



Tratamentos para preservação de madeira para construção civil: panorama atual e inovações

Treatments for preservation of wood for civil construction: current panorama and innovations

Denise Ortolani de Menezes

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo

Instituição: Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Endereço: Av. Trabalhador São-carlense, 400, Centro, São Carlos – SP,

CEP: 13566-590

E-mail: deniseortolani@usp.br

Bruno Luís Damineli

Doutor em Engenharia Civil

Instituição: Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Endereço: Av. Trabalhador São-carlense, 400, Centro, São Carlos – SP,

CEP: 13566-590

E-mail: bruno.daminelli@usp.br

RESUMO

A versatilidade da madeira faz com que seja empregada na construção civil de diversas maneiras, em estruturas temporárias e permanentes. Porém, sua resistência natural é insuficiente para garantir durabilidade, principalmente em países de clima quente e úmido como o Brasil, o que aumenta o impacto ambiental – cria-se a necessidade de reposição do material com frequência. Assim, processos de tratamento para sua proteção através do uso de preservativos são de extrema importância para a sustentabilidade da cadeia, devendo atender parâmetros de combate a organismos xilófagos, fungos, bactérias e insetos. Normas classificam o material em categorias de uso e classes de resistência e apresentam etapas a serem seguidas na seleção do preservativo. Conservantes óleos e hidrossolúveis, usados em larga escala, apresentam alto grau de toxicidade, com prejuízos à saúde humana e ao ambiente, e dificuldades para reuso, reciclagem ou destinação das madeiras no pós-uso. Já existem proibições de produtos tradicionalmente utilizados em alguns países. O objetivo deste artigo é analisar o desempenho de produtos encontrados no mercado para subsidiar a escolha do que melhor se adequa a cada caso, e buscar alternativas de menor impacto em desenvolvimento. Estudos recentes investigam alternativas mais eficientes ou com menor toxicidade. As inovações encontradas na literatura evidenciam uma preocupação em encontrar produtos eficazes e menos impactantes, mas, em sua maioria, mostram estudos iniciais que necessitam de continuidade e ampliação dos resultados para serem utilizados em larga escala.

Palavras-chave: madeira, tratamentos, preservativos, toxicidade, sustentabilidade.



ABSTRACT

The versatility of the wood means that it is used in the civil construction industry in various ways, in temporary and permanent structures. However, its natural resistance is insufficient to guarantee its durability, particularly in countries with hot and humid climates such as Brazil, which increases the environmental impact — the need for replacing the material is created frequently. Thus, treatment processes for their protection through the use of condoms are of extreme importance for the sustainability of the chain, and must meet parameters to combat xylophagous organisms, fungi, bacteria and insects. Standards classify the material into use categories and resistance classes and present steps to be followed in selecting condoms. Oil and water soluble preservatives, used on a large scale, show a high degree of toxicity, with losses to human health and the environment, and difficulties in the reuse, recycling or destination of the woods after use. There are already bans on products traditionally used in some countries. The objective of this article is to analyze the performance of products found in the market to subsidize the choice of what best suits each case, and to look for alternatives with less impact on development. Recent studies have investigated alternatives that are more efficient or less toxic. The innovations found in the literature show a concern in finding effective and less impactful products, but, in their majority, they show initial studies that need continuity and expansion of the results to be used on a large scale.

Keywords: wood, treatments, condoms, toxicity, sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material renovável e versátil, podendo ter alta resistência mecânica e baixo consumo energético, além de garantir bom isolamento térmico. Comparada ao aço e concreto, possui relação resistência/densidade três vezes maior que o primeiro e 10 vezes maior que o segundo, além de possibilitar sequestro de CO₂ em seu crescimento, podendo ser mais sustentável (JANKOWSKY *et al*, 2015). Devido às características mecânicas, foi bastante utilizada em construções do século XIX, com bons resultados de resistência à tração e ruptura (SOARES, 2022). Porém, algumas espécies possuem baixa durabilidade, estando sujeitas a deterioração causada por agentes biológicos (microrganismos, fungos, insetos e bactérias), mecânicos (rachaduras, deformações e desgastes), químicos (componentes ácidos, salinos e outros) e físicos (calor, umidade e frio), ocasionando problemas na construção. A sua resistência, e principalmente durabilidade, relaciona-se diretamente à sua



capacidade de suportar a ação desses agentes, principalmente os biológicos (RAVASI, 2011).

Quando utilizada em áreas expostas ao ar livre, a madeira fica mais suscetível a estes meios de degradação, a menos que seja naturalmente resistente ou esteja protegida por conservantes. Em geral, o material com teor de umidade acima de 20% está sujeito a decomposição por fungos (PORTEOUS; KERMANI, 2007). O teor de água e a secagem da madeira devem ser vistos e empregados de maneira adequada para o bom funcionamento em obra; caso contrário, poderão ocorrer variações dimensionais, degradação por agentes biológicos e formação de bolores e fungos apodrecedores (SZÜCS *et al*, 2015). A durabilidade está relacionada com a espécie e suas características anatômicas, já que algumas possuem resistência natural ao ataque dos agentes biodeterioradores. Além disso, a região da tora em que a peça é retirada também define a durabilidade, já que o alburno apresenta menor resistência biológica do que o cerne. O desconhecimento de como lidar com estes problemas pode fazer com que a sua utilização seja inviabilizada apesar do alto potencial técnico. O tratamento preservativo adequado é fundamental para proporcionar um maior nível de durabilidade (SZÜCS *et al*, 2015).

Povos como os fenícios utilizavam piche para proteger a madeira de embarcações contra ataques de organismos marinhos. Com o desenvolvimento da indústria, necessitou-se utilizar tratamentos preservativos em madeiras de baixa durabilidade natural. Com a maior rapidez no transporte, o surgimento de novos meios de comunicação e novas fontes de energia, a demanda por madeira cresceu para ser empregada em ferrovias, telégrafos e postes para a estruturação de redes elétrica e de telefonia (JANKOWSKY *et al*, 2015). No Brasil, em 1854 foram iniciados processos de preservação das madeiras para instalação da malha ferroviária na cidade do Rio de Janeiro e, posteriormente, o tratamento de postes que seriam utilizados na distribuição de energia elétrica em 1883 (LAGE, 2004).

A partir da década de 1930, o setor de preservação de madeiras passou por um grande incremento devido a pesquisas científicas e estudos sobre a



eficácia dos preservativos. O desenvolvimento de tratamentos para madeira permitiu o uso daquelas que possuem baixa resistência em regiões com alta exposição a agentes degradantes, sujeitas a umidade e intemperismo, podendo assim ser empregadas em projetos estruturais, como telhados, forros, vigas e peças para pisos.

A escolha da espécie deve ser feita a partir da determinação do risco biológico a que será exposta e, principalmente, da aplicação adequada do tratamento para garantir boa durabilidade e resistência aos agentes (JANKOWSKY *et al*, 2015).

Segundo a Associação Brasileira de Florestas Plantadas (ABRAF), o setor florestal do país se caracteriza atualmente pelo plantio florestal de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, nas regiões Sudeste e Sul, pois além de apresentarem rápido crescimento, possuem preços competitivos, alta regularidade de abastecimento da produção e são homogêneos. Porém, mesmo nos casos de madeiras plantadas e de espécies conhecidas, é pouco provável a obtenção de madeira sem defeitos. Por ser uma matéria-prima biológica, possui propriedades físicas e durabilidade determinadas pela carga genética, e variando de acordo com as condições ambientais de uso.

Em geral, os tratamentos mais convencionais das madeiras para aumentar sua resistência a microrganismos e insetos se utilizam de biocidas, com alto potencial de toxicidade ao ambiente em uma análise de ciclo de vida – o descarte desta madeira ao final da vida útil trará impactos ambientais e à saúde humana significativos. Alguns biocidas já foram proibidos em alguns países. Assim, se por um lado há necessidade de se tratar a madeira, mas por outro há necessidade de se diminuir os impactos ambientais dos preservativos, este trabalho tem como objetivo avaliar alternativas de produtos para tratamentos existentes e em desenvolvimento, com base principalmente em aspectos que demonstrem seu maior ou menor potencial de toxicidade, dando, assim, fundamentos para reflexões e seleção de produtos.



2 QUESTÕES RELACIONADAS AO TRATAMENTO DA MADEIRA

2.1 NORMAS E APLICAÇÕES EM LABORATÓRIO

A literatura apresenta parâmetros que norteiam a aplicação do tratamento e uso da madeira na construção civil, por meio de normas ou ensaios que permitam a seleção do material adequado a atender às condições de resistência e durabilidade. Entre outras, a AWWA (Associação Americana de Proteção à Madeira) apresenta o Book of Standards com os Padrões do Sistema de Categoria e Uso e os Padrões de Conservação, além de evidenciar métodos analíticos e de avaliação. Para que o produto atenda ao padrão AWWA, ele deve atender os requisitos deste manuscrito.

Os Padrões do Sistema de Categoria de Uso são resultado de anos de esforços em busca de simplificar a especificação de madeira tratada. O AWWA Standard U1 é o padrão para arquitetos, engenheiros, usuários finais e funcionários do código de construção, contendo informações para que seja feita a melhor seleção do produto para atender às ao uso. Ela define Categorias de Uso (UC), apresentando condições de serviço impostas à madeira e seus produtos derivados.

O WPA é uma associação comercial sem fins lucrativos do Reino Unido, que também oferece material consultivo. Os padrões mínimos para o tratamento da madeira estão estabelecidos na norma britânica BS 8417 (2014) e no Código de Prática WPA – Preservação Industrial da Madeira, que orientam sobre a penetração do preservativo utilizado em busca de garantir o tratamento adequado da madeira no seu uso final.

No Brasil, o sistema de categorias de uso estabelecido pela ABNT NBR 16143 tem como objetivo servir de ferramenta para tomadas de decisões no uso da madeira, garantindo maior durabilidade. Envolve seis categorias baseadas nas condições de exposição da madeira, e define medidas a serem adotadas na fase de elaboração do projeto e no tratamento da peça, envolvendo o seu produto e o processo.

Para caracterizar a resistência simplificada da madeira, são feitos ensaios de compressão paralela às fibras. A NBR 7190:1997 estabelece classes de



resistência para a padronização das propriedades das madeiras para orientar projetos estruturais. Ela indica que deve ser considerado o teor de umidade de equilíbrio da madeira no projeto construtivo, e por isso especifica as classes de umidade. Essa classificação também pode ser utilizada para a escolha do tratamento adequado. A norma também define que o projeto deve garantir durabilidade da madeira a partir da ventilação paralela às faces do material, facilidade do escoamento da água e utilização adequada de preservativos, além de possibilitar intervenções de inspeção e trabalhos de conservação e manutenção (SZÜCS *et al*, 2015).

O pré tratamento da madeira permite a utilização de espécies mais perecíveis e também partes não duráveis (alburno), permitindo melhor aproveitamento com menor geração de resíduos, além de reduzir a pressão sobre espécies mais duráveis. Ao empregar a madeira, a ABNT NBR 16143 indica algumas etapas obrigatórias:

- definição do nível de desempenho, como a vida útil do produto, sua responsabilidade estrutural e garantias comerciais e legais;
- avaliação dos riscos biológicos a que será submetida, em relação aos ataques de xilófagos, insetos e fungos;
- definição da espécie mais adequada e o tratamento preservativo, considerando a sua durabilidade natural, propriedades físicas e mecânicas e o seu processo de tratamento;
- escolha do tratamento e do preservativo mais adequado.

O grau de proteção da madeira depende do preservativo utilizado e da penetração e retenção dos produtos químicos, o que varia de acordo com a espécie (PORTEOUS; KERMANI, 2007). A escolha do preservativo deve ser feita pensando no menor impacto ao ambiente e aos usuários. Deve permitir a aplicação de acabamento e permanência no material, além de garantir monitoramento para avaliar a reaplicação. Alguns parâmetros são importantes para uma maior qualidade do tratamento:

- quanto maior responsabilidade estrutural e busca de vida útil do componente, maior deve ser a penetração e retenção do produto utilizado;



- considerar que o micro e o macroclima interferem na exigência de retenção e penetração do produto, ainda que para uma mesma categoria de uso;

- quando se busca menores gastos com manutenção ou se tem menor acessibilidade, há maior necessidade de retenção e penetração.

Algumas precauções gerais são recomendadas:

- em madeiras tratadas que estarão em contato com pessoas ou animais, recomenda-se acabamentos como impregnantes (stains), vernizes ou tintas para evitar a lixiviação e migração do preservativo;

- quando um mesmo componente apresenta diferentes categorias de uso, deve-se adotar a mais agressiva;

- se existir o risco de lixiviação do produto, é importante que seja considerada a proteção da madeira durante a construção e seu transporte;

- furos e cortes necessários devem ser feitos antes da aplicação do tratamento;

- para cada categoria de uso, exige-se um programa de manutenção abrangendo particularidades da situação, responsáveis para a manutenção e usuários.

Testes de lixiviação em laboratório avaliam a rapidez com que o tratamento será esgotado. O teste de decomposição de laboratório é usado para desafiar o tratamento da madeira pela exposição a espécies de fungos conhecidas por degradar agressivamente. As avaliações de estacas de campo são muito informativas por desafiar o material tratado com ampla gama de organismos naturais sob condições severas. O teste de corrosão determina a compatibilidade do tratamento com fixadores metálicos, e o de tratabilidade avalia a capacidade de profundidade de penetração. O teste de resistência compara as propriedades mecânicas da madeira tratada com as não tratadas (Forest Products Laboratory, 2010).

Os tratamentos com produtos e processos químicos podem danificar a madeira, tornando-a fraca ou quebradiça. Para um resultado com bom



desempenho, deve haver preparo adequado. Assim, o descascamento da madeira permite a secagem rápida e evita o apodrecimento, dano de insetos e permite a penetração satisfatória do conservante. A secagem é necessária para evitar o apodrecimento e manchas e também garantir a penetração do preservativo. A madeira resistente à penetração pode ser incisada antes do tratamento para permitir maior profundidade e uniformidade. Cortar a madeira de qualquer maneira pode expor o interior não tratado e permitir fácil acesso a fungos ou insetos (Forest Products Laboratory, 2010).

Existem também fatores que influenciam na resistência: a espécie, o tamanho e o teor de umidade das madeiras, o tipo e a temperatura do meio de aquecimento, a duração do período de aquecimento no condicionamento da madeira para o tratamento e o tempo em que ela fica no preservativo, as temperaturas de secagem pós tratamento e a quantidade de pressão usada (Forest Products Laboratory, 2010).

Algumas questões são importantes no desenvolvimento de produtos para tratar a madeira, como viabilidade técnica e econômica, além dos impactos ambientais. Segundo Brand; Anzaldo; Moreschi (2006), a avaliação de novos produtos é dificultada pelo tempo necessário para estabelecer a sua eficiência. A avaliação da deterioração do material em laboratório ou em testes de campo é feita pela perda de massa da madeira e por inspeção visual. Contudo, para estágios avançados de degradação, isso não é suficiente por não detectar possíveis reações químicas, o que implica em resultados incompletos em relação à eficiência dos produtos.

2.2 DESCARTE DA MADEIRA TRATADA: UM GRANDE PROBLEMA AMBIENTAL

Apesar de ser uma fonte renovável, a madeira pode gerar produtos que representam riscos à saúde. Quando se utiliza madeira tratada para queima, como a com CCA, são emitidos compostos tóxicos voláteis e cinzas. Sabendo que esse produto é usado para tratar grande parte das madeiras, principalmente nos Estados Unidos, existe a preocupação com a lixiviação e a eliminação de



resíduos de madeiras tratadas com CCA. A exposição a altas concentrações de arsênico e de cromo da madeira tratada traz efeitos nocivos à saúde humana. Devido a isso, ele foi retirado de grande parte das aplicações residenciais, mas ainda é muito utilizado em construções estruturais por conta de sua durabilidade e resistência à lixiviação (SOARES, 2022).

A madeira tratada com CCA como resíduo sólido pode ser gerenciada de diversas maneiras. Nos EUA, é descartada principalmente em aterros sanitários, mas também queimada em instalações de transformação de resíduos em energia. Jambeck *et al* (2007) verificaram que a madeira tratada, quando descartada com resíduos de construção e demolição, aumenta a concentração de arsênico e cromo no lixiviado. Percebe-se a necessidade de novos produtos que possam tratar a madeira de maneira mais segura e com preços competitivos ao CCA. No Brasil, o setor de preservação de madeiras tem pouca quantidade de produtos, e não há evidências do uso de produtos que possam substituir o CCA e o CCB em escala comercial a curto prazo (JANKOWSKY *et al*, 2015). Alguns exemplos foram introduzidos no mercado, como o ACQ e o CBA, utilizados na Europa, Japão e Estados Unidos, mas são consideravelmente mais caros que o CCA (BRAND; ANZALDO; MORESCHI, 2006).

O CCA é corrosivo aos olhos, pele e trato digestivo. Quando exposto em forma líquida ou cinzas com altos níveis de arsênico e cobre, pode causar hemorragias nasais e no sistema digestivo, urina escura, efeitos sobre o sistema nervoso como dormências e formigamentos, confusão mental, erupções e descamação na pele (SOARES, 2022).

Os resíduos sólidos, ao terem a combustão como destino final para fins de produção de energia, possuem vantagens como a diminuição de área de aterro. A utilização da madeira como combustível produz cinzas com propriedades que beneficiam a agricultura. Porém, o material tratado com CCA libera emissões atmosféricas e cinzas tóxicas que podem levar à morte ou doenças como o câncer. Apesar do material tratado ter seu uso como lenha proibido, esta ainda é prática presente e gera cinzas com concentrações de cromo, cobre e arsênico (SOARES, 2022). A lixiviação obtida a partir de cinzas



da madeira tratada com CCA é classificada como um poluente tóxico resultante da geração de efluentes de processos antrópicos (SOARES, 2022). Outro estudo de análise do processo de queima da madeira tratada e não tratada com o CCA (FAPESC, 2013) evidenciou que o material com a presença do preservativo apresentou maior liberação de arsênico, cobre e cromo.

O CCA é utilizado desde sua descoberta, em 1933, por Sonti Kamesan e é o responsável pelo maior volume de madeira tratada. Seus elementos, por possuírem alto nível de toxicidade, possuem restrições em relação à sua utilização em vários países, principalmente quando apresenta perda de componentes por lixiviação ou volatilização, que aumentam as chances de contaminação do ambiente e pessoas. Além disso, a disposição final dos resíduos após a vida útil deve possuir maior atenção por apresentar riscos à saúde. O CCA está sendo substituído pelo CCB a nível mundial; porém, esse produto também pode apresentar complicações, já que o boro não se adere na madeira tanto quanto o arsênio, o que ocasiona sua liberação acelerada. Assim, espera-se a criação de um produto mais eficaz (FAPESC, 2013).

2.3 DETERIORAÇÃO DA MADEIRA

Alguns princípios de construção podem garantir a qualidade da madeira em uso e evitar a deterioração dos edifícios, como: construção com madeira seca; detalhes de projeto que possam manter a madeira da área externa seca; e a utilização de madeira tratada. Além disso, é necessário fornecer ventilação em todos os ambientes com a presença do material. Se a condição não puder ser corrigida, todas as peças infectadas devem ser substituídas por madeira tratada de espécie mais resistente. Caso as fontes de umidade que causaram o apodrecimento possam ser eliminadas, pode-se substituir somente a madeira que foi enfraquecida (Forest Products Laboratory, 2010). Mesmo assim, a proteção da madeira será sempre requerida.

A ausência de medidas de proteção da madeira é capaz de causar danos irreversíveis no material por conta da interferência química e biológica a que ela pode estar suscetível. Por isso, o armazenamento de troncos e parafusos,



etapas de manuseio e secagem, práticas corretas de corte, descascamento e tratamento são de grande importância no resultado do produto final e na garantia de um uso de longa duração. Nesse sentido, é necessário entender como agentes biodegradadores que contribuem para a deterioração como fungos, insetos e bactérias podem agir.

2.3.1 Fungos e bactérias

Os danos na madeira causados por fungos podem ser atribuídos a três causas principais: falta de proteção ao armazenar os troncos e parafusos; secagem, armazenamento ou manuseio impróprios; e falha na tomada de precauções ao usar o produto final. O desenvolvimento de bolores, manchas e apodrecimentos devido aos fungos dependem das condições de umidade e temperatura. Eles ocorrem geralmente no alburno e apresentam manchas com cores diversas e, ao penetrarem na seiva da madeira, não podem ser simplesmente removidos da superfície. Frequentemente aparecem em direção radial e sua cor depende do organismo infectante, espécie e condições de umidade. Eles afetam a resistência e propriedades de força que determinam a dureza e resistência ao choque. Além disso, podem aumentar a porosidade, o que pode ocasionar infiltração excessiva de tinta, cola ou conservante durante o seu processamento, e também pode torná-la suscetível a danos pela chuva, propiciando a colonização por fungos (Forest Products Laboratory, 2010).

A madeira que esteve em contato com a água por um certo período de tempo provavelmente conterá bactérias, podendo apresentar um cheiro azedo. Geralmente, bactérias não possuem grande efeito sobre as propriedades, exceto se tiverem longos períodos de influência, pois podem tornar a madeira absorvente, seja de umidade, tinta ou conservante. Além disso, a mistura de diferentes bactérias e fungos é capaz de acelerar a decomposição do material (Forest Products Laboratory, 2010).



2.3.2 Insetos

Besouros podem danificar a superfície da tora e partes em que a casca não tenha sido removida. Por isso, práticas corretas de corte, descascamento, armazenamento e tratamento são importantes para controlar esses insetos. A esterilização por calor é uma maneira de matar os insetos para evitar problemas de infestação, e pode até mesmo eliminar a necessidade de outras medidas preventivas. No material infestado, as larvas continuarão a se desenvolver, mesmo que a superfície seja pintada, lubrificada, encerada ou envernizada. A imersão da peça em inseticidas também pode ser eficaz para prevenir e controlar infestações (Forest Products Laboratory, 2010).

A presença de formigas voadoras ou de suas asas caídas pode ser indicador da existência de colônia de cupins próxima, que pode gerar danos significativos. Cupins subterrâneos entram principalmente através de ninhos presentes no solo após a construção do edifício. A melhor proteção, nesses casos, é impedir que os cupins acessem o edifício. As fundações devem ser de concreto ou outro material que os insetos não consigam penetrar, e a madeira tratada sob pressão. Para controlar os cupins que já estão no edifício, deve ser cortado o contato da colônia no solo e da marcenaria, seja bloqueando as passagens do solo à madeira, tratando o solo ou consertando vazamentos que mantenham o material úmido. Cupins não subterrâneos, como os de madeira seca, se multiplicam mais lentamente e podem trabalhar sem perturbações por muito tempo, por efetuarem uma destruição não tão rápida. São frequentemente movidos de estrutura em estrutura a partir de itens infestados. As madeiras expostas devem ser mantidas cobertas com ao menos uma película de tinta. Em locais em que os cupins causam sérios danos, a melhor proteção é a aplicação de tratamentos de pressão com conservantes (Forest Products Laboratory, 2010).

Formigas carpinteiras utilizam a madeira como abrigo, principalmente as macias ou as que foram amolecidas por decomposição. Abelhas carpinteiras podem reutilizar locais de nidificação por vários anos, e uma prática comum é a injeção de inseticidas nos túneis para o controle e sua vedação, mas pode ser



evitado pela aplicação de tratamentos e preservativos (Forest Products Laboratory, 2010).

2.4 PRESERVATIVOS DA MADEIRA

A preservação de madeiras envolve métodos, técnicas, pesquisas, procedimentos e medidas que objetivem sua maior durabilidade e resistência contra a degradação química, física e biológica. Os preservativos são divididos em duas categorias: os hidrossolúveis e os oleossolúveis, e podem ser utilizados em tratamentos curativos ou preventivos (JANKOWSKY, et al., 2015). O tipo de preservativo depende das condições de exposição. Por exemplo, aqueles que estão em contato direto com o solo ou água apresentam deterioração severa e o produto deve ter alto grau de resistência à lixiviação e eficácia contra um amplo espectro de organismos, apresentando a maior penetração na madeira possível sem alterar suas propriedades, e deve poder ser utilizado em conjunto com outros preservativos (Forest Products Laboratory, 2010). Além disso, não deve ser corrosivo ao entrar em contato com outros materiais, possuir custo acessível no mercado e descarte seguro. Porém, dentre os preservativos disponíveis no mercado, não há um que atenda a todas essas características; o produto selecionado deve cumprir a maior quantidade possível desses aspectos (JANKOWSKY, et al., 2015).

2.4.1 Preservativos oleossolúveis

Preservativos oleossolúveis possuem alta viscosidade e são resistentes à lixiviação. Servem como inseticidas e fungicidas. Apresentam cor escura, alterando a cor da madeira. Dificultam ou impossibilitam acabamento com tinta e verniz (SILVA, 2007 apud RAVASI, 2011). A madeira não incha com tratamento de óleo conservante, mas pode encolher ao perder umidade no processo de tratamento. Os preservativos à base de óleo protegem de intempéries mas influenciam na limpeza, odor, pintabilidade e desempenho ao fogo (Forest Products Laboratory, 2010). Os principais são: creosoto, óxido de bis tributil estanho (TBTO), pentaclorofenol e tribromofenol (TBP).



2.4.2 Preservativos hidrossolúveis

Preservativos hidrossolúveis são compostos à base de água e podem ser diluídos, sendo comercializados em pó, pasta ou concentrados (SILVA, 2007 apud RAVASI, 2011). O cobre é um dos principais biocidas utilizado como preservativo de madeira, por conta das suas propriedades fungicidas e baixa toxicidade. Como alguns tipos de fungos são tolerantes ao cobre, as formulações geralmente incluem um co-biocida para fornecer uma proteção adicional (Forest Products Laboratory, 2010). Os principais utilizados são: arseniato de cobre cromatado (CCA), borato de cobre cromatado (CCB), arseniato de cobre amoniacal (ACA), arseniato de cobre e zinco amoniacal (ACZA), quaternário de cobre alcalino (QCA), cromato de cobre ácido (ACC), cloreto de zinco cromatado (CZC) e compostos de boro.

3 TRATAMENTOS ATUAIS X INOVAÇÕES

O presente tópico busca evidenciar como a produção científica caminha para a efetivação de alternativas que sejam eficazes e menos impactantes à vida humana e ao ambiente, em comparação aos componentes disponíveis no mercado.

3.1 APLICAÇÕES CORRENTES NO MERCADO

O IBAMA fornece uma tabela de preservativos de madeiras que são registrados e autorizados. A legislação ambiental brasileira exige que as indústrias e usinas de preservação fabricantes dos produtos ou que os utilizam estejam registradas pelo instituto. Elas devem fornecer relatórios mensais da utilização das espécies florestais empregadas, o volume de material tratado, a concentração e o total dos preservativos utilizados. A tabela fornecida pelo IBAMA é encontrada no site do governo e apresenta informações sobre qual é o ingrediente ativo utilizado pela empresa registrante, o CNPJ, a validade do registro e o produto empregado. Entre os ingredientes ativos, os que possuem maior volume de registro, em ordem decrescente, são: CCA, cipermetrina,



tribromofenol, IPBC e deltametrina. Assim, serão evidenciadas informações que atentam para a toxicidade e impactos causados por esses produtos.

3.1.1 IPBC

Pesquisa realizada por Tierney *et al* (2006) fez uma análise em peixes salmão da espécie *Oncorhynchus kisutch* para determinar se o fungicida IPBC altera respostas de alarme comportamentais e fisiológicas mediadas pelo seu olfato, que é importante para eles determinarem comportamentos de migração e evitar predadores. Os neurônios sensoriais olfativos são relativamente desprotegidos, o que expõe os peixes ao contaminante. Os resultados indicam que as concentrações de metais e pesticidas prejudicam os neurônios sensoriais olfativos dessa espécie. Esse estudo foi realizado pois o IPBC pode estar presente no escoamento de locais de processamento de madeira em que se localizam rios produtores de salmão (TIERNEY *et al*, 2006)

3.1.2 Cipermetrina e deltametrina

Piretróides derivam sinteticamente das piretrinas, que são ésteres tóxicos isolados de flores. Quando descobertos, eles foram muito utilizados por possuírem ampla ação contra insetos e baixa toxicidade para mamíferos, mas apresentaram baixa estabilidade. Por isso, passaram por uma mudança estrutural, originando piretróides sintéticos utilizados na agricultura a partir de 1970. A taxa de envenenamento é baixa, porém quando ingeridos por humanos podem gerar diversos sintomas como dor de garganta, náuseas, vômitos, dores no abdômem, úlceras bucais, dificuldade para deglutir, cefaleia, fadiga, coma e convulsões (ANTÃO, 2016).

A cipermetrina é um piretróide sintético inseticida e estudos mostram que ela pode gerar alterações morfológicas e funcionais em diferentes órgãos. Apesar disso, possui maior toxicidade para insetos do que para mamíferos. Rodríguez *et al* (2017) realizou pesquisa com camundongos expostos à cipermetrina e obteve resultados de efeitos agudos e crônicos em células nos testículos, alterando sua estrutura e função. O estudo de Cunha *et al* (2020)



mostra o efeito da cipermetrina em ratos Wistar após inalação, para mimetizar a exposição humana e entender os riscos relacionados à função coclear. Os resultados revelaram toxicidade em ratos.

A cipermetrina é um dos pesticidas mais utilizados, apresentando a não persistência no meio ambiente e menor toxicidade a humanos, estando geralmente relacionada a intoxicações agudas e riscos alérgicos ou respiratórios (CUNHA *et al*, 2020). Ela é capaz de destruir bactérias da microbiota humana (responsável por excluir organismos patogênicos), participar da digestão de alimentos e metabolizar drogas e substâncias cancerígenas. Por isso, mesmo com baixas concentrações, alimentos com esses agrotóxicos podem gerar danos à saúde (ANTÃO, 2016). A ANVISA define a Ingestão Diária Aceitável (IDA) para a cipermetrina um valor de 0,05mg/kg p. c. Porém, na pesquisa de Antão (2016), identificou-se que níveis ainda inferiores a esse podem gerar riscos à saúde e afetar organismos da microbiota humana. A ficha de informações apresentada pela FERSOL indica que a cipermetrina pode ser absorvida pelas vias respiratórias, dérmica e oral, estimulando o sistema nervoso central e provocando irritações na pele e olhos, como dormência, coceira, formigamento e queimação, além de alergias e, em casos graves, tremores e convulsões. Como efeito ambiental, é tóxica para peixes e abelhas. Possui alto potencial de bioconcentração e é considerada perigosa para organismos aquáticos. No município de Cuiabá, em Mato Grosso, ocorreu um surto de intoxicação em vacas leiteiras em 2006, em que 11 de 25 animais morreram. Os efeitos foram apatia, anorexia, sialorreia, diarreia, tremores musculares e dificuldades respiratórias, além de hemorragias e lesões e necropsia. A intoxicação aconteceu através de contaminação dos alimentos, das pastagens e da água e inalação. As vacas foram expostas a um inseticida que continha um fosfato e cipermetrina diluída para combater a mosca do chifre (MENDONÇA *et al*, 2009).

A cipermetrina e a deltametrina são piretróides pesticidas e seus resíduos podem alcançar ambientes aquáticos. Mamíferos conseguem metabolizar rapidamente os piretróides sintéticos, o que resulta na solubilidade da substância



em água e excreção na urina. Porém, peixes são bastante sensíveis a essas substâncias, sendo estudados para a análise de impacto toxicológico. Os efeitos causados têm relação com estresse e alterações hematológicas, além de danos na fase reprodutiva (MONTANHA; PIMPÃO, 2012). Como possui lipofilicidade, é altamente absorvido pelas brânquias. Além da redução de ovos fertilizados e grande poder de mortalidade, a deltametrina pode gerar radicais livres e danos patológicos, como a leucocitose (PIMPÃO, 2006).

Animais aquáticos são expostos ao nadar em águas contaminadas, podendo ingerir alimentos contaminados e absorver o produto pelas brânquias. Isso provoca grande impacto na biodiversidade aquática, gerando redução das formas de vida nesse meio. Rutkoski *et al* (2016) avaliaram a toxicidade aguda da cipermetrina e deltametrina em embriões e larvas de duas espécies de anfíbios, considerados indicadores biológicos. Para os embriões, quanto maior o tempo de exposição, maior a mortalidade; já para as larvas, quanto menor o tempo de exposição, maior o número de indivíduos mortos.

3.1.3 Tribromofenol

O tribromofenol no Brasil é autorizado como fungicida para preservação da madeira, sendo fiscalizado pela ANVISA. O Ministério Público Federal alega que a alta toxicidade da substância é nociva à saúde humana. Ele vem sendo empregado em empresas para realizar processos não autorizados, como tratamento de águas e efluentes industriais e preservação de papel e couro. A ANVISA deve determinar normas e padrões de substâncias que possam trazer riscos à saúde, além de controlar, regulamentar e fiscalizar esses produtos (JUSTIÇA FEDERAL, 2016).

Em 2001, um auxiliar de produção de uma indústria de beneficiamento e manufatura de madeira foi exposto a concentrações de tribromofenol e apresentou sintomas de mal estar, tontura e fortes dores de cabeça. A intoxicação levou ao óbito do trabalhador. Os órgãos mais afetados foram a pele, olhos, sistema nervoso central, trato gastrointestinal e sistema respiratório (GABRIEL *et al*, 2001).



3.1.4 Pentaclorofenol

O pentaclorofenol era utilizado na forma de sais no Brasil, com função fungicida e inseticida para a preservação da madeira, principalmente recém cortadas e serradas, de forma a combater fungos que geram manchas e deterioração. Eram autorizados os métodos de pulverização, pincelamento e imersão industrial (ANVISA, 2006).

A maravalha é uma espécie de serragem da madeira tratada, podendo contaminar adubos à base de esterco de aves que são vendidos para serem usados na jardinagem e agricultura, com resíduos de pentaclorofenol. A madeira tratada com esse preservativo, antes de ser proibido, deveria ser utilizada apenas em construções e em nenhuma hipótese ter contato com alimentos, inclusive na utilização de madeira tratada para a fabricação de caixas de armazenamento de frutas e verduras, palitos, espetos e utensílios de cozinha. O IDEC apontou análises que confirmam a presença do pentaclorofenol em amostras de adubos no Paraná e em Santa Catarina e notificou órgãos para a avaliação da possibilidade de proibição do preservativo no país. O uso agrícola do pentaclorofenol foi cancelado em 1985, sendo utilizado até o ano de 2006 como preservativo em madeiras, quando foi reavaliado devido a toxicidade para humanos e animais, persistência no ambiente, efeitos na reprodução e desenvolvimento, solubilidade em água, lesões nos rins e fígado, dioxinas e o fato de ser banido e restrito em diversos países. Ele é irritante para a pele, olhos e mucosas, fetotóxico e teratogênico, além de imunotóxico para ratos, galinhas, camundongos e gado. Os órgãos mais afetados são o fígado, rins, sistema imunológico, endócrino e nervoso, podendo causar efeitos neurológicos como febre, delírio e convulsão. Além disso, pela sua alta solubilidade, existem riscos de contaminação do lençol freático e portanto da água para consumo humano (ANVISA, 2006).

3.2 NOVOS TRATAMENTOS PESQUISADOS NA LITERATURA

Espécies de alta resistência natural são escassas, o que implica na utilização daquelas menos duráveis, que possuem rápido crescimento e são



provenientes de reflorestamentos, como a Eucalyptus. Nesses casos, é necessária a aplicação de preservativos para o aumento da vida útil (BALDIN *et al*, 2022). Os produtos mais utilizados no mercado como tratamento preservativo da madeira são predominantemente o CCA e CCB, que apresentam toxicidade ao ambiente e saúde humana. Além disso, a utilização prolongada de fungicidas químicos pode levar ao surgimento de linhagens mais resistentes, além da sua toxicidade ao ambiente (SILVEIRA *et al*, 2017). Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas sobre novas alternativas de produtos naturais com ação biocida para proporcionar proteção e aumento da vida útil da madeira (VIVIAN *et al*, 2019).

Compostos naturais com ação biocida podem ser extraídos de diversas partes de plantas, seja da madeira, folhas, cascas e sementes. O número de pesquisas publicadas sobre produtos naturais que podem aumentar a proteção ainda é baixo quando comparado aos produtos químicos (VIVIAN *et al*, 2019). Os extratos vegetais são uma alternativa promissora para controle de agentes biodeterioradores.

Para que se possa obter resultados de testes de campo em menor período de tempo, é necessária elaboração de métodos mais eficientes de avaliação de novos produtos em desenvolvimento como alternativa para o tratamento da madeira, ainda atendendo aos critérios de baixa toxicidade para a vida humana e baixo impacto ambiental. Dessa forma, seria possível satisfazer fatores econômicos, técnicos e ambientais dos novos produtos preservantes (BRAND,; ANZALDO; MORESCHI, 2006).

Para conferir a eficácia desses produtos, são empregados ensaios biológicos em campo ou em laboratório e feitas medições de penetração e retenção dos compostos no material, para constatar sua qualidade (VIVIAN *et al*, 2019). Em vista disso, a Tabela 1 apresenta a relação de algumas substâncias estudadas no campo da pesquisa para a aplicação no tratamento da madeira e seus respectivos resultados para o entendimento do que é encontrado na literatura em relação a essas inovações que serviriam de alternativa para os produtos químicos já aplicados no mercado.



Tabela 1: substâncias naturais estudadas na literatura para a conservação da madeira e seus respectivos resultados.

Pesquisador	Ano	Substância estudada	Espécie combatida	Tipo agente	Resultado
SILVEIRA et al	2017	Tanino da Acácia Negra (Acacia mearnsii)	Pycnoporus sanguineus (podridão branca)	Fungo	Ação fungicida, inibe o crescimento da espécie
VIVIAN	2019	Tanino, tall oil e óleo de nim aplicados nas espécies Araucaria angustifolia, Eucalyptus viminalis e Pinus taeda	Trametes versicolor e Gloeophyllum trabeum (podridão parda)	Fungo	Ação fungicida, aumento da resistência contra fungos. Óleo de nim é tóxico às espécies, tall oil dificulta seu desenvolvimento e tanino protege de patógenos
BIANCHINI et al	2017	Óleo essencial da espécie Blepharocalyx salicifolius (Kunth) O.Berg. (Myrtaceae), conhecida como murta	Pycnoporus sanguineus (podridão branca) e Gloeophyllum trabeum (podridão parda)	Fungo	Inibe totalmente crescimento do fungo Gloeophyllum trabeum apenas
TALGATTI et al	2020	Extratos da madeira, casca e folhas das espécies Hovenia dulcis e Ateleia glazioviana	Pycnoporus sanguineus (podridão branca) e Gloeophyllum trabeum (podridão parda)	Fungo	Fungo de podridão parda apresentou maior resistência aos extratos do que os de podridão branca. Potencial pesticida contra térmitas. Produtos de melhor desempenho obtidos da Ateleia glazioviana
BALDIN et al	2022	Óleos essenciais das folhas de Corymbia citriodora na preservação de Eucalyptus sp	-	-	Desempenho medido por diferentes metodologias mostrou resultados inferiores quando comparado ao CCB
SILVA, ARRUDA, DIODATO	2022	Licor pirolenhoso de timburi (Enterolobium contortisiliquum)	Cupim subterrâneo Isoptera Rhinotermitidae, gênero Coptotermes	Cupim	Licor pirolenhoso retardou ataque de cupins subterrâneos a madeira de peroba rosa
BARBOSA, NASCIMENTO, MORAIS	2007	Extratos do lenho e casca das espécies Pouteria guianensis, Buchenavia parviflora e Dinizia excelsa	Cupins Nasutitermes sp	Cupim	Extratos da casca de P. guianensis e B. parviflora e lenho de D. excelsa repelem os cupins. Extratos da casca de D. excelsa e casca e lenho de S. micranthum não não



		para preservação da Simarouba amara			obtiveram bons resultados
COSTA, GONÇALEZ, VALE	2002	Composto de iodo orgânico	Térmitas Coptotermes formosanus Shiraki e fungos Coriolus versicolor (podridão branca) e Tyromyces palustris (podridão parda)	Cupim e fungo	Composto pouco eficiente para controle do cupim, mas bom fungicida. Porém, baixa capacidade de fixação na madeira, não indicado para madeiras em contato direto com solo ou expostas a intempéries
CAMARGO	2023	Óleos essenciais de Cymbopogon citratatus, Cupressus lusitanica e Drimys brasiliensis	Fungos Trametes versicolor; Pycnoporus sanguineus (podridão branca) e Gloeophyllu m trabeum (podridão parda)	Fungo	Todos apresentaram atividade antifúngica. Óleo de C. citratatus apresentou maior controle do fungo de podridão branca T. versicolor
CAI et al	2020	Quatro complexos dos óleos eugenol, trans- cinamaldeído, timol e carvacrol e complexados com metil-β- ciclodextrina	Fungos de podridão parda Gloeophyllu m trabeum e Postia placenta	Fungo	Bons resultados de resistência contra apodrecimento, mas concentrações testadas não capazes de inibir completamente deterioração
LÓPEZ et al	2020	Destilados de pirólise de casca de árvore, ácidos orgânicos de destilados, extrato de tanino Colatan GT10, líquido residual de imersão em toras do processo de folheado de madeira nobre, óleo de pinho comercial e produto à base de cobre	Bactéria Aliivibrio fischeri	Bactéria	Testes de lixiviação constaram menor toxicidade do Colatan GT10 em relação ao conservante à base de cobre. Taninos podem ser solução boa para preservação da madeira em aplicações acima do solo, se fixação for melhorada

Fonte: a autora



Ressalta-se que, em todos os estudos, foram poucas ou nulas análises mais aprofundadas e baseadas em evidências científicas sobre a viabilidade econômica, possibilidade de produção em larga escala, capacidade de fixação na madeira, comparação com tratamentos convencionais e toxicidade a seres humanos.

Além das pesquisas apontadas na Tabela 1, existem estudos que investigam o uso de biocidas orgânicos e polímeros naturais para a formulação de conservantes que não sejam tóxicos. Nesse caso, o óleo de pirólise possui uma biodegradabilidade maior do que a de destilados do petróleo, o que contribui para a redução do risco ambiental. Ele é usado como co-aditivo no processo Royal, que acontece em três etapas: impregnação à base de cobre, cozedura em óleo de linhaça sob vácuo e secagem com altas temperaturas. O óleo possui um bom desempenho ao melhorar não só a resistência contra fungos mas também proporciona hidrofobicidade e funciona como corante natural (RUWOLDT; TOVEN, 2022).

O óleo de linhaça também é usado como tratamento, geralmente misturado com óleo naftênico. Foram desenvolvidos estudos recentes sobre o desenvolvimento de novos tipos de misturas em que o óleo naftênico foi substituído por álcoois e óleo de pirólise, sendo concluído que o óleo de linhaça pode ser misturado com álcoois primários com três ou mais átomos de carbono (RUWOLDT; TOVEN, 2022). Porém, o óleo de pirólise não é miscível com o de linhaça e, para superar esse desafio, foram testados álcoois como co-solventes para que aconteça a compatibilidade. Álcoois de baixo peso molecular podem ter uso industrial vantajoso, já que são solventes que podem ser regenerados por evaporação e recirculados para reutilização. O trabalho experimental tinha como objetivo identificar formas de combinação do óleo de linhaça e de pirólise para o tratamento da madeira, com a adição do álcool. Foram medidas a viscosidade e evaporação do solvente e realizados tratamentos experimentais para análise da hidrofobização da madeira (RUWOLDT; TOVEN, 2022).



4 CONCLUSÕES

O emprego da madeira na construção civil demanda a análise de fatores como resistência e durabilidade para que possa ser utilizada de forma segura e evitar problemas como rachaduras, empenamentos e ação de agentes biodegradadores, sendo assim necessário o uso de preservantes e tratamentos. Porém, os preservativos utilizados no mercado e autorizados pelo IBAMA apresentam questões problemáticas relacionadas à saúde humana e ao meio ambiente, pois apresentam toxicidade significativa para organismos aquáticos, como peixes e anfíbios, e podem causar efeitos prejudiciais em órgãos de mamíferos expostos. Além disso, podem contaminar alimentos, a água potável e o solo, seja pelo uso ou descarte inadequado, que pode causar exposição a resíduos e compostos voláteis, causando danos à biodiversidade e à saúde humana.

Nesse sentido, foram encontrados novos estudos que buscam produtos para o tratamento da madeira de maneira menos impactante e com preços competitivos, com o objetivo de garantir a durabilidade do material sem prejudicar o meio ambiente. O que se observa nas pesquisas encontradas na literatura são resultados promissores, com ações fungicidas e inseticidas eficientes, a partir de extrativos naturais que se tornam uma alternativa sustentável para o controle de agentes que deterioram a madeira. Embora com bons resultados, as pesquisas se apresentam em estágios iniciais, requerendo continuidade para que sejam realmente implementadas no mercado. Alguns fatores, como viabilidade econômica, produção em larga escala e comparação com os preservativos em uso são questões importantes a serem considerados nesta linha de pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da FAPESP pela bolsa de Iniciação Científica, processo 2022/07803-0. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações



CUADERNOS DE

EDUCACIÓN

Y DESARROLLO

Europub European Publications

ISSN: 1989-4155

expressas neste material são de responsabilidade dos autores e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Agosto de 1997.

BALDIN, T; NUNES, S; EVARISTO, S; DIAS, T; BARAÚNA, E. Extratos das folhas de *Corymbia citriodora* na proteção da madeira de *Eucalyptus* sp. Revista Matéria. Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG. 2022.

BIANCHINI, N; SILVA, D; SPALL, S; SCHINDLER, B; MUNIZ, M; HEINZMANN, B. Óleo essencial de *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg.: composição química e atividade antifúngica. 2017.

BRAND, M; ANZALDO, J; MORESCHI, J. Novos produtos para o tratamento preservante da madeira. "Perspectivas da pesquisa e utilização". Curitiba. 2006.

CITROMAX. Inseticida Cipermetrina 250 CE Citromax. Citromax Indústria e Comércio Ltda. São Lourenço do Oeste, SC. 02 de junho de 2022.

Forest Products Laboratory. 2010. Wood handbook: Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.

GABRIEL, P; ESCORSIN, J; LOPES, M; GABRIEL, M. Intoxicação por tribromofenol. Instituto Médico Legal do Paraná. Universidade Federal do Paraná. 2001.

JANKOWSKY, I; VIDAL, J; SILVA, J; EVANGELISTA, W. Preservação de madeiras no Brasil: Histórico atual e tendências. Santa Maria. P. 257-271, janeiro 2015. 0103-9954. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cflo/a/WSsH9ktwmQyc3k4Prt36Q3H/?lang=pt>>

LAGE, M. Eficiência de inseticidas para preservar madeira contra danos de cupim subterrâneo. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Seropédica. Dezembro de 2004.

MACANAN, N; HARTMANN, M; KOLCENTI, C; RUTKOSKI, C; VANZETTO, G. Toxicidade dos inseticidas deltametrina e cipermetrina em embriões e larvas de *Physalaemus gracilis* (anura: Leptodactylidae). Univ Federal da Fronteira Sul. 2016.

MORESCHI, J. Biodegradação e preservação da madeira: Métodos de tratamentos da madeira. Volume III. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná. 4ª edição. Abril, 2013.

Nota técnica sobre a reavaliação do ingrediente ativo pentaclorofenol e seus sais. ANVISA. 2006. Disponível em: <<http://antigo.anvisa.gov.br/documents/111215/117797/penta.pdf/fc82b388-d6da-4b5e-912f-ebd792d2d6fb>>



PIMPÃO, C. Avaliação aguda dos efeitos toxicológicos da deltametrina em uma espécie de peixe fluvial nativo: estudo bioquímico e imunotóxico. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 26 de novembro de 2006.

PORTEOUS, J; KERMANI, A. Structural Timber Design to Eurocode 5. Blackwell Publishing. 2007.

RAVASI, R. Métodos de preservação da madeira e seus preservativos. Trabalho de conclusão de curso - Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pampa. São Gabriel. 2011.

RIBEIRO, S. Efeitos isolados de cipermetrina e metomil na microbiota humana. Universidade Federal de Pernambuco. Vitória de Santo Antão. 2016.

RUWOLDT, J.; TOWEN, K. Alternative wood treatment with blends of linseed oil, alcohols and pyrolysis oil. KeAi Chinese Roots Global Impact. 30 de julho de 2022.

SANTOS, R; FAYAL, A; AGUIAR, A; VIEIRA, D; PÓVOA, M. Avaliação do efeito residual de piretróides sobre anofelinos da Amazônia brasileira. Laboratório de parasitologia. Universidade Federal de Sergipe. 18 de janeiro de 2007.

Secagem Acelerada de Madeira. Associação Nacional dos Inventores. 2012. Disponível em <<https://blogdosinventores.com.br/secagem-acelerada-de-madeira/>>

Secagem Rápida e Econômica. Pesquisa FAPESP. 2003. Disponível em <<https://revistapesquisa.fapesp.br/secagem-rapida-e-economica/>>

SILVEIRA, A; SANTINI, E; KULCZYNSKI, S; TREVISAN, R. Atividade antifúngica do extrato natural da acácia-negra à *Pycnoporus sanguineus*. Scientia Forestalis. 2017.

SOARES, B. Análise físico química e toxicológica de cinzas de fundo de madeira tratada e não tratada, análise de toxicidade no solo. Universidade Federal de Santa Catarina. Araranguá. 2022.

SZÜCS, C; TEREZO, R; VALLE, A; MORAES, P. Estruturas de Madeira. Universidade Federal de Santa Catarina. Versão 3. Florianópolis. Março de 2015.

TALGATTI, M., SILVEIRA, A. G., BALDIN, T., VALCORTE, G., & SANTINI, E. J. (2020). Biocontrole dos extratos de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* frente a organismos xilófagos. Scientia Forestalis, 48(125), e3241

VIVIAN, M; GROSSKOPF, E; NUNES, G; ITAKO, A; MODES, K. Qualidade e eficiência de produtos naturais no tratamento preservativo das madeiras de *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus viminalis* e *Pinus taeda*. Revista de Ciências Agroveterinárias. Universidade do Estado de Santa Catarina. 2019.