DEMARCAÇÃO E DENSIDADE DA MADEIRA JUVENIL E ADULTA DE *Pinus taeda* L.

Hernando Alfonso Lara Palma[1]
Adriano Wagner Ballarin[2]

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo determinar a região de transição entre o lenho juvenil e adulto e a densidade de *Pinus taeda* L, de 33 anos de idade, procedente do Horto Florestal de Itapeva, Estado de São Paulo, Brasil (latitude 24º02'sul, longitude 49º06'oeste e altitude de 750m). Na primeira parte do trabalho foram caracterizadas as regiões de madeira juvenil e madeira adulta, por meio de estudos anatômicos (comprimento das traqueídes axiais) em discos à altura do peito, segundo as recomendações das normas ABNT e IAWA. Os resultados mostraram que a região de madeira juvenil desta espécie ocorre aproximadamente até o 15º anel de crescimento, quando calculada pelo valor médio dos dois tipos de lenho (inicial e tardio). Na segunda parte do trabalho foram, verificadas as variações do comprimento das traqueídes no lenho inicial e no lenho tardio (separadamente) e a espessura da parede das traqueídes no sentido radial da árvore. Os resultados permitem concluir que o comprimento das traqueídes do lenho inicial, lenho tardio e a espessura da parede aumentam na direção radial da árvore, desde a medula até a casca, apresentando a mesma tendência que os valores médios do comprimento das traqueídes da espécie, portanto o comprimento das traqueídes do lenho tardio e inicial e a espessura da parede podem também ser utilizados como parâmetros para definir a região de madeira juvenil e adulta em *Pinus taeda*. Os valores médios da densidade básica e aparente da madeira adulta em relação à juvenil, foram maiores em aproximadamente 23% e 24%, respectivamente. A variação da densidade básica da espécie foi maior que a apresentada pela madeira juvenil e adulta.

ABSTRACT

This paper had the objective of determining juvenile and mature wood regions for *Pinus taeda* L. 33 years old, from Horto Florestal of Itapeva (latitude 24º02'south, longitude 49º06' west and altitude 750m) at Sao Paulo State, Brazil. In the first part of the experimental program the region of juvenile and mature wood were characterized, through anatomical analysis (length of the axial tracheids) in disks extracted on breast height, according to ABNT and IAWA codes. Results had shown that the area of juvenile wood of this species occurs approximately up to the 15th growth ring, when evaluated using the medium value of the two wood types (early and late wood). In the second part of the program variation of the length of the tracheids (early and latewood wood, separately) and the wall thickness of the tracheids in the radial direction of the tree (from pith to bark) were evaluated. Results allowed concluding that tracheids length of earlywood, latewood and the wall thickness increase in the radial direction of the tree, presenting the same tendency that the medium values of the length of the tracheids of the specie. Therefore the length of the tracheids of the latewood and earlywood and the wall thickness can also be used as parameters to define juvenile and mature wood in *P. taeda*. The medium values of specific gravity and density (mass and volume at 12% moisture content) of mature wood were superior when compared to juvenile wood resulting in 23% and 24% respectively. Variation of specific gravity of the specie was larger than presented by the juvenile and mature wood ones.

[1] Assistant Professor - Universidade Estadual Paulista – UNESP - Dep. Recursos Naturais / Fazenda Lageado, P.O. Box 237 / 18603-970 – Botucatu-SP, BRAZIL E-mail: larapalma@fca.unesp.br
[2] Associate Professor - Universidade Estadual Paulista – UNESP - Dep. Engenharia Rural / Fazenda Lageado, P.O. Box 237 / 18603-970 – Botucatu-SP, BRAZIL E-mail: awballarin@fca.unesp.br

INTRODUÇÃO

A variabilidade das propriedades da madeira é conseqüência de diferenças estruturais, desde a ultra-estrutura da parede celular até as geográficas, sendo que a fonte de variação dentro da árvore talvez seja a mais significativa, sendo a variação no sentido radial é a mais importante fonte de variação. A extensão desta variação é, principalmente, determinada pela presença da madeira juvenil, sua proporção no tronco, suas características físico-químicas e anatômicas.

No passado, a maior parte da madeira provinha de árvores adultas de florestas naturais. Portanto, pouca importância era dada a esta madeira central das árvores. Atualmente, com o decréscimo constante do suprimento de árvores adultas com grandes diâmetros, provenientes de florestas naturais, tornou-se comum a produção de madeira em ciclos curtos, através da adoção de espécies de rápido crescimento.

Existem várias referências na literatura, mostrando que as propriedades químicas, físicas, anatômicas e mecânicas da madeira formada nos primeiros anos de vida das árvores, são diferentes e muitas vezes inferiores as da madeira formada na fase adulta da árvore. Este fenômeno é mais notado nas coníferas que nas folhosas

No Brasil, a utilização de pinus provenientes de reflorestamentos na indústria madeireira, tem sido crescente nos últimos anos. As estimativas indicam que do volume de madeira serrada produzida no país, estimado em aproximadamente 23,5 milhões de m^3, mais de 38% é formado de madeira de pinus e no caso dos compensados, estas espécies são responsáveis por 63% do volume anual produzido. Atualmente, no país existem aproximadamente 1,96 milhões de hectares de plantações, constituídas por espécies de *Pinus*, das quais 46% são de *Pinus taeda*. Portanto, trata-se de uma espécie importante para o fornecimento de matéria-prima, especialmente na região sul e sudeste do país (ABIMCI, 2006).

REVISÃO DE LITERATURA

A madeira juvenil é o xilema secundário, formado durante a fase jovem do câmbio vascular da árvore (estágios iniciais da vida da árvore). Este período varia conforme a espécie e pode ser afetado pelas condições ambientais. A madeira caracteriza-se anatomicamente por um progressivo acréscimo nas dimensões das células e correspondentes alterações na sua forma, estrutura e disposição em sucessivos anéis de crescimento (Ramsay e Briggs, 1986; Zobel e Buijtenen, 1989; Cown, 1992 e Evans et al., 2000).

Segundo Pearson et al (*apud* Zobel e Buijtenen, 1989), a madeira juvenil não é formada somente quando existe um rápido crescimento inicial, pois o período em que ocorrem rápidos aumentos na densidade e no comprimento das fibras independe da taxa de crescimento, estando presente em todo o tronco e em todas as alturas. Isto quer dizer que, tanto para árvores de desenvolvimento lento como rápido, na zona central do tronco, as dimensões das células estão mudando. Assim, em árvores de crescimento vagaroso, essa zona será pequena em volume, enquanto que nas árvores de rápido desenvolvimento ela será grande em volume.

De acordo com Zobel (1984) e Zobel e Kellison (1984), um dos maiores problemas dos silvicultores no mundo é o excesso de madeira juvenil encontrado nos inventários de pinus. Esta situação é muito séria nos trópicos e sub-trópicos, onde as árvores atingem rapidamente dimensões comerciais. Ainda segundo os mesmos autores, a madeira de pinus nas regiões tropicais e sub-tropicais, tem rendimento e qualidade inferior à madeira produzida nas regiões temperadas, devido ao crescimento muito rápido das árvores, atingindo tamanhos comerciais muito jovens, com grande proporção de madeira juvenil.

Segundo Zobel (1981) e McAlister et al. (1997), nas florestas naturais de climas temperados, a madeira juvenil normalmente fica restrita a uma pequena região do volume total da árvore, e nas plantações a quantidade de madeira juvenil é maior, especialmente naquelas árvores provenientes dos primeiros desbastes ou de plantações cortadas mais cedo. Este fenômeno é mais acentuado nas plantações das regiões tropicais.

Vários estudos têm sido conduzidos para determinar o ponto ou idade de transição entre a madeira juvenil e adulta em várias espécies, tais como: Loo et al. (1985) em *Pinus sp*., Bendtsen e Senft (1986) em *Pinus taeda* e *Populus deltoides* Bartr., Yang et al. (1986) em *Larix laricina*, Clark e Saucier (1989) em *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* Engelm., Roos et al. (1990) em *Populus tremuloides* Michx., Abdel-Gadir e Krahmer (1993) em *Pseudotsuga menziesii*, Yang e Hazernberg (1994) em *Picea Mariana* e Tasissa e Burkhart (1998) em *Pinus taeda*.

Segundo Zobel (1980) e Krahmer (1986), o comprimento das traqueídes ou fibras constitui a principal variável na definição do limite entre a madeira adulta e juvenil. As traqueídes são mais curtas na região de madeira juvenil que na madeira adulta, e muito mais curtas perto da medula, aumentando rapidamente na zona de madeira juvenil em direção à casca. Mudanças no comprimento das traqueídes da zona adulta da árvore são muito pequenas.

Segundo Zobel e Buijtenen (1989), a mudança de madeira juvenil para madeira adulta não se processa da mesma forma para as diferentes características e propriedades da madeira. Por exemplo, a estabilização e mudança se dá de maneira mais rápida para a densidade do que para o comprimento das traqueídes.

Dadswell (*apud* Zobel e Buijtenen, 1989), observou que o tempo para as células atingirem um comprimento constante varia de espécie para espécie e está relacionado com a idade da árvore. Este autor generalizou que o comprimento das traqueídes, para todas as espécies, aumenta até os primeiros 20 anéis de crescimento, através de todo o comprimento e independente da taxa de crescimento das árvores. De forma contrária, este autor notou que a mudança de densidade da madeira ocorre muito mais cedo e varia fortemente entre as espécies.

A demarcação entre lenho juvenil e adulto não é clara, devido às mudanças graduais nas células. De fato, o número real de anéis do lenho juvenil depende de como ele é definido anatomicamente; por exemplo, o comprimento das traqueídes pode atingir uma estabilidade antes da espessura da parede celular (Bendtsen e Senft, 1986).

Loo et al. (1985), reportaram que a idade de transição da madeira juvenil para adulta, mensurada através das variações de densidade ou do comprimento das fibras, é diferente de acordo com as espécies. Por exemplo, essa transição, avaliada pela variação de densidade, ocorre entre 5 a 6 anos em *Pinus elliottii, Pinus caribeae* e *Pinus radiata*, com cerca de 10 anos em *Pinus taeda* e de 20 anos em *Pinus ponderosa*.

Krahmer (1986) e Zobel (1971), caracterizaram a madeira juvenil e adulta baseados na evolução dos elementos anatômicos que as constituem; assim a madeira adulta refere-se ao lenho que apresenta traqueídes estabilizados em crescimento. Para o *Pinus taeda* com 30 anos de idade, essa estabilização foi encontrada a partir do 11º ao 13º anel de crescimento.

Muitos pesquisadores têm utilizado vários métodos para determinar a idade ou limite entre a madeira juvenil e adulta. Por exemplo, Loo et al. (1985) determinaram este limite como sendo o ponto de interseção de duas regressões lineares de densidade; Bendtsen e Senf (1986), usaram análises de regressões por partes, análises diferencial, análises da inclinação da curva e análises visual subjetivo da densidade; Clark e Saucier (1989), utilizaram inspeção visual de gráficos de densidade; Yang et al. (1986), utilizaram as mudanças na largura dos anéis de crescimento e Abdel-Gadir e Krahmer (1993), aplicaram regressões segmentadas.

Pesquisadores têm reportado a dificuldade na determinação precisa e consistente do limite entre a madeira juvenil e adulta, principalmente devido à transição gradual desta mudança, as variações existentes entre as espécies e a locação geográfica (Bendtsen e Senft, 1986; Clark e Saucier, 1989; Roos et al., 1990; Abdel-Gadir e Krahmer, 1993; Evans, et al., 2000).

A madeira juvenil, de uma forma geral, caracteriza-se por menor densidade, maior ângulo das microfibrilas na camada S_2 da parede celular, traqueídes mais curtos, contração transversal menor, maior

contração longitudinal, maior proporção de lenho de reação, menor porcentagem de lenho tardio, paredes celulares mais finas, maior conteúdo de lignina e hemicelulose, menor conteúdo de celulose, menor densidade e menor resistência, em relação à madeira mais adulta (Bendtsen, 1978; Zobel, 1984; Senft et al. 1985 e Rowell et al., 2000).

Diversas pesquisas têm demonstrado diferenças significativas entre a densidade da madeira juvenil e adulta em coníferas, tais como: Bendtsen (1978), em *Pinus caribaea,* encontrou densidades em torno de 0,36 g/cm^3 e 0,68 g/cm^3, para o lenho juvenil e adulto respectivamente; Clark et al. (1989), em *Pinus taeda,* com 28 anos e em diferentes localidades geográficas, encontraram diferenças que variaram de 14% a 21% (sempre menor na madeira juvenil); McAlister e Clark (1991), em *Pinus taeda* com 36 anos de idade e três localidades distintas, encontraram diferenças de 22% a 28% entre as densidades (referenciada à madeira juvenil); Yang e Hazengerg (1994), em *Picea mariana* com 38 anos de idade, encontraram diferenças entre densidades das madeiras juvenil e adulta 8% maiores em árvores com espaçamento inicial de 1,8m x 1,8m, em relação a espaçamentos maiores e Kretschmann (1997), em *Pinus taeda* com 28 anos de idade, encontrou densidades na madeira juvenil 15% menor (referenciada à madeira adulta).

Finalmente, o conhecimento das propriedades básicas (físicas, mecânicas longitudinais e transversais, anatômicas, etc.) da madeira juvenil e adulta das espécies de *Pinus,* faz-se indispensável, com o intuito de caracterizar os dois tipos de madeira, visando principalmente um subsídio aos diferentes usuários desta matéria-prima, para seu emprego correto em diferentes soluções, desde o desdobro até utilizações industriais e estruturais.

MATERIAIS EM MÉTODOS

A madeira utilizada neste trabalho foi obtida de árvores de *Pinus taeda* L., provenientes de plantios manejados de 33 anos de idade, localizados na Estação Experimental de Itapeva, SP - Brasil (latitude 24º02'sul, longitude 49º06'oeste e altitude de 750m).

Foram selecionadas aleatoriamente, seis árvores, de um talhão de 4,0ha, plantadas com um espaçamento de 1,5 x 2,8 m, tendo sido realizados três desbastes até o corte final. A altura média até o diâmetro comercial (15cm) e o DAP médio avaliados foram de 18,2m e 42,5cm, respectivamente.

De cada árvore, retiraram-se quatro toras de 3,75m de comprimento cada uma, tomadas desde a base da árvore de forma seqüencial e de cada tora foi retirada uma prancha central de 8,0cm de espessura por 2,35m de comprimento (seccionadas em quatro partes iguais) para a obtenção dos corpos-de-prova orientados longitudinalmente, para os ensaios de propriedades físicas e mecânicas da madeira juvenil e adulta (Figura 1).

De cada árvore foi coletado um disco de 5cm de espessura, retirado à altura do peito, para o estudo do comprimento e espessura da parede das traqueídes, para a determinação da madeira juvenil e adulta. Para o estudo anatômico foram seguidas as recomendações da norma Iawa Committee (1989). As medições de comprimento, diâmetro e espessura da parede das traqueídes foram realizadas em equipamento de análise de imagens, composto de microscópio trinocular, acoplado a uma câmera digital de alta resolução marca Axiocam MRc Color. Utilizou-se o software de análise de imagem Axio Vision 3.0 para aquisição e diagnóstico das imagens.

De cada disco foram retiradas baguetas no sentido do raio de 2,0cm de largura e comprimento igual ao diâmetro do disco, passando pela medula, sendo que para este estudo foram utilizadas metades das baguetas de todas as amostras. Cada bagueta foi dividida em 33 partes (anéis) e cada anel foi dividido em duas porções (lenho inicial e tardio), perfazendo um total de 66 amostras por disco (33 de lenho inicial e 33 de lenho tardio).

Foram montadas 05 lâminas de cada amostra e realizadas 18 medições (06 de comprimento, 06 de diâmetro e 06 de espessura da parede) em cada lâmina, escolhendo sempre 06 células (traqueídes) não

danificadas, perfazendo um total de 90 medições em cada lenho e 180 por anel (90 de lenho inicial e 90 de lenho tardio), totalizando 5.940 medições por disco, e 35.640 para os seis discos no final do trabalho.

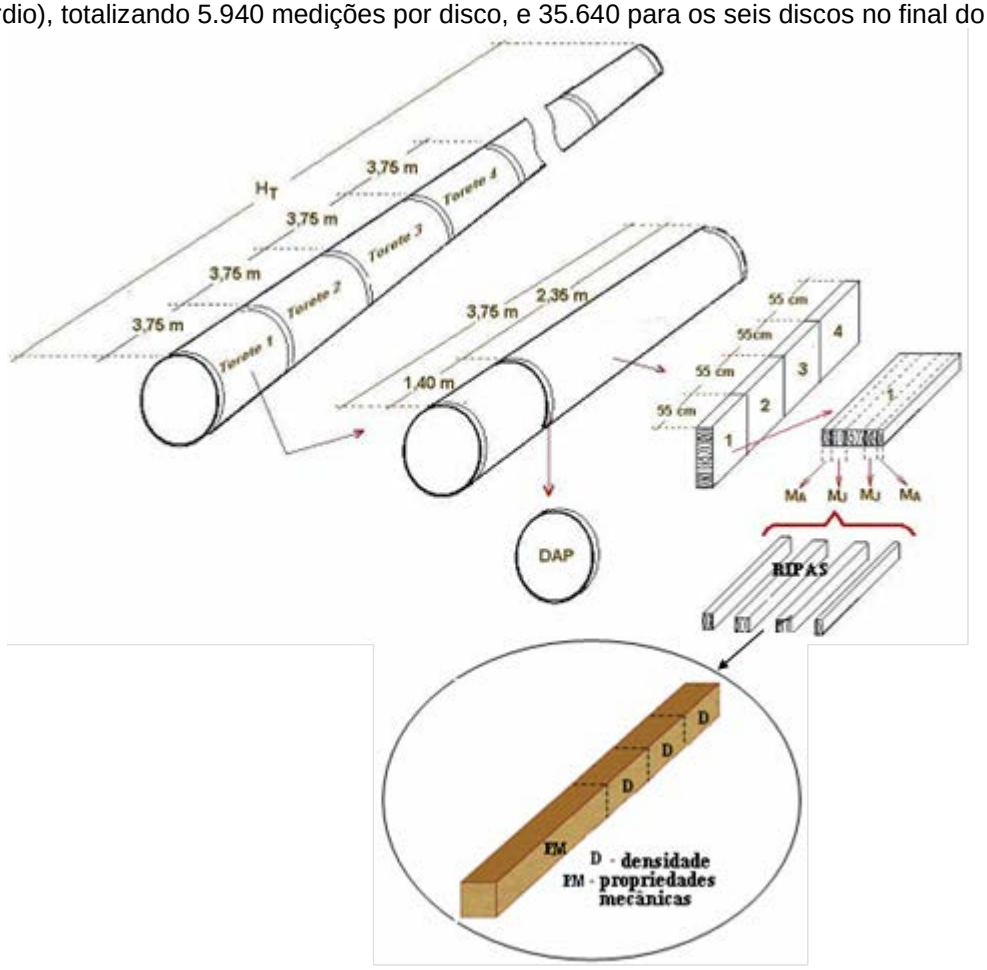

Figura 1 - Esquema da retirada do material para o estudo.

Para o estudo da densidade – de posse dos resultados do estudo anatômico - foram demarcadas e separadas duas regiões de cada pranchão central e de cada posição, na direção radial da árvore (MJ: madeira juvenil e MA: madeira adulta) e confeccionados os corpos-de-prova. Dessas peças foram eliminadas a medula e a região de transição, evitando-se interferências nos resultados. De cada peça foram retiradas duas ripas longitudinais de madeira adulta e duas de madeira juvenil, nas dimensões 4cm x 4cm x 45cm, totalizando 8 ripas longitudinais de cada torete (Figura 1).

Os corpos-de-prova para os ensaios de densidade, foram retirados de forma sistemática das ripas, de acordo às especificações estabelecidas pela Norma NBR 7190 (ABNT, 1997), perfazendo um total de 696 corpos-de-prova (331de madeira adulta e 365 de madeira juvenil).

Foi conduzida uma análise estatística, para as variáveis estudadas, utilizando a análise de variância de um delineamento em parcelas subdivididas, em que as parcelas foram constituídas pelas diferentes alturas dos toretes ao longo do fuste das árvores e as sub-parcelas pelos diferentes tipos de lenho (juvenil e adulto). Os resultados foram obtidos pela média dos corpos-de-prova resultantes de cada seção.

Para observar a tendência no comportamento da densidade nos dois tipos de madeira (juvenil e adulta), foram elaborados diagramas, onde os resultados foram plotados em relação às peças (a cada uma das 24 peças foi associado um valor médio de densidade dos corpos-de-prova, para cada tipo de madeira –

MJ e MA). Para as análises dos resultados da densidade da madeira juvenil e adulta, foram calculados os valores máximos, mínimos e médios, desvio padrão e o coeficiente de variação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comprimento das traqueídes axiais

No gráfico da Figura 2, é apresentada a curva resultante do comprimento médio das traqueídes axiais na direção radial. O comprimento das traqueídes apresenta um aumento acentuado e praticamente linear, da ordem de 130% e 141% até o 15º anel e o 17º anel, respectivamente. A partir do 18º anel até o último, a taxa de aumento no comprimento diminui, tendendo para um valor mais estável e quase constante (aproximadamente 12%). Este comportamento observa-se também na regressão linear por partes da resultante com alto coeficiente de determinação (R^2 = 0,91 e 0,94), entre o 1º e 15º e 17º anel, complementando assim a análise visual da tendência dos dados, como uma forma de encontrar, de forma aproximada, o limite entre a madeira juvenil e adulta.

Esta tendência, taxa de incremento no comprimento das traqueídes bastante rápida até os primeiros 10 e 15 anéis, diminuindo gradativamente nos anéis subseqüentes, é característica na formação de madeira juvenil nos primeiros anos da árvore, comportamento semelhante ao observado por vários autores em madeira de *Pinus* de crescimento rápido, tais como Panshin e Zeeuw (1980), Senft et al. (1986), Jackson e Megraw (1985), Bendtsen e Senft (1986), Louzada e Fonseca (1991) e Muñiz (1993).

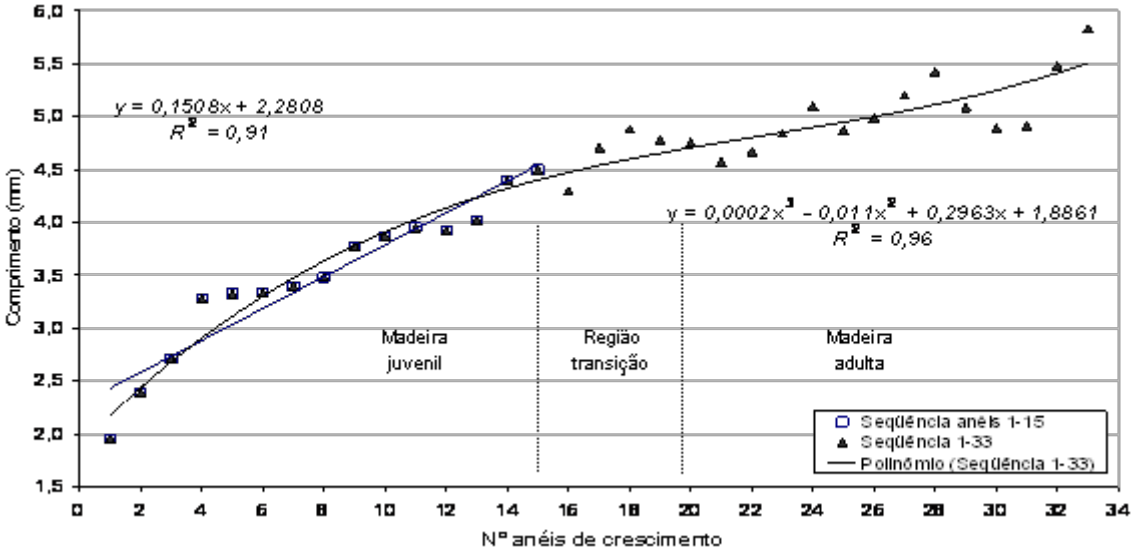

Figura 2 - Variação do comprimento médio das traqueídes.

De acordo com este comportamento a região entre o 16º e o 19º anel de crescimento foi considerada de transição, ficando definida para este estudo a região de madeira juvenil desde o centro da árvore até o 15º anel e a região de madeira adulta desde o 20º até o 33º anel, como mostra a Figura, 2.

Na definição do limite entre estas duas regiões (madeira juvenil e adulta), foi também considerado a porcentagem anual de incremento do comprimento das traqueídes. Assim, entre o 14° e 15º anel de crescimento este incremento foi de 1,14%, valor semelhante ao definido por Shiokura (*apud* Zobel e Sprague, 1998) de 1%, para determinar a região de madeira juvenil.

Esta mesma tendência - taxa de incremento no comprimento das traqueídes bastante rápida até os primeiros 10 e 15 anéis, diminuindo gradativamente nos anéis subseqüentes - foi observada também para o comprimento das traqueídes do lenho inicial e tardio, como mostra a Figura 3.

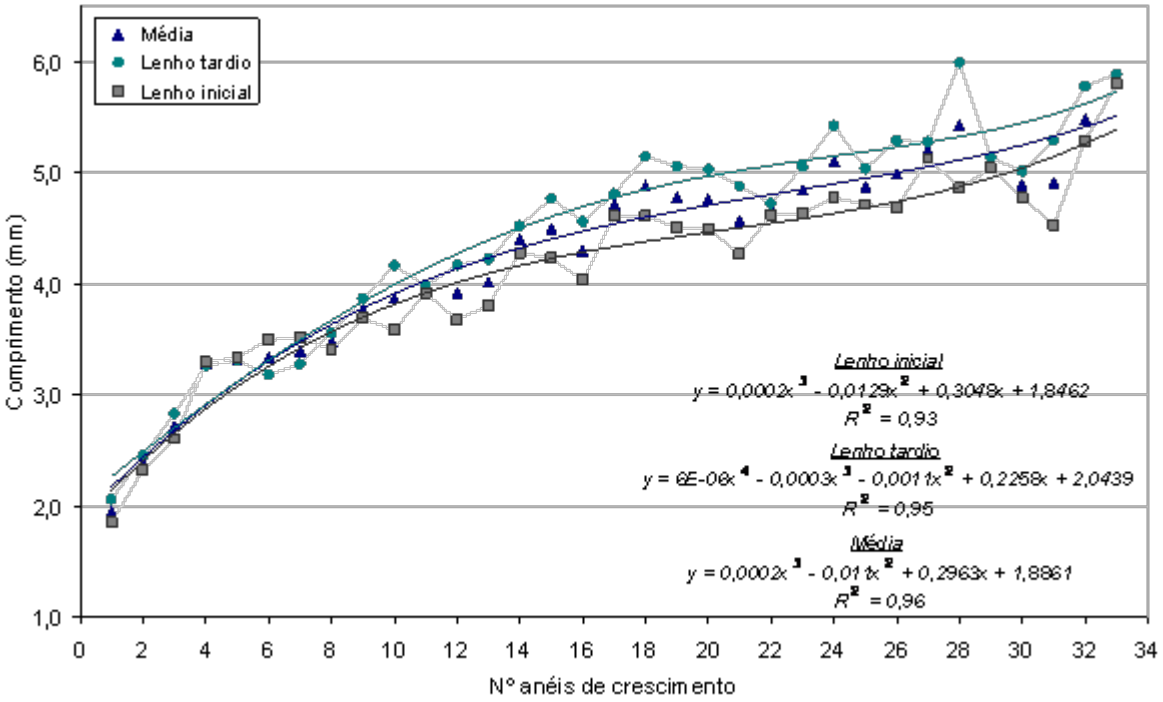

Figura 3 - Variação do comprimento médio das traqueídes do lenho inicial e tardio.

Analisando os valores médios do comprimento das traqueídes, apresentados na Tabela 1, observa-se uma maior variação no comprimento das traqueídes na madeira juvenil em relação à adulta. Em relação à espécie, observa-se uma variação de aproximadamente 1,57mm a 6,99mm no comprimento das traqueídes, resultados semelhantes aos obtidos por vários pesquisadores para espécies do gênero *Pinus*, tais como: Nicholls (1971) e Bendtsen e Senft (1986).

Tabela 1 - Comprimento médio das traqueídes.

	Madeira juvenil (anel: 1- 15)	Madeira adulta (anel: 16 – 33)	Espécie
média (mm)	3,487	4,926	4,257
s (mm)	0,793	0,642	1,014
C.V. (%)	22,73	13,04	23,82
máximo (mm)	5,070	6,990	6,990
mínimo (mm)	1,570	3,760	1,570

Espessura da parede das traqueídes

Procurando avaliar a tendência do comportamento da espessura da parede das traqueídes, em relação aos anéis de crescimento na direção radial e entre a madeira juvenil e adulta, foi elaborado o gráfico da Figura 4, a partir dos resultados obtidos do mesmo material (traqueídes), utilizado para as medições de comprimento e diâmetro. Na confecção do gráfico, foram considerados os valores médios da espessura da parede das traqueídes.

A espessura média da parede das traqueídes mostra um aumento acentuado na direção radial, sendo maior no lenho juvenil, da ordem de 40% e 50% até o 15° e 17° anel de crescimento, respectivamente. A partir destes anéis até o último, a taxa de aumento na espessura diminui, tendendo para um valor mais estável.

Esta tendência (taxa de incremento maior nos primeiros anéis), foi semelhante à observada também no comprimento das traqueídes, portanto a espessura da parede das traqueídes poderia ser utilizada também para determinar a região de madeira juvenil e adulta, como observado por Bendtsen (1978).
Para avaliar melhor o comportamento da espessura da parede das traqueídes, foi elaborado o gráfico da Figura 5, a partir dos resultados médios da espessura das traqueídes do lenho tardio e inicial (Tabela 2). A curva resultante da espessura média da parede das traqueídes do lenho tardio, apresentou um comportamento semelhante à curva da variação média da espessura para a espécie. No lenho inicial, a espessura apresentou a mesma tendência, mas os valores foram muito variáveis.

Tabela 2 - Espessura média da parede das traqueídes.

Valores médios espécie

	Espécie	Lenho inicial	Lenho tardio
média (µm)	10,283	8,087	12,490
s (µm)	2,704	1,431	1,631
C.V. (%)	26,29	17,70	13,06
máximo (µm)	15,476	14,633	15,476
mínimo (µm)	5,450	5,450	6,590

Valores médios por tipo de lenho

	Espécie		Lenho inicial		Lenho tardio	
	Juvenil anel: 1- 15	Adulta anel: 16 – 33	Juvenil anel: 1- 15	Adulta anel: 16 – 33	Juvenil anel: 1- 15	Adulta anel: 16 – 33
média (µm)	9,879	10,708	7,832	8,355	11,925	13,090
s (µm)	2,521	2,883	1,052	1,708	1,790	1,566
C.V. (%)	25,52	26,92	13,44	20,45	15,01	11,96
máximo (µm)	15,476	15,476	10,193	14,633	15,476	15,476
mínimo (µm)	5,450	5,488	5,450	5,488	6,590	6,644

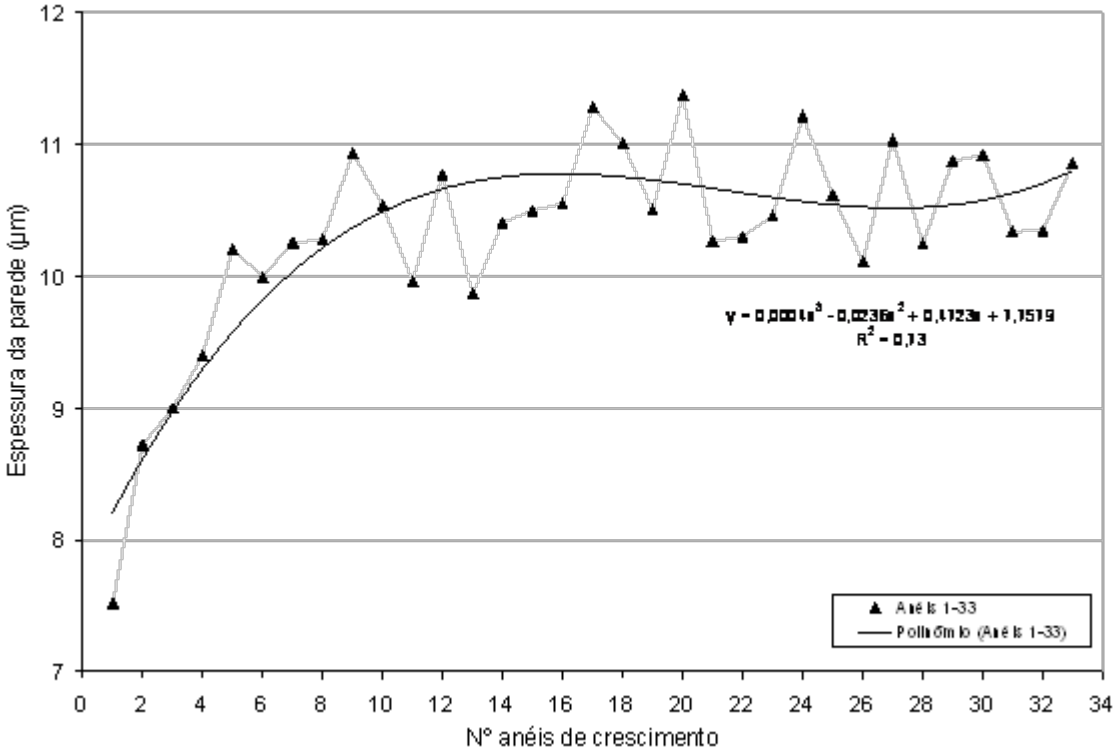

Figura 4 – Variação da espessura da parede das traqueídes.

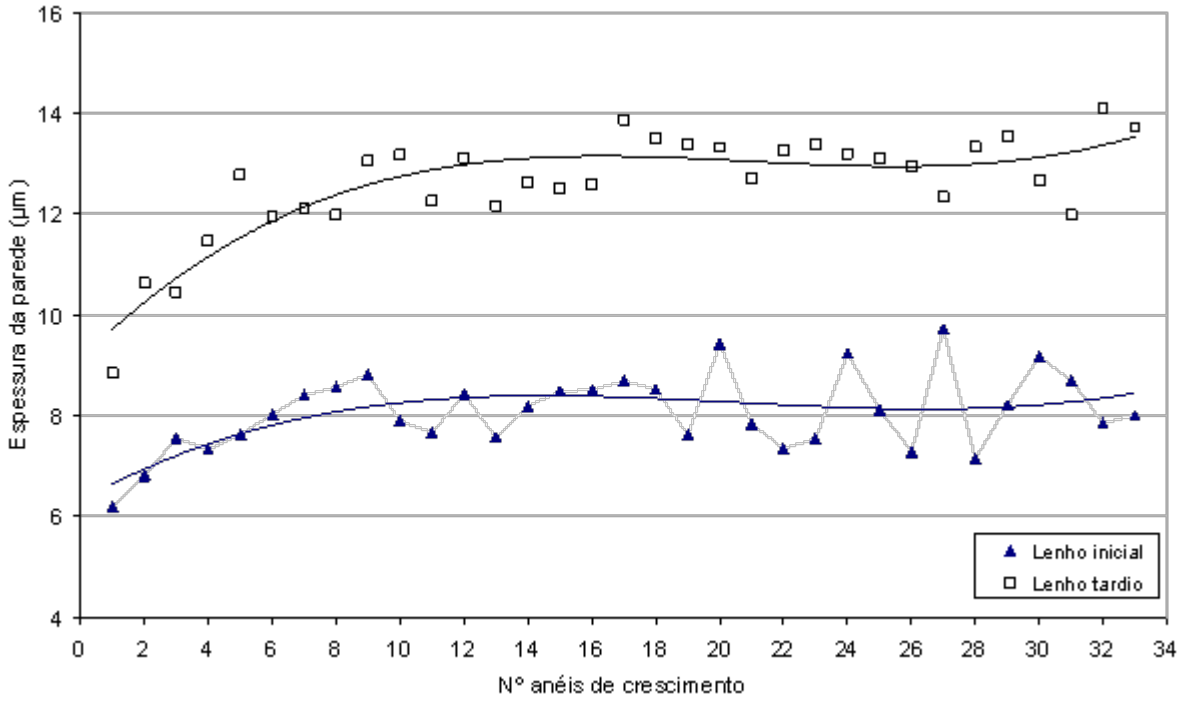

Figura 5 - Variação da espessura da parede das traqueídes do lenho tardio e inicial.

DENSIDADE

Para avaliar a tendência no comportamento da densidade básica e aparente (12%) nos dois tipos de madeira (juvenil e adulta), foram elaborados os diagramas das Figuras 6 e 7 nos quais, os resultados foram plotados em relação às peças (a cada uma das 24 peças está associado um valor médio de densidade dos corpos-de-prova, para cada tipo de madeira – MJ e MA). Na Tabela 3, são apresentados os resultados médios dos ensaios de densidade na forma de densidade básica ($\rho_{básica}$) e densidade aparente ($\rho_{ap(12\%)}$), obtidos dos valores individuais dos corpos de prova de madeira juvenil e adulta.

A análise estatística foi conduzida, para cada uma das variáveis estudadas, utilizando a análise de variância de um delineamento em parcelas sub-divididas, em que as parcelas foram constituídas pelas diferentes alturas dos toretes ao longo do fuste das árvores e as sub-parcelas pelos diferentes tipos de lenho (juvenil e adulto). Os resultados foram obtidos pela média dos corpos-de-prova resultante de cada seção.

Da análise observou-se que existe diferenciação entre madeira juvenil e a madeira adulta nas quatro parcelas (toretes) das árvores estudadas, para as duas densidades.

Neste parâmetro analisado (densidade) observou-se também que não existe a diferenciação de madeira adulta entre o primeiro e o quarto torete. Para a madeira juvenil observou-se o mesmo comportamento.

Os valores médios da densidade básica e aparente mostram que a madeira mais externa (adulta) foi sensivelmente maior que a madeira interna (juvenil). As diferenças observadas nos valores médios da densidade básica e aparente da madeira adulta em relação à juvenil, foram maiores em aproximadamente 23,33% e 24,27%. Essa tendência foi, no geral, semelhante à observada para esta espécie por Kretschmann (1997), que foi de 17,39% (0,540 g/cm^3 MA e 0,460 g/cm^3 MJ).

A densidade básica e aparente da madeira juvenil, mostra-se mais variável (C.V. 10,61% e 10,10%) em relação à madeira adulta (C.V. 8,33% e 8,61%). Segundo Bendtsen (1978), a variação crescente da densidade da medula a casca ocorre pelas diferenças anatômicas entre o lenho juvenil e adulto –

paredes mais finas e a baixa porcentagem de lenho tardio nos anéis de crescimento da região juvenil lhe conferem esta baixa densidade.

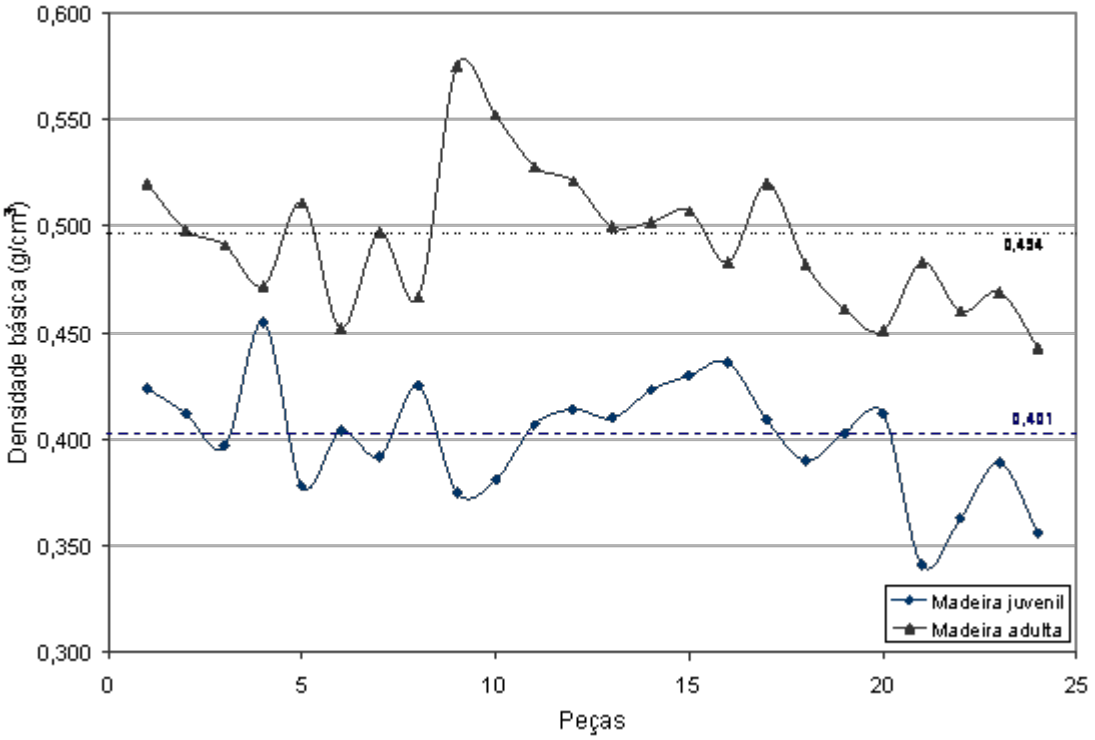

Figura 6 - Densidade básica da madeira juvenil e adulta.

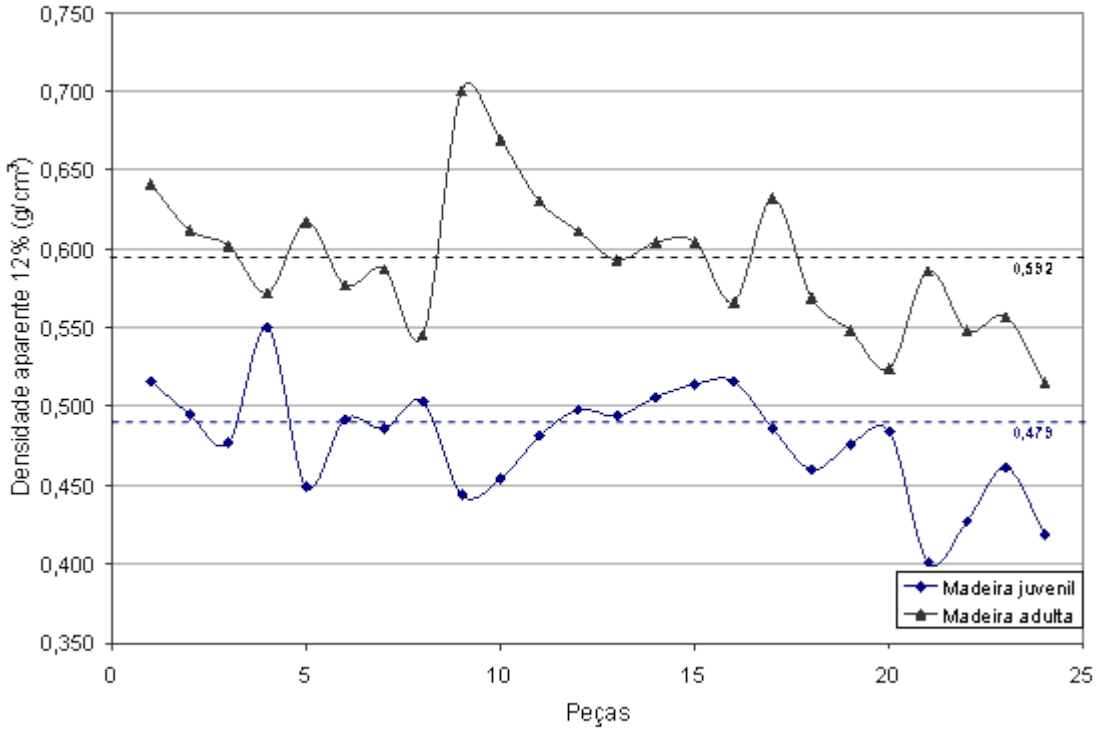

Figura 7 - Densidade aparente (12%) da madeira juvenil e adulta.

Tabela 3 - Valores médios de densidade.

	Madeira adulta		Madeira juvenil	
	$\rho_{básica}$ (g/cm³)	$\rho_{ap(12\%)}$ (g/cm³)	$\rho_{básica}$ (g/cm³)	$\rho_{ap(12\%)}$ (g/cm³)
média	0,497	0,599	0,403	0,482
s	0,041	0,052	0,043	0,049
C.V.	8,33	8,61	10,61	10,10
máximo	0,597	0,741	0,548	0,659
mínimo	0,255	0,484	0,212	0,368
Espécie				
	$\rho_{básica}$ - (g/cm³)		$\rho_{ap(12\%)}$ - (g/cm³)	
média	0,448		0,537	
des. pad.	0,063		0,077	
C.V.	14,04		14,29	
máximo	0,597		0,741	
mínimo	0,212		0,368	

O valor médio da densidade aparente (12%) para a espécie apresentado pela NBR 7190 é 0,645 g/cm³. Nota-se que o valor médio para a madeira adulta, juvenil e da espécie são inferiores ao referencial. Observa-se que o valor médio da madeira adulta é 7,68% inferior a este referencial teórico, mas é o que mais se aproxima do referencial. Para a madeira juvenil e a espécie o valor médio da densidade aparente é 33,82% e 20,11% inferior ao referencial.

Quando considerado o valor de referência apresentado pelo (FPL, 1999) 0,570 g/cm³ para a densidade aparente, o valor médio para a madeira adulta aproxima-se muito deste referencial sendo 5,09% superior a este valor de referência. Já no caso da madeira juvenil e a espécie o valor médio da densidade é 18,26% e 6,15% inferior a este referencial.

CONCLUSSÕES

O comprimento das traqueídes axiais da espécie, aumenta na direção radial da árvore (sentido medula-casca), sendo que os maiores aumentos ocorreram nos primeiros quinze anéis de crescimento, havendo uma diminuição gradativa do comprimento nos anéis subseqüentes, até atingir um valor quase constante.

A tendência apresentada no comprimento das traqueídes axiais, confirma o padrão de variação no sentido transversal ao tronco, em espécies de rápido crescimento do gênero *Pinus.*

A espessura da parede das traqueídes axiais aumenta na direção radial da árvore (sentido medula-casca), apresentando maiores aumentos nos primeiros quinze anéis de crescimento e uma diminuição gradativa e variável nos anéis subseqüentes.

A espessura da parede das traqueídes axiais do lenho tardio aumenta na direção radial da árvore, apresentando maiores aumentos nos primeiros quinze anéis de crescimento. No lenho inicial a espessura da parede apresenta a mesma tendência que no lenho tardio, mas os valores são muito variáveis.

Os comprimentos das traqueídes axiais do lenho inicial e tardio aumentam na direção radial da árvore (sentido medula-casca) e apresentam a mesma tendência encontrada para os valores médios da espécie. Os maiores aumentos nestes dois tipos de lenho, também ocorreram nos primeiros quinze anéis de crescimento, havendo uma diminuição gradativa do comprimento nos anéis subseqüentes, até atingir um valor quase constante.

A demarcação da região de transição entre madeira juvenil e adulta pode ser determinada através da variação do comprimento das traqueídes do lenho inicial, lenho tardio ou os valores médios da espécie.

A densidade básica e aparente da madeira adulta foram maiores que as observadas para madeira juvenil, apresentando, ainda, menor variabilidade. Esta tendência foi semelhante à observada para esta espécie por vários pesquisadores.

A densidade aparente da madeira adulta, juvenil e da espécie são inferiores ao referencial teórico para esta espécie apresentado pela NBR 7190.

A variação da densidade básica e aparente apresentada para a espécie, foram maiores a apresentada pela madeira juvenil e adulta.

A densidade básica e aparente da espécie é maior a apresentada pela madeira juvenil e menor a apresentada pela madeira adulta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI, 2006 - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – Disponível em: <http://www.abimci.com.br>. Acesso em 09 de maio 2006.

ABDEL-GADIR, A.Y.; KRAHMER, R.L. Estimating the age of demarcation of juvenile and mature wood in Douglas-fir. *Wood and Fiber Science*, v.25, n.3, p.242-249, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de estruturas de madeira* ABNT (NBR-7190). Rio de Janeiro, 1997. 107p.

BENDTSEN, B. Properties of wood from improved and intensively managed trees. *Forest Prod. Journal*, v.28, n.10, p.61-72, 1978.

BENDTSEN, B.; 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.1, p.21-38, 1986.

CLARK, A.III.; SAUCIER, J.R. Influence of initial planting density, geographic location, and species on juvenile wood formation in southern pine. *Forest Prod. J*, v.39, n.7/8, p.42-48, 1989.

COWN, D.J. Corewood (Juvenile wood) in *Pinus radiata* –shoul we be concerned?. *New Zealand Journal of Forestry Science*, v.22, n.1, p.87-95, 1992.

EVANS II, J.W.; SENFT, J. F.; GREEN, D.W. Juvenile wood effect in red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. *Forest Prod. J*, v.50, n.7/8, p.75-87, 2000.

FOREST PRODUCTS LABORATORY - FPL. Wood handbook: Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. 463p.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS - IAWA Committee (1989). List of microscopic features for hardwood identification**.** *IAWA bulletin*, v. 10, p. 219-332.

JACKSON, M.; MEGRAW, R.A. (1986) Impact of juvenile wood on pulp and paper products. In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD-WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, 1985, Washington. *Proceedings…*Madison: Forest Products Research Society. p. 75-81.

KRAHMER, R. Fundamental Anatomy of Juvenile and Mature Wood. In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD-WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, 1985, Washington. *Proceedings…*Madison: Forest Products Research Society, 1986. p.12-16.

KRETSCHMANN, D.E. Effect of juvenile wood on shear parallel and compression perpendicular-to-grain strength for loblolly pine. In: CTIA/IUFRO INTERNATIONAL WOOD QUALITY WORKSHOP, 1997, Quebec. *Proceedings*...Quebec: Forintek Canada, 1997. p.23-30.

KRETSCHMANN, D.E.; ALDEN, H.A.; VERRILL, S. Variations of microfibril angle in loblolly pine: comparison of iodine crystallization and x-ray diffraction techniques. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON THE SIGNIFICANCE OF MICROFIBRIL ANGLE TO WOOD QUALITY, 1997, Westport. *Proceedings*…Westport: IAWA/IUFRO, 1997. p.157-176.

LOO, J.A.; TAUER, C.C.; McNEW, R.N. Genetic variation in the time of transition from juvenile to mature wood in lablolly pine (Pinus taeda). *Silvae Genet*, n.34, p.14-19, 1985.

LOUZADA, J.L; FONSECA, F.M. (1991). Influência do crescimento em diâmetro (DAP) e da qualidade do local na variação da densidade em *Pseudotsuga menziessi* Mirb. (Franco). *Série Técnica-Científica U.T.A.D.*, Vila Real, n.10, 27p.

McALISTER, R.; CLARK, A. Effect of geographic location and seed source on the bending properties of juvenile and mature loblolly pine. *Forest Prod. J*., Madison, v. 41, n. 9, p.39-41, 1991.

McALISTER, R.; CLARK, A.; SAUCIER, J. Effect of initial spacing on mechanical properties of lumber sawn from unthinned slash pine at age 40. *Forest Prod. J*., Madison, v. 47, n. 7/8, p.107-109, 1997.

MUÑIZ, G.I. *Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e comportamento na secagem da madeira de Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. Curitiba. 236p. Tese (Doutorado). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1993.

NICHOLLS, J.W.P. The effect of environmental factors on wood characteristics 2- the effect of thinning and fertilizer treatment on the wood of *Pinus pinaster*. *Silvae Genetica*, v. 20, n. 1, p. 67-73, 1971.

PANSHIN, A.J.; ZEEUW, C. (1980). *Textbook of wood technology*. 4.ed. New York, McGraw-Hill. 722p.

RAMSAY, W.; BRIGGS, D. (1986) Juvenile Wood: Has It Come of Age?. In: In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD-WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, 1985, Washington. P*roceedings…*Madison: Forest Products Research Society, p.5-11, 1986.

ROSS, K.D.; SHOTTAFER, J.E.; SHEPARD, R.K. The relationship between selected mechanical properties and age in quaking aspen. *Forest Prod. J*, v.40, n.7/8, p.54-56, 1990.

ROWELL, R.M.; HAN, J.S.; ROWELL, J.S. Characterization and factors effecting fiber properties. In: FROLLINI, E.; LEÃO, A.L.; MATTOSO, L.H.C. (Ed.). *Natural polymers and agrofibers composites*: São Carlos: IQSC, USP, 2000. p.115-133.

SENFT, J.F.; BENDTSEN, B. A.; GALLIGAN, W. L. Weak wood. *J. For*. n. 83, p. 476-485, 1985.

SENFT, J.F., QUANCI, M.J. BENDTSEN, B. A. (1986) Property profile of 60-year-old Douglas –Fir. In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD-WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, 1985, Washington. *Proceedings…*Madison: Forest Products Research Society. p.17-28.

TASISSA, G.; BURKHART, H.E. Juvenile-mature wood demarcations in loblolly pine trees. *Wood and Fiber*, n.13, p.159-165, 1998.

YANG, K.C.; BENSON, C.A.; WONG, J.K. Distribution of juvenile wood in two stems of *Larix laricina*. *Can. J. For. Res*., v.16, p.1041-1049, 1986.

YANG, K.C.; HAZENBERG, G. Impact of spacing on tracheid length, relative density, and growth rate of juvenile wood and mature wood in *Picea mariana*. *Can. J. Res*., v. 24, p.996-1007, 1994.

ZOBEL, B. J.; BUIJTENEN, J. P. VAN. *Wood variation: its causes and control*. Springer-Verlag, Berlin, 1989, 361p.

ZOBEL, B. J.; SPRAGUE, J.R. *Juvenile wood in forest trees*. Springer-Verlag, Berlin, 1998. 300p.

ZOBEL, B.J. Genetic manipulation of wood of the southern pines including chemical characteristics. *Wood Sci Technol*, n. 54, p. 255-271, 1971.

ZOBEL, B.J. Inherent differences affecting wood quality in fast-grown plantations. In: IUFRO CONFERENCE, Oxford. *Proceedings*…Oxford: IUFRO Div 50, 1980. p.169-188.

ZOBEL, B.J. The changing quality of the world wood supply. *Wood Sci Techn*ol, n. 18, p. 1-17, 1984.

ZOBEL, B.J. Wood quality from fast-grown plantations. *Tappi*, v. 64, n. 1, p.71-74, 1981.

ZOBEL, B.J.; KELLISON, R.C. Wood – Where will it come from, where will it go? (A comparison of the Southern Unites States with South America). Utiliz. Changing Wood Res South U.S. Raleigh, North Carolina, 1984, 12 p.