

ANÁLISE DA EFETIVIDADE DE IMPERMEABILIZANTES EM PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA OU COMPENSADA EM CONTATO COM O SOLO

EFFECTIVENESS ANALYSIS OF WATERPROOFING PRODUCTS IN PLANTED AND PADDED WOOD BOARDS IN CONTACT WITH THE GROUND

CAMPOS, Cristiane Inácio de

Professora no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (FEG)
Universidade Estadual Paulista (UNESP)
cristiane.campos@unesp.br

SUGAGARA, Estefani

Doutoranda pela Universidade Estadual Paulista - FEG/UNESP
Universidade Estadual Paulista (UNESP)
estefani.sugahara@unesp.br

ARROYO, Felipe Nascimento

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv)
Universidade Federal de São Carlos
lipe.arroyo@gmail.com

CHRISTOFORO, André Luis

Professor no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGECiv)
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
christoforoal@yahoo.com.br

NASCIMENTO, Maria de Fátima do

Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeiras (LAMEM), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP)
fatinasc357@alumni.usp.br

LAHR, Francisco Antônio Rocco

Professor no Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Estruturas (EESC)
Universidade de São Paulo (USP)
frocco@sc.usp.br

RESUMO

O déficit habitacional brasileiro encontra-se em 5,8 milhões de moradias e 24,8 milhões de residências que apresenta algum tipo de inadequação. Com o intuito de aumentar a quantidade de habitações e trazer qualidade, os painéis derivados de madeira, como por exemplo o painel de madeira compensada ou aglomerada, são alternativamente excelentes quando comparado com o sistema usual de concreto armado. Além do mais, estes painéis são compatíveis com a utilização em sistemas construtivos modulares, conseguindo construir de forma segura, rápida e de qualidade. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos de tratamentos com impermeabilizantes (Esmalte Sintético, Epóxi, Arseniato de Cobre Cromatado e Pentox) em painéis de madeira através de um estudo de durabilidade. Os materiais, após serem submetidos à aplicação de quatro diferentes tipos de revestimento impermeabilizantes e expostos a uma condição agressiva de intemperismo natural em contato direto com o solo, foram ensaiados para a avaliação de seu comportamento na flexão. Os resultados obtidos possibilitam concluir que os impermeabilizantes considerados não foram efetivos na preservação dos painéis quando submersos no solo por um período de 3 meses. Dessa forma, por segurança, recomenda-se evitar o contato direto destes painéis com o solo, porém, estes ainda podem ser utilizados em ambientes internos secos.

Palavras-chave: Painel compensado. Durabilidade. Revestimento preservativo.

ABSTRACT

The Brazilian housing deficit is found at 5.8 million homes and 24.8 million dwelling presents some type of inadequacy. In order to increase the number of dwelling and bring quality, wood-based panels, e.g., plywood or chipboard, are alternatively excellent when compared to the usual reinforced concrete system. Furthermore, these panels are compatible with the use in modular construction systems, being able to build safely, quickly and with quality. Thus, this work aims to evaluate the effects of treatments with waterproofing (i.e., Synthetic Enamel, Epoxy, Chromed Copper Arsenate and Pentox) on wood panels through a durability study. The materials, after being subjected to the application of four different types of waterproofing coating and exposed to an aggressive condition of natural weathering in direct contact with the soil, were tested to evaluate their behavior in bending. The results obtained make it possible to conclude that the waterproofing agents considered were not effective in preserving the panels when submerged in the ground for a period of 3 months. Thus, for safety, it is recommended to avoid direct contact of these panels with the ground, however, they can still be used in dry indoor environments.

Keywords: Plywood panel. Durability. Condom coating.

1 Introdução

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Regional, o déficit habitacional brasileiro encontra-se em 5,8 milhões de moradias e a quantidade de residências que apresenta algum tipo de inadequação (de infraestrutura urbana ou inadequações edilícias, como a utilização de materiais inadequados, entre outros) chega a mais de 24,8 milhões. Tendo em vista que esses números apresentam tendência de aumento, torna-se imprescindível a adoção de medidas para reduzir esse déficit e também diminuir a inadequação de moradias no País (BRASIL, 2021).

Assim, mostra-se evidente a necessidade de um número expressivo de habitações de interesse social para uma parcela da população que não possui recursos financeiros suficientes para adquirir uma moradia comercializada pelo setor privado. Não obstante, além dos aspectos quantitativos, é inerente que aspectos relacionados à qualidade da habitação sejam levados em consideração (REIS; LAY, 2010).

Como o problema do déficit habitacional e inadequação de moradias vem tornando-se cada vez mais complexos no Brasil em decorrência da escassez de recursos públicos e o empobrecimento populacional, faz-se necessária a busca por alternativas no ramo da construção civil como o estudo de materiais buscando sua utilização adequada, de forma a aproveitar todas as potencialidades disponíveis (BARBOZA; BARBIRATO; SILVA, 2008). Isso vai de encontro com o citado por Alves, Ferreira e Cavalcante (2019) que afirmaram que a sociedade atual busca tecnologias que supram as necessidades globais e regionais, o que dá origem a novos tipos de métodos construtivos, com objetivo de solucionar ou amenizar impasses sociais e ambientais.

Assim, visto que nos países em desenvolvimento como o Brasil questões de ordem econômica ainda se mostram como uma das principais restrições que afetam diretamente a qualidade das habitações e considerando o elevado custo de materiais de qualidade, procuram-se soluções mais acessíveis para resolver problemas relacionados ao desempenho das edificações (SAMPAIO et al., 2020).

Verifica-se também que o modo tradicional de se construir no Brasil exhibe discordância com os pilares da sustentabilidade (preocupações ambientais e sociais e desenvolvimento econômico) pois ainda apresenta baixa produtividade, grande consumo e desperdício de materiais, alta geração de resíduos e atrasos de cronograma que geram aumento de custos desnecessários. Deste modo, a forma tradicional de construir dificulta a possibilidade de se oferecer edificações de qualidade, a preços acessíveis e, também, a demora nas construções devido à baixa produtividade, se opõe a outro dos pilares da sustentabilidade – a preocupação social. (ZANOTO; ROTTER; CAMPOS, 2021).

Em contrapartida existem técnicas inovadoras de industrialização da construção, como a construção pré-fabricada modular que pode oferecer benefícios como: melhoria da segurança do processo, construção mais rápida, melhor segurança do trabalhador, menor desperdício, menos resíduos, garantia de qualidade aprimorada e custo de produção menor. Nesse método, a etapa de produção dos módulos pode ser feita

até 95% na fábrica, em um ambiente controlado e finalizada a construção modular, a mesma não se distingue em nada das construções tradicionais (SOUZA; DEMENIGHI; LIBRELOTTO, 2021).

São diversos os materiais aplicáveis neste método construtivo, no entanto a madeira e seus produtos derivados como os painéis de madeira aglomerada e compensada, se destacam entre os demais, visto que a madeira é um material renovável e sua conversão em produtos acabados exige recursos modestos, se comparada ao aço, alumínio ou cimento. Além disso estes apresentam boas características físicas e mecânicas, de isolamento térmico, acústico e elétrico, aliadas a uma baixa reatividade química e podem ser trabalhados com facilidade e amplamente empregados na construção de moradias, incluindo seu uso na forma de paredes internas ou externas. Entretanto, apesar das vantagens proporcionadas, muitas vezes os produtos de madeira podem ser empregados de forma inadequada, resultando em desempenho insatisfatório (CAMPOS, 2000). E uma vez que é necessário a garantia de conforto e qualidade ao usuário, independentemente do padrão das edificações, os desempenhos mínimos devem ser cumpridos (ZANOTO; ROTTER; CAMPOS, 2021).

Neste contexto, painéis compósitos portantes de madeira surgem como uma boa alternativa a ser utilizada em construções industrializadas ou modulares em habitações de interesse social. Nestes compósitos os painéis de madeira aglomerada e compensada são unidos através de uma estrutura portante composta por vigas de madeira maciça, tirantes, revestimento em ambos os lados com material isolante. Neles as cargas verticais são transmitidas para os pilares que se apoiam nas fundações e o revestimento é colado ou pregado à estrutura portante (CAMPOS, 2000).

Diante desse panorama, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de tratamentos preservativos em painéis de madeira aglomerada e compensada através de um estudo de durabilidade. Os materiais, após serem submetidos à aplicação de quatro diferentes tipos de revestimento preservativo e expostos a uma condição agressiva de intemperismo natural em contato direto com o solo, foram ensaiados para a avaliação de seu comportamento na flexão para verificação de potenciais aplicações para o compósito estudado.

2 Material e Métodos

Para realização do estudo foram utilizados painéis comerciais de madeira aglomerada e compensada, ambos produzidos com resina ureia-formaldeído e produtos químicos preservativos adquiridos em lojas de materiais de construção.

As amostras utilizadas foram seccionadas nas dimensões propostas pela ASTM D-1037 (2006) para teste de flexão estática.

No entanto, tendo em vista que não existe uma norma que defina uma metodologia específica de avaliação de durabilidade de painéis de madeira para uso em contato direto com o solo, foi proposto neste trabalho uma simulação experimental, que consistiu em uma situação de envelhecimento natural, com exposição às intempéries em um ambiente altamente agressivo durante um período de 3 meses.

Assim, os painéis foram dispostos às intempéries em uma área livre de edificações próximas, localizada no Condomínio Samambaia, na cidade de São Carlos/SP, durante os meses de dezembro a fevereiro. Destaca-se que o período escolhido foi o de maior incidência de chuvas e altas temperaturas, podendo ser considerado o período mais crítico do ano.

Após esse período, foi avaliada a perda de resistência mecânica do material, através de ensaios que mensuraram a carga de ruptura de flexão (MOR) com base nos procedimentos estabelecidos pela Norma Americana ASTM D-1037 (ASTM, 2006) e a comparação, através de análise estatística, dos resultados obtidos para os quatro tratamentos propostos e as amostras de referência.

A experimentação foi desenvolvida em duas fases, sendo a primeira a exposição do material às intempéries, em seguida, o material foi ensaiado à flexão com base nos procedimentos da ASTM D-1037 (2006) e rompidos, obtendo-se a carga de ruptura dos materiais (MOR) para os diversos tratamentos

efetuados. Os dados foram então analisados estatisticamente.

2.1 Preparo dos corpos-de-prova

Os painéis de aproximadamente 10mm de espessura foram cortados nas dimensões de 50 x 300mm, totalizando 10 corpos de prova para cada tipo de revestimento e para cada tipo de painel, o que resultou em 100 corpos de prova ao todo considerando-se também 10 corpos de prova da condição de referência.

Após corte, os corpos-de-prova foram tratados e os tratamentos preservativos foram aplicados de acordo com as recomendações de uso de cada fabricante (Figura 1.a), em todas as faces, incluindo as bordas das amostras (Figura 1.b).

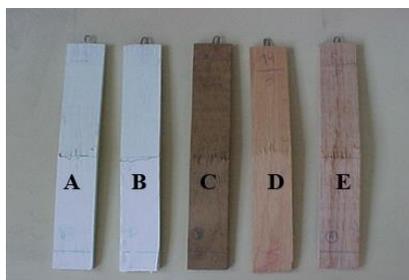
Figura 1: Tratamento (a) e secagem (b) dos corpos-de-prova.



Fonte: Autoria própria.

Além de amostras dos materiais na condição natural, sem nenhum tipo de tratamento químico (Ref, Figura 2-e), foram utilizados como tratamento preservativo: Esmalte Sintético (Esm, Figura 2-a), Epóxi (Epo, Figura 2-b), Arseniato de Cobre Cromatado (CCA, Figura 2-c), Pentox (Pent, Figura 2-d), os quais foram aplicados de acordo com as recomendações de cada fabricante.

Figura 2: Corpos-de-prova após ensaio de flexão.



Fonte: Autoria própria

2.2 Experimentação dos corpos-de-prova

Depois da aplicação e cura dos tratamentos preservativos, as amostras foram submetidas a um ensaio experimental de intemperismo natural, simulando condições agressivas de exposição às intempéries, com objetivo de verificar a efetividade dos tratamentos propostos em uso em contato direto com o solo.

Apesar de os painéis não serem utilizados usualmente em contato direto com o solo nos canteiros de obra, esta metodologia foi adotada de modo a se avaliar se os tratamentos em questão permitiriam a utilização destes com segurança nessas condições. Para tanto, as amostras tratadas foram enterradas até aproximadamente metade de seu comprimento (± 150 mm) e, para cravar os corpos-de-prova, foram utilizadas chapas de apoio para que o martelo não batesse diretamente nas amostras (Figura 3).

Figura 3: Colocação dos corpos-de-prova no campo de experimentação.



Fonte: Autoria própria

Após 3 meses de exposição às intempéries em contato com o solo, as amostras foram submetidas a ensaio de flexão estática, cujos procedimentos foram baseados na ASTM D-1037 (2006) e, posteriormente, os dados foram analisados estatisticamente.

2.3 Análise estatística dos resultados

A análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% de significância, foi utilizada para verificar a possível diferença entre os valores médios do módulo de resistência na flexão estática (MOR) dos painéis de madeira aglomerada e compensada revestidos com os cinco tratamentos considerados (CCA, Epo, Esm, Pent, Ref).

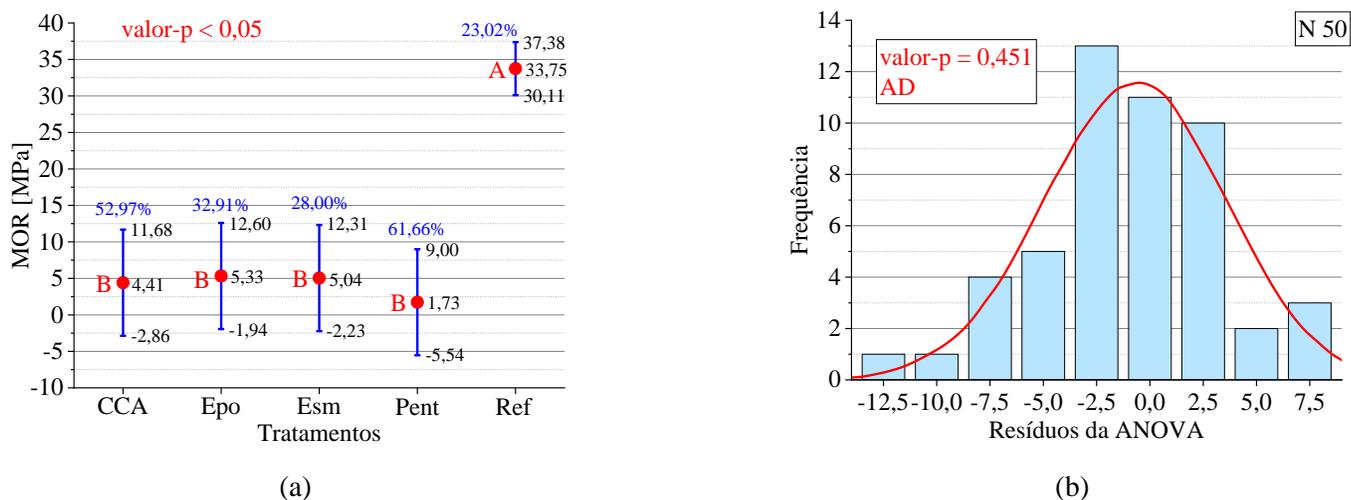
Pela formulação da ANOVA, valor-p (probabilidade p) maior ou igual ao nível de significância implica na equivalência das médias entre os tratamentos, e na não equivalência em caso contrário (valor – $p < 0,05$). O teste de Anderson-Darling, também ao nível de 5% de significância, foi utilizado para avaliar a normalidade na distribuição dos resíduos da ANOVA. Do teste de normalidade, valor-p maior ou igual a 0,05 indica normalidade na distribuição dos resíduos, o que valida dos resultados da ANOVA.

Acusada diferença significativa nos valores médios (valor-p da ANOVA $< 0,05$), na sequência foi-se utilizado o teste de contraste de médias de Tukey (5% de significância). Do teste de Tukey, A denota o tratamento associado ao maior valor médio da propriedade, B o tratamento associado ao segundo maior valor médio e letras iguais implicam em tratamentos distintos com médias estatisticamente equivalentes entre si.

4 Resultados da pesquisa

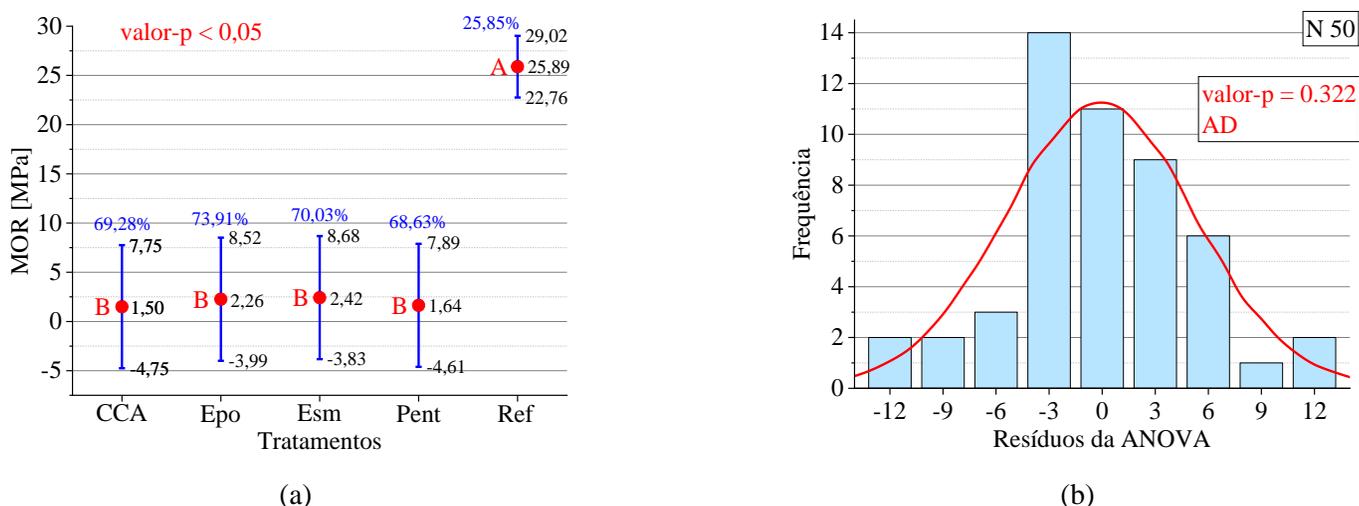
Nas Figuras 4 e 5 são apresentados a síntese dos resultados do módulo de resistência na flexão estática dos painéis e do teste de normalidade de resíduos da ANOVA para os painéis compensados (Figura 4) e aglomerados (Figura 5).

Figura 4: Síntese dos resultados do módulo de resistência na flexão estática (a) e do teste de normalidade de resíduos da ANOVA (b) dos painéis compensados.



Fonte: Autoria própria.

Figura 5: Síntese dos resultados do módulo de resistência na flexão estática (a) e do teste de normalidade de resíduos da ANOVA (b) dos painéis de madeira aglomerada.



Fonte: Autoria própria.

Nelas podem ser observados os valores médios, os intervalos de confiança da média (95% de confiabilidade), os coeficientes de variação (%), os valores-p da ANOVA (5% de significância), os resultados do teste de contraste de médias de Tukey e o resultados do teste de normalidade de Anderson-Darling (AD) sobre os resíduos da análise de variância referentes ao módulo de resistência na flexão estática (MOR) dos painéis de madeira compensada e aglomerada, respectivamente.

Além do mais, nota-se a significativa diferença nos valores médios do MOR dos painéis da condição de referência para com os valores médios dessa propriedade dos painéis revestidos com os quatro produtos e submersos no solo.

Para ambos os tipos de painéis (madeira aglomerada e compensada) e considerando os quatro tipos de produto utilizados como revestimentos, 3 meses de submersão desses no solo impactou em perda da funcionalidade dos compósitos, sendo as maiores diferenças com a relação da condição de referência notadas nos painéis de madeira aglomerada.

Não foram notadas diferenças significativas nos valores médios do MOR dos painéis de madeira aglomerada ou de madeira compensada pelo uso dos quatro tipos de revestimento, ou seja, os revestimentos não foram capazes de preservar as propriedades dos compósitos nos três meses de intemperismo.

Em seu trabalho, Garzón Barrero, (2015) produziu painéis de partículas aglomeradas utilizando partículas de bagaço de cana-de-açúcar com resina bicomponente a base de mamona e avaliou as

propriedades mecânicas dos painéis particulados, de acordo com a norma ASTM D-1037, antes e após o ensaio de envelhecimento acelerado, onde os painéis passaram por ciclos de imersão em água, vapor, congelamento e ar quente e seco por um período total de 48h. Como resultado, verificou-se MOR de 21,7MPa para os painéis que não passaram por envelhecimento e 6,3 MPa após os ciclos de envelhecimento, totalizando MOR retido de 29%.

Estes resultados são superiores aos encontrados para os painéis aglomerados comerciais utilizados nessa pesquisa, visto que o material de referência apresentou MOR médio de 25,9 MPa, enquanto que as porcentagens retidas foram de 5,8% CCA, 8,7% Epo, 9,4% Esm e 6,3% Pent. No entanto verifica-se que o MOR obtido por Garzón Barrero, (2015) também indicou a perda da funcionalidade dos compósitos, cuja resistência mínima é de 11 MPa na condição mais favorável de acordo com a classificação Brasileira segundo a NBR 14810-2 (ABNT, 2013) para painéis de partículas de média densidade do tipo P1.

Nos painéis de madeira compensada observou-se um menor valor do coeficiente de variação (CV) dos painéis revestidos com o epóxi e com o esmalte, entretanto, tal performance não foi notada nos painéis compensados, em que todos os revestimentos resultaram em valores do CV próximos de 70%.

Segundo catálogo técnico de compensado de pinus da ABIMCI (2007), um compensado de 5 lâminas com espessura de 12 mm deve apresentar resistência mínima à ruptura na flexão estática em torno de 28 MPa. Ou seja, o painel utilizado neste estudo sem contato direto com às intempéries atendia as condições sugeridas. No entanto, quando expostos durante os três meses, mesmo sem tratamento não mantiveram o desempenho e perderam as propriedades, indicando que o uso se limita a ambientes internos, sem exposição direta à ação de sol e chuva e contato direto com o solo.

5 Conclusões

Os resultados obtidos da presente pesquisa possibilitam concluir que os quatro tipos de revestimentos considerados (Esmalte Sintético, Epóxi, Arseniato de Cobre Cromatado, Pentox) sobre os painéis de madeira aglomerada ou compensada não foram efetivos na preservação dos compósitos quando submersos no solo por um período de 3 meses. Dessa forma, para garantia da segurança, mesmo para uso em construções provisórias, recomenda-se evitar o contato direto dos painéis com o solo e recomenda-se a utilização apenas em ambientes internos, sem exposição direta às intempéries.

Sugere-se, para trabalhos futuros, alterações na metodologia de avaliação da durabilidade, para aferição do comportamento de degradação do material em situação de envelhecimento, natural, ou acelerado utilizando técnicas sem contato direto com solo, simulando usos em situações menos agressivas. Sugere-se também a utilização de outros tipos de impermeabilizantes, como por exemplo, a resina bicomponente à base de mamona, ou mesmo o tratamento das lâminas ou painéis com preservantes químicos, ou por meios mais sustentáveis que vem apresentando destacado desempenho como, por exemplo, o tratamento térmico dos painéis.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP processo nº 1997/14453-2, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por financiar o desenvolvimento deste estudo e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

ABIMCI. Nova norma deve impulsionar o uso do light wood frame no Brasil. 2021. **Abimci, Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente**. Available at:

<https://abimci.com.br/nova-norma-deve-impulsionar->. Accessed on: 16 Jun. 2021.

ABIMCI, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Catálogo técnico de compensado de pinus**. 2007.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR14810-2: Painéis de partículas de média densidade Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio**. Brazil, 2013.

ALVES, José Victor Pontes; FERREIRA, Rosimery da Silva; CAVALCANTE, Roberta Paiva.

Containers – uma nova alternativa para a construção civil. Estudo direcionado para projetos residenciais.

Revista Principia, p. 19–32, 2019.

ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1037 - Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle**. United States: ASTM International, 2006.

BARBIRATO, Guilherme Henrique Ament; FIORELLI, J; MEJIAA, J; SARASINI, F; TIRILLÒ, J;

FERRANTE, L. Quasi-static and dynamic response of oriented strand boards based on balsa wood waste.

Composite Structures, vol. 219, no. January, p. 83–89, 2019.

BARBOZA, Aline da Silva Ramos; BARBIRATO, João Carlos Cordeiro; SILVA, Marcelle Maria Correia Pais. Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social. **Ambiente Construído**, p. 115–129, 2008.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional. Dados revisados do déficit habitacional e inadequação de moradias nortearão políticas públicas. 2021. Available at: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/dados-revisados-do-deficit-habitacional-e-inadeguacao-de-moradias-nortearao-politicas-publicas>.

CAMPOS, Cristiane Inácio de. **Painéis portantes de madeira e derivados**. 2000. Universidade de São Paulo, 2000.

CERCHIARI, Aline Maria Faria; GAVA, Maristela; GARCIA, José Nivaldo. DE PRODUTOS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO DA MADEIRA Avaliação de produtos para impermeabilização. A árvore, quando viva, contém um determinado teor de água que possibilita o transporte e o armazenamento de compostos essenciais à formação de sua estrutura t. 2010.

GARZÓN-BARRERO, Núbia Mireya; SHIRAKAWA, Márcia Aiko; BRAZOLIN, Sergio; DE BARROS PEREIRA, Ricardo Gomes de Freitas Nuno; DE LARA, Idemauro Antonio Rodrigues; SAVASTANO, Holmer. Evaluation of mold growth on sugarcane bagasse particleboards in natural exposure and in accelerated test. **International Biodeterioration and Biodegradation**, vol. 115, p. 266–276, 2016.

GARZÓN BARRERO, Nubia Mireya. **Estudo da durabilidade de painéis de partículas de bagaço de cana de açúcar e resina poliuretana a base de óleo de mamona para aplicação na construção civil**. 2015. 230 f. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2015.

GÉRARDIN, Philippe. New alternatives for wood preservation based on thermal and chemical modification of wood — a review. **Annals of Forest Science**, p. 559–570, 2016.

KRÜGER, Eduardo L; LAROCA, Christine. Engenharia Civil Avaliação de desempenho térmico de protótipo de baixo custo em madeira de reflorestamento. **REM - International Engineering Journal**,

vol. 62, no. 4, p. 447–454, 2009.

LOPES JUNIOR, WANLEY EDUARDO. **Estudo da durabilidade de painéis OSB de madeira Balsa residual com revestimento químico e natural**. 2020. 101 f. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2020.

NASCIMENTO, Maria Fátima do; CHRISTOFORO, André Luis; CAMPOS, Cristiane Inácio de; ALMEIDA, Diego Henrique de; LAHR, Francisco Antonio Rocco. Efeitos das intempéries na rugosidade de painéis de partículas de Pinus sp. **Ambiente Construído**, vol. 18, no. 3, p. 227–238, 2018.

REIS, Antônio Tarcísio da Luz; LAY, Maria Cristina Dias. O projeto da habitação de interesse social e a sustentabilidade social. **Ambiente Construído**, no. 51, p. 99–119, 2010.

SAMPAIO, Ana Lígia Pessoa; ACCHAR, Wilson; SILVA, Vamberto Monteiro da; FILHO, Ricardo Eugênio Ramos; DE SOUZA, Jonatas Macêdo; PIPOLO, Lisieux Feitosa Gondim. Panorama técnico, socioambiental, estrutural e termoacústico de construções em terra: uma revisão bibliográfica. **Revista Principia**, p. 75–85, 2020.

SANDBERG, Dick; KUTNAR, Andreja; MANTANIS, George. Wood modification technologies - A review. **IForest**, vol. 10, no. 6, p. 895–908, 2017.

SOUZA, Rodrigo Vargas; DEMENIGHI, Alexandra Lima; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Aspectos técnico-construtivos e estéticos nas vedações do sistema construtivo Light Wood Frame. **Principia**, 2021.

ZANOTO, Camila Cardoso; ROTTER, Lucas; CAMPOS, Heloisa Fuganti Simão. Análise comparativa de desempenho entre os sistemas construtivos em concreto armado, alvenaria estrutural e Light Wood Frame. **Revista Principia**, p. 76–85, 2021.