

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

v.5, n.1, p.67-73, jan.-mar., 2010

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 515 - 26/02/2009 • Aprovado em 07/10/2009

Rafael R. Melo¹Diego M. Stangerlin¹Cláudio H. S. Del Menezzi¹Darci A. Gatto²Leandro Calegari³

Caracterização física e mecânica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo determinar as propriedades da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Os ensaios foram realizados conforme recomendações das normativas ASTM D 143 e ASTM D 2555. As amostras de madeira foram obtidas de três árvores com aproximadamente 50 anos de idade e DAP superior a 40 cm, foram retiradas amostras da região próxima à casca (lenho adulto) e próxima à medula (lenho juvenil). Os resultados apresentaram que a madeira da região próxima à casca apresenta maior estabilidade dimensional e resistência que a madeira proveniente da região próxima à medula.

Palavras-chave: qualidade da madeira, propriedades físico-mecânicas

Physical and mechanical characterization of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze wood

ABSTRACT

This work aimed at evaluating of the wood technology characterization of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. The tests physical-mechanical were realized according to ASTM D 143 and ASTM D 2525 normative recommendations. Three trees from a 50 years old and superior diameter of 40 cm were harvested. Samples were taken near the pith (juvenile wood) and the bark (mature wood). The results indicated that mature wood presented highest dimensional stability and resistance than juvenile wood.

Key words: wood quality, physical-mechanical properties

¹ Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Campus Darcy Ribeiro, Faculdade de Tecnologia (FT), Departamento de Engenharia Florestal, Bloco A, Asa Norte, CP 04357, CEP 70904-970, Brasília, DF. Fone: (61) 3107-2700. Fax: (61) 3107-5640. E-mail: rrmelo2@yahoo.com.br;

diego_stangerlin@yahoo.com.br; cmenezzi@unb.br

² Universidade Federal de Pelotas, Engenharia Industrial Madeireira, Campus Capão do Leão, CP 354, CEP 96010-900, Capão do Leão-RS. Fone: (53) 3275-7161. Fax: (53) 3275-7373. E-mail: darcigatto@yahoo.com

³ Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Campus de Patos-PB, Fone: (83) 3423-9713. Fax: (83) 3423-9537. E-mail: leandrocalegari@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O gênero *Araucaria*, pertencente à Família Araucariaceae, é exclusivo do hemisfério Sul, representada apenas por duas espécies na América, *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch de ocorrência no Chile e Argentina, e *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Argentina, Brasil e Paraguai (Joly, 1975). *Araucaria angustifolia* foi durante um longo período a principal matéria-prima madeireira de importância econômica no Sul do país. A exploração desordenada, realizada desde o início do século XIX, reduziu drasticamente suas reservas, trazendo dificuldades para a indústria madeireira que não se preveniu contra a falta do produto (Santini et al., 2000). Possui madeira leve com massa específica básica de aproximadamente $0,55 \text{ g cm}^{-3}$ sendo pouco durável quando exposta ao tempo. Apresenta boas características físico-mecânicas, sendo indicada para construções em geral, caixotaria, móveis, laminados e vários outros usos, entre os quais tábuas para forro, ripas, palitos de fósforo e lápis (Lorenzi, 1992).

A maioria dos estudos de variabilidade do lenho demonstra uma tendência de aumento das propriedades de resistência no sentido medula-casca. Esta variação é observada com maior intensidade em espécies de coníferas e deve-se principalmente a presença abundante de lenho juvenil formado pelos indivíduos jovens. A madeira juvenil, porção do tronco da árvore que cerca a medula, é caracterizada por uma mudança progressiva nas características da célula e nas propriedades da madeira (Panshin & De Zeeuw, 1980). Larson (1973), afirmou que essa variação radial ao longo do tronco pode ser explicada por mudanças nas dimensões dos traqueídes e, em último caso, pelo crescimento e produção hormonal.

O lenho juvenil ou madeira juvenil corresponde a uma região central da árvore, de forma cilíndrica, com diâmetro mais ou menos uniforme, estendendo-se desde a base até o topo da árvore, podendo formar parte do alburno ou do cerne no tronco, se esse último já estiver presente na árvore. Por sua vez, o lenho adulto ou madeira adulta é formado na fase adulta da árvore sempre posterior ao lenho juvenil (Gatto et al., 2008b). Segundo McAlister & Clark III (1992), para algumas espécies de coníferas a produção de madeira juvenil ocorre desde os 6 até os 14 anos. Já Biblis et al. (1993) relataram que a produção de lenho juvenil para tais espécies pode se estender desde os 10 até 20 anos. Haselein et al. (2000) destacam que a madeira juvenil apresenta características indesejáveis, tais como uma maior contração longitudinal e baixa resistência mecânica.

Comparado com o lenho adulto, o lenho juvenil se difere por apresentar uma massa específica mais baixa, maior ângulo microfibrilar, traqueóides mais curtos, menor contração transversal, maior contração longitudinal, maior proporção de lenho de reação, menor porcentagem de lenho outonal, paredes celulares mais finas, maior conteúdo de lignina, menor conteúdo de celulose e menor resistência mecânica (Latorraca & Albuquerque, 2000).

Embora a madeira juvenil não seja necessariamente inferior, por exemplo, para indústria de celulose e papel, é sabido que suas características podem afetar algumas propriedades da madeira sólida (Zobel, 1984). Dessa forma, Gatto et al.

(2008b) destacaram que há interesse considerável no seu conhecimento, pois a proporção desse tipo de lenho influencia na qualidade dos produtos de desbaste, no manejo e na administração da colheita final.

Segundo Haselein et al. (2000), apesar dos estudos não serem conclusivos, uma maior quantidade de madeira juvenil é produzida em espaçamentos iniciais mais abertos nos quais a competição é tardia. De modo geral, o manejo de florestas no Brasil, tem visado apenas aumentar o volume de madeira produzido, sem muita preocupação com a sua resistência. Isso faz com que a maior proporção de madeira obtida de plantios florestais, mesmo que obtidas de indivíduos adultos, não sejam adequadas para serraria.

Devido ao rápido crescimento, as espécies do gênero *Pinus* plantadas no sul do Brasil, atingem dimensões de comercialização ainda muito jovens. A madeira proveniente de árvores jovens difere daquela de árvores mais velhas, devido à maior porcentagem de lenho juvenil (Latorraca & Albuquerque, 2000). O exemplo disso, Stumpp (1992), verificou para madeira de pinus, aos 20 anos, um MOE médio de 6.000 MPa, comparando com aproximadamente 10.000 para árvores adultas de *Araucaria angustifolia*.

Árvores de araucária apresentam, a exemplo de inúmeras outras espécies de coníferas, a capacidade de gravarem em seu tronco, por meio dos anéis de crescimento, as variáveis ecológicas do ambiente constituindo em importante fonte de informação para caracterização indireta de inúmeros aspectos da madeira (Wehr & Tomazello Filho, 2000). O ponto de transição para entre a madeira juvenil e adulta varia entre espécies e indivíduos, entretanto, Muñiz (1993) destacou que o lenho juvenil tem seu limite entre o quinto e o vigésimo anel. Nesse sentido, objetivou-se quantificar as propriedades físico-mecânicas da madeira de *Araucaria angustifolia* proveniente da região próxima à medula (lenho juvenil) e próxima à casca (lenho adulto).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram abatidas três árvores com aproximadamente 50 anos de idade e DAP superior a 40 cm na FLONA de São Francisco de Paula, no Estado do Rio Grande do Sul. A coleta das árvores foi realizada com autorização do órgão ambiental responsável. De cada árvore, foram retirados toretes, da região basal, de aproximadamente 1,2 m, os quais foram seccionados em pranchões centrais. Posteriormente, os pranchões foram divididos em duas seções, próximas à medula e próxima à casca, conforme recomendado pela American Society for Testing and Materials – ASTM D 143 (1995). A delimitação dos lenhos juvenil e adulto foi feita de forma subjetiva, conforme pode ser observado na Figura 1. Entretanto, parâmetros como massa específica, número de anéis por centímetro linear e percentual de lenho tardio foram utilizados para descartar amostras para um dado tipo de lenho.

Dentre os testes físicos, foi determinada a estabilidade dimensional da madeira por meio dos coeficientes de retratibilidade linear e volumétrica, o fator de anisotropia (relação T/R) e o poder calorífico superior da madeira. Para a caracteri-

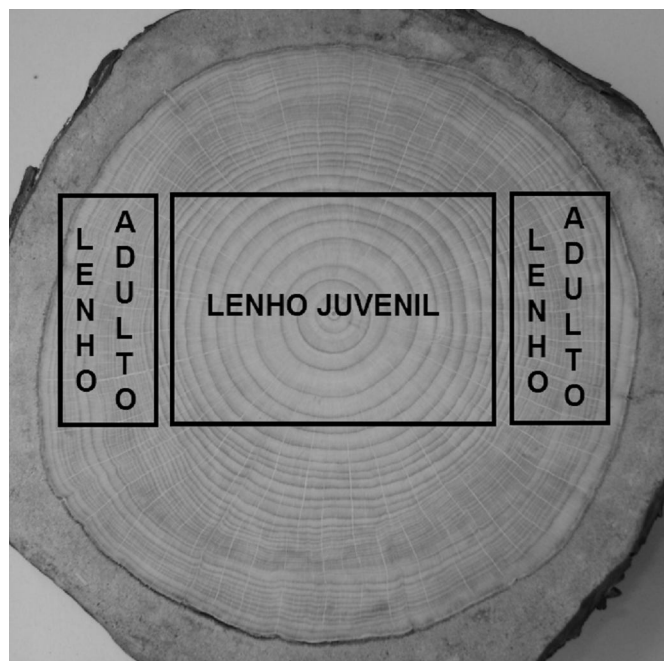


Figura 1. Posições de onde foram retiradas as amostras de madeira para realização dos ensaios físico-mecânicos

Figure 1. Position of where were obtained the wood samples for physical-mechanics tests realization

zação mecânica foram realizados os ensaios de flexão estática, compressão paralela às fibras e flexão dinâmica (para os lenhos juvenil e adulto) e, tração paralela, tração perpendicular, cisalhamento, fendilhamento e dureza Janka (apenas para o lenho adulto), todos estes conforme recomendações da normativa ASTM D 2555 (1995).

Nos ensaios físicos, utilizaram-se 50 amostras de cada lenho para mensuração da estabilidade dimensional das amostras e, para os testes mecânicos, foram empregadas 25 repetições para cada teste. Antecedendo os ensaios físico-mecânicos foram determinadas as dimensões e massa das amostras ao teor de umidade de 12%, utilizando paquímetro digital e balança analítica com precisões, respectivamente, de 0,01 mm e 0,01 g. Estes valores foram utilizados posteriormente na determinação da massa específica aparente a 12% das amostras. O percentual de lenho tardio (LT) e o número de anéis por centímetro linear no sentido radial (NA), também foram tomados na seção transversal de cada amostra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 podem ser observados os parâmetros físicos observados para a madeira de *Araucaria angustifolia*. Dentre as variáveis avaliadas, apenas o teor de umidade de equilíbrio não apresentou diferença estatística significativa ($p > 0,05$) para variação entre o tipo de lenho. Observa-se que a massa específica, o número de anéis por centímetro linear e o percentual de lenho tardio variaram nas diferentes regiões, demonstrando ascendência da medula para casca. Segundo

Tabela 1. Parâmetros físicos observados para a madeira de *Araucaria angustifolia*

Table 1. Physical parameters observed for *Araucaria angustifolia* wood

| Propriedade | Lenho Juvenil | Lenho Adulto |
|---------------------------------------|---------------|--------------|
| ME (g cm ⁻³)* | 0,39 | 0,48 |
| NA (unid. cm ⁻¹)* | 1,59 | 3,56 |
| LT (%)* | 19,54 | 48,73 |
| R _L (%)* | 0,45 | 0,33 |
| R _R (%)* | 5,27 | 4,11 |
| R _T (%)* | 7,41 | 6,73 |
| R _V (%)* | 14,22 | 10,81 |
| Relação ^T / _R * | 1,41 | 1,64 |
| TU _{EQ} (%) ^{NS} | 12,19 | 11,80 |
| TU _S (%)* | 59,87 | 51,59 |
| PCS(kcal kg ⁻¹) | - | 4.705,00 |

Em que: ME = massa específica aparente ao teor de umidade de equilíbrio; NA = número de anéis; LT = percentual de lenho tardio; R_L, R_R, R_T = coeficientes de retratibilidade linear - longitudinal, radial e tangencial; R_V = retratibilidade volumétrica; ^T/_R = relação entre retratibilidade tangencial e radial; TU_{EQ} = teor de umidade de equilíbrio alcançando em câmara climatizada e teor de umidade após saturação; TU_S = teor de umidade de equilíbrio alcançando em câmara climatizada e teor de umidade após saturação; PCS = poder calorífico superior; * e ^{NS} = variação significativa e não significativa entre os tipos de lenhos pelo teste t de Student ($p < 0,05$)

Moreschi (2005), esse comportamento é tido como padrão para a madeira de coníferas e ocorre devido diferenças na largura dos anéis e das proporções de lenho inicial e tardio.

A retratibilidade longitudinal (R_L) apresentou os menores valores, seguido pela radial (R_R) e por fim a tangencial (R_T). Tais resultados estão de acordo com afirmações feitas por vários autores, dentre eles Galvão & Jankowsky (1985), Durlo & Marchiori (1992) e Del Menezzi (2006), os quais mencionaram que a retratibilidade longitudinal é mínima e a radial é menor que a obtida no sentido tangencial, a qual é a mais importante para fins práticos de utilização da madeira maciça.

Em todos os casos analisados, de retratibilidade linear e retratibilidade volumétrica (R_V), foi observado que a madeira obtida da região próxima à casca (lenho adulto) apresentou-se mais estável que aquela que fora obtida da região próxima à medula (lenho juvenil). Esta maior variação dimensional pode ser atribuída a um maior ângulo das microfibrilas que ocorre no lenho juvenil, proporcionando uma maior contração ou inchamento (Durlo & Marchiori, 1992).

Para a relação entre a retratibilidade tangencial e radial (^T/_R), também conhecida como fator anisotrópico, foi encontrado o valor de 1,41 para o lenho juvenil e, de 1,64 para o lenho adulto. Os resultados obtidos foram inferiores ao observados por Jankowsky et al. (1990), que registrou um valor de 1,95 para o fator de anisotropia da madeira dessa espécie. Segundo uma classificação estabelecida por Nock et al. (1975), este fator apresenta-se como ótimo até 1,50, normal entre 1,50 e 2,00 e ruim, quando é superior a 2,00. Deste modo, embora o lenho juvenil tenha apresentado isoladamente valores superiores de inchamento linear e volumétrico, os resultados indicaram um inchamento mais homogêneo entre as diferentes posições das amostras.

A massa específica e a retratibilidade volumétrica obtiveram correlações significativas com todos os coeficientes, exceto com o fator anisotrópico (Tabela 2). O aumento da massa específica promoveu a diminuição da estabilidade dimensional da madeira. Este resultado está de acordo com o obtido por Rezende (2003), que ao avaliar a madeira de *Pinus caribea*, evidenciou uma maior retratibilidade com o aumento

Tabela 2. Correlações entre a massa específica e a retratibilidade linear e volumétrica**Table 2.** Correlations between density and the linear and volumetric shrinkage

| | R _L | R _R | R _T | R _V | T _R |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ME | -0,33** | -0,42** | -0,45** | -0,77** | 0,14 NS |
| R _L | - | 0,20** | 0,16 NS | 0,27** | -0,05 NS |
| R _R | - | - | -0,07 NS | 0,46** | -0,77** |
| R _T | - | - | - | 0,59** | 0,41** |
| R _V | - | - | - | - | -0,09 NS |

Em que: ME = massa específica aparente ao teor de umidade de equilíbrio; R_L, R_R, R_T, R_V = coeficientes de retratibilidade linear – longitudinal, radial e tangencial; T_R = relação entre retratibilidade tangencial e radial; ** e NS correlação significativa e não significativa pelo teste de Pearson (p < 0,01)

da massa específica. Bao et al. (2001) também observaram para algumas espécies florestais que as madeiras de menores densidades apresentam maior instabilidade dimensional.

A resistência mecânica da madeira de *Araucaria angustifolia* para os diferentes tipos de ensaios pode ser visualizada na Tabela 3. Em todos os casos, que foi avaliada a resistência mecânica do lenho juvenil e adulto, separadamente, evidenciou-se resistência superior para o lenho adulto. Haselein et al. (2000) também observaram para madeira de *Pinus elliotii* com 30 anos de idade, que a resistência da madeira obtida da região próxima à casca foi significativamente superior àquela encontrada para amostras retiradas próximas à medula. Este comportamento está de acordo com Larson (1973), que afirmou que resistência mecânica da madeira pode ser significativamente influenciada pela quantidade de lenho juvenil presente nas amostras de madeira.

Tabela 3. Resistência mecânica da madeira de *Araucaria angustifolia***Table 3.** Mechanical resistance of the *Araucaria angustifolia* wood

| Propriedades | Juvenil | Adulto |
|------------------------------|---------|--------|
| Módulo de Elasticidade (MOE) | | |
| Flexão (MPa)* | 5.985 | 7.596 |
| Compressão \perp (MPa)* | 10.897 | 14.367 |
| Módulo de Ruptura (MOR) | | |
| Flexão (MPa)* | 52,09 | 61,61 |
| Compressão \perp (MPa)* | 37,35 | 42,98 |
| Resistência ao Impacto | | |
| W (kgm)* | 0,87 | 1,41 |
| K (kgf cm ⁻²)* | 0,11 | 0,20 |
| CD* | 0,53 | 0,67 |
| RT (%) | 100,00 | 60,00 |
| RP (%) | 0,00 | 40,00 |
| Resistência Máxima | | |
| Tração \parallel (MPa) | - | 89,19 |
| Tração \perp (MPa) | - | 3,62 |
| Cisalhamento (MPa) | - | 6,27 |
| Fendilhamento (MPa) | - | 0,39 |
| Dureza Janka (MPa) | - | 33,14 |

Em que: \parallel = paralela; \perp = perpendicular; W = trabalho absorvido; K = coeficiente de resiliência; CD = cota dinâmica; RT e RP = ruptura total e parcial das amostras; * = variação significativa pelo teste t de Student (p < 0,05)

Para o lenho adulto, o módulo de elasticidade (MOE) obtido pelo ensaio de flexão estática foi inferior ao observado em outros estudos (Mainieri & Chimelo, 1989; Pedrosa & Mattos, 1987; United States Department of Agricultural – USDA, 1999), que verificaram valores que variaram entre 8.216 a 10.716 MPa. Da mesma forma, ocorreu com o módulo de

ruptura (MOR), sendo os resultados obtidos pelos supracitados autores superiores ao deste estudo, com valores variando de 76 a 85 MPa.

Para o MOE e MOR obtidos por ensaios de compressão paralela as fibras, Bortoleto Junior (2008) observou que os valores para sete espécie de *Pinus* variaram entre 6.705 e 13.320 para o MOE e, entre 32 e 44 MPa para o MOR. Estes valores foram relativamente próximos aos observados no presente estudo.

As correlações entre o MOE, MOR, a massa específica (ME) e o número de anéis por centímetro linear (NA) para madeira de araucária, podem ser observadas na Tabela 4. Todas as correlações apresentaram variação significativa (p < 0,01), sendo a maior delas entre a ME e o NA. Segundo

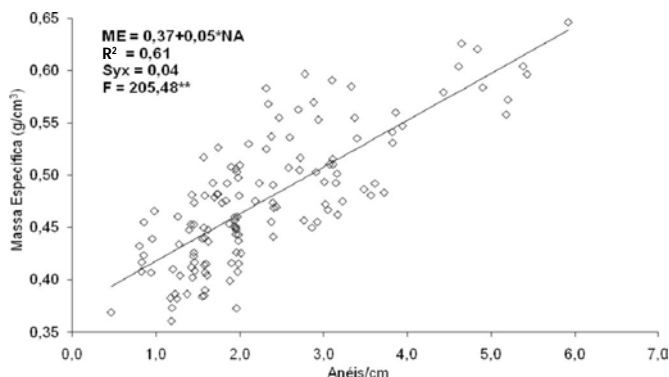
Tabela 4. Correlação entre a massa específica (ME), o número de anéis (NA) e os módulos de elasticidade e ruptura (MOE e MOR) obtidos pelo ensaio de flexão estática**Table 4.** Correlation between density (ME), number of the rings (NA) and elasticity and rupture modulus (MOE and MOR) for static bending

| | MOE | NA | ME |
|-----|--------|--------|--------|
| MOR | 0,70** | 0,69** | 0,75** |
| MOE | - | 0,66** | 0,46** |
| NA | - | - | 0,79** |

** correlação significativa pelo teste de Pearson (p < 0,01)

Larson (1973), o MOE e o MOR são altamente correlacionados pela ME e, portanto, são influenciados pela quantidade de madeira juvenil existente. Por sua vez, Haselein et al. (2000), afirmaram que para madeira de coníferas, o número de anéis por polegada linear pode ser um importante parâmetro para predição de sua resistência. Todavia, Moreschi (2005) afirmou que a largura dos anéis de crescimento não é uma referência segura para avaliação das propriedades da madeira, mas ressalta que para a maioria das coníferas, quanto mais largo o anel, maior será a proporção de lenho inicial e, conseqüentemente menor a sua massa específica e resistência.

Nas Figuras a seguir podem ser observadas as equações lineares ajustadas para a ME em função do NA (Figura 2), para o MOR em função do MOE (Figura 3), para o MOR em

**Figure 2.** Equação ajustada para a massa específica em função do número de anéis/cm**Figure 2.** Adjusted equation for the density in function of the number of rings/cm

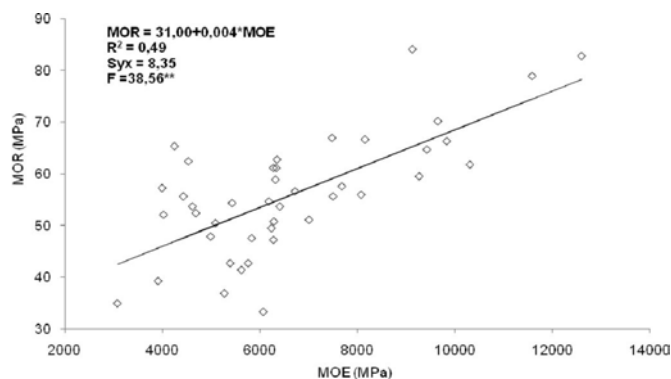


Figura 3. Equação ajustada para o MOR em função do MOE

Figure 3. Adjusted equation for the MOR in function of the MOE

função da ME e do NA (Figura 4.A e 4.B) e, para o MOE em função da ME e NA (Figura 5.A e 5.B). Todos os modelos gerados foram significativos pelo teste de F.

A massa específica é reconhecidamente uma das propriedades que mais fornece informações a respeito das características da madeira, por estar relacionada com sua resistência e rigidez. Embora este seja um parâmetro relativamente de fácil obtenção, o uso de caracteres macroscópicos como o número de anéis de crescimento por área, apresenta uma alta correlação com a massa específica e, conseqüentemente, com as demais propriedades (Tabela 4 e Figura 2), agilizará a obten-

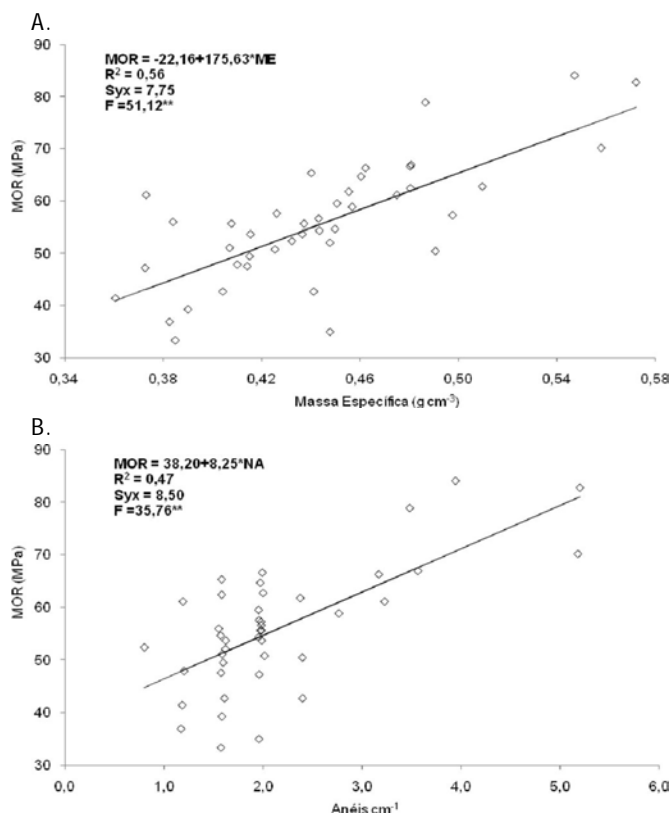


Figura 4. Equação ajustada para o MOR em função da massa específica (A) e do número de anéis/cm (B)

Figure 4. Adjusted equation for the MOR in function of the density (A) and the number of rings/cm (B)

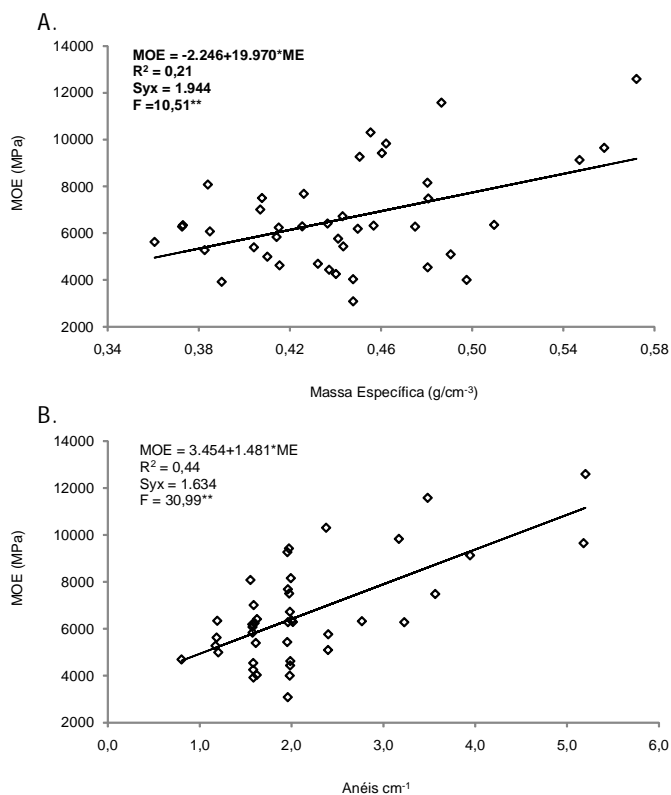


Figura 5. Equação ajustada para o MOE em função da massa específica (A) e do número de anéis/cm (B)

Figure 5. Adjusted equation for the MOE in function of the density (A) and of the number of rings/cm (B)

ção de resultados e daria de forma mais rápida um maior embasamento qualitativo ao comércio de madeiras.

A norma ASTM D 2555 (1995) sugeriu um coeficiente de correlação mínimo de 0,50 para estimativas confiáveis, pode-se concluir que o número de anéis por cm pode ser utilizado para a estimativa da massa específica da madeira de *Araucaria angustifolia*, que apresentou coeficiente de correlação de 0,61 (Figura 2). Haselein et al. (2000), referindo-se a madeira de *Pinus ellioti*, classificou-a como de elevada resistência quando continha mais de 5 anéis por polegada (ou 2 anéis/cm). Considerando esta classificação para o presente estudo, ocorreu predomínio de madeira de elevada resistência, uma vez que a maior porcentagem das amostras analisadas apresentou mais de 2 anéis por centímetro linear.

A relação entre MOE e MOR é útil para a classificação de peças de madeira através de teste mecânico não-destrutivo. Esse processo é automatizado, e por meio da flexão das peças, sem seu rompimento, pode-se obter o MOE. A partir desse, estima-se o MOR, que em condições normais seria obtido pela ruptura da peça (Carreira & Dias, 2006). Desta forma, pode-se dizer que o coeficiente de correlação observado neste estudo permite, de maneira genérica, fazer a classificação de peças de *Araucaria angustifolia*, considerando-se o coeficiente de correlação mínimo sugerido de 0,50 pela ASTM D 2555 (1995).

Apesar de todos os modelos matemáticos gerados apresentarem-se significativos pelo teste de F, ocorreu baixa cor-

relação. Melhores ajustes foram observados por Gatto et al. (2008a) em madeira de *Pinus elliottii* Engelm., sendo que também observaram aumento do MOE e MOR com o aumento da massa específica, com r^2 igual a 0,56 e 0,65, respectivamente.

Alta relação linear entre massa específica e as propriedades relacionadas à flexão estática têm sido comprovadas por diversos pesquisadores. No entanto, a grande diferença de propriedades mecânicas observadas entre a madeira adulta e juvenil não ocorrem exclusivamente pela diferença de massa específica, sendo a diferença entre os ângulos fibrilares dos traqueídes da madeira juvenil (55°) e da adulta (20°) o maior responsável por essas variações (Latorraca & Albuquerque, 2000)

CONCLUSÕES

A madeira de *Araucaria angustifolia* demonstrou uma maior instabilidade dimensional para amostras retiradas da região próxima a medula.

A resistência mecânica da madeira retirada das posições mais externas, próximas a casca, foi significativamente superior àquela formada próxima a medula.

O uso de caracteres macroscópicos de fácil obtenção, como percentual de lenho tardio ou número de anéis de crescimento por centímetro linear, pode ser utilizado para a predição da resistência da madeira de *Araucaria angustifolia*.

LITERATURA CITADA

- American Society for Testing and Materials – ASTM D 143. Standard test methods for small clear specimens of timber. Philadelphia: ASTM, 1995. 31p.
- American Society for Testing and Materials – ASTM D 2555. Standard test methods for establishing clear wood strength values. Philadelphia: ASTM, 1995. 18p.
- Bao, F.C.; Jiang, Z.H.; Jiang, X.M.; Lu, X.X.; Luo, X.Q.; Zhang, S.Y. Differences in Wood properties between juvenile Wood and mature wood in 10 species grown in China. *Wood Science and Technology*, v.35, n.4, p.369-375, 2001.
- Biblis, E.J.; Brinker, R.; Carino, H.F. Effect of stand age on flexural properties and grade compliance of lumber from loblolly pine plantation timber. *Forest Products Journal*, v.43, n.2, p.23-28, 1993.
- Bortoleto Junior, G. Estudo de algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus merkusii*. *Scientia Forestalis*, v.36, n.79, p.237-243, 2008.
- Carreira, M.R.; Dias, A.A. Critérios para classificação visual de peças estruturais de *Pinus sp.* *Cadernos de Engenharia de Estruturas*, São Carlos, v. 8, n. 34, p. 17-43, 2006.
- Del Menezzi, C.H.S. Instabilidade dimensional da madeira e de seus subprodutos: causas, consequências e prevenção. Brasília: UnB, 2006. 37p. (Comunicações Técnicas Florestais, v.8, n.2).
- Durlo, M.A.; Marchiori, J.N.C. Tecnologia da madeira: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC/UFSM, 1992. 33p. (Série Técnica, 10).
- Galvão, A.P.M.; Jankovsky, I. Secagem racional da madeira. São Paulo: Nobel, 1985. 112p.
- Gatto, D.A.; Calegari, L.; Santini, E. J.; Stangerlin, D.M.; Trevisan, R.; Oliveira, L.S. Propriedades da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. submetida a diferentes temperaturas de secagem. *Cerne*, v. 14, n. 3, p. 220-226, 2008a.
- Gatto, D.A.; Haselein, C.R.; Buligon, E.A.; Calegari, L.; Stangerlin, D.M.; Oliveira, L.S.; Santini, E.J. Estimativa da idade de segregação do lenho juvenil e adulto por meio de Parâmetros anatômicos para madeira de *Luehea divaricata* Mart. *Ciência Florestal*, v.18, n.4, p.535-540, 2008b.
- Haselein, C.R.; Cechin, E.; Santini, E.J.; Gatto, D.A. Características estruturais da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. aos 30 anos de idade. *Ciência Florestal*, v.10, n.2, p.135-144, 2000.
- Jankowsky, I.P.; Chimelo, J.P.; Cavalcante, A.A.; Galina, I.C.M.; Nagamura, J.C.S. Madeiras brasileiras. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.
- Joly, A.B. Botânica: introdução a taxonomia vegetal. 2. ed. São Paulo: Editora Nacional - EDUSP, 1975. 777p.
- Larson, P.R. The physiological basis for wood specific gravity in conifers. In: IUFRO Division 5 Meeting, 1973, Stellenbosch. *Proceedings*. Stellenbosch: [s.n.], 1973. v.2, p.672-680.
- Latorraca, J.V.F.; Albuquerque, C.E.C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. *Floresta e Ambiente*, v.7, n.1, p.279-291, 2000.
- Lorenzi, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.
- Mainieri, C.; Chimelo, J.P. Fichas de características das madeiras brasileiras. São Paulo: IPT, 1989. 418p.
- McAlister, H.; Clark III, A. Shrinkage of juvenile and mature wood loblolly pine from three locations. *Forest Products Journal*, v.42, n.7, p.25-28, 1992.
- Moreschi, J.C. Propriedades tecnológicas da madeira. Curitiba: UFPR, 2005. 169p. (Manual didático).
- Muñiz, G.I.B. Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1993. 236p. Tese Doutorado.
- Nock, P.H.; Richter, H.G.; Burger, L.M. Tecnologia da madeira. Curitiba: UFPR, 1975. 216p.
- Panshin, A. J.; De Zeeuw, C. Text book of wood technology. 4. ed. New York: Mc. Graw Hill, 1980. 722p.
- Pedroso, O.; Mattos, J.R. Estudo sobre madeiras do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Ataliba Paz, 1987. 181p.
- Rezende, M.A. Retratibilidade da madeira de *Pinus caribea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis* e suas relações com umidade e densidade. *Scientia forestalis*, n.64, p.120-127, 2003.
- Santini, E.J.; Haselein, C.R.; Gatto, D.A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. *Ciência Florestal*, v.10, n.1, p.85-93, 2000.

- Stumpp, E. Valores físico-mecânicos de *Pinus* spp. em comparação com *Araucaria angustifolia*. In.: Congresso Florestal Estadual 7., 1992, Nova Prata, RS. Anais... Nova Prata, 1992. p. 1413-1420.
- United States Department of Agriculture – USDA. Wood handbook: as an engineering material. Madison: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. 486p. (General Technical Report FPL, GTR-113).
- Wehr, N. J.; Tomazello Filho, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de raios X. *Scientia Forestalis*, n.58, p.161-170, 2000.
- Zobel, B.J. The changing quality of the world wood supply. *Wood Fiber Science*, v.18, n.1, p. 1-17. 1984.