

ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Armando Dias Duarte

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied civil engineering / Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-855-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.554222501>

1. Civil engineering. I. Duarte, Armando Dias. II. Título.
CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “*Collection Applied civil engineering*” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de diversos trabalhos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar, pesquisas cujos resultados possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no profissional.

Os trabalhos desenvolvidos foram realizados em instituições de ensino e pesquisa no Brasil e um em Porto. Nos capítulos apresentados, são encontrados estudos de grande valia nas áreas da educação, construção civil, segurança, métodos numéricos, resíduos sólidos e tratamento de esgoto. A composição dos temas buscou a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, através de temáticas atuais com resoluções inovadoras, descritas nos capítulos da coleção. Sendo assim, a divulgação científica é apresentada com grande importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, como a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulgarem seus resultados.

Armando Dias Duarte

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

METODOLOGIA PBL COMO ALTERNATIVA PARA VIABILIDADE DO ENSINO NO CONTEXTO DE PANDEMIA DA COVID-19

Luamim Sales Tapajós
Valquíria Santana da Silva
Fabiano Hector Lira Muller
Ronne Clayton de Castro Gonçalves
Andryo Henrique Freitas da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225011>

CAPÍTULO 2..... 12

PATOLOGIAS EM IMÓVEL POR AUSÊNCIA DE IMPERMEABILIZAÇÃO - ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO NA CIDADE DE MANAUS

Rosalina Siqueira Moraes
Anna Isabell Esteves Oliveira
Kassem Assi
Fátima Mendes Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225012>

CAPÍTULO 3..... 20

PERMEABILIDADE MÍNIMA DE ESPÉCIES DE MADEIRA PARA A PRODUÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC)

Kelly Dayane Nadaleti de Souza
Bárbara Branquinho Duarte
Francisco Antonio Rocco Lahr

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225013>

CAPÍTULO 4..... 32

UTILIZAÇÃO DA INJEÇÃO DE RESINA EPÓXI COMO MÉTODO DE CORREÇÃO DO SOMCAVO EM FACHADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO

Guilherme Alves Correa
Marcus Daniel Friederich dos Santos
Yuri Dos Santos Tatim Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225014>

CAPÍTULO 5..... 46

ANÁLISE COMPARATIVA TERMOACÚSTICA ENTRE O SISTEMA MONOLÍTICO COM PAINEL DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) E A ALVENARIA CONVENCIONAL

Pedro Afonso de Araújo Costa
Felipe Daniel Bastos Lopes
Marco Antônio de Moura Fortes
Tiago de Macêdo Lima Moura Fé
Renan Maycon Mendes Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225015>

CAPÍTULO 6..... 64

A IMPORTÂNCIA DA CALDA DE CIMENTO PARA INJEÇÃO NA PROTENSÃO DE PONTES:
UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE NORMATIVOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS
DE CONTROLE DE QUALIDADE

Paulo André Valadares

Fabio Albino de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225016>

CAPÍTULO 7..... 79

ESTADO DEL ARTE DE LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES DE HORMIGÓN CON
CIMBRA AUTOLANZABLE – UN CASO PRÁCTICO

Pedro Pacheco

Diogo Carvalho

Hugo Coelho

Pedro Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225017>

CAPÍTULO 8..... 92

MODELAGEM NUMÉRICA DE VIGAS DE EQUILÍBRIO VIA MÉTODO DE BIELAS E
TIRANTES

Philippe Queiroz Rodrigues

João da Costa Pantoja

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225018>

CAPÍTULO 9..... 106

MATRIZES DE CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE EVA

Diana Santos de Jesus

Joabson Lima Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225019>

CAPÍTULO 10..... 119

REALCALINIZAÇÃO ELETROQUÍMICA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
CARBONATADAS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Guilherme Alves Correa

Yuri dos Santos Tatim Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250110>

CAPÍTULO 11..... 140

ESTUDO DA ATIVIDADE POZOLÂNICA DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS ATRAVÉS
DE MEDIDAS DE pH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SUSPENSÕES CAL:RESÍDUO

Lucas Gil Duarte

Letícia Freitas Assis

Gean Pereira da Silva Junior

Alan Henrique Vicentini

Mauro Mitsuchichi Tashima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250111>

CAPÍTULO 12.....	153
DESEMPENHO NA REMOÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) EM UM SISTEMA SIMULADOR DE VALA DE FILTRAÇÃO	
Ariston da Silva Melo Júnior	
Kleber Aristides Ribeiro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250112	
CAPÍTULO 13.....	166
POLÍTICA INTEGRADA DE ESG APLICADA À MINERAÇÃO E SUAS RELAÇÕES COM A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA	
Rafaela Baldi Fernandes	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250113	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	177
ÍNDICE REMISSIVO.....	178

PERMEABILIDADE MÍNIMA DE ESPÉCIES DE MADEIRA PARA A PRODUÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE MADEIRÃO LAMINADA COLADA (MLC)

Data de aceite: 01/01/2022

Data de submissão: 08/11/2021

Kelly Dayane Nadaleti de Souza

Escola de Engenharia de São Carlos - USP
São Carlos - SP
<https://orcid.org/0000-0001-8099-8154>

Bárbara Branquinho Duarte

Departamento de Engenharia de Estruturas.
Escola de Engenharia de São Carlos - USP
São Carlos - SP
<https://orcid.org/0000-0003-2944-5153>

Francisco Antonio Rocco Lahr

Departamento de Engenharia de Estruturas.
Escola de Engenharia de São Carlos - USP
São Carlos - SP
<https://orcid.org/0000-0002-3510-8498>

RESUMO: O objetivo do presente estudo teve como base a determinação da permeabilidade mínima de espécies de madeiras à produção de madeira laminada colada (MLC), a fim de levantar dados a partir de ensaios com a madeira *Pinus taeda* (com e sem tratamento), possibilitando uma análise sobre as influências dos tratamentos na permeabilidade da madeira analisada. Para tal, fez-se ensaios de permeabilidade da madeira *Pinus taeda* a partir de 28 corpos-de-prova (CP), das quais 14 delas passaram pelo tratamento de CCA base óxida e as outras 14 não passaram pelo tratamento. Todos os corpos-de-prova de dimensão 20x50 mm foram impermeabilizados com adesivo epóxi, a fim de permitir que a

permeabilidade ocorresse apenas na direção ortogonal desejada, os quais passaram pelo processo de secagem de, pelo menos, 24 horas. O ensaio realizado foi o de fluxo líquido, que permite a passagem do fluido pela amostra a uma certa taxa, medida após a percolação completa, além disso, uma bomba de vácuo acoplada permitiu que fosse feita a leitura da pressão exercida e, posteriormente, analisada em relação a pressão de São Carlos – SP. Com a conclusão dos ensaios, comparou-se os resultados obtidos com os valores de permeabilidade já estudados das espécies utilizadas na produção MLC, como é o caso da madeira do gênero *Eucalyptus* que mostrou, em estudos prévios, permeabilidade à líquido na direção longitudinal de 1,47 cm³, resultado obtido a partir do ensaio de 48 amostras (REZENTE et al. 2018), ou seja, analisando os resultados obtidos das 28 amostras ensaiadas, as mesmas tiveram valores inferiores ao estudado para as madeiras já utilizadas na produção de MLC, com isso, sabendo-se que o *Pinus taeda* vem sendo utilizado para MLC (com e sem tratamento), poder-se-ia concluir que espécies (sejam tropicais ou não) com permeabilidade mínima equivalente às obtidas, podem ser aplicadas para MLC.

PALAVRAS-CHAVE: Permeabilidade, *Pinus*, madeira, MLC.

MINIMUM PERMEABILITY OF WOOD SPECIES FOR PRODUCTION OF GLUED LAMINATED WOOD (GLULAM) STRUCTURAL ELEMENTS

ABSTRACT: The aim of this study was to

determine the minimum permeability of wood species to the production of glued laminated wood (MLC), in order to raise data from tests with *Pinus taeda* wood (with and without treatment), enabling an analysis of the influences of treatments on the permeability of the analyzed wood. For this purpose, permeability tests were carried out on *Pinus taeda* wood from 28 specimens, 14 of which underwent oxide-based CCA treatment and the other 14 did not undergo treatment. All specimens measuring 20x50 mm were waterproofed with epoxy adhesive, in order to allow permeability to occur only in the desired orthogonal direction, which underwent a drying process for at least 24 hours. The test performed was the liquid flow test, which allows the fluid to pass through the sample at a certain rate, measured after complete percolation, in addition, a coupled vacuum pump allowed the reading of the exerted pressure to be made and, subsequently, analyzed in relation to the pressure of São Carlos – SP. With the conclusion of the tests, the results obtained were compared with the permeability values already studied for the species used in the laminated wood production, such as the case of wood of the species Eucalyptus, which showed, in previous studies, permeability to liquid in the longitudinal direction of 1.47 cm³, result obtained from the test of 48 samples (REZENTE et al. 2018), that is, analyzing the results obtained from the 28 samples tested, they had lower values than those studied for the woods already used in the production of laminated wood, thus, knowing that *Pinus taeda* has been used for glued laminated wood (with and without treatment), it could be concluded that species (whether tropical or not) with minimum permeability equivalent to those obtained can be applied for laminated wood.

KEYWORDS: Permeability, *Pinus*, wood, Glulam.

1 | INTRODUÇÃO

Historicamente a madeira foi um dos primeiros materiais utilizados pela humanidade, possuindo papel importante na construção civil, porém, no Brasil, a madeira passou a ser menos utilizada devido ao surgimento de novos materiais e maiores complexidades estruturais. Porém, devido a crescente questão socioambiental, o uso da madeira como sistema construtivo retorna com a intenção de superar os sistemas tidos como “tradicionais” que acabam exercendo papel agressivo ao meio ambiente (RAMOS et al. 2017).

Para que se tenha um uso racional da madeira em projetos estruturais é importante que se tenha conhecimento sobre a resistência e rigidez do material (ZANGIÁCOMO, 2003), além de que com o surgimento da Madeira Laminada Colada (MLC) a utilização da madeira obteve um avanço tecnológico, tornando-a novamente um material de ampla utilização inovadora (GONÇALVES, 2012).

Para produção de MLC a norma ABNT - NBR 7190/1997 prescreve o uso de madeira com densidade de até 0,75 g/cm³, podendo citar o Cedrinho (*Erisma uncinatum* Warm.), árvore ocorrente, em especial, no Estado do Amazonas (Segundinho et al. 2013). Além disso, existem várias espécies utilizadas dentro da construção civil, como Cambará (*Erisma uncinatum*); Cupiúba (*Goupia glabra*); Angelim (*Hymenolobium petraeum*); Maçaranduba (*Manilkara* sp.).

Vale ressaltar que, além da densidade da madeira, a permeabilidade da espécie

tem relação com os adesivos existentes para a produção de MLC (Segundinho et al. 2013), parâmetro que certamente influencia nas aplicações dos adesivos, uma vez que os mesmos terão taxa de infiltração diretamente correlacionada com os poros da madeira.

Finalmente, a presente pesquisa tem papel fundamental na determinação da permeabilidade das madeiras tropicais brasileiras a fim de integrar um importante parâmetro à aplicação de adesivos estruturais na produção de madeira laminada colada (MLC).

2 | OBJETIVO

O objetivo geral da pesquisa prevê a determinação da permeabilidade mínima de espécies de madeiras à produção de madeira laminada colada (MLC), a fim de levantar dados a partir de ensaios, como a madeira do gênero *Pinus* com e sem tratamento, o que irá possibilitar uma análise sobre as influências dos tratamentos na permeabilidade da madeira desse gênero. Porém, devido a restrição ao acesso nos laboratórios, não foi possível ensaiar todas as espécies de madeira desejadas, portanto, os ensaios ficaram limitados apenas à madeira *Pinus Taeda*.

3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Brasil o uso da madeira laminada colada (MLC) usa, além de *Pinus*, madeira de eucalipto, como peças estruturais. Em grande maioria, essas peças são advindas de florestas plantadas, porém, são consideradas exóticas e não fazem parte da flora nativa do país (TEREZO et al. 2010).

A técnica envolvida na utilização da MLC se baseia na colagem de peças de madeira previamente laminadas, secas e selecionadas, onde, após serrada, a madeira se transforma em seções retangulares de diferentes dimensões, que serão, posteriormente, unidas por meio de adesivos espalhados por toda sua extensão. Além de que a sua confecção se baseia na distribuição das fibras feitas em um só sentido e de forma paralela entre si (CHAHUD et al. 2009).

Devido a madeira ser um material de origem orgânica, a mesma é suscetível a sofrer deterioração por agentes biológicos, sendo necessário que se faça uso de espécies com alta durabilidade ou baixa durabilidade com tratamento adequado de preservação. Normalmente a madeira passa por tratamento em autoclave com CCA tipo A (formado por sais de cromo, cobre e arsênio) e CCB (formado por sais de cromo, cobre e boro) (REVISTA DA MADEIRA, 2002).

O *Pinus taeda* é uma conífera com importância econômica, com alta taxa de crescimento e amplamente plantada em clima subtropical e regiões temperadas, naturalmente ocorrida em toda região Sul dos EUA. Além disso, estudos de procedências foram necessários para revelar as variações dos *Pinus*, sendo uma espécie amplamente

utilizada como matéria prima na construção civil, indústria moveleira, serrarias, MDF, entre outros (TRIANOSKI, 2009).

A permeabilidade determinada por meio de fluxo líquido pode partir-se do método de RILEM II.4, o qual se baseia na utilização de um tubo vertical que será preenchido com água destilada, para que a mesma penetre na amostra até que se forme uma gota do lado oposto da mesma. Sendo assim, após a formação da gota, o tubo vertical é novamente preenchido e a velocidade que o fluxo líquido leva para atravessar a amostra retorna que, quanto maior o tempo, menor é a permeabilidade da madeira (Esmailpour et al. 2019).

4 | METODOLOGIA

4.1 Amostras

Os corpos-de-prova *Pinus taeda* foram extraídos numa quantidade de 28 amostras, sendo 14 amostras tratadas com CCA base óxida e 14 amostras sem tratamento, na direção perpendicular às fibras da madeira com dimensões de 20 x 50 mm (SILVA, 2007), como exemplificado na Figura 3 a seguir.

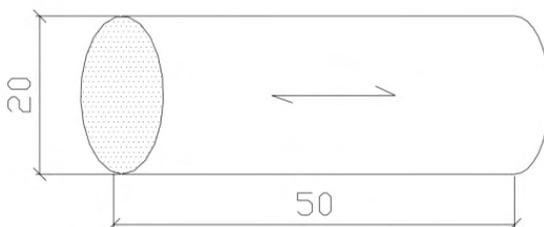


Figura 1 - Dimensão do corpo-de-prova.

Fonte: Determinação da permeabilidade em madeiras brasileiras de florestas plantadas – Marcio Rogério da Silva (2007).



Figura 4 - Corpos-de-prova extraídos da madeira de doação *Pinus taeda*.

Fonte: Autora (2021).

4.2 Impermeabilização das amostras

Para que a permeabilidade do corpo-de-prova ocorresse apenas na direção ortogonal desejada, foi feita sua impermeabilização com adesivo epóxi. Devido a isso, o adesivo foi aplicado após o corte final de cada corpo-de-prova a fim de que o adesivo não fosse danificado durante o corte e conseguisse atingir sua secagem final normalmente (SILVA, 2007).

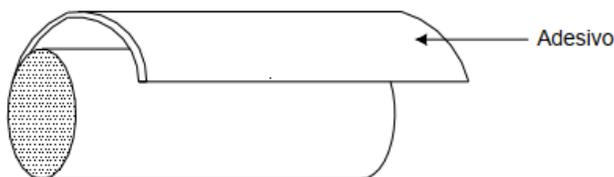


Figura 2 - Adesivo de impermeabilização.

Fonte: Determinação da permeabilidade em madeiras brasileiras de florestas plantadas – Marcio Rogério da Silva (2007).

Após a aplicação do epóxi, os corpos-de-prova ficaram dentro de um sistema isolado para que ocorresse a secagem do adesivo, que durou em torno de 24h, evitando o contato do corpo-de-prova com o meio ambiente (SILVA, 2007).

4.3 Ensaio de fluxo líquido

Para a realização dos ensaios de permeabilidade o Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira (LaMEM) projetou um equipamento para a determinação de fluxo líquido e gasoso, constituído por uma estrutura e suporte de madeira, com junta cônica, a qual possui parede de 5 mm de espessura, servindo de apoio para o conjunto de rolhas. Para que a junta recebesse o vácuo produzido pela bomba de vácuo foi preciso uma ligação com a mesma, feita por meio de um cano de borracha, além de que as torneiras de teflon de 8 mm permitiram a passagem do vácuo, que foi posteriormente liberado pela outra torneira de teflon, também de 8 mm, buretas, conjunto de rolhas, constituído por uma rolha cônica de resina de mamona, rolha cônica de borracha e rolha cilíndrica de teflon que possui um orifício permitindo o encaixe da bureta para a passagem do líquido, permitindo o deslocamento do fluido pelo corpo-de-prova uma vez que essa estrutura permite a vedação para que a pressão seja medida, mufla e bomba de vácuo (SILVA, 2007), porém, para o presente projeto, o equipamento utilizado foi apenas o de fluxo a líquido. Diante da necessidade de evitar que ocorressem imprecisões nos ensaios, o equipamento passou por uma espécie de recuperação, na qual toda a cola antiga e o veda rosca foram removidos,

ao mesmo passo que foram aplicados outros novos, sendo que a vedação com a cola foi feita a cada 2 corpos-de-prova ensaiados, evitando assim o vazamento do líquido entre a rolha de borracha e a rolha de resina de mamona. Além disso, foi acoplada uma bureta de 10ml preenchida com o fluido desejado e o cano de ligação entre a bomba de vácuo e o aparato também foi fixado, permitindo a verificação da pressão, averiguando quaisquer pontos que estivessem ocorrendo vazamento de ar, os quais foram selados para evitar inconsistências nos ensaios.



Figura 3 - Junta cônica em junção com o conjunto de rolhas acopladas e bureta.

Fonte: Autora (2021).

Com todo o aparato verificado, a bureta foi aberta e aguardou-se o momento de percolação completa do fluido no corpo-de-prova, uma vez que a madeira é um material hidrófilo foi necessário aguardar a estabilização da passagem de fluxo. Após a passagem, a bureta foi preenchida novamente até que o menisco do fluxo estivesse na escala graduada de 10 ml, sendo assim, o registro de tempo foi feito com o auxílio de um cronômetro digital, ao mesmo passo que foi anotada a pressão registrada pela bomba de vácuo.

4.4 Permeabilidade

A permeabilidade foi medida de acordo com a lei de Darcy (Siau et al. 1971) após a penetração do líquido no corpo-de-prova de madeira ensaiado, o qual possui diferença de pressão constante (Jankowsky et al. 1986).

Sendo assim, a permeabilidade foi determinada de acordo com o escoamento do fluido líquido pelo corpo-de-prova (CP) a um gradiente de pressão constante (SILVA, 2007) a partir da Equação 1 abaixo:

$$k (cm^3) = \frac{V * L}{t * A * \Delta P} \quad (1)$$

Em que:

- a) V é o volume líquido através do CP (cm³);
- b) L é o comprimento do CP na direção do fluxo (cm);
- c) t é o tempo do fluxo (segundos);
- d) A é a área da seção transversal do CP perpendicular à direção do fluxo (cm²);
- e) ΔP é a diferença de pressão entre a entrada e a saída do CP (atm).

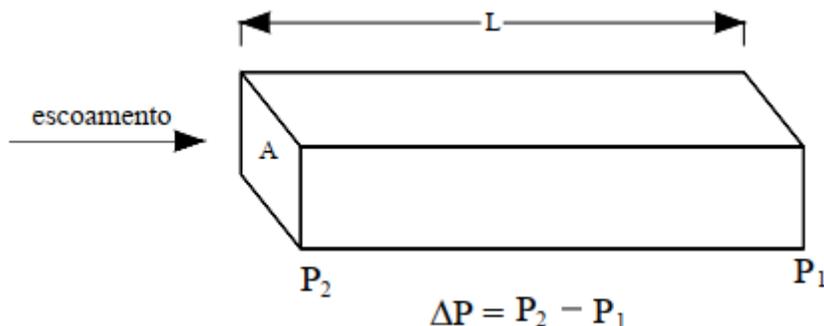


Figura 4 - Direção do escoamento do fluxo no corpo-de-prova.

Fonte: Determinação da permeabilidade em madeiras brasileiras de florestas plantadas – Marcio Rogério da Silva (2007).

Considerando a localização dos ensaios feita na cidade de São Carlos – SP, a pressão atmosférica da região foi adotada de 0,906 atm, pressão média histórica entre o período de 1970 e 1993 (SILVA, 2007). Além disso, para a conversão da pressão medida pela bomba de vácuo, que saiu em mmHg, foi considerado 1 atm para 760 mmHg. Além disso, a medição do diâmetro e do comprimento de cada corpo-de-prova foi feito por meio de um paquímetro.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o ensaio foi necessário montar o equipamento de acordo com o descrito no item 4.4. Após a verificação de pressão e possíveis vazamentos, foi necessário aplicar veda rosca nesses pontos para amenizar ao máximo as inconsistências nos ensaios. Além disso, os corpos-de-prova foram numerados para facilitar a observação visual e os parâmetros medidos referentes a cada um, que serão apresentados nas tabelas seguintes.



Figura 17 - Corpos-de-prova Pinus taeda extraídos e numerados.

Fonte: Autora (2021).



Figura 18 - Corpos-de-prova Pinus taeda fornecidos e numerados.

Fonte: Autora (2021).

Todo os corpos-de-prova tiveram suas medidas de diâmetro (D) e comprimento (L) feitas em três direções, a fim de exprimir a média desses valores para determinar uma área transversal (A) mais adequada.

Foi iniciado então o ensaio de permeabilidade a líquido apresentado no item 4.4, no qual foi medido o tempo, em segundos, do fluxo após a sua estabilização pelo corpo-de-prova, além da pressão apresentada na bomba de vácuo. Além disso, aplicando a Equação 1 foram obtidos os resultados das tabelas 1, 2, 3 e 4 apresentadas em sequência abaixo:

<i>Pinus taeda</i> extraídos sem tratamento							
C P	D (mm)	L (mm)	A (cm ²)	Fluxo (seg)	Volume (cm ³)	Pressão (mmHg)	k (cm ³)
1	20,71	51,12	3,37	58	10,0	220	4,2436
2	20,54	51,07	3,31	82	1,0	160	0,2703
3	20,68	51,22	3,36	65	1,1	140	0,3576
4	20,56	51,19	3,32	111	3,1	120	0,5758
5	21,08	51,10	3,49	136	3,0	160	0,4643
6	20,74	51,17	3,38	59	2,0	120	0,6860
7	20,56	50,82	3,32	157	1,0	100	0,1259

Tabela 1 - Permeabilidade dos corpos-de-prova extraídos sem tratamento.

Fonte: Autora (2021).

Como se observa nos resultados da Tabela 1, a permeabilidade (k) do corpo-de-prova 1 possui maior discrepância em relação aos outros, muito provavelmente pelo fato dessa amostra possuir poros maiores em relação às outras, pois a pressão formada também se mostrou como a maior de todas, o que permitiu o fluxo de líquido fluir de forma mais rápida. Além disso, como se observa na Figura 17, mesmo que as amostras sejam consideradas sem tratamento, é visualmente possível observar que há alguns resquícios de tratamento, situação que influencia no valor da permeabilidade calculada terem sido discrepantes entre em relação a amostra 1.

<i>Pinus taeda</i> extraídos com tratamento							
C P	D (mm)	L (mm)	A (cm ²)	Fluxo (seg)	Volume (cm ³)	Pressão (mmHg)	k (cm ³)
1	20,23	50,60	3,22	210	0,5	80	0,0468
2	20,66	50,63	3,35	140	1,0	60	0,1305
3	20,67	50,72	3,35	264	0,5	60	0,0346
4	19,46	50,74	2,98	294	10,0	60	0,7014
5	20,43	50,90	3,28	360	1,0	60	0,0521
6	20,73	50,88	3,37	242	0,5	120	0,0416
7	20,40	51,18	3,27	195	10,0	140	1,1121

Tabela 2 - Permeabilidade dos corpos-de-prova extraídos com tratamento.

Fonte: Autora (2021).

Nos ensaios realizados com as amostras da Tabela 2, observa-se que as amostras 4 e 7 foram as mais discrepantes dentro do conjunto.

Para a amostra 4 nota-se que sua área transversal foi a menor entre todas, o que pode ter gerado imprecisões nos ensaios, uma vez que o aparato pode ter criado uma folga em relação a amostra, influenciando no volume de líquido anotado. Além disso, a mostra 7 se mostrou com a maior permeabilidade, pois, como visualizado na Figura 18, a amostra não está completamente impregnada com o tratamento, ou seja, em algumas partes os seus poros podem estar mais abertos, permitindo um maior volume de líquido passando em um fluxo mais rápido.

Como as amostras extraídas foram da mesma peça de madeira e a maioria das amostras de cada conjunto se comportou de forma semelhante, pode-se fazer uma média dos valores de permeabilidade do conjunto com e sem tratamento, que são:

$$k_{sem\ tratamento}(cm^3) = 0,961$$

$$k_{com\ tratamento}(cm^3) = 0,303$$

<i>Pinus taeda</i> fornecidos sem tratamento							
C	D	L	A	Fluxo	Volume	Pressão	k
P	(mm)	(mm)	(cm²)	(seg)	(cm³)	(mmHg)	(cm³)
1	20,92	49,85	3,44	88	7,0	80	1,4402
2	20,25	50,12	3,22	158	7,0	80	0,8613
3	20,31	50,05	3,24	108	10,0	80	1,7869
4	21,00	49,71	3,46	140	10,0	60	1,2392
5	20,01	50,12	3,14	136	10,0	60	1,4169
6	20,32	50,19	3,24	332	5,0	60	0,2818
7	19,96	50,16	3,13	98	10,0	80	2,0420

Tabela 3 - Permeabilidade dos corpos-de-prova fornecidos sem tratamento.

Fonte: Autora (2021)

De madeira geral, os resultados de permeabilidade da Tabela 3 mostram que as amostras 2 e 6 foram as com menor permeabilidade, pois tiveram um menor volume de líquido a uma taxa de fluxo maior, caracterizando que as amostras, provavelmente, possuíam os poros mais fechados em relação às outras, já a amostra 7 foi a com maior permeabilidade, com o volume total da bureta utilizada no segundo menor tempo, provavelmente, caracterizando uma amostra com poros mais abertos. No geral, a pressão estabelecida foi semelhante para todos.

<i>Pinus taeda</i> fornecidos com tratamento							
C P	D (mm)	L (mm)	A (cm ²)	Fluxo (seg)	Volume (cm ³)	Pressão (mmHg)	k (cm ³)
1	20,81	50,16	3,40	117	3,0	120	0,5054
2	21,33	50,26	3,57	154	5,5	140	0,6957
3	21,33	50,26	3,57	60	3,0	140	0,9740
4	20,86	50,03	3,42	122	3,0	100	0,4648
5	21,29	50,15	3,56	290	1,0	80	0,0607
6	20,76	50,06	3,38	275	2,0	60	0,1301
7	21,04	50,06	3,48	303	2,7	60	0,1552

Tabela 4 - Permeabilidade dos corpos-de-prova fornecidos com tratamento.

Fonte: Autora (2021)

Analisando os resultados da Tabela 4 é possível notar que a amostra 5 possuiu o menor valor de permeabilidade em relação às outras do conjunto analisado e, analisando visualmente pela Figura 18, ela não aparenta estar menos impregnada com o tratamento, porém, é provável que seus poros possam ter ficado mais fechados em relação às outras amostras, causando baixa permeabilidade.

Como as amostras fornecidas com e sem tratamento são da mesma peça de madeira e a maioria se comportou de forma semelhante, pode-se fazer uma média dos valores de permeabilidade de cada conjunto, que são:

$$k_{sem\ tratamento}(cm^3) = 1,296$$

$$k_{com\ tratamento}(cm^3) = 0,427$$

Após a média dos resultados, no geral, a madeira *Pinus taeda* sofreu uma redução na sua permeabilidade após o tratamento com preservativo feito com CCA base óxida, ou seja, o tratamento acabou entupindo alguns poros da amostra, o que pode vir a ser um problema na produção de estruturas em MLC, pois pode acarretar baixa permeabilidade dos adesivos de colagem das lamenas.

Além disso, pode ser feita uma comparação dos resultados obtidos com os valores de permeabilidade já estudados das espécies utilizadas na produção de Madeira Laminada Colada (MLC), como é o caso da madeira do gênero *Eucalyptus*.

De acordo com estudos prévios sobre a permeabilidade da madeira *Eucalyptus grandis*, a permeabilidade à líquido na direção longitudinal foi de 1,47 cm³, resultado obtido a partir do ensaio de 48 amostras (REZENTE et al. 2018), ou seja, analisando os resultados obtidos das 14 amostras sem tratamento e das outras 14 amostras com tratamento da presente pesquisa, observa-se que ambas tiveram valores inferiores ao estudado para as madeiras já utilizadas na produção de MLC.

6 | CONCLUSÃO

Diante dos estudos realizados e os já existentes, os valores de permeabilidade do *Pinus taeda* com e sem tratamento, em relação a permeabilidade do *Eucalyptos grandis*, se mostrou com valores inferiores, portanto, com a quantidade de 28 amostras ensaiadas, pode-se concluir que a espécie não poderá ser empregada na confecção de Madeira Laminada Colada (MLC). Porém, devido à pesquisa ter sido afetada pela restrição ao laboratório de ensaios, é importante que uma maior quantidade de amostras da espécie seja ensaiada, além de ensaiar também outras espécies, a fim de estabelecer um banco de dados suficiente para a caracterização completa de espécies de madeira adequadas à produção de MLC.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7190: Projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: 1997

CHAHUD, E.; LAHR, F.A.R.; PERES, R.R.R. O uso de espécies nativas comercializadas em Belo Horizonte na composição de madeira laminada colada. Construindo, Belo Horizonte, v.1, v.2, p.46-49, jul/dez. 2009.

ESMAILPOUR, A.; TAGHIYARI, H. R.; GOLCHIN, M.; AVRAMIDIS, S. (2019) On the fluid permeability of heat treated paulownia wood, International Wood Products Journal, 10:2, 55-63, DOI: 10.1080/20426445.2019.1617954.

GONÇALVES, L.C.C. Projeto de estruturas de madeira lamelada colada. Dissertação (Mestrado) – Técnico Lisboa. Novembro de 2012.

RAMOS, D.V.; CALLEFI, M.H.B.M.; CHAGAS, S.M.; CHICATI, M.L.; SOUZA, R.A. A aplicabilidade da madeira laminada colada (MLC) em sistemas construtivos contemporâneos. IV (inova civil). PET Engenharia Civil UEM, 2017.

REVISTA DA MADEIRA. Preservação. Edição nº68 – dezembro de 2002. Disponível em: <REMADE: Revista da Madeira>. Acesso em 20 de agosto de 2021.

SEGUNDINHO, P. G. A.; ZANGIÁCOMO, A.L.; CARREIRA, M.R.; DIAS, A.A.; LAHR, F.A.R. Avaliação de vigas de madeira laminada colada de cedrinho. Cerne, Lavras, v.19, n.3, p. 441-449, jul./set. 2013.

SILVA, M. R. Determinação da permeabilidade em madeiras brasileiras de florestas plantadas. Dissertação (Mestrado – Ciências de Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos/ Instituto de Física de São Carlos/Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2007.

TEREZO, R.F.; SZUCS, C.A. Análise de desempenho de vigas em madeira laminada colada de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke). Sci. For., Piracicaba, v.38, n.87, p.471-480, set. 2010.

TRIANOSKI, R. Caracterização tecnológica de espécies de pinus tropicais provenientes de plantios experimentais no Brasil. TCC – Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, 2009.

ZANGIÁCOMO, A. L. (2003). Emprego de espécies tropicais alternativas na produção de elementos estruturais de madeira laminada colada. São Carlos. 102 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agregado graúdo 106, 108

C

Calda de cimento 4, 64, 65, 66, 68, 69, 71, 73, 76, 77

Carbonatação 14, 15, 119, 120, 121, 122, 123, 127, 128, 129, 131, 133, 134, 135, 138, 145

Ciclo hidrológico 153

Cimbra autolanzable 4, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90

Concreto 4, 14, 15, 17, 19, 34, 36, 44, 53, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 77, 78, 79, 92, 95, 96, 97, 98, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 151

Concreto armado 4, 34, 36, 64, 68, 92, 97, 104, 105, 119, 120, 121, 122, 123, 126, 127, 135, 138, 139

Concreto leve 106, 107, 118

Concreto protendido 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 77, 78

Conforto acústico 46, 52, 62

Conforto térmico 46, 48, 55, 56, 63

Construcción de puentes 4, 79, 91

D

Durabilidade 13, 18, 22, 65, 69, 108, 119, 130, 142, 151

E

Edificação 12, 13, 14, 17, 33, 34, 35, 36, 44, 127

Eletroquímica 4, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 132, 134, 135, 137, 138, 139

Engenharia civil 2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 31, 32, 44, 45, 63, 78, 118, 139, 153, 165, 177

Esgoto tratado 153, 158, 159

EVA 4, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118

G

Grandes luces 79

I

Injeções 32, 33, 35, 36, 38, 39, 44, 45

Intempéries 12, 17, 110

Itaituba 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10

M

Madeira 3, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 35
Manifestações patológicas 12, 13, 14, 18, 32, 33, 35, 44
Materiais cimentícios suplementares 140
Materiais pozolânicos 140, 150
Método de alvenaria convencional 46, 49, 58
Método de bielas 4, 92, 93, 104
Metodologia PBL 3, 1, 3, 4
MLC 3, 20, 21, 22, 30, 31

N

Normatização 64, 65, 69

P

Pandemia 3, 1, 2, 6, 8, 9, 168, 169, 172
Patologia 15, 19, 32
Permeabilidade 3, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 137, 155, 157
Pinus 20, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 31
Poluição 47, 142, 153, 165, 168, 175
Propriedades mecânicas 106, 107
Protótipos 32, 35, 36, 39, 43, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63

R

Recalibração 4, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139
Região de descontinuidades 92
Resíduos Agroindustriais 4, 140, 142, 143
Resina epóxi 3, 32, 33, 35, 36, 38, 39, 43, 44, 45
Revestimento 3, 16, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 44, 45

S

Som cavo 3, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 43, 44, 45
Sustentabilidade 5, 106, 152, 154, 166, 168, 170, 171, 174, 175, 177

T

Tirantes 4, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105
Topologia 92, 99, 100, 101, 102, 103, 104

V

Vigas de equilibrio 4, 92, 93, 97

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING


Ano 2022

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING


Ano 2022