

# INFLUÊNCIA DA IDADE NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus saligna*

Paulo Fernando Trugilho\*  
José Tarcísio Lima\*  
Lourival Marin Mendes\*

**RESUMO** - Apesar do efeito da idade sobre as características da madeira ser bem conhecido, o seu grau de variação das propriedades físico-químicas e anatômicas não foi, ainda, bem estudado para o gênero *Eucalyptus*. O presente trabalho teve como objetivo principal verificar a influência da idade sobre as características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. A avaliação foi feita com material colhido aos 12, 24, 36 e 48 meses de idade, sendo analisadas três árvores-amostra em cada idade considerada. Os resultados obtidos demonstram que existe uma redução da taxa de incremento bem acentuada dos 36 para os 48 meses de idade para a densidade básica, o comprimento da fibra, o diâmetro do lúmen, o teor de cinzas, o de lignina, o de extrativos totais e o de holocelulose. Enquanto que a largura e a espessura da parede celular da fibra não apresentaram esta mesma tendência. Também, pode-se verificar que os componentes químicos estão sujeitos a variações em período de tempo inferior ao das características dimensionais das fibras, atingindo valores considerados normais já a partir dos 36 meses de idade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Idade, Características físico-químicas e anatômicas, Madeira, *Eucalyptus saligna*.

## INFLUENCE OF AGE ON THE PHYSICAL-CHEMICAL AND ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF THE WOOD OF *Eucalyptus saligna*

**ABSTRACT** - Although the effects of age on the physical, chemical and anatomical characteristics of wood are well known, the extent to which these properties vary for the genus *Eucalyptus* is poorly studied. The present contribution had as main goal to assess the influence of age on the physical, chemical and anatomical characteristics of the wood of *Eucalyptus saligna*. The analyses were carried out with material collected at 12, 24, 36 and 48 months of age, with three sample-trees per age. The results showed that from 36 to 48 months of age there is a substantial decrease in increment rate, fibre length, lumen diameter, and in amounts of ash, lignin, total extractives and holocellulose. This trend was not observed for fibre width and cell wall thickness. It could also be observed that the chemical components are liable to variations for shorter spans of time if compared to those of the fibre dimensional characteristics, reaching normal values as soon as 36 months of age.

**KEY-WORDS:** Age, Characteristics physical-chemical and anatomical, wood, *Eucalyptus saligna*

---

\* Professores do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras.

UFPA/DCF - Campus Universitário - Caixa Postal 37 - 37200.000 - Lavras/MG

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material heterogêneo, possuindo diferentes tipos de células, adaptadas a desempenharem funções específicas. As variações nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira são grandes entre espécies, embora dentro da mesma espécie elas também ocorram, em função principalmente da idade, fatores genéticos e ambientais. Dentro de uma mesma espécie, ocorrem variações significativas na altura do tronco e na direção da medula até a casca. Além disso, existem diferenças entre o cerne e o albúrnio, madeira de início e fim de estação de crescimento e, em escala microscópica, entre células individuais.

As madeiras variam de árvore para árvore, bem como dentro de troncos individuais. Segundo MALAN (1995) a variação no sentido radial é a mais importante. A extensão desta variação é, principalmente, determinada pela presença da madeira juvenil, sua proporção no tronco, suas características físico-químicas e anatômicas. Todavia, a elevação do gradiente de variação dentro da zona juvenil diminui com o passar do tempo. As variações que ocorrem durante o período juvenil estão relacionadas principalmente com as dimensões celulares, a organização da parede celular e as características físico-químicas da madeira.

De maneira geral, a madeira apresenta uma rápida elevação dos valores de densidade, comprimento de fibra, etc, da fase juvenil até atingirem a maturidade, onde os valores permanecem mais ou menos constantes. Na fase juvenil, a taxa de incorporação de biomassa é crescente, tendendo a se estabilizar, quando a árvore atinge a fase adulta. Essa taxa de variação da matéria seca sintetizada com a idade é chamada de ritmo de crescimento, e depende dos fatores genéticos, edáficos e climáticos.

Segundo JANKOWSKY (1979), o período de juvenilidade é variável, podendo ser superior a 10 anos em alguns *Eucalyptus* plantados na Austrália. De acordo com TOMAZELLO FILHO (1987) e MALAN (1995), em áreas de rápido crescimento, a madeira juvenil é de importância considerável, pois ela pode constituir uma grande proporção do tronco. Segundo KOGA (1988), o lenho juvenil é formado nos primeiros anos na região próxima da medula, sua duração é variável, podendo ocupar 85% do tronco em uma árvore de 15 anos, e cerca de 10% aos 30 anos. Algumas características da madeira juvenil são:

- a) mais xilanas e lignina;
- b) menos celulose e glucomanas;
- c) menor comprimento de fibra e vasos;
- d) menor diâmetro celular;
- e) paredes celulares mais finas;
- f) menor densidade básica;
- g) maiores ângulos fibrilares; e
- h) maiores proporções de fibras e menores proporções de vasos.

O efeito da idade sobre as características físico-químicas e anatômicas já é bem conhecido. Normalmente, a densidade tende a aumentar com a idade (VITAL et al., 1984), como consequência do aumento da espessura da parede celular e diminuição da

largura das células. O teor da lignina tende a diminuir, pois as espécies mais jovens tendem a possuir uma maior proporção de madeira juvenil, que é mais rica em lignina do que a madeira madura. Entretanto, o grau de variação das características físico-químicas e anatômicas não foi, ainda, bem elucidado para o gênero *Eucalyptus*.

Neste trabalho, foram avaliadas algumas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna* em quatro idades, sendo: aos 12, aos 24, aos 36 e aos 48 meses, estando, portanto, ainda, na fase juvenil.

Os objetivos do presente trabalho consistiram em avaliar: a) a variação entre as características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna* em quatro idades diferentes; b) a correlação entre as propriedades físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna* em quatro idades diferentes; c) a relação funcional entre as características físico-químicas e anatômicas, da madeira de *Eucalyptus saligna* com a idade.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Mirtaceae e conta com cerca de 600 espécies e grande número de variedades e híbridos.

O *Eucalyptus saligna* apresenta sua área natural na Austrália, ocupando uma faixa costeira extensa, porém descontínua e fragmentada, desde 36° S de latitude, ao sul de Sydney, NSW, até 21° S, ao oeste de Mackay, Queensland. Os povoamentos que, no Sul, ocorrem a partir do nível do mar, vão subindo gradativamente até atingir a região Norte, a mais de 1.000m de altitude. O clima da área é temperado (ao sul) e subtropical (ao norte), e o regime de distribuição de chuvas varia desde o tipo uniforme ao tipo periódico. A espécie não tolera temperaturas elevadas, nem condições de seca pronunciadas. Por isso, na região subtropical norte, os povoamentos naturais ocorrem apenas nas montanhas, em razão de não suportarem o clima quente e a seca dos locais de baixa altitude. No Brasil, as regiões onde se desenvolvem melhor estão localizadas nos Estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo (GONZAGA, 1983).

Segundo Shimoyama (1990), citado por GARCIA (1995), a densidade básica é uma quantificação direta do material lenhoso, por unidade de volume, estando relacionada com muitas propriedades e características tecnológicas importantes para a produção e a utilização dos produtos florestais. A densidade é uma das características mais importante entre as diversas propriedades físicas, pois afeta todas as demais propriedades da madeira.

A densidade básica é uma característica resultante da interação entre as propriedades químicas e anatômicas da madeira. Portanto, as variações na densidade são provocadas por diferenças nas dimensões celulares, das interações entre esses fatores e pela quantidade de componentes extratáveis presentes por unidade de volume (PANSIN e DeZEEUW, 1980). No gênero *Eucalyptus*, a densidade pode variar com a idade, com o vigor, com o local onde crescem, com a taxa de crescimento, e na mesma árvore varia no sentido base-topo e na distância medula-casca (FERREIRA, 1972 e SOUZA et al., 1979).

A variação longitudinal da densidade básica da madeira de eucalipto possui vários tipos de tendência. Em algumas espécies, a densidade tende a ser decrescente da base para o topo, em outras tende a ser crescente a partir do nível do DAP, podendo

ainda, em outras espécies, apresentar valores alternados com a tendência decrescente e crescente (BARRICHELO et al., 1983). A variação da densidade básica no sentido medula-casca, geralmente é crescente, isto é, aumenta gradativamente do cerne para o alborno (FOELKEL et al., 1983). Variações na densidade ao longo do tronco são menos consistentes do que aquelas na direção radial. A proporção de madeira juvenil na direção longitudinal do caule tende a aumentar. Como resultado imediato, a densidade diminui, isso freqüentemente ocorre em muitas espécies por causa da madeira juvenil.

A densidade básica da madeira é uma propriedade fácil de ser determinada e um excelente índice para a análise da viabilidade de seu emprego para diversas finalidades (PANSIN e DeZEENW, 1980).

As fibras são células peculiares das angiospermas, constituindo geralmente a maior porcentagem de seu lenho (20-80%), no qual normalmente desempenham a função de sustentação (BURGER e RICHTER, 1991). Especificamente, para o eucalipto, a porcentagem total de fibras (fibras libriformes + fibrotraqueídeos) é cerca de 65%, a de vasos é de 17%, e a de tecido parenquimatoso é de 18% (FOELKEL e BARRICHELO, 1975; BARRICHELO e BRITO, 1976).

O aumento do comprimento das fibras em função da idade, é resultado do aumento do comprimento das células que as originam, denominadas de iniciais fusiformes. A estabilização do comprimento das fibras, para inúmeras espécies de eucaliptos, somente irá ocorrer quando as células do câmbio atingirem comprimento máximo, iniciando a formação da madeira adulta (TOMAZELLO FILHO, 1987). Diferenças significativas, embora pequenas, foram encontradas no comprimento das fibras entre árvores, enquanto que diferenças na largura são pequenas e não significativas (MALAN, 1995).

A espessura da parede das fibras está intimamente relacionada com a densidade da madeira, e as variações na espessura da parede entre e dentro das árvores são similares ao padrão de variação da densidade (MALAN, 1995).

Vários trabalhos têm demonstrado a existência de relação entre a densidade básica da madeira de eucaliptos com os elementos anatômicos, como por exemplo os de BARRICHELO e BRITO (1976), OLIVEIRA (1988) e VITAL et al. (1994).

A composição química da madeira é complexa. Os tecidos das madeiras são constituídos de muitos componentes químicos que estão distribuídos desuniformemente, como resultado da estrutura anatômica. A maior parte da substância madeira é composta de materiais de alto peso molecular, e tem sido apropriadamente descrita como sendo um sistema interpenetrado de polímeros (BROWNING, 1963). Cada componente está presente em quantidades específicas e possui características bem definidas, que podem ser influenciadas pelas condições sob as quais a madeira está submetida.

A celulose é o principal componente da parede celular dos vegetais, e o mais abundante composto orgânico da natureza. Nos vegetais superiores aparece, principalmente, sob a forma de fibras, ao lado de outros componentes fundamentais e acidentais.

As hemiceluloses juntamente com a celulose formam a fração da madeira denominada holocelulose. São os principais polissacarídeos não-celulósicos da madeira, estando sempre associados à lignina e à celulose. Ocorrem ao longo de toda a parede celular desde a lamela média, até a camada S<sub>3</sub> da parede secundária. Entretanto, o seu teor é maior nas camadas S<sub>1</sub> e S<sub>3</sub> e menor em S<sub>2</sub>.

A lignina é um polímero de natureza aromática e tridimensional, com alto peso molecular, que tem como base estrutural unidades de fenil-propano ligadas a grupos metoxílicos e hidroxílicos, dependendo do tipo de madeira. Segundo SJÖSTRÖM (1993), as unidades de fenil-propano são mantidas juntas, tanto por ligações éter (C-O-C) como ligações carbono-carbono (C-C). A ligação éter é dominante, apresentando aproximadamente 2/3 ou mais das ligações da lignina, e o restante é do tipo carbono-carbono. Encontra-se intimamente associada aos carboidratos da madeira, não só através de entrelaçamento físico, mas também, através de ligações químicas (BARRICHELO e BRITO, 1985). A lignina se apresenta como o componente mais hidrofóbico da madeira, atuando como material cimentante ou adesivo entre as fibras (PETTERSEN, 1984) além de conferir dureza e rigidez à parede celular.

Segundo BARRICHELO e BRITO (1985), os extrativos são componentes acidentais que não fazem parte da estrutura química da parede celular. Incluem um elevado número de compostos, sendo que a maioria são solúveis em água quente, álcool, benzeno e outros solventes orgânicos neutros. Apresentam baixo ou médio peso molecular, exceto alguns, como por exemplo os taninos. De acordo com PETTERSEN (1984), a presença de alguns desses componentes influencia a resistência ao ataque de fungos e insetos, a coloração, o odor, a permeabilidade, a densidade e a dureza da madeira. Podem constituir até 8% do peso seco de madeiras normais de espécies de clima temperado, podendo chegar a até 20% em madeiras normais de espécies de clima tropical.

O conteúdo dos componentes minerais da madeira é normalmente pequeno, formado principalmente por óxidos minerais, tais como: óxidos de cálcio, de magnésio, de fósforo, de silício, de potássio, dentre outros. De acordo com TSOUMIS (1991), o conteúdo de cinzas raramente é menor que 0,2% ou maior que 1% do peso seco das madeiras. Especificamente para a madeira do gênero *Eucalyptus*, o teor de cinzas raramente chega a 1% do seu peso seco. A presença de alguns desses componentes, como o cálcio, o fósforo e o enxofre, em dosagens elevadas, são prejudiciais e até mesmo limitantes, para determinadas finalidades industriais.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se neste trabalho madeira de *Eucalyptus saligna* aos 12, 24, 36 e 48 meses de idade, proveniente de plantio experimental, com espaçamento de 3 x 1,5 m, da CAF FLORESTAL LTDA., localizada em Bom Despacho, MG. A altitude local é de 703 m e a precipitação média anual é de 1375 mm. O sítio é de topografia plana a ondulada, formada de latossolo vermelho escuro, com alto teor de argila, típica desta região subtropical. Foram abatidas 3 árvores-amostras em cada idade, obtendo-se um total de 12 árvores que foram usadas nas análises. Teve-se o cuidado de selecionar as árvores que apresentassem bom estado fitossanitário, e evitou-se o efeito da bordadura.

Após a derrubada das árvores-amostra, foram retirados discos de 2,5 cm de espessura na base, a 25%, a 50%, a 75% e a 100% da altura total da árvore. Todo material foi separado, identificado e armazenado por idade e por árvore.

Os discos foram subdivididos em quatro partes em forma de cunha, passando pela medula. A primeira foi destinada à determinação da densidade básica; a segunda foi destinada à análise química; a terceira foi destinada à análise das fibras; e a quarta

foi deixada de reserva para alguma necessidade posterior. A parte destinada às análises químicas foi cavaqueada e transformada em serragem por meio de um moinho tipo Whiley. A serragem foi passada nas peneiras de 40 mesh e 60 mesh, sendo utilizada a fração que ficou retida na peneira de 60 mesh. Este procedimento está de acordo com a Norma ABCP M1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL, 1974).

A densidade básica foi determinada de acordo com o método de imersão em água descrita por VITAL (1984).

Para a medição das fibras, produziu-se um macerado a partir de palitinhos da madeira, da parte dos discos destinadas para tal finalidade. Foi usado somente o disco da base de cada árvore, sendo extraída uma amostra central, em que foram cortados os palitinhos em toda extensão diametral. Os palitinhos de todos os discos da base das árvores-amostra foram então misturados, e dessa mistura foram tirados cerca de 20, aleatoriamente, que serviram à maceração. Esses palitinhos foram cobertos por uma solução composta de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio 60 volumes, na proporção de 5:1 e deixados em estufa a 40 °C durante 48 horas.

Após a maceração, providenciou-se a medição das dimensões de 40 fibras por árvore-amostra através da observação em um microscópio biológico provido de ocular micrométrica.

As análises químicas foram realizadas conforme as normas descritas no Quadro 1.

QUADRO 1 - Análise Química com as Respectivas Normas.

ANÁLISE	NORMA
TEOR DE EXTRATIVOS TOTAIS	ABCP M 3/69
TEOR DE CINZAS	ABCP M 11/77
TEOR DE LIGNINA (Klason)	ABCP M 10/71
TEOR DE HOLOCESULOSE	Obtido por diferença

Na avaliação do experimento foi adotado o modelo inteiramente casualizado com 4 tratamentos (idades) e três repetições (árvores-amostra).

#### 4. RESULTADOS

O Quadro 2 apresenta os valores médios das características analisadas.

QUADRO 2 - Valores Médios das Características Analisadas.

ID	DB	COMP	LARG	LUM	ESP	TCZ	TET	LIG	HOLO
12	0,375	0,647	14,730	7,373	3,677	0,703	5,237	27,043	68,517
24	0,436	0,800	16,230	7,980	4,127	0,534	4,527	26,087	69,983
36	0,500	0,883	16,900	8,210	4,343	0,276	3,960	24,320	72,371
48	0,518	0,920	16,960	7,980	4,810	0,224	3,683	24,487	72,476

ID = idade (meses), DB = densidade básica (g/cm<sup>3</sup>), COMP = comprimento da fibra (mm), LARG = largura da fibra (μm), LUM = diâmetro do lúmen (μm), ESP = espessura da parede da fibra (μm), TCZ = teor de cinzas (%), TET = teor de extrativos totais (%), LIG = teor de lignina (%), base a madeira livre de extrativos, HOLO = teor de holocelulose (%), base a madeira.

O Quadro 3 apresenta as correlações simples entre as características analisadas.

O Quadro 4 apresenta as equações ajustadas para cada característica analisada em função da idade, com os respectivos coeficientes de determinação e variação.

O Quadro 5 apresenta a relação funcional entre a densidade básica e as características dimensionais das fibras e a composição química da madeira.

Através das equações ajustadas (Quadro 4), foram elaboradas as Figuras 1, 2 e 3, para auxiliar a interpretação do fenômeno envolvido no estudo. Estas figuras mostram o comportamento das características analisadas em função da idade da árvore.

QUADRO 3 - Correlações Simples entre as Características Analisadas.

	DB	COMP	LARG	LUM	ESP	TCZ	TET	LIG	HOLO
DB	1,0	0,91*	0,77*	0,30ns	0,91*	-0,86*	-0,68*	0,87*	0,90*
COMP		1,0	0,92*	0,59*	0,89*	-0,86*	-0,77*	-0,84*	0,91*
LARG			1,0	0,78*	0,87*	-0,71*	-0,80*	-0,69*	0,80*
LUM				1,0	0,37ns	-0,30ns	-0,53ns	-0,39ns	0,48ns
ESP					1,0	-0,82*	-0,78*	-0,71*	0,82*
TCZ						1,0	0,84*	0,76*	-0,89*
TET							1,0	-0,55ns	-0,77*
LIG								1,0	-0,95*
HOLO									1,0

DB = densidade básica (g/cm<sup>3</sup>), COMP = comprimento da fibra (mm), LARG = largura da fibra (μm), LUM = diâmetro do lúmen (μm), ESP = espessura da parede da fibra (μm), TCZ = teor de cinzas (%), TET = teor de extrativos totais (%), LIG = teor de lignina (%), base a madeira livre de extrativos, HOLO = teor de holocelulose (%), base a madeira.

QUADRO 4 - Equações Ajustadas para cada Característica Avaliada em Função da Idade com os Respetivos Coeficientes de Determinação (r<sup>2</sup>) e Variação (CV)

EQUAÇÕES	r <sup>2</sup>	CV (%)
$Y_1 = 0,3343 + 0,00410I$	87,81**	4,91

$\hat{Y}_2 = 0,5867 + 0,00753I$	85,82**	5,53
$\hat{Y}_3 = 14,0500 + 0,07722I$	67,34**	4,83
$\hat{Y}_4 = 7,3733 + 0,01708I$	11,85ns	8,68
$\hat{Y}_5 = 3,3350 + 0,03014I$	89,97**	3,49
$\hat{Y}_6 = 0,8582 - 0,01413I$	83,30**	21,41
$\hat{Y}_7 = 5,6583 - 0,04356I$	57,77**	12,58
$\hat{Y}_8 = 27,8433 - 0,07864I$	64,14**	3,39
$\hat{Y}_9 = 67,2702 + 0,11888I$	79,25**	1,26

$\hat{Y}_1, \hat{Y}_2, \hat{Y}_3, \hat{Y}_4, \hat{Y}_5, \hat{Y}_6, \hat{Y}_7, \hat{Y}_8$  e  $\hat{Y}_9$  são as estimativas da densidade básica, do comprimento, da largura, do diâmetro do lúmen e da espessura da parede da fibra, do teor de cinzas, de extrativos totais, de lignina e de holocelulose, respectivamente; I é a idade, dada em meses.

\*\*, ns - significativo e não significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

QUADRO 5 - Relação Funcional entre a Densidade Básica e as Características Dimensionais das Fibras e a Composição Química da Madeira

EQUAÇÕES	R <sup>2</sup>	CV (%)
$\hat{Y} = 0,0587882 + 0,490517X_1$	82,99**	5,80
$\hat{Y} = -0,130988 + 0,597795X_2$	59,77**	8,92
$\hat{Y} = -0,074986 + 0,125572X_3$	83,16**	5,77
$\hat{Y} = 0,196339 + 0,678859X_1 - 0,0177543X_2$	85,34**	5,68
$\hat{Y} = -0,034496 + 0,256629X_1 + 0,0668336X_3$	87,68**	5,20
$\hat{Y} = -0,050891 - 0,004222X_2 + 0,136472X_3$	83,36**	6,05
$\hat{Y} = 0,147762 + 0,472702X_1 - 0,0273227X_2 + 0,0879143X_3$	92,77**	4,23
$\hat{Y} = -1,62642 + 0,0294163X_4$	80,61**	6,19
$\hat{Y} = 1,44227 - 0,0386491X_5$	72,76**	7,00
$\hat{Y} = 0,683094 - 0,051879X_6$	40,79ns	10,32
$\hat{Y} = -1,18044 + 0,0252574X_4 - 0,0059398X_5$	80,77**	6,50
$\hat{Y} = -1,70301 + 0,3032286X_4 + 0,002750X_6$	80,66**	6,52
$\hat{Y} = 1,35749 - 0,031534X_5 - 0,022185X_6$	81,13**	6,44
$\hat{Y} = 1,91573 - 0,005546X_4 - 0,037234X_5 - 0,026807X_6$	81,14**	6,83

$\hat{Y}$  é a estimativa da densidade básica,  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  e  $X_6$  são o comprimento, a largura e a espessura da parede da fibra, o teor de holocelulose, de lignina e de extrativos totais, respectivamente.

\*\*, ns - significativo e não significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.



## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Pelo Quadro 2 pode-se observar que o diâmetro do lúmen da fibra e o teor de extrativos totais foram as características que apresentaram o menor grau de variação. Aparentemente estas características foram pouco afetadas pela idade da árvore. Entretanto, WEHR (1991), estudando as alterações nas características da madeira de *Eucalyptus grandis* em diversas idades, encontrou teores médios de extrativos totais variando de 4,1 a 8,5% e verificou que esta ampla variação possui uma correlação positiva com a idade da árvore. Este fato está relacionado com as mudanças provocadas pelo processo de cernificação da madeira, no qual os extrativos, principalmente os polifenólicos, são lançados no cerne.

Pelo Quadro 3 pode-se verificar que as correlações foram, na maioria dos casos, significativas, o que demonstra o alto grau de interrelação entre as características estudadas. Vários trabalhos foram realizados nesse sentido, obtendo-se resultados semelhantes, como o de OLIVEIRA (1988).

A densidade básica apresentou, de modo geral, elevados e significativos coeficientes de correlação com as características dimensionais das fibras, exceto para o diâmetro do lúmen, que foi baixo e não significativo. A densidade básica apresentou ainda, coeficientes de correlação negativos e significativos com o teor de extrativos totais e lignina, e positivo com o teor de holocelulose. Este resultado demonstra que a

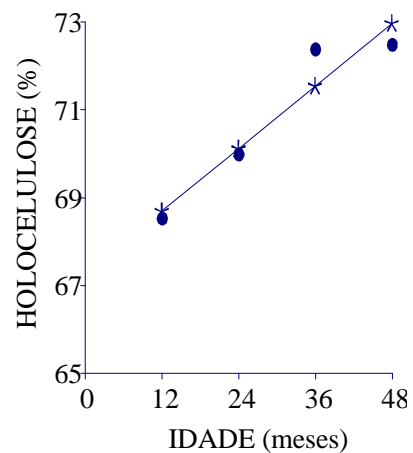
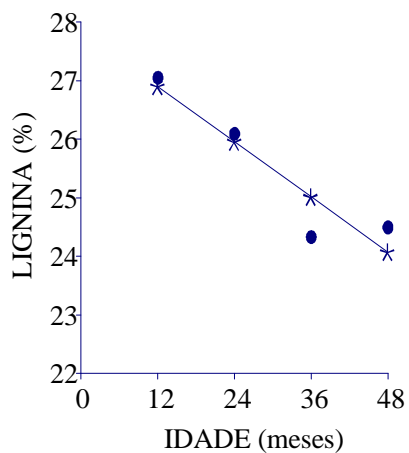
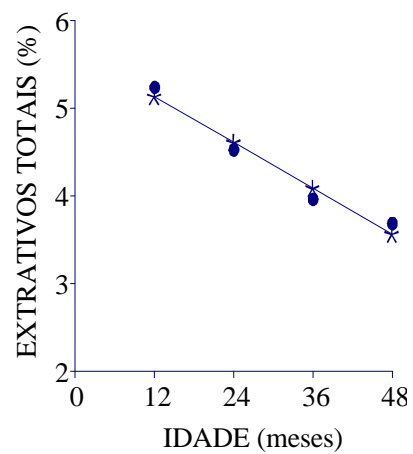
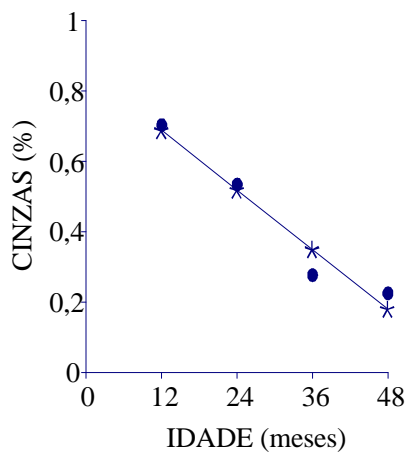


FIGURA 1 - Relação Funcional entre o Comprimento, a Largura, a Espessura da Parede e o Diâmetro do Lúmen da Fibra com a Idade da Madeira de *Eucalyptus saligna*.

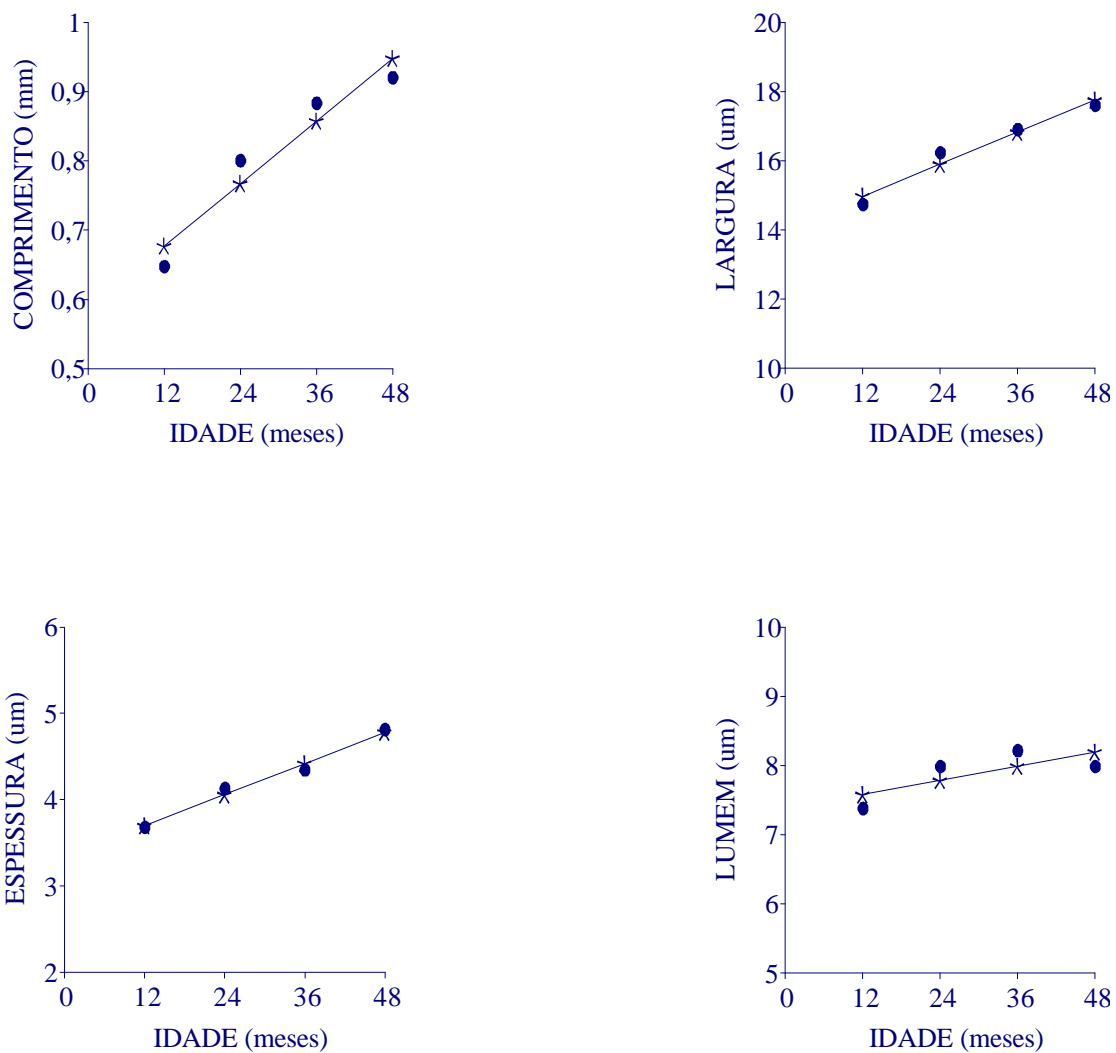


FIGURA 2 - Relação Funcional entre o Teor de Cinzas, de Extrativos Totais, de Lignina e de Holocelulose com a Idade da Madeira de *Eucalyptus saligna*.

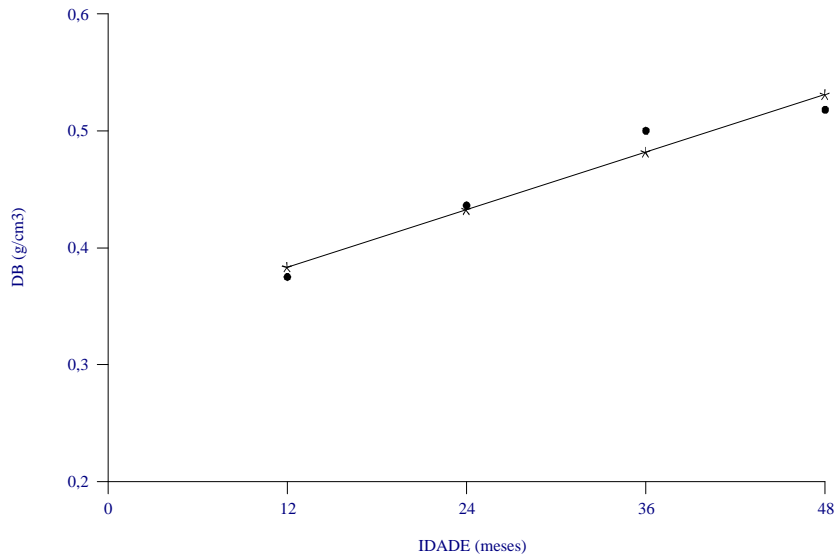


FIGURA 3 - Relação Funcional entre a Densidade básica e a Idade da madeira de *Eucalyptus saligna*.

densidade básica está intimamente relacionada com a composição química da madeira, e que, dentre os componentes químicos, os carboidratos são os principais responsáveis pela sua variação.

O teor de lignina apresentou correlação negativa com a densidade básica e teor de holocelulose, indicando que, quanto menor for o teor de lignina, maior será o teor de holocelulose e, conseqüentemente, maior será a densidade básica da madeira. Este resultado sugere que as madeiras mais densas possuam menores quantidades de lignina.

O lúmem celular somente apresentou correlação significativa com o comprimento e a largura da fibra, o que era esperado, uma vez que ele é determinado em função dessas duas variáveis.

Pelo Quadro 3 pode-se observar que as regressões foram significativas, exceto para característica lúmem celular. Este fato demonstra que a idade é um fator muito relevante para a análise da madeira, principalmente nas menores idades. Podem-se notar, ainda, os altos coeficientes de determinação e baixos coeficientes de variação, o que indica a boa qualidade do ajuste das equações.

Pelo Quadro 4 observa-se que somente a relação funcional entre a densidade básica e o teor de extrativos totais foi não significativa. Este fato sugere que, apesar da densidade básica sofrer influência de alguns tipos de extrativos, especialmente daqueles de elevado peso molecular, não é indicado tentar estimar a densidade básica levando-se em consideração a informação contida somente na quantidade de extrativos totais da madeira. Pode-se, ainda, observar que as características que mais influenciaram a estimativa da densidade básica foram o comprimento e a espessura da parede da fibra e os teores de holocelulose e de lignina da madeira. Também, observou-se que a inclusão de mais variáveis independentes no modelo linear, tanto

para as características químicas quanto para as dimensionais das fibras da madeira, não contribui de forma significativa para a melhoria no ajuste, o que faz do modelo linear simples o mais indicado para a estimativa da densidade básica da madeira.

As Figuras 1, 2 e 3 mostram a tendência dos ajustes para as características físico-químicas e anatômicas da madeira apresentados no Quadro 3. Pela Figura 1 pode-se observar que há uma tendência de estabilização ou redução da taxa de incremento no valor do comprimento e diâmetro do lúmen da fibra, para as maiores idades, enquanto que a largura e a espessura da parede da fibra não indicaram essa mesma tendência, sugerindo que estas duas dimensões continuam, ainda, a se modificar com a idade da árvore. A estabilização no valor do diâmetro do lúmen está relacionado com a variação proporcional que ocorre na largura e na espessura da parede celular da fibra. Estas duas características variaram de forma proporcional, refletindo diretamente na estabilização dimensional do diâmetro do lúmen celular.

Pela Figura 2 observa-se que existe, também, uma tendência de estabilização nos valores do teor de cinzas, extrativos totais, lignina e holocelulose, com o aumento da idade. Este fato está relacionado com o início da formação da madeira adulta, e que a elevação do gradiente de variação dentro da zona juvenil tende a diminuir com o passar do tempo. Isso demonstra que as características químicas da madeira estão sujeitas a grandes variações iniciais na madeira juvenil, tendendo a valores mais estáveis, na madeira adulta. Também, pode-se verificar que os componentes químicos estão sujeitos a variações em período de tempo inferior ao das características dimensionais das fibras, atingindo valores considerados normais já a partir dos 36 meses de idade. Este fato indica que a composição química da madeira não deve ser usada para se determinar o período de transição entre a fase juvenil e a adulta.

Pela Figura 3 pode-se verificar que existe uma tendência de redução da taxa de incremento da densidade básica com a idade. Isso pode ser explicado perfeitamente, pois apesar das células estarem, ainda, aumentando a espessura de suas paredes e, conseqüentemente, aumentando a largura das fibras, outras dimensões como comprimento e diâmetro do lúmen, que possuem tendência semelhante à densidade básica, contribuem para a ocorrência desse fenômeno. Também, pelo fato dos teores de lignina e de holocelulose tenderem à estabilização (Figura 1).

Apesar de existir uma tendência de estabilização na variação das dimensões das fibras e nas características químicas e, também, pelo fato do material ser ainda muito jovem, deve-se continuar a avaliação dessa espécie em idades mais avançadas, para verificar o real grau de variação nas características físico-químicas e anatômicas da madeira. A identificação da idade onde ocorre a estabilização dessas variáveis e, conseqüentemente, o momento exato onde a madeira passa definitivamente para o estado adulto, é importante para vários segmentos do setor florestal, tais como a tecnologia da madeira e o melhoramento, por exemplo.

## 6. LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL/ABTCP, *Normas técnicas*. São Paulo, ABTCP, 1974.

- BARRICHELO, L.E.G. & BRITO, J.O. *A madeira das espécies de eucalipto como matéria prima para a indústria de celulose e papel*. Brasília/DF, PRODEPEF, 1976. 145p. (Série de Divulgação n° 13).
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O.; MIGLIORINI, A.J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. In: *Silvicultura*. Anais do 4° Congresso Florestal Brasileiro. São Paulo/SP, 8(28):726-731, fev., 1983.
- BARRICHELO, L.E.G. & BRITO, J.O. *Química da madeira*. Piracicaba, SP, ESALQ, 1985. 125p.
- BROWNING, B.L. The Chemistry of wood. New York, John Wiley & Sons, 1963. 689p.
- BURGER, L.M. & RICHTER, H.G. *Anatomia da madeira*. São Paulo/SP, Nobel S/A, 1991. 154p.
- FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de povoamentos comerciais de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden nas idades de 11, 12, 13, 14 e 16 anos. Piracicaba/SP, *IPEF*, (4):65-89, 1972.
- FOELKEL, C.E.B.; BUSNARDO, C.A.; DIAS, C. SCHMIDT, C.; SILVA, R.M.R. da.; VESZ, J.B.V. Variabilidade radial da madeira de *Eucalyptus saligna*. In: *Silvicultura*. Anais do 4° Congresso Florestal Brasileiro. São Paulo/SP, 8(28): 726-731, fev., 1983.
- FOELKEL, C.E.B. & BARRICHELO, L.E.G. Avaliação das madeiras para produção de celulose através de suas características estruturais: uma referência especial para o gênero *Eucalyptus*. Seminário de Integração Floresta-Indústria, Piracicaba/SP, *IPEF*, p. 5-33, 1975.
- GARCIA, C.B. *Anatomia, composição e propriedades de cinco madeiras Paraguaias*. Viçosa, UFV, 1995. 126p. (Tese M.S.).
- GONZAGA, J.V. *Qualidade da madeira e da celulose Kraft de treze espécies de Eucalyptus*. Viçosa/MG, UFV, 1983. 119p. (Tese M.S.).
- JANKOWSKY, I.P. Madeira Juvenil: formação e aproveitamento industrial. *IPEF*, São Paulo/SP, 1979. 18p. (Circular Técnica n° 81).
- KOGA, M.E.T. Matérias-primas fibrosas. In: PHILIPP, P. & D'ALMEIDA, M.L.O. *Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica*. IPT, São Paulo, 2ª ed., 1988. p. 15-44.
- MALLAN, F.A. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: **SEMINARIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO**

- PARA SERRARIA*, São Paulo, IPEF/IPT, Anais ..., São Paulo, IPEF/IPT, 05-06, abr., 1995. p.1-19.
- OLIVEIRA, E. de. *Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira e do carvão de Eucalyptus grandis* (W. Hill ex-Maiden). Viçosa/MG, UFV, 1988. 47p. (Tese M.S.).
- PANSHIN, A.J. & DeZEEUW, C. *Textbook of wood technology*. 3<sup>a</sup> ed., New York, McGraw Hill, 1980. 722p.
- PETTERSEN, R.C. The chemical composition of wood. In: ROWELL, R.(ed). *The chemistry of solid wood*. Washington, American Chemical Society, 1984. p.54-126.
- SJÖSTRÖM, E. *Wood chemistry: fundamentals and applications*. New York, Academic Press, Inc., 2<sup>a</sup> ed., 1993. 293p.
- SOUZA, A.P.; DELLA LUCIA, R.M.; RESENDE, G.C. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell, cultivado na região de Dionísio, MG. *Revista Árvore*, 3(1):16-27, 1979.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenoides*. *IPEF*, Piracicaba, (36):35-42, 1987.
- TSOUMIS, G. *Science and technology of wood: structure, properties, utilization*. New York, Van Nostrand Reinold, 1991. 494 p.
- VITAL, B.R. *Métodos de determinação da densidade da madeira Viçosa*. MG, SIF, 1984. 21p. (Boletim Técnico, 1).
- VITAL, B.R.; ALMEIDA, J. de.; VALENTE, O.F.; PIRES, I.E. Características de crescimento das árvores e de qualidade da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* para a produção de carvão vegetal. *IPEF*, Piracicaba, (47):22-28, 1994.
- VITAL, B.R.; PEREIRA, A.R.; DELLA LUCIA, R.M.; ANDRADE, D.C. de. *Efeito da idade da árvore na densidade da madeira de Eucalyptus grandis cultivado da região do cerrado de Minas Gerais*. Brasília/DF, IBDF, ag., 1984. p.41-52.
- WEHR, T.R. *Variação nas características da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e suas influências na qualidade de cavacos em cozimentos Kraft*. Piracicaba, ESALQ/USP, 1991. 84p. (Tese M.S.).