

MADEIRA DE *Corymbia citriodora* DE ÁRVORES COM 12 ANOS DE IDADE: USO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Corymbia citriodora WOOD FROM TREES AGED 12 YEARS: SUSTAINABLE USE IN CIVIL CONSTRUCTION

OLINDO SAVI¹, JOÃO HENRIQUE FREITAS^{2*}, ALAN RIZZATO ESPESSATO³, SIDNEI REINA COUTINHO⁴, ALINE NAIARA ZITO⁵, MARIANA NATALE FIORELLI FABICHE⁶

1. Olindo Savi, mestre em Engenharia Urbana, professor do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá - Campus Regional de Umuarama; 2. João Henrique de Freitas, Mestre em engenharia civil, professor do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá - Campus Regional de Umuarama; 3. Alan Rizzato Espessato, Mestre em engenharia civil, professor do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá - Campus Regional de Umuarama; 4. Sidnei Reina Coutinho, Tecnólogo em construção civil, Técnico em laboratório da Universidade Estadual de Maringá - Campus Regional de Umuarama; 5. Aline Naiara Zito, mestre em Engenharia Urbana, professora do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá - Campus Regional de Umuarama; 6. Mariana Natale Fiorelli Fabiche, Doutora em engenharia civil, professora do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá - Campus Regional de Umuarama

* Avenida Dr. Angelo Moreira da Fonseca, 1800, Parque Danielle, Umuarama, Paraná, Brasil. CEP: 87506-370. osavi@uem.br

Recebido em 07/11/2025. Aceito para publicação em 05/12/2025

RESUMO

A madeira de *Corymbia citriodora* já foi classificada como do gênero dos *Eucalyptus*, mas a partir de estudos morfológicos realizados em 1995, passou a ser considerada como pertencente a um novo gênero que é o *Corymbia*. A madeira de *C. Corymbia* é mais densa do que as madeiras de espécies de *Eucalyptus* plantadas na região Noroeste do Paraná, como *Grandis*, *Benthamii*, *dunnii* e *Urograndis*, por isso também com maior resistência mecânica. Por serem mais resistentes são bastante utilizadas na construção pesada, como dormentes e postes, mas tem uso expressivo na atividade rural como palanques e mourões para cercas, tábuas para currais, mangueiras e galpões e é também utilizada para produção de caibros e vigas em telhados. Tem crescido também seu uso nesta região em construções sustentáveis, em obras de salões de festas, áreas de lazer, áreas gourmet e até em casas e chalés. Por sua resistência mecânica são madeiras apropriadas para a substituição do aço e de madeiras de florestas naturais nas estruturas de edificações, podendo contribuir significativamente para a preservação dos recursos naturais e, portanto, se constituindo em fontes sustentáveis e renováveis. Neste estudo foi feita a avaliação da madeira de *C. citriodora* extraída de árvores com idades de 12 anos, por empresa localizada na cidade de Ivaté-PR, cujos resultados indicaram: densidade aparente de 855,76 kg/m³, resistência à compressão paralela de 64,58 MPa, módulo de elasticidade (MOE) de 13701 MPa, resistência à flexão (MOR) de 85,00 MPa e resistência ao cislamento paralelo às fibras da madeira de 12,09 MPa, que permitem o enquadramento da madeira na Classe de Resistência D40 pela NBR 7190-1¹, com potencial para uso estrutural na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Madeira do gênero *corymbia*; Madeira de reflorestamento; Madeira de *Corymbia citriodora*; Sustentabilidade na construção.

ABSTRACT

Corymbia citriodora wood was once classified as belonging to the *Eucalyptus* genus, but following morphological studies conducted in 1995, it came to be considered as belonging to a new genus, *Corymbia*. *C. Corymbia* wood is denser than the wood of *Eucalyptus* species planted in the northwestern region of Paraná, such as the species *Grandis*, *Benthamii*, *dunnii*, and *Urograndis*, and therefore also has greater mechanical resistance. Because they are more resistant, they are widely used in heavy construction, such as railroad ties and poles, but they also have significant use in rural activities, such as posts and fence posts, boards for corrals, hoses, and sheds, and are also used for the production of rafters and beams in roofs. Its use in this region has also grown in sustainable construction, in the building of party halls, leisure areas, gourmet areas, and even in houses and chalets. Due to their mechanical resistance, these woods are suitable for replacing steel and wood from natural forests in building structures, contributing significantly to the preservation of natural resources and, therefore, constituting sustainable and renewable sources. In this study, *C. citriodora* wood extracted from 12-year-old trees was evaluated by a company located in the city of Ivaté-PR, whose results indicated: apparent density of 855.76 kg/m³, parallel compressive strength of 64.58 MPa, modulus of elasticity 13701 MPa, flexural strength of 85.00 MPa, and shear strength parallel to the wood fibers of 12.09 MPa, which allow the wood to be classified as Resistance Class D40 by NBR 7190-1¹, with potential for structural use in civil construction.

KEYWORDS: *Corymbia* wood; Reforestation wood; *Corymbia citriodora* wood; Sustainability in construction.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é utilizada como material de construção desde as primeiras estruturas que se tem registros².

No Brasil a madeira sempre foi utilizada para diversas atividades como construções de casas, estruturas, construção de pontes, construções rurais e até

em estruturas pesadas como construção de pontes e dormentes para ferrovias, além de outros usos como escoramentos, fôrmas etc.³.

O uso da madeira na construção foi mais significativo nos países com vastas áreas florestais naturais⁴ e neste aspecto, o Brasil por sua vasta cobertura vegetal⁵ foi um dos países onde a madeira foi largamente utilizada em construções, estruturas e outras.

O gênero *Eucalyptus* em que era inicialmente pertencente o citriodora é uma árvore exótica, teve sua origem na Austrália e embora não há datas exatas, os primeiros relatos e registros indicam que as primeiras espécimes foram plantadas no Jardim Botânico e no Museu Nacional do Rio de Janeiro entre 1825 e 1868⁶.

No Paraná o plantio das variedades de eucalipto para fins comerciais somente ocorreu a partir da década de 1940 quando se constatou um esgotamento iminente das florestas naturais⁴ e com o objetivo de diminuir a pressão da extração de árvores naturais a criação de florestas plantadas e bem controladas tem se expandido e se tornando um dos recursos mais sustentáveis para a área da Construção Civil e de grande importância na aplicação em elementos estruturais, principalmente queles que são sujeitos a esforços de flexão⁷ e entre as madeiras de reflorestamento as variedades mais indicadas para substituir a Peroba-rosa e o Pinho-do-Paraná são o *Eucalyptus tereticornis* e a *Corymbia citriodora*⁸.

A madeira de *C. citriodora* é de excelente qualidade para a serraria, no entanto, devido a tensões de crescimento, precisa ser utilizadas técnicas de corte específicas para minimizar seus efeitos⁹. A madeira tem boas características para aplaíamento, furação e lixamento, além de proporcionar um bom acabamento, no entanto, é considerada de difícil secagem uma vez que o processo pode causar empenamento, rachaduras e o colapso da mesma, exigindo para a secagem em estufas uma programação de temperatura suave e alta umidade relativa, neste caso, sendo necessária uma pré-secagem, fazendo com que a secagem ao ar livre seja a forma mais recomendada⁹.

A madeira de *C. citriodora* tem sua aplicação como caibros, vigas, postes, mourões, dormentes, cruzetas¹⁰. Na região Noroeste do Paraná ela é utilizada em larga escala como madeira roliça em palanques de cerca, Figura 1, e também como madeira serrada para uso em instalações rurais (currais, mangueiras, galpões, coberturas, etc.), Figura 2.



Figura 1. Palanques de eucalipto tratado. Fonte: ¹¹.



Figura 2. Madeira de *C. citriodora* tratada para uso em instalações rurais (esquerda) e sem tratamento (direita). Fonte: ¹¹.

O uso da madeira de *C. citriodora* é observado também em construções sustentáveis, tanto em áreas comerciais como escritórios, Figura 3, quanto em áreas de lazer como salões de festas e áreas gourmet. No mercado tem seu uso também em construções de casas, Figura 4.



Figura 3. Escritório administrativo da empresa Integração Florestal no município de Altônia-PR. Fonte: Dos autores.



Figura 4. Exemplares de edificações com uso da madeira de *C. citriodora*. Fonte: ¹².

No Brasil, o uso da madeira engenheirada está em fase inicial, quando se compara com o cenário internacional que está em franca ascensão¹³ e com o seu desenvolvimento pode expandir significativamente o potencial de uso da madeira de reflorestamento como a *C. citriodora*, que atualmente no Brasil tem um número muito baixo de edificações com esta tecnologia mas a expansão do uso da madeira engenheirada deve ocorrer intencionalmente de forma lógica e de forma consistente, ajustando-se aos conceitos de sustentabilidade, desenvolvendo estruturas otimizadas, adequadas às novas tecnologias construtivas¹³.

Neste aspecto é fundamental o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira¹⁴ para sua melhor utilização na fabricação de produtos pela indústria madeireira para a construção civil, para um aproveitamento eficiente e valorização da madeira.

A utilização da madeira de *C. citriodora* em substituição as de espécies naturais tem papel decisivo e fundamental para o desenvolvimento sustentável, pois substitui a exploração de madeiras de florestas naturais para florestas plantadas¹⁵ com espécies exóticas como o pinus, o eucalipto e as do gênero citriodora¹⁶, que pode ser utilizada tanto como materiais de escoramentos, de formas e caixarias quanto para uso em estruturas de coberturas ou outros elementos estruturais¹⁶ e para utilização como material permanente, as madeiras devem ser tratadas adequadamente. O uso do processo da madeira engenheirada poderá melhorar e melhor aproveitar as características da madeira, principalmente as de crescimento rápido, e assim corrigir as limitações e a heterogeneidade das peças.

O objetivo da pesquisa é a de avaliar as propriedades da *C. citriodora* produzida na região Noroeste do Estado do Paraná: densidade aparente, que está diretamente relacionada com a resistência da madeira de crescimento rápido¹⁷; resistência à compressão paralela e normal às fibras; resistência à flexão estática; módulo de elasticidade e resistência ao cisalhamento e compara-las com a madeira de *E. urograndis* também produzidas na região e de outras madeiras utilizadas no Estado do Paraná para construções de madeira com vistas a utilização da madeira em obras sustentáveis ambientalmente com redução no impacto ambiental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A madeira utilizada na pesquisa é da espécie de *C. citriodora* produzida e comercializada pela empresa Petras Agro Industrial, localizada na Estrada Ivaté para Herculândia, km 5, no município de Ivaté-PR e extraída de árvores com 12 anos de idade.

As amostras foram produzidas pela empresa em dezembro de 2021, feitas conforme as especificações da NBR 7190¹⁴ e foram devidamente identificadas e numeradas e acondicionadas no laboratório de materiais de construção da UEM-CTC e ficaram protegidas até o momento de realização dos ensaios.

Foram realizados ensaios para obtenção de:

- Densidade aparente;
- Resistência à compressão paralela às fibras;
- Módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras (MOE);
- Resistência à flexão estática (MOR); e
- Resistência ao cisalhamento paralelo às fibras.

Os ensaios de rigidez na compressão foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da UEM, Campus Sede e os demais no Laboratórios de Material de Construção da UEM do Campus CTC.

Teor de umidade

A umidade dos corpos de prova no momento do ensaio foi realizada de acordo com a NBR 7190¹⁴ a partir dos testemunhos extraídos dos corpos de prova ensaiados para densidade aparente e resistências, com a finalidade de obtenção dos valores corrigidos para a umidade de equilíbrio de 12%.

Imediatamente após a realização dos ensaios, os

testemunhos foram extraídos e acondicionados em envelopes de plástico para preservar a umidade até o momento de serem ensaiados.

Para os ensaios foram utilizadas: balança eletrônica de precisão Mark 2200, com 2,2 kg de capacidade e com 10 mg de resolução; estufa com temperatura a 103 °C com a variação da inércia controlada; e paquímetro metálico de 300 mm, com 0,05 mm de resolução.

Densidade aparente

A densidade aparente da madeira foi determinada a partir das pesagens e medições dos 6 corpos de prova a ser ensaiados para resistência à compressão paralela às fibras e rigidez na compressão, com a aferição da massa com uso de balança Mark 2200 com capacidade máxima de 2,2 kg e com precisão de 10 mg e medição com o uso de paquímetro metálico de 300 mm com precisão de 0,05 mm. A massa obtida foi corrigida para a umidade de equilíbrio de 12% e determinado o valor característico nesta umidade.

Resistência à Compressão e de rigidez paralela às fibras

A resistência à compressão paralela às fibras será determinada com o uso da prensa EMIC 23-600, com célula de carga para 300 kN, Figura 5.



Figura 5. Prensa EMIC 23-600 utilizada nos ensaios resistência à compressão e de rigidez. **Fonte:** Dos autores.

Para a obtenção do módulo de elasticidade (MOE) na compressão será medida a deformação utilizando extensômetros com resolução de 0,0001 mm. Os resultados serão obtidos, na umidade de ensaio e na de equilíbrio de 12%, de acordo com a NBR 7190-1¹ e NBR 7190-3¹⁸, a partir 6 corpos de prova.

Resistência à flexão estática e módulo de elasticidade na flexão

Para a obtenção da resistência à flexão (MOR) e do resultado extrair o módulo de elasticidade (MOE) na flexão foi utilizada prensa EMIC 300 com célula de carga para 300 kN, adaptada com dispositivo metálico de grande rigidez com apoios espaçados de 1,05 m, Figura 6.



Figura 6. Prensa EMIC 300 com dispositivo para ensaio a flexão estática. **Fonte:** Dos autores.

Os resultados na umidade de ensaio e na de equilíbrio de 12% foram obtidos em ensaios de 8 elementos, com os procedimentos da NBR 7190-1¹ e NBR 7190-2¹⁹.

Resistência ao cisalhamento paralela às fibras da madeira

A resistência ao cisalhamento paralelo às fibras, para a umidade de ensaio e a de equilíbrio de 12% foi obtida de acordo com a NBR 7190-1¹ e NBR 7190-3¹⁸, em ensaios de 8 corpos de prova utilizando prensa EMIC 300, com célula de carga de 300 kN com dispositivo apropriado para este ensaio, Figura 7.



Figura 7. Dispositivo acoplado a prensa EMIC 300 para ensaio de cisalhamento. **Fonte:** Dos autores.

Resistência à compressão normal às fibras

A resistência à compressão normal às fibras na umidade de ensaio e na de equilíbrio de 12%, foram obtidos de acordo com a NBR 7190¹⁴ a partir de ensaios de 9 corpos de prova em prensa EMIC 300 com célula de carga para 300 kN.

Resistência característica

A resistência característica das propriedades obtidas da madeira *C. citriodora* foi determinada de acordo com o item 4.6 da NBR 7190-3¹⁸.

Análise estatística

Considerando que os ensaios foram realizados em pequenas amostras extraídas de árvores com idades de 12 anos e de pequenos diâmetros e que apresentaram

coeficientes de variação entre 7,8% e 18,3%, os dados passaram por análise de verificação da existência de elementos discrepantes (*outliers*) utilizando o diagrama de caixa *boxplot*²⁰.

A partir da amostra saneada, os resultados foram tratados estatisticamente através do cálculo da média aritmética, desvio padrão, amplitude, valores mínimos e máximos de acordo com a estatística descritiva²¹ e definidos os valores mínimos e máximos para nível de significância de 95% utilizando a distribuição "t" de Student.

Análise comparativa com outras madeiras

Para fazer a comparação com outras madeiras de reflorestamento, foram utilizadas as propriedades da madeira natural e Madeira Lamelada Colada (MLC) de *E. urograndis* plantadas e extraídas na região Noroeste do Paraná e que possui potencial para uso em construções de madeira, Tabela 1, e de madeiras naturais que foram largamente utilizadas em construções, principalmente de casas no Paraná, Tabela 2, cujos valores foram ajustados para a umidade de 12%.

Tabela 1. Propriedades da madeira natural do *E. urograndis*.

Madeira	ρ_{ap}^1 (kg/m ³)	f_{c0}^2 (MPa)	E_{c0}^3 (MPa)	f_m^4 (MPa)	f_v^5 (MPa)
<i>E. urograndis</i>	635,54	30,06	12813	36,66	9,20

Nota: ¹ ρ_{ap} : densidade aparente; ² f_{c0} : resistência à compressão paralela às fibras; ³ E_{c0} : módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras; ⁴ f_m : módulo de ruptura (resistência à flexão); ⁵ f_v : resistência ao cisalhamento. **Fonte:** ²².

Tabela 2. Propriedades físicas e mecânicas das madeiras utilizadas no Paraná: Peroba rosa, Canafistula, Canjerana e Pinho.

Propriedades	Peroba ²	Canafistula ¹	Canjerana ²	Pinho ¹
Densidade aparente (ρ_{ap}) - kg/m ³	778	858	660	571
Resistência à compressão (f_{c0}) - MPa	56,0	53,6	52,5	42,1
Mód. elasticidade axial (E_{c0}) - MPa	11739	14613	11376	15225
Resistência a flexão (f_{m0}) - MPa	106,9	84,9	90,4	93,1
Resistência ao cisalhamento (f_{v0})	11,9	11,1	10,5	8,8

Nota: ¹Valores médios; E_{c0} , E_{m0} e f_v , para madeira verde, sendo que as propriedades se referem a resistência limite. **Fonte:** ¹NBR 7190¹⁴; ²Fonte: ²³.

3. RESULTADOS

A madeira de *C. citriodora* é cultivada na região e basicamente utilizada para a produção de carvão vegetal e palanques e mourões para cercas, mas apresenta propriedades que a habilita a substituir a Peroba-rosa, muito utilizada na construção de casas no Norte e Noroeste do Paraná⁸. A madeira ensaiada é proveniente de árvores cujos diâmetros, que em média, variam de 30 a 40 cm, Figura 8, em que o lenho jovem é bem caracterizado num anel externo bem definido.

A casca da madeira é fina e lisa cujo descascamento se dá em forma de finas lâminas, no fenômeno de

decorticação, que é uma das principais características que a diferencia das espécies do gênero *Eucalyptus*. Apresenta coloração clara que vai do branco ou creme para manchas de coloração rosa, salmão ou marrom.



Figura 8. Aspecto das toras da madeira de *C. citriodora*. **Fonte:** Dos autores.

O *C. citriodora* possui parênquima axial, com as células orientadas paralelamente ao eixo da árvore, com os raios bem definidos com porosidade difusa⁹. A textura da madeira e a variação de cor é mostrada na Figura 9.



Figura 9. Textura da madeira de *C. citriodora*. **Fonte:** Dos autores.

Na Figura 10 apresenta a fotomacrografia da madeira de *C. citriodora* na face de corte transversal, resultado da ampliação de cerca de 1600x e nela é possível verificar a disposição difusa dos poros (vasos).



Figura 10. Fotomacografia da madeira de *C. citriodora*. **Fonte:** Dos autores.

Embora pesquisas indiquem que a madeira de *C. citriodora* é suscetível à ação de organismos xilófagos marinhos e cupins⁹, durante o período de 4 meses em que ficou armazenada em laboratório não se observou resíduos (pó) ou perfurações e micro túneis na madeira que indicassem o ataque destes organismos.

Dois exemplares de peças de madeira que não foram ensaiados e que estão armazenados no laboratório até o presente (cerca de 3 anos) também não apresentaram resíduos ou perfurações na madeira de ataque de

organismos xilófagos.

Durante o período de observação a madeira apresentou pouca variação dimensional, como arqueamento e encurvamentos, mostrando ter uma boa estabilidade.

Densidade aparente (ρ_{ap})

A densidade aparente da madeira de *C. citriodora* foi determinada a partir de uma amostra composta por 6 elementos ensaiada com umidade média aferida de 12,98%. Trata-se de uma amostra relativamente homogênea que não apresentou dados discrepantes e cujos resultados dos ensaios e valores obtidos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultado dos ensaios de umidade e densidade aparente da madeira de *C. citriodora*.

CP	B (mm)	H (mm)	L (mm)	Massa (g)	ρ_{ap} (kg/m ³)	Umidade	ρ_{12} (kg/m ³)
1	49,1	48,9	149,5	289,15	805,55	13,26%	800,48
2	48,6	49,4	149,3	309,81	864,32	12,74%	861,12
3	48,5	48,4	149,2	288,39	823,43	13,36%	817,83
4	48,7	48,5	149,4	325,89	923,53	12,56%	920,94
5	47,6	47,6	149,1	346,21	1024,82	12,93%	1020,05
6	49,1	49,3	149,3	305,26	844,66	13,02%	840,35

Fonte: Dos autores.

A madeira de *C. citriodora* apresentou uma ruptura frágil, sem apresentar deformação plástica significativa antes do rompimento.

O tratamento estatístico apresentou os seguintes resultados já corrigidos para a umidade de equilíbrio de 12%:

- Densidade aparente média ($\rho_{ap,méd}$) de 876,80 kg/m³;
- Desvio padrão de 81,66 kg/m³;
- Valor mínimo ($\rho_{ap,min}$) de 800,48 kg/m³;
- Valor máximo ($\rho_{ap,max}$) de 1020,05 kg/m³;
- Amplitude de 219,57 kg/m³; e
- Coeficiente de variação de 9,3%.

Ao nível de significância de 95% a média da densidade aparente deve estar contida dentro do limite intervalar de:

- Valor mínimo de 782,91 kg/m³; e
- Valor máximo de 970,69 kg/m³.

A densidade aparente característica da madeira de *C. citriodora* é de 855,76 kg/m³. Por esta característica a madeira é considerada pela NBR 7190-2¹⁹ como de Classe de Resistência D60.

A densidade aparente é superior à da madeira natural de *E. urograndis*, de 635,54 kg/m³²², da Peroba-rosa (778 kg/m³), Canafistula (858 kg/m³), Canjerana (660 kg/m³) e de Pinho (571 kg/m³)^{14,23}.

Resistência à Compressão paralela às fibras da madeira (f_{c0})

A resistência à compressão paralela às fibras da madeira de *C. citriodora* é resultado do ensaio de 8 corpos de prova com teor de umidade médio de 12,27%, que apresentou os resultados indicados na Tabela 4. A amostra é relativamente homogênea e não se observou elementos discrepantes nela.

Tabela 4. Resultado dos ensaios de compressão paralela às fibras e as resistências obtidas da madeira de *C. citriodora*.

CP	Dimensões		F (kN)	f _{c0} (MPa)	f ₁₂ (MPa)
	B (mm)	H (mm)			
1	49,1	47,9	159,44	67,79	68,34
2	48,9	48,1	161,79	68,79	69,35
3	49,1	47,9	170,49	72,49	73,08
4	49,2	48,8	140,97	58,71	59,19
5	49,0	48,0	175,41	74,58	75,18
6	48,8	48,2	159,16	67,67	68,22
7	49,2	48,8	150,44	62,66	63,17
8	48,1	48,9	173,55	73,79	74,39

Fonte: Dos autores.

O tratamento estatístico indicou com os valores corrigidos para a umidade de equilíbrio de 12% os seguintes resultados:

- Resistência à compressão paralela às fibras média ($f_{c,\text{méd}}$) de 68,87 MPa;
- Desvio padrão de 5,54 MPa;
- Valor mínimo ($f_{c,\text{min}}$) de 59,19 MPa;
- Valor máximo ($f_{c,\text{máx}}$) de 75,18 MPa;
- Amplitude de 15,99 MPa; e
- Coeficiente de variação de 8,0%.

Ao nível de significância de 95% a média da resistência estará no limite intervalar de:

- Valor mínimo de 64,24 MPa; e
- Valor máximo de 73,50 MPa.

A resistência característica à compressão paralela às fibras da madeira de *C. citriodora* é de 64,58 MPa, que por esta propriedade a classifica pela NBR 7190-2¹⁹ como de Classe de Resistência D70.

A resistência à compressão paralela às fibras é 5,7% menor do que foi obtido pelo IPT quando corrigido para a umidade de equilíbrio de 12% que é de 68,45 MPa (62,8 MPa para umidade de 15%)¹⁰, no entanto é 15,3% superior ao da Peroba (56,0 MPa)²³, 20,5% superior à da Canafistula (53,6 MPa)¹⁴, 22,8% superior à da madeira de Canjerana (52,6 MPa)²³, 53,4% superior à madeira de Pinho (42,1 MPa)¹⁴ e 115,0% superior a da madeira natural de *E. urograndis* (30,06 MPa)²².

A resistência da madeira de *C. citriodora* é, portanto, superior à das madeiras naturais de Peroba, Canafistula e Canjerana, bastante utilizadas na construção de casas e outras edificações de madeira no Norte e Noroeste do Paraná durante a fase de colonização destas regiões.

MOE na compressão paralela às fibras da madeira (E_{c0})

O módulo de elasticidade (MOE) na compressão paralela às fibras da madeira de *C. citriodora* foi definida a partir de uma amostra composta por 6 elementos e que foi ensaiada com umidade média de 12,98%, cujos resultados são apresentados na Tabela 5.

A análise feita pelo diagrama de caixa *boxplot* detectou que o elemento 3 da amostra apresenta características de possível *outlier* mas foi considerado no tratamento estatístico devido ao reduzido número de elementos amostrais e pelo valor estar muito próximo do 1º Quartil (diferença de 0,9%).

Tabela 5. Resultado dos ensaios de determinação do módulo de elasticidade (MOE) na compressão paralela às fibras da madeira de *C. citriodora*.

CP	f _{c0} (MPa)	e _{50%}	e _{10%}	E _{c0} (MPa)	Umidade	E _{c0,12} (MPa)
1	49,18	0,19103	0,05240	13302	13,26%	13637
2	48,05	0,17045	0,03348	14032	12,74%	14240
3	51,93	0,24059	0,05302	11074	13,36%	11375
4	59,47	0,20230	0,05006	15626	12,56%	15801
5	63,86	0,23456	0,05330	14093	12,93%	14355
6	49,60	0,19685	0,04167	12785	13,02%	13046

Fonte: Dos autores.

A amostra, submetido ao tratamento estatístico apresentou os valores corrigidos para a umidade de equilíbrio de 12%, os seguintes resultados:

- Módulo de elasticidade (MOE) na compressão paralela às fibras média ($E_{c,\text{méd}}$) de 13742 MPa;
- Desvio padrão de 1481 MPa;
- Valor mínimo ($E_{c,\text{min}}$) de 11375 MPa;
- Valor máximo ($E_{c,\text{máx}}$) de 15801 MPa;
- Amplitude de 4426 MPa; e
- Coeficiente de variação de 10,8%.

Ao nível de significância de 95% a média da resistência estará no limite intervalar de:

- Valor mínimo de 12188 MPa; e
- Valor máximo de 15296 MPa.

O módulo de elasticidade (MOE) característico da madeira de *C. citriodora* é 11862 MPa, e por esta propriedade a madeira pode ser considerada de acordo com a NBR 7190-2¹⁹ como de Classe de Resistência D30.

O MOE da *C. citriodora* é 16,1% superior ao da madeira natural de *E. urograndis* (10215 MPa)²², 1,0% superior ao da madeira de peroba (11739 MPa)²³, 18,9% inferior ao da madeira de Canafistula (14613 MPa)¹⁴, 4,3% superior ao da madeira de Canjerana (11376 MPa)²³ e 22,1% inferior ao da madeira de Pinho (15225 MPa)¹⁴.

Resistência à flexão estática (f_m)

A resistência à flexão estática ou módulo de ruptura (MOR) da madeira de *C. citriodora* foi obtido em ensaios de uma amostra de com 8 elementos que apresentou teor de umidade médio de 15,92%.

Os corpos de prova ficaram armazenados em laboratório durante 4 meses até os ensaios e neste período de tempo se observou um encurvamento máximo de 5mm e arqueamento máximo de 4mm em peças com 115 centímetros de comprimento. No ensaio se verificou que grande parte dos corpos de prova apresentaram ruptura frágil, sem apresentar deformação plástica significativa antes do rompimento.

A Tabela 6 apresenta o resultado dos ensaios e os obtidos para a resistência à flexão e a amostra se mostrou relativamente homogênea, sem apresentar qualquer indicativo de elementos discrepantes na análise do diagrama de caixa *boxplot*.

Tabela 2. Resultado dos ensaios para determinação da resistência à flexão (MOR) da madeira de *C. citriodora*.

CP	Dimensões		Força de ruptura (N)	f_m (MPa)	Umidade	$f_{m,12}$ (MPa)
	B (cm)	H (cm)				
1	5	5	8.949,18	112,76	15,38%	124,19
2	5	5	9.112,37	114,82	15,71%	127,60
3	5	5	8.334,97	105,02	17,08%	121,03
4	5	5	5.724,44	72,13	16,03%	80,85
5	5	5	6.242,65	78,66	15,30%	86,45
6	5	5	7.106,45	89,54	15,36%	98,57
7	5	5	6.838,81	86,17	15,98%	96,46
8	5	5	8.123,82	102,36	16,49%	116,15

Fonte: Dos autores.

O resultado do tratamento estatístico aplicado resultou nos valores corrigidos para a umidade de equilíbrio de 12% de:

- Resistência à flexão ou módulo de ruptura (MOR) paralela às fibras média ($f_{m,\text{méd}}$) de 106,41 MPa;
- Desvio padrão de 18,07 MPa;
- Valor mínimo ($f_{m,\text{min}}$) de 80,85 MPa;
- Valor máximo ($f_{m,\text{máx}}$) de 127,60 MPa;
- Amplitude de 46,75 MPa; e
- Coeficiente de variação de 17,0%.

Ao nível de significância de 95% a média da resistência à flexão estática estará no limite intervalar de:

- Valor mínimo de 91,30 MPa; e
- Valor máximo de 121,52 MPa.

A resistência característica à flexão paralela às fibras da madeira ou módulo de rigidez (MOR) é de 85,00 MPa, e por esta propriedade, de acordo com a NBR 7190-2¹⁹ a madeira é de Classe de Resistência D70.

A resistência à flexão paralela às fibras (MOR) da madeira de *C. citriodora* é 35,8% inferior a obtida pelo IPT (132,33 MPa, 121,40 MPa na umidade de 15%)¹⁰, é 2,32 vezes superior à da madeira natural de *E. urograndis* (36,66 MPa), 24,2% superior a da MLC de *E. urograndis* (68,43 MPa), 20,5% inferior a da madeira de Peroba (106,9 MPa)²³, similar a da madeira de Canafistula (0,1% maior: 84,9 MPa)¹⁴, 6,0% inferior a da madeira de Canjerana (90,4 MPa)²³ e 8,7% inferior a da madeira de Pinho (93,1 MPa)¹⁴.

MOE na flexão paralela às fibras da madeira (E_{co})

O módulo de elasticidade (MOE) obtido nos ensaios de flexão paralela às fibras da madeira de *C. citriodora* foi definida a partir de uma amostra composta por 8 elementos e que foi ensaiada com umidade média de 15,92%, cujos resultados são apresentados na Tabela 7.

Pela análise do diagrama de caixa *boxplot* não foi detectado qualquer elemento que apresentasse características de ser possível *outlier*, indicando ser uma amostra relativamente homogênea.

O resultado do tratamento estatístico com a correção dos valores para a umidade de equilíbrio de 12%, indicou para a madeira de *C. citriodora*:

- Módulo de elasticidade (MOE) na flexão paralela

- às fibras média ($E_{f,\text{méd}}$) de 15420 MPa;
- Desvio padrão de 2755 MPa;
- Valor mínimo ($E_{c,\text{min}}$) de 11531 MPa;
- Valor máximo ($E_{c,\text{máx}}$) de 19436 MPa;
- Amplitude de 7905 MPa; e
- Coeficiente de variação de 17,9%.

Ao nível de significância de 95% a média da resistência estará no limite intervalar de:

- Valor mínimo de 13116 MPa; e
- Valor máximo de 17724 MPa.

Tabela 7. Resultado dos ensaios para determinação do módulo de elasticidade (MOE) na flexão paralela às fibras da madeira de *C. citriodora*.

CP	Força de ruptura (N)	Deformação (mm)		E_f (MPa)	Umidade	$E_{f,12}$ (MPa)
		$e_{50\%}$	$e_{10\%}$			
1	8.949,18	12,3047	2,0104	16102	15,38%	17190
2	9.112,37	11,0702	1,7417	18093	15,71%	19436
3	8.334,97	11,3458	1,8342	16231	17,08%	17880
4	5.724,44	11,3415	1,4051	10671	16,03%	11531
5	6.242,65	11,2685	1,5967	11955	15,30%	12744
6	7.106,45	12,2245	1,5819	12368	15,36%	13199
7	6.838,81	10,4937	1,5042	14088	15,98%	15209
8	8.123,82	11,8257	1,6845	14837	16,49%	16169

Fonte: Dos autores.

O módulo de elasticidade (MOE) característico da madeira de *C. citriodora* nos ensaios de flexão paralela às fibras é 11531 MPa, é 2,8% inferior ao obtido nos ensaios de compressão (11862 MPa), que de acordo com a NBR 7190-2¹⁹ não altera a Classe de Resistência da madeira por esta propriedade (D30).

Resistência ao cisalhamento paralela às fibras da madeira (f_{v0})

A resistência ao cisalhamento paralela às fibras da madeira de *C. citriodora* é resultante do ensaio de uma amostra composta por 8 corpos de prova com teor de umidade médio de 14,73%.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados obtidos nos ensaios.

Tabela 8. Resultado dos ensaios de resistência ao cisalhamento paralela às fibras da madeira de *C. citriodora*.

CP	Dimensões		Força de ruptura (N)	f_{v0} (MPa)	$f_{v0,12}$ (MPa)
	B (cm)	H (cm)			
1	3,10	5,10	18.139,71	11,47	12,41
2	3,00	5,01	16.296,98	10,84	11,73
3	3,01	5,00	15.490,74	10,30	11,14
4	3,01	4,96	18.341,25	12,29	13,30
5	3,01	5,00	16.623,26	11,05	11,95
6	3,10	5,00	16.584,91	10,70	11,58
7	3,01	5,00	11.171,74	7,43	8,04
8	3,10	5,00	19.752,08	12,74	13,78

Fonte: Dos autores.

O elemento amostral 7 se apresentou na análise do diagrama de caixa *boxplot* como elemento discrepante (*outlier*) e não foi considerado no tratamento estatístico.

O resultado do tratamento estatístico de 7 elementos da amostra (desconsiderando-se o elemento 7) e com correção dos valores para a umidade de equilíbrio de 12% indicou que a madeira de *C. citriodora* apresenta

as seguintes resistências à compressão paralela às fibras da madeira:

- Resistência ao cisalhamento paralela às fibras média ($f_{v,\text{méd}}$) de 12,27 MPa;
- Desvio padrão de 0,96 MPa;
- Valor mínimo ($f_{v,\text{min}}$) de 11,14 MPa;
- Valor máximo ($f_{v,\text{máx}}$) de 13,78 MPa;
- Amplitude de 2,64 MPa; e
- Coeficiente de variação de 7,8%.

Ao nível de significância de 95% a média da resistência à flexão estática estará no limite intervalar de:

- Valor mínimo de 11,38 MPa; e
- Valor máximo de 13,16 MPa.

A resistência característica ao cisalhamento paralelo às fibras da madeira de *C. citriodora* é de 12,09 MPa, que de acordo com a NBR 7190-2¹⁹ caracteriza a madeira como de Classe de Resistência D70.

A resistência ao cisalhamento da madeira de *C. citriodora* é superior às das madeiras natural de *E. urograndis*, MLC de *E. urograndis*, Peroba, Canafistula, Canjerana e Pinho, respectivamente: 31,4% (9,20 MPa)²², 1,6% (11,9 MPa)²³, 8,9% (11,1 MPa)¹⁴, 15,1% (10,5 MPa)²³ e 37,4% (8,8 MPa)¹⁴.

Por esta propriedade a *C. citriodora* tem resistência compatível com as madeiras de reflorestamento com potencial para uso em edificações e com as utilizadas no Estado do Paraná para a construção de casas

Resistência à compressão normal às fibras da madeira (f_{c90})

A resistência à compressão normal às fibras da madeira de *C. citriodora* é resultante do ensaio de uma amostra composta por 9 corpos de prova com teor de umidade médio de 13,40%.

Nos ensaios se observou que 5 elementos amostrais apresentaram a linha de ruptura acompanhando ou tangenciando os anéis de crescimento, Figura 11.



Figura 11. Corpos de prova de *C. citriodora* ensaiados a compressão normal, onde se observa as linhas de ruptura acompanhando ou tangenciando os anéis de crescimento da madeira. **Fonte:** Dos autores.

A amostra apresentou-se relativamente homogênea, não sendo observados elementos discrepantes. Na Tabela 9 são apresentados os resultados dos ensaios de compressão normal às fibras da madeira de *C. citriodora*.

O tratamento estatístico dos resultados dos 9 elementos amostrais, com os valores corrigidos para a

umidade de equilíbrio de 12% indicou que a madeira de *C. citriodora* apresentou as seguintes resistências à compressão normal às fibras:

- Resistência à compressão normal às fibras média ($f_{c90,\text{méd}}$) de 20,92 MPa;
- Desvio padrão de 3,82 MPa;
- Valor mínimo ($f_{c90,\text{min}}$) de 15,66 MPa;
- Valor máximo ($f_{c90,\text{máx}}$) de 26,19 MPa;
- Amplitude de 10,53 MPa; e
- Coeficiente de variação de 18,3%.

Ao nível de significância de 95% a média da resistência à flexão estática estará no limite intervalar de:

- Valor mínimo de 17,73 MPa; e
- Valor máximo de 24,11 MPa.

Tabela 9. Resultado dos ensaios de resistência à compressão normal às fibras da madeira de *C. citriodora*.

CP	Dimensões			Força de Ruptura (N)	f_{c90} (MPa)	$f_{c90,12}$ (MPa)
	L (mm)	b (cm)	h (cm)			
1	98,5	5,10	5,03	51.434,18	20,05	20,89
2	99,0	5,11	5,03	40.905,49	15,91	16,58
3	99,6	5,05	5,11	38.774,82	15,03	15,66
4	98,0	5,11	5,02	55.762,80	21,74	22,65
5	98,3	5,02	5,12	54.332,74	21,14	22,03
6	99,3	5,10	5,05	58.891,62	22,87	23,83
7	98,5	5,10	4,97	39.984,12	15,77	16,43
8	99,0	5,05	5,10	59.342,75	23,04	24,01
9	98,0	5,10	5,00	64.084,04	25,13	26,19

Fonte: Dos autores

A resistência característica à compressão normal às fibras da madeira de *C. citriodora* é de 15,66 MPa. Equivale a 24,8% da obtida na compressão paralela às fibras (64,58 MPa) e é 39,8% superior à observada para a madeira natural de *E. urograndis* (11,20 MPa)²².

De acordo com a NBR 7190-2¹⁹, por esta propriedade a madeira de *C. citriodora* apresenta características das de Classe de Resistência D70.

Classe de Resistência da madeira de *C. citriodora*

A madeira de *C. citriodora* por suas propriedades físicas, mecânicas e de rigidez avaliadas neste trabalho se enquadra na Classe de resistência D30, Tabela 10.

Tabela 10. Resumo das propriedades da madeira de *C. citriodora*.

Propriedade	Valor característico	Classe
Densidade aparente	855,76 kg/m ³	D60
Resistência à compressão paralela às fibras	64,58 MPa	D70
Modulo de elasticidade na compressão paralela as fibras	11862 MPa	D30
Resistência à flexão estática (módulo de ruptura - MOR)	85,00 MPa	D70
Módulo de elasticidade na flexão paralela às fibras	11531	D30
Resistência ao cisalhamento paralelas às fibras	12,09 MPa	D70
Resistência à compressão normal às fibras	15,66 MPa	D70

Fonte: Dos autores.

A caracterização da Classe de Resistência da madeira foi comprometida pelo desempenho nos módulos de elasticidade obtidos tanto na compressão

como na flexão, pois nas demais características a madeira apresenta propriedades compatíveis com as de Classe de Resistência D60.

Pelo que se infere nos ensaios e nos resultados o baixo desempenho da madeira na rigidez (MOE) pode ser devido a mesma apresentar pouca deformação plástica e ao atingir o limite da resistência apresenta uma ruptura frágil.

4. DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios da madeira de *C. citriodora* mostram que a espécie, excetuando-se o módulo de elasticidade e a resistência à tração que não foi avaliada, apresenta propriedades compatíveis com as madeiras que foram largamente utilizadas e algumas ainda em uso na construção de casas no Estado do Paraná.

O baixo desempenho da madeira na rigidez (MOE) pelo que se infere pode ser devido a sua fragilidade na ruptura com a ausência do patamar de escoamento, fazendo com que o material rompa sem apresentar uma região onde se possa observar uma deformação sem que tenha um aumento sensível de tensão, o que sugere que a madeira não suporte grandes deformações antes de atingir a ruína.

A madeira também apresenta boa estabilidade dimensional, apresentando encurvamento máximo de 5mm e arqueamento máximo de 4mm em peças com 115 centímetros de comprimento durante o período de observação de 6 meses em que a madeira ficou armazenada antes do ensaio. Quando comparada com as pesquisas com a madeira de reflorestamento do *E. urograndis* vê-se que, que nesse aspecto, a estabilidade dimensional é melhor do que a da madeira natural²².

Nos ensaios de compressão e flexão paralela às fibras a madeira apresentou ruptura frágil, caracterizadas pela inexistência de deformação plástica significativa antes da ruína, e nos ensaios de compressão normal às fibras, 5 dos 9 corpos de prova ensaiados apresentou a linha de ruptura tangenciando ou acompanhando os anéis de crescimento da madeira, no entanto, o resultado mostra que nesta propriedade a Classe de Resistência se equipara a D70 (NBR 7190-2¹⁹).

Quando avaliados os valores médios e não os característicos a madeira de *C. citriodora*, em comparação com as madeiras natural e MLC de *E. urograndis*, Peroba-rosa, apresenta:

- Densidade aparente de 876,80 kg/m³, superior à das madeiras comparadas;
- Resistência à compressão paralela às fibras de 68,87 MPa, 1,4% inferior ao da Peroba-rosa e superior as demais madeiras comparadas;
- Módulo de elasticidade (MOE) na compressão de 13742 MPa e na flexão de 15420 MPa, 26,1% inferior ao da MLC de *E. urograndis*, 9,7% inferior ao Pinho e superior às demais madeiras comparadas;
- Resistência à flexão (MOR) de 106,41 MPa, compatível com a Peroba e superior às demais

madeiras comparadas; e

- Resistência ao cisalhamento de 12,27 MPa, superior a todas as madeiras comparadas.

Quando comparados os valores característicos com as demais madeiras avaliadas nesta pesquisa, temos que:

- A densidade aparente é superior às das madeiras;
- A resistência a compressão paralela às fibras é 4,3% inferior a da Peroba e é igual ou superior às das demais madeiras;
- O módulo de elasticidade (MOE) é inferior ao da MLC de *E. urograndis*, da Canafistula e do Pinho e superior as das demais madeiras;
- A resistência à flexão paralela às fibras (MOR) é inferior à da Peroba (20,5%), da Canjerana (6,0%) e do Pinho (8,7%) e superior às das demais madeiras;
- A resistência ao cisalhamento paralelo às fibras é superior às das demais madeiras.

Pelo que se observou nos valores médios e nos valores característicos, quando comparado com as demais madeiras avaliadas nesta pesquisa, e a sua Classe de Resistência caracterizada na propriedade de menor desempenho como D30, a madeira de *C. citriodora* apresenta propriedades que a habilita ao uso na construção de edificações, sendo seu melhor aproveitamento no caso de composição com outras madeiras a de uso na estrutura, preferencialmente como pilares de sustentação. Para o uso em outros sistemas estruturais há que se definir metodologias construtivas que utilizem a pré furação da madeira para a fixação, tendo em vista o comportamento de ruptura frágil observado.

A utilização da madeira de reflorestamento na construção de edificações contribui para a sustentabilidade na Construção Civil

Embora não tenha sido observado o ataque de xilófagos no período de 6 meses de armazenamento da madeira antes do ensaio e nos exemplares não ensaiados e que estão armazenados a cerca de 3 anos, e baseados em publicações feitas de que a madeira é suscetível ao ataque destes organismos^{23,24} é recomendado que na utilização da madeira seja feita a proteção com aplicação de inseticida apropriado ao combate dos organismos que se alimentam da celulose e da lignina da madeira. A madeira também deve ser protegida com aplicação de produtos que inibem a propagação do fogo.

5. CONCLUSÃO

O objetivo do estudo foi o de avaliar algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *C. citriodora* de árvores de florestas plantadas na região Noroeste do Estado do Paraná e verificar o seu potencial para aplicações estruturais em obras de construção civil. A madeira avaliada produzida e comercializada pela empresa Petras Agroindustrial com uso em instalações rurais (currais, mangueiras, galpões, coberturas, etc.) e cem cercas (palanques e mourões) com a madeira tratada. Os resultados obtidos indicam que a madeira possui uma densidade aparente de 855,76 kg/m³, resistência à compressão paralela às fibras de 64,58

MPa, resistência à flexão estática de 85,00 MPa, módulos de elasticidade (MOE) na compressão de 11862 MPa e na flexão de 11531 MPa, resistência ao cisalhamento de 12,09 MPa e resistência à compressão normal às fibras de 15,66 MPa.

A madeira de *C. citriodora* se enquadra na Classe de Resistência D30, limitada pelo módulo de elasticidade, pois pelas demais propriedades tem resistência compatível com madeiras da Classe D60 e D70.

Com estas características a madeira é compatível com as madeiras que foram largamente utilizadas e algumas ainda em uso na construção de casas no Estado do Paraná. A madeira produzida por árvores de crescimento rápido e que atualmente é utilizada basicamente para marcenaria e instalações rurais é promissora para uso na construção civil e combinada com outras madeiras também de crescimento rápido produzidas na região como o *E. urograndis* que também é produzido para a atividade moveleira, com os processos industriais da madeira engenheirada apresenta grande potencial para a produção de casas de madeira de padrão médio em larga escala, podendo nesta composição ser utilizada para a produção de pilares e outros elementos estruturais para melhor aproveitamento das suas principais propriedades mecânicas, contribuindo para a eficiência e valorização do uso da madeira.

Por ter origem em árvores de reflorestamento e de crescimento rápido como também o *E. urograndis* que também potencial para uso na construção civil conforme pesquisas realizadas, tem grande probabilidade se serem viáveis economicamente e nesta combinação pode se constituir em produtos que contribuirão para o desenvolvimento sustentável na construção civil.

A pesquisa permitiu verificar que a madeira de *C. citriodora* apresenta ruptura frágil, com o patamar de deformação plástica pouco significativo, fazendo com que o material sofra ruína sem apresentar sinalização da iminência de colapso, assim deve se estar atento aos fatores de segurança para limitar que a tensão de ruptura seja alcançada.

A pesquisa alcançou o seu objetivo e avaliou o potencial da madeira para o uso da construção civil e mesmo originada em árvores de pequeno diâmetro e novas, com idades de 12 anos, a madeira se apresentou como viável tecnicamente, com características compatíveis com de madeiras naturais utilizadas na região Noroeste do Paraná e por ser de espécie adaptada ao clima desta região pode contribuir para o desenvolvimento regional como uma nova atividade econômica.

O estudo aprofundou o conhecimento dos pesquisadores e professores que dele participaram em relação às propriedades da madeira e as características que influenciam na resistência e rigidez, além de aspectos da anatomia da madeira.

A pesquisa também contribuiu para o mercado regional pois permitiu aos produtores das madeiras de reflorestamento tomar conhecimento sobre a resistência e rigidez do material que produzem e com isso, estimulá-

los a desenvolver novos produtos, como a de construções de casas, de módulos de vivência ou espaços de uso para locação temporária como hotéis fazenda e assim aumentar a escala de produção da madeira, importante para a redução dos custos e viabilizá-la economicamente. Além disso, a possibilidade de oferta de novos produtos da madeira produzida na região Noroeste do Estado, reduzirá a importação da madeira de outras regiões e estados, reduzindo o custo com frete de longa distância e com isso contribuir para a economia regional.

Espera-se que esta pesquisa também estimule o desenvolvimento dos produtos com base tecnológica como a da madeira engenheirada o que permitirá o surgimento de um novo segmento econômico para a região.

Ao viabilizar o uso da madeira de reflorestamento em uma atividade viável economicamente, a pesquisa contribui com a possibilidade de expansão de florestas plantadas com espécies de madeira exóticas como a *C. citriodora*, diminuindo a pressão sobre a exploração de espécies nativas e se constituindo numa alternativa ecológica e sustentável ambientalmente.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Petras Agro Industria e a seus sócios Fabiano José dos Santos e Valdecyr Milton Pozza pelo fornecimento do material de estudo que propiciou o desenvolvimento do presente trabalho e ao técnico de laboratório Genilson Ribeiro Vieira que auxiliou nas atividades de laboratório.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7190-1 - Projeto de estruturas de madeira, Parte 1: Critérios de dimensionamento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- [2] Navarro RF. A evolução dos materiais. Parte 1: da pré-história ao início da era moderna. REMAP; 2006 [Acesso 1 ago 2025] Disponível em: <https://www.feevale.br/site/files/documentos/pdf/32246.pdf>.
- [3] Pons C, Knop A. Construções utilizando estruturas de madeira. Canoas-RS: CIPPUS 8(1); 2020 [acesso 19 jun 2021] Disponível em: <http://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/cippus>
- [4] Shigue, EK. Panorama do uso da madeira na construção civil no Brasil: empresas e produtos. In: XVI Ebrament+III Clem - XVI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira e III Congresso Latino-americano de Estruturas de Madeira. 2018; 26 jul; São Carlos: São Paulo: XVI EBRAMEM + III CLEM 2018. [acesso 1 ago 2025] Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353982705_Panorama_do_uso_da_madeira_na_construcao Civil_no_Brasil_empresas_e_produtos.
- [5] Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Florestas do Brasil em resumo: 2019 Brasília: MAPA; 2019. [acesso 1 ago 2025] Disponível em: https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/Florestas_Brasil_2019_Portugues.pdf.
- [6] Santarosa E, Penteado Júnior JF, Goulart ICGR, editores. Transferência de tecnologia florestal: cultivo de

- eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção de renda [Internet]. Brasília, DF: Embrapa; 2014. 138 p. [acesso 14 ago 2025] Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1010933/transferencia-de-tecnologia-florestal-cultivo-de-eucalipto-em-propriedades-rurais-diversificacao-da-producao-e-renda>.
- [7] Martins, TFRM. Dimensionamento de Estruturas em Madeira: Coberturas e Pavimentos. [dissertação] Lisboa: Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. 2010. [acesso 1 ago 2025] Disponível em: <https://scholar.tecnico.ulisboa.pt/records/OGkiTQXwviDPVVb2bjzS3vtYvuxqcsVLu4jQ?lang=pt>.
- [8] Zenid, GJ. Madeira: uso sustentável na construção civil. 2a ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA; 2009.
- [9] Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Informações sobre madeira: Eucalipto-citriodora [Internet]. São Paulo; IPT; 2023. [acesso 29 ago 2023] Disponível em: http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/12.htm
- [10] Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Madeira: uso sustentável na construção civil. São Paulo: IPT; 2003.
- [11] Petras Agroindústria. Temos os produtos certos para sua propriedade, construção ou lazer [Internet]. 2025 [acesso 15 ago 2025] Disponível em: https://lp.petras.ind.br/?gad_source=1&gad_campaign_id=22120573344&gbraid=0AAAAArEl7F_6pjIBtYWsQrYBl8Kr1cHgW&gclid=CjwKCAjwtfvEBhAmEiWA-DsKjjtV3iejk9w7pK_17Q2qItJHnhebr5b8z2qXYbpsjOD7KztsInqSBoCOKEQAvD_BwE.
- [12] Usina Araucária. Madeiras tratadas. Eucalipto Citriodora [Internet]. 2025 [acesso 15 ago 2025] Disponível em: <https://www.usinaaraucaria.com.br/produtos/eucalipto-tratado/eucalipto-citriodora/>.
- [13] Oliveira GL. Estruturas de madeira engenheirada: a concepção arquitetônica orientada à racionalização do processo construtivo [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo; 2023. [acesso 19 jul 2025] Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-12122023-120853/pt-br.php>.
- [14] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT; 1997.
- [15] Marques, LEMM. O Papel da Madeira na Sustentabilidade da Construção [dissertação]. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; 2008.
- [16] Gonzaga AL. Madeira: Uso e Conservação. Cadernos Técnicos (6) 243p. Brasília: Iphan/Monumenta; 2006. [acesso 1 ago 2025] Disponível em: <https://bibliotecadigital.iphan.gov.br/items/37a387def43f-4cd6-8297-ad41d0653827/full>.
- [17] Palma VL, Santini EJ, Silveira AG, Talgatti M. Durabilidade natural e resistência mecânica de madeiras de rápido crescimento após ensaios de campo. Scientia Agraria Paranaensis 17(3):339–343; 2018 [acesso 15 ago 2025] Disponível em: <https://revista.unioeste.br/index.php/scientiaagaria/article/view/20110>.
- [18] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7190-3 - Estruturas de madeira - Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- [19] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7190-2 - Estruturas de madeira – Parte 2: Métodos de ensaio para classificação visual e mecânica de peças estruturais de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- [20] Valladares Neto J, Santos CB, Torres E, et. al. Boxplot: um recurso gráfico para a análise e interpretação de dados quantitativos. ROBRAC 26(76):1–5. 2017. [acesso 19 jul 2025] Disponível em: <https://www.robrac.org.br/seer/index.php/robrac/article/view/1132>.
- [21] Ferreira PM. Estatística e Probabilidade. Fortaleza: UAB/IFCE; 2012. 208 p.
- [22] SAVI, Olindo; FREITAS, João Henrique; ESPESSATO, Alan Rizzato; FABICHE, Mariana Fiorelli; COUTINHO, Sidnei & ZITO, Aline Naiara. Avaliação da madeira de *Eucalyptus urograndis* para uso na construção civil. *Journal of Exact Sciences - JES*, v. 47, n.1, pg 05-13, 2025. Disponível em: <http://www.mastereditora.com.br/jes>. Acesso em: 28 out 2025.
- [23] Mainieri C, Chimelo JP. Fichas de Características das Madeiras Brasileiras. 2ª ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Madeiras; 1989. Publicação IPT nº 1791.
- [24] Brainer MSCP. Silvicultura. Banco do Nordeste: Caderno Setorial ETENE. Brasília: Banco do Nordeste 6(154); 2021 [acesso 1 ago 2025] Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2918>.