

**Avaliação de propriedades físicas e mecânicas de quatro espécies de madeira amazônica
para uso na construção civil**

**Evaluation of physical and mechanical properties of four species of Amazonian wood for
use in civil construction**

**Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de cuatro especies de madera amazónica
para uso en construcción civil**

Recebido: 19/12/2020 | Revisado: 26/12/2020 | Aceito: 26/12/2020 | Publicado: 28/12/2020

Jefferson Oruê Xavier dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9209-6198>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas, Brasil

E-mail: joruexavier18@gmail.com

Samuel Cameli Fernandes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2848-0988>

Universidade Nilton Lins, Brasil

E-mail: czssamuel@hotmail.com

Hilderson da Silva Freitas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5711-6934>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas, Brasil

E-mail: hilderson.sf@gmail.com

Rodrigo Paz Barros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5677-8466>

Universidade Nilton Lins, Brasil

E-mail: lmbarros_15@hotmail.com

Laerte Melo Barros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4803-1394>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas, Brasil

E-mail: laerte.barros@ifam.edu.br

Resumo

Nos últimos anos devido ao apelo pela utilização de materiais que causem menor impacto ao meio ambiente, a racionalização e uso da madeira torna-se uma exigência, pois é um material com grande potencial para ser utilizado nos diversos setores da economia. A sua utilização

como elemento estrutural nos últimos anos está relacionada com o aumento da tecnologia empregada em seu beneficiamento, como a industrialização de estruturas de madeira, a utilização de espécies de reflorestamento e a utilização de agentes preservantes com maior qualidade. A Amazônia caracteriza-se por ser uma região com grande potencial de florestas produtoras de madeira das mais variadas espécies. O maior conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira é imprescindível para que se possa racionalizar a utilização dessa matéria prima. Ultimamente, as pesquisas a fim de elucidar as propriedades da madeira estão aumentando, porém, ainda há muito a se descobrir. Este trabalho tem por objetivo avaliar quatro espécies de madeiras amazônicas Cedrorana (*Cedrelingacateniformis*), Piquiarana (*Caryocarglabrum e C. villosum*), Tauari (*Cariniana micranta*) e Macacaúba (*Platymisciumulei*) empregadas na construção civil. Foram avaliadas as suas densidades e propriedades mecânicas de compressão paralela às fibras, flexão normal às fibras e arrancamento de parafuso. Como a densidade é uma das propriedades mais importantes no que se refere a indicação de usos para a madeira, e sendo uma das propriedades que mais fornece informações a respeito das suas características, com os resultados obtidos observou-se que os ensaios mecânicos têm correlação com a densidade.

Palavras-chave: Meio ambiente; Madeira; Densidade; Ensaio mecânicos.

Abstract

In recent years, due to the appeal for the use of materials that cause less impact on the environment, the rationalization and use of wood has become a requirement, as it is a material with great potential to be used in different sectors of the economy. Its use as a structural element in recent years is related to the increase in the technology used in its processing, such as the industrialization of wooden structures, the use of reforestation species and the use of preserving agents with higher quality. The Amazon is characterized by being a region with great potential for wood producing forests of the most varied species. Greater knowledge of the physical and mechanical properties of wood is essential to rationalize the use of this raw material. Lately, research to clarify the properties of wood is increasing, however, there is still much to discover. This work aims to evaluate four species of Amazonian woods Cedrorana (*Cedrelingacateniformis*), Piquiarana (*Caryocarglabrum* and *C. villosum*), Tauari (*Carinianamicranta*) and Macacaúba (*Platymiscium ulei*) used in civil construction. Their densities and mechanical properties of compression parallel to the fibers, normal flexion to the fibers and screw pullout were evaluated. As density is one of the most important properties regarding the indication of uses for wood, and being one of the properties that

provides more information about its characteristics, with the results obtained it was observed that the mechanical tests have a correlation with density.

Keywords: Environment; Wood; Density; Mechanical tests.

Resumen

En los últimos años, debido al atractivo por el uso de materiales que causan menor impacto en el medio ambiente, la racionalización y uso de la madera se ha convertido en un requisito, por ser un material con gran potencial para ser utilizado en diferentes sectores de la economía. Su uso como elemento estructural en los últimos años está relacionado con el incremento de la tecnología utilizada en su procesamiento, como la industrialización de estructuras de madera, el uso de especies de reforestación y el uso de agentes conservantes de mayor calidad. La Amazonía se caracteriza por ser una región con gran potencial para bosques productores de madera de las más variadas especies. Un mayor conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de la madera es fundamental para racionalizar el uso de esta materia prima. Últimamente, la investigación para aclarar las propiedades de la madera está aumentando, sin embargo, todavía hay mucho por descubrir. Este trabajo tiene como objetivo evaluar cuatro especies de bosques amazónicos Cedrorana (*Cedrelingacateniformis*), Piquiarana (*Caryocarglabrum* y *C. villosum*), Tauari (*Cariniana micranta*) y Macacaúba (*Platymisciumulei*) utilizadas en construcción civil. Se evaluaron sus densidades y propiedades mecánicas de compresión paralela a las fibras, flexión normal de las fibras y extracción del tornillo. Siendo la densidad una de las propiedades más importantes en cuanto a la indicación de usos de la madera, y siendo una de las propiedades que más información aporta sobre sus características, con los resultados obtenidos se observó que los ensayos mecánicos tienen correlación con densidad.

Palabras clave: Medio ambiente; Madera; Densidad; Ensayos mecánicos.

1. Introdução

A madeira é uma das principais matérias-primas utilizadas no Brasil e no mundo, por se tratar de um material sustentável ela tem seu uso em destaque em várias áreas da economia. Em seu uso a madeira dispõe de vários benefícios ambientais e econômicos, como por exemplo, a não agressão ao meio ambiente por se tratar de um material que advém de fonte renovável de energia e age na redução do efeito estufa devido o consumo de gases tóxicos durante o processo da fotossíntese (Ferro et al., 2013)

É um material de origem biológica e por não possui características anatômicas lineares, idênticas. Possui alta taxa de variabilidade, que é fortemente influenciada por fatores relacionados a anatomia e até mesmo o posicionamento do corte na retirada (Calil Junior et al., 2003); (Rocco Lahr, 1983); (Trugilho et al., 1996).

Além disso, a madeira é um material heterogêneo com características distintas entre espécies, o que afeta suas propriedades físicas e mecânicas (Ferro et al., 2013); (Icimoto et al., 2013); (Leonello et al., 2012); (Lima e Garcia, 2010) e (Pimentel et al., 2008).

A madeira é um material bastante vulnerável aos agentes externos, tem sua durabilidade comprometida quando usada de forma desprotegida, é sensível aos ataques de pragas e aos agentes ecológicos, podendo sofrer deformações geométricas em decorrência da variação da umidade (Furiati, 1981).

Para Battisti (2017), a utilização da madeira como material principal em projetos estruturais vem crescendo consideravelmente, visto que esse material advém de fonte renovável, possui uma ótima trabalhabilidade e dispõe de resistências mecânicas elevadas. Pode ser usada como peças cerradas, chapas coladas de madeira reconstituída e de diversas formas. No Brasil o uso da madeira ainda é um pouco restrito, ao contrário da Europa e América do Norte. Os principais fatores que regem essa restrição é justamente a carência de mão de obra especializada e o baixo grau de industrialização das empresas brasileiras.

Conforme Pereira (2010), a exploração e comercialização da madeira é uma das principais atividades econômicas da região amazônica, juntamente com a mineração e a pecuária. Para Lentini (2008), no setor florestal amazônico, a madeira serrada representa uma participação de 4,5% da comercialização mundial de produtos e utensílios florestais.

No Brasil o uso da madeira na construção civil é bastante diversificado, sendo empregada em estruturas temporárias como escoramentos e caibramentos para estruturas de concreto armado, andaimes e formas; também é empregada de forma definitiva, como por exemplo em estruturas de telhados, estacas para fundações, postes, dormentes e cruzetas. Além disso, a madeira é destinada ao uso de utensílios de acabamentos e vedações em edificações, como: esquadrias, painéis e divisórias, forros, pisos e mobiliários (Mello, 2007).

Em conformidade com Correia (2002), a madeira também é utilizada na construção civil como material estrutural, tendo como principais finalidades estruturais seu uso em coberturas comerciais e residenciais, em construções de pontes, residências e galpões.

Segundo Zenid (2009), as madeiras na construção civil são, na prática, classificadas em pesada externa e interna; leve externa e interna estrutural; leve interna decorativa, de utilidade geral, em esquadrias e para assoalhos domésticos. As madeiras pesadas externas

englobam as peças usadas para pontes, postes, estacas submersas, dormentes de ferrovias, vigamentos e etc. Já as madeiras pesadas internas englobam as peças de madeira serradas utilizadas em vigamentos de estruturas de coberturas, caibros, tábuas e pranchas.

Este trabalho teve por objetivo avaliar 4 espécies de madeiras amazônicas Cedrorana (*Cedrelingacateniformis*), Piquiarana (*Caryocarglabrum e C.villosum*), Tauari-vermelho (*Cariniana micranta*) e Macacauba (*Platymisciumulei*) com emprego na construção civil. Foram avaliadas propriedades mecânicas de resistência à compressão axial paralelo as fibras, flexão normal as fibras, arrancamento de parafuso e ensaio físico densidade básica.

2. Revisão Teórica

Reconhecer as propriedades físicas das madeiras são fundamentais para definirmos os fins a que serão empregadas, além de atribuímos ao projeto outros aspectos, como estética e economia, em conformidade com suas propriedades, que podem ser agrupadas e classificadas em usos mais adequados, como por exemplo em estruturas de cobertura, aplicação em ambientes internos e externos de construções. (Zenid, 2009).

A umidade embora não seja classificada como uma qualidade específica da madeira, refere-se a um parâmetro que afeta o desempenho do material, pois influencia consideravelmente principalmente suas propriedades mecânicas. A correta utilização da madeira depende do controle do teor de umidade. As alterações de umidade e densidade do lenho das árvores são as maiores causas das falhas por secagem, como fedilhamento e empenamento que ocorrem nas madeiras estocadas nas serrarias. Podemos observar esses defeitos em esquadrias e pranchas para assoalhamento, peças que são produzidas antes da madeira entrar em equilíbrio higroscópico com o ambiente. Regular o teor de umidade da madeira é fundamental para a sua correta utilização, pois tem direta relação com suas propriedades, trabalhabilidade e suscetibilidade a fungos. (Silva, 2012); (Barros, 2016).

A densidade é a propriedade definida como a relação entre o peso da madeira seca e o seu volume, é resultante das ações entre as características anatômicas, morfológicas e químicas da madeira. Sendo um parâmetro referencial de qualidade para determinados usos da madeira, estando diretamente relacionada a outras relevantes características como umidade e resistência. Além de ser um notável indicador de qualidade de substância lenhosa integrada numa amostra de madeira, em termos anatômicos está relacionado a proporção entre o volume das paredes celulares e o volume de lúmens, que influenciada pelas suas dimensões médias,

pela quantidade de extrativos e outros componentes não fibrosos (Melo, 2002); (Barrichelo, 1979).

É considerada uma das propriedades mais importantes da madeira, pois a medida que diminui a densidade, diminui a resistência mecânica e a sua durabilidade natural, porém em sentido contrário aumentam a trabalhabilidade e permeabilidade e soluções preservantes. É uma propriedade confiável eficiente para análise de qualidade da madeira, pois apresenta boa correspondência com outras propriedades, porém não indica de forma objetiva e conclusa os valores das propriedades mecânicas, existência de defeitos, dimensões das fibras e poder calorífico. (Mello, 2007); (Panshin & De Zeeuw, 1980).

2.1 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas das madeiras são influenciadas por vários motivos, como teor de umidade, idade da árvore, teor de umidade, constituintes químicos, temperatura, massa específica, presença de falhas e outros. São propriedades que estão diretamente relacionadas com a sua densidade, madeiras mais densas são habitualmente as resistentes, apesar de haver variações nas propriedades em madeiras com a mesma densidade (Kollmann & Côté Jr 1968), (Melo, 2002).

Para a definição das propriedades de resistência da madeira, são realizados os ensaios mecânicos, porém em decorrência do elevado custo para execução dos ensaios com peças em tamanho estrutural, os mesmos são executados com corpos de prova e os resultados destes ensaios são empregados para se encontrar as tensões de cálculo de estruturas (Melo, 2002).

A tensão é definida como a relação entre força por unidade de área, na madeira existem três tipos de tensões: tensão de compressão, tensão de tração, de flexão e cisalhamento. A modificação na dimensão da peça pela aplicação de esforços de esforços externos é chamada de deformação, e a correlação entre esforço e deformação é equivalente ao chamado regime elástico; porém tal relação perde a proporcionalidade, dentro do chamado regime plástico (Cartagena, 1982).

2.2 Resistência à compressão paralela às fibras

A compressão paralela ou axial as fibras são determinadas com a aplicação de uma carga no mesmo sentido das fibras da madeira, mantendo-se a velocidade de aplicação controlada até que aconteça o rompimento da peça. A tensão de compressão paralela as fibras

agem na mesma direção do comprimento das fibras da madeira, apresentando uma grande resistência, tal propriedade é utilizada principalmente no dimensionamento de pilares.

A resistência a compressão paralela as fibras da madeira podem ser determinadas através de ensaios com pequenos corpos de prova de madeira, sem defeitos, pela aplicação de carga no sentido axial da peça ou paralelamente às fibras. É importante na utilização da madeira como material de construção (telhados, caibros, pilares, etc.).

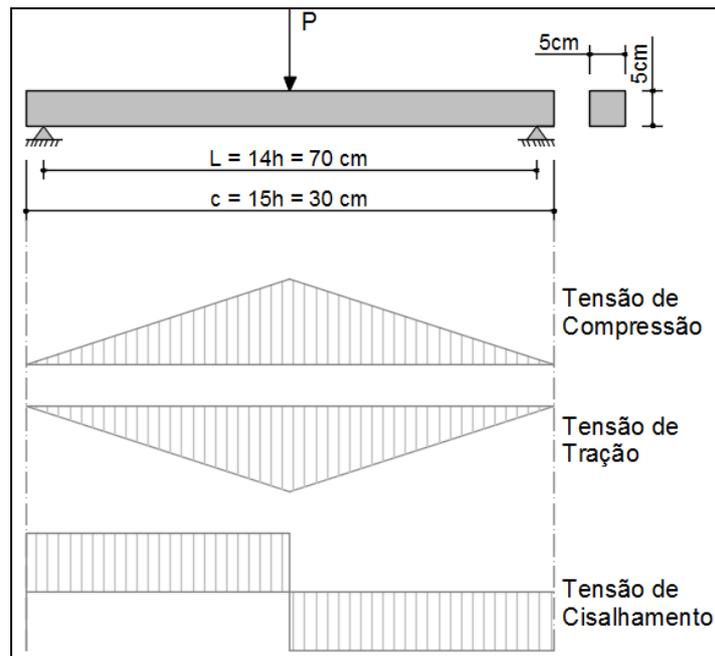
Para a definição da resistência máxima a compressão, comparativamente aos testes de flexão estática, empregamos uma tabela ou gráfico de carga e deformação determinados no instante de realização do experimento (Bodig & Jayne, 1993).

2.3 Resistência a flexão normal às fibras

Para entender o ensaio de flexão é preciso que seja moldada uma peça em que as fibras estejam dispostas paralelamente na direção do seu comprimento. O experimento consiste em aplicar um carregamento no meio do corpo de prova que se sustenta sobre dois apoios extremos, provocando tensão e deformação em forma de arco circular. A deformação provocada causa um encurtamento das fibras no lado côncavo, onde as mesmas estarão comprimidas, enquanto o lado convexo sofrerá alongamento com tração das fibras. Já na linha onde se encontra a inversão das tensões é conhecido como linha neutra.

Quando a madeira está solicitada ao ensaio de flexão simples, uma carga P é aplicada no meio de um corpo de prova que repousa sobre dois apoios, causando tensões no seu interior e deformação até a ruptura. O teste de flexão estática encerra três tipos de tensões: tração, compressão e cisalhamento, como ilustra a Figura 1, a influência maior é das tensões de compressão e tração. A ruptura em peças de madeira submetidas à flexão ocorre pela propagação de trincas tanto nas áreas de tração como de compressão, com redução da área comprimida e aumento da área tracionada, finalizando eventualmente pelo rompimento por tração (Kollmann & Côté, 1968); (Bodig & Jayne, 1993); (Calil, Lahr & Dias 2003).

Figura 1 – Tensão de flexão.



Fonte: Autores (2020).

3. Metodologia

Para o objeto do estudo foram utilizadas amostras de madeiras regionais de quatro (04) espécies distintas, adquiridas na madeireira *Alicerce Madeiras*, selecionadas em toras com comprimento de 4m e seção de 20 x 10 cm, escolhidas aleatoriamente, com dimensões necessárias para se confeccionar todas as amostras necessárias para os ensaios, conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3. Após sua aquisição as amostras foram transportadas ao laboratório do IFAM e armazenadas de forma que fosse evitada variações em suas características e propriedades físicas.

Figura 2 – Amostras das espécies objeto de estudo.



Figura 3 – Amostras das espécies objeto de estudo após modelagem na marcenaria do IFAM.



Fonte: Autores (2020).

O experimento estudou espécies arbóreas da Região Amazônica comercializadas em Manaus no Estado do Amazonas. As espécies com seus respectivos nomes comum e científico encontram-se na tabela 1.

Avaliar madeiras amazônicas como Cedrorana (*Cedrelingacateniformis*), Piquiarana (*Caryocarglabrum e C.villosum*), Tauari-vermelho (*Cariniana micranta*) e Macacaúba (*Platymisciumulei*) empregadas na construção civil.

Tabela 1 - Espécies avaliadas.

| Nome científico | Nome vulgar |
|-------------------------------------|-----------------|
| <i>Cedrelingacateniformis</i> | Cedrorana |
| <i>Caryocarglabrum e C.villosum</i> | Piquiarana |
| <i>Cariniana micranta</i> | Tauari-vermelho |
| <i>Platymisciumulei</i> | Macacaúba |

Fonte: Autores (2020).

3.1 Umidade

No laboratório de dosagem do IFAM foi determinado em uma balança de 10 Kg a massa inicial (mi) do corpo de prova com exatidão de 0,01 g; em seguida o corpo de prova foi levado a câmara de secagem, com temperatura máxima de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, conforme mostrado abaixo nas Figuras 4 e 5. Durante a secagem, a cada 6h houve mensuração da massa do corpo de prova até que ocorresse uma variação menor ou igual a 0,5% em relação a última aferição. Está última leitura foi a massa seca (ms).

Figura 4 – Corpos de prova sendo expostos a estufa para a retirada da umidade.



Figura 5 – Corpos de prova após 24 h na Estufa.



Fonte: Autores (2020).

3.2 Densidade Básica

A determinação da densidade foi realizada de acordo com a ABNT NBR 11.941/2003. A densidade básica é a razão entre a massa seca e o volume saturado; sendo assim no laboratório os corpos de prova com dimensões de (5 x 7 x 20) cm foram imersos em um tanque com água por um período de 48 horas até que o volume saturado fosse calculado pelas dimensões finais do copo de prova submerso em água. Em seguida, as amostras foram levadas à estufa a uma temperatura de $\pm 103^{\circ}\text{C}$, até que atingissem peso constante, para obtenção do peso seco (Figuras 6 e 7).

Figura 6 – Amostra de Macacaúba.



Figura 7 – Amostra de Piquiarana.



Fonte: Autores (2020).

3.3 Propriedades Mecânicas

As propriedades de resistência mecânica determinados neste estudo foram: flexão estática, compressão paralela as fibras, e arrancamento de parafuso com corpos de provas livres de defeitos, determinados em estado seco em estufa, com aproximadamente 12% de umidade e manutenção da mesma em ambiente controlado.

O equipamento utilizado para a realização dos ensaios mecânicos foi uma máquina de ensaio universal eletromecânica UMC 60 toneladas com auxílio do software pavitest global-UMC, pertencentes ao Laboratório de Materiais de Construção e Resistência dos Materiais, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM.

A Tabela 2 apresenta as dimensões dos corpos de prova que foram confeccionados a partir das pranchas serradas das toras com 4 metros de comprimento, 20 centímetros de largura e 10 centímetros de espessura, peças isentas de defeitos.

Tabela 2 - Dimensões dos corpos de prova.

| Ensaio | Dimensões dos corpos de prova | | |
|-------------------------------|-------------------------------|------|-------------------------|
| | Seção Transversal (cm) | | Altura/Comprimento (cm) |
| Compressão Paralela as Fibras | 3,0 | 3,0 | 15,0 |
| Flexão Normal | 3,0 | 9,0 | 75,0 |
| Arrancamento de Parafusos | 3,5 | 15,0 | 22,0 |

Fonte: Autores (2020).

3.4 Ensaio de Compressão Paralela as Fibras

A carga da prensa se deu com carregamento monotônico crescente com uma taxa de 10 MPa/min, até que ocorresse a ruptura das fibras dos corpos de provas, nas Figuras 8 e 9 podemos ver os corpos de prova sendo submetido a carga de compressão e posteriormente vemos o mesmo após a ruptura. A resistência máxima foi dada em imediato pelo software que integra a prensa, podendo comparar a resistência média dos corpos de prova em condições de compressão.

Figura 8 – Ensaio de Compressão

Paralela.



Figura 9 – Corpos de prova após o ensaio.



Fonte: Autores (2020).

3.5 Ensaio de resistência à flexão normal as fibras

A carga da prensa se deu com carregamento monotônico crescente com uma taxa de 10 MPa/min, até que ocorra a ruptura das fibras dos corpos de prova. A resistência máxima foi dada em imediato pelo software que integra a prensa, podendo comparar no decorrer do ensaio a resistência média dos corpos de prova.

Os ensaios de flexão foram realizados em corpos de prova com dimensões de (3,0 x 9,0 x 75,0) cm, confeccionados a partir das pranchas serradas das toras com 4 metros de comprimento, 20 centímetros de largura e 10 centímetros de espessura, peças isentas de defeitos, Figuras 10 e 11.

A carga da prensa se deu com carregamento monotônico crescente com uma taxa de 10 MPa/min, até que ocorra a ruptura das fibras dos corpos de prova. A resistência máxima foi dada em imediato pelo software que integra a prensa, podendo comparar no decorrer do ensaio a resistência média dos corpos de prova.

Figura 10– Ensaio de flexão.



Figura 11 – Corpo de prova após o ensaio de flexão.



Fonte: Autores (2020).

3.6 Arrancamento de Parafuso

A carga da prensa se deu com carregamento constante e crescente, medindo-se o deslocamento em uma taxa de 2,0 mm/min, até a ruptura das fibras dos CPs e o parafuso estivesse arrancado. A resistência máxima foi fornecida em imediato pelo software que integra a prensa, podendo-se comparar de imediato a resistência média das amostras ao arrancamento, as Figuras 12 e 13 demonstram o início e finalização do ensaio de arrancamento.

Figura 12– Início do ensaio de arrancamento.



Figura 13 – Finalização do ensaio de arrancamento.



Fonte: Autores (2020).

4. Conclusão

O maior conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira é imprescindível para que se possa racionalizar a utilização dessa matéria-prima.

Vale destacar que em se tratando de produtos com aplicações estruturais, as propriedades mecânicas das espécies são de fundamental importância. No mercado de madeiras, nem sempre espécies que tenham propriedades físicas e mecânicas similares definem seu uso final, pois existem outros aspectos a se considerar como o decorativo, durabilidade e trabalhabilidade.

Os resultados mostrados demonstram que a macacaúba apresenta os maiores valores de resistência, enquanto que seus valores diferem muito pouco.

Das quatro espécies estudadas, a de maior resistência à compressão foi a Macacaúba com tensão média de 64,7 MPa, seguida da Tauari com 63,76 MPa, Piquiarana 49,65 MPa e Cedrorana 44,47 MPa.

Os menores valores médios de resistência, desvio padrão e coeficiente de variação foram para a espécie cedrorana, com 53,78 MPa, 1,72MPa e 3,20MPa, respectivamente.

Os parafusos testados não apresentaram ruptura para as quatro madeiras e as resistências apresentam-se com pequenas variações. Os resultados dos ensaios demonstram que a macacaúba apresenta os maiores valores de resistência, com valores diferem muito pouco.

A densidade é uma das propriedades mais relevantes com referência a designação de usos para a madeira. Apresenta-se como uma das propriedades que mais proporciona esclarecimentos com relação as características da madeira, estando diretamente associada com a sua resistência.

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003). *Madeira – Determinação de densidade básica*. NBR 11.941, Rio de Janeiro.

Barrichelo, L. E. G. & Foelkel, C. E. B. (1979). *Estudos para produção de celulose sulfato de seis espécies de eucalipto*. IPEF, Piracicaba.

Barros, S. V. Dos S. (2016). *Avaliação da qualidade da madeira de árvores da Amazônia por método não destrutivo de propagação de onda: tomógrafo de impulso e stress wave timer*. Tese (Doutorado) - INPA, Manaus.

Battisti A. P. (2017). *Influência do ângulo de inserção na resistência ao arrancamento de parafuso autoatarraxante*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Bodig, J., Jayne, Ba. (1993). *Mechanics of Wood and Wood Composites*. Krieger Publ. Comp. Malabar.

Calil, C. J., Dias, A. A., & Lah, F. A. R. (2003). *Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira*. 1. ed. Barueri, SP: Manole.

Correia, R. R. (2002). *Avaliação da resistência de ligações com parafusos autoatarraxantes do tipo torx solicitados por tração axial, em peças de madeira*. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Ferro F. S., Icimoto F. H., Almeida D. H., Christoforo A. L., & Rocco Lahr F. A. (2013). Verification of test conditions to determine the compression modulus of elasticity of wood. *International Journal of Agriculture and Forestry*, California.

Furiati, M. *Classificação estrutural de peças de madeira*. (1981). Dissertação (Mestrado)– Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Icimoto F. H., Ferro F. S., Almeida D. H., Christoforo A. L., & Rocco Lahr F. A. (2013). Influence of the wood specimen position on calculus of the bending modulus of elasticity. *International Journal of Materials Engineering*, California.

IPT-Instituto De Pesquisas Tecnológicas. *Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil*. (2013). Coordenação Augusto Rabelo Nahuz. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado São Paulo.

Junta Del Acuerdo De Cartagena. (1984). *Manual de diseño para maderas Del grupo andino*. Lima, PADT-REFORT.

Kollmann, F. F. P., & Côté Junior, W. A. (1968). *Principles of wood science and technology*. Berlin: Springer.

Lentini, M. - *Como funciona a indústria madeireira*. Belém, 2008. Disponível em:<<http://empresasefinancas.hsw.uol.com.br/industria-da-madeira1.htm>>.

Leonello, E. C., Ballarin, A. W., Ohto, J. M., Palma, H. A. L., & Escobar, J. F. (2012). *Classificação estrutural e qualidade da madeira do Clone GT 1 de Hevea brasiliensis Muell*. Arg. Floresta e Ambiente. Seropédica.

Lima, I. L., & Garcia, J. N. (2010). *Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em Eucalyptus grandis Hill ex- maiden*. Revista Árvore. Viçosa.

Mello R. L. *Projetar em madeira: uma nova abordagem*. (2007). Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de Brasília, Universidade de Brasília, Brasília.

Melo J. E. *Madeira: características e aplicações*. Brasília: LPF/IBAMA, (2002) (Apostila do programa Brasil Joga Limpo).

Melo, J. E., Coradin, V. T. R., & Mendes, J. C. (1990). Classes de densidade de madeira para a Amazônia brasileira. In: Anais do Congresso Florestal Brasileiro 6: 695-699. São Paulo, SP, Brasil.

Panshin, A. J., & De Zeeuw, C. (1980). *Textbook of technology*. (4th ed.), New York: McGraw Hill.

Pereira, D., Santos, D., Vedoveto, M., Guimarães, J., & Veríssimo, A. – *Fatos florestais da Amazônia*. 2010 – Belém, PA: Imazon, (2010). Recuperado de: <<http://www.florestal.gov.br/publicacoes/tecnico-cientifico/relatoriotecnico-florestas-nativas-de-producao-brasileiras>>.

Pfeil, W., & Pfeil, M. (2003). Estruturas de madeira. LTC, Rio de Janeiro.

Pimentel, M. M., Selegato P. A. M., Garcia J. N., & Lima I. L. (2008). *Variação de propriedades de madeira da Tectona Grandis Linn. F. (Teca) em função do espaçamento e da posição radial da tora*. Instituto Florestal.

Rocco Lahr, F. A. (1983). *Sobre a determinação de propriedades de elasticidade da madeira*. São Carlos. 216p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Silva, Fernando, (2012). *Métodos não destrutivos como ferramenta para apoio aos planos de manejo florestal sustentado na Amazônia*. Dissertação (Mestrado) - INPA, Manaus.

Trugilho, P. F., Lima, J. T., & Mendes, L. M. (1996). *Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de Eucalyptus saligna*. Revista Cerne. Lavras.

Zenid G. J. (2009). *Madeira: Uso sustentável na construção civil*. (2a ed.), São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Jefferson Oruê Xavier dos Santos - 20%

Samuel Cameli Fernandes - 20%

Hilderson da Silva Freitas - 20%

Rodrigo Paz Barros - 20%

Laerte Melo Barros - 20%