

Avaliação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum*) utilizada na indústria de compensados no Estado do Maranhão

Evaluation of the physical and mechanical properties of paricá wood (*Schizolobium amazonicum*) used in the plywood industry in the State of Maranhão

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de paricá (*Schizolobium amazonicum*) utilizada en la industria de contrachapados en el Estado de Maranhão

Recebido: 22/06/2022 | Revisado: 30/06/2022 | Aceito: 07/07/2022 | Publicado: 15/07/2022

Vinicius de Sousa Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5875-2980>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: viniciuslima.20180040313@uemasul.edu.br

Sandriel Lima Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0998-067X>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: sandrielnascimento.20180040180@uemasul.edu.br

Marly Cirqueira Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8569-6243>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: sandrielnascimento.20180040180@uemasul.edu.br

Bruno Lucio Meneses Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7196-6502>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: bruno.nascimento@uemasul.edu.br

Sandro Fábio César

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8606-3576>
Universidade Federal da Bahia, Brasil
E-mail: sfcesarpaz@uol.com.br

João Miguel Santos Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8030-739X>
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
E-mail: joao.dias@uemasul.edu.br

Resumo

O paricá (*Schizolobium amazonicum*) é uma espécie nativa da região amazônica, cujas características físicas e mecânicas estão na base da aceitação desta espécie por parte do mercado madeireiro, sobretudo através da sua utilização para produção de painéis de compensado e painéis de lâminas paralelas (LVL). O objetivo deste trabalho foi avaliar as propriedades físicas e mecânicas da madeira de paricá utilizadas na indústria de compensados no Estado do Maranhão. Foram analisados o teor de umidade, as densidades aparente e básica, a variação volumétrica, as resistências à compressão paralela e perpendicular à grã, a resistência ao cisalhamento paralelo à grã, a resistência à flexão e os módulos de elasticidade à compressão paralela à grã e à flexão. O lote de madeira analisado apresentou teor de umidade em equilíbrio ao ar (11,33%), baixa densidade aparente (275,57 kg.m⁻³) e variação volumétrica reduzida (8,75%), estando estas propriedades abaixo dos valores apresentados pela bibliografia, para madeiras de idades semelhantes. As propriedades mecânicas analisadas (resistência à compressão paralela à grã, resistência à compressão normal à grã, módulo de ruptura na flexão, módulo de elasticidade na flexão, resistência ao cisalhamento paralelo à grã e módulo de elasticidade à compressão paralela à grã) apresentaram igualmente valores inferiores à média dos resultados obtidos na bibliografia. Desta forma, a utilização de madeira de paricá em painéis de compensados constitui uma alternativa válida, considerando que estes são leves e estáveis no que concerne à variação dimensional, quando comparados com os produtos provenientes de madeira de eucalipto. No entanto, é pertinente realizar ações que visam melhorar as propriedades mecânicas da madeira de paricá, de forma a aumentar as propriedades de resistência e de rigidez.

Palavras-chave: Madeira; Compensados; Paricá; Caracterização física; Caracterização mecânica.

Abstract

Paricá (*Schizolobium amazonicum*) is an amazon tropical specie with interesting physical and mechanical properties for the plywood and laminated veneer lumber industries. The aim of this pape is to assess paricá timber physical and

mechanical properties used in plywood industry in the Maranhão State. Moisture content, basic and apparent densities, volumetric variation, compression strengths parallel and perpendicular to grain, shear strength, modulus of rupture and modulus of elasticity in bending, as well as modulus of compression parallel to grain were assessed. Results showed an equilibrium timber moisture content of 11,33%, a low apparent density (275,57 kg.m⁻³) and reduced volumetric variation (8,75%). Physical properties results were better than those found in the papers which considered the same species and age. Mechanical properties assessed (compression strengths parallel and perpendicular to grain, shear strength, modulus of rupture and modulus of elasticity in bending, as well as modulus of compression parallel to grain were assessed) were also better than average values given by literature review. Thus, paricá plywood panels are a valid alternative in comparison with similar products made of Eucalyptus, due to lower weight and dimensional stability. However, it is important to carry out actions that aim to improve the mechanical properties of paricá wood, in order to increase its strength and stiffness properties.

Keywords: Timber; Plywood; Paricá; Physical characterization; Mechanical characterization.

Resumen

La paricá (*Schizolobium amazonicum*) es una especie originaria de la región amazónica, cuyas características físicas y mecánicas son la base para la aceptación de esta especie por el mercado de la madera, principalmente para la producción de tableros, tanto contrachapados y madera microlaminada (laminated veneer lumber – LVL). El objetivo de este trabajo es evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la madera de paricá utilizada en la industria de contrachapados en el Estado de Maranhão. Se analizaron la humedad, las densidades aparente y básica, la variación volumétrica, las resistencias a la compresión paralela y perpendicular al grano, la resistencia al corte, la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad en compresión paralela a la fibra y en flexión. El lote de madera analizado presentó contenido de humedad en equilibrio en el aire (11,33%), densidad aparente baja (275,57 kg.m⁻³) y variación volumétrica reducida (8,75%), estando estas propiedades por debajo de los valores presentados por la bibliografía, para maderas de edades similares. Las propiedades mecánicas analizadas (resistencia a la compresión paralela al grano, resistencia a la compresión normal al grano, módulo de ruptura a la flexión, módulo de elasticidad a la flexión, resistencia al corte paralelo al grano y módulo de elasticidad a la compresión paralelo al grano) también se presentan valores inferiores a la media de los resultados obtenidos en la bibliografía. Por lo tanto, el uso de madera de paricá en paneles de madera contrachapada es una alternativa válida, considerando que son livianos y estables en términos de variación dimensional, en comparación con los productos elaborados con madera de eucalipto. Sin embargo, es pertinente realizar acciones que apunten a mejorar las propiedades mecánicas de la madera de paricá, con el fin de incrementar sus propiedades de resistencia y rigidez.

Palabras clave: Madera; Paricá; Caracterización física; Caracterización física; Caracterización mecánica.

1. Introdução

A madeira é um material diferenciado por possuir características estéticas, econômicas e técnicas peculiares (Costa et al. 2017). Quando oriundas de florestas manejadas, a madeira é uma matéria-prima com disponibilidade compatível com as demandas do mercado da construção civil e garante a sustentabilidade ambiental do processo construtivo (Borges, 2013). Segundo o IBA (2021), o Brasil possui cerca de 9.550.000 ha de florestas plantadas, dos quais 96% correspondem a áreas plantio de eucalipto (*Eucalyptus spp.*) e pinus (*Pinus spp.*), sendo os restantes 4% correspondentes à exploração de espécies tais como seringueira (*Hevea brasiliensis*), acácia (*Acácia mangium*), teca (*Tectona grandis*) e paricá (*Schizolobium amazonicum*).

O paricá (*Schizolobium amazonicum*) é uma espécie nativa da região amazônica, sendo cultivada no Brasil desde a década de 90. O cultivo desta espécie representa, principalmente na região norte do país, um importante meio de restauração ecológica e florestal (Gomes, Pereira & Aguiar, 2021). Como vantagens, o paricá apresenta rápido crescimento e poucos defeitos naturais (Vidaurre et al.2018), refletindo-se no fato de ter sido, em 2018, a sexta espécie mais cultivada no Brasil (IBA, 2019), tendo a sua predominância nos Estados do Pará e Maranhão (Santos, 2012). Segundo Silveira et al. (2017), as características físicas e mecánicas do paricá estão na base da aceitação desta espécie por parte do mercado madeireiro, sobretudo através da sua utilização para produção de painéis de compensado e painéis de lâminas paralelas (LVL) (Costa et al. 2020).

A relevância econômica dos painéis de compensado do Brasil se reflete nas exportações crescentes nos últimos anos, que aumentou de US\$ 276 milhões em 2020 para US\$ 347 milhões em 2021. Comparando o período de janeiro a março de 2021 e de 2022, as exportações de painéis de compensado do Brasil sofreram um aumento do seu volume de exportação de cerca de 53,8% (IBA, 2022). Os painéis de compensado de paricá são utilizados, sobretudo nas indústrias de móveis, construção civil e

embalagens (ABIMCI, 2015). No Brasil, os trabalhos de Moreira (1999), Figueroa (2008), Almeida et al. (2013), Melo et al. (2013), Terezo et al. (2015), Mascarenhas (2015), Cavalheiro et al. (2016), Vidaurre et al. (2018), Moritani (2018) e Modes et al. (2020) analisaram as propriedades físicas e mecânicas da madeira de paricá. Destes trabalhos, apenas os estudos de Terezo et al. (2015) e Vidaurre et al. (2018) fizeram a caracterização mecânica completa da madeira serrada da espécie em questão, o que corrobora com Gonçalves, Mascarenhas e Melo (2020), que referem que ainda existem poucos estudos que tratam da caracterização física e mecânica do paricá.

O estudo de Terezo et al. (2015) avaliou as propriedades físicas e mecânicas de madeira de paricá com 6, 10, 19 e 28 anos de idade, provenientes dos municípios de Aurora do Pará – PA e Tomé-açu – PA, tendo verificado que os lotes analisados pertenciam à classe de resistência C20 de resistência. O trabalho de Vidaurre et al. (2018) consistiu na avaliação das propriedades físicas e mecânicas da madeira serrada de paricá com idades entre 5 e 11 anos, com origem em cultivos nas regiões de Itinga do Maranhão – MA, Dom Eliseu – PA e Paragominas – PA.

A ausência do controle de qualidade poderá levar a que sejam incluídos defeitos nos painéis que, segundo Gilbert et al. (2017), poderão interferir nas suas propriedades físico-mecânicas dos painéis. Segundo Almeida (2021), os defeitos de produção mais comuns em compensados são: superfície de colagem com distribuição de adesivo não uniforme; qualidade de colagem inferior devido a problemas na cura do adesivo, estando relacionados com o alto teor de extrativos. Segundo o mesmo autor, as propriedades mecânicas e físicas da madeira, assim como seus defeitos naturais, influenciam o desempenho global dos painéis de compensado. Desta forma, é de suma importância avaliar as propriedades físicas e mecânicas da madeira que compõe a matéria prima dos painéis de compensado. Por outro lado, até ao momento, nenhum trabalho foi publicado tendo em consideração a caracterização física e mecânica da madeira de paricá utilizada exclusivamente na indústria de compensados do Estado do Maranhão.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar as propriedades físicas e mecânicas da madeira de paricá utilizadas na indústria de compensados no Estado do Maranhão. Para a caracterização mecânica, foram analisados experimentalmente o teor de umidade, as densidades aparente e básica, a variação volumétrica, as resistências à compressão paralela e perpendicular à grã, resistência ao cisalhamento paralelo à grã, resistência à flexão, assim como a rigidez à compressão paralela à grã e o módulo de elasticidade na flexão.

2. Metodologia

Para a realização das caracterizações física e mecânica, foram utilizados corpos de prova (CPs), obtidos a partir de 5 toras de madeira de paricá, com 5 anos de idade, provenientes de plantios localizados na região de Rondon do Pará. As toras foram selecionadas aleatoriamente do pátio de estocagem e cedidas pela empresa Mapri Compensados, sediada em Itinga – Maranhão. As toras tinham dimensões de 20 cm diâmetro e 2,20 m de comprimento. Cada tora foi serrada na direção diametral com o auxílio de motosserra, resultando em duas peças com seção semi-circular. Este procedimento foi realizado com o intuito de facilitar o seu transporte e armazenamento no Laboratório de Estruturas e Materiais de Construção – LEMATCON – Timoshenko da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), localizado no campus de Açailândia – MA, onde ocorreram todos os ensaios.

Devido à limitação dimensional das toras, selecionaram-se quatro das cinco toras para se obter – de cada uma – 12 CPs para o ensaio de determinação do teor de umidade (U) e densidade aparente (ρ_{ap}), 12 CPs para o ensaio de resistência à compressão paralela à grã (f_{c0}) e 3 CPs para o ensaio de flexão em três pontos. Apenas foi possível obter 3 CPs por tora para o ensaio de flexão em três pontos, conforme a metodologia da norma ABNT NBR 7190-3:2022, devido às limitações dimensionais das toras de paricá. A partir da quinta tora, foram confeccionados 6 CPs para o ensaio de compressão normal à grã, 6 CPs para o ensaio de cisalhamento paralelo à grã e 12 CPs para a determinação da densidade básica e variação volumétrica.

Todos os ensaios físicos e mecânicos foram executados conforme o Anexo B da norma ABNT NBR 7190-3:2022 – *Projeto de Estruturas de Madeira. Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas* (Tabela 1), exceto a determinação do teor de umidade que, neste caso, considerou as aferições das massas em intervalos de tempo de 24 horas, conforme metodologia adotada por Silva et al. (2019).

Tabela 1: Dimensões dos CPs das caracterizações física e mecânica e taxas de carregamento utilizadas.

Propriedade	nº total de CPs	largura (cm)	altura (cm)	comprimento*(cm)	área de análise (mm ²)	taxa de carregamento (MPa/min)
U (%)	48	2,93	1,91	5,06	-	-
ρ_{ap} (kg.m ⁻³)	48	2,93	1,91	5,06	-	-
f_{c0} (MPa)	48	4,90	4,73	15,24	2317,10	10,00
MOR (MPa)	12	4,90	4,88	115,03	2390,73	10,00
f_{c90} (MPa)	6	4,95	4,97	9,99	2463,81	10,00
f_v (MPa)	6	5,01	-	5,01	2510,22	2,50
$\rho_{bás}$ (kg.m ⁻³)	12	3,01	2,08	5,03	-	-
ΔV (%)	12	3,01	2,08	5,03	-	-

*medido na direção da grã. U: teor de umidade; ρ_{ap} : densidade aparente; f_{c0} : resistência à compressão paralela à grã; MOR: módulo de ruptura à flexão; f_{c90} : resistência à compressão normal à grã; f_v : resistência ao cisalhamento paralelo à grã; $\rho_{bás}$: densidade básica; ΔV : variação volumétrica. Fonte: Autores.

Inicialmente, os CPs destinados à determinação do teor de umidade e densidade aparente tiveram suas dimensões aferidas através de um paquímetro analógico STORM. Os CPs foram introduzidos em uma estufa de secagem da marca Lucademia, modelo 80/100, tendo sido sujeitos a uma temperatura de $103 \pm 2^\circ$ C. As massas foram aferidas com o auxílio de uma balança de precisão da marca Bel, modelo S622, até se obter uma variação de massa inferior ou igual a 0,5% entre dois resultados consecutivos, conforme a metodologia presente no Anexo B da norma ABNT NBR 7190-3:2022. Para a aferição da densidade básica e da variação volumétrica, recorreu-se ao Anexo B da norma ABNT NBR 7190-3:2022, tendo sido utilizados os mesmos instrumentos e equipamentos, sendo que os CPs foram imersos em água por um período que permitisse obter uma variação de massa inferior ou igual a 0,5% entre dois resultados consecutivos, sendo então este o volume saturado.

Para a determinação das propriedades mecânicas da madeira de paricá, nomeadamente a resistência à compressão paralela à grã, resistência ao cisalhamento paralelo à grã, resistência à compressão normal à grã, módulo de elasticidade à compressão paralela à grã, módulo de ruptura à flexão e módulo de elasticidade na flexão, foi utilizada uma máquina universal INSTRON EMIC 23-100, com seus acessórios destinados originalmente para a realização de cada ensaio. As metodologias de ensaio estão prescritas no Anexo B da norma ABNT NBR 7190-3:2022, tendo sido utilizadas as taxas de carregamento apresentada na Tabela 1.

Tratando-se de toras que foram obtidas aleatoriamente do pátio de estocagem da empresa de compensados supracitada, procedeu-se à averiguação da homogeneidade dos resultados obtidos. Desta forma, para verificar se existe diferença estatística entre os valores de teor de umidade, densidade aparente, resistência à compressão paralela à grã, módulo de resistência à flexão (MOR) e módulo de elasticidade à flexão (MOE) obtidos para as toras 1, 2, 3 e 4, realizaram-se testes de Tukey. Para a resistência à compressão paralela à grã também foram analisados os Coeficientes de Variação, conforme a norma ABNT NBR 7190-3:2022, para verificação da homogeneidade do lote.

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização física

A Tabela 2 apresenta os resultados referentes ao teor de umidade e densidade aparente para as quatro toras, assim como a densidade básica e variação volumétrica para a quinta tora. Os valores médios dos teores de umidade das quatro toras

apresentaram valores compreendidos entre 10,12% a 10,72%. Para verificar a homogeneidade dos resultados, o teste de Tukey apresentado na Tabela 3, permite afirmar que não existe diferença estatística entre os teores de umidade obtidos para as quatro toras. Este fato poderá ser explicado pelo fato de as quatro toras terem sido armazenadas no mesmo local (LEMATCON), estando protegidas da incidência de chuvas por ser um ambiente de interior de uma edificação.

Para a Tora 5, foi constatado um valor médio de 12,28%, uma vez que os CPs desta tora foram ensaiados mais tarde, durante o mês de dezembro de 2021, sendo que, conforme Climatempo (2022), é um mês com alta pluviosidade e, conseqüentemente, o teor de umidade da madeira tende a aumentar. De qualquer das formas, o teor de umidade da madeira analisada, se enquadra na classe de umidade 1 da norma ABNT NBR 7190-1:2022 – *Projeto de Estruturas de Madeira. Parte 1: Critérios de dimensionamento*, uma vez que o teor de umidade médio das cinco toras foi de 11,33%.

Este valor de teor de umidade permite a realização da colagem com adesivos utilizados na fabricação de compensados de paricá (Matos et al. 2019). Por outro lado, considerando o teor de umidade obtido e a variação de umidade relativa do ar ao longo do ano na região de produção dos painéis de compensados analisados (Silva et al. 2019), sobretudo durante a estação das chuvas, poderá fazer com que ocorram inchamentos e retrações significativas na madeira.

Tabela 2: Resultados das propriedades físicas da madeira de paricá.

	Tora 1		Tora 2		Tora 3		Tora 4		Tora 5	
	U (%)	ρ_{ap} (kg.m ⁻³)	U (%)	ρ_{ap} (kg.m ⁻³)	U (%)	ρ_{ap} (kg.m ⁻³)	U (%)	ρ_{ap} (kg.m ⁻³)	$\rho_{bás}$ (kg.m ⁻³)	ΔV (%)
n° CPs	12		12		12		12		12	
Máximo	10,63	268,37	11,26	297,13	10,87	295,22	10,56	342,08	249,69	10,75
Média	10,12	247,24	10,72	258,51	10,39	261,87	10,29	334,65	236,42	8,75
Mínimo	9,59	229,62	10,38	233,78	9,62	231,28	9,89	324,69	220,67	8,12
CV (%)	3,19	4,72	2,32	6,11	3,77	8,84	2,14	1,53	4,24	7,73

n° CPs: número de corpos de prova; CV: Coeficiente de variação; U: Teor de umidade; ρ_{ap} : Densidade aparente; $\rho_{bás}$: Densidade básica; ΔV : Variação volumétrica. Fonte: Autores.

Tabela 3: Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para o teor de umidade.

	\bar{U}_1	\bar{U}_2	\bar{U}_3	\bar{U}_4
\bar{U}_1	-	0,330	0,263	0,170
\bar{U}_2	-	-	0,327	0,328
\bar{U}_3	-	-	-	0,093
\bar{U}_4	-	-	-	-

\bar{U}_1 , \bar{U}_2 , \bar{U}_3 e \bar{U}_4 : médias dos teores de umidade das toras 1, 2, 3 e 4, respectivamente; resultados inferiores a 0,331 indicam diferenças não significativas para o nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

O menor valor encontrado para a densidade aparente foi de 229,62 kg.m⁻³, sendo o maior igual a 342,08 kg.m⁻³ e a média das quatro toras igual a 275,57 kg.m⁻³. Para verificar a homogeneidade dos resultados relativamente à densidade aparente das toras 1, 2, 3 e 4, realizou-se igualmente um teste de Tukey com 5% de significância (Tabela 4). Conforme é possível verificar nos resultados obtidos, apenas a tora 4 apresentou divergências significativas para as demais toras. A diferença de densidades aparentes pode estar diretamente relacionada com as condições de crescimento da árvore ou com o posicionamento em relação ao tronco do qual foi extraída a tora. No entanto, apesar da divergência dada pelo teste de Tukey, a amostra de madeira analisada não supera o valor de 550 kg.m⁻³, sendo este o limite máximo de densidade aparente para as madeiras de baixa densidade (Silva, Vale e Miguel, 2015).

Tabela 4: Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a densidade aparente.

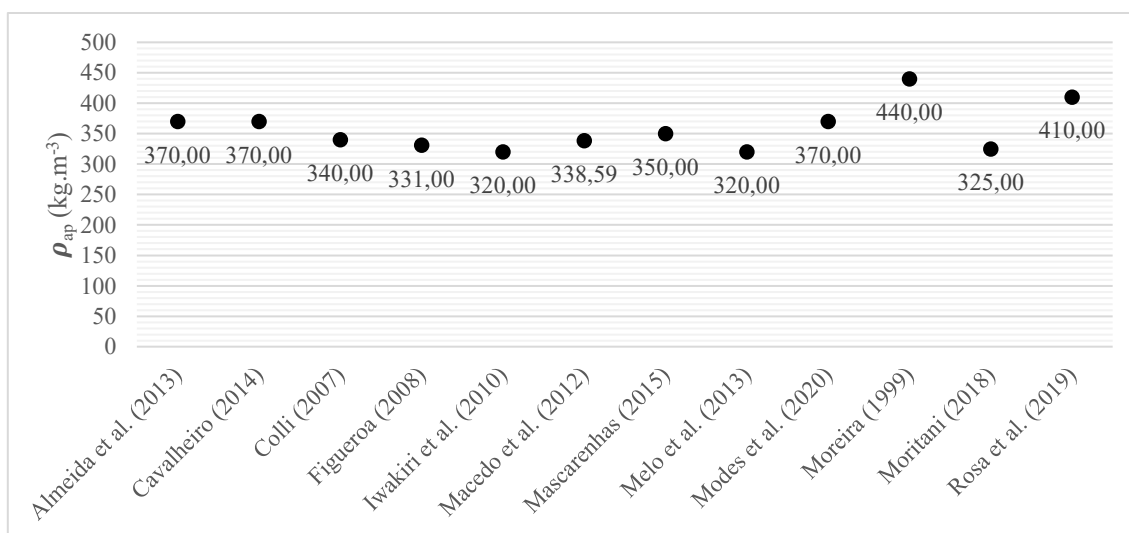
	$\bar{\rho}_{ap1}$	$\bar{\rho}_{ap2}$	$\bar{\rho}_{ap3}$	$\bar{\rho}_{ap4}$
$\bar{\rho}_{ap1}$	-	11,276	14,630	87,414
$\bar{\rho}_{ap2}$	-	-	3,354	76,138
$\bar{\rho}_{ap3}$	-	-	-	72,784
$\bar{\rho}_{ap4}$	-	-	-	-

$\bar{\rho}_{ap1}$, $\bar{\rho}_{ap2}$, $\bar{\rho}_{ap3}$ e $\bar{\rho}_{ap4}$: médias das densidades aparentes das toras 1, 2, 3 e 4, respectivamente; resultados inferiores a 16,84 indicam diferenças não significativas para o nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Relativamente aos resultados obtidos para a densidade aparente, segundo Dias (2018), a madeira analisada se enquadra como sendo de baixa densidade, o que corrobora as afirmações de Melo e Del Menezzi (2014), nas quais a madeira de paricá é uma madeira clara e de baixa densidade, sendo sua densidade inferior a 400 kg.m^{-3} . Comparativamente a outros trabalhos de caracterização física da madeira de paricá, a Figura 1 apresenta os valores obtidos na bibliografia analisada. É possível verificar que o valor médio obtido neste estudo ($275,57 \text{ kg.m}^{-3}$) é inferior em cerca de 37,37% em relação ao trabalho de Moreira (1999) e 13,88 % inferior em relação ao trabalho de Melo et al. (2013). No geral, a madeira analisada no presente estudo está abaixo da média dos resultados obtidos pelos demais estudos.

Segundo Silva et al. (2020), a densidade aparente está diretamente relacionada com as espessuras das paredes celulares da madeira que, por sua vez, variam de acordo com as condições de crescimento da árvore, tais como: qualidade do solo, exposição solar e pluviosidade (Rocha, 1994). Por outro lado, Terezo et al. (2015) referem que a idade da madeira analisada (5 anos), também poderá estar na base da diferença analisada, uma vez que, os autores referem que a densidade aparente apresenta uma proporcionalidade em relação à idade das células. Os mesmos autores referem que a relação entre a idade e da densidade da madeira é de difícil determinação, por conta das condições de crescimento das árvores. Desta forma, as densidades aparentes apresentaram valores médios de $327,99 \text{ kg.m}^{-3}$ para 6 anos, $347,47 \text{ kg.m}^{-3}$ para 10 anos, $272,87 \text{ kg.m}^{-3}$ para 19 anos e $296,26 \text{ kg.m}^{-3}$ para 28 anos.

Figura 1: Resultados de densidade aparente do paricá obtidos na bibliografia.



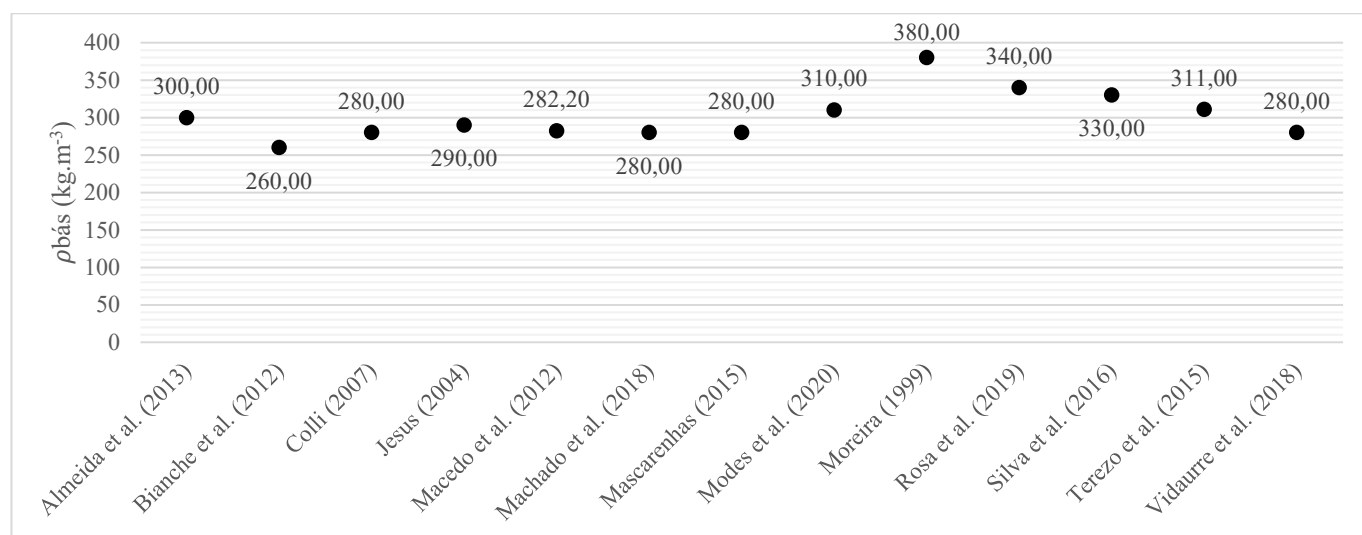
Fonte: Autores.

Uma vez que as cinco toras foram obtidas em simultâneo e do mesmo local de plantio, além do fato de que o teor de umidade da amostra caracterizar-se como sendo da classe 1, a densidade aparente pertencer à classe de madeira de baixa densidade, aliado às propriedades organolépticas (cor, textura, densidade, dureza e desenhos da madeira) das cinco toras serem

iguais, considerou-se que os resultados obtidos e apresentados na Tabela 2 são representativos para as cinco toras. Assim sendo, a tora 5, obteve-se valor médio da densidade básica do lote de $236,42 \text{ kg.m}^{-3}$, o valor mínimo de $220,67 \text{ kg.m}^{-3}$ e o máximo de $249,69 \text{ kg.m}^{-3}$.

Comparativamente a outros trabalhos de caracterização física da madeira de paricá, a Figura 2 apresenta os valores de densidade básica obtidos na bibliografia analisada. É possível verificar que o valor médio de densidade básica obtido neste estudo ($236,42 \text{ kg.m}^{-3}$) é inferior em cerca de 37,78 % em relação ao trabalho de Moreira (1999) e 9,07 % em relação ao trabalho de Bianche et al. (2012). A média da densidade básica dos estudos constantes na Figura 2 é de $301,78 \text{ kg.m}^{-3}$, desta forma, a madeira utilizada neste trabalho estava abaixo da média dos resultados obtidos pelos demais estudos. Da mesma forma que foi referido para a densidade aparente, a justificativa para o fato de a densidade básica ser inferior à média dos trabalhos presentes na Figura 2 está nas condições de crescimento da árvore, na idade no momento do corte e no posicionamento da amostra no tronco.

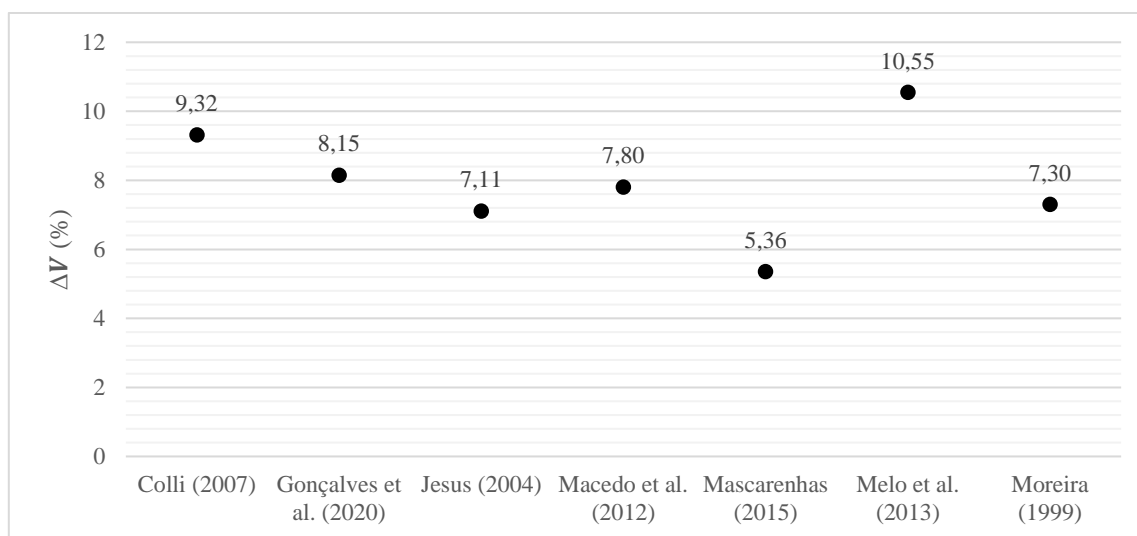
Figura 2: Resultados de densidade básica do paricá obtidos na bibliografia.



Fonte: Autores.

Quanto à variação volumétrica, foram constatados valores iguais a 8,12%, 8,75% e 10,75% sendo respectivamente o mínimo, médio e máximo. A madeira analisada no presente estudo apresenta valores de variação volumétrica que se enquadram no intervalo de dados compreendido entre os valores de Mascarenhas (2015) e de Melo et al. (2013), sendo, respectivamente, iguais a 5,36% e 10,55%. É possível verificar que o valor médio obtido neste estudo (8,5%) é inferior em cerca de 17,01% em relação ao trabalho de Melo et al. (2013) e 63,25% superior em relação ao trabalho de Mascarenhas (2015). A média de valores de variação volumétrica obtida neste trabalho (8,75%) está acima da média dos resultados obtidos pelos demais estudos apresentados na Figura 3, sendo igual a 7,94%. Apesar de estar próximo da média, o fato de a variação volumétrica ser superior poderá estar relacionado com o local de retirada dos CPs no tronco da árvore, uma vez que Oliveira, Tomazello e Fiedler (2010) referem que a retratibilidade da madeira aumenta com a distância em relação à medula, medida na direção radial da madeira, não obstante das condições de crescimento e idade da árvore.

Figura 3: Resultados de variação volumétrica do paricá obtidos na bibliografia.



Fonte: Autores

Gil et al. (2018) e Oliveira, Tomazello e Fiedler (2010) destacam que é o estudo da variação volumétrica é relevante, uma vez que está intimamente relacionada com o surgimento de defeitos de secagem. No estudo realizado por Oliveira, Tomazello e Fiedler (2010), no qual avaliou-se a retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus spp.*, foi constatada uma variação volumétrica mínima de 15,9% para o *Eucalyptus grandis* e máxima de 27,2% para o *Eucalyptus paniculata*. Conforme é conhecido, a baixa estabilidade dimensional observada para estas sub-espécies de *Eucalyptus* está relacionada com a frequente surgimento de defeitos de secagem.

Desta forma, tendo-se em consideração os valores de variação volumétrica mínima obtida por Oliveira, Tomazello e Fiedler (2010) e para a espécie estudada neste estudo (8,12%), é possível afirmar que a probabilidade de surgimento de defeitos de secagem é menor para a espécie de paricá, sendo este aspecto mais interessante do ponto de vista da aplicação estrutural desta madeira em edificações, além da sua incorporação em painéis de compensado.

3.2 Caracterização mecânica

Conforme já exposto, a caracterização mecânica da madeira de paricá consistiu na determinação experimental das resistências à compressão paralela e normal à grã, resistência ao cisalhamento paralelo à grã, resistência à flexão, além das rigidezes à compressão paralela à grã e flexão. Os resultados da caracterização mecânica estão presentes na Tabela 5, a qual mostra os valores mínimos, máximos, médios, característicos e coeficiente de variação para a resistência à compressão paralela à grã (f_{c0}) para o teor de umidade apresentado em 3.1.

É possível verificar que o menor valor obtido, para a resistência à compressão paralela à grã, foi 12,57 MPa, enquanto o maior valor foi 26,63 MPa. O valor médio das quatro toras foi 20,36 MPa e os valores característicos para a resistência à compressão paralela à grã variaram entre 14,84 MPa e 23,02 MPa. O valor característico para as quatro toras, considerando o teor de umidade de referência de 12%, corrigido através da expressão presente no item 6.2.1 da norma ABNT NBR 7190-3:2022, foi 15,55 MPa.

Tabela 5: Resultados da resistência à compressão paralela à grã da madeira de paricá.

	Tora 1	Tora 2	Tora 3	Tora 4
	f_{c0} (MPa)	f_{c0} (MPa)	f_{c0} (MPa)	f_{c0} (MPa)
n° CPs	12	12	12	12
Máximo	21,63	26,63	20,14	25,55
Média	18,47	22,11	17,47	23,39
Mínimo	14,70	15,90	12,57	19,17
CV (%)	10,97	14,00	12,62	7,22
Valores característicos	16,07	17,60	14,84	23,02

n° CPs: número de corpos de prova; CV: Coeficiente de variação; f_{c0} : resistência à compressão paralela à grã. Fonte: Autores.

Para verificar a homogeneidade dos resultados de f_{c0} das toras 1, 2, 3 e 4, realizou-se um teste de Tukey com 5% de significância e calculou-se o Coeficiente de variação. Constatou-se que o teste de Tukey (Tabela 6) apenas confirmou a homogeneidade dos resultados entre as toras 1 e 3 e, concomitantemente, entre as toras 2 e 4. Já o coeficiente de variação (Tabela 7), revelou que todos os resultados estão abaixo do valor de 18%, indicado pela norma ABNT NBR 7190-3:2022 como sendo a referência abaixo da qual se pode considerar como sendo um lote homogêneo.

Tabela 6: Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para a resistência à compressão paralela à grã.

	$\overline{f_{c0_1}}$	$\overline{f_{c0_2}}$	$\overline{f_{c0_3}}$	$\overline{f_{c0_4}}$
$\overline{f_{c0_1}}$	-	3,634	1,005	4,915
$\overline{f_{c0_2}}$	-	-	4,639	1,281
$\overline{f_{c0_3}}$	-	-	-	5,920
$\overline{f_{c0_4}}$	-	-	-	-

$\overline{f_{c0_1}}$, $\overline{f_{c0_2}}$, $\overline{f_{c0_3}}$ e $\overline{f_{c0_4}}$: médias dos resultados das resistências à compressão paralela à grã das toras 1, 2, 3 e 4, respectivamente; resultados inferiores a 2,530 indicam diferenças não significativas para o nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

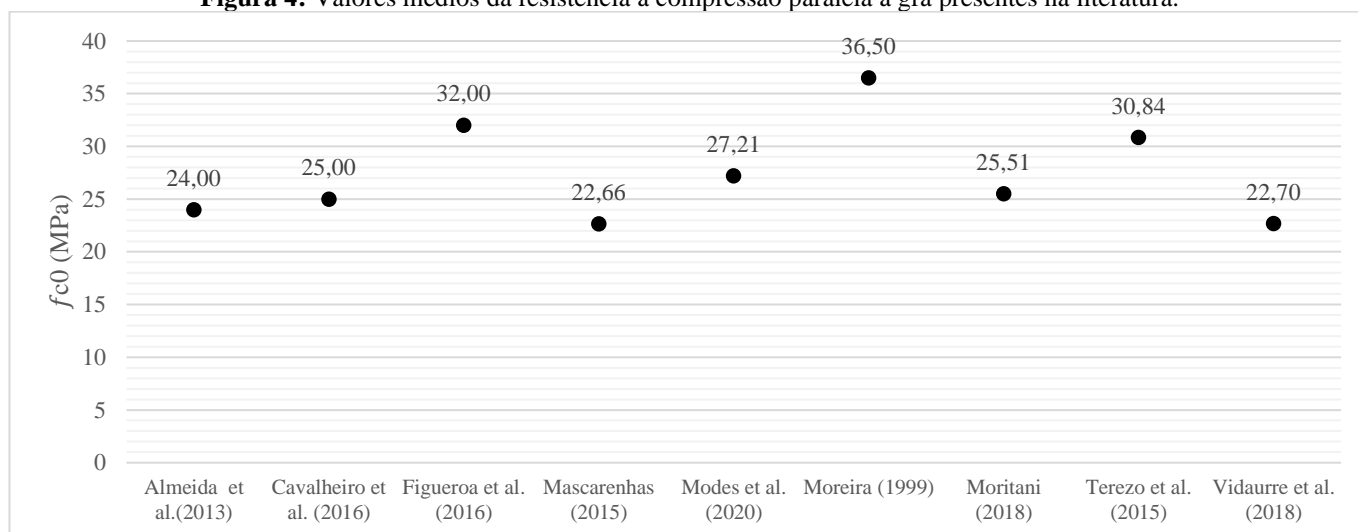
Tabela 7: Coeficiente de variação entre as resistências à compressão paralela à grã das quatro toras.

	$CV_{f_{c0_1}}$	$CV_{f_{c0_2}}$	$CV_{f_{c0_3}}$	$CV_{f_{c0_4}}$
$CV_{f_{c0_1}}$	-	15,58%	11,87%	14,83%
$CV_{f_{c0_2}}$	-	-	17,88%	11,10%
$CV_{f_{c0_3}}$	-	-	-	17,53%
$CV_{f_{c0_4}}$	-	-	-	-

$CV_{f_{c0_1}}$, $CV_{f_{c0_2}}$, $CV_{f_{c0_3}}$ e $CV_{f_{c0_4}}$: coeficientes de variação referentes às resistências à compressão paralela à grã das toras 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Fonte: Autores.

A Figura 4 mostra a comparação dos resultados obtidos neste estudo com os demais trabalhos que envolveram o estudo da resistência à compressão paralela à grã da madeira de paricá. Todos os valores médios encontrados na literatura foram superiores ao valor médio verificado neste trabalho. A resistência média à compressão paralela à grã verificada neste estudo para as quatro toras (20,36 MPa) é cerca de 25,64% menor que a média geral de todos os valores encontrados na literatura.

Figura 4: Valores médios da resistência à compressão paralela à grã presentes na literatura.



Fonte: Autores

Na Tabela 8, é possível encontrar os valores máximos, médios, mínimos e coeficiente de variação referentes à resistência à flexão ou módulo de ruptura (MOR) e ao módulo de elasticidade na flexão (MOE). Os valores do MOR variaram entre 20,34 MPa e 36,34 MPa, sendo que os valores médios de cada tora variaram de 22,29 MPa a 27,39 MPa. Os valores do MOE variaram entre 5405,09 MPa e 7015,86 MPa, e os valores médios variaram entre 5757,22 MPa e 6362,86 MPa.

Tabela 8: Resultados referentes à de resistência à flexão e módulo de elasticidade na flexão da madeira de paricá.

	Tora 1		Tora 2		Tora 3		Tora 4	
	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
n° CPs	3	3	3	3	3	3	3	3
Máximo	25,22	6382,25	36,34	7015,86	27,40	6054,98	32,51	6554,67
Média	22,29	5975,17	27,16	6362,86	26,80	5757,22	27,39	6088,28
Mínimo	20,34	5519,75	21,86	5709,56	26,11	5405,09	24,46	5688,50
CV (%)	11,59	7,25	29,38	10,27	2,41	5,70	16,24	7,18

n° CPs: número de corpos de prova; CV: Coeficiente de variação; MOR: resistência à flexão; MOE: módulo de elasticidade na flexão. Fonte: Autores.

Para verificar a homogeneidade dos resultados de MOR e de MOE para o ensaio de flexão, realizou-se um teste de Tukey com 5% de probabilidade (Tabela 9). Consequentemente, os resultados apresentados na Tabela 9 permitem inferir que as quatro toras não apresentam diferenças estatisticamente relevantes para o MOR e o MOE. Desta forma, é possível admitir que os resultados obtidos para as quatro toras constituem valores representativos de um lote homogêneo.

Tabela 9: Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para MOR e MOE.

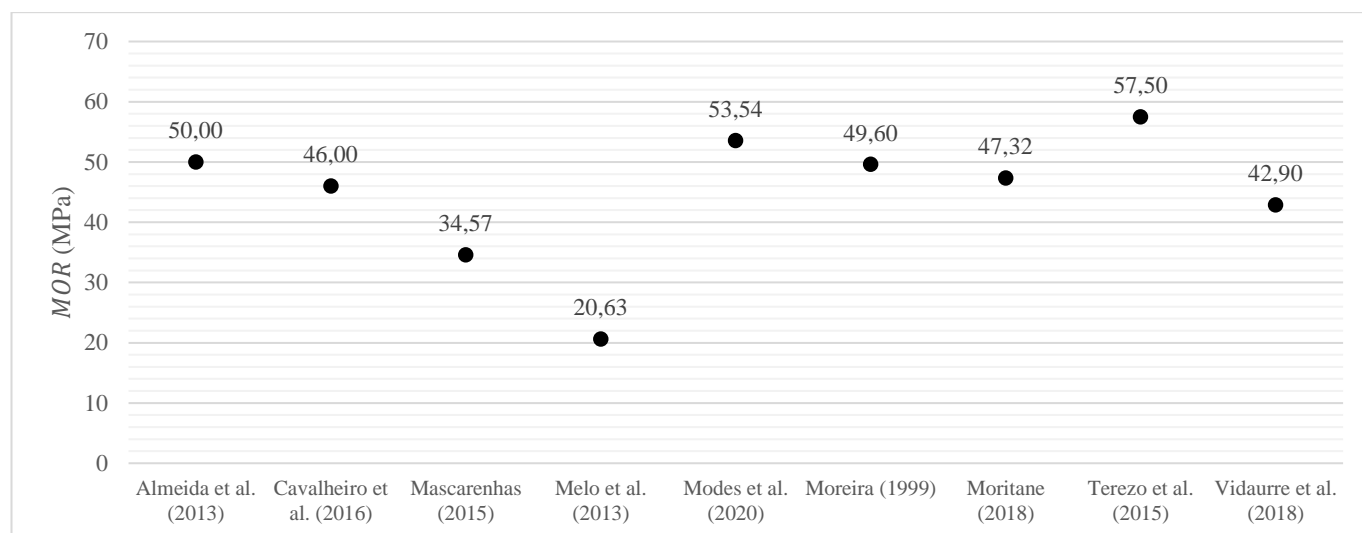
	Tora 1		Tora 2		Tora 3		Tora 4	
	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR	MOE	MOR	MOE
Tora 1	-	-	4,864	387,691	4,507	217,946	5,100	113,111
Tora 2	-	-	-	-	0,357	605,637	0,236	274,580
Tora 3	-	-	-	-	-	-	0,593	331,057
Tora 4	-	-	-	-	-	-	-	-

MOR e MOE: médias da resistência à flexão e do módulo de elasticidade na flexão, respectivamente; resultados inferiores a 12,446 para MOR e inferiores a 1249,539 para MOE indicam diferenças não significativas para o nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

A Figura 5 apresenta os resultados encontrados por outros autores para a resistência à flexão do paricá. É possível verificar que o valor médio obtido neste estudo (23,73 MPa) é inferior em cerca de 58,73% em relação ao trabalho de Terezo et al. (2015) e 15,03% superior em relação ao trabalho de Melo et al. (2013). No geral, a resistência à flexão da madeira analisada no presente estudo está abaixo da média dos resultados obtidos pelos demais estudos, apesar de não ter sido feita a correção em função do teor de umidade (de 11,33% para 12%), conforme o item 5.6.1 da norma ABNT NBR 7190-1:2022. Caso essa correção fosse realizada, o valor de MOR seria inferior a 23,73 MPa, dada a influência negativa do aumento do teor de umidade da madeira nas propriedades mecânicas, para valores abaixo do Ponto de Saturação das Fibras (compreendido em um intervalo de cerca de 25% a 30%).

O fato do valor médio do MOR estar abaixo da média dos resultados da bibliografia pesquisa corrobora a tendência de o lote de madeira analisado apresentar propriedades físicas e mecânicas inferiores. Uma vez que a estrutura anatômica da madeira está na base das propriedades físicas e mecânicas da madeira, conseqüentemente estas apresentam relações entre si. Um exemplo disso é o trabalho de Christoforo et al. (2020), que apresenta relações entre a dureza e a densidade aparente (propriedades físicas), a resistência à compressão paralela às fibras e MOR (propriedades mecânicas). Desta forma, havendo menores valores de propriedades físicas, comparativamente à bibliografia, é expectável que as propriedades de resistência também apresentem resultados inferiores.

Figura 5: Valores da literatura para o valor médio da resistência à flexão do paricá.

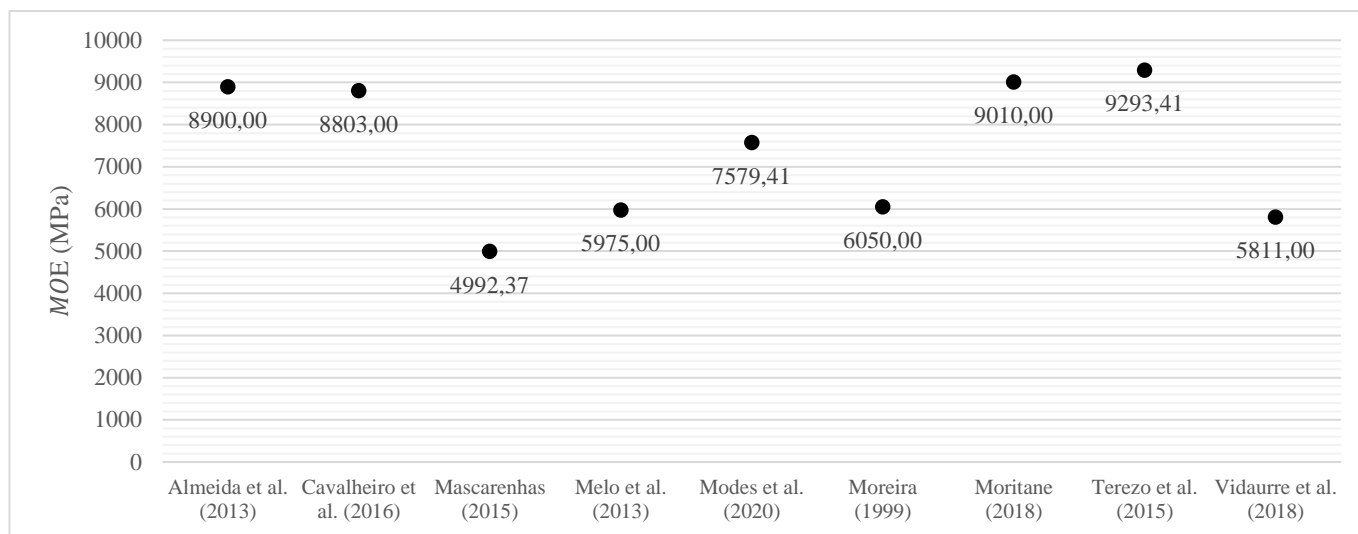


Fonte: Autores.

Comparativamente a outros trabalhos de caracterização mecânica da madeira de paricá, a Figura 6 apresenta os valores do MOE obtidos na bibliografia analisada. É possível verificar que o valor médio obtido neste estudo (5796,35 MPa) é inferior em cerca de 37,63% em relação ao trabalho de Terezo et al. (2015) e 16,10 % superior em relação ao trabalho de Mascarenhas (2015). No geral, o módulo de elasticidade na flexão da madeira analisada no presente estudo está abaixo da média dos resultados obtidos pelos demais estudos, ficando apenas acima do valor alcançado por Mascarenhas (2015).

Assim como o MOR obtido para a amostra analisada neste trabalho se encontra abaixo da média dos resultados, o MOE também seguirá essa tendência, uma vez que existe, para peças fletidas, relações entre a rigidez e a resistência de peças fletidas. Vivian et al. (2012) corroboram este fato, uma vez que referem que existe uma correlação positiva entre o MOR e o MOE, tendo obtido um coeficiente de Pearson de 0,85 para uma amostra de peças de madeira de *Eucalyptus cloeziana*. Além disso, França et al. (2021) também apresentam correlações positivas entre o MOR e o MOE, cujos coeficientes de determinação R^2 variaram entre 0,60 e 0,69, quando analisaram madeira de pinus (*pinus spp.*) proveniente de plantações nos Estados Unidos da América.

Figura 6: Valores da literatura para o valor médio do módulo de elasticidade à flexão do paricá.



Fonte: Autores.

Conforme foi possível verificar através dos testes de Tukey e para os coeficientes de variação para a resistência à compressão paralela à grã, MOR e MOE das toras 1, 2, 3 e 4, é possível dizer que estas compõem um lote homogêneo. Uma vez que a tora 5 também foi obtida em conjunto com as quatro toras supracitadas e, atendendo ao fato de que esta foi extraída do mesmo local de plantio e armazenada nas mesmas condições, assumiu-se que os CPs de ensaio de resistência ao cisalhamento paralelo à grã, compressão normal à grã e módulo de elasticidade à compressão paralela à grã, são igualmente representativos para todo o lote.

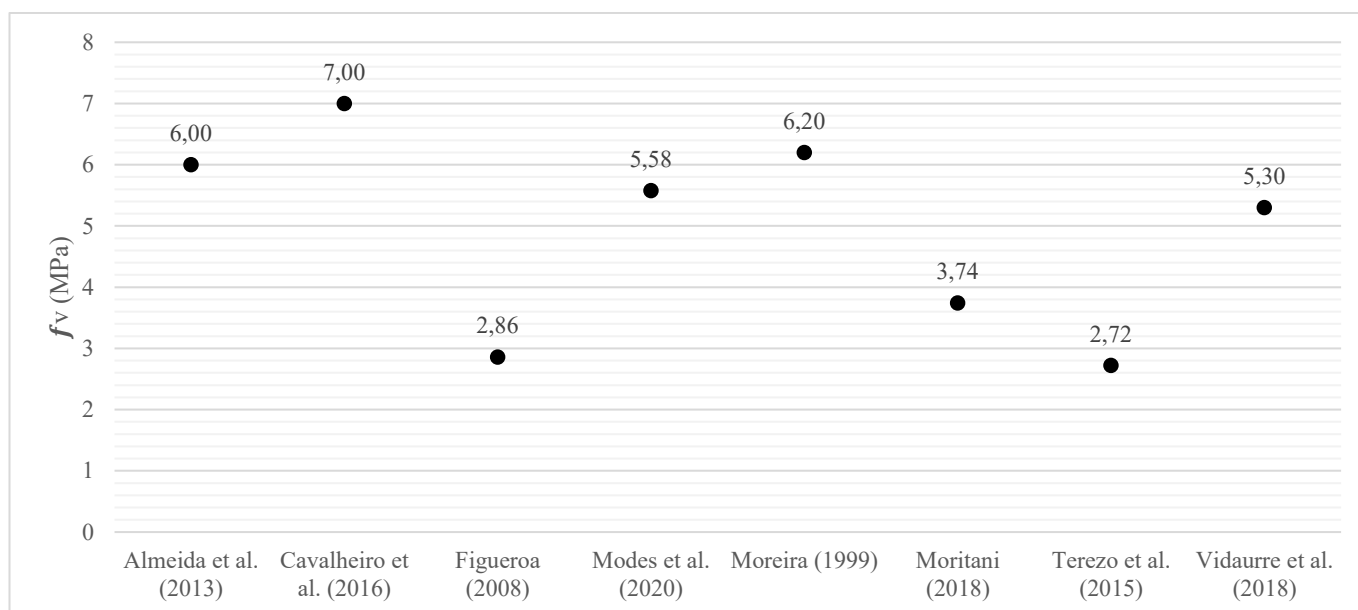
Os resultados do ensaio de compressão normal à grã, de cisalhamento paralelo à grã e do módulo de elasticidade à compressão paralela à grã, obtidos a partir dos CPs provenientes da tora 5, estão presentes na Tabela 10. O valor médio da resistência à compressão normal à grã foi de 1,29 MPa, enquanto o valor característico foi 1,25 MPa. Para a resistência ao cisalhamento paralelo à grã, foi constatado um valor médio de 4,00 MPa e um valor característico de 3,46 MPa. Já para o módulo de elasticidade à compressão paralela à grã, foi encontrado um valor médio de 7358,90 MPa. É de salientar que os valores obtidos para a tora 5, foram encontrados em um contexto de teor de umidade médio igual a 12,28%.

Tabela 10: Propriedades mecânicas da Tora 5.

	f_{c90} (MPa)	f_v (MPa)	E_{c0} (MPa)
n° CPs	6	6	6
Máximo	1,47	4,46	9694,63
Média	1,29	4,00	7358,90
Mínimo	1,14	3,37	5650,61
CV (%)	10,14	10,32	19,69
Valores característicos	1,25	3,46	-

f_{c90} : resistência à compressão normal à grã; f_v : resistência ao cisalhamento paralelo à grã; E_{c0} : módulo de elasticidade à compressão paralela à grã. Fonte: Autores.

Figura 7: Valores da literatura para a resistência ao cisalhamento paralelo à grã.



Fonte: Autores.

Em seu estudo de caracterização física e mecânica da madeira de paricá em diferentes idades, Terezo et al. (2015) encontrou um valor médio de 3,15 MPa para a resistência à compressão normal à grã de paricá com 6 anos de idade. Em Vidaurre et al. (2018) foi verificado um valor médio de 3,20 MPa para a madeira de paricá com 5 anos de idade, sendo superiores ao valor médio encontrado neste trabalho (1,29 MPa).

A madeira analisada no presente estudo apresenta valores de resistência ao cisalhamento paralelo à grã que se enquadram no intervalo de dados compreendido entre os valores de Cavalheiro et al. (2016) e de Terezo et al. (2015), sendo, respectivamente, 7,00 MPa e 2,72 MPa. É possível verificar que o valor médio obtido neste estudo (4,00 MPa) é inferior em cerca de 42,86% em relação ao trabalho de Cavalheiro et al. (2016) e 47,06% superior em relação ao trabalho de Terezo et al. (2015). A média do valor da resistência ao cisalhamento paralelo à grã obtida neste trabalho (4,00 MPa) está abaixo da média dos resultados obtidos pelos demais estudos apresentados na Figura 7. A diferença de resistência ao cisalhamento paralelo à grã poderá estar relacionada com a posição de extração do tronco da árvore (na direção longitudinal ou radial), uma vez que, conforme Oliveira et al. (2006), a resistência mecânica aumenta em função da distância na direção radial em relação à medula. Por outro lado, as condições de crescimento da madeira analisada neste trabalho também justificam o valor menor de resistência mecânica.

Já para o módulo de elasticidade à compressão paralela à grã, o valor médio constatado neste estudo (7358,90 MPa) é cerca de 0,53% superior ao valor encontrado por Almeida et al. (2013) que, trabalhando com a madeira de paricá com 10 anos de idade, constatou um valor médio de 7320 MPa para essa propriedade mecânica.

O lote de madeira analisado possuía cinco anos de idade e apresentou teor de umidade médio de 11,33%, estando enquadrado na classe de umidade 1, conforme a Tabela 1 da norma ABNT NBR 7190-1:2022. Quanto às densidades aparente e básica, foram obtidos valores médios de 275,57 kg.m⁻³ e 236,42 kg.m⁻³, respectivamente, caracterizando esta madeira como sendo de baixa densidade. A variação volumétrica para o lote de madeira de paricá analisado foi de 8,12%. O valor médio de resistência à compressão paralela à grã foi de 20,36 MPa, enquanto o valor característico foi de 15,55 MPa, sendo que o valor do Coeficiente de Variação foi inferior a 18%, caracterizando o lote como sendo homogêneo. Para o ensaio de flexão, foi obtido um valor médio de MOR igual a 25,91 MPa, enquanto o MOE médio foi de 6045,88 MPa. A resistência ao cisalhamento paralelo à grã média foi de 4,00 MPa, a resistência à compressão normal à grã média foi de 1,29 MPa e o valor médio do módulo de elasticidade à compressão paralela à grã foi de 7356,90 MPa.

A variação volumétrica e densidade aparente da madeira de paricá analisada foram inferiores aos valores obtidos por estudos que envolveram análise de madeira de eucalipto (*Eucalyptus spp.*) utilizada na fabricação de painéis de compensados, o que revela que a utilização desta espécie confere produtos menos susceptíveis ao surgimento de defeitos de secagem e mais leves. Por outro lado, o desempenho mecânico dos painéis de compensado é influenciado pelas propriedades físicas e mecânicas da madeira utilizada e, sendo que os resultados obtidos neste estudo foram inferiores – no geral – em relação aos resultados provenientes da bibliografia analisada para a mesma espécie de madeira, é relevante considerar-se a possibilidade de executar ações que visam melhorar a produção da matéria prima, no sentido de melhorar as propriedades de resistência e de rigidez da madeira de paricá produzida.

4. Conclusão

O lote de madeira de paricá (*Schizolobium Amazonicum*) apresentou teor de umidade em equilíbrio ao ar (11,33%), baixa densidade aparente (275,57 kg.m⁻³) e variação volumétrica reduzida (8,75%), estando estas propriedades abaixo dos valores apresentados pela bibliografia, para madeiras de idades semelhantes. As propriedades mecânicas analisadas (resistência à compressão paralela à grã, resistência à compressão normal à grã, módulo de ruptura na flexão, módulo de elasticidade na flexão, resistência ao cisalhamento paralelo à grã e módulo de elasticidade à compressão paralela à grã) apresentaram igualmente valores inferiores à média dos resultados obtidos na bibliografia.

Desta forma, a utilização de madeira de paricá em painéis de compensados constitui uma alternativa válida, considerando que estes são leves e estáveis no que concerne à variação dimensional, quando comparados com os produtos provenientes de madeira de eucalipto. No entanto, é pertinente realizar ações que visam melhorar as propriedades mecânicas da madeira de paricá, de forma a aumentar as propriedades de resistência e de rigidez.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem à empresa Mapri Compensados pelo fornecimento das toras de paricá, a Fernando Concepción Gutiérrez pela gentil colaboração na tradução do Resumo deste artigo para a língua Castelhana e às instituições Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) pelas bolsas concedidas.

Referências

- Almeida, C. C. F. (2021). *Utilização de imagens para a determinação automatizada da qualidade de colagem em painéis compensados*. (Tese de doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz). doi:10.11606/T.11.2021.tde-13122021-103621
- Almeida, D. H., Scaliante, R. M., Macedo, L. B., Macêdo, A. N., & Calil Junior, C. (2012). Madeira laminada colada (MLC) da espécie Paricá. *Madeira: arquitetura e engenharia*, 12(30), 71-82. Recuperado de <http://madeira.set.eesc.usp.br/article/view/209/pdf>
- Almeida, D. H., Scaliante, R. M., Macedo, L. B., Macêdo, A. N., Dias, A. A., Christoforo, A. L., & Calil Junior, C. (2013). Caracterização completa da madeira da espécie amazônica Paricá (*Schizolobium amazonicum Herb*) em peças de dimensões estruturais. *Revista Árvore*, 37(6), 1175-1181. doi:10.1590/S0100-67622013000600019
- Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI). (2015). Paricá: conceito e características de uma nova alternativa. Recuperado de https://abimci.com.br/wp-content/uploads/2019/04/parica_port_web.pdf
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2022). NBR 7190 - 1: *Projeto de estruturas de madeira. Parte 1: Critérios de dimensionamento*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2022). NBR 7190 - 3: *Projeto de estruturas de madeira. Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas*. Rio de Janeiro.
- Bianche, J. J., Carneiro, A. C. O., Vital, B. R., Pereira, F. A., Santos, R. C., & Soratto, D. N. (2012). Propriedades de painéis aglomerados fabricados com partículas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e vassoura (*Sida spp.*). *Cerne*, 18, 623-630. doi:10.1590/S0104-77602012000400012

- Borges, P. C. B. (2013). *Caraterização das propriedades físicas e mecânicas da madeira de carvalho e de castanho do nordeste transmontano*. (Dissertação de mestrado, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, PA). Recuperado de https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/9261/1/Borges_Paula.pdf
- Cavalheiro, R. S. (2014). *Madeira Laminada Colada de Schizolobium amazonicum Herb. (Paricá): combinação adesivo/tratamento preservante*. (Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP). doi:10.11606/D.18.2014.tde-07102014-143850
- Cavalheiro, R. S., Almeida, D. H., Almeida, T. H., Araújo, V. A., Christoforo, A. L., & Lahr, F. A. R. (2016). Mechanical Properties of Paricá Wood Using Structural. *Jornal Internacional de Engenharia de Materiais*, 6 (2), 56-59. doi:10.5923/j.ijme.20160602.06
- Christoforo, A. L., Almeida, D. H., Varanda, L. D., Panzera, T. H., Lahr, F. A. R. (2020). Estimation of Wood Toughness in Brazilian Tropical Tree Species. *Engenharia Agrícola*, 40 (2), 232-237. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n2p232-237/2020>
- Colli, A. (2007). *Caracterização da madeira de Paricá (Schizolobium amazonicum Huber ex. Ducke) e propriedades de chapas de partículas aglomeradas com diferentes proporções de fibras de coco (Cocos nucifera L.)*. (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG). Recuperado de <http://locus.ufv.br/handle/123456789/3178>
- Costa, A. A., Mascarenhas, A. R. P., Santos, C. M. M., Faria, C. E. T., Duarte, P. J., & Cruz, T. M. (2020). Caracterização tecnológica de painéis engenheirados produzidos com madeira de paricá. *Research, Society and Development*, 9(8). doi:10.33448/rsd-v9i8.6089
- Costa, L. J., Lopes, C. B. S., Reis, M. F. C., Cândido, W. L., de Faria, B. D. F. H., & de Paula, M. O. (2017). Caracterização anatômica e descrição físico-química e mecânica da madeira de Mimosa schomburgkii. *Floresta*, 47(4), 383-390. doi:10.5380/rf.v47i4.54471
- Dias, J. M. S. (2018). *Estrutura de Madeira*. Salvador: 2B.
- Figueroa, M. J. M. (2008). *Influência da temperatura sobre a resistência mecânica do paricá*. (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC). Recuperado de <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91549>
- Figueroa, M. J. M., & de Moraes, P. D. (2016). Temperature reduction factor for compressive strength parallel to the grain. *Fire Safety Journal*, 83, 99-104. doi:10.1016/j.firesaf.2016.05.005
- França, F. J. N., Shmulsky, R., Ratcliff, T., Farber, B., Senalik, C. A., Ross, R., & Seale, R. D. (2021). Interrelationships of specific gravity, stiffness, and strength of yellow pine across five decades. *BioResources*, 16(2), 3815-3826.
- Gil, J. L. R. A., Barboza, F. S., Coneglian, A., Sette Jr, C. R., Silva, M. F., & Moraes, M. D. A. (2018). Características físicas e anatômicas da madeira de Tectona grandis Lf aos 7 anos de idade. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(2), 529-538. doi:10.19084/RCA17149
- Gilbert, B. P., Bailleres, H., Zhang, H., & McGavin, R. L. (2017). Strength modelling of laminated veneer lumber (LVL) beams. *Construction and Building Materials*, 149, 763-777. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.153>
- Gomes, T. O., Pereira, G. M., & Aguiar, O. J. R. (2021). Efeito de profundidade de semeadura na qualidade de mudas e no estabelecimento da janela de plantio de Schizolobium parahyba var. amazonicum (Huber ex Ducke) Barneby no sudeste paraense. *Research, Society and Development*, 10 (9). doi:10.33448/rsd-v10i9.17990
- Gonçalves, A. C., de Melo, R. R., & Mascarenhas, A. R. P. (2020). Influência da classe diamétrica nas propriedades físicas da madeira de paricá (Schizolobium parahyba var. amazonicum). *Desafios-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, 7(3), 315-323. doi:10.20873/uftv7-7244
- Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ. (2019). *Relatório IBÁ 2019*. São Paulo: IBÁ. Recuperado de <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2019-final.pdf>
- Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ. (2021). *Relatório IBÁ 2021*. São Paulo: IBÁ. Recuperado de <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>
- Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ. (2022). *Cenários ibá: 1º trimestre 2022*. São Paulo: IBÁ, Edição 69. Recuperado de <https://www.iba.org/publicacoes/cenarios>
- Iwakiri, S., Zeller, F., Pinto, J. A., Ramirez, M. G. L., Souza, M. M., & Seixas, R. (2010). Avaliação do potencial de utilização da madeira de Schizolobium amazonicum " Paricá" e Cecropia hololeuca " Embaúba" para produção de painéis aglomerados. *Acta amazonica*, 40(2), 303-308. doi:10.1590/S0044-59672010000200008
- Jesus, R. C. S. D. (2004). *Características anatômicas e físicas da madeira de paricá (Schizolobium amazonicum Huber ex. ducke), plantado em diferentes espaçamentos e condições ambientais no município de aurora do Pará-PA*. (Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA). Recuperado de <http://repositorio.ufrpa.edu.br/handle/123456789/297>
- Macedo, L. B., Almeida, D. H., Scaliante, R. M., & Varanda, L. D. (2012). *Caracterização de algumas propriedades físicas da madeira de Paricá (Schizolobium amazonicum Herb)*. Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Metalúrgica E Industrial - CONEMI (Vol. 12), São João del-Rei, Minas Gerais.
- Machado, J. F., Hillig, É., Watzlawick, L. F., Bednarczuk, E., & Tavares, E. L. (2018). Production of plywood panel for exterior use with paricá and embaúba timbers. *Revista Árvore*, 42(4). doi:10.1590/1806-90882018000400006
- Mascarenhas, A. R. P. (2015). *Indicadores de qualidade ambiental e caracterização tecnológica da madeira em sistema agroflorestal multiestratificado*. (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, RO). Recuperado de <http://www.ri.unir.br/jspui/handle/123456789/859>
- Matos, A. C., Guimarães Júnior, J. B., Borges, C. C., Matos, L. C., Ferreira, J. C. & Mendes, L. M. (2019). Influência de diferentes composições de lâminas de Schizolobium parahyba var. amazonicum (Huber ex Ducke) Barneby e Pinus oocarpa var. oocarpa (Schiede ex Schltdl) para produção de compensados multilaminados. *Scientia Forestalis*, 47(124), 799-810. doi:10.18671/scifor.v47n124.21

- Melo, R. R., Menezzi, C. H. S., Souza, M. R., & Stangerlin, D. M. (2013). Avaliação das propriedades físicas, químicas, mecânicas e de superfície de lâminas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). *Floresta e Ambiente*, 20(2), 238-249. doi:10.4322/floram.2013.004
- Melo, R. R., & Menezzi, C. H. S. (2014). Estimativas das propriedades de compostos LVL produzidos com paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) por meio de stress wave. *Revista Árvore*, 38(6), 1155-1163. doi:10.1590/S0100-67622014000600020
- Modes, K. S., Bortoletto Júnior, G., Vivian, M. A., & Santos, L. M. H. (2020). Propriedades físico-mecânicas da madeira sólida de *Schizolobium amazonicum*. *Advances in Forestry Science*, 7(2), 989-995. doi:10.34062/afs.v7i2.9687
- Moreira, W. D. S. (1999). *Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira*. (Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG). Recuperado de <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9167>
- Moritani, F. Y. (2018). *Proposta de classes de resistência para peças estruturais de madeira: Eucalyptus urograndis, Pinus taeda e Schizolobium amazonicum (Paricá)*. (Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP). doi:10.11606/D.18.2018.tde-28082018-110456
- Oliveira, F. L., Garcia, J. N., & Florsheim, S. M. B. (2006). Propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. em função da idade e da posição radial na tora. *Revista do Instituto Florestal*, 18, 59-70.
- Oliveira, J. T. S., Tomazello Filho, M., & Fiedler, N. C. (2010). Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. *Revista Árvore*, 34(5), 929-936. doi:10.1590/S0100-67622010000500018
- Rosa, T. O., Terezo, R. F., Mascia, N. T., & Righez, J. L. B. (2019). Glued laminated timber of paricá reinforced with synthetic fibers. *Floresta*, 49(3), 459-468. doi:10.5380/rf.v49i3.59114
- ROCHA, J. S. (1994). *A segurança de estruturas de madeira determinada a partir da variabilidade da densidade básica e de propriedades mecânicas de madeiras amazônicas*. (Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP). doi:10.11606/D.11.2019.tde-20191218-141047
- Santos, E. M. (2012). *Crescimento e produção de plantios de Paricá (Schizolobium amazonicum Huber ex. Ducke) sob diferentes espaçamentos*. (Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES). Recuperado de <http://repositorio.ufes.br/handle/10/5822>
- Silva, J. G. M., Medeiros Neto, P. N., Soranso, R. R., Tinti, V. P., Oliveira, J. T. S. & Oliveira, J. G. L. (2020). Influence of anatomy on the adhesion performance of four wood species. *Research, Society and Development*, 9(4). doi:10.33448/rsd-v9i4.2727
- Silva, M. G., Mori, F. A., Ferreira, G. C., Ribeiro, A. O., Carvalho, A. G., & Barbosa, A. C. M. C. (2016). Estudo anatômico e físico da madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* proveniente de povoamentos nativos da Amazônia Oriental. *Scientia Forestalis*, 44 (110), 293-301. doi:10.18671/scifor.v44n110.02
- Silva, V. P. S., Matos, D. F., Lima, T. J., Moreira, W.M. & Dias, J.M.S. (2019). *Análise do teor de umidade de madeiras comercializadas na cidade de Açailândia – MA*. III Semana de Engenharia Civil – SEC Marabá-PA.
- Silva, C. J. D.; Vale, A. T. D.; Miguel, E. P. (2015). Densidade básica da madeira de espécies arbóreas de Cerradão no estado do Tocantins. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 63-75. doi:10.4336/2015.pfb.35.82.822
- Silveira, R., Silva, G. F., Binoti, D. H. B., Manhães, L. P., Gonçalves, A. F. A., & Aragão, M. A. (2017). Custos da produção de madeira de paricá na região de Paragominas, PA. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 37(92), 597-604. doi:10.4336/2017.pfb.37.92.1508
- Terezo, R. F., Szücs, C. A., Valle, Â., Sampaio, C. A. P., & Stüpp, Â. M. (2015). Propriedades da madeira de paricá em diferentes idades para uso estrutural. *Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, 6(3), 244-253. doi: 10.12953/2177-6830/rcm.v6n3p244-253
- Vidaurre, G. B., Vital, B. R., Oliveira, A. C., Oliveira, J. T. S., Moulin, J. C., Silva, J. G. M., & Soranso, D. R. (2018). Physical and mechanical properties of juvenile *Schizolobium amazonicum* wood. *Revista Árvore*, 42(1), 1-9. doi:10.1590/1806-90882018000100001
- Vivian, M. A., Modes, K. S., Santini, E. J., Carvalho, D. E., Morais, W. W. C., de Souza, J. T., & Gatto, D. A. (2012). Estimativa dos módulos de elasticidade e ruptura da madeira de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell por meio de método não destrutivo. *Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, 3(2), 10-12953.