

## Artigos

# Propriedades físico-mecânicas de painéis compensados com a madeira de *Cupressus lusitanica* Mill.

Physical-mechanical properties of plywood with *Cupressus lusitanica* Mill. wood

Karina Soares Modes<sup>1</sup> , Vitoria Cozer<sup>1</sup> ,  
Mario Dobner Júnior<sup>1</sup> , Magnos Alan Vivian<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC, Brasil  
<sup>1</sup>Florestal Gateados Ltda, Campo Belo do Sul, SC, Brasil

## RESUMO

A qualidade da madeira da espécie *Cupressus lusitanica* Mill. tem sido explorada para os mais diversos fins, tendo em vista o potencial de crescimento relatado na literatura, o que a torna uma opção para diversificação das fontes de abastecimento da indústria madeireira na região sul, atualmente dependente de poucas espécies de coníferas, como *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. Esta pesquisa objetivou avaliar as propriedades físico-mecânicas de painéis compensados confeccionados com lâminas da madeira de *Cupressus lusitanica* e combinação desta com a madeira de *P. taeda* e comparar os resultados obtidos com os painéis confeccionados somente com a madeira de *P. taeda* e com os requisitos mínimos estipulados pelo Programa Nacional de Qualidade da Madeira para compensado de Pinus. Foram avaliados painéis com 17 mm de espessura, colados com resina fenólica na gramatura de 328 g/m<sup>2</sup>, quanto às propriedades físicas de massa específica, teor de umidade, absorção de água, inchamento em espessura e quanto às propriedades mecânicas em flexão estática paralela e perpendicular à grã. O inchamento em espessura não diferiu entre os tratamentos avaliados, embora tenham apresentado diferença quanto à absorção de água e massa específica aparente a 12% de umidade. Para o ensaio de flexão estática paralela, os compensados apenas da madeira de *P. taeda* apresentaram maior rigidez, no entanto um aumento da resistência foi observado na combinação desta com a madeira de *C. lusitanica*. Em relação ao ensaio perpendicular, a combinação da madeira de *P. taeda* e *C. lusitanica* promoveu propriedades mecânicas equivalentes aos painéis de uso tradicional (*P. taeda*). A utilização da espécie *C. lusitanica* e sua combinação com a espécie *P. taeda* mostrou-se promissora em relação às propriedades físicas avaliadas e no que se refere às propriedades mecânicas resultaram em painéis mais leves e de resistência equivalente à registrada para os painéis de *P. taeda*.

**Palavras-chave:** Paineis compensados; Combinação; Espécie alternativa; Conífera



## ABSTRACT

---

The quality of wood from the species *Cupressus lusitanica* Mill. has been explored for the most diverse purposes in recent research, in view of the growth potential already reported for it in the literature, which makes it an option for diversifying the sources of supply of the timber industry in the southern region, currently dependent on few conifer species such as *Pinus elliottii* and *Pinus taeda*. This research aimed to evaluate the physical-mechanical properties of plywood panels made with *Cupressus lusitanica* wood veneers and its combination with *P. taeda* wood and to compare the results obtained with panels made only with *P. taeda* and also with the minimum requirements stipulated by the National Wood Quality Program for Pine plywood. Panels with 17 mm thickness, glued with phenolic resin in the weighing of 328 g/m<sup>2</sup>, were evaluated regarding the physical properties of specific mass, moisture content, water absorption, thickness swelling and regarding the mechanical properties in parallel static bending and perpendicular. Thickness swelling did not differ between the evaluated treatments, although they did show differences in terms of water absorption and apparent specific mass at 12% moisture. For the parallel static bending test, the plywood made only from *P. taeda* wood showed greater stiffness, however an increase in resistance was observed in the combination of this wood with *C. lusitanica*. Regarding the perpendicular test, the combination of wood from *P. taeda* and *C. lusitanica* promoted mechanical properties equivalent to panels of traditional use (*P. taeda*). The use of the *C. lusitanica* species and its combination with the *P. taeda* species proved to be promising in terms of the evaluated physical properties and, in terms of mechanical properties, resulted in lighter panels and resistance equivalent to that registered for panels of *P. taeda*.

**Keywords:** Plywood; Combination; Alternative species; Conifer

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Associação Catarinense de Empresas Florestais (ACR, 2022), o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de compensado de coníferas, tendo alcançado uma produção estimada no ano de 2021 de 3,4 milhões de metros cúbicos, dos quais, 800 mil m<sup>3</sup> foram consumidos no mercado interno, sendo o restante (2,6 milhões) destinado ao mercado externo, principalmente a produção dos estados do Paraná e Santa Catarina, com 68% e 31% desse total, respectivamente, também responsáveis pelas maiores áreas de florestas plantadas com o gênero *Pinus*. De acordo com a mesma fonte, o volume exportado no ano de 2021 correspondeu a 1,12 bilhões de dólares, superior ao valor monetário alcançado pelas exportações de madeira serrada e de painéis de madeira reconstituída no mesmo período, o que destaca o elevado valor agregado deste tipo de produto.



Na Região Sul, concentram-se empresas de processamento mecânico (serrados e painéis de madeira), predominantemente baseadas em madeira de Pinus, fato justificado pelo incremento médio anual do gênero que é de aproximadamente  $30 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , ainda que empresas florestais no estado de Santa Catarina relatem produtividade superior (ACR, 2021). De acordo com Dobner Júnior (2021), embora *P. taeda* seja responsável por um setor florestal de sucesso, há uma necessidade inquestionável de aumentar a diversidade de espécies madeireiras para maior diferenciação de mercado para redução de riscos impostos por um setor amplamente baseado em uma única espécie.

No Brasil, tem-se destacado cada vez mais as iniciativas de empresas com o plantio da espécie *Cupressus lusitanica* Mill. Segundo Pereira e Higa (2003), esta espécie é originária do México e Guatemala, sua madeira tem cor amarelada, às vezes marrom pálida ou ligeiramente rosada, de grã reta e textura fina e uniforme, medianamente estável, além de ser leve e fácil de trabalhar, aceitando bem vernizes, colas e pinturas, portanto características de interesse de matéria prima para laminação e na manufatura de chapas de madeira compensada.

Dobner Júnior (2021), após obter dados quantitativos de crescimento de todos os plantios conhecidos de *C. lusitanica* localizados na região serrana catarinense, observou produtividades de até  $31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  nas idades entre 16 e 18 anos, portanto comparável à registrada para o gênero Pinus, tendo concluído ainda que as variações do microclima, juntamente com os materiais genéticos, são responsáveis pela grande amplitude do potencial de crescimento da espécie.

Levando em consideração que o diâmetro das toras é uma das características de interesse de uma espécie para produção de lâminas, Dobner Júnior (2021) observou, para *C. lusitanica*, árvores dominantes com DAP próximo a 50 cm em períodos de produção de 25 a 35 anos, mesmo em povoamentos de baixa intensidade de desbaste, como os avaliados no estudo do autor, e destaca que esta espécie no sul do Brasil, mesmo sem uma estratégia de manejo consciente, já foi, portanto, capaz de fornecer



diâmetros dominantes semelhantes aos obtidos em povoamentos bem manejados de *P. taeda*, o que reforça o potencial de crescimento da espécie no sul do Brasil, e cuja qualidade visando potenciais usos finais deve ser investigada.

Quanto a esse aspecto, a madeira de *C. lusitanica* já teve seu potencial avaliado quanto à composição química, densidade básica e características morfológicas de traqueídeos para produção de polpa celulósica (VIVIAN; NUNES; DOBNER JÚNIOR; MODES; GROSSKOPF; BELINI, 2020), na confecção de painéis de madeira colados lateralmente (ALMEIDA; CUNHA; RIOS, 2017), durabilidade natural da madeira em contato com o solo em teste de campo (VIVIAN; NUNES; DOBNER JÚNIOR; MODES; GROSSKOPF; BELINI, 2020), qualidade energética da madeira e dos briquetes a partir de seus resíduos (ALMEIDA; BRAND; BALDUINO; CUNHA, 2015), densidade e estabilidade dimensional da madeira visando a produção de produtos de madeira sólida (CORRÊA; MODES; WALTRICK; VAZ; VIVIAN; CUNHA, 2022), tendo apresentado em alguns dos estudos relatados performance equivalente ou até mesmo superior em comparação com a madeira de *P. taeda*, mesmo não se tratando de uma espécie contemplada por um programa de melhoramento genético consolidado, como o já existente para outras espécies de coníferas.

Nesse sentido, levando em consideração o potencial de crescimento já relatado da espécie *C. lusitanica* e buscando contribuir com o avanço das pesquisas relacionadas às possibilidades de emprego de sua madeira, há necessidade de investigar as propriedades físico-mecânicas de painéis compensados produzidos com esta matéria-prima gerando subsídios para sua futura utilização em escala comercial, com vistas tanto a aumentar as fontes de matéria-prima qualificada para o referido segmento da indústria madeireira, como obter um produto com características diferenciadas, gerando maior valor econômico ao setor.

Sendo assim, o estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físico-mecânicas de painéis compensados confeccionados com lâminas da madeira de *C. lusitanica* e combinação desta com a madeira de *P. taeda* e comparar os resultados



obtidos com os painéis confeccionados somente com a madeira de *P. taeda*, bem como com os requisitos mínimos estipulados para compensado de Pinus pelo Programa Nacional de Qualidade da Madeira.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente estudo, foram avaliados painéis compensados produzidos industrialmente por uma empresa do setor localizada no município de Presidente Getúlio, SC, a partir de lâminas de madeira das espécies *Pinus taeda* L. e *Cupressus lusitanica* Mill. sob três configurações: painéis compostos exclusivamente por lâminas da madeira de *P. taeda* (tratamento 1), painéis compostos exclusivamente por lâminas da madeira de *C. lusitanica* (tratamento 2) e painéis compostos pela combinação de lâminas de *P. taeda* e *C. lusitanica* (tratamento 3). Para esse último, as lâminas de madeira de *C. lusitanica* foram orientadas longitudinalmente na composição dos painéis. Foram avaliados 3 painéis por tratamento, compostos de 7 lâminas coladas com resina fenólica na gramatura de 328 g/m<sup>2</sup> e espessura total de 17 mm, consolidados em prensa à temperatura de 135°C, tempo de prensagem de 1 minuto por cada mm de espessura nominal do painel e pressão específica de 12 kgf/cm<sup>2</sup>. As chapas de dimensão comercial foram transportadas ao Laboratório de Produtos Florestais II da Universidade Federal de Santa Catarina no município de Curitibanos, onde foram desdobrados em serra circular simples com riscador em corpos de prova, conforme amostragem e dimensões preconizadas pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), utilizadas como guia para as avaliações.

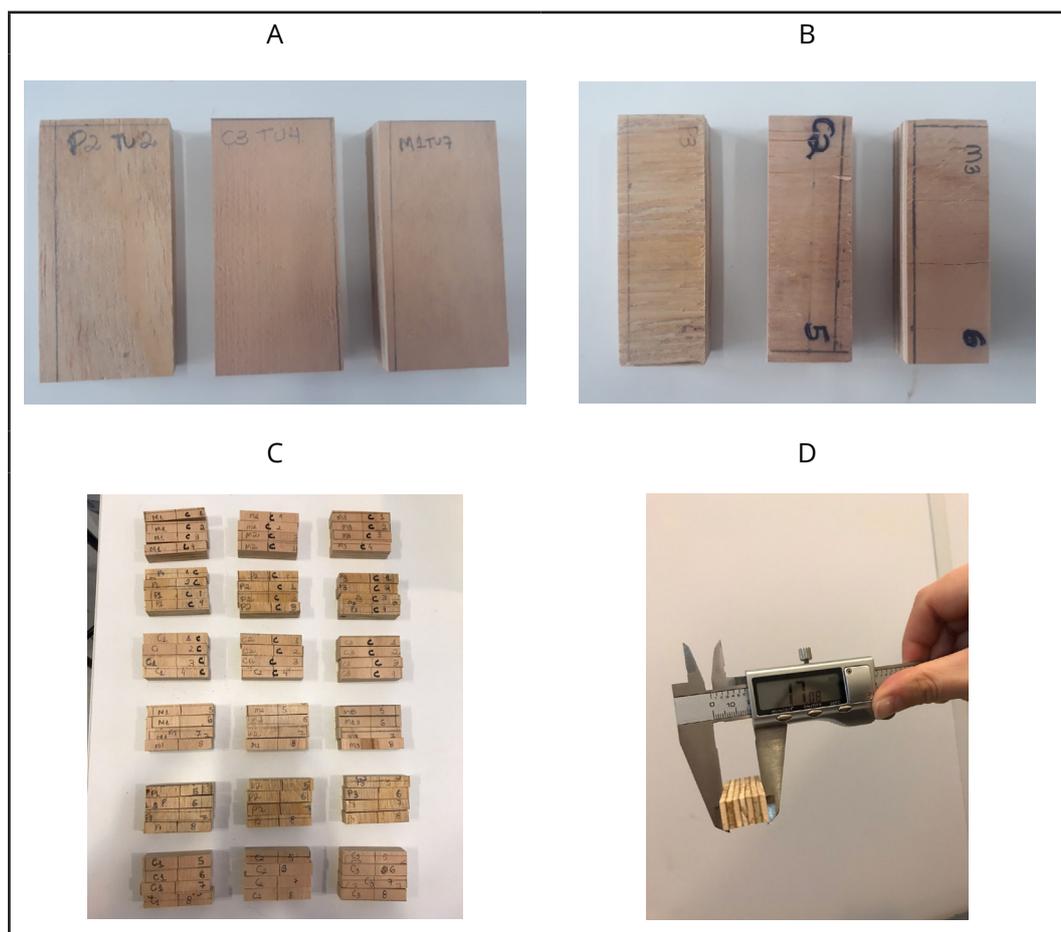
### 2.1 Propriedades físicas

Os painéis foram avaliados quanto às seguintes propriedades físicas e respectivo documento normativo: Massa específica aparente (NBR 9485, 2011), Absorção de água (NBR 9486, 2011), Teor de umidade (NBR 9484, 2011) e Inchamento (NBR 9535, 2011). Com exceção do teor de umidade, para as demais avaliações, os corpos de prova foram



previamente condicionados em câmara climática operando a temperatura de 20°C e umidade relativa de 65% até equilíbrio higroscópico à umidade de equilíbrio de 12%.

Figura 1 – Corpos de prova dos painéis de *Pinus taeda*, *Cupressus lusitanica* e combinação das espécies utilizados na determinação das propriedades físicas



Fonte: Autores (2023)

Em que: Corpos de prova utilizados nos ensaios de teor de umidade e massa específica aparente (A); absorção de água (B); inchamento (C); procedimento de mensuração da espessura (D).

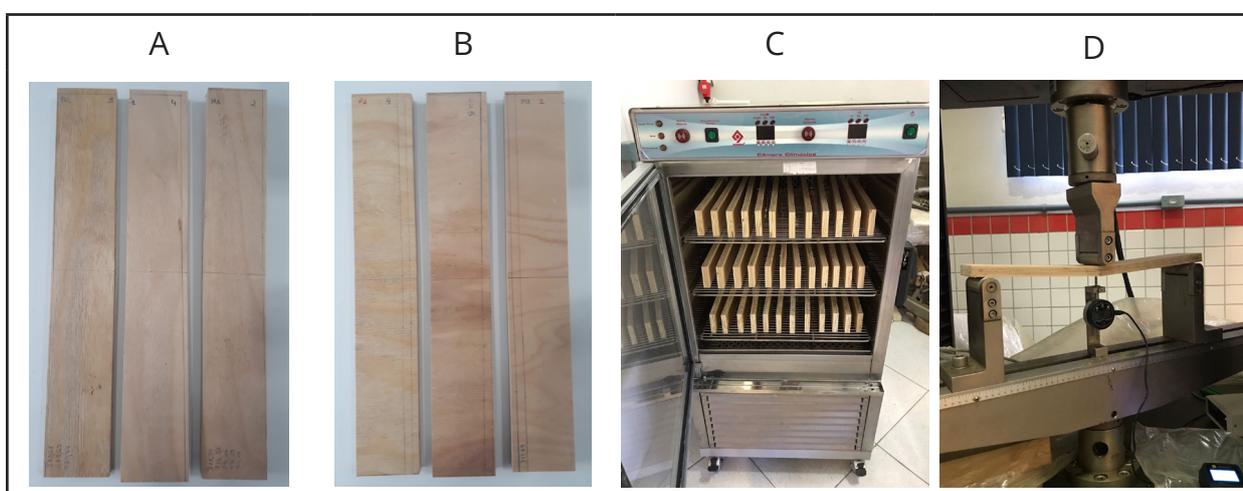
## 2.2 Propriedades mecânicas

Os painéis compensados foram avaliados quanto à resistência e rigidez ao ensaio mecânico de flexão estática paralela e perpendicular à grã, levando em consideração as recomendações da norma NBR 9533 (ABNT, 2012). Antes do ensaio os corpos de prova foram previamente condicionados em câmara climática operando



à temperatura de 20°C e umidade relativa de 65% até equilíbrio higroscópico (Figura 2). As propriedades obtidas pelos painéis de cada tratamento foram comparadas entre si e com os requisitos mínimos exigidos para compensado de Pinus de 18 mm estabelecidos pelo Programa Nacional de Qualidade da Madeira (PNQM) da Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2002).

Figura 2 – Corpos de prova dos painéis de *Pinus taeda*, *Cupressus lusitanica* e combinação das espécies utilizadas no ensaio de flexão estática



Fonte: Autores (2023)

Em que: Corpos de prova utilizados no ensaio de flexão estática no sentido paralelo à grã (A) e perpendicular à grã das lâminas externas (B); Corpos de prova em câmara climática para condicionamento (C); Corpo de prova submetido ao ensaio de flexão estática em máquina universal de ensaios mecânicos (D).

Os dados dos ensaios físico-mecânicos dos painéis referentes aos três tratamentos avaliados foram analisados estatisticamente adotando-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), utilizando o programa RStudio. A normalidade dos dados foi determinada pelo teste de Shapiro Wilks e a verificação da homogeneidade das variâncias pelo teste de Barlett. Os resultados das propriedades avaliadas foram submetidos à análise de variância e, havendo rejeição da hipótese de nulidade pelo teste F, aplicou-se o teste Tukey ao nível de 5% de significância com o intuito de identificar essas diferenças.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Propriedades físicas

Na tabela 1, constam os valores médios resultantes dos ensaios físicos conduzidos para os painéis compensados das espécies *P. taeda*, *C. lusitanica* e a combinação de ambas.

Tabela 1 – Valores médios de teor de umidade (TU), massa específica aparente a 12% de umidade (MEA12%), absorção de água (AA), recuperação em espessura (R), inchamento mais a recuperação da espessura (IR) e inchamento (I) dos painéis

Tratamento	TU	AA	R %	IR	I	MEA 12% (kg m <sup>-3</sup> )
<i>P. taeda</i>	10,82 b*	59,81 b	1,93	8,40	6,47 a	584,71 a
<i>C. lusitanica</i>	10,56 b	64,12 a	1,06	6,14	5,08 a	508,89 c
<i>P. taeda x C. lusitanica</i>	11,15 a	62,81 ab	2,74	8,00	5,27 a	533,80 b

Fonte: Autores (2023)

Em que: \* são as médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que o teor de umidade médio do painel composto pela combinação das espécies *P. taeda* e *C. lusitanica* foi superior estatisticamente ao registrado para os painéis produzidos somente com a madeira de *C. lusitanica* e *P. taeda*, que não diferiram entre si quanto ao teor de umidade das chapas.

Silva, Mendes, Calegário, Mori, Silva e Santos (2006) observaram para a madeira maciça de coníferas uma umidade de equilíbrio de 14,70%, levando em consideração a média registrada para 26 estados brasileiros. Mencionam ainda que o conceito de umidade de equilíbrio para produtos reconstituídos de madeira é um pouco diferente em relação à madeira maciça, uma vez que os primeiros apresentam uma higroscopicidade diferente em relação à última, já que, dentre outros aspectos, tem-se o fato de que estes produtos exigem umidades baixas das lâminas ou partículas, qualidade requerida pelo adesivo, que no presente estudo também é caracterizado como de maior resistência à umidade.



O maior percentual médio de absorção de água foi registrado para os painéis confeccionados com a madeira de *C. lusitanica*, que diferiu estatisticamente do registrado para os painéis produzidos apenas com a madeira de *P. taeda*, que apresentou o menor percentual de absorção de água. A combinação das duas espécies resultou em painéis com percentual de absorção equivalente ao registrado para aqueles produzidos com *P. taeda* e *C. lusitanica* de forma pura. Embora a avaliação da massa específica aparente a 12% de umidade não tenha sido conduzida utilizando os mesmos corpos de prova da avaliação da absorção de água, é possível estabelecer uma relação entre essas duas características. Observa-se que a menor e maior massa específica aparente a 12% dos painéis de *C. lusitanica* e *P. taeda* está relacionada ao maior e ao menor percentual, respectivamente, de absorção de água. A combinação das duas espécies resulta em painéis de massa específica aparente intermediária, e isso promoveu uma absorção de água equivalente aos demais, para este tratamento. Relacionando este comportamento com o observado em relação ao inchamento observa-se a vantagem comparativa do uso da espécie *C. lusitanica* e sua combinação com a madeira de *P. taeda*, uma vez que, embora esses tratamentos tenham apresentado um maior percentual de absorção, essa característica não correspondeu a uma diferença estatística no inchamento dos painéis, tendo como impacto a produção de chapas mais leves em relação às produzidas apenas com a madeira de *P. taeda*, e ao mesmo tempo equivalentes quanto à estabilidade dimensional.

Ainda em relação ao inchamento, observa-se que o percentual de inchamento não diferiu entre os tratamentos avaliados, embora seja possível observar que os painéis constituídos apenas com a madeira de *P. taeda* apresentaram inchamento superior em 21,5% em relação ao compensado produzido apenas com a espécie *C. lusitanica* e superior em 18,5% em comparação com os painéis produzidos com a combinação de ambas as espécies na manufatura.

Comparando os resultados de massa específica aparente com o estipulado no Catálogo Técnico para Painéis de Compensados de Pinus proposto pela Associação



Brasileira (ABIMCI, 2002) para painéis compensados de 7 lâminas com 18 mm de espessura e mesma faixa de teor de umidade, observa-se que o tratamento com a combinação das espécies resultou em um valor mais próximo aos 528 kg m<sup>-3</sup> estipulado pelo documento para painéis de Pinus, o que também é uma vantagem comparativa.

### 3.2 Propriedades mecânicas

Na tabela 2, consta o teste de médias entre as propriedades em flexão estática nos sentidos paralelo e perpendicular à grã e massa específica aparente a 12% de umidade para os painéis confeccionados com a madeira de *P. taeda*, *C. lusitanica* e combinação das espécies.

Tabela 2 – Valores médios de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) ao ensaio de flexão estática paralela e perpendicular à grã

Tratamento	Paralelo à grã		Perpendicular à grã		MEA 12% (kg m <sup>-3</sup> )
	MOE	MOR	MOE	MOR	
	N/mm <sup>2</sup>				
<i>P. taeda</i>	7.588,45a*	38,28b	2.383,68a	21,81ab	584,71a
<i>C. lusitanica</i>	5.169,03b	37,22b	2.031,97b	17,89b	508,89c
<i>P. taeda x C. lusitanica</i>	5.699,06b	45,45a	2.107,24ab	24,56a	533,80b

Fonte: Autores (2023)

Em que: \* são as médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; MEA12%= Massa específica aparente à umidade de 12%.

Observa-se que o módulo de elasticidade médio ou rigidez dos painéis submetidos à carga no sentido paralelamente à grã das lâminas da face foi estatisticamente superior para os painéis de *P. taeda* em relação a mesma propriedade observada para os painéis produzidos somente com a madeira de *C. lusitanica* e combinação das espécies, não tendo sido observada diferença estatística entre esses últimos tratamentos. Já com relação ao ensaio de flexão estática com a aplicação da carga perpendicularmente à grã das lâminas da capa, observa-se que a combinação da espécie *C. lusitanica* com a madeira de *P. taeda* resultou em painéis com rigidez superior e equivalente à observada para painéis compostos apenas com lâminas de *P. taeda*.



Já em relação ao módulo de ruptura, observa-se que a mistura das espécies promoveu um ganho significativo em resistência dos painéis avaliados com a aplicação da carga em ambos os sentidos, mesmo apresentando uma massa específica aparente a 12% de umidade estatisticamente inferior à observada pelos painéis somente com a madeira de *P. taeda*. Em relação ao módulo de ruptura no ensaio paralelo à grã, observa-se uma vantagem comparativa da combinação da espécie *C. lusitanica* com a espécie *P. taeda*, uma vez que o valor médio de MOR foi estatisticamente superior ao apresentado pelos painéis de *P. taeda*. Já em relação à utilização dos mesmos painéis com a aplicação da carga no sentido perpendicular, a combinação das espécies promoveu uma resistência equivalente à observada pelo compensado de *P. taeda*. Ainda para ambos os tipos de esforços, observa-se que a resistência dos painéis de *C. lusitanica* foi equivalente a dos painéis confeccionados apenas com a madeira de *P. taeda*.

Em comparação com os valores obtidos na literatura para compensado produzido com *P. taeda* de espessura similar e produzido também em escala industrial, observa-se que, em relação ao estudo de Palma, Marco e Ballarin (2017), os painéis de *P. taeda* apresentaram no esforço de flexão estática no sentido paralelo uma resistência inferior em 26,87% e rigidez superior em 13,15%. Já em relação ao ensaio perpendicular, essas mesmas propriedades no presente estudo foram inferiores em percentuais de 24,59% e 35,08%, respectivamente, diferença que pode estar relacionada à massa específica aparente média de  $650 \text{ kg m}^{-3}$  dos painéis avaliados por Palma, Marco e Ballarin (2017), portanto superior à média dos painéis avaliados. Já em relação ao observado por Bortoletto Júnior e Garcia (2004), observa-se que da mesma forma o MOE paralelo registrado no presente estudo foi superior em um percentual de 21,82%, enquanto o MOR no mesmo sentido foi pouco inferior em 4,3%. Já no sentido perpendicular o MOE e MOR no presente estudo foram inferiores em 39,89% e 39,41%, respectivamente, diferença que também pode ser atribuída à massa específica aparente superior dos corpos de prova avaliados ( $625 \text{ kg m}^{-3}$ ).



O Catálogo Técnico para Painéis de Compensados de Pinus proposto pela Associação Brasileira (ABIMCI, 2002) menciona, para compensado de Pinus com 7 lâminas e 18 mm de espessura, valores de módulo de elasticidade entre 7.979,96 e 4.451,43 N/mm<sup>2</sup> e uma média de 6.215,749 N/mm<sup>2</sup> no sentido paralelo à grã. Observa-se que a incorporação da espécie *C. lusitanica* na composição dos painéis compensados junto ao *P. taeda*, bem como sua aplicação na forma pura promoveu a obtenção de painéis com valores de rigidez dentro da amplitude definida para compensados de Pinus. Em relação ao valor médio definido pela ABIMCI, observa-se que os compensados com a madeira de *C. lusitanica* apresentaram uma rigidez 16,84% inferior à média, enquanto aqueles produzidos pela mistura das espécies o valor médio foi inferior em 8,31%.

Já em relação ao estipulado pela ABIMCI para o módulo de ruptura no mesmo sentido de aplicação da carga, observa-se que tanto os painéis resultantes da madeira de *C. lusitanica* como sua combinação com a madeira de *P. taeda* superaram a média de 34,03 N/mm<sup>2</sup> estipulada para painéis de Pinus de mesma característica, em 8,57% e 30,68%, respectivamente. Foi observado que, do total de corpos de prova avaliados para os painéis de *C. lusitanica*, somente 11,11% não atingiram o mínimo de 22,95 N/mm<sup>2</sup> estipulado pelo catálogo.

Considerando o mencionado no Catálogo Técnico para Painéis Compensados de Pinus da ABIMCI para a propriedade de flexão estática perpendicular à grã em painéis de mesma característica, observa-se que todos os tratamentos foram inferiores à média de 3.552,75 N/mm<sup>2</sup>, em percentuais de 32,90%, 42,80% e 40,68% para painéis de *P. taeda*, *C. lusitanica* e resultante da combinação das espécies, respectivamente.

De acordo com o Catálogo Técnico da ABIMCI, os valores de módulo de ruptura no sentido perpendicular para painéis Compensados de Pinus com 7 lâminas e 18 mm de espessura variam entre 40,21 a 18,53 N/mm<sup>2</sup> e média de 29,42 N/mm<sup>2</sup>, esta última não alcançada pelos painéis de todos os tratamentos avaliados, e cuja menor diferença (16,52%) foi registrada pelos painéis com a combinação das espécies. Ainda



mais distante da média registrada, há os painéis de *C. lusitanica* cuja média para esta propriedade não atingiu o valor mínimo de 18,53 N/mm<sup>2</sup>.

Na tabela 3, consta o teste de médias entre as propriedades de flexão estática nos sentidos paralelo e perpendicular à grã para os painéis confeccionados com a madeira de *P. taeda*, *C. lusitanica* e combinação das espécies.

Tabela 3 – Valores médios de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) dos painéis de *Pinus taeda*, *Cupressus lusitanica* e combinação das espécies *Pinus taeda* e *Cupressus lusitanica* nos sentidos paralelo e perpendicular à grã

Sentido	<i>P. taeda</i>		<i>C. lusitanica</i>		<i>P. taeda</i> x <i>C. lusitanica</i>	
	MOE	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR
Paralelo	7.588,45 a*	38,28 a	5.169,03 a	37,22 a	5.699,06 a	45,45 a
Perpendicular	2.383,68 b	21,81 b	2.031,97 b	17,89 b	2.107,24 b	24,56 b

Fonte: Autores (2023)

Em que: \* são as médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que em todos os tratamentos os painéis mostraram-se estatisticamente mais rígidos e resistentes quando avaliados com o esforço aplicado no mesmo sentido das lâminas da capa, com um percentual médio de aumento de 64,09% e 46,97% para o MOE e MOR, respectivamente, em relação aos valores apresentados pelos mesmos painéis avaliados no sentido perpendicular. Palma, Marco e Ballarin (2017) observaram para as mesmas propriedades uma diferença de 52,03% e 35,82%, respectivamente. A maior diferença entre os dois sentidos de aplicação da carga em relação ao MOE foi atribuída para os painéis de *P. taeda* (68,58%), seguido dos painéis resultantes da combinação das espécies (63,02%) e dos painéis de *C. lusitanica* (60,69%), o que também foi uma vantagem comparativa. Já em relação ao MOR, a maior diferença foi registrada para os painéis puros da madeira de *C. lusitanica* (51,93%), seguido dos painéis com a combinação das espécies (45,96%) e de *P. taeda* (43,02%).



O motivo das propriedades de resistência e rigidez no sentido paralelo ser superior ao registrado no sentido perpendicular se deve ao fato de que na composição do painel há proporcionalmente um maior número de lâminas com a grã no sentido do comprimento do corpo de prova e, como a madeira é mais resistente a esforços aplicados paralelamente à grã, a aplicação da carga nesse mesmo sentido favorece um aumento das propriedades de resistência e rigidez no ensaio paralelo à grã. No entanto, conforme aumenta o número de lâminas com as fibras no sentido do comprimento do corpo de prova avaliado, há uma redução da diferença observada nos valores de MOE e MOR entre os sentidos paralelo e perpendicular.

### 3 CONCLUSÕES

A utilização da madeira de *C. lusitanica* e sua combinação à madeira de *P. taeda* resultou em chapas mais leves e de estabilidade dimensional equivalente à obtida para os painéis com a madeira somente de *P. taeda*.

A combinação da madeira de *C. lusitanica* e *P. taeda* na manufatura de painéis compensados resultou em um material de rigidez equivalente à obtida para painéis de *P. taeda* no esforço de flexão estática perpendicular, e uma resistência estatisticamente superior em ambos os sentidos de aplicação da carga, sugerindo que a utilização da espécie *C. lusitanica* na manufatura dos painéis na forma pura ou combinada com a espécie *P. taeda* resultou em chapas mais leves e de resistência equivalente à obtida para painéis somente com a madeira de *P. taeda*, podendo portanto ser um alternativa à indústria de chapas de madeira compensada.

A utilização da madeira de *C. lusitanica*, na forma pura e combinada com *P. taeda*, resultou em painéis com valores médios de rigidez no sentido paralelo à grã dentro da amplitude definida pelo Catálogo técnico da ABIMCI, bem como resistência superior à média definida pelo mesmo documento para compensado de *Pinus* de mesma característica.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa G13 Compensados pela confecção e transporte dos painéis compensados avaliados.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. C. F. de; CUNHA, A. B. da; RIOS, P. D. Avaliação da qualidade da colagem de topo da madeira de *Cupressus lusitanica* Mill. para a produção de painéis colados lateralmente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 113, p. 9-19, mar. 2017.

ALMEIDA, C. C. F. de; BRAND, M. A.; BALDUINO, A. L. J.; CUNHA, A. B. da. Qualidade energética da madeira e de briquetes produzidos a partir de *Cupressus lusitanica* Mill. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 1003-1011, dez. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9485**: Compensado – Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9486**: Compensado – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9484**: Compensado – Determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9535**: Compensado – Determinação do inchamento – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9533**: Compensado – Determinação da resistência à flexão estática. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. **Catálogo técnico de compensado de pinus**. Curitiba: PNQM, 2002.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS - ACR. Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2022 (ano base 2021). ACR, 2022.

ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS - ACR. Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2021 (ano base 2020). ACR, 2021.

BORTOLETTO JÚNIOR, G.; GARCIA, J. N. Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.4, p.563-570, 2004.

CORRÊA, C. A.; MODES, K. S.; WALTRICK, E. de S.; VAZ, D. R.; VIVIAN, M. A.; CUNHA, A. B. da. Propriedades físicas da madeira de *Cupressus lusitanica* MILL. aos 38 anos de idade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 5., 2022, Goiânia. **Anais** [...]. Goiânia: UFG/ SBCTEM, 2022.



DOBNER JÚNIOR, M. Growth and yield of even-aged *Cupressus lusitanica* plantations in southern Brazil. **Floresta**, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 980-989, out/dez. 2021.

PALMA, H. A. L.; MARCO, J. T. do; BALLARIN, A. W. Propriedades físicas e mecânicas de compensados com lâminas de *Pinus taeda* L. tratadas com CCA. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA, 2., 2017, Buenos Aires. **Anais** [...]. Buenos Aires: CLEM+CIMAD, 2017. Disponível em: <https://clem-cimad2017.unnoba.edu.ar/papers/T4-04.pdf>. Acesso em: 01 set. 2022.

PEREIRA, J. C. D.; HIGA, R. C. V. **Propriedades da madeira de *Cupressus lusitanica* Mill.** Colombo: Embrapa Florestas, 2003. (Comunicado Técnico, 107).

SILVA, G. A. da; MENDES, L. M.; CALEGÁRIO, N.; MORI, F. A.; SILVA, J. R. M. da; SANTOS, I. F. dos. Estimativa da umidade de equilíbrio de painéis de madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 23-29, abr. 2006.

VIVIAN, M. A.; CORRÊA, R.; MODES, K. S.; CAETANO, A. P.; PEDRAZZI, C.; DOBNER JUNIOR, M. Caracterização tecnológica da madeira de *Cupressus lusitanica* visando à produção de polpa celulósica. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 40, e201901894, p. 1-9, 2020.

VIVIAN, M. A.; NUNES, G. C.; DOBNER JÚNIOR, M.; MODES, K. S.; GROSSKOPF, E. J.; BELINI, U. L. Natural durability of *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* and *Pinus taeda* woods in field trial. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 50, n. 3, p. 1603 - 1612, jul./set. 2020.

## Contribuição de Autoria

### 1 Karina Soares Modes

Engenheira Florestal, Dra., Professora

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

Contribuição: Conceitualização; Curadoria de dados; Análise de dados; Validação de dados e experimentos; Pesquisa; Metodologia; Redação do manuscrito original; Escrita – revisão e edição

### 2 Vitoria Cozer

Engenheira Florestal

<https://orcid.org/0000-0002-0297-6897> • vitoria1cozer@gmail.com

Contribuição: Conceitualização; Análise de dados; Metodologia; Validação de dados e experimentos; Escrita – revisão e edição



### 3 Mario Dobner Júnior

Engenheiro Florestal, Dr.

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

Contribuição: Validação de dados e experimentos; Escrita – revisão e edição

### 4 Magnos Alan Vivian

Engenheiro Florestal, Dr., Professor

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

Contribuição: Análise de dados; Validação de dados e experimentos; Escrita – revisão e edição

### Como citar este artigo

MODES, K. S.; COZER, V.; DOBNER JÚNIOR, M.; VIVIAN, M. A. Propriedades físico-mecânicas de painéis compensados com a madeira de *Cupressus lusitanica* Mill.. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 3, e74002, p. 1-17, 2023. DOI 10.5902/1980509874002. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509874002>. Acesso em: dia mês abreviado. ano.