

## Propriedades de contração na madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L.

## Properties of shrinkage in the juvenile and mature wood of *Pinus taeda* L.

Hernando Alfonso Lara Palma  
Adriano Wagner Ballarin

---

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo o estudo da variabilidade das contrações radial, tangencial, longitudinal e volumétrica entre a madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L., de 37 anos de idade, procedente do Horto Florestal de Manduri, Estado de São Paulo. Na primeira parte do trabalho foi determinada a região de madeira juvenil, a região de transição e a região de madeira adulta, por meio de estudos anatômicos (comprimento dos traqueóides axiais), segundo as recomendações das normas ABNT e IAWA. Os resultados mostraram que a região de madeira juvenil desta espécie ocorre aproximadamente até o 20º anel de crescimento, sendo mais representativa até o 12º anel. A sua região de transição ocorre entre o 12º e 20º anel de crescimento da árvore. Na segunda parte do trabalho foram calculadas as contrações da madeira juvenil e adulta. Os valores da contração radial, tangencial e volumétrica foram menores e mais variáveis na madeira juvenil. A contração longitudinal não apresentou diferenças significativas entre os dois tipos de lenho; os valores médios foram levemente inferiores e muito variáveis na madeira juvenil em relação à madeira adulta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Madeira juvenil, Madeira adulta, *Pinus taeda* L., Contração

**ABSTRACT:** This paper had the objective of studying variability of radial, tangential, longitudinal and volumetric shrinkage between the juvenile and mature wood, from a 35 year-old *Pinus taeda* L., from Horto Florestal of Manduri at São Paulo State, Brazil. First of all the experimental program determinations were related to the juvenile wood, region of the transition and region of the mature wood, using anatomical analysis (length of the axial tracheids), according to ABNT and IAWA codes. Results had shown that the area of juvenile wood of this species occurs approximately until the 20th growth ring, being more representative until the 12th ring. The transition area of this wood occurs between the 12th and 20th growth ring. In the second part of the work the shrinkage of the juvenile and mature wood were evaluated. Values of the radial, tangential and volumetric shrinkage were smaller and more variable on the juvenile wood. The longitudinal shrinkage did not present significant differences between the two wood types; medium values were slightly inferior and very variable on juvenile wood related to mature wood.

**KEYWORDS:** Juvenile wood, Mature wood, *Pinus taeda* L., Shrinkage

## INTRODUÇÃO

A utilização de *Pinus* spp na indústria madeireira tem sido crescente nos últimos anos. As estimativas indicam que o volume de madeira para uso industrial produzida no país é de aproximadamente 20 milhões de m<sup>3</sup>, e quase 40% é formado por madeira de *Pinus* spp, seja como produto para usos nobres ou como produtos de menor valor agregado (Tomaselli, 1998). Trata-se então, de uma espécie importante para o abastecimento de matéria-prima na atualidade, especialmente nas regiões sul e sudeste do país.

Por outro lado, as espécies do gênero *Pinus* foram plantadas baseando-se principalmente na rapidez de crescimento apresentada nas diferentes condições edafo-climáticas, principalmente da região sul do país. Esta situação particular tem favorecido a formação de madeira juvenil, com inerentes influências na qualidade e nos processos de transformação da madeira.

Atualmente, é crescente o interesse dos pesquisadores com relação às características da madeira juvenil, devido principalmente às mudanças nas práticas do manejo silvicultural nas plantações, originadas pelas pressões crescentes na demanda de madeira destas espécies. Assim, para poder abastecer os mercados, muitos silvicultores estão dando prioridade à produção de grandes volumes de madeira com rotações cada vez menores, induzindo, assim, o crescimento rápido das árvores, sem considerar as propriedades físicas e mecânicas da madeira resultante.

## REVISÃO DE LITERATURA

A madeira, que é formada por uma grande associação de células vegetais de distintas classes, apresenta características de anisotropia, higroscopicidade e variabilidade em suas pro-

priedades. Esta variação 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 (Cown, 1975 e Lavery, 1986).

Por outro lado, devido ao rápido crescimento, as espécies do gênero *Pinus* alcançam dimensões de comercialização ainda muito jovens, com uma grande porcentagem de madeira juvenil (Pearson e Gilmore, 1980).

Apesar da madeira juvenil ocorrer tanto nas coníferas como nas folhosas, nestas últimas é menos evidente e importante, e também não se apresenta de forma muito apreciável em todas as espécies. A madeira juvenil é de grande interesse em coníferas de rápido crescimento, em especial em regiões tropicais (Zobel e Van Buijtenen, 1989 e Fernández-Golfín et al., 1999).

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 portanto, também na madeira serrada comercializada destas florestas. Nos reflorestamentos a quantidade de madeira juvenil é maior, especialmente naquelas árvores de fustes pequenos, provenientes dos primeiros desbastes, ou de plantações cortadas mais cedo, sendo mais acentuado este fenômeno nas plantações de regiões tropicais.

Comparada com a madeira adulta, a madeira juvenil caracteriza-se por sua menor densidade básica, maior ângulo das microfibrilas, traqueóides mais curtos, contração transversal menor, maior contração longitudinal, maior proporção de madeira de reação, menor porcentagem de lenho outonal, paredes celulares mais finas, maior conteúdo de lignina, menor conteúdo de celulose e menor resistência e rigidez (Bendtsen, 1978; Ramsay e Briggs, 1986 e McAlister e Clark, 1991).

A passagem do lenho juvenil para adulto é gradativa e muitas características, tais como comprimento dos traqueóides, espessura da parede celular, massa específica, ângulo microfibrilar e resistência vão se modificando até atingirem uma certa estabilidade no lenho adulto (Bendtsen, 1978).

A demarcação entre a madeira juvenil e adulta não é muito clara, devido às mudanças graduais nas células. De fato, o número real de anéis na madeira juvenil dependerá da definição anatômica: por exemplo, o comprimento dos traqueóides pode alcançar uma estabilidade antes da espessura da parede celular. Vários pesquisadores, tais como Hallock (1968), Erickson e Harrison (1974), Barret e Kellogg (1986), Ramsay e Briggs (1986) e Zobel e Van Buijtenen (1989) entre outros, concordam que nas espécies de rápido crescimento, a madeira juvenil tem seu limite em alguma parte do 5° ao 20° anel, dependendo principalmente da espécie.

O comprimento dos traqueóides é uma das variáveis mais comuns na definição do limite entre a madeira juvenil e a madeira adulta. Assim, os traqueóides são mais curtos na madeira juvenil e tão mais curtos quanto mais próximos estiveram da medula, aumentando rapidamente através da região juvenil em direção à periferia. Mudanças no comprimento dos traqueóides na região adulta são muito pequenas (Krahmer, 1986).

Portanto, nesse sentido a madeira juvenil depende fundamentalmente das características genéticas da árvore. Contudo, ao se considerar a influência da atividade fisiológica dos ramos na árvore, o número de anéis de madeira juvenil vai depender também das características da plantação (florestas plantadas ou naturais, tipo de sítio, fertilização etc.) e dos tratamentos silviculturais que serão feitos. Quanto mais cedo sejam podados ou percam atividade os ramos da árvore, mais cedo começará a formação de

madeira adulta, e na medida em que se aumente o período de rotação, a percentagem de madeira juvenil diminuirá (Champs, citado por Vignote e Jiménez, 1996).

De acordo com Meylan (1968); Meylan (1972); McMillin (1973); Pearson e Gilmore (1980); Krahmer (1986); Wheeler (1983) e Ying et al., (1994) a madeira juvenil, devido aos traqueóides curtos e parede fina, tem o ângulo fibrilar (especialmente na camada S2) maior que o da madeira adulta. A contração longitudinal é desprezível quando o ângulo fibrilar é menor que 25° ou 30°, e aumenta fortemente com o crescimento deste ângulo, podendo resultar em uma contração longitudinal de até 9 % ou maior, em relação à madeira adulta.

Para Senft et al. (1985), McAlister e Powers (1992), McAlister e Powers (1994) e Ying et al. (1994), isto pode afetar a estabilidade dimensional dos produtos que contenham este tipo de madeira. Se uma peça de madeira é cortada de tal forma que ela tenha uma porção de madeira juvenil e uma de madeira adulta, uma região contrairá mais que a outra durante a secagem, resultando em empenamentos, fendas superficiais, "aceboladuras" e outros defeitos. Esta situação acarretará uma discriminação desta madeira nos mercados consumidores. Quando esta madeira é utilizada em estruturas e acabamentos, poderão também surgir problemas dessa natureza, principalmente em pisos e paredes.

McAlister e Clark (1992) consideram que a localidade da plantação de *Pinus taeda* é um fator importante, principalmente na consideração da contração longitudinal da madeira juvenil. Já para a madeira adulta o local de plantação é o fator mais importante na consideração da contração radial, tangencial, longitudinal e volumétrica, assim como também a densidade. Concluiu-se que apesar da estabilidade dimensional da madeira juvenil ser completamente diferente, sobretudo na estabilidade

dimensional paralela à grã, nem toda a madeira juvenil apresenta uma contração longitudinal excessiva.

## MATERIAL E MÉTODOS

A madeira utilizada neste trabalho foi obtida de árvores de *Pinus taeda* L., provenientes de plantios de 37 anos de idade, localizados no Horto Florestal de Manduri, SP. (latitude 23°00' sul, longitude 40°19' oeste e altitude de 700 m).

Foram selecionadas aleatoriamente 6 árvores de um talhão de 1,6 ha, plantadas com um espaçamento inicial de 1,50 m x 1,50 m, e realizados 5 desbastes até o corte. A altura comercial e o diâmetro (DAP) médio avaliados foram de 18,2 m e 40,4 cm, respectivamente.

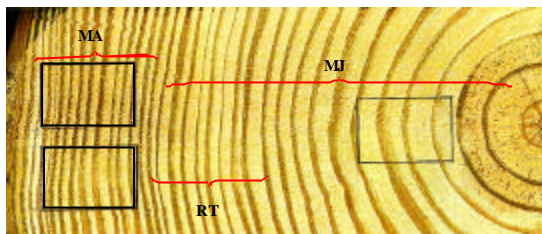
De cada árvore foi coletado 1 disco, retirado à altura do peito, para a obtenção de material macerado para determinar o comprimento dos traqueóides axiais (método microscópico), com a finalidade de demarcar previamente a madeira juvenil e adulta, utilizando-se das recomendações da norma IAWA COMMITTEE (1989).

Para o estudo da contração foram coletadas 2 toras de cada árvore, com 2,20 m de comprimento cada, tomadas dos primeiros 12 m do tronco - seção da árvore destinada ao estudo, considerando-se ser a de maior valor comercial e a mais utilizada pelas indústrias madeireiras.

De cada tora foi retirado um pranchão central de 8 cm de espessura por 2,20 m de comprimento. De cada pranchão foram retiradas duas peças de 1 m de comprimento, para produção dos corpos-de-prova de contração.

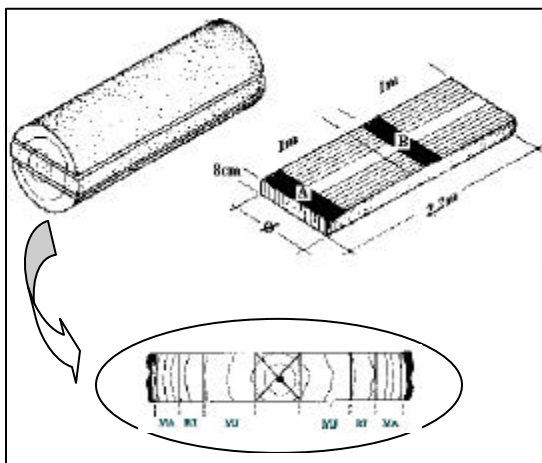
De posse dos resultados do estudo anatômico, as duas peças de cada pranchão foram demarcadas e separadas em três regiões distintas na direção medula-casca: regiões de madeira juvenil (MJ), madeira adulta (MA) e região de transição (RT). Dessas peças foram eliminadas a medula e a região de transição

(RT), evitando-se interferências nos resultados. (Figura 1).



**Figura 1.** Posição da retirada dos corpos-de-prova na seção transversal da tora (Position of the withdrawal of the specimens in the cross section of the log)

Os corpos-de-prova de contração foram obtidos nos 10cm a partir do topo de cada uma das peças consideradas, fazendo-se a diferenciação entre corpos-de-prova da região de madeira juvenil (MJ) e de madeira adulta (MA) (Figura 2). No total foram produzidos 192 corpos-de-prova de contração (4 corpos-de-prova de madeira juvenil e 4 corpos-de-prova de madeira adulta por peça - corpos-de-prova pareados), totalizando 96 corpos-de-prova de madeira juvenil e 96 de madeira adulta. Na confecção desses corpos-de-prova seguiram-se as prescrições normativas de NBR 7190 (ABNT, 1997).



**Figura 2** Esquema da retirada do material para o estudo (Outline of the withdrawal of the material for the study)

Os limites entre as regiões de madeira juvenil (MJ) e adulta (MA) foram estabelecidos através de uma análise de regressão entre o número de anéis de crescimento e os comprimentos médios de seus respectivos traqueóides. A regressão foi estabelecida considerando-se um nível de significância de 5%.

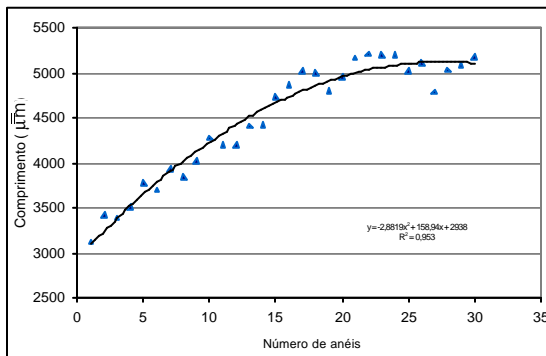
Para avaliação comparativa dos resultados das propriedades de contração entre madeira juvenil e adulta foi conduzida análise de variância (nível de significância de 5%) bem como calculados os valores médios, desvio padrão e os coeficientes de variação.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com uso do software SAS - Statistical Analysis Software.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Comprimento dos traqueóides axiais

No gráfico da Figura 3 é apresentada a curva resultante do comprimento médio dos traqueóides axiais na direção radial, à altura do peito das árvores, em função do número de anéis de crescimento.



**Figura 3**  
Variação do comprimento dos traqueóides  
(Variation of the length of the tracheids)

A regressão polinomial foi realizada a um nível de significância de 5%, conforme já comentado. O coeficiente de determinação da

equação ajustado ( $R^2=95,3\%$ ) foi altamente significativo ( $p<10^{-4}$ ). Da mesma forma, todos os coeficientes do polinômio obtido resultaram altamente significativos ( $p<10^{-4}$ ).

O comprimento dos traqueóides mostra um aumento acentuado e praticamente linear até o 12º anel de crescimento de aproximadamente 47%. A partir do anel 12 até o anel 20, o aumento no comprimento é menor ( $\approx 18\%$ ), tendendo para um valor mais estável e quase constante a partir deste último anel.

Esta tendência é característica de formação de madeira juvenil nos primeiros anos da árvore, comportamento semelhante ao observado por vários autores tais como Senft et al. (1986); Jackson e Megraw (1986) e Muñoz (1993). Estes autores afirmam que a taxa de incremento no comprimento dos traqueóides é bastante rápida até os primeiros 10 a 15 anéis, diminuindo gradativamente nos anéis subsequentes.

O valor do coeficiente de determinação ( $R^2 = 95,3\%$ ) obtido explica bem este comportamento, e foi semelhante aos obtidos para esta espécie por Muñoz (1993).

De acordo com este comportamento, a região compreendida entre o anel 12 e o anel 18 foi considerada de transição, ficando automaticamente definidas para este estudo a região de madeira juvenil (MJ) até o anel 12 e a região de madeira adulta (MA), desde o anel 18 até o anel 35.

Analisando os valores médios do comprimento dos traqueóides apresentados na Tabela 1, observa-se uma variação de aproximadamente 1,4 mm a 5,3 mm. Os resultados, no tocante ao padrão para espécies do gênero *Pinus*, são semelhantes aos obtidos por vários pesquisadores, tais como Nicholls, 1971 e Bendtsen e Senft, 1986. Valores médios apresentados na literatura para espécies do gênero *Pinus*, mostram incrementos no comprimento dos traqueóides que variam de 1,2 - 2,5 mm a

3,5 - 4,2 mm, entre o 1º ao 10º anel de crescimento (Cown, 1975 e Muñiz, 1993), semelhante aos observados neste estudo.

**Tabela 1**

Valores médios do comprimento dos traqueóides  
(Average values of the length of the tracheids)

	Mínimo	Máximo	Médio	s
Comprimento (µm)	1346	5353	4374	822,69

### Contração

Os valores médios obtidos para a contração radial, tangencial, longitudinal e volumétrica

da madeira juvenil e adulta são apresentados na Tabela 2.

A análise de variância (Tabelas 3 e 4), conduzida para os valores médios pareados (mesma posição em relação à altura da árvore - Figura 2, regiões A e B) mostrou diferenças significativas entre contrações nas madeiras juvenil e adulta (nível de significância de 5%) para as direções radial ( $p < 10^{-6}$ ), tangencial ( $p < 10^{-2}$ ) e volumétrica ( $p < 10^{-5}$ ). No caso da contração longitudinal, as diferenças obtidas entre os dois lenhos revelaram-se não-significativas ( $p > 0,1$ ).

**Tabela 2**

Valores da contração média da madeira juvenil e adulta  
(Average values of the shrinkage of the juvenile and mature wood)

	Contração radial (%)	Contração tangencial (%)	Contração longitudinal (%)	Contração volumétrica (%)
<b>Adulta</b>				
mínimo	2,95	4,68	0,14	8,12
máximo	8,38	9,45	0,71	16,53
média	6,43	7,89	0,47	14,20
s	1,06	0,75	0,12	1,53
C.V (%)	16,5	9,5	26,2	10,8
<b>Juvenil</b>				
mínimo	2,64	5,33	0,14	8,46
máximo	7,66	9,19	1,07	15,60
média	4,84	7,42	0,41	12,26
s	0,98	0,79	0,17	1,45
C.V (%)	20,3	10,6	41,6	11,8
<b>Contração média total</b>	<b>5,65</b>	<b>7,66</b>	<b>0,44</b>	<b>13,23</b>

**Tabela 3**

Resumo dos resultados da análise de variância  
(Summary of analysis of variance results)

	Contrações médias(%)			
	Longitudinal	Radial	Tangencial	Volumétrica
Madeira juvenil	0,41a	4,84a	7,42a	12,26a
Madeira adulta	0,47a	6,43b	7,89b	14,20b

**Nota:** Numa mesma coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente ( $p > 0,05$ )

**Tabela 4**

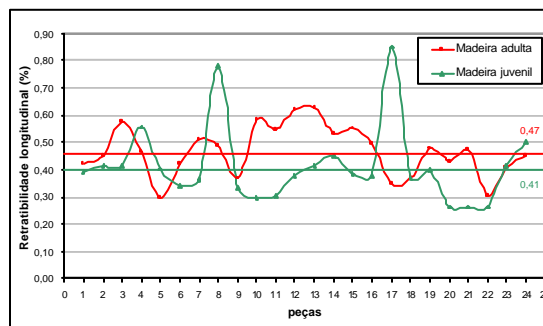
 Análise de variância para os valores das contrações da madeira juvenil e adulta  
 (Analysis of variance for shrinkage values of the shrinkage of the juvenile and mature wood)

Fonte variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	Fcrít.
<b>Contração radial</b>						
Entre grupos	29,7288	1	29,7288	38,3004	1,5086E-07	4,0517
Dentro dos grupos	35,7052	46	0,7762			
Total	65,4341	47				
<b>Contração tangencial</b>						
Entre grupos	2,8415	1	2,8415	7,2921	0,0097	4,0517
Dentro dos grupos	17,9248	46	0,3897			
Total	20,7663	47				
<b>Contração longitudinal</b>						
Entre grupos	0,0336	1	0,0336	2,3420	0,1328	4,0517
Dentro dos grupos	0,6599	46	0,0143			
Total	0,6935	47				
<b>Contração volumétrica</b>						
Entre grupos	45,6034	1	45,6034	29,7699	1,8751E-06	4,0517
Dentro dos grupos	70,4657	46	1,5319			
Total	116,0691	47				

Para avaliar a tendência do comportamento das contrações na madeira juvenil e adulta, foram elaborados os diagramas das Figuras 4, 5, 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 contração de 4 corpos-de-prova, para cada tipo de madeira - MJ e MA).

Na Figura 4, observa-se que o valor médio da contração longitudinal na madeira juvenil é inferior ao da madeira adulta. Embora a diferença tenha-se revelado não-significativa, a tendência aqui observada (contração menor na madeira juvenil) é contrária ao comportamento observado por outros autores (Meylan (1968); Meylan (1972; McAlister e Clark, 1992; McAlister e Powers (1992); McAlister e Powers (1994) e Ying et al. 1994). Contudo, estes valores podem estar de acordo com uma das conclusões de (McAlister e Clark, 1992) no sentido de que

nem toda a madeira juvenil das espécies do gênero *Pinus* tem contração longitudinal excessiva. Conforme observado na Tabela 2, o coeficiente de variação (C.V.) dos valores médios dessa contração para madeira juvenil (26,2%) foi superior em quase o dobro do observado nas medições de madeira adulta (41,6%).

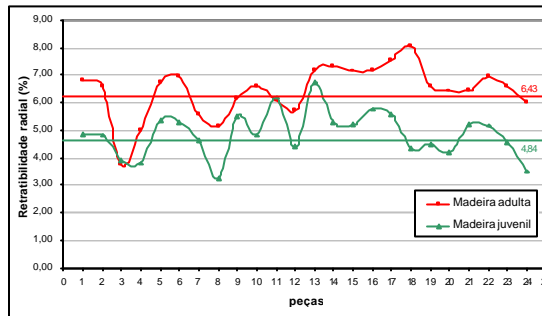


**Figura 4**  
 Contração longitudinal da madeira  
 (Longitudinal shrinkage of the wood)

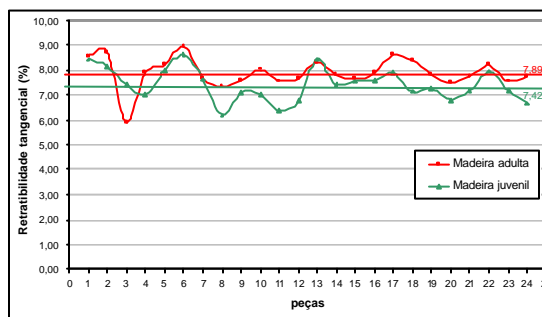
Da análise das Figuras 5, 6 e 7 observa-se que as contrações transversais médias (radial e tangencial) e a contração volumétrica da madeira juvenil são menores e mais variáveis que as respectivas da madeira adulta. Esse comportamento é uma das características da madeira juvenil observada por vários pesquisadores (Ramsay e Briggs, 1986; Bendtsen e Senft, 1986; McAlister e Clark, 1992; McAlister e Powers (1992); McAlister e Powers (1994) e Ying et al., 1994).

Os valores médios das contrações radial, tangencial e volumétrica da madeira juvenil, observáveis na Tabela 2, foram inferiores aos da madeira adulta, em 32,9 %, 6,33 % e 15,8 %, respectivamente. Essa tendência foi, no geral, semelhante à observada por McAlister e Clark, 1992 e McAlister e Powers, 1992 para esta espécie. Neste estudo a variação na contração radial foi sempre maior que aquela observada para a contração tangencial. A contração média radial foi 53 % menor que a contração tangencial na madeira juvenil, enquanto que na madeira adulta esse valor foi 23% inferior na contração radial, situação essa previsível. Corroborando resultados dos pesquisadores citados, a contração transversal (contração radial e contração tangencial) da madeira juvenil foi inferior (com diferenças significativas ao nível de 5% de significância) à observada para a madeira adulta.

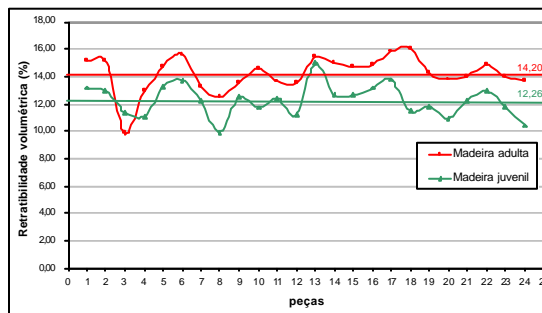
Os valores médios totais (contabilizando-se a madeira adulta e a madeira juvenil) da contração radial, tangencial e volumétrica encontrados para esta espécie, foram, respectivamente 5,7%, 7,7% e 13,2%. Estes valores são comparáveis aos publicados pelo USDA (1999) para esta espécie.



**Figura 5**  
Contração radial da madeira  
(Radial shrinkage of the wood)



**Figura 6**  
Contração tangencial da madeira  
(Tangential shrinkage of the wood)



**Figura 7**  
Contração volumétrica da madeira  
(Volumetric shrinkage of the wood)

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados para as propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. estudadas, pode-se concluir:



✓ O comprimento dos traqueóides axiais aumenta na direção radial da árvore (sentido medula-casca), sendo que os maiores aumentos ocorreram nos primeiros doze anéis de crescimento, havendo uma diminuição gradativa do comprimento nos anéis subseqüentes, até atingir um valor quase constante a partir do vigésimo anel;

✓ A tendência apresentada no comprimento dos traqueóides axiais confirma o padrão de variação no sentido transversal do tronco, em espécies de rápido crescimento do gênero *Pinus*;

✓ Os valores médios do comprimento dos traqueóides axiais foram semelhantes aos observados por vários pesquisadores para esta espécie;

✓ A contração longitudinal média da madeira juvenil (0,41%) não apresentou diferença significativa (5% de significância) em relação à contração longitudinal média da madeira adulta (0,47%), mas na madeira juvenil a contração longitudinal apresentou uma maior variabilidade (C.V. = 41,6);

✓ As contrações radiais, tangenciais e volumétricas da madeira juvenil foram estatisticamente diferentes e sempre menores que as da madeira adulta. As contrações radiais e tangenciais da madeira juvenil apresentaram uma maior variabilidade em relação à madeira adulta;

✓ A variação da contração radial entre a madeira juvenil e a madeira adulta, foi maior que a variação observada na contração tangencial para os dois tipos de madeira.

## AUTORES

HERNANDO ALFONSO LARA PALMA é Professor Assistente Doutor da UNESP - Universidade Estadual Paulista. Departamento de Recursos Naturais - Fazenda Lageado, s/n - Caixa Postal 237 - Botucatu, SP - 18603-970 - E-mail: larapalma@fca.unesp.br

ADRIANO WAGNER BALLARIN é Professor Adjunto da UNESP - Universidade Estadual Paulista. Departamento de Engenharia Rural - Fazenda Lageado, s/n - Caixa Postal 237 - Botucatu, SP - 18603-970 - E-mail: awballarin@fca.unesp.br

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira (NBR-7190)**. Rio de Janeiro, 1997. 107p.
- BARRET, J.D.; KELLOGG, R.M. Lumber quality from second growth managed forest. In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD-WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, Washington, 1985. **Proceedings**. Madison: Forest Products Research Society, 1986. p.12-16.
- BENDTSEN, B. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forest products 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.
- COWN, D.J. Variation in trachea dimensions in the stem of a 26-year-old radiata pine tree. **Appita**, v.28, n.4, p.237-245, 1975.
- ERICKSON, H.D.; HARRISON, A.T. Douglas-fir wood quality studies: part 1 - effects of age and stimulate growth on wood density and anatomy. **Wood science and technology**, v.8, p.225-265, 1974.
- FERNÁNDEZ-GOLFIN, J.I.; GUTIÉRREZ, A.O.; BOANZA, V.; DíEZ, R.; ÁLVAREZ, H.; RODRÍGUEZ, E. **Curso sobre metodologías de caracterización tecnológica de maderas**. Antigua: Centro de Investigación Forestal. INIA, 1999. 256p.
- HALLOCK, H. Observations on forms of juvenile core in loblolly pine. USDA. Forest Service. **FPL research note**, n.188, p.1-6, 1968.
- IAWA COMMITTEE - INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA bulletin**, v.10, n.219-332, 1989.

- JACKSON, M.; MEGRAW, R.A. 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, Madison, 1985. **Proceedings**. Madison: Forest Products Research Society, 1986. 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, Madison, 1985. **Proceedings**. Madison: Forest Products Research Society, 1986. p.5-11
- LAVERY, P.T. **Plantation forestry with *Pinus radiata*: review papers**. New Zealand: School of Forestry, University of Canterbury, 1986. 225p.
- McALISTER, R.; CLARK, A. Effect of geographic location and seed source on the bending properties of juvenile and mature loblolly pine. **Forest products journal**, v.41, n.9, p.39-41, 1991.
- McALISTER, R.; CLARK, A. Shrinkage of juvenile and mature wood of loblolly pine from three locations. **Forest products journal**, v.42, n.7/8, p.25-28, 1992.
- McALISTER, R.; CLARK, A.; SAUCIER, J. Effect of initial spacing on mechanical properties of lumber sawn from unthinned slash pine at age 40. **Forest products journal**, v.47, n.7/8, p.107-109, 1997.
- McALISTER, R.; POWERS, H. A comparison of some physical and mechanical properties of full-sib and half-sib loblolly pine. **Forest products journal**, v.44, n.2, p.42-44, 1994.
- McALISTER, R.; POWERS, H. Physical and mechanical properties of half-sib families of rust-resistant loblolly pine. **Forest products journal**, v.42, n.11/12, p.15-20, 1992.
- McMILLIN, C.W. Fibril angle of loblolly pine wood as related to specific gravity, growth rate and distance from the pith. **Wood science and technology**, n.7, p.251-255, 1973.
- MEYLAN, B.A. Cause of high longitudinal shrinkage in wood. **Forest products journal**, v.18, n.4, p.75-78, 1968.
- MEYLAN, B.A. The influence of microfibril angle on the longitudinal shrinkage-moisture content relationship. **Wood science and technology**, n.6, p.293-301, 1972.
- 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, 1993. 236p. Tese (Doutorado). Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná
- 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.
- PEARSON, N.C.; GILMORE, R.C. Effect of fast growth rate on the mechanical properties of loblolly pine. **Forest products journal**, v.30, n.5, p.47-54, 1980.
- RAMSAY, W.; BRIGGS, D. Juvenile wood: has it come of age? In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD-WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, Madison, 1985. **Proceedings**. Madison: Forest Products Research Society, 1986. p.5-11.
- SENFT, J.F.; BENDTSEN, B.A.; GALLIGAN, W.L. Weak wood. **Journal of forestry**, n.83, p.476-485, 1985.
- SENFT, J.F.; QUANCI, M.J.; BENDTSEN, B.A. Property profile of 60-year-old douglas-fir. In: A TECHNICAL WORKSHOP: JUVENILE WOOD-WHAT DOES IT MEAN TO FOREST MANAGEMENT AND FOREST PRODUCTS, Madison, 1985. **Proceedings**. Madison: Forest Products Research Society, 1986. p.17-28.
- TOMASELLI, I. Planted forests in Brazil. In: PLANTED FORESTS IN SARAWAK: AN INTERNATIONAL CONFERENCE, Sarawak, 1998. **Proceedings**. Sarawak: Kuching Forest Department, 1998. p.2-35
- USDA. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Washington, 1999. 259p.
- VIGNOTE, S.; JIMÉNEZ, F. **Tecnología de la madera**. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1996. 602p.
- WHEELER, E.A. Anatomical and biological properties of juvenile wood in conifers and hardwoods. In: ANNUAL MEETING OF THE FOREST PRODUCTS RESEARCH SOCIETY, 41, Louisville, 1983. **Proceedings**. Kentucky, 1983. 2p.
- YING, L.; KRETSCHMANN, D.; BENDTSEN, B. Longitudinal shrinkage in fast-grown loblolly pine plantation wood. **Forest products journal**, v.44, n.1, p.58-62, 1994.
- ZOBEL, B. Wood quality from fast-grown plantations. **Tappi**, v.64, n.1, p.71-74, 1981.
- ZOBEL, B.J.; VAN BUIJTENEN, J.P. **Wood variation: its causes and control**. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 361p.