

ANÁLISE DA DENSIDADE DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* Engelm. POR MEIO DE RADIAÇÃO GAMA DE ACORDO COM AS DIREÇÕES ESTRUTURAIIS (LONGITUDINAL E RADIAL) E A IDADE DE CRESCIMENTO

Gilmara Pires de Moura Palermo¹
João Vicente de Figueiredo Latorraca¹
Marcos Antônio de Rezende²
Alexandre Miguel do Nascimento¹
Elias Taylor Durgante Severo²
Heber dos Santos Abreu¹

RESUMO

A melhor utilização da madeira depende de suas propriedades químicas, físicas e anatômicas. Diversos fatores bióticos e abióticos podem interferir em maior ou menor magnitude nas propriedades da mesma e conseqüentemente, em sua qualidade. Esta pesquisa teve como objetivo o estudo da variação da densidade da madeira, visando obter subsídios face sua melhor aplicação. O material empregado, constituiu-se de amostras de madeira de 12 árvores de *Pinus elliottii* com diferentes idades de crescimento. Os Resultados obtidos mostraram haver variação da densidade nos sentidos longitudinal e radial e em função da idade de crescimento. A densidade aumentou da medula para a casca e com a idade de crescimento e diminuiu da base para o topo. Baseado nesta variação, foi possível distinguir regiões onde os valores de densidades são praticamente idênticos e regiões onde eles diferem entre si, permitindo assim, classificar a madeira em termos de densidade e sugerir seu melhor emprego.

Palavras-chaves: *Pinus elliottii*, densidade da madeira, radiação gama

ABSTRACT

WOOD DENSITY ANALYSIS OF *Pinus elliottii* Engelm. BY GAMMA RADIATION ACCORDING TO STRUCTURAL DIRECTIONS (LONGITUDINAL AND RADIAL) AND THE GROWTH AGE

The adequated wood utilization depends on chemistry, physical and anatomical properties. Several biotic and abiotic factors can interfere, in higher or lower degree, in its properties and in its quality. This research had the objective to study the density variation, aiming to obtain knowledge towards its better application. The used wood samples were obtained from twelve *Pinus elliottii* trees of different growth ages. The

¹ Departamento de Produtos Florestais /IF/UFRRJ/ gilpalermo@ufrj.br, latorraca@ufrj.br

² UNESP/Botucatu/SP

Recebido para publicação em 2003.

results showed density variation in the longitudinal and radial direction and in function of the growth age. The density increased from pith to bark and with the growth age and decreased from bottom to upwards. Based on this variation, it was possible to distinguish regions where the density values are practically similar and regions where they differ, allowing thus, to classify the woods in terms of density and proposing its better application.

Key words: *Pinus elliottii*, wood density, gamma radiation

INTRODUÇÃO

Devido à sua boa correlação com as características celulares, a densidade é uma ferramenta bastante utilizada na avaliação da qualidade da madeira (Brasil & Ferreira, 1979; Fonseca & Lousada, 1986; Hughes, 1968; Klock, 1989 e 2000; Lousada et al. 1994; Lousada 2000; entre outros).

Uma árvore em crescimento está sujeita a diversos fatores bióticos e abióticos (luz, umidade, fertilidade e competição) que determinam variações na dimensão das células (diâmetro, comprimento e espessura da parede celular), na proporção de lenho inicial e tardio, nas diferentes proporções de volume de vasos e parênquima e conseqüentemente, no arranjo dos elementos anatômicos.

Spurr & Hyvarinen (1954) destacaram que variações na densidade da madeira, entre e dentro de indivíduos da mesma espécie, se devem ao resultado diferenciado no volume de poros e na presença de extrativos. No entanto, para eles, não existe um padrão definido para essas variações dentro de uma árvore, mas sim uma idéia aproximada de sua tendência geral ao longo do fuste, no sentido medula-casca e com a idade.

Panshin & De Zeeuw (1980) descreveram três modos de variação da densidade da madeira ao longo do fuste:

- 1) Decréscimo uniforme da densidade com o aumento da altura do fuste;
- 2) Decréscimo na parte inferior do tronco, seguido de acréscimo regular nos níveis superiores do tronco;
- 3) Variação da densidade positiva em direção ao topo da árvore, porém não uniforme.

De acordo com estes critérios os autores verificaram que em espécies de *Araucaria*, *Callitris*, *Larix* e *Pseudotsuga*, bem como em cerca de 2/3 das espécies

de *Pinus* e na maioria das espécies de *Abies*, a densidade da madeira decresce com a altura.

Segundo os mesmo autores, já a densidade da madeira no sentido medula-casca apresenta as seguintes variações:

- 1) Pode aumentar de forma linear;
- 2) É alta na medula, decrescendo até determinada altura em direção a casca e depois aumentando novamente. Neste caso a densidade da madeira próxima a casca pode ser muito alta ou muito baixa, quando comparada a densidade próxima a medula;
- 3) É alta próxima a medula quando comparada próxima a casca, porém, pode decrescer em um ou outro ponto em uma linha reta ou em uma curva.

Para melhor utilização da madeira, deve-se conhecer os efeitos da idade sobre as propriedades da madeira, pois a natureza das células é fortemente influenciada pela idade real do tecido cambial. Baseado neste contexto, Cown (1980) verificou que a proporção de lenho tardio e o tamanho do comprimento dos traqueídeos eram maiores em árvores de *Pinus radiata* com idade mais avançada. Resultados similares foram descritos por Hannrup & Ekberg (1998) e Barrichello et al. (1975) para comprimento dos traqueídeos e densidade da madeira em árvores de *Pinus sylvestris* e para densidade da madeira em *Pinus elliottii*, com 6, 9 e 12 anos de idade, respectivamente.

Bendtsen & Senft (1986) verificaram que todas as propriedades mecânicas e anatômicas avaliadas no estudo de *Pinus taeda* L. e *Populus deltoides* Bartr. mostraram tendência de aumento tanto com a idade, com exceção da madeira de reação em ambas as espécies, bem como a largura dos anéis de crescimento em *P. deltoides*. Os resultados das propriedades da madeira mostraram-se baixos ou muito baixos próximo a medula, aumentando até uma determinada idade e depois se estabilizaram ou

MATERIAL E MÉTODOS

apresentaram apenas um aumento gradual.

Baseado nestas observações, este trabalho teve como objetivo estudar a variação da densidade da madeira ao longo do fuste, no sentido medula-casca e em função da idade em árvores de *Pinus elliottii*, a fim de utilizá-la como uma ferramenta adicional para os estudos de qualidade da madeira.

O material para o estudo constitui-se de doze árvores de *Pinus elliottii* Engelm., com diferentes idades, que foram selecionadas no Campo Experimental de Itapetininga, pertencente ao Instituto Florestal de São Paulo. A tabela 1 apresenta os dados dendrométricos das espécimes em questão.

Tabela 1. Dados dendrométricos das árvores coletadas.
Table 1. Dendrometric data of collected trees.

t	Árvore			Árvore		t
	t	t	t	t	t	
3	1	13	3	13	3	3
	3	13	3	13	3	
	3	13	3	13	3	
13	3	3	13	3	3	1
	3	3	13	3	3	
	3	3	13	3	3	
3	3	3	13	3	3	3
	3	3	13	3	3	
	3	3	13	3	3	
3	13	3	3	3	3	3
	11	3	3	3	3	
	13	3	13	3	3	

Obs.: DAP (Diâmetro à altura do peito, sem casca - 1,30m do solo) e H (altura comercial).
*Dados obtidos no momento de colheita da madeira

Determinação da Densidade Aparente a 12%

Das árvores abatidas foram retirados amostra em discos de aproximadamente 5 cm de espessura, de acordo com altura comercial: da base, a 25% da altura comercial, a 50% da altura comercial, a 75% da altura comercial, a 100% da altura comercial e ao nível do DAP (1,30 m do solo).

Posteriormente, esses discos foram seccionados ao meio e uma das partes utilizadas para realização das seguintes análises: determinação da variação da densidade da madeira em função da idade e determinação da variação da densidade da madeira no sentido longitudinal (base-topo) e radial (medula-casca).

As amostras destinadas para determinação da densidade aparente a 12% foram aplainadas e lixadas até adquirirem uma espessura uniforme em

torno de 2,0 cm. Posteriormente, obteve-se seu raio médio, sobre o qual foi traçado uma linha, onde efetuou-se a leitura da densidade pelo método de radiação gama. A determinação da densidade no sentido medula-casca foi realizada apenas para os discos da base.

Para determinação da densidade foi utilizado um aparelho de detecção da radiação gama, pertencente ao Laboratório de Física e Biofísica da UNESP- Botucatu, cuja metodologia foi descrita por Ferraz (1976), Coutinho & Ferraz (1988), Rezende et al. (1998 e 2000) e Palermo (2003).

A análise de variância ao nível de 5% foi aplicada para se determinar a significância estatística da densidade no sentido base-topo e em função da idade. Porém, todas as vezes em que a hipótese da nulidade foi rejeitada aplicou-se o teste de Tukey a nível de 95%.

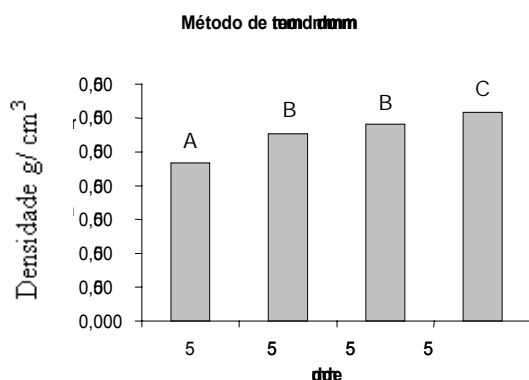
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Varição da Densidade em Função da Idade

O comportamento da densidade em função da idade é demonstrado na figura 1.

De acordo com a análise de variância existe diferença significativa, entre a densidade a 12%, em função da idade das árvores. No entanto, após aplicação do teste de Tukey, para comparação entre médias, verificou-se que a densidade das árvores com 15 e 25 anos eram iguais estatisticamente e se diferiam das árvores com 8 e 35 anos de idade.

O menor valor de densidade encontrado para as árvores de 8 anos pode ser explicado pelo fato de que nesta idade, as árvores estudadas apresentam apenas lenho juvenil. O lenho juvenil por apresentar maior proporção de lenho inicial, apresenta células com paredes delgadas, comprimento menor, lumens maiores, influenciando deste modo, na diminuição da densidade. Portanto, este resultado coaduna aos encontrados por Bethel (1940), Cown (1992), Corson (1991) e Zobel & Sprague (1998).



Nota: Letras iguais denota igualdade estatística ao nível de 5%.

Figura 1. Densidade média a 12% (g/cm³), obtidas através do método de atenuação da radiação gama, para as idades de 8, 15, 25 e 35 anos.

Figure 1. Average density of 12% of moisture content (g/cm³), obtained by of gamma ray attenuation method, second the 8, 15, 25, 35 years old.

As densidades muito próximas detectadas entre as árvores de 15 e 25 anos de idade, podem ser explicadas com base nos resultados da idade de transição entre o lenho juvenil e adulto. É que apesar do lenho adulto já estar presente nas árvores com idade de 25 anos, sua proporção ainda foi bem pequena e influenciou muito pouco a densidade nestas árvores.

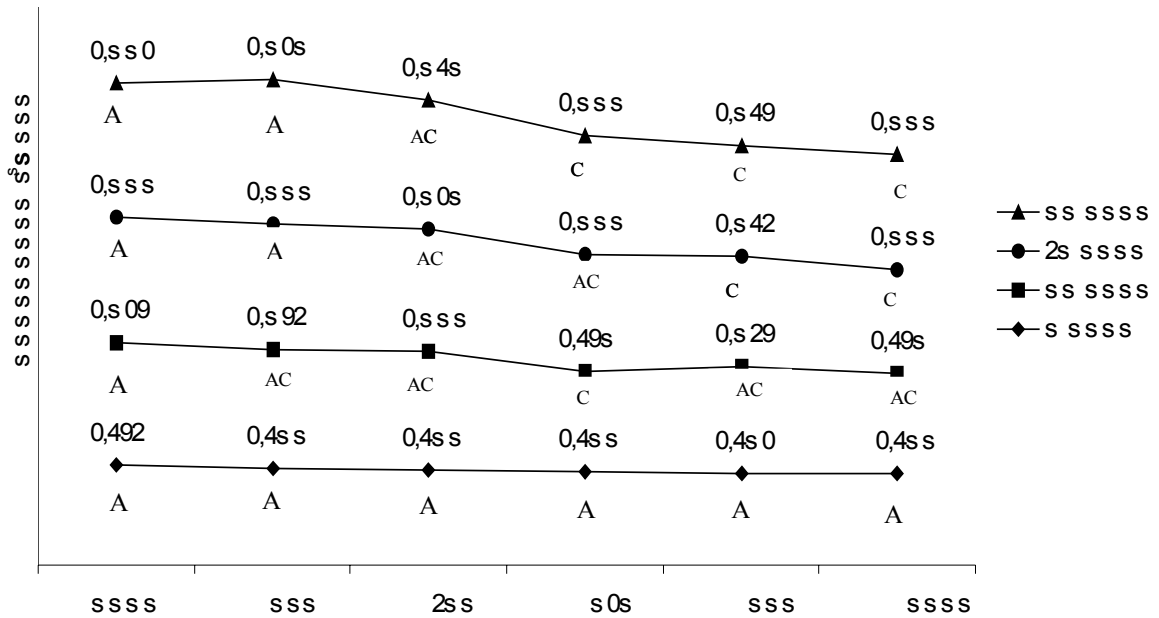
Por possuírem diferentes diâmetros, mas densidades idênticas, as árvores com 15 e 25 anos podem ser agrupadas em uma mesma classe de uso e utilizadas para a confecção de um mesmo produto.

No entanto, o maior valor de densidade encontrado para as árvores de 35 anos, pode ser explicado com base na formação do lenho adulto, ou seja, a medida que se processa o crescimento, a maturação cambial é alcançada e as árvores passam a produzir células com paredes mais espessas, lumens menores e maior comprimento, aumentando desta forma, a densidade da madeira. Outra explicação é o fato de que, as árvores nesta idade apresentaram maior proporção de lenho tardio.

As árvores com 35 anos de idade por apresentarem maior densidade, podem ser destinadas à produção de produtos mais nobres, como móveis, esquadrias e laminados. No entanto, não se deve esquecer que os valores de densidade no sentido longitudinal e radial tendem a variar, o que permite separar ainda mais essa madeira em diferentes classes de uso. Assim, a madeira localizada próximo à medula e no topo da árvore poderia ser destinada para a fabricação de polpa e papel ou para a produção de um carvão vegetal com um menor poder calorífico.

Varição Longitudinal da Densidade

Os resultados apresentados na figura 2 mostram que a densidade da madeira de *Pinus elliottii*, diminuiu no sentido longitudinal. Essa tendência está de acordo com observações descritas por Barrichello et al. (1983) e por Panshin & De Zeeuw (1970), para o gênero *Pinus* sp.. Entretanto, algumas árvores apresentaram resultados diferentes, mostrando pontos de elevação de densidade na região do DAP e a 75% da altura comercial.



Nota: Letras iguais denotam igualdade estatística.

Figura 2. Densidade média ponderada obtida pelo método de atenuação da radiação gama em diferentes alturas de árvores com 8, 15, 25 e 35 anos de idade.

Figure 2. Pondering average of density obtained by gamma ray attenuation method at different height from trees of 8, 15, 25, 35 years old.

A densidade da madeira de *Pinus elliottii* normalmente segue o modelo de decréscimo ao longo do tronco, entretanto, observou-se nas madeiras estudadas um aumento da mesma na região do DAP e a 75% da altura comercial.

Uma explicação para o aumento a 75% da altura comercial, pode estar relacionado com a copa, pois na região de inserção dos ramos, ocorrem alterações na estrutura anatômica da madeira, provocando aumento da densidade. A formação de lenho de reação ou outros fatores como ação do vento na copa da árvore, também podem influenciar o comportamento da densidade ao longo do tronco e entre árvores (Brasil, 1972 e Albino & Tomazelo Filho, 1985, Vale et al., 1999).

A diminuição da densidade, que ocorreu a 50% da altura comercial, para as árvores com 15 anos, como observada na figura 2, pode estar relacionada com a porcentagem de lenho inicial e tardio, como

também, com a presença de lenho de reação nas posições anteriores e posteriores, conforme descrito acima. Após, observação visual e quantificação da porcentagem de lenho inicial e tardio, verificou-se que os discos, nesta região apresentavam maior proporção de lenho inicial quando comparado ao lenho tardio.

É importante ressaltar que diversas características relacionadas ao crescimento e ao seu fenótipo, tais como: tortuosidade do tronco e formação da copa e ramos; incidência de agentes externos, como ventos, atuando de um dos lados do tronco, estímulo da atividade cambial, ocasionada pelos hormônios de crescimento em uma das faces do tronco oposta a inclinação, aumentam a densidade na região onde elas ocorrem e podem acarretar a formação de diferentes tipos de lenho ao longo do tronco da árvore.

De acordo com as análises de variância

realizadas existe decréscimo da densidade a 12%, com a altura, exceto, em árvores com 8 anos de idade. A aplicação do teste de Tukey, para a comparação entre as médias de densidade, permitiu observar em que níveis da altura ocorreram as diferenças.

Para as árvores com 8 anos idade, observou-se, que a densidade 12%, não apresentou diferença significativa com relação a altura do tronco, aceitando dessa forma, a hipótese de igualdade estatística entre as mesmas (Figura 2).

A não significância das diferenças na densidade da madeira em relação a altura, para as árvores de 8 anos de idade, explica-se pelo fato das mesmas apresentarem maior proporção de lenho inicial e possuir em sua estrutura apenas lenho juvenil.

Pelos valores de densidade encontrados ao longo do fuste para essas árvores, a madeira poderia ser indicada para produção de polpa e papel, cavacos, chapas de fibras e aglomerados e produção de lenha e energia. Estes resultados corroboram com a classificação de usos da madeira de acordo com o diâmetro comercial, no qual madeiras com diâmetro de 7 a 15 cm, são destinadas à essas finalidades.

Para as árvores com 15 anos de idade, o maior valor de densidade a 12%, encontrado na posição da base é diferente estatisticamente do valor encontrado a 50% e vice e versa. Os demais valores encontrados nas outras posições não diferem estatisticamente (Figura 2).

Para as árvores com 25 anos de idade, o maior valor de densidade a 12%, encontrados na posição do DAP e da base, difere dos valores encontrados a 75% e 100% da altura comercial. As densidades a 25% e 50% da altura comercial, foram diferentes estatisticamente daquelas encontradas a 100% da altura comercial. As densidades a 75% se diferiram estatisticamente da base e do DAP e as densidades a 100% apresentaram diferenças em relação aos valores encontrados na base, DAP, 25% e 50% da altura comercial (Figura 2).

Para as árvores com 35 anos de idade, o maior valor de densidade a 12% encontrado no DAP apresentou diferenças estatística em relação aos valores encontrados a 50%, 75% e 100% da altura comercial. O valor encontrado na base difere dos valores encontrados a 75% e 100%. A densidade a

50% apresenta diferenças estatísticas apenas em relação ao DAP e as densidades a 75% e 100% diferem estatisticamente da base e do DAP (Figura 2).

Nesta idade, nota-se que a partir dos 25% da altura comercial, não existe diferenças significativas da densidade, podendo reunir a madeira a 25%, 50%, 75% e 100% em uma só classe de uso.

Varição Radial da Densidade

As árvores com 8 e 15 anos, representadas nas figuras 3 e 4, apresentaram aumento da densidade no sentido medula-casca. No entanto, as árvores 3, 4 e 5 mostraram um pico de alta densidade próximo a medula.

As árvores com 25 e 35 anos, apresentaram o mesmo comportamento em relação ao aumento da densidade no sentido medula-casca e picos de alta densidade próximos a medula nas árvores 7, 8, 10-12 (Figuras 5 e 6).

Segundo Uprichard (1971) e Rezende et. al (2000), os aumentos de densidade próximo a medula podem ser relativos à presença de elevados teores de extrativos (bolsões de resina) encontrados nos primeiros anéis de crescimento para espécies do gênero *Pinus* sp.. Provavelmente, em *Pinus elliottii*, este resultado pode ser decorrente do enriquecimento da região com extrativos por meio de canais resiníferos radiais, já que as árvores utilizadas tinham passado pelo processo de resinagem, exceto as árvores com 8 anos de idade.

Os bolsões de resina destacam-se na madeira por sua coloração mais escura, como pode ser observado com bastante nitidez nas árvores 4, 5, 7, 8 e 11.

A análise das figuras de 3 a 6, revelam que cada árvore apresenta uma seqüência de picos de alta e baixa densidade, proporcionada pela existência dos anéis de crescimento, sendo que o pico de baixa densidade corresponde ao lenho inicial e o pico de alta densidade ao lenho tardio.

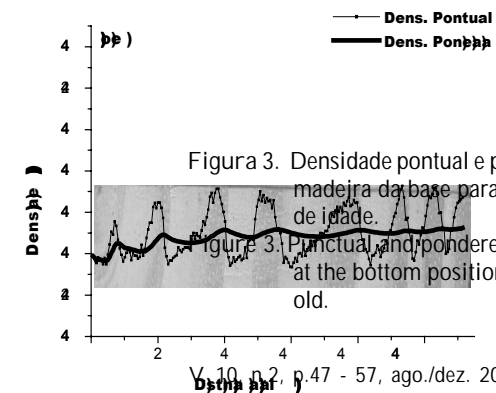
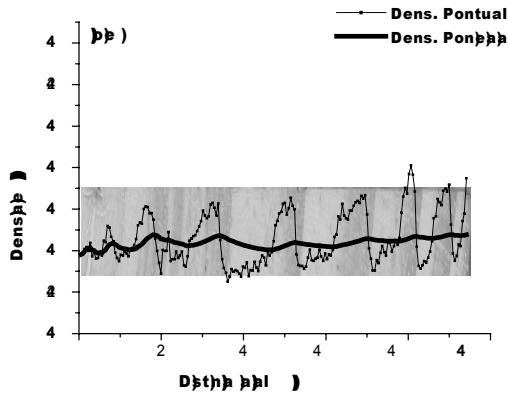
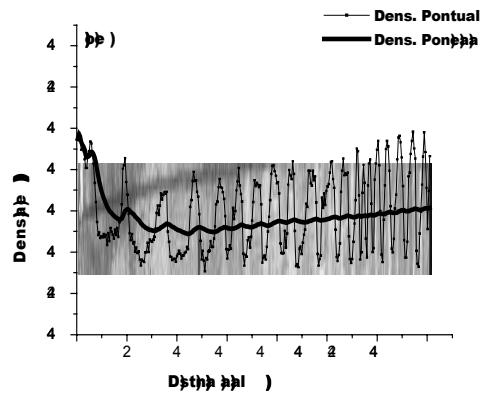
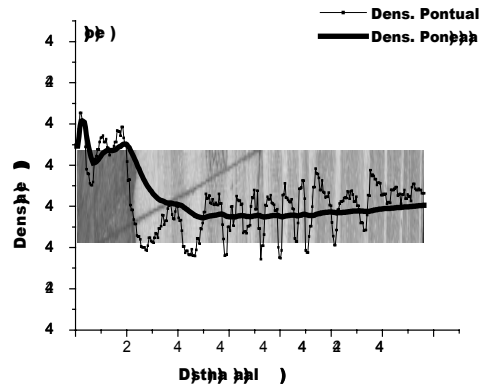
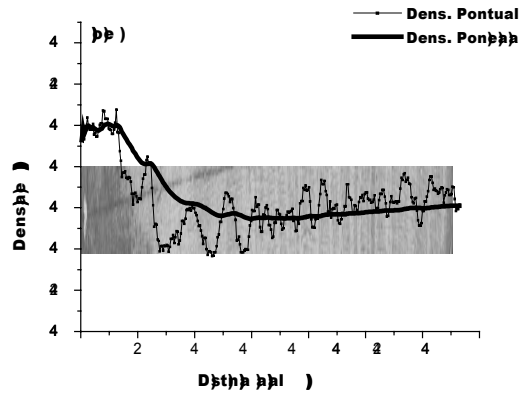


Figura 3. Densidade pontual e ponderada dos discos de madeira da base para as árvores com 8 anos de idade.

Figure 3. Punctual and pondered density of wood disc at the bottom position of the trees of 8 years old.

Figura 4. Densidade pontual e ponderada dos discos de madeira da base para as árvores com 15 anos de idade.

Figure 4. Punctual and pondered density of wood disc at the bottom position of the trees of 15 years old.

A explicação para a diminuição da densidade no lenho inicial e aumento da mesma no lenho tardio, consiste no fato da espécie apresentar grande sensibilidade as variações climáticas e fatores do meio, expressada na formação de diferentes tipos de lenhos. Por exemplo, o lenho formado no início do período vegetativo apresenta traqueídeos com paredes celulares delgada e lumens grandes, enquanto que o lenho tardio, possui traqueídeos com paredes celulares espessas e lumens menores, promovendo a diminuição e aumento da densidade nestas zonas de crescimento, respectivamente.

As árvores 8 e 11, com 25 e 35 anos de idade, respectivamente, representadas nas figuras 5 e 6, não demonstraram definição dos picos de baixa e alta densidade nos últimos anéis de crescimento. Com base na análise visual dos discos de madeira nesta posição, verificou-se que os últimos anéis estão bem próximos um dos outros, e que o lenho inicial é bem estreito quando comparado ao lenho tardio, o que sugere que a densidade entre esses dois lenhos pode vir a ser parecidas, dificultando assim, a determinação do pico de alta densidade.

Este resultado coaduna a opinião de Brown et al., (1949). Segundo os autores, apesar de geralmente o lenho tardio apresentar traqueídeos mais curtos, paredes espessas, menor diâmetro de célula e ser mais denso, muitas das vezes, ele pode apresentar a mesma densidade do lenho inicial. Isso, ocorre por dois motivos: As faixas de lenho tardio são mais estreitas que a do lenho inicial ou os traqueídeos do lenho tardio não apresentam paredes tão espessas quando comparados ao lenho inicial.

Ainda na árvore 8, com 25 anos de idade, observa-se uma queda pronunciada da densidade próximo a casca, que está relacionada a presença de resquícios de casca. Como a casca apresenta uma baixa densidade, ocorreu uma menor absorção da radiação gama e conseqüentemente uma diminuição da densidade.

Baseado nos valores de densidade pontual, observa-se que as árvores com 8 anos de idade apresentaram uma variação gradativa da densidade no sentido medula-casca, com valores de densidades muito próximos, tornando inviável a separação da madeira em diferentes regiões, de acordo com as classes de usos.

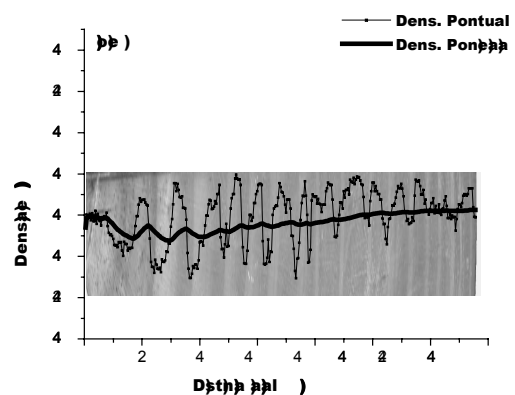
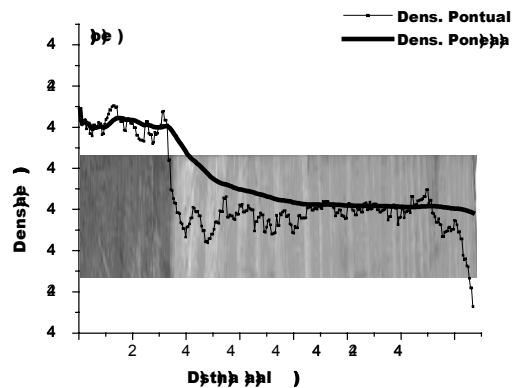
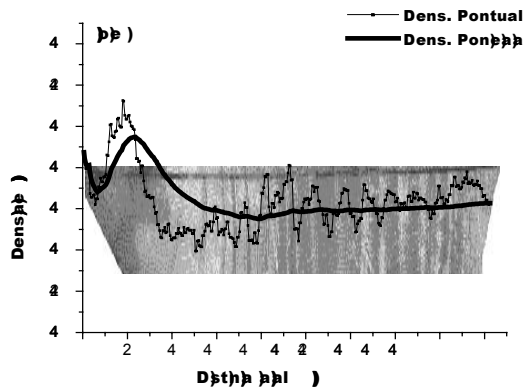


Figura 5. Densidade pontual e ponderada dos discos de madeira da base para as árvores com 25 anos de idade.

Figure 5. Punctual and pondered density of wood disc at the bottom position of the trees of 25 years old.

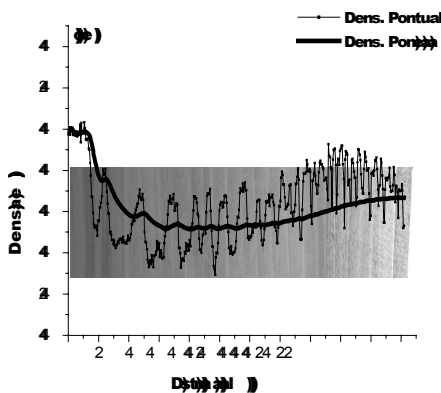
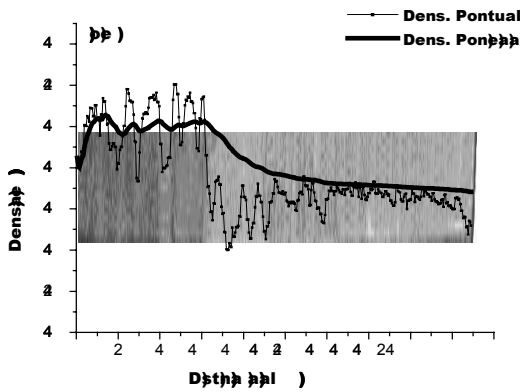
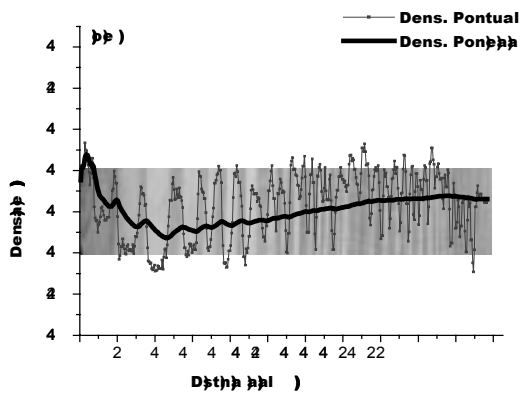


Figura 6. Densidade pontual e ponderada dos discos de madeira da base para as árvores com 35 anos de idade.

Figure 6. Punctual and pondered density of wood disc at the bottom position of the trees of 35 years old.

Na idade de 35 anos, a separação da madeira no sentido medula-casca em classes de uso, pode tomar como base a idade de transição entre o lenho juvenil e adulto, obtendo assim duas regiões. A região interior, denominada de lenho juvenil, apresenta características peculiares para a produção de polpa e papel, cavacos e chapas de fibras. A região da periferia, próximo a casca, denominada de lenho adulto, apresenta características favoráveis para a produção de laminados, serraria e móveis.

CONCLUSÕES

Na atual conjuntura de mercado, a qualidade de produtos madeireiros tornou-se uma exigência primordial para indústrias que querem competir com preço e qualidade. Desta forma, a caracterização de madeiras por parâmetros de avaliação de qualidade, tal como densidade, tornou-se uma ferramenta de grande valor para qualificação em classes de usos.

Os resultados indicaram que as árvores de 8 anos de idade possuem densidade média em torno de 0,467 g/cm³, com uma variação de densidade não significativa ao longo do fuste e no sentido medula-casca. Isto sugere a indicação de árvores com esta faixa etária para indústrias de polpa e papel.

Com base nos valores de densidade média no sentido base-topo e medula-casca, bem como no comprimento dos traqueídeos, as árvores a partir dos 15 anos apresentaram características que favorecem a melhoria de qualidade, levando sugerir-las para confecção de produtos como marcos, estruturas, dormentes, colunas, pontes, móveis e outros que requerem um aumento de resistência mecânica.

Partindo do pressuposto que o aumento da densidade tende a aumentar a resistência da madeira, a melhoria na qualidade para madeiras destinadas a uso mais nobres, tal como confecção de móveis, deve ocorrer a partir dos 25 anos de idade para a espécie estudada.

A homogeneidade do lenho em classes de uso, otimiza a produção, influencia na qualidade e nas tarefas de usinagem da madeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, J. C.; TOMAZELO FILHO, M. Variação da densidade básica da madeira e produtividade de *Eucalyptus* spp., Planaltina: EMBRAPA – CPAC. Boletim de Pesquisa, V. 26, 43p., 1985.
- BARRICHELLO, L. E. G.; FOELKEL, C. E. B.; TAMEZAWA, J.; BRITO, J. O. Variação da densidade básica e composição química de madeira de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* em função da idade. Artigo Técnico - ABCP, p. 110-112, 1975.
- BARRICHELLO, L. E. G.; BRITO, J. O.; MIGLIORINI, A. J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp.. In Anais: do 4º Congresso Brasileiro de Silvicultura. São Paulo, V. 8, n. 28, p. 726-731, 1983.
- BENDTSEN, B. A.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation grown eastern cottonwood and loblolly pine. *Wood and Fiber Science*, V. 18, n. 11, p. 23-38, 1986.
- BETHEL, J. S. Loblolly pine pulping qualities. *Pap. Ind. Pap. World*, V.7, p. 358-359, 1940.
- BRASIL, M. A. M. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus propinqua* Deane ex Maiden em função do local e do espaçamento. 1972. 74 f. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz –USP, Piracicaba, São Paulo.
- BRASIL, M. A. M. & FERREIRA, M. Características das fibras de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos 3 anos de idade. IPEF, Piracicaba V. 19, p. 80-97, 1979.
- BROWN, H. P.; PANSHIN, A. J.; FORSAITH, C. C.. *Textbook of wood technology*. Vol. I. Structure, identification, defects, and uses of the commercial woods of the United States, 1949. 652 p.
- CORSON, S. R. Wood characteristics influence pine TMP quality. *Tappi*, V. 74, n. 11, p. 135-146, 1991.
- COUTINHO, A. R.; FERRAZ, E. S. B. Determinação da densidade do carvão vegetal por atenuação da radiação gama. IPEF, V. 39, p. 17-20, 1988.
- COWN, D. J. Radiata Pine: Woodage and wood property concepts. *N. Z. J. For. Sc.* V. 10, n. 3, p. 504-507, 1980.
- COWN, D. J. Corewood (juvenile wood) in *Pinus radiata* – should we be concerned? *N. Z. J. For Sci*, V. 22, p. 87-95, 1992.
- FERRAZ, E. S. B. Determinação da densidade da madeira por atenuação gama de baixa energia. *Bol. IPEF*, v. 12, p. 61-68, 1976.
- FONSECA, F. M. A.; LOUSADA, J. L. P. C. Variação da densidade e diferenciação das madeiras de 14 espécies de pinheiros com 8 anos de idade, cultivados em Angola, UTAD, Vila Real, 1986. 27 p.
- HANNRUP, B.; EKBERG, I. Age-age correlations for tracheid length and wood density in *Pinus sylvestris*. *Can. J. for. Res.*, V. 28, p. 1373-1379, 1998.
- HUGHES, J. F. Variation in wood structure in relation to wood quality. *Proceedings of the Linnean Society of London*, V. 179, n. 2, p. 275-278, 1968.
- KLOCK, U. Qualidade da madeira de *Pinus oocarpa* Shiede e *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr e Golf. 1989. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Universidade Federal do Paraná.
- KLOCK, U. Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore. 2000. 291 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná.
- LOUSADA, J. L. P. C. Variação fenotípica e genotípica em características estruturais na madeira de *Pinus pinaster* Ait. Comprimento da fibras e a densidade até aos 80 anos de idade das árvores. Parâmetros genéticos na evolução juvenil – adulto dos componentes densidade da madeira. Série Didática (143) - UTAD, Vila Real, 2000. 293 p.

- LOUSADA, J. L. P. C.; FONSECA, F. M. A.; SILVA, M. E. C. M. Relações entre componentes da densidade da madeira no lenho juvenil e lenho adulto em *Pinus pinaster* Ait.. In Anais: III Congresso Florestal Nacional: "Os recursos florestais no desenvolvimento rural" em Figueira da Foz - UTAD - Vila Real - Portugal, p. 393-405, 1994.
- PALERMO, G. P. M. Parâmetros de qualidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm de diferentes idades. 2003. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. Textbook of wood technology. Vol. I., 3ª ed., New York, McGraw Hill, Book Company, 1970. 705p.
- PANSHIN A. J.; DE ZEEUW, C. Text book of wood technology. Structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the U. S. and Canadá, 1980. 722p.
- REZENDE, M. A., QUINTANA, I. R.; TAYLOR, E. Utilização da radiação gama do Am^{241} no estudo dos anéis de crescimento de árvores como parâmetro de qualidade e fonte de informações ambientais. *Revista floresta*, V. 29, n. 1, p. 67-83, 2000.
- REZENDE, M.A. , SAGLIETTI J. R. C.; CHAVES, R. Variação da massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* os 8 anos de idade em função de diferentes níveis de produtividade. *Scientia Forestalis*, V. 53, n. 6, p. 71 – 78, 1998.
- SPURR, S. H. ; HYVARINEN, M. J. Wood fiber length as related to position in tree and growth. *Bot. Rev.* V. 20, p. 561-575, 1954.
- UPRICHARD, J. M. Pulps from new Zealand grown *Pinus contorta*. *Separata de Appita*, V. 25, n. 2, p. 116-119, 1971.
- VALE, A. T. ; BRASIL, M. A. M.; MARTINS, I. S. Variação axial da densidade básica da madeira de *Acacia mangium* Willd aos sete anos de idade. *Ciência Florestal*, Santa Maria, V. 9, n. 2, p.85-92, 1999.
- ZOBEL, B. J.; SPRAGUE, J. R. Juvenile wood in forest trees. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998. 300p.