

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA UMIDADE NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA

Paulo Atanazio Duarte de Sá (1), Márcio Vito (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)paulodesah@hotmail.com (2)marciovito@unescc.net

RESUMO

Um dos materiais mais antigos utilizados na construção civil pela humanidade é a madeira, sendo utilizada para os mais variados fins. Ela possui propriedades mecânicas adequadas, baixo peso específico e alta resistência mecânica e por ser um material renovável, desempenha um importante papel ambiental, pois contribui para a sustentabilidade através do seu reflorestamento. Por se tratar de um material higroscópico, a madeira troca umidade com o ambiente até atingir seu equilíbrio, o que ocasiona em variação de suas propriedades físico-mecânicas. Assim, este trabalho objetivou verificar a influência da umidade em estruturas de madeira, por meio da análise de amostras de vigas em tamanho real (5 x 10 x 180 cm) de madeiras de duas espécies diferentes: *pinus* e cedro. A escolha das espécies se deu devido à diferença na composição delas. O *pinus* é uma espécie resinosa, com baixas densidades e que apresenta maior variação de umidade. Por outro lado, o cedro é uma madeira folhosa, com grande densidade e menor variação na sua umidade. Primeiramente foi feita a classificação de um lote de madeira de cada espécie, visando alcançar a umidade de equilíbrio. Foram executados ensaios de umidade, densidade e o ensaio de flexão estática de quatro pontos. Em seguida, um segundo lote foi analisado. Este, por sua vez, ficou submerso em água por 48 horas para aumentar sua umidade. Após esse período os mesmos ensaios do primeiro lote foram feitos. A análise dos dados recolhidos mostrou a influência da umidade para cada lote de amostras, sendo o lote 02, onde a umidade variou em 330% para o *pinus*, e de 138% para o cedro. Em comparação às amostras do lote 01 com umidade ambiente, elas adquiriram uma elevação de resistência de 41,10% para o *pinus* e 35,80% para o cedro, uma proporção de variação da resistência e deformação para ambas as espécies de madeira.

Palavras-chave: madeira, umidade, densidade, resistência, *pinus*, cedro.

1. INTRODUÇÃO

A variação de temperatura está cada dia mais imprevisível. Juntamente com ela, a umidade também tem amplitudes notáveis. Esta última influencia diversos setores da construção civil, dentre eles destacam-se os que fazem uso de estruturas de madeira, já que as mesmas têm sua própria umidade alterada de acordo com sua exposição ao clima externo ou ao tipo de uso empregado, pois sendo um material

higroscópico, a tendência da madeira é trocar umidade com o ambiente até atingir um estado de equilíbrio.

O ambiente em que a madeira é cultivada, a manipulação dela e também o cuidado com sua armazenagem podem afetar suas características, bem como a sua qualidade. Madeiras criadas em ambientes exóticos podem ter suas propriedades físico-mecânicas substancialmente alteradas em comparação com aquelas plantadas em ambientes nativos (SHIMOYAMA, 1990).

Outro fator determinante no sucesso do presente estudo é relacionado com a idade da madeira. Segundo Jankowsky (1979), a madeira juvenil apresenta grandes variações nas suas características físico-mecânicas, chegando a valores constantes na sua idade adulta. Diversas madeireiras têm seus sistemas de produção bem controlados, com as etapas de plantio, cultivo e corte programadas de acordo com a demanda de produção e essa organização é, em parte, exigência do mercado consumidor.

Segundo a NBR 7190/1997, cada projeto de estruturas de madeira deve ser feito tendo em vista as classes de umidade da região em que será construída, encontrada no item 6.1.5 da referida norma (Figura 01).

Figura 01 – Classes de umidade.

CLASSES DE UMIDADE	UMIDADE RELATIVA DO AMBIENTE	UMIDADE DE EQUILIBRIO DA MADEIRA
1	$\leq 65\%$	12%
2	$65\% \leq U < 75\%$	15%
3	$75\% \leq U < 85\%$	18%
4	$> 85\%$ durante longos períodos	$\geq 25\%$

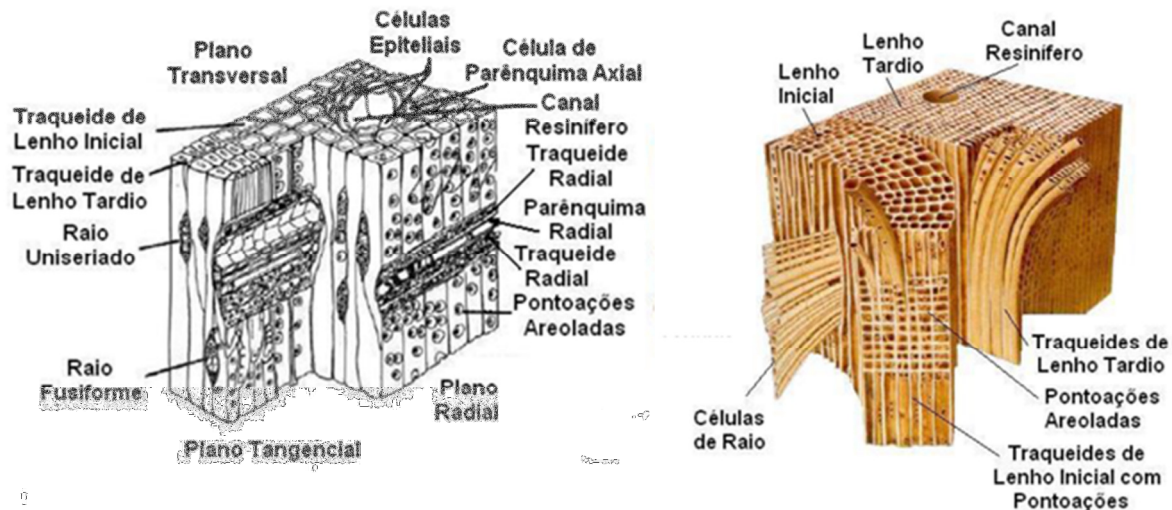
Fonte: (NBR 7190/1997).

Essas classes têm por finalidade ajustar as propriedades de resistência e rigidez da madeira em função das condições do ambiente em que se encontra. A umidade, massa específica, tipos de água presente na madeira, contração e inchamento, são

os principais fatores que afetam principalmente as propriedades físicas da madeira (MANRIQUEZ, 2012).

Junto com os componentes da parede celular, existem numerosas substâncias que são chamadas: extrativos. Elas estão presentes na madeira e são compostos orgânicos com características comuns, principalmente aqueles que podem ser extraídos com água ou com outros solventes orgânicos. Entre os extrativos, encontram-se terpenos, fenóis, taninos, ácidos graxos, flobafenos, ceras e resinas. Os extrativos apresentam um efeito favorável sobre a resistência à compressão paralela às fibras, um menor efeito sobre o módulo de ruptura e pouca influência sobre a resistência ao choque. Em geral, pode-se concluir que o efeito dos extrativos sobre as propriedades mecânicas é inferior ao seu efeito sobre a massa específica. É fato conhecido que os extrativos apresentam uma influência significativa sobre a durabilidade natural da madeira (MANRIQUEZ, 2012).

Figura 02 – Estrutura celular de resinosas.

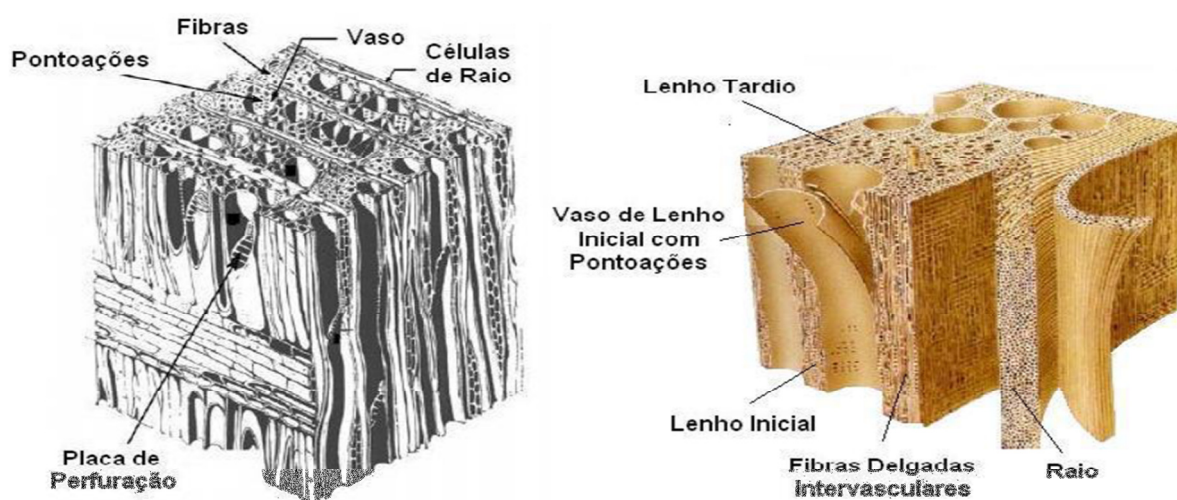


Fonte: (KOLMANN; COTÊ, 1968).

A organização das células das resinosas (Coníferas) é simples. Está composta principalmente por células chamadas traqueídeos longitudinais, orientadas no sentido do eixo da árvore. Alguns dos seus principais elementos constituintes são: células na direção longitudinal e transversal, células epiteliais, canal resinífero, raio unisseriado. Esses elementos são apresentados na Figura 02.

As folhosas (dicotiledônea) possuem uma estrutura mais complexa do que as das resinosas, devido, principalmente, a um maior número de tipos de células em sua estrutura anatômica. Entre os elementos constituintes encontram-se: elementos vasculares, fibras, células de raio, raio, fibras delgadas intravasculares, apresentados na Figura 03.

Figura 03 – Estrutura celular de folhosas.



Fonte: (KOLMANN; COTÉ, 1968).

Pashin e De Zeeuw (1980) afirmaram que a maior parte das características das madeiras muda de acordo com a variação da sua densidade. Isso ocorre porque as propriedades de resistência à flexão e o seu módulo de elasticidade estão correlacionados com a densidade, que por sua vez está ligada ao tamanho das células. Ou seja, esta propriedade foi uma das mais importantes a serem verificadas, pois outras variam dependendo do seu estado. Por isso, tornou-se pontual, buscar a menor diferença possível entre as densidades das amostras que foram ensaiadas. Continuam Pashin e De Zeeuw (1980) mencionando que é possível aumentar a capacidade de resistência à compressão axial da madeira, alterando a relação da densidade com as propriedades mecânicas, principalmente pela presença de extrativos que se adicionam a massa lenhosa. Dentre estes, pode-se citar a quantidade total de parede celular. Entretanto, este tipo de ensaio não foi feito no presente estudo, nem quaisquer alterações nas densidades das amostras.

O objetivo principal foi analisar a umidade de equilíbrio da madeira referenciada pela norma brasileira, comparando-a com uma umidade superior. Antigamente a NBR 7190/1982, baseava-se no método determinista de tensões admissíveis, o que simplificava o problema quanto aos diferentes teores de umidade em estruturas de madeira. Isso porque a norma recomendava que durante o projeto fosse especificado o uso de madeira verde. Essa diretriz acabava de certa forma, maquiando a resistência, pois uma estrutura de madeira raramente entra em serviço estando ela ainda verde, exceto quando usada em estruturas submersas.

A versão da NBR7190/1997 modificou o padrão para o método probabilista dos estados limites, como o fazem as normas internacionais. Com isso, adota-se uma umidade de referência para a estimativa correta das propriedades mecânicas. Na caracterização normal das propriedades de um lote de madeira, rege a NBR 7190/1997 que os diferentes teores de umidade devem ser corrigidos para o padrão de 12%, alcançando dessa forma uma isonomia das amostras quando comparadas. Tal método é proposto a ser alcançado por meio de expressões que corrigem a rigidez e a resistência da madeira, baseando-se nos resultados do ensaio.

Não obstante, o estudo proposto visou à comparação de amostras díspares, com espécies distintas e umidades diferentes. Sendo assim, as correções não foram necessárias, utilizando-se apenas métodos comparativos entre as umidades coletadas.

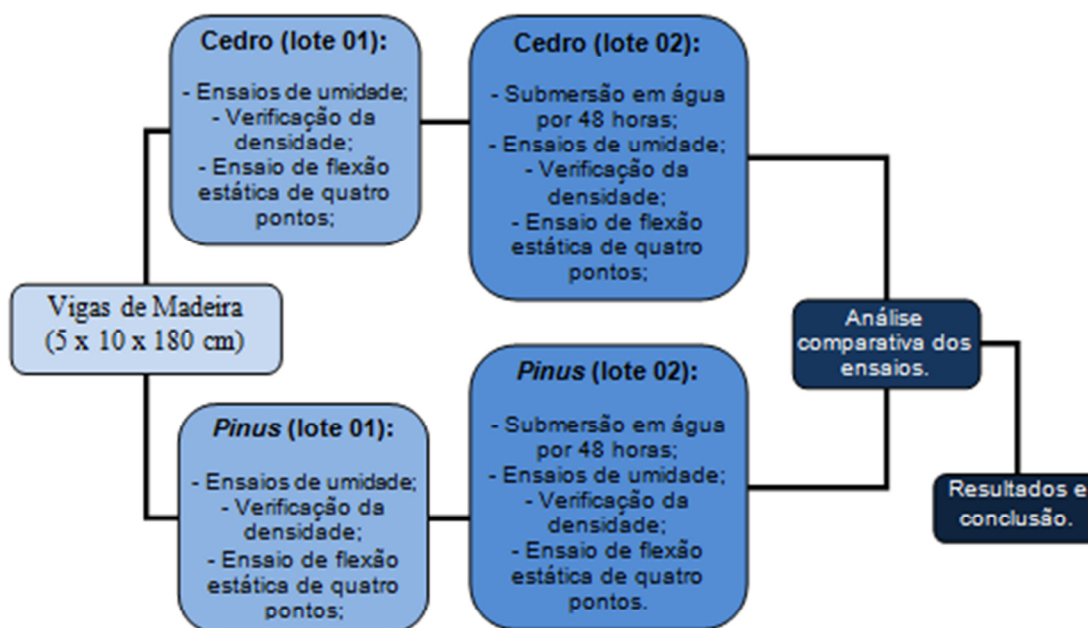
2. MATERIAIS E MÉTODOS

A parte experimental foi desenvolvida no LEE (Laboratório Experimental de Estruturas) da UNESC, situado no I-Parque que possui o equipamento necessário para caracterização das propriedades físico-mecânicas das amostras de madeira. Todas as vigas foram ensaiadas no laboratório até a ruptura, através do ensaio de flexão estática de quatro pontos e posteriormente foram comparados os resultados de forma a verificar possíveis alterações de resistência para os teores de umidade apresentados. Além deste, foram também realizados ensaios para verificação de umidade e densidade das amostras.

Os materiais, bem como os equipamentos e outros recursos que foram utilizados nesse estudo, foram todos cedidos de forma gratuita. As vigas de madeira foram

doadas pela Madeireira Capivaras, situada na cidade de Criciúma, Santa Catarina. O fluxograma mostra as atividades que foram realizadas (Figura 04).

Figura 04 – Fluxograma.



Fonte: (do autor).

2.1. ENSAIOS DE UMIDADE E DENSIDADE

Para caracterização da umidade das amostras, foi utilizado o teste descrito no item 5 do anexo B da NBR 7190/1997. Este teste foi dividido em duas partes. A primeira mediu a umidade de um lote de amostras a uma temperatura ambiente de aproximadamente 25° C. Do primeiro lote de cedro e *pinus* foram retiradas seis amostras com dimensões de 5 x 3 x 2 cm, conforme a norma prescreve (Figura 05). A massa de cada corpo de prova foi verificada e anotada. Para chegar ao estado de saturação, foi necessário colocar essas seis amostras submersas em água durante sete dias, verificando-se a massa das mesmas com uma Balança Analítica, modelo Marte AW220, a cada seis horas. Quando a variação não passou de 0,01%, indicando a massa saturada de cada amostra, o ensaio encerrou-se. Foi medido então o volume saturado (V_{sat}) utilizando-se um paquímetro digital de alta precisão.

Figura 05 – Verificação do volume das amostras.



Fonte: (do autor).

Em seguida, as amostras foram colocadas em uma Estufa de Secagem e Esterilização modelo Fanem 315 SE (Figura 07) sob a temperatura constante de 102° C. Após isso, as peças foram pesadas novamente a cada seis horas, interrompendo a verificação quando a variação de massa não passava de 0,5%. Obteve-se assim, a massa seca (m_s) de cada corpo de prova. Por meio dessas informações, foi possível o cálculo da densidade de cada amostra. A “densidade básica” é uma massa específica convencional definida pela razão entre a massa seca e o volume saturado. Ela é dada pela Equação 01 de acordo com item B.6.2 da NBR 7190/1997.

$$\rho_{sat} = \frac{m_s}{V_{sat}} \quad \text{Equação 01}$$

Onde:

- ρ_{sat} = Densidade relativa;
- m_s = Massa seca;
- V_{sat} = Volume saturado.

Latorraca et. al. (2000) observaram que as características da madeira variam conforme o crescimento da árvore, indicando que a parte correspondente aos primeiros anéis formados apresenta menor massa específica e fibras mais curtas. Latorraca et. Al. (2000) verificaram ainda que a massa específica e a espessura da parede celular em anéis aumentam de dentro para fora. Além disso, salientaram que a densidade da árvore aumenta com a sua idade.

Figura 06 – Balança Analítica Marte AW 220.



Fonte: (do autor).

Com base nos valores de massa inicial (m_i) e tendo-se obtido os demais para massa seca (m_s) dos corpos de prova, foi possível executar os cálculos para obtenção da umidade de cada amostra. O procedimento para verificação das massas de cada corpo de prova foi registrado através da Balança Analítica Marte, modelo AW 220 (Figura 06).

Elas foram calculadas através da Equação 02 definida no item B.5.2 da NBR 7190/1997. O teor de umidade da madeira corresponde à relação entre a massa de água nela contida e a massa da madeira seca. Os dados medidos e utilizados no cálculo foram apresentados mais adiante nesse mesmo estudo.

$$U(\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} \times 100 \quad \text{Equação 02.}$$

Onde:

- U = Umidade;
- m_i = Massa inicial;
- m_s = Massa seca.

Na segunda etapa deste processo verificou-se a umidade do segundo lote de madeiras recém-cortadas e mantidas por 48 horas submersas em água.

Figura 07 – Estufa de Secagem e Esterilização Fanem 315 SE.



Fonte: (do autor).

Nesse caso, porém, os corpos de prova pequenos, aqueles com 5 x 3 x 2 cm, usados para os ensaios de umidade e densidade também ficaram submersos e foram analisados logo após a retirada do tanque, assim como o ensaio de flexão foi

executado em seguida. Isso ocorreu para que a umidade das amostras não se alterasse.

2.2. ENSAIOS DE FLEXÃO

Para a análise da resistência mecânica, foram ensaiadas doze amostras com seção transversal de 5 x 10 cm e 180 cm de comprimento. Os ensaios foram executados de acordo com a NBR 7190/1997, a qual determina que a largura mínima a ser adotada para uma viga de madeira a ser ensaiada é de 5 cm e que a área da seção dever ser maior ou igual a 50 cm². Visto que, de acordo com a espécie as propriedades da madeira apresentam variedade, dois tipos de amostras foram visados: uma folhosa e outra resinosa.

A espécie de madeira utilizada no primeiro grupo foi a *Cedrela Fissili Vell*, da família *Meliaceae*, conhecida popularmente como Cedro. É uma planta nobre nativa da Mata Atlântica, presente em diversas regiões do país. Ela foi escolhida por ser muito utilizada na região sul do Brasil, para os mais diversos fins. Além disso, esta madeira é do tipo folhosa, com fibras mais próximas, apresentando altas densidades.

Figura 08 – Ensaio de flexão estática de quatro pontos.



Fonte: (do autor).

A espécie de madeira utilizada no segundo grupo foi a *Pinus Taeda*, mais conhecida simplesmente como *Pinus*. É uma planta originária da América do Norte, sendo introduzida no Brasil nas regiões sul, sudeste e centro-oeste. Diferente do primeiro grupo, esta madeira é do tipo resinosa, com fibras mais espaçadas, apresentando densidades menores.

Cada amostra foi então dividida em três partes iguais, onde foram apoiados os pontos de carga, formando quatro pontos com as duas extremidades (0, 60, 120 e 180 cm). Além disso, de cada lado das amostras foi colocado um LVDT (*Liner Variable Differential Transformer*) para medir o deslocamento linear. Isso pode ser visto na (Figura 08).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após os ensaios executados, a análise comparativa demonstrou o quanto a umidade pode influenciar na resistência mecânica dessas madeiras. O comportamento das amostras ocorreu de acordo com o esperado. A seguir, a tabela 01 informa os resultados obtidos através dos experimentos realizados em laboratório para as amostras de cedro.

Tabela 01: Resultados experimentais.

		Cedro					
Características	Unidades	Lote 1			Lote 2		
		Amostra A	Amostra B	Amostra C	Amostra G	Amostra H	Amostra I
Umidade	U (%)	15,86	15,86	15,86	37,82	37,82	37,82
Densidade	ρ (kg/m³)	68,51	68,51	68,51	68,07	68,07	68,07
Carga Máxima	P máx (kgf)	1207	1275	1192	1705	1754	1877
Deformação	ϵ máx (mm)	16	18	17	29	30	31

Fonte: (do autor).

Da mesma forma, a tabela 02 indica os dados encontrados por meio dos ensaios realizados com as amostras de *pinus*.

Tabela 02: Resultados experimentais.

Pinus

Características	Unidades	Lote 1			Lote 2		
		Amostra D	Amostra E	Amostra F	Amostra J	Amostra K	Amostra L
Umidade	U (%)	16,36	16,36	16,36	70,35	70,35	70,35
Densidade	ρ (kg/m³)	42,02	42,02	42,02	41,22	41,22	41,22
Carga Máxima	P máx (kgf)	627	683	586	982	863	1030
Deformação	ϵ máx (mm)	34	34	38	75	69	79

Fonte: (do autor).

A umidade presente em maior quantidade nas amostras do segundo lote proporcionou maior resistência aos elementos. Isso ocorreu, graças a um provável preenchimento dos vazios presentes nas vigas de madeira. As madeiras com um teor maior de umidade apresentaram maior resistência, conforme indicam em resumo o quadro geral das tabelas 03 e 04 abaixo:

Tabela 03 – Quadro Geral.

CEDRO

Características	Unidades	Lote 1	Lote 2
Umidade	U (%)	15,86	37,82
Densidade	ρ (kg/m³)	68,51	68,07
Carga Máxima	P máx (kgf)	1310	1779
Deformação	ϵ máx (mm)	21	30

Fonte: (do autor).

Tabela 04 – Quadro Geral.

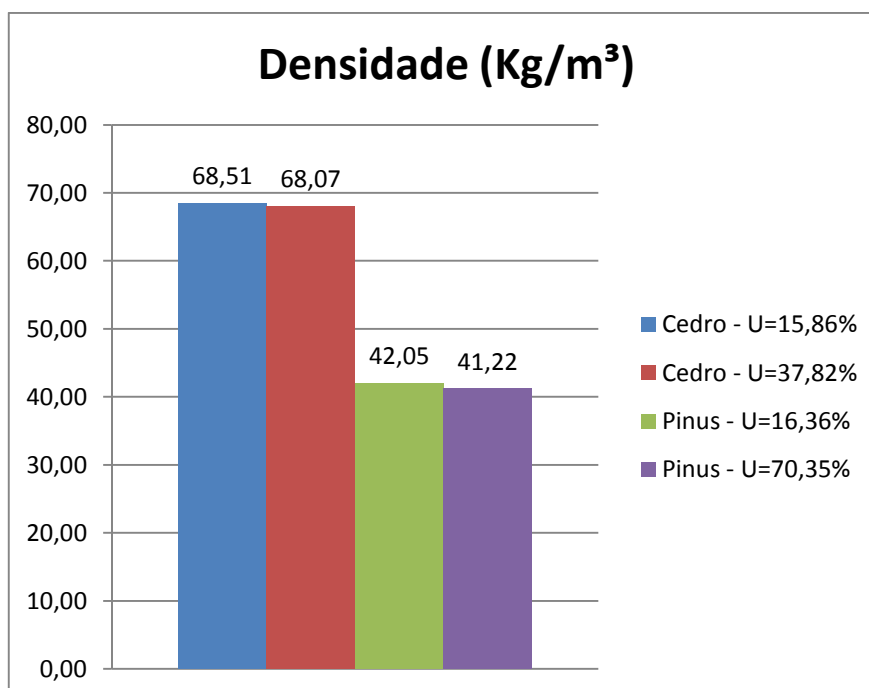
PINUS

Características	Unidades	Lote 1	Lote 2
Umidade	U (%)	16,36	70,35
Densidade	ρ (kg/m³)	42,02	41,22
Carga Máxima	P máx (kgf)	680	959
Deformação	ϵ máx (mm)	48	67

Fonte: (do autor).

Devido ao grande índice de vazios, as madeiras do tipo *pinus* apresentaram maior variação de umidade, uma vez que as amostras para todas as espécies ficaram submersas durante o mesmo tempo em um tanque de água. Entretanto, a densidade permaneceu praticamente constante como mostra o gráfico da Figura 09.

Figura 09 – Densidade das amostras.



Fonte: (do autor).

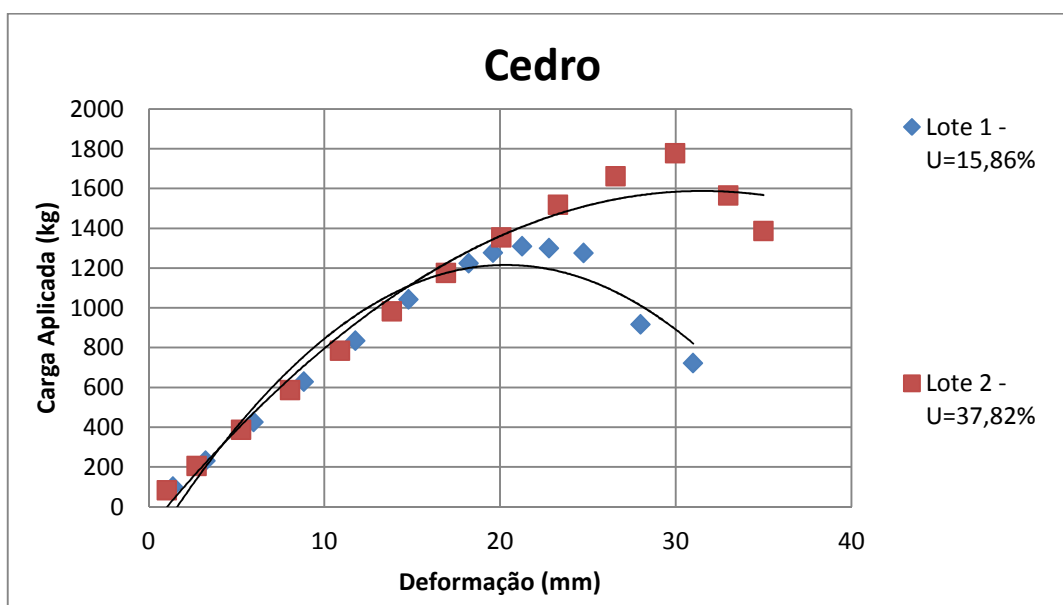
Enquanto que o *pinus* obteve uma variação de 330%, as madeiras do tipo cedro tiveram uma amplitude de apenas 138%. Esta diferença não significou grandes mudanças na resistência das amostras, já que cedro teve um aumento de aproximadamente 35,80% e o *pinus* 41,10%. O mesmo ocorre com a deformação, que teve variações proporcionais. Sendo assim, nota-se que o valor da densidade não é o que mais afetou a resistência da madeira.

Focando no tema central, verificou-se que há uma boa variação na resistência e isso ocorreu graças ao aumento de umidade das espécies ensaiadas, visto que suas outras características eram similares e controladas em laboratório. A idade das madeiras era a mesma, pelo fato de que as amostras pertenciam a uma mesma árvore.

Como demonstrado nas tabelas 03 e 04, a densidade aparente aumentou apenas 0,44% para o Cedro e 0,80% para o Pinus.

A seguir são apresentados os gráficos com as curvas Carga x Deformação das espécies ensaiadas.

Figura 10 – Carga x Deformação.



Fonte: (do autor).

Através do gráfico do cedro na Figura 09, percebe-se que o Lote 02 suportou uma carga aplicada maior e por mais tempo, tendo o rompimento da amostra logo em seguida. Já o Lote 01 cuja umidade era bem menor que o primeiro, rompeu de forma

mais rápida. Basta dizer que o aumento de umidade entre os lotes, permitiu maior resistência ao segundo lote. As linhas de tendência apresentaram confiabilidade maior que 95%, como mostrado abaixo pela equação da linha de tendência:

$$y = -3,4765x^2 + 141,41x - 222,4 \quad \text{Equação 03 – Cedro: Lote 01}$$

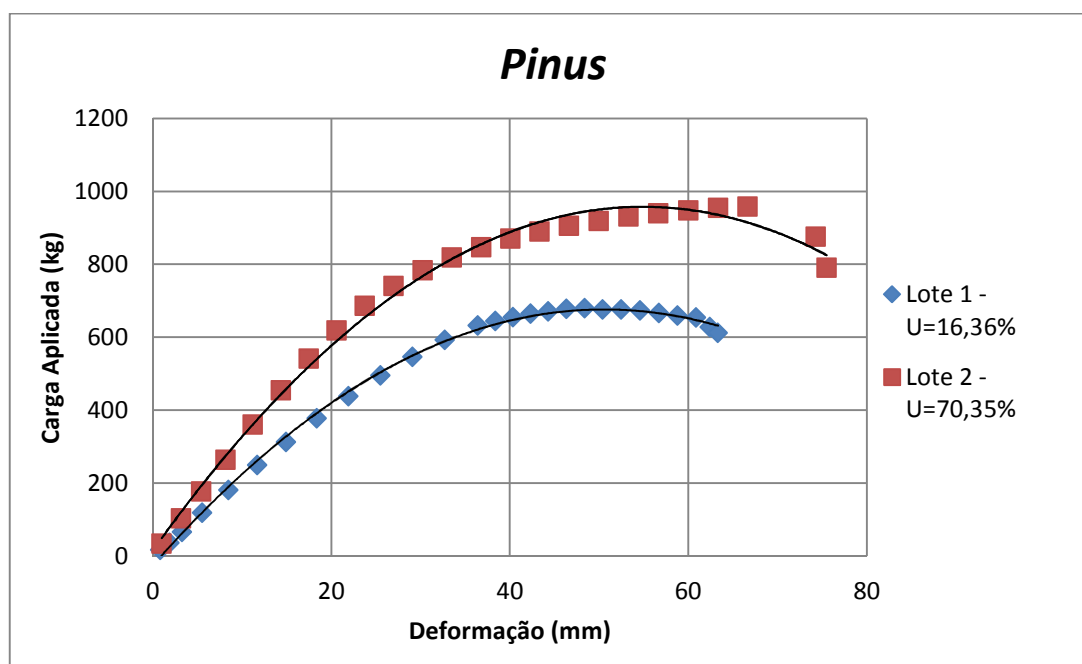
$$R^2 = 0,944$$

$$y = -1,7101x^2 + 107,83x - 112,1 \quad \text{Equação 04 – Cedro: Lote 02}$$

$$R^2 = 0,972$$

Seguindo a mesma linha de tendência, as amostras de *pinus* do Lote 02 também apresentaram um aumento na resistência. Novamente a umidade maior proporcionou este avanço, como mostra a Figura 10.

Figura 11 – *Pinus*: Carga x Deformação



Fonte: (do autor).

Assim como no gráfico (Figura 10) das amostras de cedro, a confiabilidade do gráfico ficou maior que 95%. Da mesma forma, a linha de tendência é demonstrada pelas equações a seguir:

$$y = -0,2748x^2 + 27,782x - 26,186 \quad \text{Equação 05 – Pinus: Lote 01}$$
$$R^2 = 0,983$$

$$y = -0,3127 + 34,343x - 14,671 \quad \text{Equação 06 – Pinus: Lote 02}$$
$$R^2 = 0,993$$

Vale ressaltar que as amostras tinham tamanho real, medindo 5 x 10 cm de seção, com 180 cm de comprimento. Este fato credencia ainda mais os ensaios realizados, justamente pelo tamanho das amostras estarem mais próximas da realidade utilizada nos canteiros de obra.

Os ensaios em pequenos corpos-de-prova isentos de defeitos não refletem a realidade do comportamento de peças estruturais de madeira sob a ação de cargas, devido a características peculiares associadas ao processo de crescimento da árvore. Os nós, inclinação das fibras, rachaduras, defeitos de secagem, etc. são os defeitos mais comuns que têm influência diferenciada na resistência da madeira em função do tipo de solicitação. Daí a necessidade de se realizar ensaios específicos para determinar esta influência e posteriormente estabelecer um sistema de classificação visual ou mecânico não destrutivo, a ser empregado em peças estruturais comerciais. (MELO, 2013, p. 22).

4. CONCLUSÃO

A umidade tem grande influência na resistência das madeiras. O estudo apresentou variação nas amostras com aumento de umidade. Entretanto, a NBR 7190/1997 esclarece que se atingindo o grau de saturação da madeira, sua resistência cai consideravelmente. Ainda que se mostre necessário um estudo mais profundo e abrangente, o fato de terem sido usadas amostras em tamanho real, com as demais características das amostras usadas de forma quase idêntica e a influência de fatores externos controlados em laboratório, demonstrou a eficácia do estudo, comprovando que a umidade melhorou o desempenho da madeira.

Dessa forma podemos afirmar que para as condições ensaiadas, as amostras do lote 2, onde a umidade variou em 330% para o *pinus*, e de 138% para o cedro, quando comparadas as amostras do lote 1 com umidade ambiente, adquiriram uma elevação de resistência de 41,10% para o *pinus* e 35,80% para o cedro.

Não obstante, deve-se entender que isso não será válido para qualquer espécie, em qualquer situação. Para tal, será necessário um estudo mais detalhado, com diversas espécies ensaiadas, um número maior de amostras, outras regiões englobadas, idades alternativas, etc. Em locais cuja amplitude térmica é grande, a umidade fica afetada. Mas em lugares em que a umidade pouco varia, ou em ambientes submersos, o estudo demonstra como a umidade pode melhorar o desempenho da estrutura de madeira. Igualmente, Tomazello Filho (1985) indicou que existem importantes variações nas propriedades de madeiras da mesma espécie e oriundas de um mesmo lugar. Isso ocorre por causa das características biológicas das plantas, que são geradas de fontes naturais, não podendo, portanto, serem eliminadas.

Enfim, com base nos dados que foram apresentados, as estruturas de madeira podem alcançar maior resistência a flexão à medida que sua umidade aumenta. Com isso, pode-se dizer que dependendo da sua exposição à umidade, essa variação da resistência da madeira deve ser prevista em projeto.

5. INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Deve-se entender que os dados obtidos no presente estudo não serão válidos para qualquer caso. Por isso, a sugestão por estudos mais detalhados:

- Com diversas espécies, maior número de amostras, idades alternativas e outras regiões englobadas;
- Investigação mais profunda do comportamento da água no interior da madeira;
- Análise da madeira no estado de saturação;
- Ensaios de flexo-compressão, prevendo o uso da madeira como pilar ou estacas em estruturas submersas ou enterradas.

6. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cálculo e execução de estruturas de madeira.** Rio de Janeiro, RJ, 1982. (NBR-7190)

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projetos de estruturas de madeira.** Rio de Janeiro, RJ, 1997. (NBR-7190)

JANKOWSKY, IP. **Madeira juvenil: formação e aproveitamento industrial.** IPEF, São Paulo, SP, 1979. 18p. (Circular impressa n° 18)

KOLLMANN, F.R. COTÉ, W.A. **Principles of wood science and technology.** Berlin, Springer-Verlag, 1968. 592p.

LATORRACA, J.V. ALBUQUERQUE, C.E.C. **Efeito de rápido crescimento sobre as propriedades da madeira.** Revista Floresta e Ambiente, v.7, n.1, p.279-291, 2000.

LOGSDON, NORMAN BARROS. **Influência da umidade nas propriedades de rigidez e resistência da madeira.** Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Paulo, SP, 1998.

MANRIQUEZ FIGUEROA, Manuel de Jesús. **Coefficientes de modificação das propriedades mecânicas da madeira à temperatura.** Florianópolis: Ed. UFSC, 2012. 259 p. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

MELO, JULIO EUSTÁQUIO DE. **Sistemas estruturais em madeira.** Universidade de Brasília, USB, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, DF, 2013.

PANSHIN, A.J. DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology.** 4 ed. New York: 1980. 722p.

SHIMOYAMA, V.R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em Eucalyptus.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do E. saligna e E. grandis.** IPEF, n.29, p.37-45, 1985a.