

ESTUDO DOS EFEITOS DA UMIDADE NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS PAINÉIS DE FIBRAS ORIENTADAS (OSB) E MADEIRA COMPENSADO PARA *LIGHT STEEL FRAME*

Beatriz Maffini Gomes¹, Hellen Dias Resende¹, Julie Anne Braun dos Santos¹, Max Junginger², Antonio Domingues de Figueiredo³, Renata Monte³

¹ Mestranda, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, SP - Brasil.

² Doutorando, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, SP - Brasil.

³ Professor Doutor, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, SP - Brasil.

RESUMO: Na construção ao redor do mundo a madeira teve seu uso ampliado, principalmente nos países nórdicos e dos EUA, em sistemas *wood frame*. Com o surgimento do sistema construtivo *light steel frame* (LSF) os painéis de partículas ou fibras de madeira orientadas (OSB) começaram a ser mais demandados. Porém, um dos fatores de degradação destes componentes é o contato com água na forma líquida e vapor. Este trabalho apresenta uma análise dos comportamentos mecânicos dos painéis OSB quando submetidos à umidade. Painéis de madeira compensada naval também foram estudados para comparação e avaliação da possibilidade de uso destes como componente do sistema *light steel frame*. Com uma abordagem experimental determinou-se a resistência à tração perpendicular, à flexão estática e módulo de elasticidade em condições padrão (65% umidade relativa do ar a 20° C), seca, molhada e após ciclo de fervura. Os ensaios tiveram como base na norma ABNT NBR 15316:2019 - Parte 2. Os resultados apontam que quando em contato com água há uma significativa alteração das propriedades mecânicas destes materiais levando a menores valores de resistência e módulo de elasticidade, embora os painéis de madeira compensada naval apresentaram resultados mais satisfatório do que os de OSB.

1. INTRODUÇÃO

É conhecido o fato de que a resistência da madeira diminui com o aumento do teor de umidade (LOGSDON, 1998). Entretanto, os estudos aprofundados em relação aos efeitos do teor de umidade no comportamento das madeiras, e a proteção destas contra a umidade, pouco exploraram a área de painéis de madeira *oriented strand board* (OSB) para revestimento. O OSB é um tipo de madeira processada, composta por fios de madeira unidos por uma resina sintética. As camadas exteriores do material apresentam cadeiras orientadas longitudinalmente, enquanto as camadas intermediárias apresentam cadeiras orientadas transversalmente. Devido às suas boas propriedades mecânicas e à orientação dos fios dentro dos painéis, o OSB é adequado para aplicações de suporte de carga na construção e é amplamente utilizado para pisos, decks, painéis e revestimento de paredes.

No presente trabalho, estudar-se-ão os efeitos da umidade em OSB para painéis de revestimento em edificações construídas com o sistema *light steel frame*. Da mesma forma será feito estudo em painéis de média densidade de madeira compensada para efeito comparativo bem como para análise do seu comportamento mecânico.

2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

Com a industrialização do mercado da construção civil, houve o crescimento dos sistemas construtivos a seco, ganhando produtividade, minimizando a produção de resíduos e garantindo características vantajosas às edificações. Nesse contexto, surge o *wood frame*, tendo uma estrutura que, em geral, se equipara aos sistemas de alvenaria estrutural. Porém, para garantir a qualidade e a funcionalidade do sistema como um todo, é necessário que a madeira receba um tratamento adequado, de forma a evitar possíveis patologias ou mudanças de suas características. Um dos importantes fatores que podem interferir negativamente em suas propriedades é a umidade, podendo gerar sérios problemas ao sistema.

O trabalho tem como objetivo o estudo das alterações microestruturais em placas de madeira OSB e madeira compensada naval devido ao aumento do teor de umidade do material e de suas consequências macroscópicas. Além disso, o trabalho buscará entender as formas mais adequadas de proteger a madeira dos altos teores de umidades, de forma a manter suas propriedades desejadas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Painéis de fibra de média densidade para *light steel frame*

O *light steel frame* é um sistema construtivo leve, definido por seus componentes principais em perfis estruturais de aço conformado a frio revestido de zinco através do processo de imersão a quente contínuo, e chapas delgadas para fechamento podendo ser de PVC rígido (*siding*), OSB, *drywall* (gesso acartonado) e cimentícias (SINAT, 2016). Este sistema é caracterizado por um processo de produção industrializado, eficiente (VELJKOVIC; JOHANSSON, 2006) e com mínimo de água e resíduos, pois a água empregada é aplicada na fundação e na argamassa de instalação dos revestimentos (CAMPOS, 2014).

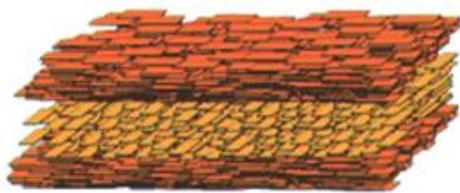
Este sistema é amplamente utilizado e consolidado nos EUA, Austrália, Japão e alguns países do norte da Europa (VELJKOVIC; JOHANSSON, 2006). No Brasil, não obstante o baixo conhecimento desta técnica construtiva ser considerado um obstáculo para sua ampliação, o *light steel frame* tem avançado no mercado da construção com o aumento do volume de produção de perfis galvanizados e de montagem (CBCA, 2018). Este sistema é projetado para obras residenciais, comerciais e industriais, sendo que no Brasil quase 60% dos perfis são destinados a obras habitacionais com maior representatividade na região sul e sudeste do país. Já na região nordeste e centro oeste este sistema tem maior demanda em obras industriais (CBCA, 2018).

O material utilizado para fechamento depende da face da parede, sendo aplicados os painéis de fibra de madeira OSB na parte exterior e na parte interior usa-se a composição desta chapa com a de gesso acartonado, como suporte para o revestimento (SINAT, 2016). O painel de madeira compensada será estudado neste trabalho para efeito de comparação com o painel de fibra de madeira OSB para uso no sistema *light steel framing*.

3.1.1 Painel de fibras orientadas (OSB)

O painel de fibras orientadas ou aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas é formado em um processo de prensagem de camadas de finos filamentos de madeira (SINAT, 2016). Os painéis são normalmente compostos por 3 camadas (LUBE, 2013) dispostas em ângulos retos uma em relação a outra objetivando maior resistência e estabilidade do painel, conforme observado nas figuras 1 e 2.

Figura 1 - Disposição das camadas das fibras de madeira (OSB)



Fonte: European Panel Federation (EPF, 2019)

Figura 2 - Painel de fibras orientadas (OSB)



Fonte: OSB Home Plus (LP Building Products)

No Brasil, os painéis são fabricados em dimensões 1,20 metros de largura, altura de 2,40 e 3,00 metros e espessura de 9,5 a 18,3 mm (LP Building Products¹). A depender do tipo de madeira e forma de prensagem durante a fabricação (EPF, 2019), os valores das propriedades mecânicas típicas dos painéis OSB podem variar, principalmente em função da densidade, conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades dos painéis OSB

Propriedades mecânicas típicas de painéis OSB	
Propriedade	Valor
Massa específica	0,5 -0,8 g/cm ³
Expansão higroscópica (30%-90% HR)	0.15%
Expansão térmica	6.1x10 ⁻⁶ m/mK
Resistência à flexão	21- 28 MPa
Módulo de elasticidade	4,8- 8,3 GPa
Resistência à tração	6,9-10,3 MPa
Resistencia a compressão	10-17 MPa

Fonte: BERGLUND, ROWELL, 2005 (ADAPTADO)

Durante o processo de fabricação as fibras são prensadas em conjunto com resinas como Fenol-Formaldeído (PF), Diisocianato de Metileno Polimérico (PMDI) que proporciona resistência à água (APA, 2017). Alguns painéis podem receber tratamento com uso de selante em suas bordas para proteger contra a penetração de umidade durante o transporte (APA, 2017). O painel OSB é facilmente identificável em relação aos demais painéis de média densidade por ser caracterizado pelas longas e largas fibras de madeira. O desempenho mecânico destes painéis está diretamente relacionado à orientação das camadas e geometria das fibras que apesar de serem grandes, pois podem ser visualizadas a olho nu, quando lixadas apresentam uma superfície lisa (EPF, 2019).

No Brasil o uso de chapas OSB para sistema *light steel frame* é guiado pela Diretriz SINAT número 003, pois é considerado com sistema inovador. Esta diretriz foi baseada na norma EN 300/2006 que define quatro classes de painéis de acordo com as propriedades mecânicas e resistência a umidade (Tabela 2).

Tabela 2 - Classes dos painéis OSB segundo a norma EN 300/2006

¹ <https://www.lpbrasil.com.br/produtos/lp-osb-home-plus/>

Classe	Descrição
1	Placas de uso geral sem carga, e placas para montagem de interiores para usar em condições secas;
2	Placas estrutural para uso em condições secas;
3	Placas estrutural para uso em condições úmidas;
4	Placas estrutural pesada para uso em condições úmidas.

Fonte: Norma EN 300/2006 (ADAPTADO)

Apesar de serem classificados quanto ao uso em condições úmidas e secas, os painéis não são totalmente impermeáveis pois suas fibras absorvem umidade higroscópica (APA, 2016, 2017; EPF, 2018).

3.1.2 Painéis de madeira compensada

Os painéis de madeira compensada consistem em um conjunto de camadas formadas tipicamente de lâminas, coladas, sendo que a direção da grã de camadas adjacentes forma, geralmente, ângulo reto (ABNT, 2012). As lâminas ou folhas finas de madeira, fabricadas por processo de descascamento ou por corte, são aderidas em camadas longitudinais e transversais, normalmente em números ímpares (BERGLUND; ROWELL, 2005). O processo de prensagem das lâminas ocorre em uma pressão de cerca de 1,2 a 1,4 MPa, e a temperatura é de 100 a 165 °C, a depender do tipo de adesivo colante (BERGLUND; ROWELL, 2005). A lâminas externas são chamadas faces, e as camadas internas são denominadas de núcleos, sendo este de madeira aglomerada ou folheada (BERGLUND; ROWELL, 2005).

Figura 3 - Painel de madeira compensada



Fonte: APA, 2019

Este material é muito aplicado internacionalmente como piso, telhado e na fabricação de móveis se mostrando um dos materiais de construção mais reconhecidos e confiáveis há décadas (APA, 2011). No Brasil é muito adotado na construção civil para alguns tipos de divisórias, móveis e principalmente para fabricação de formas para concretagem em obra, porém ainda não é aplicado como painel de vedação em *light steel frame*, diferente de alguns países como Estados Unidos e Canadá que o aplicam em construções residenciais e não residenciais (APA, 2011). A tabela 3 apresenta as principais propriedades mecânicas dos painéis de madeira compensada.

Tabela 3 - Propriedades mecânicas típicas dos painéis de madeira compensada

Propriedades mecânicas típicas de painéis de madeira compensada

Propriedade	Valor
Massa específica	0,4 -0,8 g/cm ³
Expansão higroscópica (30%-90% HR)	0.15%
Expansão térmica	6.1x10 ⁻⁶ m/mK
Resistência à flexão	21- 48 MPa
Módulo de elasticidade	6,9- 13 GPa
Resistência à tração	10-28 MPa
Resistência à compressão	21-35 MPa

Fonte: BERGLUND; ROWELL,2005 (ADAPTADO).

As chapas são comercializadas nas seguintes dimensões: 2200 x 1600 mm, 2500 x 1600 mm, 2440 x 1220 mm e espessuras que variam de 06 a 25 mm (CELPLAC²). Este material comparado a madeira maciça possui propriedades mecânicas mais isotrópicas acarretando em melhor resistência à ruptura. Estas propriedades estão diretamente relacionadas a 3 fatores: ao adesivo colante aplicado durante sua fabricação que geralmente é do grupo do fenol-formaldeído, embora uréia e melamina também seja aplicada; ao empilhamento das lâminas e a qualidade das fibras de madeira (BERGLUND, ROWELL, 2005).

3.2. Fatores que acarretam a degradação

O estudo de degradação presente neste artigo é em relação à interferência da umidade nas propriedades mecânicas da madeira, não fazendo parte do estudo a degradação biótica (fungos).

3.2.1. Umidade

Uma madeira com alta umidade apresenta menor resistência, menor elasticidade, maior movimentação dimensional, maior possibilidade de ataques de fungos e também dificuldade em realizar acabamentos em peças. As paredes celulares são compostas, majoritariamente, por celulose e hemicelulose, e os grupos hidroxila presentes em suas estruturas torna a parede celular muito higroscópica. Já a lignina é geralmente uma molécula hidrofóbica. Pode-se dizer que as paredes celulares da madeira possuem grande afinidade com a água, sendo essa propriedade limitada pela presença da lignina (ROWELL, 2005).

A água está presente na madeira de duas formas: água livre e água ligada (ROWELL, 2005). A água livre está presente dentro das moléculas de alumina, e a água combinada é aquela que foi absorvida pela celulose e hemicelulose na parede celular. A água livre só é encontrada quando se atinge o chamado ponto de saturação (PS), que segundo a ABNT NBR 7190:1997 é de 25%. Antes disso, toda água encontrada é a água ligada, que foi absorvida pela parede celular.

A perda da água ligada, ou seja, a partir do ponto de saturação, é que causa mudanças em suas propriedades (CALIL et al., 2007). A chamada umidade de equilíbrio (UE) é a umidade relacionada à perda lenta da água da madeira, acima do PS. A norma ABNT NBR 7190: 1997 trabalha com UE = 12%, sendo função da espécie da árvore, da temperatura

² <http://www.celplac.com.br/nossos-produtos/>

e da umidade relativa do ar. Só é possível chegar a uma umidade abaixo da UE se a secagem for feita em estufas ou câmaras de vácuo. Diferentes tipos de madeira, em diferentes situações ambientais, naturalmente apresentam teores de umidade em seus interiores. Estes teores se chamam teores de umidade de equilíbrio. A partir da secagem do material, é possível alcançar diferentes valores de teor de equilíbrio de umidade (LODGSON, 1998).

3.2.2 Umidade provocada pela água em contato direto

Os efeitos da água em contato direto com a madeira variam entre diferentes espécies, sendo necessário observar aspectos como massa específica e permeabilidade do material. A madeira saturada pode apresentar ganhos na capacidade de absorver trabalho, devido ao aumento do seu volume (Figura 4). Entretanto, essa característica não se observa em tipos de madeira adequados às aplicações estruturais. No geral, a saturação da madeira diminui sua performance como material estrutural (PERTUZZATTI et al., 2017).

Figura 4 - Aumento volumétrico de um painel de OSB provocado pela ação umidade.



Fonte: Logsdon (1998)

No caso da água em contato direto com a madeira, a questão da proliferação de micro-organismos não é de grande relevância, visto que, para a maioria dos tipos de madeira, este ataque ocorre de maneira extremamente lenta (AGRICULTURE, 2011).

3.2.3 Umidade higroscópica

É chamado de “higroscópico” o material que é capaz de absorver água presente no ambiente. No caso da madeira, essa absorção ocorre por meio da inclusão da água em sua estrutura interna, sem ocorrência de reações físicas ou químicas. O aumento do teor de umidade acarreta alterações volumétricas na madeira. É importante ressaltar que as alterações dimensionais do material não são iguais em todas as direções, devido à fatores como direção das fibras (SILVA; OLIVEIRA, 2003).

3.2.4. Inchamento

O inchamento está diretamente relacionado à umidade da madeira. Segundo Kollmann e Coté (1984), ele ocorre para variações de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras da madeira. O inchamento do material pode ser provocado por fenômenos como falha nas ligações adesivas e crescimento do volume de vazios (LUBE, 2016). As variações dimensionais desse fenômeno são resultadas do afastamento das moléculas de celulose e microfibras da madeira, sendo máximo na direção tangencial, menor na direção radial e nulo na direção axial (CALIL et al., 2007).

O inchamento na direção tangencial é mais elevado devido à disposição das estruturas que a compõem a madeira, não possuindo uma direção preferencial que possa restringir as movimentações. O inchamento na direção axial pode ser considerado nulo por conta de regiões cristalinas na sua estrutura e pelo ângulo entre o eixo longitudinal da fibra e as microfibrilas, tornando a direção menos suscetível a tais variações dimensionais (KOLLMANN & CÔTÉ, 1968).

3.3 Propriedades mecânicas

A madeira se apresenta como um material de natureza anisotrópica e heterogênea e, portanto, oferece respostas diferentes a cada tipo de solicitação imposta a ela. As propriedades que a madeira apresenta nas diferentes direções são condicionadas pela orientação das fibras. A madeira é mais forte paralela ao eixo longitudinal das fibras do que no sentido perpendicular (WINANDY; ROWELL, 2005). Assim, as propriedades mecânicas que a madeira apresenta na direção paralela às fibras são consideravelmente diferentes das relativas a direção perpendicular.

Além disso, diversos fatores podem influenciar as propriedades mecânicas, dentre as quais se pode citar: a forma e as dimensões das peças, o ângulo de inclinação das fibras, a massa específica, o teor de umidade, a temperatura, as propriedades anatômicas, a composição química e a deterioração do material (STANGERLIN et al., 2010).

3.3.1 Resistência à tração, flexão e módulo de elasticidade

A direção mais forte de um elemento de madeira é a direção paralela às fibras, devido à forma como as fibras se dispõem na madeira, orientadas segundo a direção longitudinal (AGHAYERE; VIGIL, 2007). A tração paralela às fibras ($T_{||}$) é uma força que tenta alongar as células de madeira. A madeira é extremamente forte quando as fibras paralelas são solicitadas. A distância através da qual a tensão de tração é transmitida não aumenta a deformação. A $T_{||}$ é difícil de medir devido à dificuldade em segurar com segurança a amostra de tração na máquina de teste, especialmente com madeira de granulação reta (WINANDY; ROWELL, 2005).

A existência de fibras na direção transversal da madeira é pequena, o que torna muito complicadas as ligações intercelulares nessa mesma direção. Por esse motivo a resistência dos elementos de madeira na direção perpendicular às fibras da madeira é muito condicionada (ALMEIDA, 2012). A tração perpendicular às fibras (T_{\perp}) é induzida por uma força elástica aplicada perpendicular ao eixo longitudinal das células de madeira. Neste caso, as células de madeira estão sendo separadas em ângulos retos ao seu comprimento.

A propriedade mecânica de flexão estática se refere ao comportamento que a madeira possui ao ser submetida a uma carga aplicada em sua face tangencial, com o objetivo de provocar seu flexionamento (MORESCHI, 2010). E o módulo de elasticidade quantifica a resistência elástica de um material à deformação sob a ação de um carregamento. O módulo de elasticidade é uma propriedade do material e corresponde à inclinação da porção linear da relação tensão-deformação que acontece de zero até o limite de proporcionalidade.

3.4 Proteção dos painéis para *light steel frame*

As chapas OSB são fabricadas com uma aplicação de resinas colantes a base de fenol formaldeído que tornam os painéis resistentes à água (APA, 2017), porém são materiais compósitos de madeira vulneráveis a degradação (WILLIANS, 2005), por isto apesar de passarem por processos de preparação durante sua fabricação ainda assim necessitam de cuidados contra umidade. Diante disto a estanqueidade à água dos sistemas de vedação vertical externo e interno que utilizem este tipo de material faz-se necessário (SINAT, 2016).

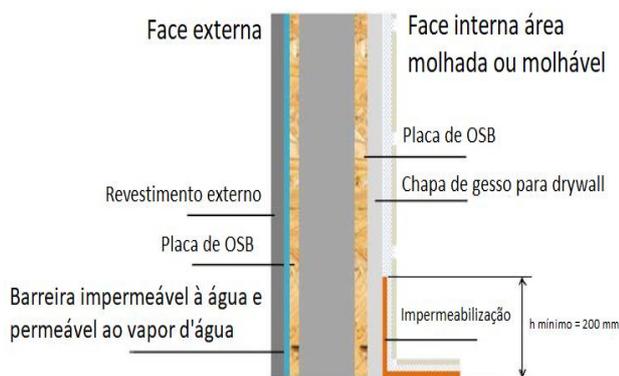
3.4.1 Impermeabilização

A degradação dos painéis de fibra de madeira quando implantado em sistema construtivos *light steel frame* ocorre principalmente através da umidade ascendente que adentra a estrutura pelos poros capilares do concreto da fundação, da água em contato direto com os materiais quando em períodos chuvosos, durante o processo de limpeza, em forma de vapor dentro da parede do sistema e problemas nas instalações hidráulicas que provocam vazamentos (SINAT, 2016). Por isto que para a construção de edifícios utilizando estes materiais deve-se prever em projeto detalhes construtivos que atribuam estanqueidade ao

sistema visando atender aos requisitos da norma ABNT NBR 15575-4.

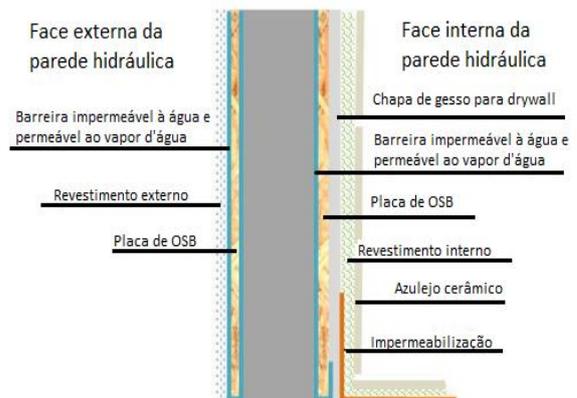
São premissas do projeto de impermeabilização deste tipo de sistema construtivo que seja especificado “detalhes construtivos que minimizem o contato da base da parede (perfis e chapas de vedação) com a água proveniente de ações de uso e de lavagem do piso, e que pode acumular nesta região” (SINAT, 2016). É recomendado que áreas molháveis e molhadas bem como aquelas localizadas no pavimento térreo sejam construídas sobre um embasamento, “na inexistência deste, deverão ser previstos detalhes para garantir a impermeabilização dos quadros estruturais em pelo menos 200mm acima do nível do piso” (SINAT, 2016), conforme demonstrado nas figuras 5 e 6.

Figura 5- Detalhe de projeto para impermeabilização externa



Fonte: SINAT, 2016 (ADAPTADO)

Figura 6- Detalhe de projeto para impermeabilização interna



Fonte: SINAT, 2016 (ADAPTADO)

O sistema construtivo deve ser totalmente estanque, de forma a evitar a corrosão dos perfis de aço os quais “deverão se apoiar sobre uma manta impermeabilizante aplicada em cima do radier” (CBCA, 2017). A membrana hidrófuga aplicada em paredes externas trabalha com a função de “barreira contra vento, poeira, vapor d'água e calor, permite a saída do vapor d'água do interior das paredes evitando o acúmulo de umidade e a proliferação de fungos” (LP Building Products).

4. PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental objetiva comparar o comportamento mecânico de painéis OSB e madeira compensada, para uso em sistemas *light steel frame* em 4 condições: quando seca em estufa, quando em situação padrão à 65% de umidade relativa do ar a 20° C, no estado saturado após imersão em água durante 24 horas e quando saturada após ciclo de fervura e secagem.

4.1 Metodologia de ensaio

Para avaliação das alterações no comportamento mecânico dos painéis foram realizados ensaios de resistência à tração perpendicular nas 4 condições (seca, padrão, saturada e saturada com ciclo de fervura) e resistência à flexão em 3 condições (seca, padrão e saturada). A metodologia de ensaio pautou-se na norma ABNT NBR 15316-2:2019 - Painéis de fibras de média densidade - Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Utilizou-se das instalações do laboratório de materiais de construção civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), composto aparelhos, instrumentos e materiais que permitiram que os ensaios fossem realizados sob condições de controle da umidade.

4.1.1 Preparação dos corpos de prova e materiais

Para o ensaio de resistência à tração perpendicular foram extraídos dez corpos de prova dos painéis OSB e compensado nas medidas de 50x50 mm. Para o ensaio de resistência à flexão e módulo de elasticidade dez corpos de prova medindo $(20 \times E + 50) \times 50$ mm, foram extraídos dos painéis, sendo cinco na direção transversal e cinco na longitudinal. Utilizou-se os seguintes materiais e equipamentos: serra de bancada, adesivo termofusível, esmeril, máquina universal de ensaio com controle de velocidade, dez pares de blocos metálicos acoplados ao corpo de prova para tração, dez parafusos para prender os blocos de tração e paquímetro, micrômetro, apoios metálicos e cutelo, câmara climática e estufa.

Para a realização do ensaio na condição seca os corpos de prova permaneceram em estufa durante 24 horas. A segunda situação de teste (padrão) foi obtida nas condições de equilíbrio, ou seja, a $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ e $(65\% \pm 5) \%$ de umidade relativa do ar, para isto os corpos de prova foram estabilizados em câmara climática. A terceira condição foi obtida através da imersão dos corpos de prova em água durante 24 horas. E a quarta condição através da exposição em água em ebulição (aproximadamente 100°C) durante (120 ± 5) min, seguida da imersão em água a $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, durante (60 ± 5) min. Desta última condição de ensaio metade dos corpos de prova foram para a estufa a $(70 \pm 2) ^\circ\text{C}$ durante (960 ± 15) min, resfriado e posteriormente ensaiado. A outra metade foi inserida em estufa à 103°C durante 24 horas para secagem do material e posteriormente ensaiado.

4.1.2 Ensaio

Os ensaios foram realizados em máquina universal com velocidade de ensaio constante com ruptura em (60 ± 30) s. Para o ensaio de resistência à flexão as amostras de OSB foram posicionado na máquina a 222 mm de distância entre os apoios (Figuras 7a e 7b) e o corpo de prova de madeira compensada posicionado a 240 mm (Figuras 8a e 8b), isto devido a diferença de espessura das chapas, sendo 11,10 mm e 12,00 mm respectivamente.

Figura 7a e 7b- Ensaio de resistência à tração chapa de OSB

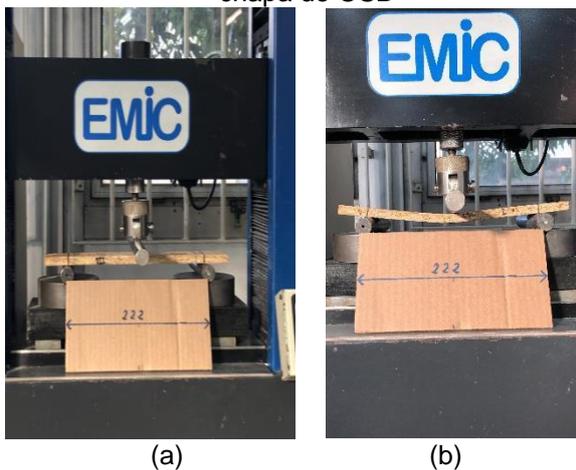
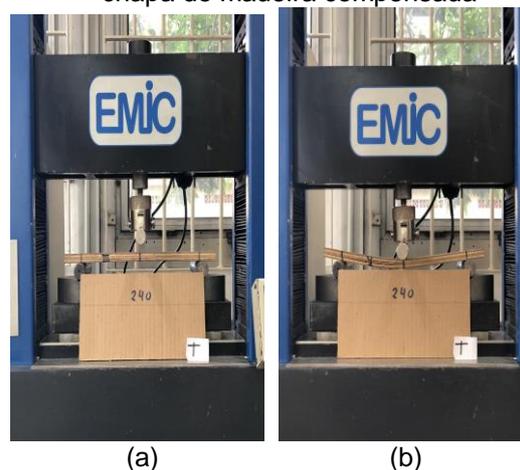


Figura 8a e 8b- Ensaio de resistência à tração chapa de madeira compensada



Observou-se ao longo do ensaio que os corpos de prova de OSB quando flexionados conseguiram sofrer grandes deformações sem ruptura por cisalhamento (Figuras 9 e 11), enquanto os de madeira compensada ao sofrer deformação cisalhava na posição de atuação da carga (Figura 10). Em alguns casos percebia-se ruptura entre as camadas compostos por lâminas de madeira (Figura 12).

Figura 9- Corpos de prova OBS longitudinal



Figura 10- Corpos de prova Compensado longitudinal



Figura 11- Corpos de prova OBS transversal



Figura 12- Corpos de prova Compensado transversal



Quanto ao ensaio de tração observou-se que a forma de ruptura se dava sempre entre as camadas, neste caso a resistência das resinas colantes são também testadas (Figura I).

Figura 13a e 13b- Ensaio de tração dos corpos de prova OSB e compensado

Figura 14a e 14b- Forma de ruptura dos corpos de prova



(a)

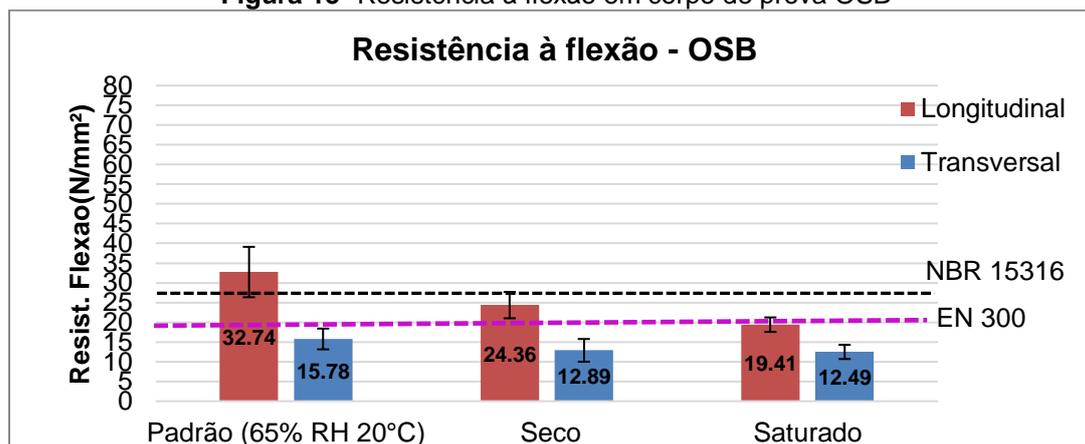
(b)

Os resultados de leitura de carga e deformação foram obtidos através do relatório emitido pela máquina universal. A análise é feita no item a seguir.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

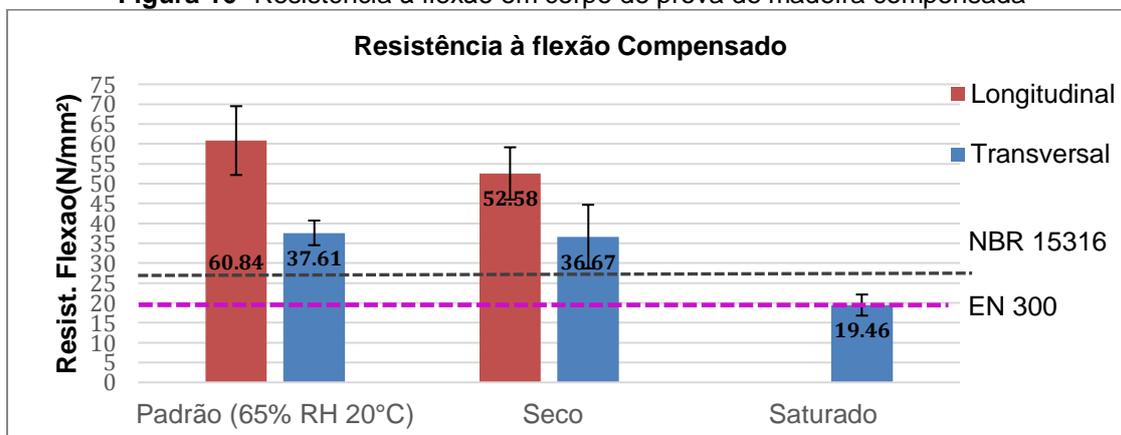
Observa-se que o OSB obteve maior resistência à flexão no eixo longitudinal do que no transversal (Figura 15). Nas condições padrão, ou seja, quando o material é exposto à temperatura de 20°C e 65% de umidade relativa do ar é possível obter uma média de 32,74 N/mm² de resistência à flexão, sendo esta a condição com melhor comportamento do material. Na condição seca e saturada, observa-se que há uma queda na resistência à flexão deste material. As linhas tracejadas representam os parâmetros normativos da NBR 15316 e EN 300, demonstrando que apenas na condição padrão o material se mostra satisfatório e passível de aceitação no Brasil.

Figura 15- Resistência à flexão em corpo de prova OSB



A figura 16 representa a resistência à flexão do painel de madeira compensada. Observa-se que os valores na direção longitudinal foram mais altos do que na transversal, apesar desta diferença não ter sido tão significativa diante do parâmetro estabelecido pela NBR 15316 (26,00 N/mm²).

Figura 16- Resistência à flexão em corpo de prova de madeira compensada



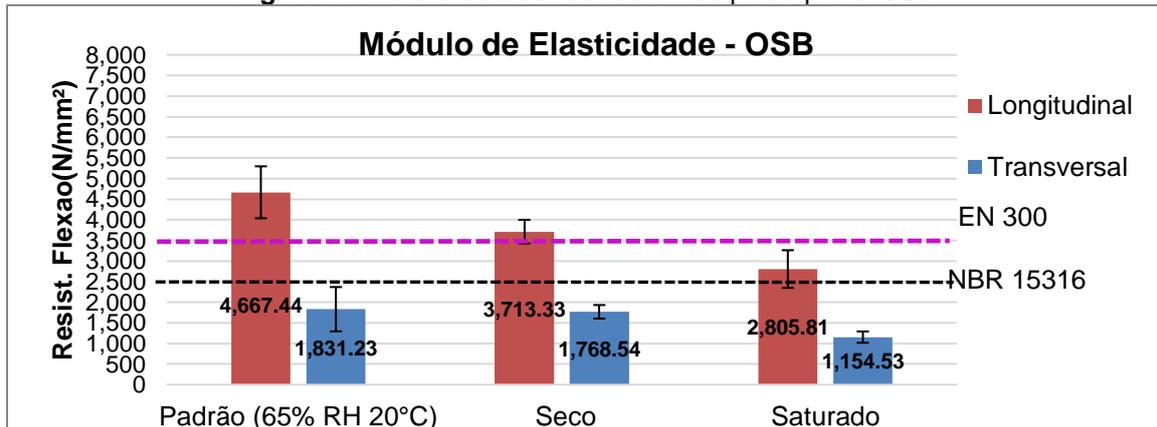
Observa-se que no estado seco e saturado há queda no valor da resistência em ambos os materiais. Mas é notável que quando em contato direto com a água os materiais baixam significativamente a resistência à flexão em relação a condição padrão, ou seja, quando em equilíbrio. Tanto o painel de fibras orientadas (OSB) quanto o painel de madeira compensada naval são materiais compósitos que possuem as propriedades anisotrópicas da madeira maciça. Isto significa que as propriedades na direção longitudinal (carga axial às fibras) são diferentes da direção transversal (carga radial às fibras). Como em madeira maciça, os painéis também possuem menor resistência à flexão quando a carga é aplicada na direção transversal.

Na condição seca há perda de água dos poros dos corpos de prova que é refletido mecanicamente na baixa da resistência à flexão. Isto ocorre devido à ausência de fluídos para distribuição das tensões quando do momento do ensaio. Com a saída da água a compactação aumenta e as tensões são propagadas mais rapidamente. A situação das fibras saturadas em ambos os casos acarretou a queda da resistência à flexão, refletindo em aumento da massa volumétrica e perda de aderência entre as camadas do material.

Observa-se através do Figura 17 que o valor do módulo de elasticidade do painel OSB sofreu um decréscimo de acordo com as alterações das condições, mas que ainda assim esteve dentro dos limites parametrizados para a norma brasileira, não atendendo apenas no estado saturado ao parâmetro da norma europeia. Observa-se que como nos resultados de

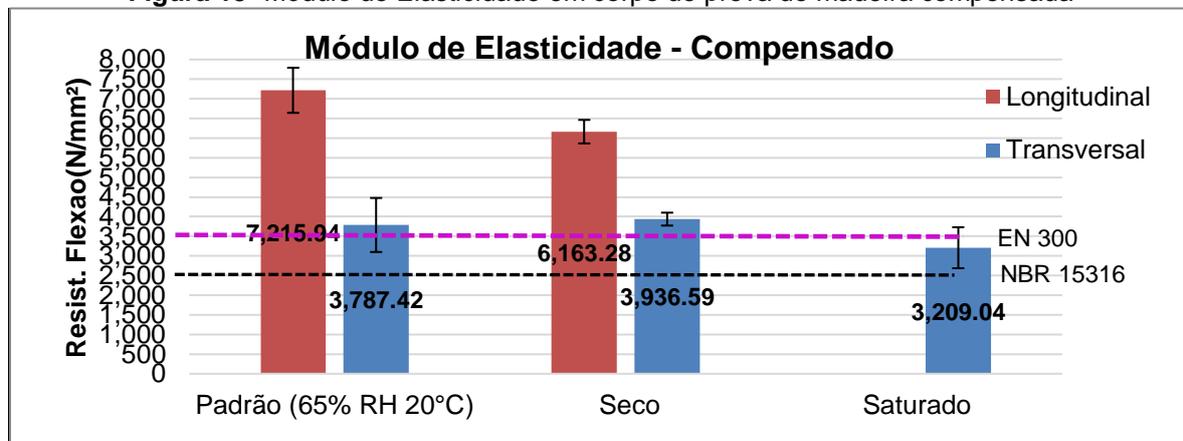
resistência à flexão, no sentido transversal são encontrados menores valores para o módulo de elasticidade.

Figura 17-Módulo de Elasticidade em corpo de prova OSB



Para o painel de madeira compensada os valores do módulo de elasticidade alcançados foram elevados em relação aos parâmetros estabelecidos na norma brasileira. Quanto ao parâmetro da norma europeia somente na direção transversal o valor está abaixo da referência (Figura 18).

Figura 18- Módulo de Elasticidade em corpo de prova de madeira compensada

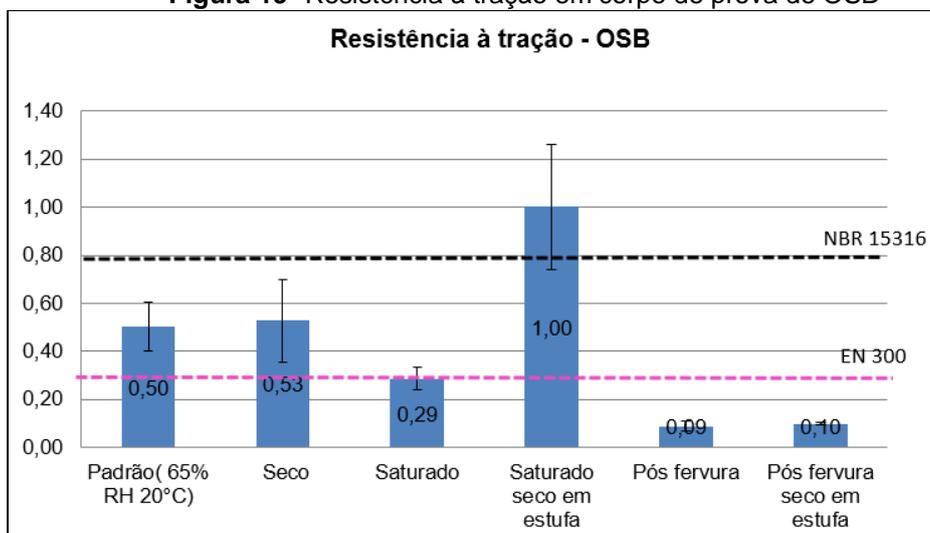


Observa-se que a variação do módulo de elasticidade no sentido longitudinal para o transversal quando submetido a cargas são consideravelmente maiores (Figura 18). O comportamento elástico destes materiais quando submetidos ao contato direto com água diminui significativamente em relação a condição padrão. Internamente à estrutura destes materiais, quando submetidos da condição padrão para a condição seca há uma leve queda na resistência à flexão e módulo de elasticidade. isto ocorre devido à perda de equilíbrio interno quanto ao teor de umidade diante da característica anisotrópica dos materiais compósitos de madeira. No estado saturado há a presença de água ocupando os poros vazios, que exerce pressão nas paredes da célula da madeira expandindo-a, ou seja, aumentando sua massa volumétrica.

Porém ao passar pelo processo de secagem ocorre a retração das paredes das fibras tornando-a mais compacta resultando em aumento na rigidez do material. A madeira como um sólido visco elástico ao ser submetida a atuação de carga se deforma elasticamente seguida de imediata fluência de forma lenta (deformação elástica retardada). Isto explica o comportamento mecânico elástico deste material representado por altos valores mesmo quando em condições secas e saturadas, principalmente ao longo da direção longitudinal.

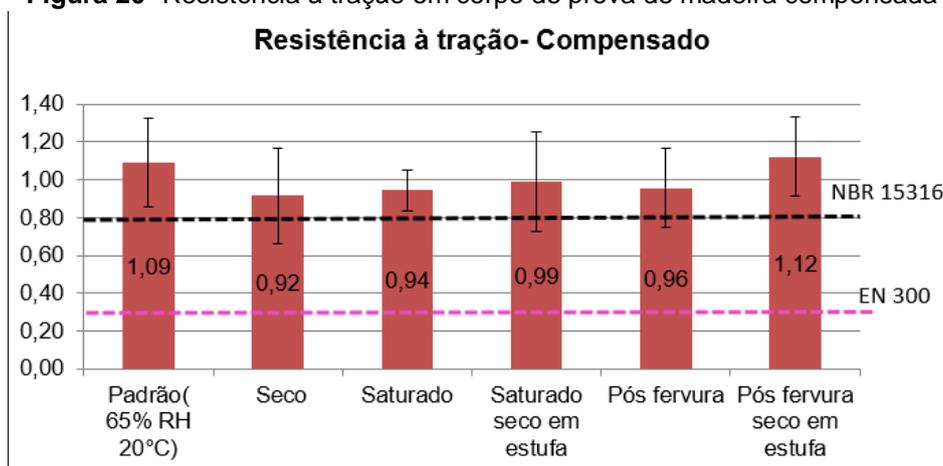
Quanto a resistência à tração do OSB, nota-se um leve acréscimo (Figura 19) para as condições seca e saturado seco em estufa em relação a condição padrão. Para as condições saturadas a resistência cai significativamente.

Figura 19- Resistência à tração em corpo de prova de OSB



As amostras de madeira compensada testadas à tração obtiveram maiores resultados quando comparados aos de OSB. Os valores de resistência a tração se mantiveram próximos da condição padrão ainda que seco, saturado e submetido à fervura. Através da fervura é possível simular o envelhecimento do material por vários ciclos de variação de umidade. Nota-se que após passar pela fervura os corpos de prova submetidos a estufa tiveram acréscimo de resistência a tração, demonstrando o efeito da expansão volumétrica com perda de resistência e subsequente aumento quando em perda de água diante da compacidade das fibras (Figura 20).

Figura 20- Resistência à tração em corpo de prova de madeira compensada



Observa-se que o comportamento mecânico destes materiais quando submetidos a tração depende da massa volumétrica. As chapas de OSB em relação ao compensado teve queda na resistência à tração, principalmente após ciclo de fervura. Apesar da madeira possuir baixa resistência a tração, nota-se que em painéis a resistência ocorre principalmente em função do processo produtivo e dos adesivos colantes.

6. CONCLUSÃO

O comportamento mecânico quanto a resistência à flexão e módulo de elasticidade diferem de acordo com a direção das fibras (longitudinais ou transversais) decorrente da anisotropia da madeira. Quanto a resistência à flexão o OSB atendeu as referências normativas (20,00 a 26,00 N/mm²) apenas na direção longitudinal em todas as condições. A chapa de madeira compensada atendeu os limites normativos, independente da direção das fibras e do grau de saturação.

Quanto ao módulo de elasticidade, o OSB atingiu os parâmetros normativos (2.500,00 a 3500,00 N/mm²) somente na direção longitudinal e o compensado atendeu em todas as direções e teores de umidade. Os resultados de resistência à tração nas chapas OSB quando em condição saturada não atenderam aos parâmetros normativos quanto à resistência à tração (0,32 a 0,80 N/mm²). Já as chapas de madeira compensada atenderam aos requisitos normativos independentes da condição de umidade.

Apesar de menos utilizado no Brasil, o painel de madeira compensada apresentou melhores comportamentos mecânicos que os painéis OSB. A atuação da água tanto através da umidade higroscópica quanto pelo contato direto altera de forma significativa as propriedades mecânicas dos painéis OSB e compensado. Assim sendo, sistemas de proteção devem ser projetados sempre que estes materiais forem aplicados em sistemas construtivos como *light steel frame* que diante de altas taxas de umidade pode diminuir sua durabilidade.

REFERÊNCIAS

AGHAYERE, A.; VIGIL, J. Structural Wood Design. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2007.

AGRICULTURE, U. S. Department of. The Encyclopedia of Wood. Washington, DC: Simon And Schuster, 2011.

ALMEIDA, F. A. L. DE. A madeira como material estrutural. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2012.

ALIL, C.; ROCCO, F.; BALLESTEROS, D. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais, vol.2. São Paulo: IBRACON, 2007.

APA. Engineered Wood Construction - Product Guide W410E. Washington: APA HEADQUARTERS, 2016.

APA. Oriented Strand Board - Product Guide W410. Washington: APA HEADQUARTERS, 2017. Disponível em: <<https://www.apawood.org/publication-search?q=W410&tid=1>>. Acesso em 12 mai, 2019.

APA. Sanded Plywood - Product Guide K435F. Washington: APA HEADQUARTERS, mai 2011. Disponível em: <<https://www.apawood.org/publication-search?q=K435&tid=1>>. Acesso em 15 mai 2019.5

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 2074 Madeira Compensada - Vocabulário. Rio de Janeiro. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15316-1:2019 Painéis de fibras de média densidade - Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2019.

BERGLUND, L.; ROWELL, R. M. Wood Composites. In: Handbook of wood chemistry and wood composites. Madison, WI. CRC Press, 2005. p. 281-300.

CAMPOS, P. F. Light Steel Framing: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo,

2014.

CBCA - Centro Brasileiro em Construção em Aço. Obras com sistema light steel frame. 2017. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detalhes.php?cod=7409>>.

CEPLPLAC. Especificações técnicas Compensado Naval. Disponível em: <http://www.celplac.com.br/nossos-produtos/>. Acesso em: 15 mai. 2019.

CÔTÉ, W. A. Principles of wood science and technology. Vol I Solid Wood. Reprint Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. Springer-Verlag, 1984.

DINWOODIE, J. M. Timber its nature and behavior. Princes Risborough Laboratory. Building Research Establishment. New York. USA. Van Nostrand Reinhold Company Ltd, 1981.

EN 300/2006 - Oriented Strand Boards (OSB) - Definitions, classification and specifications.

EN 310/1993 - Wood-based panels - Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength

EPF. OSB Technical information sheet. Brussels: European Panel Federation, 2018. Disponível em: <<http://www.osb-info.org/technical.html>>. Acesso em: 1 maio. 2019.

WILLIAMS, S. R. Weathering of Wood. In: Handbook Of Wood Chemistry And Wood Composites. Madison, WI. CRC Press, 2005. p. 142-178.

GLOBALWOOD. Compensado Naval. Disponível em: <<http://globalwood.com.br/compensado-naval-1/>>. Acesso em 15 mai. 2019.

HENDRIGO, T. Estudo da Estabilidade Dimensional de Madeiras Tropicais Brasileiras. Tese (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Programa de Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade de São Paulo. São Carlos. 2015.

LUBE, V. M. Effects of moisture-induced thickness swelling on the microstructure of oriented strand board, p.18. University of British Columbia. Vancouver. 2016. Disponível em: <<https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/24/items/1.0339891>>. Acesso em: 01 mai. 2019.

LOGSDON, Norman Barros. INFLUÊNCIA DA UMIDADE NAS PROPRIEDADES DE RESISTÊNCIA E RIGIDEZ DA MADEIRA. 1998. 200 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

MORESCHI, J. C. Propriedades Tecnológicas da Madeira. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Setor de Ciências Agrárias/UFPR, 2010.

OBS-I. How to handle the OSB plate from moisture and is it necessary? Disponível em: <<https://osb-l.info/osb/osb-the-handle-against-moisture.html>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

OBS-I. OSB 3 plate: technical characteristics, application and advantages. Disponível em: <<https://osb-l.info/osb/osb-3-technical-specifications-and-applications.html>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

PFEIL, W.; PFEIL, M. Estruturas de Madeira: 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

PERTUZZATTI, A. CONTE, B., MISSIO, A. L., GATTO, D. A., HASELEIN, C. R., SANTINI, E. J. Influência da Umidade na Resistência da Madeira de Eucalipto a Impactos. Floresta e Ambiente. São Paulo, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.092514>

ROWELL, R., Wood Chemistry and Wood Composites: Taylor & Francis, 2015.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES HIGROSCÓPICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus saligna* Sm. EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE RELATIVA DO AR. Sociedade de Investigações Florestais, Viçosa, Mg, v. 2, n. 27, p.233-239, fev. 2003.

SINAT. Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a

frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Steel Framing”). Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos Nº 003 - Revisão 2. Brasília, 2016. Disponível em <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>. Acesso em 15 mai.2019.

VELJKOVIC, M.; JOHANSSON, B. Light steel framing for residential buildings. Thin-walled structures. n.44. p.1272-1279. 2006.

WINANDY, J. E.; ROWELL, R. M. Chemistry of Wood Strength. In: Handbook of Wood chemistry and Wood Composites. Madison, WI. CRC Press, 2005.