

**PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Araucaria angustifolia*
(Bertol.) EM TRÊS ESTRATOS FITOSSOCIOLÓGICOS**

Rafael Beltrame¹, Joel Telles de Souza², Wagner Gugel Machado³, Magnos Alan Vivian⁴,
Ediane Andréia Buligon⁴, Dalva Terezinha Pauleski⁵, Darci Alberto Gatto⁶,
Clovis Roberto Haselein⁷

Resumo: O estudo das propriedades físico-mecânicas da madeira é essencial para sua utilização industrial, tanto na construção civil como na confecção de móveis. Desse modo, o estudo teve como objetivo determinar as propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Araucaria angustifolia* em três estratos fitossociológicos. Para tanto, foram abatidas 15 árvores, sendo cinco pertencentes ao estrato superior, cinco ao estrato médio e cinco ao estrato inferior. As árvores foram desdobradas para a confecção de corpos-de-prova utilizados para os ensaios mecânicos. Na caracterização mecânica da madeira da espécie foram realizados os ensaios de resistência ao impacto, flexão estática, compressão axial e perpendicular as fibras. Já para a caracterização das propriedades físicas, determinou-se a massa específica aparente a 12% de umidade para cada extrato. Os resultados obtidos não apresentaram diferenças significativas para os ensaios de resistência ao impacto e flexão estática em razão dos estratos fitossociológicos. Já para a massa específica aparente, compressão axial e perpendicular, verificou-se uma variação dos valores das propriedades entre os estratos fitossociológicos, sendo em geral, melhores no estrato médio e superior. Portanto as propriedades físico-mecânicas tendem apresentar valores superiores nestes dois estratos. A análise dos dados permitiu classificar que a madeira de *Araucaria angustifolia*

¹ Engenheiro Florestal, M.Sc., Doutorando em Engenharia Florestal do PPGEF-UFSM. <browbeltrame@yahoo.com.br>

² Acadêmico do curso de Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, nº 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), <joeltelles@hotmail.com>

³ Engenheiro Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, nº 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), <wagnergugel@gmail.com>

⁴ Engenheiro Florestal, Mestrando em Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS. <magnosalan@yahoo.com.br; edianeandrea@yahoo.com.br>

⁵ Engenheira Florestal, M. Sc., Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, nº 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), <dpaleski@yahoo.com.br>

⁶ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS. <darcigatto@yahoo.com>

⁷ Engenheiro Florestal, Dr., Prof. Associado do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). <clovis.haselein@pq.cnpq.br>

apresenta moderada resistência mecânica, quando comparada com outras espécies já estudadas.

Palavras-chave: resistência mecânica; massa específica; qualidade da madeira.

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) WOOD FOR THREE STRATUM PHYTOSOCIOLOGICAL

Abstract: The study of physical and mechanical properties of wood is essential for industrial use both in construction and the manufacture of furniture. Thus, the study aimed to determine the physical and mechanical properties of the *Araucaria angustifolia* wood in terms of three strata phytosociological. For this, 15 trees were felled, five belonging to the upper stratum, the middle stratum five and five for the lower strata. The trees were deployed for the preparation of specimens used for mechanical testing. In the mechanical characterization of the species assays were performed for impact resistance, static bending, compression axial and perpendicular to the fibers. As for the characterization of physical properties, determined the apparent specific gravity at 12% relative humidity for each extract. The results did not show significant differences in the tests of impact resistance and static bending to the strata phytosociological. As for the apparent specific gravity, compression axial and perpendicular there was a change in the values of properties between the strata phytosociological, is generally better in the middle and upper strata. Therefore the physical and mechanical properties tend to present higher values these two strata. The data analysis allowed of *Araucaria angustifolia* wood has moderate mechanical strength when compared with other species studies.

Keywords: mechanical resistance; specific gravity; wood quality.

1 INTRODUÇÃO

É de grande importância a avaliação de espécies nos diferentes estratos da floresta, pois cada espécie tem seu lugar assegurado na estrutura e composição (FINOL, 1975). A *Araucaria angustifolia*, por sua vez, encontra-se representada em todos os estratos (inferior, médio e superior).

A hipótese mais aceita, para formação definida de estratos, é aquela referente à diferenciação de crescimento causada pela existência de nichos ecológicos relacionados às

seções horizontais de disponibilidade de luz ao longo do perfil vertical da floresta. Segundo Sanquetta (1995), existem várias razões para formação de estratos bem definidos em uma floresta natural, sendo uma delas por causa da existência de aspectos arquitetônicos das árvores de diferentes espécies e em vários estágios de desenvolvimento.

Sendo assim, acredita-se que essas diferenças que ocorrem entre os estratos fitossociológicos, influenciam, em grande parte, na qualidade da madeira.

O desenvolvimento tecnológico no uso da madeira como material estrutural cresceu substancialmente nas últimas décadas, aumentando sua utilização para diversos fins, além do surgimento de novos produtos e subprodutos a base de madeira.

Todavia, a utilização da madeira para atividades que demandam de resistência, está associada, entre outras características, ao conhecimento de suas propriedades físico-mecânicas, tanto no que se refere aos aspectos de segurança, quanto aos de economicidade. Portanto, a madeira merece especial destaque, em função da grande variabilidade que suas propriedades apresentam em comparação com as de outros materiais, da sua adequabilidade a inúmeras utilizações e da enorme variedade de espécies existentes (LISBOA et al., 1993). Dessa forma, o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira é uma importante base tecnológica para a utilização racional desse material.

Existem diferentes ensaios físicos, que são utilizados para determinação das características da madeira, como a massa específica e a retratibilidade. Já os ensaios mecânicos são aplicados na simulação da sua real utilização, entre eles cita-se a resistência ao choque, resistência à flexão estática, resistência à compressão paralela, resistência a compressão perpendicular às fibras e dureza Janka que fornecem valores que levam a inferir na sua melhor aplicação.

De acordo com Lobão et al. (2004) e Rezende et al. (1995) a massa específica está relacionada a muitas propriedades e características tecnológicas fundamentais para a produção e utilização dos produtos florestais, sendo um dos parâmetros mais importante entre as diversas propriedades físicas da madeira, pois apresenta influência em todas as demais propriedades desta.

Em relação às propriedades mecânicas sabe-se que estas são dependentes, principalmente, da massa específica básica, da porcentagem de madeira juvenil, da largura dos anéis, do ângulo das microfibrilas, da inclinação da grã, da quantidade de extrativos, do teor de umidade, da intensidade ao ataque de insetos, cupins e fungos xilófagos, quantidade de nós, além da espécie, procedência, idade, sítio e altitude (EVANS et al.,

2000; LADRACH, 1986). Ademais, segundo Vital; Della Lucia (1980), espécies cultivadas no Brasil apresentam propriedades físico-mecânicas acentuadamente diferentes das produzidas nos países de origem.

As propriedades mecânicas definem o comportamento da madeira quando submetida a esforços de natureza mecânica permitindo compará-la com outras madeiras de propriedades conhecidas e por analogia indicar as provas adicionais necessárias para conhecer sua utilização (STANGERLIN et al., 2008).

Dessa forma o presente estudo teve como objetivo determinar as propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Araucaria angustifolia* em três diferentes estratos fitossociológicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem

O material utilizado neste estudo foi proveniente de um povoamento de *Araucaria angustifolia* localizado na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, no município de São Francisco de Paula, RS. O povoamento foi implantado em 1966, sob um espaçamento de 1 x 1m. De cada unidade amostral foi escolhida, por meio do cálculo da árvore de diâmetro médio (dg), uma árvore do estrato superior, uma do estrato médio e outra no estrato inferior.

Os tratamentos utilizados para esse estudo foram classificados como estratos superior, médio e inferior. Cada estrato continha 5 repetições, totalizando portanto 15 árvores amostradas. Os estratos foram definidos através de um inventário piloto, onde foram medidos diâmetros e alturas das árvores. Assim, a Tabela 1 nos mostra as médias de DAP (diâmetro a altura do peito) e H (altura) de cada estrato estudado.

Tabela 1. Médias de DAP e H dos três estratos.

Table 1. Average DAP and H of the three strata.

Estratos	H (m)	Dap (cm)
Superior	16,0	26,7
Médio	15,2	16,2
Inferior	10,5	9,8

2.2 Confeção dos corpos-de-prova

As árvores foram seccionadas em toras, retiradas a partir do DAP (diâmetro a altura do peito) até 3,3 m de altura, estas desdobradas em pranchões centrais de aproximadamente 8 cm de espessura e após transportados para o Laboratório de Produtos Florestais (LPF) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Conforme a Figura 1, estes pranchões foram confeccionados em corpos-de-prova de acordo com cada ensaio (resistência ao impacto, flexão estática, compressão perpendicular e paralela à grã) segundo a norma ASTM D143-94 (1995), com exceção da resistência ao impacto, que segue a norma NF B51-009 (AFN, 1942). Para a determinação da massa específica aparente (MEA) a 12% de umidade, os mesmos corpos-de-prova dos ensaios mecânicos, foram pesados, e mensurados para obtenção de seu volume, ao teor de umidade de equilíbrio (12%).

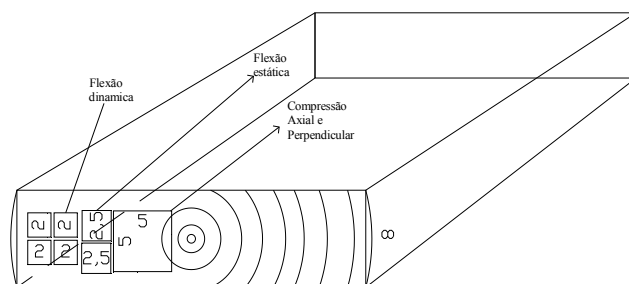


Figura 1. Pranchão retirado das árvores, demonstrando as dimensões (em centímetros) dos corpos-de-prova para cada ensaio mecânico.

Figure 1. Plank removed from the trees, showing the dimensions (in centimeter) of test samples for each mechanical test.

2.3 Ensaio de resistência ao impacto

Para a realização dos testes de resistência ao impacto foi utilizado um pêndulo de Charpy com capacidade de 100 joules. Para o teste foram confeccionados 125 corpos-de-prova com dimensões de 2 x 2 x 30 cm (radial, tangencial e longitudinal), conforme Figura 2.

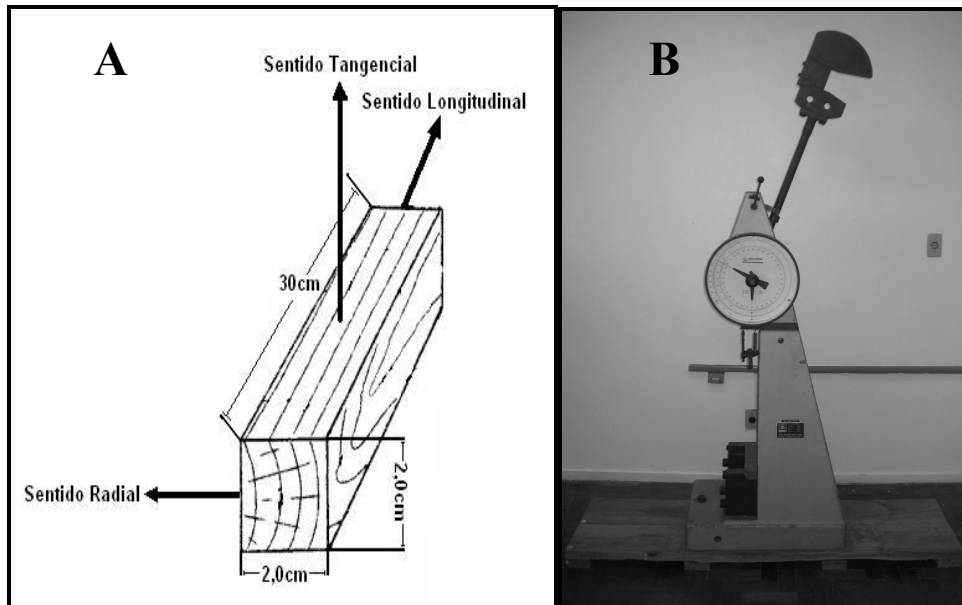


Figura 2. Representação dos corpos-de-prova obtidos (A) e o pêndulo de Charpy (B) (adaptado de MORESCHI, 2005).

Figure 2. Representation of samples obtained (A) and the Charpy pendulum (B) (adapted from MORESCHI, 2005).

Os corpos-de-prova foram atingidos em sua região central, após a queda do pêndulo, de uma altura de 1m, obtendo-se o trabalho absorvido (W) em joules, constatado na leitura da escala graduada. Para fins de cálculos transformou-se o trabalho absorvido de joule para kgm, através da relação: 1 Joule = 0,102 kgm.

Obtidos os resultados do trabalho absorvido (W) para romper os corpos-de-prova, calculou-se o coeficiente de resiliência (Equação 1), conforme descrito por Moreschi (2005).

$$K = \frac{W}{b \times h^3} \quad (\text{Equação 1})$$

em que: K = coeficiente de resiliência (Kgm/cm²); W = trabalho absorvido para romper o corpo-de-prova (Kgm); b e h = aresta da seção transversal do corpo-de-prova (cm).

A cota dinâmica (Equação 2) é outro valor a ser calculado, com a finalidade de comparar diferentes madeiras, mas com correção para que a influência causada pela variação da massa específica aparente entre espécies seja eliminada (MORESCHI, 2005).

$$CD = \frac{K}{MEA^2} \quad (\text{Equação 2})$$

em que: CD = cota dinâmica; K = coeficiente de resiliência (Kgm/cm²); MEA = massa específica aparente (g/cm³).

2.4 Ensaio de Flexão Estática

Para o ensaio de flexão estática utilizou-se a máquina universal de ensaios com capacidade para 20 toneladas e dotada de sistema automatizado de aquisição dos dados. Para o teste foram confeccionados 141 corpos-de-prova com dimensões de 2,5 x 2,5 x 41 cm (radial, tangencial e longitudinal).

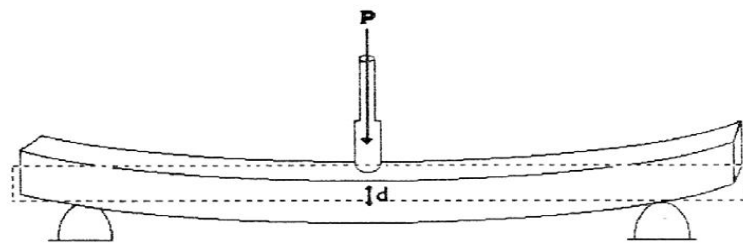


Figura 3. Esquema do ensaio de Flexão Estática (P= carga; d= deformação).
Figure 3. Static bending scheme (P = load, d = deformation).

Os corpos-de-prova foram colocados em um vão de 36 cm para a realização do ensaio a uma velocidade controlada de 1,3mm/min (Figura 3). Para avaliar as propriedades dos corpos-de-prova, determinaram-se os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR) à flexão estática bem como a massa específica aparente de cada corpo-de-prova.

2.5 Ensaio de Compressão Axial ou Compressão Paralela

Para o ensaio de compressão axial foram testados 83 corpos-de-prova com dimensões de 5 x 5 x 20cm (radial, tangencial e longitudinal). A Figura 4 ilustra a posição do corpo de prova no momento do teste.

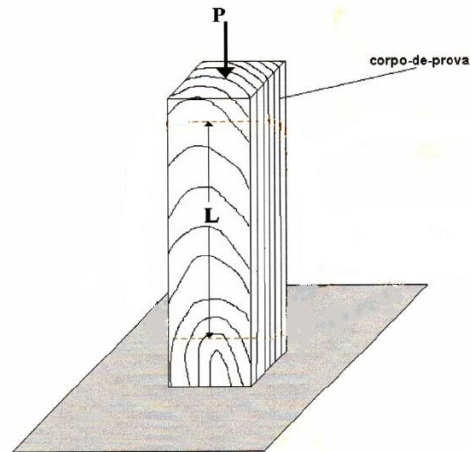


Figura 4. Corpo-de-prova do ensaio de compressão axial, mostrando o detalhe do sentido de aplicação de carga (adaptado de MORESCHI, 2005).

Figure 4. Samples of axial compression test, showing the detail of the application of pressure (adapted from MORESCHI, 2005).

O ensaio foi realizado com uma velocidade de 0,6mm/min, utilizando a escala de 20 toneladas. Os ensaios realizados determinaram a carga máxima suportada pelos corpos-de-prova, dessa forma pode-se calcular a resistência máxima a compressão axial (Equação 3).

$$\sigma_{c\max} = \frac{P_{\max}}{A} \quad (\text{Equação 3})$$

em que: $\sigma_{c\max}$ = resistência máxima a compressão axial (kg/cm²); P_{\max} = carga máxima resistida pelo corpo-de-prova (Kg); A = Área do corpo-de-prova submetida ao esforço (cm²).

2.6 Ensaio de Compressão Perpendicular

Para a realização do ensaio de compressão perpendicular aplica-se uma carga perpendicular as fibras que comprime a madeira que repousa sobre uma base com resistência muito superior à da madeira sendo ensaiada. Dessa forma a madeira tende a amassar o que efetivamente ocorre quando se ultrapassa o seu limite de elasticidade. Durante o ensaio foi aplicado uma força com velocidade constante de 0,305 mm/min, e medido a deformação do corpo-de-prova com um relógio apalpador como pode-se ver na Figura 5.

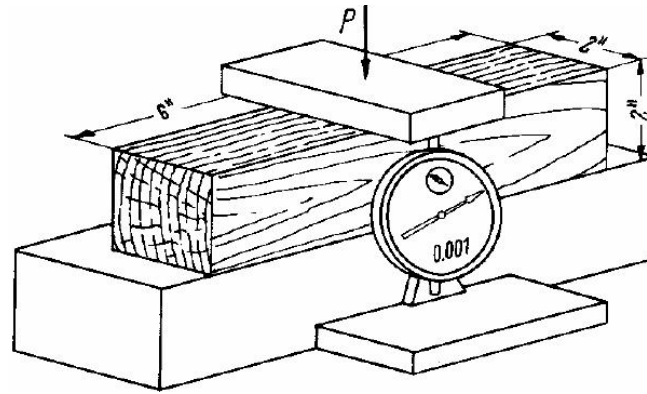


Figura 5. Detalhe da disposição do corpo-de-prova e do relógio apalpador no ensaio de compressão perpendicular (adaptado de MORESCHI, 2005).

Figure 5. Detail of the samples disposition and of the watch in the perpendicular compression test (adapted from MORESCHI, 2005).

Foram testados 75 corpos-de-prova com dimensões de 5 x 5 x 15cm (radial, tangencial e longitudinal) na máquina universal de ensaios. De posse dos dados de deformação e carga suportada em de cada corpo-de-prova, calculou-se o MOE e a tensão no limite proporcional com o auxílio do programa Corel Quattro Pro 8, conforme a equação 4.

$$\sigma_{LP} = \frac{P_{LP}}{A} \quad (\text{Equação 4})$$

em que: σ_{LP} = tensão no limite proporcional (kg/cm^2); P_{LP} = carga no limite proporcional (Kg); A = Área do corpo-de-prova submetida ao esforço (cm^2).

2.7 Análises Estatísticas

Para o estudo das propriedades físico-mecânicas da madeira da *Araucaria angustifolia* em diferentes estratos fitossociológicos foram feitas análises de variância com posterior comparação de médias por ensaio (LSD - Fischer, $p > 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Massa específica aparente

Na Tabela 2, são apresentados os valores médios da massa específica aparente para os estratos fitossociológicos.

Tabela 2. Teste de médias para a massa específica aparente (MEA) nos diferentes estratos fitossociológicos.

Table 2. Average test scores to apparent specific gravity for phytossociological strata.

Estrato	MEA (g/cm ³)*
Superior	0,5122 a
Médio	0,4725 b
Inferior	0,4404 c

*Letras diferentes entre linhas denotam diferença estatística a 95% de probabilidade pelo teste LSD de Fisher.

Analisando os resultados apresentados, verifica-se que houve diferença significativa para a MEA em relação aos estratos fitossociológicos, onde as madeiras pertencentes ao estrato superior apresentaram a maior média.

Souza et al. (2009a), estudaram o comportamento da MEA em *Araucaria angustifolia* e verificaram uma variação de 0,40 a 0,60 g/cm³, valores esses, semelhantes ao encontrado no presente estudo.

Segundo a classificação de Carvalho (1996) as madeiras com massa específicas entre 0,40 a 0,49 g/cm³ são consideradas como leves, 0,50 a 0,59 g/cm³ consideradas como moderadamente pesadas, 0,60 a 0,70 g/cm³ consideradas pesadas e acima de 0,70 g/cm³ muito pesadas. Com relação a esta classificação, a MEA da madeira de *Araucaria angustifolia* do estudo é considerada como moderadamente pesadas para estrato superior e leve para as madeiras do estrato médio e inferior.

3.2 Ensaio de resistência ao impacto

Para o ensaio de resistência ao impacto foram analisados os valores médios de trabalho absorvido (W), coeficiente de resiliência (K) e cota dinâmica (CD), para os estratos fitossociológicos, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Teste de média para o W, K e CD para os estratos fitossociológicos.

Table 3. Average test scores to W, K and CD for phytossociological strata.

Estrato	W(kgf)*	K (kgf/cm ²)*	CD*
Superior	1,0383 a	0,1619 a	0,6609 a
Médio	1,0443 a	0,1709 a	0,7730 b
Inferior	0,9911 a	0,1527 a	0,7478 b

* = Letras diferentes entre linhas denotam diferença estatística a 95% de probabilidade pelo teste LSD de Fisher.

Os resultados da Tabela 3 mostram que os valores encontrados para as variáveis W e K entre os estratos estudados, não apresentaram diferenças significativas, caracterizando a madeira de *Araucaria angustifolia* como homogênea quando avaliada as propriedades de resistência ao impacto nesse estudo. Já os valores de CD apresentaram diferença entre os estratos, sendo que essa variável é inversamente proporcional à massa específica aparente, ou seja, à medida que aumenta a massa específica diminui a cota dinâmica.

Isso é explicado por Moreschi (2005), que descreve CD, como um valor calculado com a finalidade de comparar diferentes madeiras, mas com correção para que a influência causada pela variação da massa específica entre espécies seja eliminada.

Mainieri; Chimelo (1989) em estudo de resistência ao impacto para a espécie *Araucaria angustifolia* encontraram valores médios para o W de 1,50 kgf, K de 0,24 kgf/cm² classificados como de baixa resistência ao impacto e para a CD obtiveram valores médios de 0,79. Da mesma forma Aguirre (2008), analisando a resistência ao impacto da madeira de *Podocarpus lambertii*, também uma conífera, encontrou valores médios para o trabalho absorvido de 0,90 kgf, coeficiente de resiliência de 0,11 kgf/cm² e cota dinâmica de 0,55.

Os resultados evidenciam que a madeira de *Araucaria angustifolia* quando comparada a outras espécies já estudadas apresenta uma resistência ao impacto variando de baixa a média intensidade, indicando que a madeira é inapta a resistir ações que produzam grandes impactos e vibrações.

3.3 Ensaio de flexão estática

Os resultados dos ensaios de flexão estática para módulo de elasticidade (MOE) e para módulo de ruptura (MOR) para os estratos fitossociológicos são apresentados na Tabela 4 .

Tabela 4. Teste de média de MOE e MOR para os estratos fitossociológicos.

Table 4. Average test scores of MOE and MOR for phytossociological strata.

Estrato	MOE (kgf/cm ²)*	MOR (kgf/cm ²)*
Superior	102.912,0 a	734,744 a
Médio	108.409,0 a	746,214 a
Inferior	99.642,3 a	707,712 a

* = Letras diferentes entre linhas denotam diferença estatística a 95% de probabilidade pelo teste LSD de Fisher.

Os valores obtidos para o MOE e MOR, não apresentaram diferença significativa entre os estratos fitossociológicos para o teste de médias. Dessa forma observa-se que as madeiras referentes aos estratos superior, médio e inferior apresentam praticamente uma resistência mecânica semelhante.

O USDA (United States Department of Agriculture) (1999) relata que a madeira de *Araucaria angustifolia*, apresenta valores médios de 113.000 kgf/cm² para o MOE, referente a uma massa específica de aproximadamente 0,46 g/cm³.

Santini et al. (2000) encontraram valores de MOE e MOR para a madeira de *Araucaria angustifolia* aos 19 anos em torno 97.636 kgf/cm² e 643 kgf/cm², verificando que os valores obtidos no presente estudo são superiores aos encontrados pelos autores em questão.

3.4 Ensaio de compressão axial ou compressão paralela

Os valores médios de resistência máxima encontrados através do ensaio de compressão axial para os estratos fitossociológicos estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5. Teste de média para a resistência máxima a compressão axial para os estratos fitossociológicos.

Table 5. Average test scores to axial compression strength for phytossociological strata.

Estrato	Resistência Máxima (kgf/cm ²)*
Superior	371,28 ab
Médio	387,00 a
Inferior	331,66 b

* Letras diferentes entre linhas denotam diferença estatística a 95% de probabilidade pelo teste LSD de Fisher.

Conforme a Tabela 5 observa-se que os valores de resistência máxima do ensaio de compressão axial obtidos para os estratos fitossociológicos apresentaram diferenças estatísticas, entretanto verifica-se que os estratos superior e médio não se diferenciaram, bem como o estrato superior e inferior.

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (1997), os valores encontrados para a madeira de *Araucaria angustifolia* para o ensaio de resistência máxima a compressão axial foi de 409 kgf/cm², sendo este superior aos valores obtidos para os três estratos fitossociológicos do presente estudo. Da mesma forma, Lobão et al. (2004) estudando as propriedades mecânicas de *Eucalyptus grandis* encontrou valores de 403 kgf/cm² para a resistência máxima a compressão axial.

Pela classificação feita por Carvalho (1994), a madeira de *Araucaria angustifolia* pertencente aos estratos superior e médio encontram-se dentro da classe média de resistência a compressão axial, enquadrando-se ao intervalo de 350 a 460 kgf/cm² para madeiras resinosas, já o estrato inferior encontra-se na classe de baixa resistência a compressão axial, pois possui resistência máxima a compressão axial inferior a 350 kgf/cm².

3.5 Ensaio de compressão perpendicular

Na Tabela 6, são apresentados os valores médios da tensão no limite proporcional (σ_{LP}) e o módulo de elasticidade (MOE) obtidos através do ensaio compressão perpendicular para os estratos fitossociológicos.

Tabela 6. Teste de média da tensão no limite proporcional e MOE para os estratos fitossociológicos.

Table 6. Average test scores of the stress at limit of proportionality for phytossociological strata.

Estrato	σ_{LP} (kgf/cm ²)*	MOE (kgf/cm ²)*
Superior	69,65 a	4749,97 a
Médio	56,19 b	3406,19 b
Inferior	50,12 b	2659,18 b

* Letras diferentes entre linhas denotam diferença estatística a 95% de probabilidade pelo teste LSD de Fisher.

Os resultados apresentados pelo teste de médias pode-se constatar que há diferença significativa entre os estratos fitossociológicos para as duas propriedades (σ_{LP} e MOE). Sendo que, tanto para o MOE quanto para a σ_{LP} , o estrato superior diferiu estatisticamente dos estratos médio e inferior, estes por sua vez são estatisticamente iguais com 95% de confiabilidade.

Santini et al. (2000) encontraram valores de σ_{LP} e MOE para *Araucaria angustifolia* com 19 anos, em torno 58 kgf/cm² e 3334 kgf/cm² respectivamente. Desse modo, verifica-se que os valores encontrados no presente trabalho se aproximam dos valores encontrados pelos autores citados, sendo que o estrato superior apresentou maiores valores para a σ_{LP} , e os estratos médios e inferiores obtiveram valores menores ao encontrado pelos autores em questão. Já para os valores de MOE, o estrato médio foi o que apresentou-se mais próximo do valor encontrado pelo autor .

Souza et al. (2009b), estudando árvores dominantes de *Araucaria angustifolia*, também encontraram valores semelhantes ao do presente estudo, que variaram de 50 a 90 kgf/cm² para a tensão no limite proporcional e de 3000 a 5000 kgf/cm² para o MOE.

4 CONCLUSÕES

A massa específica aparente da madeira de *Araucaria angustifolia* pode ser classificada como leve para o estrato médio e inferior e medianamente pesada para o estrato superior.

A madeira de *Araucaria angustifolia* quando submetida ao ensaio de resistência ao impacto e flexão estática, não apresentaram diferenças entre os estratos fitossociológicos (superior, médio e inferior), indicando uma madeira homogênea para essas propriedades.

A partir dos ensaios de compressão axial ou paralela e compressão perpendicular, verificou-se uma variação dos valores das propriedades mecânicas entre os estratos fitossociológicos, verificando uma maior resistência mecânica para as madeira pertencentes ao estrato médio e superior.

A madeira de *Araucaria angustifolia*, pode ser classificada de moderada resistência mecânica, quando comparada com outras espécies já estudadas.

5 REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190**: Projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, 1997.

AFN (L'A Association Francaise de Normalization).1942. **Norme Francaise, bois essai de choc ou flexion dynamique**. NF B51-009. Paris.

AGUIRRE, A.M et al. **Estudo das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Podocarpus lambertii* Klotzsch oriunda de floresta nativa**. XVII CIC e X ENPOS, 2008.

ASTM. American Society for Testing and Materials. **Standard methods of testing small clear specimens of timber**, D 143-94. Philadelphia, 1995.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas – Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.

CARVALHO, A. “**Madeiras Portuguesas - Estrutura Anatômica, Propriedades, Utilizações**”. Vol. 1. Instituto Florestal, 1996, 340 P.

EVANS, J.L.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 Products Journal**, v.50, n.7/8, p.75-87, 2000.

FINOL, U. H. La silvicultura en la Orinoquia Venezolana. **Rev. For. Venez.**, Mérida, v. 14, n. 25, p. 37-114, 1975.

LADRACH, W.E. Control of wood properties in plantations. In: IUFRO WORLD CONGRESS 18., 1986, Ljubljana. **Proceedings...** Ljubljana, p. 369 – 379, 1986.

LISBOA, C. D. J.; MATOS, J. L. M.; MELO, J. E. Amostragem e Propriedades Físico-Mecânicas de Madeiras Amazônicas. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. Brasília: **IBAMA**, 1993. 103 p (Coleção Meio Ambiente. Série Estudos Floresta, 1).

LOBÃO, M.S.; et al. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.28, n.6, p.889-894, 2004.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989, 418p.

MORESCHI, J.C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. Curitiba: UFPR, 2005. 124p. (Manual didático), 2005.

REZENDE, M.A.; SAGLIETTI, J.R.C.; GUERRINI, I.A. Estudo das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* var *hondurensis* aos 8 anos de idade. **IPEF**, Piracicaba, n.48/49, p.133-141, 1995.

SANQUETTA, C. R. Análise da estrutura vertical de florestas através do diagrama *h-M*. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 1, n. 5, p. 55-68, 1995.

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**, Santa Maria, v.10, n.1, p.85-93, 2000.

SOUZA J.T.; et al. Variação longitudinal de propriedades físico-mecânicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. In: II CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL, Campina Grande - PB, **Anais...** UFCG, 9 a 13 de novembro, 2009 a.

SOUZA J.T.; et al. Influência da massa específica sobre as propriedades mecânicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. In: II CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL, Campina Grande - PB, **Anais...** UFCG, 9 a 13 de novembro, 2009 b.

STANGERLIN, D.M. et al. Determinação da Resistência ao Impacto para as Madeiras de *Eucalyptus dunnii*, *Corymbia citriodora* e *Pouteria pachycarpa*. In: XI ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 14, Londrina, **Anais...** 2008.

USDA. United States Department of Agriculture. **Wood as an engineering material**. Forest Service. Agriculture Handbook No. 72. Washington, DC. 1999.

VITAL, B.R.;DELLA LUCIA, R.M. Características físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**. v. 4, n. 1, p. 70 – 74, 1980.