

## ARTIGO ORIGINAL

# Madeira de clones de *Eucalyptus* como matéria prima para a produção de painéis compensados

## *Wood from Eucalyptus clones as raw material for the production of plywood panels*

Gabriel Costa Rocha<sup>1</sup>, Wendel dos Santos Moraes<sup>1</sup> , Thatiele Pereira Eufrazio de Moraes<sup>1</sup> ,  
Maria Isabel dos Santos Barbosa Barreto<sup>1</sup> , Raquel Marchesan<sup>1</sup>, Thiago Campos Monteiro<sup>2</sup>,  
Cristiano Bueno de Moraes<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal do Tocantins – UFT, Gurupi, TO, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Paraná – UFPR, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Paraná, PR, Brasil

### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Fonte de financiamento: Nenhuma.  
Conflito de interesse: Nada a declarar.  
Autor correspondente:  
wmorais26@gmail.com  
Recebido: 21 junho 2022.  
Aceito: 8 julho 2024.  
Editor: Alexandre de Vicente Ferraz.

**Como citar:** Rocha, G. C., Moraes, W. S., Moraes, T. P. E., Barreto, M. I. S. B., Marchesan, R., Monteiro, T. C., & Moraes, C. B. (2024). Madeira de clones de *Eucalyptus* como matéria prima para a produção de painéis compensados. *Scientia Forestalis*, 52, e3926. <https://doi.org/10.18671/scifor.v52.03>

### RESUMO

Neste estudo, objetivou-se avaliar o potencial de cinco clones de *Eucalyptus*, em idade juvenil de 48 meses, para a confecção de painéis multilaminados de contraplacado. O delineamento estatístico utilizado no experimento foi blocos casualizados, esquema fatorial 5 x 3, considerando dois fatores: clone e composição do painel compensado, com seis repetições por painel. Foram utilizadas lâminas de quatro clones de *E. dunnii* e um de *E. saligna* como revestimento, enquanto o núcleo do compensado consistiu em lâminas de *Pinus* e *Virola*. Na construção dos painéis compensados utilizou como adesivo o resorcinol-formaldeído com gramatura de 320 g/m<sup>2</sup>. O ciclo de prensagem seguiu os seguintes parâmetros: pressão de 1,47MPa, temperatura ambiente (20±3°C) e tempo de 8 minutos. Para verificar a qualidade do produto confeccionado foram analisado os seguintes parâmetros físicos e mecânicos: densidade básica (Kg/cm<sup>3</sup>), teor de umidade (%), resistência ao cisalhamento (Mpa), falha na madeira (%), teste de ruptura e elasticidade (Mpa). Os resultados revelaram que os clones de *E. dunnii* apresentaram grande potencial para a produção de painéis multilaminados de compensado, uma vez que as propriedades físicas e mecânicas desses painéis estavam dentro da faixa descrita como adequada nas normas: NBR 9484 (teor de umidade), NBR 9485 (densidade do painel básico), NBR 12466 (resistência ao cisalhamento) e NBR 9533 (flexão estática). O material genético que apresentou melhor desempenho em todas as análises físico-mecânicas foi o clone USP/IPEF 68 - *Eucalyptus dunnii*.

Palavras-chave: *Eucalyptus*; Laminação; Painéis; Propriedades físico-mecânicas.

### ABSTRACT

In this study, the objective was to evaluate the potential of five *Eucalyptus* clones, at a juvenile age of 48 months, for making multi-laminated plywood panels. The statistical design used in the experiment was randomized blocks, a 5 x 3 factorial scheme, considering two factors: clone and composition of the compensated panel, with six replications per panel. Blades of four clones of *E. dunnii* and one of *E. saligna* were used as coating, while the core of the plywood consisted of *Pinus* and *Virola* blades. In the construction of the plywood panels, resorcinol-formaldehyde with a weight of 320 g/m<sup>2</sup> was used as an adhesive. The pressing cycle followed the following parameters: pressure of 1.47MPa, room temperature (20±3°C) and time of 8 minutes. To verify the quality of the manufactured product, the following physical and mechanical parameters were analyzed: basic density (Kg/cm<sup>3</sup>), moisture content (%), shear strength (Mpa), wood failure (%), rupture and elasticity test (Mpa). The results revealed that *E. dunnii* clones presented great potential for the production of multi-laminated plywood panels, since the physical and mechanical properties of these panels were within the range described as adequate in the standards: NBR 9484 (moisture content), NBR 9485 (basic panel density), NBR 12466 (shear strength) and NBR 9533 (static bending). The genetic material that presented the best performance in all physical-mechanical analyzes was the USP/IPEF 68 clone - *Eucalyptus dunnii*.

Keywords: *Eucalyptus*; Lamination; Plywood; Physical-mechanical properties.



## 1. INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus* é, atualmente, o gênero mais utilizado para fins de reflorestamento no Brasil e em outros países como Índia, África do Sul, Argentina, Portugal, Angola, Espanha, China, França e Japão devido à sua alta adaptabilidade e seu rápido crescimento. É amplamente utilizado na construção civil, produção de mourões, laminação, compensados, paletes, decorações de ambientes, indústria automotiva e produção de carvão (Rabelo et al., 2020, Moraes et al., 2024).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (2024) em termos de produção o Brasil se encontra no quarto lugar no ranking mundial de compensados de coníferas, atingindo uma produção de 3,4 milhões de metros cúbicos em 2021, sendo o líder mundial nas exportações de compensados. Esses resultados são em parte atribuídos aos avanços das gerações nos programas de melhoramento genético de espécies de folhosas e coníferas em todo o país.

Diversos tipos de painéis são fabricados no Brasil como painéis laminados ou engenheirados. Uma variedade de biomassa ou uma mistura de diferentes espécies podem ser usadas no processo de produção, como o gênero *Pinus* (Matos et al., 2019; Reis et al., 2019) a *Araucaria angustifolia* (Dias et al., 2017) e *Schizolobium paraíba* (Matos et al., 2019).

A madeira de eucalipto tem sido utilizada na produção de painéis no país, porém ainda existem limitações quanto à madeira obtida de plantas juvenis, como exemplo: diâmetros da tora inferiores a 15 cm, tensão de crescimento e a densidade básica da madeira, o que pode dificultar seu uso para laminação em larga escala. Os níveis de crescimento na maioria das espécies ( $\pm 900$ ) do gênero são elevados (Crisp et al., 2024), implicando em um rendimento industrial reduzido e, portanto, criando uma barreira econômica para o uso dessas espécies (Rosa et al., 2017; Araújo et al., 2021).

Apesar das restrições da madeira juvenil, o eucalipto ainda é uma opção valorizada, pois apresenta características que garantem o fornecimento de madeira de qualidade para laminação. O desenvolvimento de programas de melhoramento genético pode minimizar ou solucionar os retrocessos associados aos usos da madeira de eucalipto, o que pode ser observado por investigações recentes que demonstraram resultados positivos para o uso de eucalipto, sozinho ou misturado com outra biomassa, para a produção de painéis de madeira (Escatolino et al., 2017; Iwakiri et al., 2021).

Neste sentido, a qualidade dos painéis compensados dependerá da qualidade da madeira, do material genético do eucalipto utilizado, aliado ao conhecimento da heterogeneidade das espécies da madeira. Até onde se sabe, há poucas informações sobre a qualidade dos painéis compensados de madeira juvenil, bem como sua produção com diferentes materiais genéticos. Assim, este estudo objetivou-se selecionar material genético de *Eucalyptus* com potencial para produção de painéis compensados de madeira juvenil.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Localização

O material de pesquisa foi proveniente de uma área de pesquisa pertencente à Palmasola S/A Madeiras e Agricultura, situada na cidade de Palma Sola – Santa Catarina. As respectivas coordenadas geográficas são 26° 20 '51" S de latitude, 53° 16' 42" W de longitude e altitude local de 870 metros. O clima local do experimento, segundo a classificação climática de Köppen, é Cfa - mesotérmico úmido - precipitação mais uniformemente distribuída ao longo do ano - verões quentes e invernos fortes, com temperatura média de 17,4 °C e precipitação média anual de

2.200 mm (Álvares et al., 2013). O solo foi classificado como Latossolo Bruno Distrófico, textura argilosa (classe 2) e relevo ondulado, segundo a (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018).

### 2.2. Material genético utilizado

As árvores dos clones utilizados para o estudo foram abatidas de um teste clonal da empresa Palmasola S/A, com 29 genótipos (clones) implantados com mudas adquiridas do Projeto Novos Cultivares – IPEF (Instituto de Estudos e Pesquisas Florestais), instalado no delineamento estatístico em blocos casualizados, seis repetições, seis plantas/parcela linear, espaçamento de 3 m x 3 m e com bordadura dupla. Os melhores genótipos por desempenho silvicultural, adaptabilidade e tolerância a geada foram classificados. Foram utilizadas cinco árvores dos seguintes clones: USP/IPEF 78 (*E. saligna*) e USP/IPEF 64, USP/IPEF 52, USP/IPEF 68 e USP/IPEF 59 (*E. dunnii*), totalizando 25 árvores na idade de 48 meses (Moraes et al., 2014), cujas informações de DAP (cm), altura (m) e volume (m) encontram-se na Tabela 1.

### 2.3. Laminação e fabricação de painéis de compensado

Após a colheita das árvores com melhor volume médio de produção dos cinco clones selecionados de *Eucalyptus*, foram confeccionadas chapas para serem combinadas com núcleo de *Pinus* e *Virola* para a confecção de painéis. Os materiais *Pinus* e *Virola* foram cedidos pela empresa Palmasola S/A “Madeiras e Agricultura” para a fabricação do núcleo dos painéis. Foi obtido de florestas plantadas com a mesma genética, idade e espaçamento entre árvores. As chapas de madeira de *Eucalyptus*, *Pinus* e *Virola* foram fabricadas por uma laminadora de madeira, após o aquecimento das toras a temperaturas de 66°C por 24 horas em água, visando amolecer as fibras e favorecer o acabamento superficial. A espessura das chapas de madeira foi de aproximadamente 2,15 mm.

As folhas de madeira foram sopradas horizontalmente para secagem natural em espaço aberto até atingir umidade entre 10 - 20%. Em seguida, o material teve essa umidade reduzida para 8% através da secagem em casa de vegetação equipada com sistema de circulação de ar. Antes da fabricação do painel, as chapas secas de madeira foram classificadas de forma decrescente em diferentes categorias de qualidade (A, B, C e D) de acordo com a NBR 9531 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986). Apenas folhas de eucalipto (classificadas como B) foram utilizadas na capa e contracapa, enquanto as folhas de *Pinus* e *Virola* (classificadas como C) foram utilizadas no núcleo do painel.

Os painéis de compensado foram constituídos por sete folhas de madeira cruzadas perpendicularmente. A capa e contracapa (folhas 1 e 7) foram originadas de madeira de eucalipto com diferentes materiais genéticos. O núcleo foi feito de *Pinus* (folhas 2, 4 e 6) e *Virola* (folhas 3 e 5). As dimensões das chapas foram de 2,15 mm x 480 mm x 480 mm, gerando painéis de 15 mm de espessura. O adesivo utilizado na produção dos painéis foi o resorcinol-formaldeído da marca Hexion (320 g/m<sup>2</sup>).

**Tabela 1.** Médias dos caracteres florestais de *Eucalyptus* avaliado aos 48 meses de idade

Clone	DchH <sup>a</sup> (cm)	Altura (m)	Volume (m)
USP/IPEF 78 - <i>Eucalyptus saligna</i>	19,99	20,2	0,3582
USP/IPEF 64 - <i>Eucalyptus dunnii</i>	19,26	19,4	0,3333
USP/IPEF 52 - <i>Eucalyptus dunnii</i>	18,46	20,9	0,3236
USP/IPEF 68 - <i>Eucalyptus dunnii</i>	17,10	18,4	0,2856
USP/IPEF 59 - <i>Eucalyptus dunnii</i>	15,87	16,7	0,2534

<sup>a</sup>diâmetro na altura do peito.

Os painéis foram prensados com pressão igual a 1,47 MPa por 8 minutos em temperatura ambiente. Em seguida foram para uma câmara sob condições controladas de temperatura (20±3°C) e umidade relativa do ar (65±5%) até atingirem nível de umidade ideal (equilíbrio higroscópico) de 12%.

#### 2.4. Testes físicos e mecânicos

Os painéis foram cortados com serra circular e as molduras de teste foram feitas de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas: foram retiradas seis amostras de cada painel para determinação do teor de umidade, conforme a NBR 9484 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011a) e densidade básica dos painéis, conforme a NBR 9485 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011b). Para a execução dos ensaios mecânicos, foram retiradas seis amostras de cada painel para o ensaio de cisalhamento (pós-fervura), conforme a NBR 12466 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012a), e mais seis para o ensaio de flexão estática, conforme a NBR 9533 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012b).

Para todos os parâmetros de qualidade da madeira foi empregado o delineamento em blocos casualizados, com arranjo fatorial 5 x 3, considerando dois fatores: clone e composição do painel compensado, contando com seis repetições por painel. Em um primeiro momento, a variância de homogeneidade (Barlett) foi testada por ANOVA, verificando a existência ou não da diferença entre esses fatores. Em seguida, os testes de normalidade de Shapiro-Wilk. Para a hipótese nula da ANOVA rejeitada, foi realizado o teste de Tukey. O software estatístico utilizado foi o SISVAR (Ferreira, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é possível observar que houve interação entre os fatores clones usados na capa e contra-capas com os fatores espécies do miolo do painel. Nota-se que os painéis compostos pelas capas e contra-capas dos clones 52 e 59 apresentaram médias de teor de umidade maiores (9,97 a 8,69%) que os clones 64, 68 e 78 (3,74 a 7,89%), podendo estar

relacionado ao programa de secagem das lâminas. No geral, houve diferenças estatísticas significativas entre os clones e dentro de cada clone, sendo que os clones 52 e 59 mostraram-se iguais estatisticamente entre si, e diferentes estatisticamente entre os demais.

O maior teor de umidade encontrado foi para o painel produzido 100% com o clone 59 (capa, miolo e contra-capas) com 9,97% de umidade, enquanto que o menor teor de umidade foi encontrado para o painel com capa e contra-capas do clone 64 e miolo de pinus. Porém, lâminas de madeira com teores de umidade até 10% são consideradas aceitáveis para a produção de painéis compensados, sendo que todas as composições ficaram dentro deste limite.

Segundo Moreschi (2012), a umidade influencia diretamente nos mecanismos de ação adesiva, como a drenagem, a transferência e a capacidade de penetração. De fato, níveis de umidade muito mais baixos reduzem a drenagem e a penetração do adesivo na madeira, afetando negativamente a resistência à aderência. Altos níveis de umidade, no entanto, normalmente favorecem uma penetração excessiva do adesivo na madeira, o que reduz a resistência da linha de cola.

Os valores médios da densidade básica dos painéis estão apresentados na Tabela 3. Pode-se notar que em geral houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre clones e dentro de clones nas composições dos painéis, com interação entre os fatores (clone vs composição).

As densidades médias dos painéis compensados variaram de 531,33 Kg/m<sup>3</sup> (combinação do clone 52 com miolo de pinus) até 631,33 kg/m<sup>3</sup> (combinação do clone 68 com virola), demonstrando que os painéis aqui apresentados podem ser considerados de densidade média de acordo com especificações (ou seja, variando de 500 Kg/m<sup>3</sup> até 800 Kg/m<sup>3</sup>). O painel com menor densidade foi o de composição capa e contra-capas de clone 52 e com o miolo de pinus e isso se dá pela característica da espécie utilizada no miolo, visto que possui baixa densidade 400 Kg/m<sup>3</sup> (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2024). Já o de maior densidade foi o painel com capa e contra-capas de clone 68 e miolo de virola, que possui maior densidade em média de 500 Kg/m<sup>3</sup> (Fedalto, 1989).

Campos et al. (2014) encontraram valores de densidade próximos a 0,60 g/cm<sup>3</sup> para painéis de compensado de *Eucalyptus* e Iwakiri et al. (2012), para as lâminas de *Eucalyptus*, obtiveram valores para

**Tabela 2.** Valores médios da interação do teor de umidade entre os clones e suas respectivas composições em painel compensado.

Parâmetros	Capa e contra-capas (clones)	Miolo			Pr>Fc Interação
		<i>Pinus</i>	<i>Virola</i>	<i>Eucalyptus</i>	
Umidade (%)	52	8,69 aA (15,71)	9,72 aA (3,72)	8,37 aA (13,16)	*
	59	9,84 aA (10,54)	9,12 aA (13,82)	9,97 aA (10,99)	
	64	3,74 bAB (22,45)	5,80 bA (35,36)	4,03 cB (23,97)	
	68	3,95 bB (42,61)	4,29 bB (31,10)	7,89 aA (32,06)	
	78	4,14 bA (41,54)	4,70 bA (23,24)	4,26 cA (11,57)	

Os valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%), respectivamente. As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Valores médios de interação da densidade básica dos painéis entre os clones e suas respectivas composições em painel compensado.

Parâmetros	Capa e contra-capas (clones)	Miolo			Pr>Fc Interação
		<i>Pinus</i>	<i>Virola</i>	<i>Eucalyptus</i>	
Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	52	531,33 bB (3,91)	584,67 bA (2,89)	574,86 bA (7,52)	*
	59	567,91 abA (5,88)	539,6 cA (1,56)	546,35 cA (3,26)	
	64	585,65 aA (5,17)	579,63 bA (2,25)	582,78 bA (0,88)	
	68	585,61 aB (4,81)	631,33 aA (1,40)	625,04 aA (3,60)	
	78	578,50 aB (5,43)	607,61 abA (3,12)	582,04 bB (2,96)	

Os valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%), respectivamente. As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

densidades médias que variam de 0,436 g/cm<sup>3</sup> para *Eucalyptus grandis* e 0,687 g/cm<sup>3</sup> para *Eucalyptus saligna*. Para *Eucalyptus dunnii*, foi encontrado um valor de 0,561 g/cm<sup>3</sup>.

Em geral, quanto maiores forem os valores da densidade básica da madeira, maiores serão os valores dos parâmetros de resistência (módulo de ruptura em flexão estática, compressões paralelas e perpendiculares e cisalhamento) e rigidez (módulo de elasticidade em flexão estática).

Os valores médios para as propriedades de resistência ao cisalhamento (Tabela 4) de acordo com a composição dos painéis compensados, nota-se que houve interação entre os fatores analisados, havendo também diferenças significativas entre os clones e dentro dos clones, tanto para a tensão de ruptura como para a tensão máxima.

Na Tabela 4 é possível verificar que os maiores valores médios para a tensão de ruptura foram encontrados para os painéis compostos por chapas do clone 68 em combinação com a virola (1,93 MPa). Por outro lado, para os painéis com 100% clone 59 e 100% clone 68, apresentaram as menores médias respectivamente (1,04 MPa e 1,13 MPa). Como o *Eucalyptus* possui maior densidade, em muitos casos pode apresentar dificuldades na absorção do adesivo pelas lâminas e na compactação dos painéis, ocasionando perda de resistência na linha de cola. Esse comportamento pode explicar as maiores resistências na maioria dos painéis com composição *Eucalyptus* e virola e *Eucalyptus* e pinus.

Investigações anteriores de Iwakiri et al. (2012) que avaliaram o potencial de uso de espécies tropicais de *Pinus* e *Eucalyptus* para fabricação de compensados revelaram valores médios de tensões de cisalhamento da linha de cola entre 1,48 MPa e 2,61 MPa, valores próximos a maioria dos painéis estudados nesta pesquisa.

Em relação a tensão máxima de cisalhamento da linha de cola (Tabela 4), pode-se observar o mesmo comportamento, em que os maiores valores médios para a tensão máxima de cisalhamento foram encontrados para os painéis compostos por chapas do clone 68 em combinação com a virola (2,01 MPa). Por outro lado, para os painéis com 100% clone 59 e 100% clone 68, apresentaram as menores médias respectivamente (1,08 MPa e 1,23 MPa).

Pode-se observar (Tabela 4) que houve interação entre os fatores e diferenças significativas a 5% de probabilidade para o parâmetro falha na madeira. Painéis que apresentam maior porcentagem de falha na madeira indicam maior resistência ao rompimento da linha de cola. O painel que apresentou menor falha na madeira, ou seja, maior

facilidade de delaminação, foi o composto por 100% de lâminas do clone 59 (28,89%) podendo ser relacionado diretamente às menores tensões de ruptura e menores tensões máximas de cisalhamento. As demais combinações ficaram próximas ou acima do recomendado, que prevê valores acima de 60% de falha na madeira como adequados.

As médias da tensão de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade à flexão paralela (Tabela 5), na qual pode-se observar que houve interação entre os fatores e houve diferença significativa entre os clones e dentro dos clones nas composições dos painéis, com interação entre os fatores.

As maiores médias para a tensão de ruptura à flexão paralela (MOR<sub>paralelo</sub>) às fibras foi para os painéis compostos 100% de lâmina do clone 68 (55,18 MPa), seguido dos painéis compostos por capa e contra-capas do clone 68 e miolo de virola (52,55 MPa). Já, as menores médias de tensão de ruptura (MOR<sub>paralelo</sub>) foram encontradas para os painéis com 100% de clone 52 na composição (32,13 MPa) e para os painéis com capa e contra-capas do clone 59 e miolo de virola (33,22 MPa).

Nos painéis compostos com miolo de pinus, o que obteve maior resistência à flexão paralela às fibras foi o painel com capa e contra-capas do clone 64 (52,19 MPa), diferindo estatisticamente dos demais. Nos painéis compostos por miolo de virola, os painéis com maior resistência, que se igualaram estatisticamente entre si foram os com capa e contra-capas do clone 68 (52,55 MPa) e capa e contra-capas do clone 64 (51,73 MPa). Já, para os painéis compostos 100% de clone de *Eucalyptus*, o painel que obteve maior resistência à flexão paralela foi composto com lâminas da capa, contra-capas e miolo de clone 68 (55,18 MPa), diferindo-se estatisticamente dos demais painéis.

Pode-se observar as médias do módulo de elasticidade dos painéis à flexão paralela. O MOE<sub>paralelo</sub> diz respeito à rigidez dos painéis, e neste caso o que apresentou maior média para esta propriedade foi o painel com capa e contra-capas do clone 68 e miolo de virola (6771,41 MPa) diferindo estatisticamente dos demais, seguido pelo painel composto 100% de lâminas do clone 64 com 6615,19 MPa. Já, os painéis com menores médias para o MOE<sub>paralelo</sub>, foram os painéis compostos de lâmina do clone 59 com miolo de virola (4195,16 MPa), diferindo estatisticamente dos demais. Geralmente, quanto maior a resistência do painel, maior será seu MOE. Neste caso, é perceptível que os painéis com menores resistências à flexão (clone 59 + virola e 100% clone 52) apresentaram menor rigidez (o MOE<sub>paralelo</sub>).

**Tabela 4.** Valores médios de interação do teste de cisalhamento da linha de cola dos painéis compensados entre os clones e suas respectivas composições.

Parâmetros	Capa e contra-capas (clones)	Miolo			Pr>Fc Interação
		<i>Pinus</i>	<i>Virola</i>	<i>Eucalyptus</i>	
<i>f</i> <sub>ruptura</sub> (MPa)	52	1,65 aB (24,96)	1,62 bB (10,79)	1,77 aA (16,48)	
	59	1,66 aA (14,14)	1,55 bA (11,60)	1,04 bB (27,07)	
	64	1,16 bB (27,92)	1,57 bA (14,52)	1,30 bAB (11,35)	*
	68	1,40 abAB (23,27)	1,93 aA (17,49)	1,13 bB (27,78)	
	78	1,18 bB (19,05)	1,57 bA (18,27)	1,48 abAB (15,86)	
<i>f</i> <sub>máxima</sub> (MPa)	52	1,75 aA (19,96)	1,69 bA (9,43)	1,82 aA (15,77)	
	59	1,71 abA (11,54)	1,67 bA (9,38)	1,08 cB (24,16)	
	64	1,33 bB (13,95)	1,67 bA (13,39)	1,40 bcAB (8,91)	*
	68	1,58 abB (16,78)))	2,01 aA (14,47)	1,23 bcC (20,72)	
	78	1,40 abB (15,60)))	1,65 bA (16,65)	1,53 abAB (16,32)	
Falha na madeira (%)	52	68,33 abAB (26,13)	55,00 cB (19,82)	78,88 aA (19,75)	
	59	83,33 abB (15,80)))	90,56 bA (5,41)	28,89 cC (5,45)	
	64	67,22 bB (30,47)	95,56 aA (6,50)	65,0 bB (13,27)	*
	68	91,66 aA (4,45)	90,56 bA (8,53)	77,22 aB (21,39)	
	78	78,33 abAB (11,34)	97,22 aA (3,37)	63,89 bC (22,96)	

Os valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%), respectivamente. As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 5.** Valores médios de interação dos módulos de ruptura (MOR) e elasticidade (MOE) em flexão estática paralela Ensaio entre os clones e suas respectivas composições em painéis compensados.

Parâmetros	Capa e contra-capas (clones)	Miolo			Pr>Fc Interação
		<i>Pinus</i>	<i>Virola</i>	<i>Eucalyptus</i>	
MOR <sub>paralelo</sub> (MPa)	52	41,64 cA (21,79)	39,41 bB (20,66)	32,13 dC (17,79)	*
	59	42,36 cA (4,81)	33,22 cB (15,16)	41,70 cA (9,61)	
	64	52,19 aA (12,36)	51,73 aAB (11,25)	49,36 bB (16,14)	
	68	49,50 bC (23,97)	52,55 aB (12,10)	55,18 aA (6,71)	
	78	44,85 bcA (6,85)	39,89 bB (6,53)	44,84 bcA (13,82)	
MOE <sub>paralelo</sub> (MPa)	52	5021,47 cA (15,35)	5064,99 cdA (11,41)	4783,33 dB (10,83)	*
	59	4339,93 dAB (5,61)	4195,16 dB (17,09)	5053,75 cA (7,32)	
	64	5891,42 bB (11,27)	6296,96 bAB (3,46)	6615,19 aA (10,36)	
	68	6313,00 aAB (7,08)	6771,41 aA (3,34)	6168,74 bB (6,50)	
	78	5716,78 bB (9,50)	5621,55 cB (7,13)	6188,85 bA (8,21)	

Os valores entre parênteses correspondem a coeficiente de variação (%), respectivamente. As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** Valores médios de interação dos módulos de ruptura (MOR) e elasticidade (MOE) nos ensaios de flexão estática perpendicular entre os clones e suas respectivas composições em painéis compensados.

Parâmetros	Capa e contra-capas (clones)	Miolo			Pr>Fc Interação
		<i>Pinus</i>	<i>Virola</i>	<i>Eucalyptus</i>	
MOR <sub>perpendicular</sub> (MPa)	52	45,66 cC (18,88)	55,25 b B (22,18)	60,60 aA (13,06)	*
	59	42,90 dB (24,79)	49,41 cA (9,03)	38,91 cC (21,36)	
	64	47,43 bB (26,39)	46,96 dB (19,22)	49,42 bA (24,63)	
	68	55,82 aC (32,31)	66,08 aA (9,08)	60,95 aB (7,60)	
	78	42,75 d (46,68)	48,38 c (18,64)	50,45 bA (36,7)	
MOE <sub>perpendicular</sub> (MPa)	52	5381,89 abB (6,16))	6033,48 aA (8,85)	5768,74 abAB (6,25)	*
	59	4334,92 cB (5,43)	5198,58 bA (9,60)	4226,06 cB (0,83)	
	64	5623,89 aA (6,67)	6004,49 aA (5,26)	5742,43b abA (11,25)	
	68	4635,83 bcB (19,26)	6209,9 aA (13,69)	6435,22 aA (5,66)	
	78	4096,99 cB (2,67)	5183,22 bA (10,02)	5164,57 bA (7,45)	

Os valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%), respectivamente. As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados médios obtidos para a tensão de ruptura à flexão perpendicular (MOR<sub>perpendicular</sub>) e módulo de elasticidade (MOE<sub>perpendicular</sub>) são apresentados na Tabela 6. Nota-se que para ambos houve interação entre os fatores analisados e também foram encontradas diferenças significativas entre os clones e dentro dos clones na composição dos painéis (teste de Tukey  $P < 0,05$ ).

Para o MOR<sub>perpendicular</sub> os painéis que apresentaram maiores médias foram os compostos de lâminas da capa e contra-capas do clone 68 e miolo de virola (66,08 MPa), seguido dos painéis com 100% de clone 68 (60,95 MPa) que foi igual estatisticamente ao 100% de clone 52 (60,60 MPa). Já, os painéis que apresentaram menores médias para o MOR<sub>perpendicular</sub> foram o de lâminas 100% clone 59 (38,91 MPa) seguidos dos painéis com capa e contra-capas do clone 59 e miolo de pinus (42,90 MPa), considerados igual estatisticamente ao clone 78 com miolo de pinus (42,75 MPa).

Os valores encontrados foram superiores aos observados por Bortoletto Júnior (2003) e Guimarães Júnior et al. (2009), onde, em seu trabalho com diferentes origens de eucalipto, encontraram valores entre 36,43 e 64,80 MPa.

O MOE<sub>perpendicular</sub> seguiu a mesma tendência que o MOR<sub>perpendicular</sub>, ou seja, os painéis que apresentaram maior resistência, apresentaram maior rigidez e vice-versa. Entre os valores médios do MOE<sub>perpendicular</sub>,

a amplitude dos dados foi de 4.096,99 MPa (clone 78 com miolo de pinus) até 6.435,22 MPa (100% de clone 68). A norma regulamentadora estabelece valores de módulo de elasticidade perpendicular para compensados de pelo menos 2.499,3 MPa, desta forma todos os tratamentos atenderam ao pré-requisito.

Investigações de Guimarães Júnior et al. (2009), realizado com diferentes fontes de eucalipto, relataram valores médios do módulo de elasticidade perpendicular de até 5702,81 MPa para compensados.

O módulo de elasticidade atua como um manômetro do painel e confere ao material certa flexibilidade; quando atinge o mínimo exigido pelas normas, indica que possui boas características para uso. Quanto maior a resistência da madeira, menor a sua deformabilidade e melhor a qualidade dos painéis para diversas finalidades (Moreschi, 2012).

#### 4. CONCLUSÕES

Concluiu-se que para o teor de umidade todos os painéis se apresentaram dentro do indicado (até 10%). Em relação a densidade todos os painéis foram classificados como de média densidade. No que diz respeito as propriedades mecânicas, os painéis constituídos com lâminas 100% de clone 68 e com lâminas da capa e contra-capas do clone 68 e miolo de virola, foram os que apresentaram melhor desempenho.

