros dispostos em anel, BURGER (1947), concluiu que madeira mais densa era proveniente de árvores bem vigorosas, oriundas de solos ricos. Esta afirmação foi acrescida pelos trabalhos de STOJANOFF e ENTSCHEFF (1958), que concluíram haver variação na densidade, em relação à localização geográfica.

Em contraposição, BENSON (1924) afirmou que numa mesma localidade a variação entre indivíduos era maior do que quando se comparavam as diferenças entre localidades.

Os estudos realizados no grupo das angiospermas de poros difusos que inclui a maioria das folhosas tropicais, são escassos. Esse fato não implica contudo, na ausência de algumas conclusões relativas à densidade dessas madeiras. Assim é que STAUFFER (1892), analisando Betula difusa, ANÔNIMO (1948), analisando Shorea leprosula, MURTHY (1959), analisando Gonytylus bancana, CURRO (1957) ao analisar Eucalyptus camaldulensis Dehn., TAMOLANG e BALCITA (1957), trabalhando com Diplo-discus paniculatus Turcz, concluíram que a densidade aumenta com a idade, ao passo que BRISCOE (1963) citando Lenz (1954) afirmou que em algumas espécies havia um aumento da densidade com a idade, e em outras um decréscimo.

COHRE & GOTZE (1956), constataram em Fagus spp a existência de variação da densidade com a idade nos níveis inferiores do caule, mas não nos níveis superiores, enquanto que ANDERSEN & MOLTESEN (1955), não encontraram variação regular.

No tocante à influência do meio na densidade SUSMEL (1952), (1953) e (1954), relatou que, para o Eucalyptus camaldulensis Dehn. a densidade da madeira era função inversa da taxa de crescimento e da fertilidade dos solos. Em contraposição, BURGER (1940), GRÖSSLER (1943), ambos trabalhando com Fagus spp, encontraram um aumento na densidade, associado ao crescimento rápido.

ANDERSEN & MOLTENSEN (1955), GOHRE & GOLTZ (1956), ao estudarem Fagus spp concluíram não haver influência

do ambiente na densidade. LENZ (1954) trabalhando com Populus-spp, concluiu não haver uma variação consistente. ANÔNIMO(1948) citando os estudos com Shorea leprosula, relatou não haver diferença entre a madeira de crescimento rápido e a de crescimento lento.

Nos estudos das relações existentes entre a densidade e altura no grupo das angiospermas de poros difusos, alguns autores STAUFFER (1892), estudando Betula spp, BURGER (1940), em Fagus spp, DADSWELL (1931), em Eucalyptus snyderoxylon, TAMOLANG & BALCITA (1957) em Diplodiscus paniculatus, concluíram que a densidade diminui em função da altura. Outros, CURRO (1957), em Eucalyptus camaldulensis Dehn, LENZ (1954) em Populus spp, FERREIRINHA (1961), citando trabalhos de Curro, 1958, e de Carvalho, 1960, com Eucalyptus globulus, CURRO (1957) com Eucalyptus camaldulensis Dehn, que a densidade aumenta.

GROSSLER (1943), trabalhando com Fagus spp, concluiu que a densidade decresce em direção à copa em um certo intervalo, e após, estabiliza-se. GOHRE & GOTZ (1956), a isso acrescentaram que a densidade decresce da base para a copa, em um determinado intervalo para aumentar em seguida.

ANÔNIMO (1948) relatando trabalhos com Shorea leprosula; GREENHILL e DADSWELL (1958), estudando a densidade da madeira de espécies australianas, não encontraram variação com a altura.

Sob o aspecto do possível controle genético da densidade da madeira, GOGGANS (1961) apresenta exaustiva-revisão bibliográfica, onde estudou as relações entre o ambiente e a hereditariedade, como fatores controladores das qualidades da madeira. Nessa revisão salienta que até os últimos 20

anos, os pesquisadores que estudaram a densidade da madeira estavam interessados ou no seu controle através das mudanças ambientais (sob o controle dos silvicultores), ou na influência da densidade na utilização da madeira.

O advento da Genética Florestal, despertou o interesse pelo estudo do provável controle genético das qualidades da madeira. Ainda GOGGANS (1961), citou alguns pesquisadores (Benson, Khoeler, Welwood, Aldrige, Hudson), que, em sua maioria, trabalhando com coníferas, deram maior ênfase aos efeitos do ambiente na densidade. Em oposição, Zobel, Zobel & Rhodes, Dadswell et al., fizeram sentir a evidência do controle genético.

ZOBEL (1965), com extensa revisão sobre a evidência do controle genético em angiospermas, relata os trabalhos de Pryor et al. (1956), que estudando híbridos interespecíficos (Eucalyptus rosii x Eucalyptus robertsonii), concluíram que as propriedades da madeira dos híbridos eram intermediárias às dos pais.

DADSWELL (1957-1958-1959), recomenda o estudo das características anatômicas da madeira, como um índice na seleção de árvores matrizes. Para tal estudo há necessidade de se desenvolver métodos especiais de amostragem e, no desenvolvimento de tais métodos, há necessidade do estudo preliminar da variação da densidade. De acordo com SPURR & HSIUNG (1954), na determinação da densidade da árvore inteira, com a finalidade exclusiva de estudos biológicos, as amostras de madeira devem ser tomadas, tanto quanto possível, proporcionais ao volume da árvore, devendo ser utilizadas secções transversais do caule, com cerca de 1 polegada de espessura. Dos caules de pequeno diâmetro, a secção inteira pode ser utilizada -

como amostra na determinação da densidade e dos caules de grande diâmetro devem ser tomadas amostras da secção transversal de igual espessura, em forma de cunha, com o vértice dirigido para a medula.

Em relação aos métodos de determinação da densidade, DADSWELL (1931), afirmou que em se tratando de Eucalyptus spp, os métodos mais aconselháveis são os que se apoiam na densidade básica:

pêso sêco a 105°C
volume verde (úmido)

Pela utilização de tais métodos evitam-se os efeitos das contrações, rachaduras e colapsos, que se manifestam em tais madeiras, mesmo acima do ponto de saturação das fibras.

Durante a SEGUNDA CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO (1961), realizada em São Paulo, essas recomendações foram reconhecidas e ratificadas. Nos relatórios e documentos dessa conferência, são relatadas as seguintes conclusões:

I - "É recomendável que todos os países adotem o método seguido pela Divisão de Produtos Florestais da Austrália para determinação da contração e da densidade da madeira do Eucalipto."

II - "Em vista do efeito variável do colápsos sobre a determinação da densidade deve-se usar sempre como base de comparação a densidade básica."

PHILLIPS (1965) tratando dos métodos de determinação da densidade afirmou que, da variabilidade dos resultados obtidos no estudo da mesma, parte dela deveria ser atribuída às diferentes técnicas de determinação empregadas e

que tanto para gimnospermas como para angiospermas, ao se adotar um método, êste deve apoiar-se na densidade básica, ser simples, e requerer somente aparêlhos facilmente encontráveis.

Em relação aos métodos radiativos e os de outras técnicas especiais, KLEUTERS (1964), LOSS (1965), POLGE (1965 e 1966), REICHARDT & FERREIRA (1966), êles devem ser também estudados por serem valiosos, mas face ao estágio em que se encontram, os gravimétricos são os melhores.

MADDERN (1965), comentou ser amplamente conhecido que a densidade varia de maneira sistemática dentro do caule, e que, por essa razão, tem havido forte tendência para se supor que a densidade do caule possa ser determinada satisfatoriamente através de uma amostragem extraída de ponto fixo. NYLINDER (1965) para complementar acrescentou que, por ser o D.A.P. um padrão internacional utilizado em Silvicultura, foi o mesmo escolhido, em tôdas as pesquisas em andamento, como o nível de onde deveriam ser retiradas as amostras, por se tratar de um nível fixo, absoluto e fácil de ser trabalhado.

A determinação da densidade da madeira baseada na amostragem não destrutiva em amostras retiradas ao nível do D.A.P., por meio de sondas especiais, foi estudada por diversos investigadores: MITCHELL (1958), DADSWELL (1959), WAHLGREEN & FASSNACHT (1959), WALTERS & BRUCKMANN (1964), PRESTMON (1965), NYLINDER (1965), MAEGLIN (1966), WAHLGREEN, HART & MAEGLIN (1966), BAKER (1967).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Material

3.1.1- As amostras de madeira estudadas foram retiradas de árvores das espécies Eucalyptus alba Reinw. e E. saligna Smith, nas idades de 5 e 7 anos, respectivamente, em povoamentos da Champion Celulose S.A., em Mogi Guaçu, Estado de São Paulo, cujo solo era do tipo latosol vermelho amarelo fase arenosa (COMISSÃO DE SOLOS, 1960). O plantio foi feito originalmente no espaçamento de 2 x 2 m.

3.1.2- Para a derrubada das árvores e retirada das amostras pelo método destrutivo foram utilizadas serras mecânicas e serras de arco de tipo sueco.

As amostras de madeira usadas na determinação da densidade pelo método não destrutivo foram obtidas usando-se sondas de Pressler com 0,5 cm de diâmetro.

A determinação dos diâmetros das árvores foi feita por meio de compassos florestais e régua comuns.

Nas mensurações de diâmetro e comprimento das amostras da sonda de Pressler utilizamos micrômetros de 1 e 2 polegadas de capacidade e com precisão de leitura de 0,001 mm.

Para a secagem das amostras de madeira utilizamos uma estufa com circulação forçada de ar com regulagem de temperatura até 150°C.

Para as determinações dos volumes das amostras e do seu peso seco utilizamos balanças com precisão de 0,1 a 0,001 g.

3.2 - Métodos

3.2.1- Coleta das amostras pelo método destrutivo

3.2.1.1- Em povoamentos das espécies Eucalyptus alba Reinw. e E. saligna Smith, de 5 e 7 anos de idade, foram escolhidos os talhões mais representativos no tocante ao desenvolvimento médio das espécies naquelas idades para aquele local.

3.2.1.2- Nos talhões escolhidos foram sorteadas de 30 a 40 árvores por talhão. As árvores sorteadas eram eliminadas se apresentassem bifurcações, tortuosidades, espiralizações excessivas e diâmetros inferiores a 8cm (limite comercial).

3.2.1.3- Após o sorteio das árvores procedeu-se à derrubada das mesmas e o seu seccionamento em toros de 2 m de comprimento, a partir da base da árvore até um diâmetro mínimo de 8 cm.

3.2.1.4- Dos toros foram retiradas secções transversais em cada uma das extremidades, sendo que, no primeiro toro, além das secções transversais das extremidades, retirou-se a secção transversal correspondente ao D.A.P. (1,30 m do solo).

3.2.1.5- Os discos de madeira assim obtidos eram identificados, recebendo numeração correspondente ao talhão, árvore e nível de onde haviam sido retirados.

3.2.1.6- Após a identificação os discos foram acondicionados em sacos plásticos e transportados diretamente para câmaras frigoríficas, evitando-se assim os efeitos da secagem e possíveis contrações.

3.2.2 - Coleta das amostras pelo método não destrutivo

3.2.2.1 - Nos talhões citados no item 3.2.1.1- foram

sorteadas da maneira citada no item 3.2.1.2- outras 30 ou 40 árvores por talhão.

3.2.2.2-Após o sorteio das árvores foram as mesmas derrubadas e a seguir a partir da base da árvore demarcamos -- segmentos de 2 em 2 m até um diâmetro mínimo de 8 cm. Nas ex-- tremidades de cada segmento foram retiradas duas amostras, sen-- do que no primeiro segmento, além das amostras das extremida-- des, foram retiradas também duas amostras ao D.A.P. (1,30 m do solo) no sentido casca a casca e nas direções Norte-Sul, Leste-Oeste, utilizando-se para tal sondas de Pressler com 0,5 cm de diâmetro.

3.2.2.3-Imediatamente após a retirada das amostras foram as mesmas acondicionadas em sacos plásticos identifica-- dos e armazenados em geladeiras portáteis, procurando-se, as-- sim, evitar a sua secagem e possíveis contrações.

3.2.2.4-Para posteriores cálculos volumétricos, fo-- ram feitas determinações dos diâmetros sem casca das extremi-- dades dos segmentos, de onde foram retiradas as amostras.

3.2.3- Determinação da densidade básica da madei-- ra pelo método destrutivo

3.2.3.1-Os discos de madeira obtidos conforme o -- item 3.2.1.1- foram retirados da câmara frigorífica e levados-- ao laboratório onde eram descascados e determinados seus diâme-- tros sem casca.

3.2.3.2-A seguir procedeu-se ao seccionamento dos discos em 4 partes iguais tomando-se duas destas, em sentidos-- opostos, para posterior determinação da densidade básica.

3.2.3.3-As amostras assim obtidas eram submersas - em água até atingirem a saturação completa.

3.2.3.4-Atingida a saturação, a determinação da densidade básica das amostras foi executada pelo método preconizado pelo FOREST PRODUCTS LABORATORY-MADISON (1956). As determinações volumétricas foram feitas utilizando-se balanças hidrostáticas com leituras de 0,1g e de 0,01g de precisão. Após a determinação do volume, as amostras foram levadas à estufa de secagem a uma temperatura de $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ até atingirem peso constante, sendo a seguir, determinada a densidade básica da madeira pela relação:

$$d_{\text{básica}} = \frac{\text{Peso seco em estufa}}{\text{Volume úmido}}$$

3.2.3.5-Precisão do método:- visando a determinar a precisão do método destrutivo foram tomadas ao acaso 8 amostras de madeira e determinadas as densidades básicas segundo o item 3.2.2.1- com 5 repetições para cada amostra respectivamente.

Quadro I - Densidades básicas determinadas em amostras das seções transversais do caule.

REPE- TIÇÃO Nº	A M O S T R A S N o							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	0,584	0,565	0,610	0,594	0,615	0,616	0,584	0,579
2	0,582	0,565	0,612	0,593	0,616	0,614	0,585	0,578
3	0,581	0,564	0,610	0,587	0,614	0,616	0,585	0,575
4	0,579	0,563	0,609	0,595	0,615	0,617	0,584	0,576
5	0,579	0,562	0,608	0,595	0,617	0,614	0,584	0,577

Análise da variância:

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos (amostras)	7	0,013050	0,0018640	716,923 **
Tratamentos (repetições)	4	0,000019	0,0000047	1,807
Resíduo	28	0,000083	0,0000026	
Total	39	0,013152		

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade c.v.=0,29%

3.2.4- Determinação da densidade básica pelo método não destrutivo

3.2.4.1-As amostras obtidas conforme o item 3.2.2 foram retiradas das geladeiras portáteis e armazenadas em câmaras frigoríficas até o momento das determinações da densidade básica, período esse que não excedia a uma semana.

3.2.4.2-A determinação do volume das amostras foi baseada no método descrito por WALTERS & BRUCKMANN (1964). As amostras retiradas das câmaras frigoríficas eram seccionadas em segmentos com comprimentos em torno de 4 cm e, a seguir submersas em água, determinando-se depois seu diâmetro médio. Para tanto tomavam-se duas medições perpendiculares na metade da amostra (ponto médio).

O comprimento médio das amostras era obtido pela média de duas medições usando-se tanto para as determinações do diâmetro como para o comprimento médio micrômetros com leituras de 0,001 mm de precisão.

3.2.4.3-Obtidos os diâmetros e os comprimentos médios das amostras o volume das mesmas era dado por:

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

onde

D = diâmetro médio da amostra

C = comprimento médio da amostra

3.2.4.4-Após a determinação do volume das amostras eram as mesmas levadas à estufa de secagem a uma temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$ até atingirem peso constante, quando então seus pesos secos eram determinados, utilizando-se balança com precisão de 0,001 g.

3.2.4.5-A densidade básica das amostras foi determinada pela relação:

$$d_{\text{básica}} = \frac{\text{Peso sêco em estufa}}{\frac{\pi}{4} D^2 \cdot C}$$

3.2.4.6-Precisão do método:- de maneira idêntica - ao procedimento no item 3.2.3.5- visando-se a determinar a precisão das determinações da densidade básica da madeira pelo método não destrutivo, tomamos ao acaso 10 amostras de madeira obtidas com a sonda de Pressler e determinamos segundo o item 3.2.4- a densidade básica das mesmas com 5 repetições para cada amostra.

Quadro II - Densidade básica determinada em amostras obtidas pela sonda de Pressler.

RE PE. T. Nº	A M O S T R A N O									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	0,525	0,551	0,503	0,528	0,450	0,455	0,432	0,449	0,570	0,557
2	0,525	0,548	0,504	0,534	0,444	0,457	0,433	0,447	0,562	0,554
3	0,526	0,544	0,503	0,528	0,446	0,450	0,433	0,447	0,563	0,556
4	0,523	0,550	0,509	0,526	0,447	0,454	0,432	0,446	0,567	0,553
5	0,525	0,549	0,505	0,528	0,431	0,449	0,430	0,448	0,569	0,554

Análise da variância

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos (amostras)	9	0,119874	0,0133193	1.256,538**
Tratamentos (repetições)	4	0,000060	0,0000150	1,415
Resíduo	36	0,000382	0,0000106	
Total	49	0,120316		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

Coeficiente de variação = 6,4%

3.2.5- Determinação da densidade básica média da árvore

3.2.5.1-Tanto para o método destrutivo como para o método não destrutivo a densidade básica média da árvore era determinada pela seguinte relação:

$$D_b = \frac{1}{2} \left[\frac{(D_0^2 + D_1^2)(d_1)H_1 + (D_1^2 + D_2^2)(d_1 + d_2)H_2 + \dots + (D_{n-1}^2 + D_n^2)(d_{n-1} + d_n)H_n}{(D_0^2 + D_1^2)H_1 + \dots + (D_{n-1}^2 + D_n^2)H_n} \right]$$

onde:

D_b = densidade básica média da árvore

D_0 = Diâmetro sem casca ao nível de 0,30m do solo

D_1 = Diâmetro sem casca ao nível de 1,30 m do solo

D_n = Diâmetro sem casca da extremidade superior do enésimo toro ou segmento da árvore

D_{n-1} = Diâmetro sem casca da extremidade inferior do enésimo toro ou segmento da árvore

d_1 = densidade básica média da madeira ao nível do D.A.P.

d_n = densidade básica média da madeira da extremidade superior do enésimo toro ou segmento da árvore

d_{n-1} = densidade básica média da madeira da extremidade inferior do enésimo toro ou segmento da árvore

H_n = comprimento do enésimo toro.

4 - RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

4.1 - Variação da densidade básica média em função da altura

Os resultados obtidos e a sua análise da variância são apresentados nos quadros nos III, IV, V e VI. A análise da variância foi feita visando-se estabelecer a regressão linear, chamou-se de \underline{X} as alturas de onde foram retiradas as amostras e \underline{Y} a densidade básica média das árvores para aquelas alturas.

Nos casos estudados em que houve a significância para a regressão linear, determinou-se a equação de regressão pelo método dos quadrados mínimos:

Quadro III - Variação da densidade básica expressa em g/cm^3 , de terminada em função da altura em Eucalyptus alba Reinw., de 5-7 anos (Amostra-seções transversais do caule).

ÁRVORE Nº	A L T U R A (m)					
	1,3	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
1	0,503	0,520	0,523	0,502	0,501	0,516
2	0,570	0,568	0,578	0,592	0,600	0,606
3	0,655	0,652	0,667	0,677	0,672	0,671
4	0,636	0,621	0,628	0,641	0,624	0,613
5	0,649	0,641	0,632	0,631	0,623	0,609
6	0,542	0,551	0,551	0,551	0,591	0,591
7	0,510	0,522	0,527	0,535	0,567	0,545
8	0,527	0,524	0,534	0,566	0,551	0,561
9	0,622	0,636	0,624	0,614	0,626	0,611
10	0,556	0,551	0,570	0,554	0,574	0,552
11	0,523	0,513	0,502	0,514	0,506	0,505
12	0,506	0,497	0,502	0,524	0,523	0,510
13	0,551	0,572	0,579	0,580	0,576	0,568
14	0,544	0,546	0,549	0,560	0,557	0,577
15	0,545	0,542	0,541	0,535	0,537	0,518
16	0,488	0,502	0,507	0,498	0,496	0,515
17	0,625	0,629	0,646	0,644	0,630	0,631
18	0,498	0,492	0,492	0,477	0,483	0,502
19	0,584	0,582	0,595	0,600	0,589	0,584
20	0,575	0,572	0,571	0,570	0,568	0,568
21	0,534	0,525	0,526	0,545	0,566	0,574
22	0,564	0,569	0,581	0,584	0,577	0,592
23	0,542	0,548	0,566	0,585	0,589	0,593
24	0,529	0,535	0,537	0,548	0,567	0,571
25	0,545	0,543	0,552	0,592	0,601	0,590
26	0,549	0,577	0,577	0,594	0,581	0,585
27	0,491	0,493	0,493	0,495	0,500	0,512
28	0,572	0,582	0,588	0,588	0,586	0,587
29	0,630	0,632	0,628	0,629	0,651	0,670
30	0,539	0,595	0,584	0,584	0,596	0,597
31	0,513	0,498	0,556	0,554	0,562	0,594
Médias	0,555	0,558	0,564	0,570	0,573	0,574

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,000299	0,0002990	63,617**
Resíduo	4	0,000019	0,0000047	
Total	5	0,000318		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$Y = 0,554198 + 0,002261 X$$

Quadro IV - Variação da densidade básica expressa em g/cm^3 , determinada em função da altura em Eucalyptus saligna Sm., 5-7 anos (Amostras-seções transversais do caule).

ÁRVORE Nº	A L T U R A (m)					
	1,3	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
1	0,420	0,426	0,452	0,466	0,465	0,485
2	0,489	0,483	0,480	0,490	0,499	0,509
3	0,507	0,518	0,538	0,536	0,526	0,534
4	0,534	0,543	0,530	0,511	0,523	0,511
5	0,478	0,481	0,476	0,468	0,465	0,480
6	0,478	0,474	0,468	0,489	0,493	0,475
7	0,428	0,454	0,434	0,491	0,456	0,467
8	0,520	0,524	0,528	0,528	0,535	0,536
9	0,647	0,635	0,626	0,632	0,635	0,634
10	0,544	0,547	0,537	0,531	0,543	0,548
11	0,560	0,560	0,575	0,575	0,578	0,584
12	0,516	0,517	0,514	0,522	0,536	0,532
13	0,479	0,482	0,495	0,520	0,536	0,565
14	0,544	0,547	0,552	0,565	0,576	0,586
15	0,477	0,484	0,502	0,508	0,517	0,529
16	0,595	0,595	0,591	0,567	0,592	0,596
17	0,555	0,550	0,549	0,556	0,562	0,560
18	0,553	0,548	0,546	0,546	0,560	0,585
19	0,596	0,595	0,607	0,624	0,621	0,613
20	0,502	0,500	0,504	0,526	0,535	0,522
21	0,566	0,566	0,563	0,564	0,561	0,559
22	0,544	0,542	0,566	0,582	0,576	0,577
23	0,489	0,484	0,471	0,465	0,478	0,475
24	0,561	0,561	0,546	0,546	0,550	0,555
25	0,537	0,537	0,546	0,550	0,552	0,550
26	0,601	0,594	0,594	0,589	0,584	0,577
27	0,616	0,606	0,581	0,572	0,581	0,582
28	0,510	0,513	0,550	0,561	0,550	0,562
Médias	0,532	0,532	0,534	0,539	0,543	0,547

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,000190	0,00019000	152,000**
Resíduo	4	0,000005	0,00000125	
Total	5	0,000195		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$Y = 0,528583 + 0,001804 X$$

Quadro V - Variação da densidade básica expressa em g/cm^3 , determinada em função da altura em Eucalyptus alba Reinw., 5-7 anos (Amostras obtidas através da sonda de Pressler).

ÁRVORE Nº	A L T U R A (m)					
	1,3	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
1	0,455	0,465	0,487	0,496	0,502	0,503
2	0,635	0,627	0,645	0,653	0,621	0,627
3	0,558	0,582	0,624	0,627	0,603	0,588
4	0,529	0,539	0,539	0,533	0,546	0,559
5	0,640	0,640	0,644	0,659	0,659	0,646
6	0,634	0,644	0,643	0,627	0,621	0,642
7	0,500	0,527	0,569	0,551	0,527	0,542
8	0,511	0,527	0,565	0,555	0,559	0,564
9	0,536	0,510	0,508	0,546	0,538	0,509
10	0,556	0,527	0,541	0,583	0,561	0,577
11	0,527	0,555	0,533	0,513	0,556	0,542
12	0,479	0,493	0,555	0,575	0,521	0,506
13	0,577	0,561	0,595	0,597	0,603	0,625
14	0,596	0,580	0,581	0,627	0,621	0,616
15	0,468	0,475	0,479	0,468	0,513	0,513
16	0,493	0,487	0,536	0,558	0,532	0,556
17	0,533	0,515	0,550	0,579	0,559	0,560
18	0,522	0,575	0,557	0,557	0,580	0,571
19	0,532	0,517	0,528	0,573	0,581	0,566
20	0,506	0,512	0,540	0,561	0,580	0,580
21	0,557	0,567	0,583	0,568	0,580	0,596
22	0,520	0,534	0,534	0,524	0,544	0,541
23	0,510	0,514	0,536	0,530	0,530	0,533
24	0,557	0,560	0,567	0,563	0,606	0,599
25	0,523	0,559	0,567	0,541	0,558	0,586
26	0,516	0,533	0,551	0,554	0,577	0,600
27	0,640	0,640	0,635	0,635	0,632	0,649
Médias	0,542	0,546	0,563	0,570	0,570	0,573

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,000753	0,0007530	21,092**
Resíduo	4	0,000143	0,0000357	
Total	5	0,000896		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$Y = 0,542260 + 0,003590 X$$

Quadro VI - Variação da densidade básica expressa em g/cm^3 , determinada em função da altura em Eucalyptus saligna Sm., 5-7 anos (Amostras obtidas através da sonda de Pressler).

ÁRVORE Nº	A L T U R A (m)					
	1,3	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
1	0,533	0,543	0,531	0,515	0,540	0,558
2	0,451	0,466	0,487	0,495	0,506	0,538
3	0,513	0,521	0,509	0,486	0,493	0,513
4	0,542	0,529	0,537	0,561	0,586	0,586
5	0,612	0,615	0,596	0,617	0,610	0,602
6	0,519	0,497	0,482	0,533	0,569	0,530
7	0,477	0,495	0,509	0,497	0,518	0,534
8	0,452	0,443	0,474	0,488	0,489	0,495
9	0,564	0,555	0,573	0,575	0,601	0,590
10	0,490	0,511	0,511	0,505	0,512	0,496
11	0,498	0,487	0,512	0,523	0,506	0,506
12	0,606	0,598	0,591	0,610	0,635	0,639
13	0,505	0,507	0,579	0,540	0,548	0,542
14	0,505	0,530	0,524	0,488	0,494	0,513
15	0,579	0,583	0,584	0,582	0,582	0,609
16	0,531	0,536	0,571	0,568	0,551	0,565
17	0,543	0,523	0,509	0,513	0,509	0,522
18	0,518	0,507	0,487	0,469	0,474	0,500
19	0,530	0,531	0,551	0,576	0,586	0,587
20	0,612	0,622	0,622	0,622	0,618	0,623
21	0,572	0,570	0,564	0,570	0,576	0,573
22	0,550	0,558	0,561	0,556	0,574	0,583
23	0,577	0,572	0,559	0,555	0,593	0,611
24	0,594	0,601	0,605	0,603	0,602	0,617
25	0,552	0,562	0,575	0,586	0,601	0,545
26	0,523	0,525	0,524	0,529	0,536	0,539
Médias	0,536	0,537	0,542	0,544	0,554	0,560

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,000442	0,0004420	98,222 **
Resíduo	4	0,000018	0,0000045	
Total	5	0,000460		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$Y = 0,530640 + 0,002751 X$$

4.2 - Variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P.

Os resultados obtidos e a sua respectiva análise da variância são apresentados nos quadros nºs VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII e XIV. A análise da variância foi feita visando-se estabelecer a regressão linear, para tal, chamou-se de \underline{X} os valores do D.A.P. e \underline{Y} a densidade básica média das árvores. Nos casos em que houve significância para a regressão linear, determinou-se a equação de regressão pelo método dos quadrados mínimos:

Quadro VII - Variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P. em Eucalyptus alba Reinw. de 5 anos. (Amostras-seções transversais do caule).

X DAP (cm)	Y densidade básica da árvore (g/cm ³)	X DAP (cm)	Y densidade básica da árvore (g/cm ³)
14,0	0,510	11,0	0,519
11,2	0,530	9,4	0,554
8,6	0,596	14,2	0,568
14,3	0,509	9,1	0,497
8,3	0,581	10,2	0,504
12,7	0,586	18,5	0,530
11,5	0,667	14,5	0,539
8,0	0,609	13,8	0,623
9,4	0,652	12,5	0,559
9,0	0,547	15,0	0,508
14,1	0,627	13,2	0,510
13,9	0,614	8,8	0,580
12,2	0,554	8,5	0,623
13,3	0,494	10,4	0,552
10,0	0,549	7,7	0,532
12,1	0,535	14,0	0,541
9,9	0,443	10,5	0,569

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,003663	0,003663	1,502
Resíduo	32	0,078037	0,002438	
Total	33	0,081700		

Quadro VIII - Variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P. em Eucalyptus alba Reinw. de 7 anos - (Amostra-seções transversais do caule)

X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
14,4	0,503	15,6	0,616
15,3	0,634	14,6	0,640
11,1	0,491	9,8	0,591
16,3	0,588	10,0	0,537
13,6	0,571	11,4	0,562
16,0	0,548	8,8	0,630
12,0	0,596	13,7	0,584
22,8	0,584	9,2	0,568
13,8	0,574	10,7	0,652
14,0	0,554	9,5	0,536
17,4	0,584	16,8	0,536
15,4	0,591	14,2	0,584
14,8	0,570	10,4	0,619
12,1	0,620	14,0	0,569
13,8	0,572	8,5	0,512
14,2	0,581	9,0	0,605
14,2	0,497	17,0	0,542
14,4	0,584		

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,0000011	0,0000011	0,00073
Resíduo	33	0,0441069	0,0013360	
Total	34	0,0441080		

Quadro IX - Variação da densidade básica média da árvore em --
função do D.A.P. em Eucalyptus saligna Sm. de 5
anos-(Amostras-seções transversais do caule).

X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
9,9	0,522	12,9	0,537
15,6	0,493	9,6	0,591
13,8	0,528	10,4	0,606
8,8	0,525	12,5	0,573
13,3	0,477	9,0	0,527
12,6	0,479	9,6	0,571
9,5	0,575	11,1	0,511
10,8	0,487	11,4	0,477
8,8	0,463	17,2	0,526
10,2	0,448	13,4	0,564
15,3	0,528	14,1	0,453
10,7	0,634	16,9	0,593
13,0	0,528	12,0	0,534
8,7	0,579	19,5	0,478

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,003256	0,003256	1,367
Resíduo	26	0,061935	0,002382	
Total	27	0,065191		

Quadro X - Variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P. em *Eucalyptus saligna* Sm. de 7-anos - (Amostras-seções transversais do caule)

X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
16,7	0,590	11,7	0,531
10,0	0,559	9,1	0,561
12,4	0,560	12,5	0,532
16,0	0,613	13,7	0,540
9,0	0,470	9,8	0,511
12,2	0,515	18,2	0,587
10,6	0,474	9,4	0,552
18,3	0,560	15,3	0,587
12,7	0,568	12,2	0,542
11,7	0,475	12,8	0,552
14,3	0,552	20,3	0,607
16,2	0,548	13,0	0,606

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,014263	0,014263	13,915**
Resíduo	22	0,022565	0,001025	
Total	23	0,036828		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$Y = 0,442762 + 0,008018X$$

Quadro XI - Variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P. em Eucalyptus alba Reinw. de 5 anos - (Amostras obtidas através da sonda de Pressler).

X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
10,0	0,524	13,0	0,591
12,5	0,483	17,0	0,574
12,5	0,531	12,0	0,648
12,5	0,527	15,0	0,641
10,5	0,459	11,5	0,634
12,0	0,575	11,0	0,574
15,0	0,486	13,0	0,539
13,0	0,535	14,0	0,551
15,0	0,642	12,5	0,510
13,0	0,601	17,0	0,526
10,5	0,628	17,5	0,565
15,0	0,536	17,0	0,537
12,5	0,558	15,0	0,525
13,5	0,542	11,0	0,525
11,5	0,605		

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,0000000018	0,0000000018	0,00000069
Resíduo	27	0,0687969982	0,0025850740	
Total	28	0,0697970000		

Quadro XII - Variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P. em Eucalyptus alba Reinw. de 7 anos -(Amostras obtidas através de sonda de Pressler).

X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
14,0	0,581	14,0	0,552
16,0	0,600	13,0	0,569
16,0	0,606	13,5	0,543
12,5	0,600	13,5	0,578
9,5	0,573	18,0	0,535
11,5	0,605	16,0	0,527
13,0	0,594	12,0	0,581
15,0	0,628	9,0	0,481
14,0	0,554	18,0	0,558
16,5	0,620	14,0	0,562
14,5	0,488	16,0	0,569
14,5	0,537	12,0	0,558
17,0	0,559	12,0	0,536
12,5	0,554	14,0	0,653
16,5	0,553	16,0	0,639

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,000954	0,000954	0,468
Resíduo	57	0,116023	0,002035	
Total	58	0,116977		

Quadro XIII - Variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P. em Eucalyptus saligna Sm. de 5 anos - (Amostras obtidas através da sonda de Pressler).

X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
17,0	0,533	9,5	0,478
13,0	0,492	14,5	0,525
14,0	0,504	10,0	0,494
11,5	0,529	16,0	0,576
11,0	0,532	13,0	0,504
14,0	0,559	13,0	0,558
13,0	0,577	15,5	0,557
14,0	0,612	10,5	0,564
12,0	0,527	13,0	0,555
12,0	0,521	12,5	0,514
11,0	0,494	10,0	0,566
11,0	0,487	15,0	0,612
12,5	0,505	11,0	0,559
10,0	0,506	10,5	0,544
11,0	0,473	12,5	0,537

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,007243	0,007243	6,432*
Resíduo	28	0,031529	0,001126	
Total	29	0,038772		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

$$Y = 0,431134 + 0,008182X$$

Quadro XIV - Variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P. em Eucalyptus saligna Sm. de 7 anos-(Amostras obtidas através da sonda de Pressler).

X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	X DAP (cm)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
13,0	0,508	15,5	0,570
13,5	0,608	12,5	0,561
12,5	0,530	11,0	0,478
16,5	0,552	10,0	0,463
12,5	0,519	11,0	0,572
11,5	0,569	13,0	0,433
12,0	0,533	12,0	0,533
17,5	0,493	12,0	0,514
13,0	0,553	12,0	0,577
16,0	0,567	14,5	0,604
11,0	0,487	15,5	0,583
10,0	0,526	12,5	0,530
11,0	0,495	12,0	0,510
14,5	0,618	12,0	0,568
11,5	0,588	9,0	0,484

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,008027	0,008027	4,315*
Resíduo	28	0,052085	0,001860	
Total	29	0,060112		

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

$$Y = 0,432086 + 0,008274X$$

4.3 - Variação da densidade básica média da árvore em função da densidade básica média ao nível do D.A.P.

Os resultados obtidos e a sua análise da variância são a seguir apresentados nos quadros nºs XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI e XXII.

A análise da variância foi feita visando-se estabelecer a regressão linear para os dados reunidos segundo as espécies independentemente das idades. Chamou-se de X a densidade básica média ao nível do D.A.P. e Y a densidade básica média da árvore.

Para os casos em que houve significância para a regressão linear, a equação de regressão foi calculada pelo método dos quadrados mínimos:

Quadro XV - Valores da densidade básica média, ao nível do D.A.P. e a densidade básica média da árvore em Eucalyptus alba Reinw. de 5 anos-(Amostras-seções transversais do caule).

X	Y	X	Y
Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
0,503	0,510	0,506	0,519
0,517	0,530	0,592	0,554
0,608	0,596	0,542	0,568
0,524	0,509	0,484	0,497
0,577	0,581	0,500	0,504
0,570	0,586	0,510	0,530
0,655	0,667	0,527	0,539
0,596	0,609	0,622	0,623
0,655	0,652	0,556	0,559
0,579	0,547	0,523	0,508
0,636	0,627	0,506	0,510
0,649	0,614	0,571	0,580
0,561	0,554	0,608	0,623
0,489	0,494	0,551	0,569
0,541	0,549	0,544	0,552
0,536	0,535	0,510	0,532
0,428	0,443	0,545	0,541

Quadro XVI - Valores da densidade básica média ao nível do D.A.P. e a densidade básica média da árvore em Eucalyptus alba Reinw. de 7 anos-(Amostras-seções transversais do caule).

X Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	X Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Y Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
0,488	0,503	0,592	0,616
0,625	0,634	0,630	0,640
0,498	0,491	0,573	0,591
0,584	0,588	0,541	0,537
0,575	0,571	0,560	0,562
0,534	0,548	0,630	0,630
0,586	0,596	0,539	0,584
0,564	0,584	0,580	0,568
0,542	0,574	0,657	0,652
0,529	0,554	0,528	0,536
0,600	0,584	0,513	0,536
0,597	0,591	0,592	0,584
0,560	0,570	0,615	0,619
0,588	0,620	0,562	0,569
0,549	0,572	0,537	0,512
0,549	0,581	0,590	0,605
0,491	0,497	0,536	0,542
0,572	0,584		

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,126560	0,126560	552,664**
Resíduo	67	0,015340	0,000229	
Total	68	0,141900		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$Y = 0,057106 + 0,908740X$$

Quadro XVII - Valores da densidade básica média ao nível do D. A.P. e a densidade básica média da árvore em *Eucalyptus saligna* Sm. de 5 anos-(Amostras-seções transversais-do caule).

X	Y	X	Y
Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
0,538	0,522	0,544	0,537
0,489	0,493	0,571	0,591
0,507	0,528	0,611	0,606
0,537	0,525	0,560	0,573
0,478	0,477	0,516	0,527
0,478	0,479	0,561	0,571
0,562	0,575	0,479	0,511
0,457	0,487	0,458	0,477
0,466	0,463	0,516	0,526
0,428	0,448	0,544	0,564
0,520	0,528	0,420	0,453
0,647	0,634	0,541	0,593
0,589	0,528	0,477	0,534
0,615	0,579	0,461	0,478

Quadro XVIII - Valores da densidade básica média ao nível do D.A.P. e a densidade básica média da árvore em Eucalyptus saligna Sm. de 7 anos-(Amostras-seções transversais do caule).

X	Y	X	Y
Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore g/cm ³
0,595	0,590	0,527	0,531
0,555	0,559	0,576	0,561
0,553	0,560	0,571	0,532
0,596	0,613	0,566	0,540
0,456	0,470	0,498	0,511
0,502	0,515	0,605	0,587
0,463	0,474	0,521	0,552
0,566	0,560	0,616	0,587
0,544	0,568	0,525	0,542
0,489	0,475	0,510	0,552
0,561	0,552	0,555	0,607
0,537	0,548	0,559	0,606

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,085351	0,085351	191,370 **
Resíduo	50	0,022282	0,000446	
Total	51	0,107633		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$Y = 0,119291 + 0,788530X$$

Quadro XIX - Valores da densidade básica média, ao nível do D.A.P. e a densidade básica média da árvore em Eucalyptus alba Reinw. de 5 anos-(Amostras obtidas através da sonda de Pressler).

X	Y	X	Y
Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
0,511	0,524	0,576	0,591
0,478	0,483	0,590	0,574
0,512	0,531	0,640	0,648
0,516	0,527	0,671	0,641
0,464	0,459	0,634	0,634
0,566	0,575	0,548	0,574
0,455	0,486	0,500	0,539
0,523	0,535	0,511	0,551
0,635	0,642	0,523	0,510
0,558	0,601	0,536	0,526
0,607	0,628	0,556	0,565
0,529	0,536	0,527	0,537
0,569	0,558	0,479	0,525
0,546	0,542	0,484	0,525
0,595	0,605		

Quadro XX -Valores da densidade básica média ao nível do D.A.P. e a densidade básica média da árvore em Eucalyptus alba Reinw. de 7 anos-(Amostras obtidas através da Sonda de Pressler).

X	Y	X	Y
Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
0,594	0,581	0,516	0,569
0,577	0,600	0,532	0,553
0,596	0,606	0,506	0,552
0,592	0,600	0,587	0,569
0,585	0,573	0,530	0,543
0,616	0,605	0,557	0,578
0,604	0,594	0,520	0,535
0,630	0,628	0,510	0,527
0,566	0,554	0,557	0,581
0,611	0,620	0,444	0,481
0,468	0,488	0,523	0,558
0,493	0,537	0,540	0,562
0,533	0,559	0,532	0,550
0,516	0,536	0,640	0,653
0,522	0,554	0,640	0,639

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,102869	0,102869	416,474 **
Resíduo	57	0,014108	0,000247	
Total	58	0,116977		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$Y = 0,123903 + 0,799198X$$

Quadro XXI - Valores da densidade básica média ao nível do D.A.P. e a densidade básica média da árvore em Eucalyptus saligna Sm. de 5 anos-(Amostras obtidas através da Sonda de Pressler).

X	Y	X	Y
Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
0,533	0,533	0,495	0,478
0,451	0,492	0,544	0,525
0,513	0,504	0,455	0,494
0,514	0,529	0,564	0,576
0,519	0,532	0,490	0,504
0,542	0,559	0,584	0,558
0,585	0,577	0,586	0,557
0,612	0,612	0,569	0,564
0,555	0,527	0,558	0,555
0,519	0,521	0,498	0,514
0,508	0,494	0,551	0,566
0,478	0,487	0,606	0,612
0,477	0,505	0,543	0,559
0,478	0,506	0,526	0,544
0,452	0,473	0,505	0,537

Quadro XXII - Valores da densidade básica média ao nível do D. A.P. e a densidade básica média da árvore em Eucalyptus saligna Sm. de 7 anos-(Amostras obtidas através da Sonda de Pressler).

X	Y	X	Y
Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)	Densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm ³)	Densidade básica média da árvore (g/cm ³)
0,505	0,508	0,572	0,570
0,579	0,608	0,550	0,561
0,536	0,530	0,480	0,478
0,531	0,552	0,471	0,463
0,544	0,519	0,571	0,572
0,589	0,569	0,425	0,433
0,586	0,533	0,519	0,533
0,518	0,493	0,493	0,514
0,547	0,553	0,577	0,577
0,530	0,567	0,594	0,604
0,479	0,487	0,552	0,583
0,501	0,526	0,523	0,530
0,484	0,495	0,497	0,510
0,612	0,618	0,547	0,568
0,585	0,588	0,473	0,484

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,081846	0,081846	273,732 **
Resíduo	58	0,017327	0,000299	
Total	59	0,099173		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

$$Y = 0,094370 + 0,832950X$$

5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 - Métodos de determinação da densidade básica das amostras

5.1.1 - Método destrutivo:- não houve diferença significativa nas diferentes determinações da densidade dentro de cada amostra, ao passo que, entre amostras, a diferença foi altamente significativa, fato êsse que já era esperado.

Balanças hidrostáticas comuns, com leituras de precisão de 0,1 a 0,01g podem ser utilizadas na determinação da densidade básica das amostras. A precisão do método pode ser verificada pelos dados e pela respectiva análise da variância apresentados no Quadro nº I.

5.1.2 - Método não destrutivo:- a análise da variância dos dados apresentados no Quadro nº II, revela não haver diferença significativa nas diferentes determinações dentro de cada amostra, mas, como já era esperado, houve diferença altamente significativa entre elas.

A determinação do volume das amostras obtidas pela sonda de Pressler pode ser executada por mensurações de seus diâmetros e de seus comprimentos médios, utilizando-se para tal micrômetros com leitura de 0,001 mm de precisão. Para a determinação do peso seco das amostras, pode ser utilizada balança com precisão 0,001g.

5.2 - Variação da densidade básica média em função da altura

Para o Eucalyptus alba Reinw. e Eucalyptus saligna Smith nas idades de 5 e 7 anos, as análises das variâncias das médias dos dados apresentados nos Quadros nºs. III, IV, V e VI, revelaram alta significância para a regres

são linear, tanto para o método destrutivo como para o não destrutivo.

As equações obtidas para as duas espécies segundo os métodos de determinação da densidade básica foram:

$Y = 0,554198 + 0,002261 X$ - Eucalyptus alba Reinw. (Método destrutivo)

$Y = 0,542260 + 0,003590 X$ - Eucalyptus alba Reinw. (Método não destrutivo)

$Y = 0,528583 + 0,001804 X$ - Eucalyptus saligna Smith (Método destrutivo)

$Y = 0,530640 + 0,002751 X$ - Eucalyptus saligna Smith (Método não destrutivo)

sendo:

X = a altura (m) e

Y = densidade básica média (g/cm^3) das árvores para aquela altura.

Podemos afirmar que tanto para o Eucalyptus alba Reinw. como para o Eucalyptus saligna Smith, nas idades estudadas, a densidade básica média das árvores cresce linearmente em função da altura, a partir de 1,30m do solo até 10m.

FERREIRINHA (1961) citando os trabalhos de Carvalho (1960), relatou que para o Eucalyptus globulus de 20 anos a densidade média da madeira a 15% de umidade aumentou pronunciadamente com a altura ($0,741\text{g/cm}^3$ para a base da árvore e $0,808\text{g/cm}^3$ nas proximidades da copa). CURRO (1957) trabalhando com madeira de Eucalyptus camaldulensis Dehn de 15 anos, concluiu que a densidade básica média variou em função da altura, sendo que essa variação era expressa pela equação: $d = 0,495 + 0,005h$ (onde d = densidade bá-

sica média e h = altura).

5.3 - Variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P.

5.3.1 - As análises das variâncias dos dados relacionados nos Quadros nºs VII, VIII, XI e XII, revelam que para o Eucalyptus alba Reinw. de 5 e 7 anos, não houve significância para a regressão linear. Podemos concluir face a êsse resultado, que a densidade básica média da árvore não é função direta ou inversa do seu vigor. Analisando-se detalhadamente os valores das densidades básicas médias podemos concluir que as variações individuais são marcantes, podendo-se encontrar árvores com densidades básicas médias da ordem de $0,443\text{g/cm}^3$ até $0,667\text{g/cm}^3$. PRYOR (1968), considerou provável que as sementes utilizadas nas plantações comerciais do Estado de São Paulo consideradas como de Eucalyptus alba Reinw., sejam produto do cruzamento dessa espécie com o E.robusta, E.saligna e E.tereticornis.

À vista dessas considerações e dos resultados obtidos no estudo da densidade básica de árvores dessa espécie, seria recomendável dar início ao trabalho de seleção de matrizes, e ao estudo das progênes delas derivadas, visando o estabelecimento de áreas de produção de sementes.

5.3.2 - Em relação ao Eucalyptus saligna Smith de 7 anos, a análise da variância dos dados apresentados no Quadro nº X revelou alta significância para a regressão linear, sendo a seguir obtida a seguinte equação:

(I) $Y = 0,442762 + 0,008018 X$ (Método destrutivo), sendo Y = densidade básica média da árvore (g/cm^3) e X = D.A.P. (cm).

No método não destrutivo, as análises das -

variâncias dos dados relacionados nos Quadros nºs XIII e XIV, apresentaram significância ao nível de 5% de probabilidade para a regressão linear para a mesma espécie aos 5 e aos 7 anos. As equações obtidas para cada idade foram:

(II) $Y = 0,431134 + 0,008182 X - \underline{E.saligna}$
Smith 5 anos

(III) $Y = 0,432086 + 0,008274 X - \underline{E.saligna}$
Smith 7 anos.

Procurando reunir as equações I, II e III, em uma única equação, seus coeficientes angulares foram comparados pelo teste t.

As variâncias dos coeficientes foram obtidas pela fórmula:

$$\hat{V}(\hat{b}) = \frac{\hat{s}^2}{\sum x^2 - c}$$

onde

$\hat{V}(\hat{b})$ = estimativa da variância do coeficiente angular estudado.

\hat{s}^2 = estimativa da variância da regressão estudada.

$\sum x^2 - c$ = somatória dos quadrados dos valores dos diâmetros menos a correção.

Para verificar se os coeficientes diferiram significativamente ou não foi utilizada a fórmula:

$$t = \frac{\hat{b}_i - \hat{b}_j}{\sqrt{\hat{V}(\hat{b}_i) + \hat{V}(\hat{b}_j)}}$$

sendo

$\hat{b}_i - \hat{b}_j$ = contraste entre os dois coeficientes angulares estudados.

Feito o teste t verificou-se não haver diferença significativa entre os coeficientes angulares das e--

quações I, II e III. A seguir usando-se o mesmo teste t procurou-se analisar os coeficientes lineares das equações.

As variâncias dos coeficientes lineares foram calculadas pela fórmula:

$$\hat{V}(\hat{a}) = \frac{\hat{s}^2}{N}$$

onde

$\hat{V}(\hat{a})$ = estimativa da variância do coeficiente linear estudado

\hat{s}^2 = estimativa da variância da regressão estudada

N = total de pares de valores de X e Y para os quais foi determinada a equação de regressão.

Para verificar se os coeficientes diferiram significativamente ou não, recorreu-se ao teste t utilizando-se a seguinte relação:

$$t = \frac{\hat{a}_i - \hat{a}_j}{\sqrt{\hat{V}(\hat{a}_i) + \hat{V}(\hat{a}_j)}}$$

sendo:

$\hat{a}_i - \hat{a}_j$ = contraste entre os coeficientes lineares das equações estudadas

Feito o teste t constatou-se não haver diferença significativa entre os coeficientes lineares estudados, fato êsse, que possibilitou a reunião das equações I, II e III em uma única:

$$Y = 0,434796 + 0,008168 X$$

Pode-se concluir que, para o Eucalyptus saligna Smith nas idades de 5 e 7 anos, houve acréscimo da densidade média da árvore em função do D.A.P., isto é, as árvores mais vigorosas apresentaram em média maior densidade que as menos vigorosas.

Deve-se contudo assinalar que apesar de tal fato, persiste ainda alta variação individual e que para um mesmo diâmetro podemos encontrar árvores com alta densidade básica média ao lado de outras de baixa densidade.

Êsses resultados diferem dos obtidos por -- SUSMEL (1952, 1953 e 1954) para Eucalyptus camaldulensis, -- Dehn., ao constatar ser a densidade função inversa da taxa de crescimento, porém encontram apóio nos trabalhos de -- BENSON (1963), que concluiu ser em angiospermas o crescimento rápido das árvores associado à alta densidade.

TAYLOR (1968), trabalhando com Liriodendron tulipifera L. concluiu haver pequena correlação entre a taxa de crescimento e a densidade, quando se considera a variação dentro e entre indivíduos, e que para a espécie estudada a densidade não será materialmente afetada pelo simples controle da taxa de crescimento.

PRYOR (1968), recomenda que para os eucalíptos plantados no Estado de São Paulo, seja feito um programa de melhoramento visando o controle da variabilidade dos caracteres morfológicos das árvores; julga que somente após êsse trabalho poder-se-á pensar na ampliação do espaçamento atual entre plantas, chegando a recomendar espaçamentos tão amplos quanto 3 x 5 m e talvez mais, pelo menos em caráter experimental.

ZOBEL (1967) afirma que as variações morfológicas existentes nos povoamentos de Eucalyptus spp no Estado de São Paulo são notórias, e que as mesmas devem estar associadas a variações nas qualidades da madeira. Face aos resultados obtidos e às recomendações acima citadas, aconselha-se que nos programas de melhoramento deva ser incluído-

além do controle das variações morfológicas, o estudo da variação da qualidade da madeira associado a espaçamentos -- mais amplos e a fertilizações.

5.4 - Variação da densidade básica média da árvore em função da densidade básica média ao nível do D.A.P.

No método destrutivo as análises das variâncias dos dados apresentados nos Quadros XV, XVI, XVII e -- XVIII, revelaram alta significância para a regressão linear tanto para o Eucalyptus alba Reinw. (5 - 7 anos) como para o Eucalyptus saligna Smith (5-7 anos). As equações obtidas foram:

(I) $Y = 0,057106 + 0,908740 X$ - Eucalyptus alba Reinw.

(II) $Y = 0,119291 + 0,788530 X$ - Eucalyptus saligna Smith.

sendo Y = densidade básica média da árvore e X = densidade básica média ao nível do D.A.P.

Em relação ao método não destrutivo pelas análises das variâncias dos dados apresentados nos Quadros -- XIX, XX, XXI e XXII, constatou-se alta significância para a regressão linear de forma idêntica ao ocorrido para o método destrutivo. As equações obtidas para o método não -- destrutivo foram:

(III) $Y = 0,123903 + 0,799198 X$ - Eucalyptus alba Reinw.

(IV) $Y = 0,094370 + 0,832950 X$ - Eucalyptus saligna Smith

Procurando-se reunir as equações I, II, III e IV em uma única equação, foram comparados através do teste t os coeficientes angulares e lineares das equações mais dispares. Para verificar se os coeficientes diferiram signi

ficativamente ou não foram feitos os testes já relatados no item 5.3.2.. Após o teste t constatou-se não haver diferença significativa entre os coeficientes angulares, ao passo que, os coeficientes lineares diferiram. Tal resultado, pode ser atribuído ao fato de que os métodos foram aplicados em árvores diferentes.

Embora os coeficientes lineares das equações tenham diferido, tendo em vista a importância prática do uso de uma única equação para as duas espécies, os dados pertinentes aos Quadros nºs XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI e XXII foram reunidos e a seguir feita a análise da variância:

Quadro nº XXIII - Análise da variância dos dados relacionados nos Quadros nºs XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI e XXII, reunidos independentemente de espécies e idades.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	0,438624	0,438624	1.401,355**
Resíduo	238	0,074527	0,000313	
Total	239	0,513151		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

A análise da variância demonstra que houve alta significância para a regressão linear, sendo após, calculada a equação da regressão pelo método dos quadrados mínimos:

$$Y = 0,090759 + 0,847806 X$$

O uso da equação acima, implica em um erro percentual da ordem de 3% calculado segundo FREESE(1967).

Em vista de tais resultados, pode-se estimar a densidade básica média das árvores tanto pelo método destrutivo como pelo não destrutivo, através de amostras retiradas ao nível do D.A.P.

Para a seleção de futuras árvores matrizes --

aos 5 e 7 anos, para os estudos de espaçamentos e da aplicação de fertilizantes, o método não destrutivo possibilita a avaliação da densidade básica da madeira das árvores sem a necessidade de derrubá-las, isto é, sem destruí-las.

6 - RESUMO E CONCLUSÕES

I) No presente trabalho o autor estudou a variabilidade da densidade básica da madeira de 128 árvores de Eucalyptus alba Reinw. e de 112 de Eucalyptus saligna, Smith, nas idades de 5 e 7 anos, com o objetivo de estabelecer a -- possibilidade do uso de amostras da madeira retiradas ao nível do D.A.P., como representativas da densidade básica média da árvore.

II) O trabalho foi desenvolvido em três etapas diferentes:

1) Estudo da variação da densidade básica média em função da altura da árvore;

2) Estudo da variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P. da árvore;

3) Estudo da variação da densidade básica média da árvore em função da densidade básica média ao nível do D.A.P.

III) Dois métodos de determinação da densidade foram usados:

a) Método destrutivo (usando como amostras secções transversais do caule, tomadas de 2 em 2 m, em toda-extensão dêste, e ao nível do D.A.P.)

b) Método não destrutivo (usando duas amostras da madeira retiradas de 2 em 2 metros ao longo do caule e ao nível do D.A.P., nas direções Norte-Sul, Leste-Oeste, e no sentido casca à casca, utilizando-se para tal as difundidas sondas de Pressler).

Com base nos resultados obtidos o autor chegou às seguintes conclusões:

1) A densidade básica média (d) da madeira - das árvores de Eucalyptus alba Reinw. e Eucalyptus saligna - Smith, aos 5 e 7 anos, variou linearmente em função da altura - (h).

As equações que expressam essa variação são:

Eucalyptus alba Reinw.

$$Y = 0,554198 + 0,002261 X \text{ (Método destruti--vo).}$$

$$Y = 0,542260 + 0,003590 X \text{ (Método não destru--tivo).}$$

Eucalyptus saligna Smith

$$Y = 0,528583 + 0,001804 X \text{ (Método destruti--vo).}$$

$$Y = 0,530640 + 0,002751 X \text{ (Método não destru--tivo)}$$

sendo

X = altura (m)

Y = densidade básica média das árvores (g/cm^3)

2) A densidade básica média das árvores de - Eucalyptus alba Reinw. nas idades de 5 e 7 anos não é função direta ou inversa do vigor das mesmas. As variações entre ár- vores nos povoamentos estudados, foram bem pronunciadas po-- dendo-se encontrar árvores com densidades básicas médias de $0,443 \text{ g/cm}^3$ a $0,667 \text{ g/cm}^3$.

3) Para o Eucalyptus saligna Smith aos 5 e 7 anos, utilizando tanto o método destrutivo como o não destrú- tivo, as árvores mais vigorosas possuem em média maior densi- dade básica média, do que as menos vigorosas. Essa variação- pode ser expressa pela equação de regressão (significativa - ao nível de 5% de probabilidade):

$$Y = 0,434796 + 0,008168 X$$

onde:

Y = densidade básica média da árvore (g/cm^3)

X = D.A.P. (cm)

Embora tenha havido acréscimo na densidade básica média em função do diâmetro, as variações individuais persistiram, podendo ser encontradas árvores vigorosas com baixa densidade básica média e árvores não vigorosas com densidade alta.

4) Na determinação da densidade básica média de árvores de Eucalyptus alba Reinw. e Eucalyptus saligna -- Smith, nas idades de 5 e 7 anos, tanto para o método destrutivo como para o não destrutivo, amostras tomadas ao nível do D.A.P. podem estimar a densidade média da árvore. As equações que possibilitam essas estimativas são:

Eucalyptus alba Reinw.

$$(I) Y = 0,057106 + 0,908740 X \text{ (Método destrutivo)}$$

$$(II) Y = 0,123903 + 0,799198 X \text{ (Método não destrutivo)}$$

Eucalyptus saligna Smith

$$(III) Y = 0,119291 + 0,788530 X \text{ (Método destrutivo)}$$

$$(IV) Y = 0,094370 + 0,832950 X \text{ (Método não destrutivo)}$$

sendo $Y = \text{densidade básica média da árvore (g/cm}^3\text{)}$
 $X = \text{densidade básica média ao nível do D.A.P. (g/cm}^3\text{)}$

5) Embora as equações I, II, III e IV tenham coeficientes lineares diferentes, considerando porém a importância prática do uso de uma única equação para as duas espécies, elas foram reunidas e a equação geral obtida foi:

$$Y = 0,090759 + 0,847806 X$$

(as discrepâncias existentes entre os coeficientes lineares das equações I, II, III e IV, são atribuídas pelo autor, ao fato de serem utilizadas árvores diferentes nas determinações pelos dois métodos).

7 - SUMMARY

I) In this paper the author presents the results of an investigation made on 128 trees of Eucalyptus alba Reinw. and 112 trees of Eucalyptus saligna Smith at the ages of 5 and 7 years, with the objective of establishing a possible relationship between the basic density of wood samples taken at D.B.H. (Diameter at Breast Height) level, and tree basic density (average for merchantable volume).

II) The work was carried out in three different phases:

a) Determination of the relationship between average basic density and tree height.

b) Determination of the relationship between average basic density of the tree and tree D.B.H.

c) Determination of the relationship between average basic density of the tree and the average basic density at D.B.H. level.

III) Two methods were used in the determination of the basic density of wood:

a) Destructive method (samples consisted of transversal sections of the bole taken at each two meters along the bole and at D.B.H.).

b) Non destructive method (two samples were taken in the directions North-South and East-West from bark, to bark, at each two meters along the bole and at D.B.H., using a Pressler increment borer).

On the basis of the variation found in the study of the 240 trees, the following conclusions were reached:

1) The average basic density (d) of the

trees is a linear function of the height (h), and is expressed by the following equations:

Eucalyptus alba Reinw.

$$d = 0,554198 + 0,002261h \text{ (Destructive method)}$$

$$d = 0,542260 + 0,003590h \text{ (Non destructive method)}$$

Eucalyptus saligna Smith

$$d = 0,528583 + 0,001804h \text{ (Destructive method)}$$

$$d = 0,530640 + 0,002751h \text{ (Non destructive method)}$$

2) The tree average basic density of E. alba Reinw. at the ages of 5 and 7 years does not bear any relationship to its rate of growth. The variation of the basic density values between trees is very high (from 0,443 gram/cubic centimeter to 0,667 gram/cubic centimeter).

3) The tree average basic density (d) of E. saligna Smith at the ages of 5 and 7 years, is a linear function of D.B.H. (at level 5% of probability). The relationship between tree average basic density and D.B.H. (centimeter) is expressed by the following equation for both methods of determination:

$$d = 0,434796 + 0,008168 \text{ D.B.H.}$$

The variation between trees, was also very high for this species (from 0,433 gram/cubic centimeter to 0,634 gram/cubic centimeter).

4) There is a definite relationship between average basic density at D.B.H. level (X), and the tree basic density (Y) (average for merchantable volume), which is expressed by the following equations:

Eucalyptus alba Reinw.

$$Y = 0,057106 + 0,908740 X \text{ (Destructive method)}$$

$$Y = 0,123903 + 0,799198X \text{ (Non destructive method)}$$

Eucalyptus saligna Smith

$$Y = 0,119291 + 0,788530X \text{ (Destructive method)}$$

$$Y = 0,094370 + 0,832950X \text{ (Non destructive method)}$$

For practical purposes the following equation can be used for both species, both methods and both ages:

$$Y = 0,090759 + 0,847806 X$$

8 - BIBLIOGRAFIA

- ANDERSEN, K.F. & P. MOLTESEN. 1955. (Technological research on beech - density and its variation). Dansk Skogfo ren. Tedsskr.40: 592-611.
| in For.Abstr.18: 4550 (1957) |
- ANÔNIMO. 1948. Quality of Meranti Tembaga from different areas. Malayan Forester 11: 128.
| in For.Abstr.10: 1138 (1948) |
- BAKER, G. 1966. Estimating specific gravity of plantation grown Red Pine. For.Prod.J.17(8): 21-24.
- BENSON, H.P. 1924. The influence of growth condition upon the properties of wood. J.Forestry 22: 707-723.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 556 (1962) |
- 1946. Steps in the Silvicultural control of wood quality. J.Forestry 44: 953-958.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 572 (1962) |
- 1963. The application of Silviculture in controlling the specific gravity of wood. U.S.Dept.Agr. Forest Service Tech.Bull. No 1288: 97pp.
- BETHEL, J.S. 1943. Factors influencing the specific gravity of chestnut oak wood. J.Forestry 41: 599-601.
| in The influence of Environment and Genetics on Pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 55 (1962) |
- BRISCOE, C.B., J.B.HARRIS & D. WYCKOFF. 1963. Variation of specific gravity in plantation grown trees of Bigleaf Mahogany. Caribb.Forest 24(2): 64-74.
- BROWN, H.P., A.J.PANSHIN & C.C.FORSAITH. 1949. Textbook of wood technology. Mac Graw-Hill Book Company Inc. New York. Vol. I: 625pp.

- BRYAN, J. & F.G.O. PEARSON. 1955. The quality of Sitka spruce grown in Great Britain. Empire Forestry Rev. 34: 144-159.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 81 (1962) |
- BURGER, H. 1940. (Wood foliage yield and growth IV - An 80 years old beech stand) Mitt. Schweiz. Centralanstalt forstl. Versuchsw. 21: 307-348.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 90 (1962) |
- 1947. (Wood foliage yield and growth. VII oak). Mitt. Schweiz. Centralanstalt forstl. Versuchsw. 25: 211-279.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 94 (1962) |
- COMISSÃO DE SOLOS. C.N.E.P.A. 1960. Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Serv. Nac. Pesq. Agron. Bol. 12. 634pp.
- CURRO, P. 1957. Variations in moisture content and basic density in 15 trees of Eucalyptus camaldulensis Dehn. Pubbl. Cent. Sper. Agr. e Forestale. Roma 1: 227-238.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 152 (1962) |
- 1957. Seasonal variations in moisture content and basic density in 4 trees of Eucalyptus camaldulensis Dehn. Pubbl. Cent. Sper. Agr. e Forestale. Roma 1: 215-226.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 151 (1962) |
- DADSWELL, H.E. 1931. The density of Australian timbers. A preliminary study. Australia, Commonwealth Sci. Ind. Research Organization, Div. Forest Prods. Tech. Paper No 2. 16pp.

- DADSWELL, H.E. 1957. Tree growth characteristics and their influence on wood structure and properties. Brit. Commonwealth Forestry Conf., 7th Conf., Australia and New Zealand. 19pp.
- 1958. Wood structure variations occurring during tree growth and their influence on properties. J. Inst.Wood Sci.1: 11-33.
- , A.J.WATSON & J.W.P. NICHOLLS. 1959. What are the wood properties required by the paper industry in trees of future? Tappi 42: 521-526.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 166 (1962) |
- 1959. Growing trees with wood properties desirable for paper manufacture. Australian Pulp & Paper Ind. Tech. Assoc. Proc.12: 129-136.
- DESCH, H.E. 1932. Anatomical variations in the wood of some dicotyledoneous trees. New Phytologist 31: 73-118.
| in the influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 173 (1962) |
- ECHOLS, R.M. 1959. Estimation of pulp yield and quality of living trees from paired core samples. Tappi 42(11): 875-877.
- F.A.O. 1961. IIª Conferência Mundial do Eucalipto. Relatório e Documentos. São Paulo, Brasil I: 156.
- F.P.L. 1956. Methods of determining specific gravity of wood. U.S.Dept.Agr. Forest Service. Forest Prods. Lab., Madison, Wisc. Tech.Note No B-14. 6pp.
- FARMER, R.E. & J.R.WILCOX. 1966. Specific gravity variation in a Lower Mississippi Valley Cottonwood population. Tappi 49(5): 210-211.
- FERREIRINHA, M.P. 1961. Propriedades físicas e mecânicas das madeiras dos Eucaliptos (Relatório dos progressos -- realizados 1956-1961). IIª Conferência Mundial do Eucalipto. Relatório e documentos. São Paulo-Brasil. Vol. II: 1.113-1.122.

- FREESE, F. 1967. Elementary statistical methods for foresters. U.S. Dept. Agr., Forest Serv., Agriculture Handbook No 317. 87pp.
- GOGGANS, J.F. 1961. The Interplay of Environment and Heredity as factors controlling wood Properties in conifers. North Carolina State University, School of Forestry Tech. Rep. No 11. 55pp.
- GOHRE, K. & H. GOTZE. 1956. (Investigation of the density of red beech wood). Arch. Forstw. 5: 716-748.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 231 (1962) |
- GOMES, F.P. 1963. Curso de Estatística Experimental. Publicação da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 2ª Edição, 384pp.
- GREENHILL, W.L. & H.E. DADSWELL. 1940. The density of Australian timbers. Part 2 Airdry and basic density data for 172 timbers. Australia Commonwealth Sci. Ind. Research Organization. Div. Forest Prods. Tech. Paper. 33. 75pp.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 238 (1962) |
- GRÖSSLER, W. 1943. (Wood technological investigations of high-mountain beech). Holz Roh-u. Werkstoff, 6: 81-86.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 241 (1962) |
- KLEUTERS, W. 1964. Optimal test conditions Determining Local density of wood by Beta ray Method. For. Prod. J. 14(9): 414-420.
- LARSON, P.R. 1957. Effect of environment on the percentage of summerwood and specific gravity of slash pine. Yale Univ. School Forestry, Bull. No 63. 78pp.
- LENZ, O. 1954. (The wood of a few poplars cultivated in Switzerland) Mitt. Schweiz. Centralanstalt forstl. Versuchsw. 30: 9-61.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 447 (1962) |
- LOSS, W.E. 1965. A review of methods for determining moisture content and density of wood by Nuclear Radiation Techniques. For. Prod. J. 15(3): 102-106.
- MADERN, J.H. 1965. The Heritability of wood density Intern. Union Forest Research Organization, Meeting Section 41, Melbourne, Vol. II. 20pp.
- MAEGLIN, R.R. 1966. Predicting specific gravity of plantation grown Red Pine. U.S. Dept. Agr., Forest Serv. Forest. Prod. Lab. Res. Note 0149. 14pp.

- MITCHELL, H.L. 1958. Wood quality evaluation from increment cores. Tappi 41(4): 150-156.
- MURTHY, L.S.V. 1959. Density variation in timber Ramin. *Gonystylus bancana*. Oxford Univ. Imp. Forest Research Inst., Rept. 1958/59: 19.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 519 (1962) |
- NYLINDER, P. 1953. (Variations in density of planted Spruce). Medd.Statens. Skogsforkningsinst 43: 1-44.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 541 (1962) |
- 1965. . Non destrutive field sampling systems -- for determining the wood density of standing timber over large areas, variation within and between species an the influence of environmental and other - factors on wood density. Intern.Union Forest Rese-- arch Organizations, Meeting section 41, Melbourne , Vol.II: 13pp.
- PHILLIPS, E.W.J. 1965. Methods and equipments for determi-- ning the specific gravity of wood. InternUnion Fo-- rest Research Organizations, Meeting Section 41, Mel bourne Vol.II: 14pp.
- POLGE, H. 1965. Study of wood density variation by densito-- metric analysis of X-Ray negatives of samples taken with a Pressler auger. Intern.Union Forest Research Organizations, Meeting Section 41, Melbourne Vol.II : 31pp.
- 1966. Etablissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de la radiographies d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants. Ann.École Nac.Eaux Fo -- rests, Nancy XXIII(1): 206pp.
- PRESTMOM, D.R. 1965. Improving the power increment borer for Hardwoods. J.Forestry 63(10): 763.
- PRYOR, D.L. 1968. Relatório da viagem de inspeção às planta-- ções de Eucaliptos no Estado de S. Paulo (não publi-- cado). 6pp.
- REICHARDT, K. & M. FERREIRA. 1966. Contribuição ao estudo do uso da radiação gama na determinação da densidade a-- parente da madeira. Ciênc.Cult.18(2): 240.
- SPURR, S.H. & W. HSIUNG. 1954. Growth rate and specific gra-- vity in conifers. J.Forestry 52(3):191-200.
- STAUFFER, D. 1892. (Study of the specific dry weight and the anatomical structure of Birch Wood). Forstl.-naturw. 2.I: 145-163.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 758 (1962) |

- STOJANOFF, V. & E. ENTCHEFF. 1958. (An the distribution of specific weight wethin stems, and how far it may be influenced by growth locality and site. Arch.Forstw. 7: 953-958.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality. An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 763 (1962) |
- SUSMEL, L. 1952. Density of Eucalyptus rostrata wood from the Agro.Pontino. Monti e Boschi 3: 75-78.
| in For.Abstr.13: 3322 (1952) |
- 1953. The specific gravity of Eucalyptus rostrata-Schlecht. Wood from the Pontine Campagna. Ital.Forest e Mont.8: 222-227.
| in For.Abstr.15: 1753 (1954) |
- 1954. Le pois specifique du bois d'Eucalyptus camaldulensis par rapport a quelques facteurs rela -- tifs a l'individu et au milieu. Intern.Union Forest Research Organizations, 11th Congr., Rome 1953,1065-1075.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 774 (1962) |
- TAMOLANG, F.M. & B.B.BALCITA. 1957. The specific gravity of Balobo (Diplodiscus paniculatus Turcz.) from Maki--ling National Park.Forest Leaves (Philippines)10:21-28.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 780 (1962) |
- TARAS, M.A. & H.E.WAHLGREEN. 1963. A comparison of increment core sampling methods for estimating tree specific gravity. U.S.Dept.Agr.Forest Serv. Forest Exp.Sta. Asheville N.C. Res.Paper SE No 7.
- TAYLOR, F.W. 1968. Specific gravity differences within and among yellow - poplar trees. For.Prod.J.18(3):75-81.
- ZOBEL, B.J. 1956. Genetic growth and environmental factors factors affecting specific gravity of Loblolly pine. For.Prod.J.6: 442-446.
| in The influence of Environment and Genetics on pulpwood quality - An Annotated Bibliography. Tappi Monograph Series No 24: 874 (1962) |
- 1965. Inheritance of Fiber characteristics in - hardwoods. A review.Intern.Union Research Organizations, Meeting Section 41, Melbourne Vol.II: 14pp.
- YANDLE, D.O. 1956. Statistical evaluation of the effect of age on specific gravity in Loblolly pine. U.S.Dept. Agr., Forest Serv., Forest Prods.Lab. Rep.No 2049. 15pp.
- WAHLGREEN, H.E. & D.L.FASSNACHT. 1959. Estimating tree specific gravity from a sigle increment core. U.S.Dept. Agric., Forest Serv., Forest Prod.Lab. Rep.No 2146. 9pp.

WAHLGREEN, H.E., A.C.HART & R.R.MA EGLIN. 1966. Estimating tree specific gravity of Maine Conifers. U.S. Dept. Agr., Forest Service, Forest Prod. Lab. Res. Paper No 61. 22pp.

WALTERS, C.S. & G.BRUCKMANN. 1964. A comparison of methods of determining volume of increment cores. J. Forestry 62(3): 172-177.

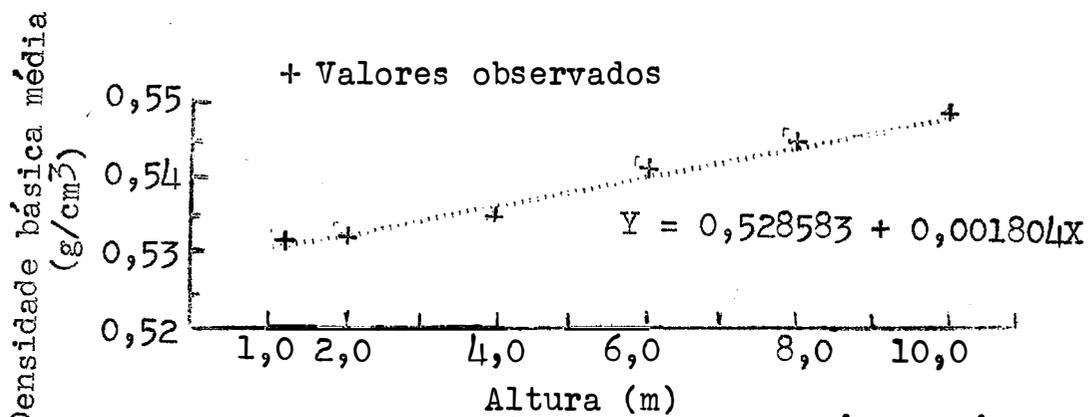


Fig. nº 1. Variação da densidade básica média das árvores em função da altura. Eucalyptus saligna Smith (5-7 anos) Método destrutivo.

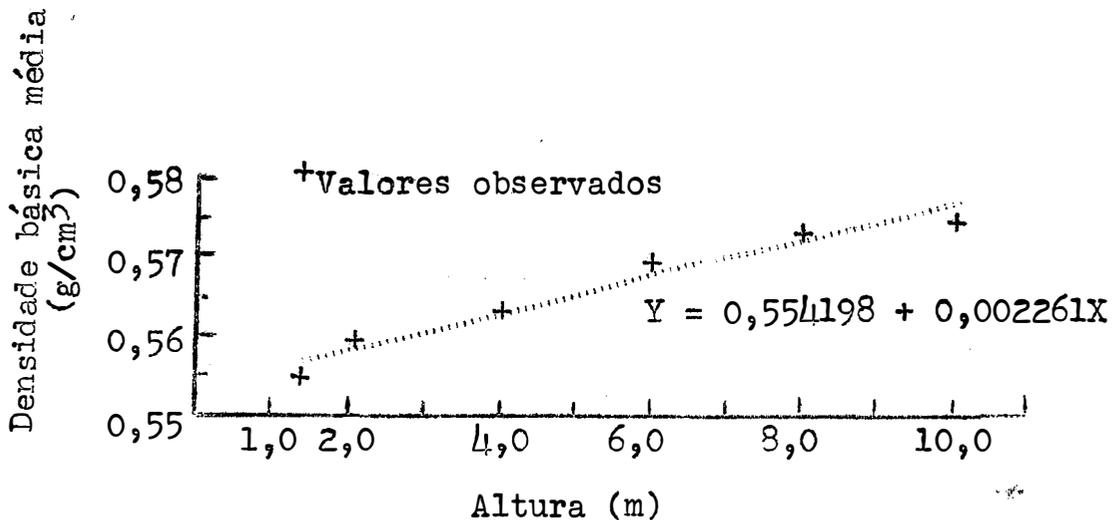


Fig. nº 2. Variação da densidade básica média das árvores em função da altura. Eucalyptus alba Reinw. (5-7 anos) Método destrutivo.

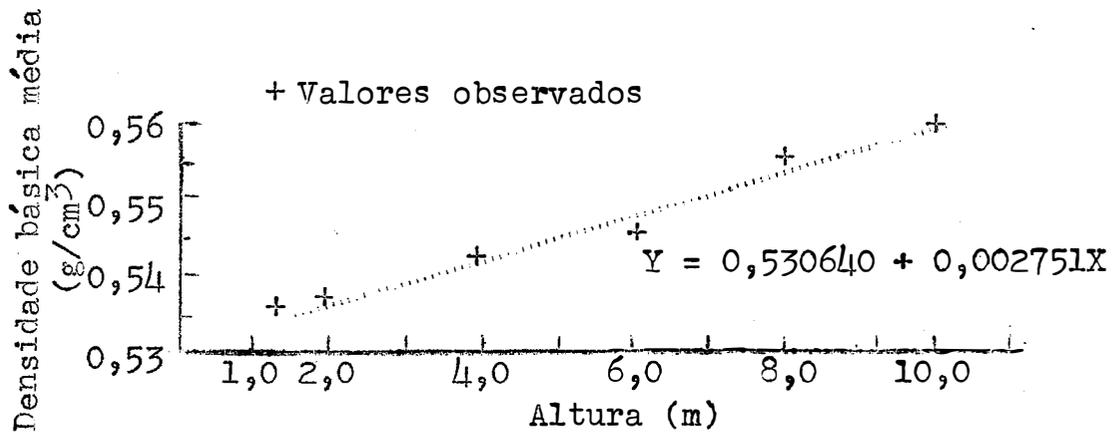


Fig. nº 3. Variação da densidade básica média das árvores em função da altura. Eucalyptus saligna Smith (5-7 anos)- Método não destrutivo.

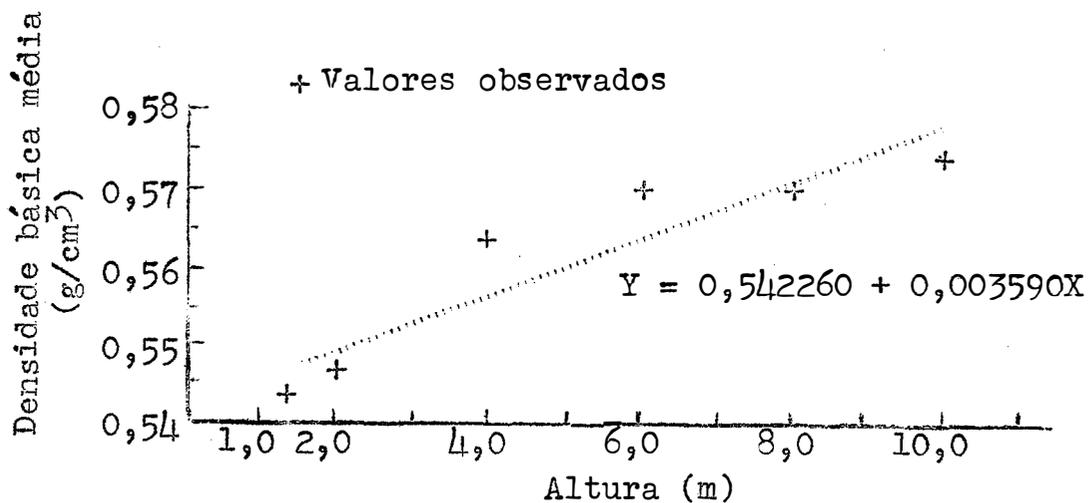


Fig. nº 4. Variação da densidade básica média das árvores em função da altura. Eucalyptus alba Reinw. (5-7 anos). Método não destrutivo.

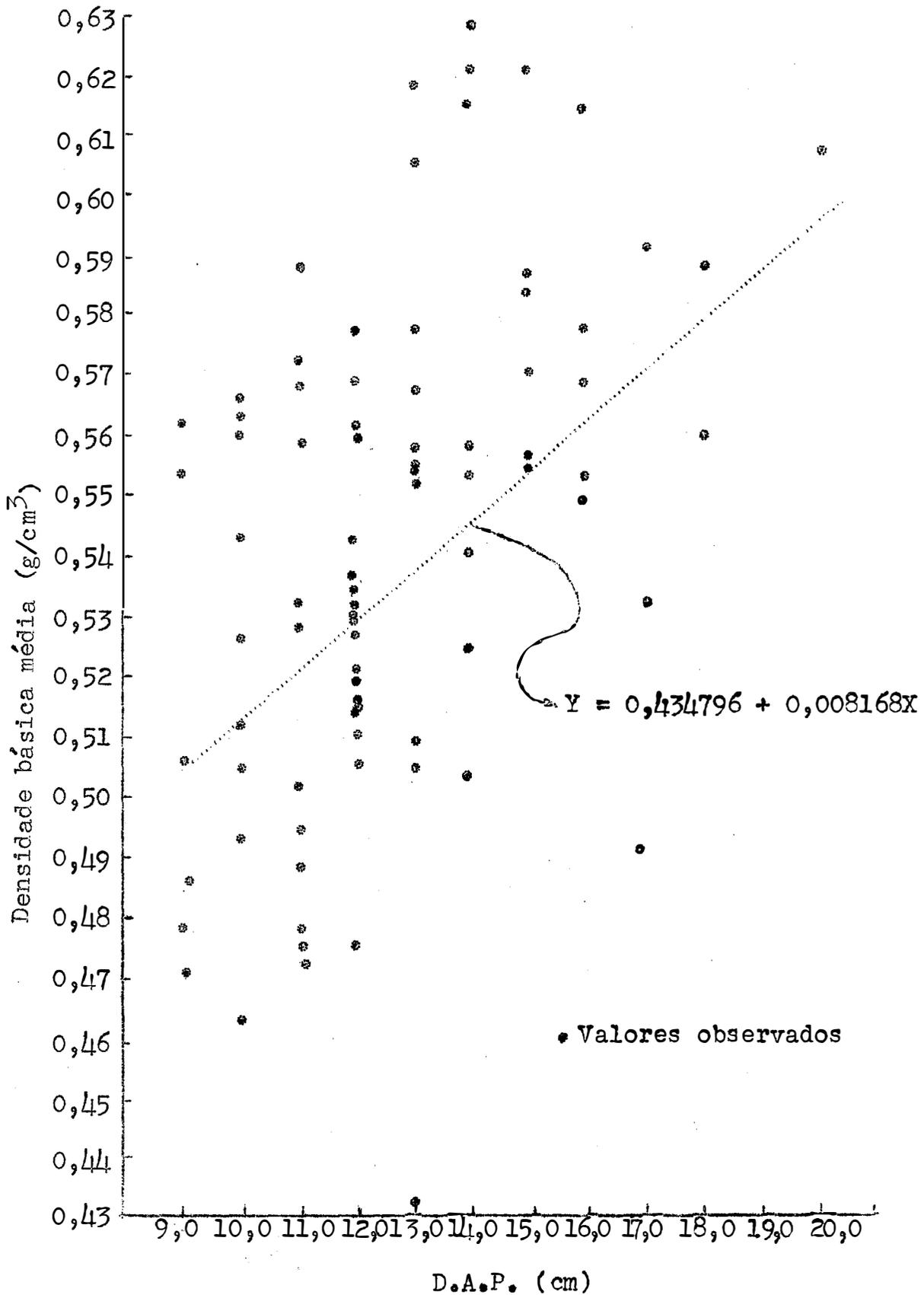


Fig. nº 5. Variação da densidade básica média da árvore em função do D.A.P. (cm). Eucalyptus saligna Smith (5-7 anos). Métodos: des_{tr}utivo e não destrutivo.

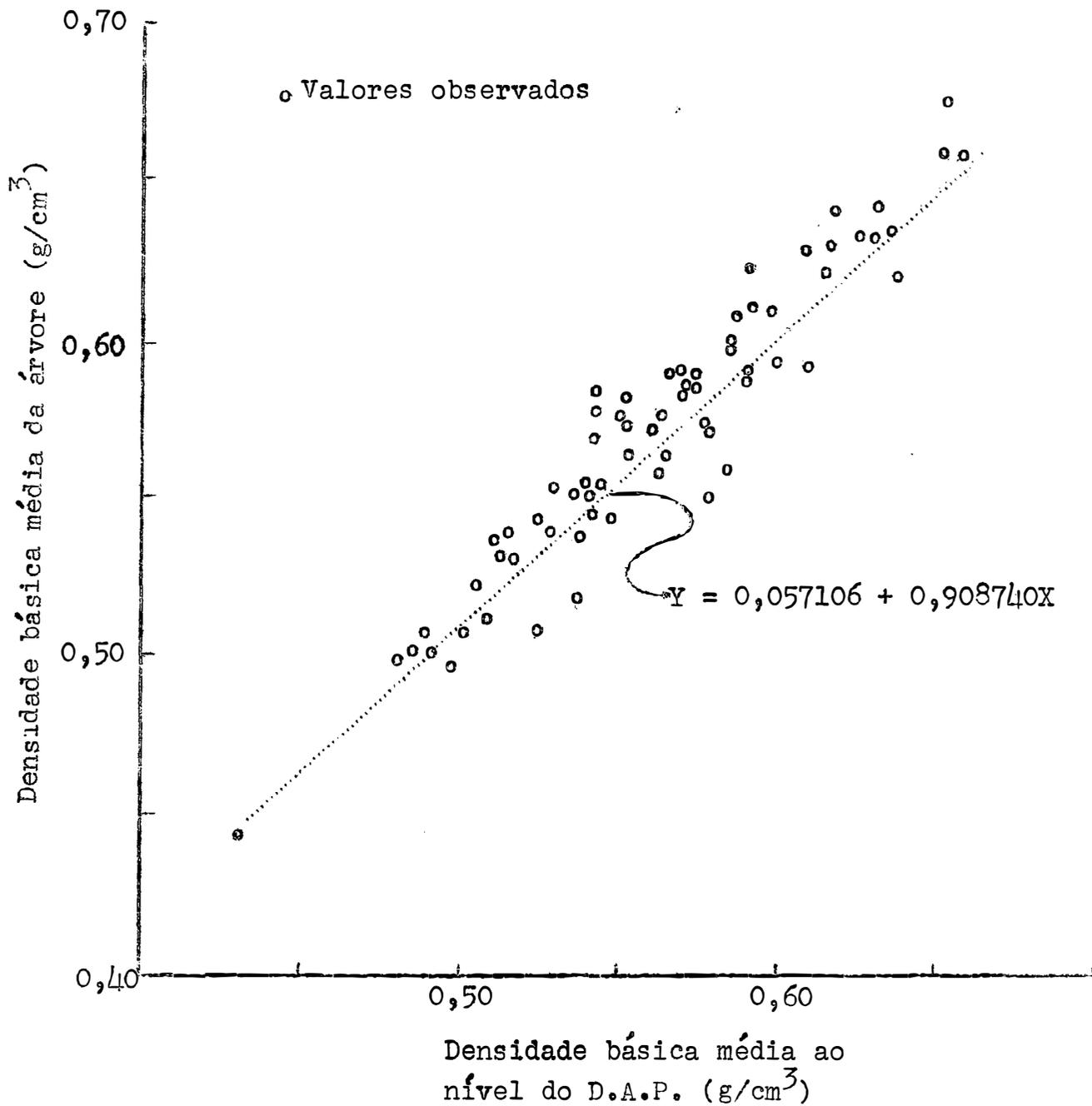


Fig. nº 6. Variação da densidade básica média da árvore em função da densidade básica média ao nível do D.A.P. Eucalyptus alba Reinw. (5-7 anos). Método destrutivo.

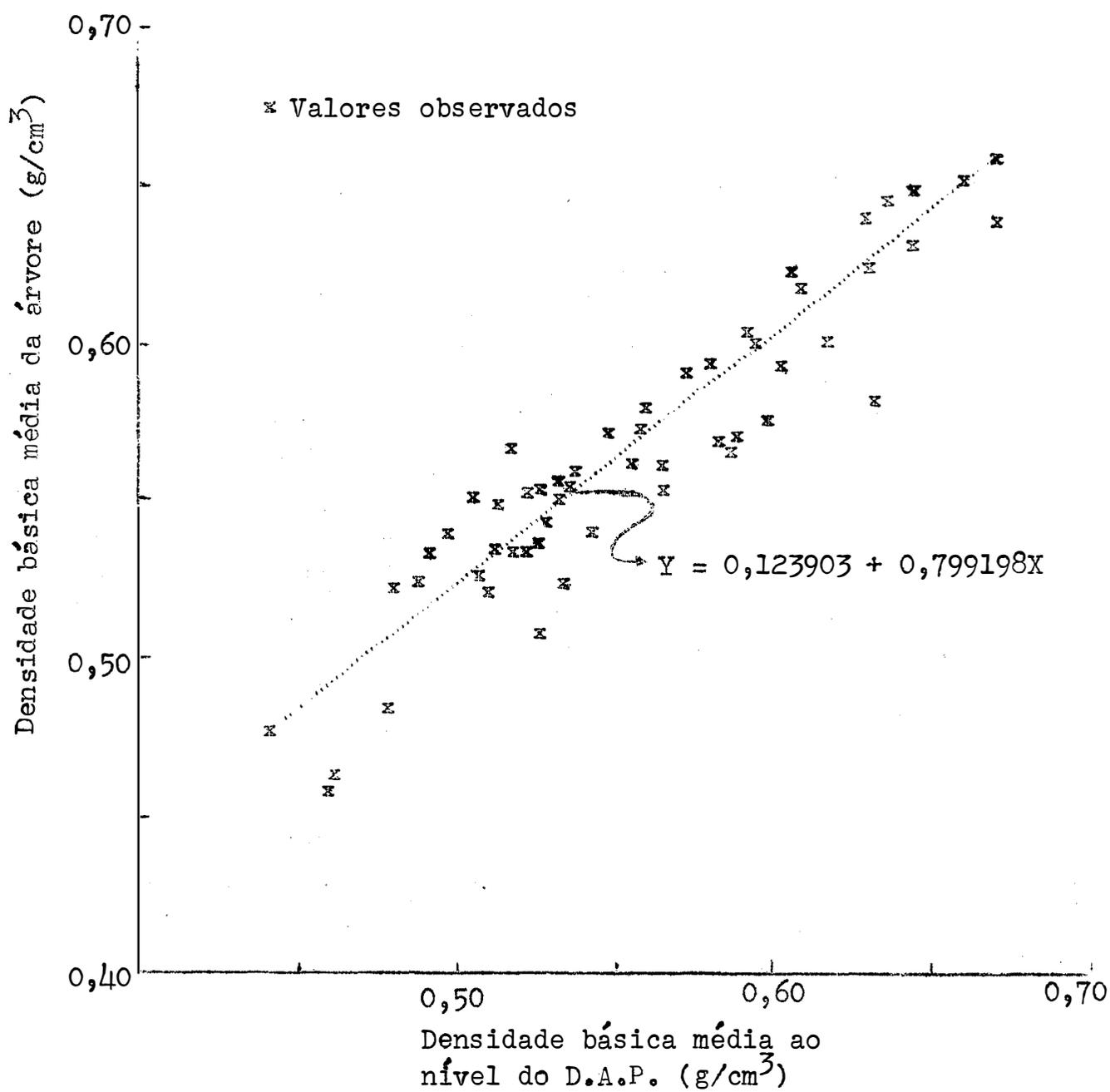


Fig. nº 7. Variação da densidade básica média da árvore em função da densidade básica média ao nível do D.A.P. Eucalyptus alba Reinw. (5-7 anos). Método não destrutivo.

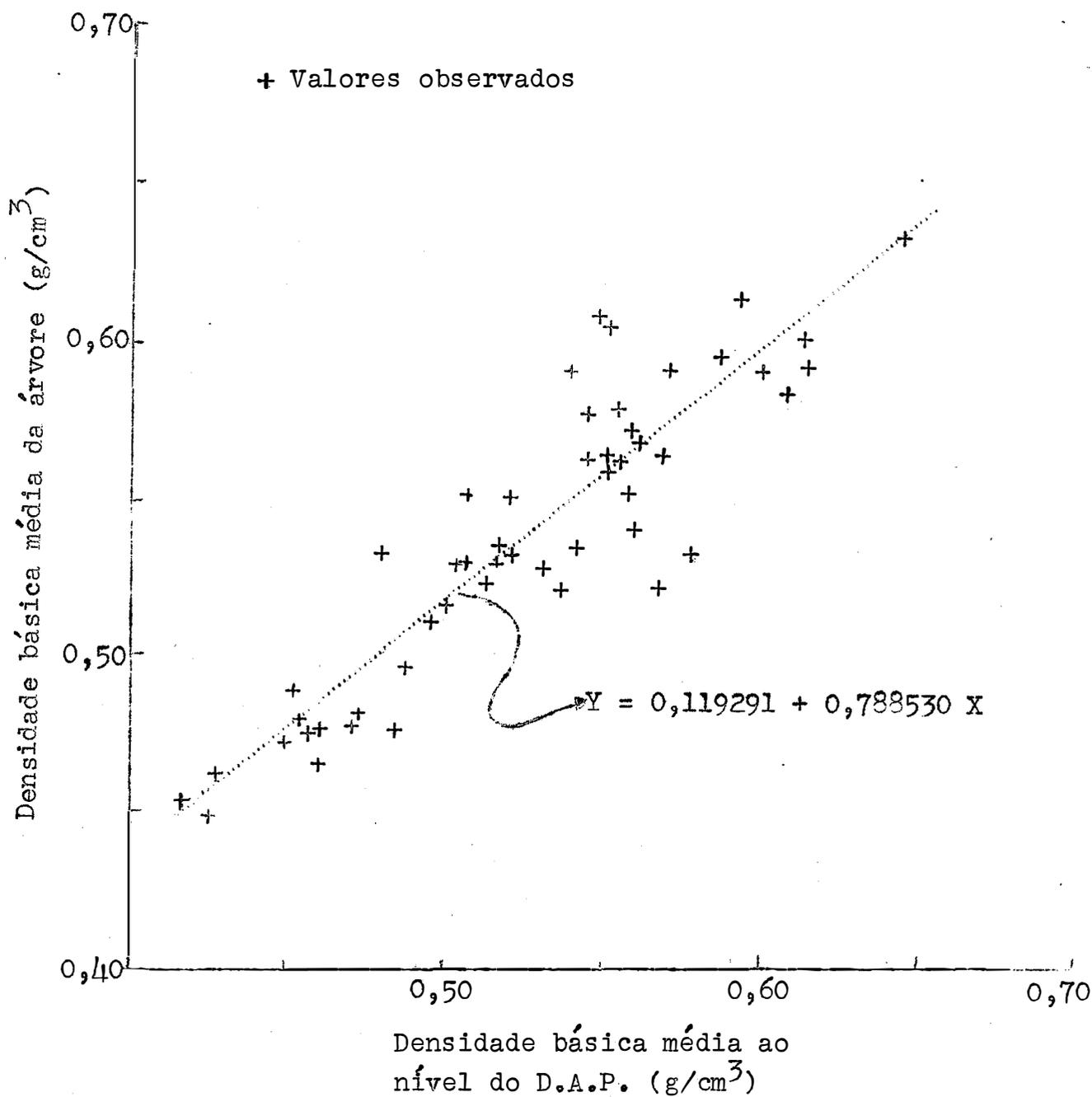


Fig. nº 8. Variação da densidade básica média da árvore em função da densidade básica média ao nível do D.A.P. Eucalyptus saligna Smith (5-7 anos). Método destrutivo.

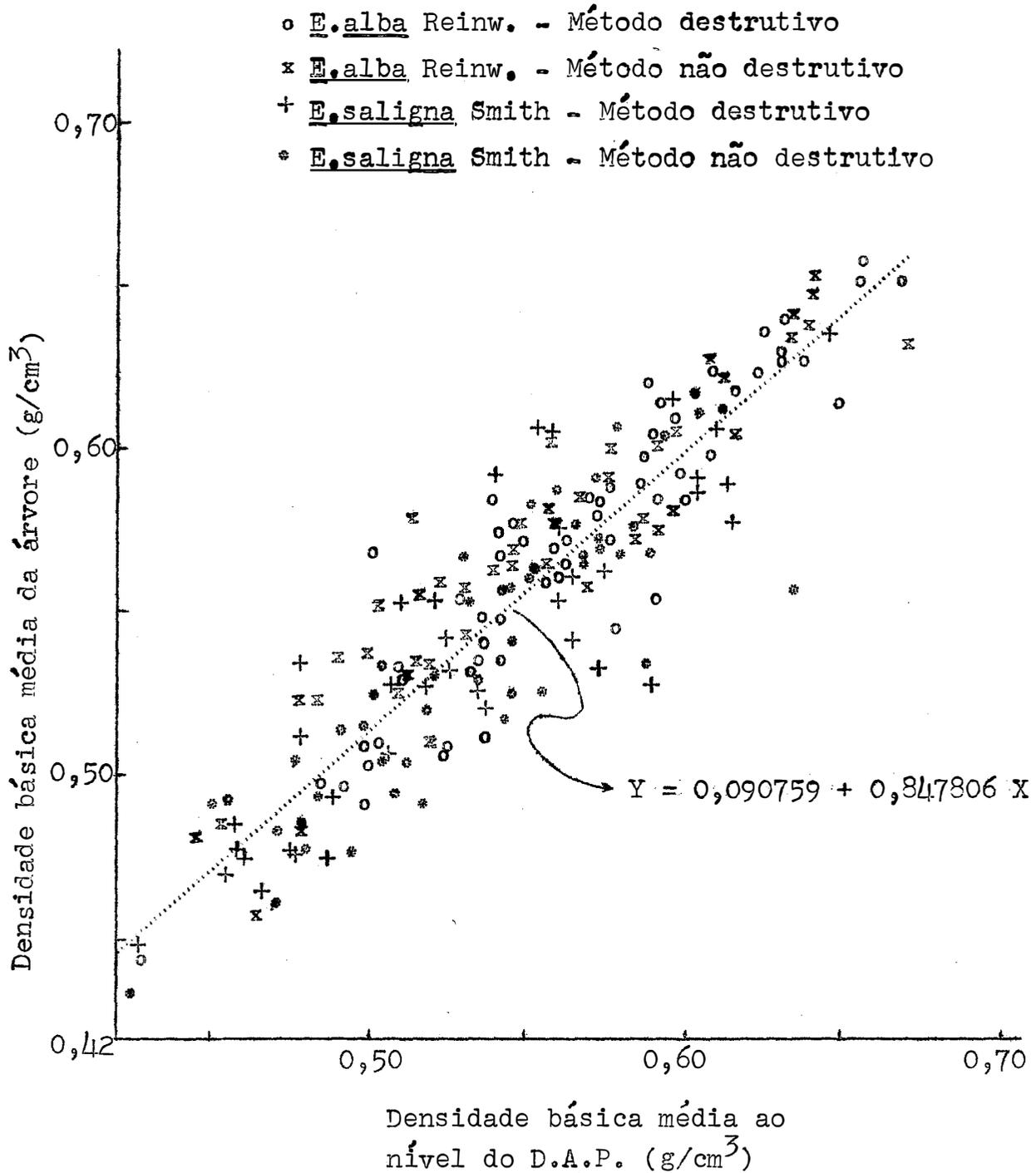


Fig. nº 10. Variação da densidade básica média da árvore em função da densidade básica média ao nível do D.A.P. Eucalyptus alba Reinw. e Eucalyptus saligna Smith (5-7 anos). Métodos: destrutivo e não destrutivo.