

## Artigos

# Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. plantada no Brasil

Physical and mechanical properties of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. wood planted in Brazil

Karina Soares Modes<sup>I</sup> , Camila Alves Corrêa<sup>II</sup>   
Magnos Alan Vivian<sup>I</sup> , Mario Dobner Júnior<sup>III</sup> 

<sup>I</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC, Brasil

<sup>II</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Brasil

<sup>III</sup>Florestal Gateados Ltda, Campo Belo do Sul, SC, Brasil

## RESUMO

A *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. é descrita na literatura como uma espécie com boa forma de fuste e rápido crescimento, sendo uma alternativa potencial para implantação de novos povoamentos florestais no Brasil. O estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas da madeira de *C. lanceolata* em crescimento no estado de Santa Catarina, Brasil, a fim de delinear o seu potencial aos 24 anos como fonte de matéria-prima para a produção de madeira serrada de pequenas dimensões e finalidade estrutural. Foi realizado o abate de três árvores para a determinação da massa específica básica e aparente (12%, 0% e da madeira verde), bem como da estabilidade dimensional e propriedades mecânicas em flexão estática, cisalhamento e compressão paralela à grã. A madeira de *C. lanceolata* apresentou densidade básica classificada como leve e inferior à registrada para indivíduos da mesma espécie em crescimento na China. Já os parâmetros relacionados à estabilidade dimensional da madeira foram similares. De maneira geral, a espécie plantada no Brasil apresentou resistência e rigidez ao ensaio de flexão estática inferior e resistência à compressão e ao cisalhamento paralelo superior à apresentada pela mesma espécie de plantios na China. As diferenças observadas em relação aos estudos utilizados para comparação com a mesma espécie podem ser atribuídas, além do local de cultivo, as maiores densidades de plantios utilizados nos povoamentos implantados no país de origem.

**Palavras-chave:** Densidade; Resistência mecânica; Retratibilidade; Espécie alternativa

## ABSTRACT

---

*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. is described in the literature as a species with good stem shape and fast growth, being a potential alternative for the implantation of new forest stands in Brazil. The study aimed to evaluate the physical and mechanical properties of *C. lanceolata* wood, growing in the state of Santa Catarina, Brazil, in order to delineate its potential at 24 years of age as a source of raw material for the production of sawn wood of small dimensions and structural purpose. Three trees were felled to determine the basic density and apparent specific density (12%, 0% and green wood), as well as the dimensional stability and mechanical properties in static bending, shear and compression parallel to the grain. The wood of *C. lanceolata* presented basic density classified as light and lower than that recorded for individuals of the same species growing in China, while the parameters related to the dimensional stability of the wood were similar. In general, the species planted in Brazil showed lower resistance and stiffness in the static bending test, and higher compressive and parallel shear resistance than that presented by the same species of plantations in China. The differences observed in relation to the studies used for comparison with the same species can be attributed, in addition to the place of cultivation, to the higher density of plantations used in the stands implanted in the country of origin.

**Keywords:** Density; Mechanical resistance; Shrinkage; Alternative species

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Bao *et al.* (2001), desde que o Programa Nacional de Proteção das Florestas Naturais foi anunciado pelo governo Chinês em 1998, a extração de madeira em povoamentos naturais no país foi proibida em 18 províncias e, ao mesmo tempo, o Programa Nacional de Reflorestamento foi intensificado e, como resultado, as plantações passaram a desempenhar um papel crítico no atendimento da demanda nacional por madeira naquele país, estando a espécie *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook entre as 10 principais espécies utilizadas. Farooq *et al.* (2019) citam dados do 8º inventário Florestal Nacional da China em que consta que no ano de 2014 as plantações dessa espécie alcançaram uma área de 11 milhões de hectares ou 18,2% da área de todos os plantios da China, principalmente ao sul do país. Para Zhou *et al.* (2017), *C. lanceolata* é a espécie de árvore dominante nesta região, crescendo em mais de 15 províncias do sul, onde ocupa papel de destaque nas perspectivas ecológicas e comerciais. Essa é uma das principais espécies arbóreas nativas que ocupa aproximadamente 25% das plantações em áreas subtropicais do sul da China, e cujos testes de proveniência têm sido realizados desde 1957, principalmente para melhorar seu crescimento e adaptabilidade (DUAN *et al.*, 2016).

*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook, também conhecida por “abeto chinês” no país de origem, é uma conífera perene que ocorre naturalmente na região subtropical do centro-sul da China, onde é cultivada como uma espécie de madeira há mais de 1000 anos (FUNG, 1994). É uma das principais e mais importantes espécies madeireiras plantadas comercialmente naquele país (YIN *et al.*, 2010; YOU *et al.*, 2021), em termos de áreas de plantio, produção de madeira e uso da madeira, além de possuir características desejáveis, como boa forma, rapidez de crescimento e durabilidade (FUNG, 1994). A espécie ocorre em elevações de 600 a 1.300 m de altitude, na região central e sul da China, em climas temperado e subtropical úmido, caracterizados por verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos, porém sem déficit hídrico (EMBRAPA, 1988).

Os autores Da e Ha (2020) realizaram uma vasta revisão de literatura com o objetivo de reunir informações disponíveis sobre a espécie e concluíram que embora tolere solo infértil, vento forte e baixas temperaturas, cresce melhor em temperaturas mais elevadas e seu crescimento parece não depender da altitude. Tolerância à sombra, o que a torna adequada para crescer em alta densidade e/ou em plantios mistos, bem como possui madeira de multiuso de pequenas e grandes dimensões, além de produzir óleos essenciais.

Segundo Fung (1994), o incremento médio anual aos 20 anos para boas áreas de produção está entre 12,5 a 17,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, atingindo valores de até 20 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, sendo a variação de crescimento entre as regiões de plantio atribuídas à temperatura e à duração da estação de crescimento, que estão relacionadas à latitude. Segundo o mesmo autor, a idade de rotação mais comum é de 20 a 25 anos em espaçamentos bastante reduzidos.

Dobner Júnior *et al.* (2017), em estudo com *C. lanceolata*, confirmaram seu potencial produtivo no planalto sul do Brasil, uma vez que podem ser esperados incrementos médios anuais na ordem de 28 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, aos 21 anos de idade, mesmo em condições de elevada competição (1.278 árv. ha<sup>-1</sup>), portanto superior ao registrado para a espécie no país de origem.

Aliado a esse fato e levando em consideração o Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina descrito por Thomé *et al.* (1999), a espécie Pinheiro-chinês possui no estado uma vasta aptidão, podendo ser cultivada nas zonas agroecológicas 2A (Alto Vale do Rio Itajaí), onde o plantio deve ser efetuado em altitudes superiores a 600 m e nas zonas 3A (Vale do Rio do Peixe e Planalto Central), 3B (Planalto Norte Catarinense), 3C (Noroeste Catarinense), 4A (Campos de Lages), 4B (Alto Vale do Rio do Peixe e Alto Irani) e 5 (Planalto Serrano de São Joaquim), que compartilham o clima Cfb, segundo Köeppen, ou seja, clima temperado constantemente úmido sem estação seca com verão fresco (temperatura média do mês mais quente < 22,0°C), com temperaturas variando entre 13,8 a 17,9°C e precipitação entre 1.360 a 2.280 mm.

Vivian *et al.* (2021), ao avaliarem as características físico-químicas e anatômicas das mesmas árvores de *C. lanceolata* utilizadas no presente estudo, concluíram que embora a espécie tenha apresentado baixa densidade, alto teor de lignina e menor comprimento de fibrotraqueídeos em relação à madeira de *P. taeda*, ela possui potencial para suprir a demanda de matéria-prima no segmento de celulose e papel, uma vez que apresentou indicadores anatômicos para produção de papel superiores ao próprio Pinus e as características mencionadas são passíveis de melhoramento genético.

Dobner Júnior *et al.* (2021), em estudo com a técnica de microdensitometria de raios X com a madeira de *C. lanceolata*, aos 21 anos do mesmo plantio avaliado, constataram que na espécie, ao contrário do gênero Pinus, a formação dos anéis anuais de crescimento ao longo dos anos é relativamente constante em termos de densidade do lenho, não havendo diferenças significativas entre a densidade aparente do lenho formado próximo à medula (juvenil) e o lenho próximo à casca (adulto), o que é positivo para a fabricação de produtos em madeira sólida. Os mesmos autores destacam que o não cultivo comercial de *C. lanceolata* no sul do Brasil é, possivelmente, resultado da falta de conhecimento da espécie, dentre eles os aspectos relacionados à madeira e ao cultivo.

Considerando o potencial produtivo da espécie e as interessantes características já vislumbradas de sua madeira, conforme relatado nos escassos estudos conduzidos com a espécie em crescimento no Brasil, estudos adicionais que complementem a avaliação do seu potencial são imprescindíveis para a adequada utilização da madeira desta espécie, uma vez que a totalidade das informações existentes abordam as características da madeira em formação no país de origem (China).

Com essa proposição, o presente estudo tem como objetivo avaliar as propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Cunninghamia lanceolata*, em crescimento no município de Campo Belo do Sul, no Estado de Santa Catarina, a fim de delinear o seu potencial aos 24 anos de idade como fonte de matéria-prima para a produção de madeira serrada de pequenas dimensões e finalidade estrutural.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Obtenção do material**

As toras de *Cunninghamia lanceolata* foram obtidas de um povoamento experimental de 24 anos de idade e 0,2 ha e espaçamento de 2,5 x 2,5 m (1.600 árv. ha<sup>-1</sup>), situado no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina (SC). O clima predominante na região é quente e temperado com classificação Cfb, de acordo com Köppen, com pluviosidade média anual de 1.647 mm, temperatura média mensal de 16,5°C e média das temperaturas máximas durante o ano de 22°C (WREGGE *et al.*, 2012).

Foi realizado o abate com motosserra de 3 árvores representativas do povoamento com DAP (Diâmetro a Altura do Peito a 1,30 m da base) médio de 23,7 cm, 19,6 m de altura total e 15,5 m de altura comercial. De cada árvore foi amostrado um disco com 6,0 cm de espessura na posição referente ao DAP e primeira tora da árvore até essa mesma posição. O material foi conduzido ao Laboratório de Recursos Florestais da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus de Curitibanos, no qual foram conduzidos os procedimentos de caracterização física e mecânica da madeira.

## 2.2 Propriedades físicas da madeira

Para determinação das densidades básica e aparente à umidade de condicionamento (20°C e 65% de umidade relativa) e nas condições de madeira verde e anidra, foram confeccionados corpos de prova de dimensão 3,0 x 2,0 x 5,0 cm (tangencial x radial x longitudinal), segundo a norma brasileira (NBR) 7190 (1997) a partir de baguetas orientadas diametralmente dos discos removidos do DAP. As amostras tiveram os três sentidos anatômicos mensurados com paquímetro digital e a massa pesada em balança semi-analítica em três condições: depois de atingida a saturação máxima após imersão em água à temperatura ambiente por aproximadamente 30 dias, após condicionamento em câmara climática à temperatura de 20°C e umidade relativa de 65% até massa constante e após secagem em estufa à temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  até massa constante.

Para a determinação da contração linear nos sentidos tangencial e radial e da contração volumétrica total, foi considerado o intervalo entre a condição de madeira saturada e a condição de madeira anidra, de acordo com a NBR 7190 (1997).

O coeficiente de retratibilidade para a contração em cada sentido anatômico e para o volume foi determinado levando em consideração a massa e dimensão do corpo de prova em condições de madeira anidra e climatizada em câmara (20°C e 65% de umidade relativa), conforme Durlo e Marchiori (1992). Adicionalmente foi calculado o coeficiente de anisotropia para a contração total.

## 2.3 Propriedades mecânicas da madeira

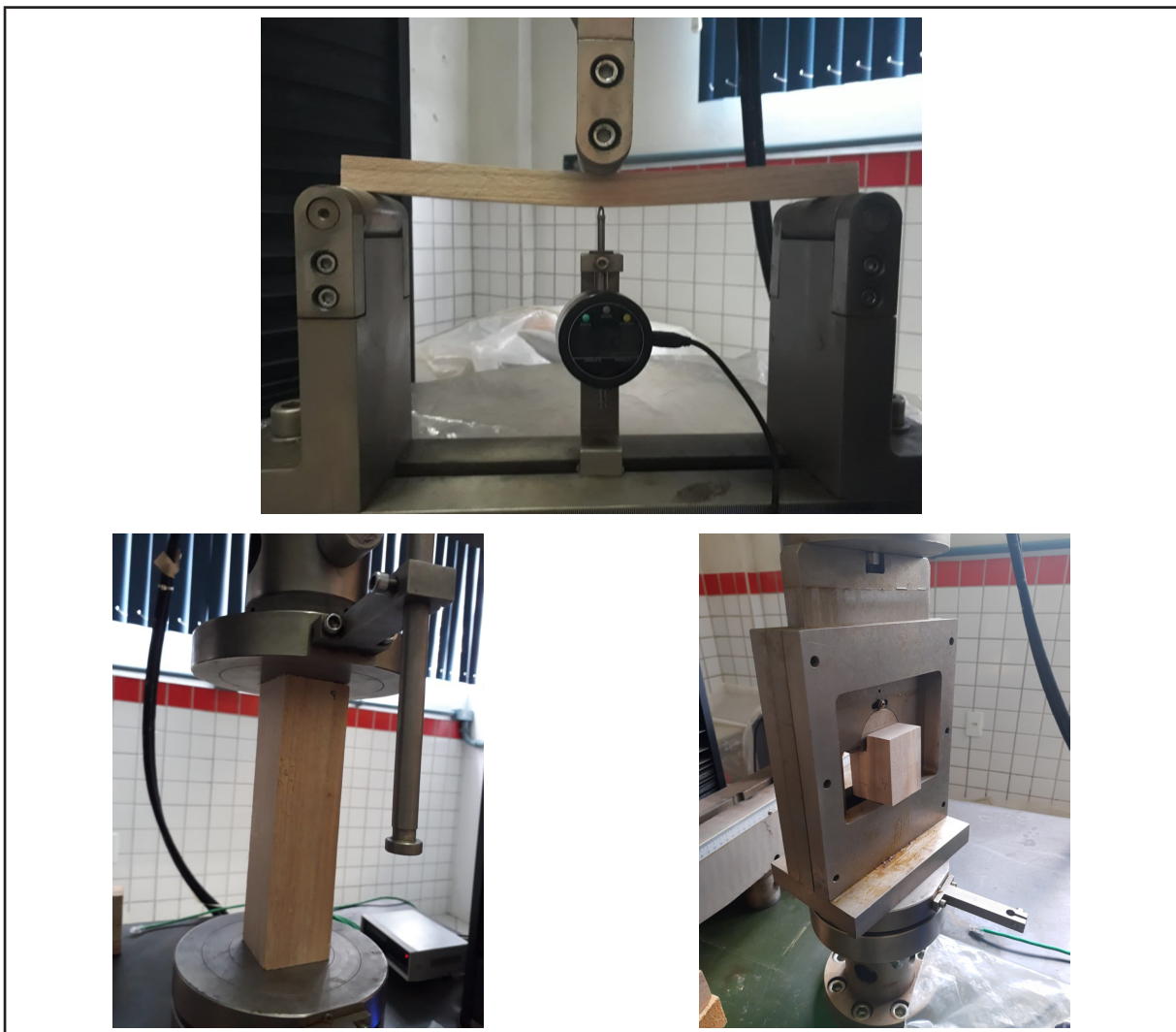
Determinaram-se a resistência e a rigidez ao ensaio de flexão estática, a resistência à compressão paralela à grã e a resistência ao esforço de cisalhamento paralelo à grã a partir de corpos de prova confeccionados de uma prancha diametral com 8,0 cm de espessura e largura correspondente ao diâmetro da tora extraída da primeira tora de cada árvore com comprimento de 1,30 m, na qual foi distribuída a alocação dos corpos de prova evitando-se a influência da posição radial sobre a resistência da madeira. Os testes foram realizados em máquina universal de ensaios mecânicos, com capacidade de 30 toneladas.



Para o dimensionamento dos corpos de prova e o procedimento de condução dos ensaios mecânicos, foram utilizadas as Normas técnicas da Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), sendo elas a COPANT 555 (1973) para o ensaio de flexão estática, a norma COPANT 463 (1972a) para o ensaio de cisalhamento paralelo à grã e a norma COPANT 464 (1972b) para o ensaio de compressão paralela à grã.

Antes dos testes, todos os corpos de prova foram conduzidos ao condicionamento em câmara climática à temperatura de 20°C e 65% de umidade relativa até que atingissem massa constante. A fim de ajustar o resultado dos ensaios mecânicos para o teor de umidade padrão de 12%, foram adotadas as equações para correção da resistência e rigidez preconizada pela NBR 7190 (1997).

Figura 1 – Execução dos ensaios de flexão estática (A), compressão paralela à grã (B) e cisalhamento paralelo à grã (C) em máquina universal de ensaios mecânicos



Fonte: Autores (2021)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Propriedades físicas

Os valores referentes às propriedades físicas de densidade básica e aparente (verde, anidra e a 12% de umidade), bem como a contração linear e volumétrica total, coeficiente de retratibilidade para contração e coeficiente de anisotropia da madeira de *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook constam na tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades físicas da madeira de *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.

Propriedade	Parâmetro	Média	DP	CV (%)
Densidade aparente (kg.m <sup>-3</sup> )	Básica	277	18,25	6,60
	Anidra	310	23,66	7,64
	12%*	331	22,76	6,87
	Verde	866	52,79	6,10
Contração total (%)	Radial	3,40	0,56	16,58
	Tangencial	7,15	1,03	14,45
	Volumétrica	10,56	1,51	14,25
Coeficiente de retratibilidade (contração)	Radial	0,15	0,03	18,89
	Tangencial	0,29	0,05	18,69
	Volumétrico	0,45	0,08	18,32
Coeficiente de anisotropia total	Contração	2,1	0,18	8,47

Fonte: Autores (2021)

Em que: \*Condicionada a 20°C/65%UR.

A densidade básica da espécie avaliada é inferior a 400 kg m<sup>-3</sup>, o que permite enquadrá-la na classe de madeira de baixa densidade, segundo classificação da International Association of Wood Anatomists Committee (IAWA, 1989).

Comparando os resultados com o já descrito na literatura para a mesma espécie, observa-se que a densidade básica é inferior aos 321, 327 e 333 kg m<sup>-3</sup> registrados por Guo *et al.* (2018) nas idades de 10, 20 e 30 anos em crescimento na província de Jiangxi na China, não tendo sido observado pelos autores diferença estatística entre as idades



de 20 e 30 anos. Da mesma forma é inferior, juntamente com a densidade verde, aos 315 e 1062 kg.m<sup>-3</sup> descritos por Fung (1993) para madeira de 25 anos.

Embora as densidades calculadas tenham sido inferiores, observa-se proximidade nas propriedades relacionadas à estabilidade dimensional da espécie ao obtido por autores como: Fung (1993) que observou para a madeira de mesma espécie com idade de 58 anos percentuais de 3,2%, 6,0% e 9,1% para os sentidos radial, tangencial e volumétrico em madeira de densidade básica de 319 kg m<sup>-3</sup> e verde de 864 kg m<sup>-3</sup>; Liang *et al.* (2008) que observaram para madeira de 28 anos da Província de Guangxi de densidade básica 328 kg m<sup>-3</sup> e seca ao ar de 381 kg m<sup>-3</sup>, coeficientes de retratibilidade para contração radial, tangencial e volumétrica de 0,14, 0,29 e 0,43, respectivamente, e coeficiente de anisotropia de 2,08; You *et al.* (2021) que, em madeira de densidade básica média de 380 kg m<sup>-3</sup> procedente de 5 regiões geográficas na China, observaram uma contração radial de 2,65%, tangencial de 5,79% e volumétrica de 8,74%, e Bao *et al.* (2001) que, para a espécie aos 36 anos procedente da província de Jiangxi, verificaram densidade básica de 330,5 kg m<sup>-3</sup>, contração radial de 3,5%, tangencial de 6,69% e um coeficiente de anisotropia de 2,5.

A densidade aparente a 12% é pouco inferior aos 364 kg.m<sup>-3</sup> obtido pela técnica de microdensitometria de raios x por Dobner Júnior *et al.* (2021) para indivíduos do mesmo plantio avaliado na idade de 21 anos. Essa diferença pode ser atribuída à própria técnica de determinação utilizada.

Os valores mais elevados de densidade básica observados em indivíduos da mesma espécie em idade inferior e próxima nos estudos utilizados para comparação podem ser atribuídos, além do local de cultivo, possivelmente às maiores densidade de plantios utilizados nos povoamentos avaliados, uma vez que, segundo Fung (1994), no país de origem a espécie é cultivada sob espaçamento bastante reduzido, mencionando densidades altas (3.000 a 3.600 árv.ha<sup>-1</sup>), embora espaçamentos maiores (1.800 a 2.500 árv.ha<sup>-1</sup>) produzam melhor crescimento em volume.

Em comparação com espécies de coníferas, como do gênero *Pinus* em idade próxima (25 anos), observa-se que a densidade básica e aparente a 12% de umidade foi inferior aos valores de 370 kg.m<sup>-3</sup> e 453 kg.m<sup>-3</sup> como médias para as espécies *P. taeda*, *P. elliottii* e *P. patula* avaliadas por Melchiorretto e Eleotério (2003). Também foi inferior a densidade aparente a 12% de 560 kg.m<sup>-3</sup> mencionada por Oliveira *et al.* (2006) em estudo com a madeira de *P. taeda* aos 20 anos, resultando em uma retração volumétrica de 11,83%, superior à da madeira de *C. lanceolata*. Da mesma forma, é inferior aos 415 kg.m<sup>-3</sup> de densidade básica e aos 502 kg.m<sup>-3</sup>, 960 kg.m<sup>-3</sup> e 467 kg.m<sup>-3</sup> de densidade aparente a 12%, verde e anidra obtidos por Trianoski *et al.* (2013) para a madeira de *P. taeda* aos 18 anos, já os valores de estabilidade dimensional foram similares aos 3,38%, 6,44% e 10,64% de contração radial, tangencial e volumétrica, respectivamente, ao coeficiente de anisotropia de 2,20 e aos coeficientes de retratibilidade de 0,25 para o sentido tangencial, 0,15 para o sentido radial e 0,45 para o volumétrico, avaliados pelos referidos autores.

Em comparação com a madeira de *Araucaria angustifolia*, Melo *et al.* (2010) avaliaram a madeira juvenil de árvores da espécie com 50 anos de idade, tendo sido observados valores de densidade aparente a 12% de 435 kg.m<sup>-3</sup>, contração radial de 4,69%, tangencial de 7,07% e volumétrica de 12,51%, todos superiores ao do presente estudo, mas com um coeficiente de anisotropia de 1,52. A densidade básica para *C. lanceolata* também é inferior à média de 439 kg m<sup>-3</sup> observada por Zaque *et al.* (2018) para a madeira de *A. angustifolia* aos 23 e 25 anos.

### 3.2 Propriedades mecânicas da madeira

Os valores referentes às propriedades mecânicas de resistência e rigidez ao ensaio de flexão estática, resistência ao esforço de cisalhamento paralelo à grã e resistência à compressão paralela à grã da madeira de *Cunninghamia lanceolata* constam na Tabela 2.

Tabela 2 – Propriedades mecânicas da madeira de *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.

Parâmetro	Média	Máximo	Mínimo	DP	CV (%)	
Densidade aparente (kg.m <sup>-3</sup> )*	434	486	379	23,62	5,44	
Flexão Estática (MPa)	MOE	8.832,52	11.725,14	7.469,53	1.109,88	12,57
	MOR	44,80	64,25	34,69	7,20	16,08
Densidade aparente (kg.m <sup>-3</sup> )	440	492	425	17,97	4,08	
Resistência ao cisalhamento** (MPa)	8,65	12,04	5,58	1,52	17,50	
Densidade aparente (kg.m <sup>-3</sup> )	438	452	419	8,57	1,96	
Resistência à compressão** (MPa)	38,76	42,25	34,37	2,59	6,67	

Fonte: Autores (2021)

Em que: \* = Após condicionamento (20°C e 65% UR); MOE = módulo de elasticidade; MOR = módulo de ruptura; \*\* = Ensaio com a carga aplicada paralelamente à grã; DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Observa-se que, com exceção do MOR em flexão estática, os valores médios das demais propriedades mecânicas avaliadas são superiores às registradas por Fung (1993) para a mesma espécie procedente de plantios em Nova Zelândia com idade aproximada de 58 anos, cujos valores foram de 7.430 MPa e 51 MPa para o MOE e MOR em flexão estática e de 7,73 e 28,79 MPa para as propriedades de cisalhamento e compressão, ambos paralelo à grã, em madeira com densidade aparente a 12% de 385 kg.m<sup>-3</sup>, portanto inferior à registrada para os corpos de prova avaliados no presente estudo.

Já em comparação com a espécie em idade aproximada (28 anos), procedente de plantios na China, tanto o MOE como o MOR em flexão estática foram inferiores aos 9.080 MPa e 62,56 MPa relatados por Liang *et al.* (2008), também em indivíduos com densidade aparente a 12% inferior (380 kg.m<sup>-3</sup>). Já a resistência à compressão e cisalhamento, ambos paralelos à grã foram superiores aos 34,65 MPa e 5,69 MPa, respectivamente, encontrados pelos autores. O mesmo comportamento é observado ao se comparar os resultados com os relatados por Yin *et al.* (2010), com a espécie

aos 36 anos, procedente da província de Jiangxi, na China, que observaram valores de 10.500 MPa para MOE e 70,9 para MOR e compressão paralela de 31,3 MPa, em peças de densidade aparente a 12% de 368 kg.m<sup>-3</sup>; por Wang *et al.* (2021), que em estudo com clones de 20 anos observaram um MOE entre 10.000 e 11.000 MPa, MOR entre 52 e 59 MPa e resistência à compressão paralela entre 31 e 34 MPa e por You *et al.* (2021), que avaliando a madeira da espécie procedente de 5 regiões geográficas na China, observaram um MOE de 10.388,99 e MOR 82,88 MPa e 45,88 MPa para a compressão paralela.

Os valores inferiores de MOE e MOR também são observados ao se comparar os resultados com o estudo de Bao *et al.* (2001), que na idade de 36 anos obtiveram valores de 9.530 MPa e 60 MPa, respectivamente. No entanto, em relação à compressão e cisalhamento paralelo à grã, ambas as resistências foram superiores aos 33,6 MPa e 6,27 MPa observados pelos autores.

Xiuqin *et al.* (1994) avaliaram a densidade e as propriedades mecânicas de 32 clones de *C. lanceolata* procedentes da província de Zhejiang, com densidade aparente da madeira na ocasião do teste de 352 kg.m<sup>-3</sup>, portanto inferior em 19,45% em relação à madeira do presente estudo. O MOE foi superior aos 8.677 MPa, o MOR foi inferior aos 60,5 MPa e a resistência à compressão paralela foi superior aos 31,7 MPa observado pelos autores.

Guang *et al.* (2014), em estudo com a espécie *Cunninghamia konishii*, considerada sinonímia da espécie *C. lanceolata*, segundo os mesmos autores, observaram para indivíduos de mesma idade (24 anos) em crescimento na Província de Fujian e densidade aparente seca ao ar de 344 kg.m<sup>-3</sup> valores de compressão paralela de 60,04 MPa, MOE de 7.250,81 MPa e MOR de 59,84 MPa, portanto, com exceção do MOE, todos superiores ao presente estudo.

Em comparação com espécies de coníferas do gênero *Pinus* em idade próxima (25 anos), avaliadas por Melchiorretto e Eleotério (2003), observa-se que os valores de MOE para *C. lanceolata* foi superior em 40,13 % ao *Pinus elliottii*, em 28,34% em relação

ao *P. taeda* e em 15,87% em relação ao *P. patula*, embora a densidade aparente tenha sido pouco inferior à média de 453 kg.m<sup>-3</sup> para as referidas espécies. Já em relação ao MOR e ao cisalhamento, os valores registrados para *C. lanceolata* foram pouco inferiores aos 46,4 MPa e 12,1 (P. *elliotti*), aos 49,0 MPa e 11,9 (P. *taeda*) e aos 51,4 MPa e 11,2 MPa (P. *patula*), respectivamente.

Observa-se que os valores médios obtidos no presente estudo para as propriedades avaliadas são próximos ao descrito por Trianoski *et al.* (2014) para *P. taeda* aos 18 anos, cujos valores foram 37 MPa para a compressão paralela, 10,52 MPa para resistência ao cisalhamento, 8.234 MPa para o MOE e 64 MPa para o MOR mesmo em madeira com densidade aparente superior de 527 kg.m<sup>-3</sup>. Já em relação ao estudo de Oliveira *et al.* (2006), para essa espécie aos 20 anos de densidade aparente a 12% de 560 kg m<sup>-3</sup>, a resistência à compressão paralela é superior aos 36,03 MPa e MOR inferior aos 79,97 MPa observado pelos autores.

Missio *et al.* (2015), em estudo com a madeira de *Pinus elliottii* com idade entre 28 e 32 anos e densidade aparente a 12% de 624 kg.m<sup>-3</sup>, observaram MOE de 9.545,11 e MOR de 84,11, ambos superiores ao do presente estudo. Porém, ao se considerar apenas o valor para a madeira juvenil da espécie, os valores reduzem para 581 kg.m<sup>-3</sup>, 6.822,32 e 67,5928 MPa, respectivamente, portanto o presente estudo apresentou MOE superior.

Em comparação com a madeira de *Araucaria angustifolia*, Melo *et al.* (2010) observaram em indivíduos de 50 anos valores de MOE de 6.790,5 MPa e cisalhamento de 6,27 MPa, inferiores ao do presente estudo. Já o MOR de 56,85 MPa e resistência à compressão paralela de 40,16 MPa são pouco superiores ao do presente estudo.

## 4 CONCLUSÕES

A densidade básica da madeira de *C. lanceolata*, aos 24 anos nas condições de crescimento avaliadas, permite classificá-la como leve.

A densidade básica e aparente da madeira anidra, verde e a 12% de umidade foram inferiores a registrada para madeira de coníferas plantadas no Brasil em idade próxima e para indivíduos da mesma espécie em crescimento na China. Já a estabilidade dimensional mostrou-se similar.

De maneira geral, a espécie plantada no Brasil apresentou resistência e rigidez ao ensaio de flexão estática inferior e resistência à compressão e ao cisalhamento paralelo superior à apresentada pela mesma espécie de plantios na China. Em relação às mesmas propriedades para coníferas de uso tradicional no Brasil, mostrou propriedades superiores de rigidez à flexão estática e resistência à compressão paralela às fibras.

Levando em consideração as características avaliadas, a madeira de *C. lanceolata* na idade considerada pode ser utilizada em substituição a espécies de coníferas de uso consolidado em aplicações em que a estabilidade dimensional seja a característica de interesse, bem como em usos estruturais sem contato direto com o solo e umidade, uma vez que ainda faltam informações sobre o nível de durabilidade natural da espécie frente às intempéries e à degradação biológica.

## AGRADECIMENTOS

À empresa Florestal Gateados Ltda. pela doação das toras de *C. lanceolata* utilizadas na presente pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: Projeto de Estrutura de Madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BAO, F. C. *et al.* Differences in wood properties between juvenile wood and mature wood in 10 species grown in China. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 35, p. 363-375, 2001.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT. **COPANT 555**: Metodo de Ensayo de Flexión Estática. [S.l.]: COPANT, 1973.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT. **COPANT 463**: Metodo de determinación del cizallamiento paralelo al grano. [S.l.]: COPANT, 1972a.

COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT. **COPANT 464**: Metodo de determinación de la compresión parallel al grano. [S.l]: COPANT, 1972b.

DA, T. B.; HA, L. T. N. A Review of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook: A Recent Update and Potential Application in Vietnam. **Vietnam Journal of Agricultural Sciences**, Vietnam, v. 3, n. 4, p. 892-902, 2020.

DOBNER JÚNIOR, M. *et al.* Aspectos dendrométricos e silviculturais de um povoamento de *Cunninghamia lanceolata* no sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 1-9, 2017.

DOBNER JÚNIOR, M. *et al.* Caracterização do lenho e efeito de variáveis meteorológicas no crescimento de *Cunninghamia lanceolata* no sul do Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 49, n. 130, p. 1-11, 2021.

DUAN, H. *et al.* Variation in the growth traits and wood properties of chinese fir from six provinces of Southern China. **Forests**, Switzerland, v. 7, n. 192, p. 1-12, 2016.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da Madeira**: retratibilidade. Santa Maria: UFSM/ CEPEF/ FATEC, 1992. 33p. (Série Técnica, 10).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina. Curitiba: Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1988. 113p. (**Documentos, 21**).

FAROOQ, T. H. *et al.* Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) a green gold of China with continues decline in its productivity over the successive rotations: a review. **Applied Ecology and Environmental Research**, Budapest, Hungary, v. 17, n. 5, p. 11055-11067, 2019.

FUNG, L. E. Wood properties of New Zealand-grown *Cunninghamia lanceolata*. **New Zealand Journal of Forestry Science**, New Zealand, v. 23, n. 3, p. 324-338, 1993.

FUNG, L. E. A literature review of *Cunninghamia lanceolata*. **The Commonwealth Forestry Review**, Oxford, v. 73, n. 3, p. 172-192, 1994.

GUANG, Y. *et al.* Study on physical and mechanical properties of *Cunninghamia konishii* Wood. **Journal of Southwest Forestry University**, [S.l], v. 34, n. 1, p.106-109, 2014.

GUO, J. *et al.* Influences of provenance and rotation age on heartwood ratio, stem diameter and radial variation in tracheid dimension of *Cunninghamia lanceolata*. **European Journal of Wood and Wood Products**, [S.l], v. 76, p. 669–677, 2018.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS COMMITTEE - IAWA. List of microscope features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Netherlands, Leiden, v. 10, n. 3, p. 219-332, 1989.

LIANG, H. W. *et al.* Wood physical mechanical properties of *Taiwania flousiana* compared to *Cunninghamia lanceolata* for plantation development. **Journal of Zhejiang Forestry College**, Zhejiang, v. 25, n. 2, p. 137-142, 2008.



MELCHIORETTO, D; ELEOTÉRIO, J. R. Caracterização, classificação e comparação da madeira de *Pinus patula*, *P. elliottii* e *P. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 23., 2003, Blumenau. **Anais** [...]. Blumenau: FURB, 2003.

MELO, R. R. de *et al.* Caracterização física e mecânica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 67-73, 2010.

MISSIO, A. L. *et al.* Propriedades mecânicas da madeira resinada de *Pinus elliottii*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, p.1432-1438, 2015.

OLIVEIRA, F. L. de *et al.* Propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. em função da idade e da posição radial na tora. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 18, n. único, p. 59-70, 2006.

THOMÉ, V. M. R. *et al.* **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 1999. 1000 p.

TRIANOSKI, R. *et al.* Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de *Pinus* tropicais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 3, p. 398-406, 2013.

TRIANOSKI, R. *et al.* Avaliação das propriedades mecânicas da madeira de espécies de *Pinus* tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 21-28, 2014.

VIVIAN, M. A. *et al.* Características da madeira de *Cunninghamia lanceolata* (Chinese fir). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 49, n. 131, p. 1-13, 2021.

XIUQIN, L. *et al.* Variations in wood density and mechanical properties of 32 chinese fir clones. **Forest research**, China, v. 7, n. 3, p. 259-262, 1994.

WANG, Y. *et al.* Wood mechanical properties and their correlation with microstructure in Chinese fir clones. **IAWA Journal**, [S.l.], v. 42, n. 4, p. 497-506, 2021.

WREGGE, M. S. *et al.* **Atlas climático da região sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 334 p.

YIN, Y. *et al.* Mechanical properties assessment of *Cunninghamia lanceolata* plantation wood with three acoustic-based nondestructive methods. **Journal Wood Science**, Japan, n. 56, p. 33-40, 2010.

YOU, R. *et al.* Variation in wood physical properties and effects of climate for different geographic sources of Chinese fir in subtropical area of China. **Scientific Reports**, London, v. 11, n. 4664, p. 1-11, 2021.

ZAQUE, L. A. M.; FERREIRA, M. D.; MELO, R. R. Variação radial e longitudinal da massa específica básica da madeira de *Araucaria angustifolia* com diferentes idades. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 38, , p. 1-5, 2018.

ZHOU, X. *et al.* Desiccation treatment and endogenous IAA levels are key factors influencing high frequency somatic embryogenesis in *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. **Frontiers in Plant Science**, Suíça, v. 8, n. 2054, p. 1-15, 2017.

## Contribuição de Autoria

### 1 Karina Soares Modes

Engenheira Florestal, Dra., Professora

<https://orcid.org/0000-0002-2249-2873> • karina.modes@ufsc.br

Contribuição: Conceituação, Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

### 2 Camila Alves Corrêa

Engenheira Florestal

<https://orcid.org/0000-0003-4172-063X> • camialvesc@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Análise Formal, Metodologia, Validação, Escrita – revisão e edição

### 3 Magnos Alan Vivian

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0001-7793-8425> • magnos.alan@ufsc.br

Contribuição: Análise Formal, Validação, Escrita – revisão e edição

### 4 Mario Dobner Júnior

Engenheiro Florestal

<https://orcid.org/0000-0001-7216-781X> • mario.dobner@ufsc.br

Contribuição: Validação, Escrita – revisão e edição

## Como citar este artigo

Modes, K. S.; Corrêa, C. A.; Vivian, M. A.; Dobner Júnior, M. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. plantada no Brasil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 2372-2388, 2022. DOI 10.5902/1980509871209. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509871209>.