

TRATAMENTOS PRESERVANTES NATURAIS DE MADEIRAS DE FLORESTA PLANTADA PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

NATURAL PRESERVATIVE TREATMENTS OF FORESTED WOODS FOR CONSTRUCTION

Rodrigo Vargas Souza, M.Sc. (UNIFEFE);
Alexandra Lima Demenighi, M.Sc. (UNIFEFE)

Palavras Chave

Preservantes naturais; Madeira de floresta plantada; Agentes xilófagos.

Key Words

Natural preservatives; Forested woods; Xylophagous agents.

RESUMO

Nos últimos anos devido à escassez de espécies nativas resistentes à deterioração biológica cresce o uso de espécies de rápido crescimento provenientes de florestas plantadas, como algumas espécies *Pinus* e *Eucaliptos*. Estas espécies possuem pouca ou nenhuma resistência ao ataque de agentes xilófagos e necessitam de tratamentos preservantes. Os produtos preservantes, como o arseniato de cobre cromatado (CCA) e o borato de cobre cromatado (CCB), utilizados atualmente possuem elevado grau de toxicidade, trazendo potenciais riscos para a saúde humana e para o meio-ambiente. Assim, há uma crescente necessidade de desenvolver produtos preservantes não tóxicos para os seres humanos e para o meio ambiente. Neste sentido, este artigo se propõe a estudar os tratamentos preservantes naturais como alternativa para substituir o uso dos preservantes químico-sintéticos.

ABSTRACT

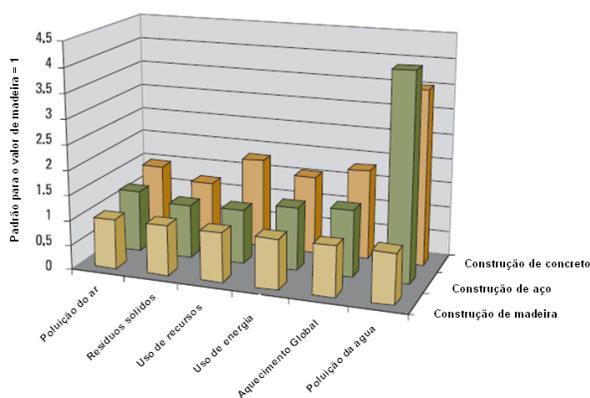
*In recent years due to scarcity of native species resistant to biological deterioration, grows the use of fast-growing species from planted forests, as some species *Pinus* and *Eucalyptus*. These species have little or no resistance to attack by xylophagous agents and treatments require preservatives. Preservative products such as chromated copper arsenate (CCA) and chromated copper borate (CCB), used today, have high level of toxicity, bringing potential risks to human health and the environment. Thus, there is an increasing need to develop non-toxic preservative products for humans and for the environment. Thus, this article aims to study the natural Preservative treatments as an alternative to replace the use of chemical-synthetic preservatives.*

1. INTRODUÇÃO

A madeira como material de construção possui características que a tornam atraente ambientalmente frente a outros materiais. Pois é um material que consome pouca energia para seu processamento, ajuda a diminuir o efeito estufa e tem boas características de isolamento térmico e elétrico.

As construções de madeira mantêm o gás carbônico atmosférico capturado pelas árvores, armazenado em sua estrutura. Segundo Muller (2005) aumentar o uso da madeira na construção dos edifícios promove uma iniciativa direta para a diminuição do efeito estufa, pois reduziria a quantidade de CO₂ emitida. O *Canadian Wood Council* (2004) afirma que o potencial de aquecimento global, o índice de emissões no ar, o índice de emissões na água e o consumo de energia são mais elevados para as construções de aço e de concreto que para a construção de madeira, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1: Índices de impactos ambientais de construções de aço, concreto e madeira.



Fonte: CANADIAN WOOD COUNCIL, 2004

Estudo realizado por Souza (2013) mostra que a energia consumida por uma casa com estrutura de aço é 59% maior do que para uma casa com estrutura de madeira com as mesmas características. No canteiro de obras o sistema construtivo com estrutura leve de madeira gera menos resíduos que os sistemas construtivos de alvenaria tradicional (SOUZA, 2013). Porém Souza (2013) identificou que, no Brasil, a madeira de floresta plantada, quando tratada, tem pouco potencial de ser reciclada ou reaproveitada no final de seu ciclo de vida, devido à utilização de produtos químicos preservantes, que emitem resíduos perigosos.

Boa parte das madeiras é naturalmente resistente à ação dos agentes xilófagos, entretanto, algumas madeiras de floresta plantadas não são resistentes e necessitam de tratamentos preservantes. Atualmente, cerca de 70% da madeira consumida pela indústria brasileira é proveniente de

reflorestamento, o que representa uma alteração substancial em relação aos anos 60, quando praticamente toda a matéria-prima era proveniente de florestas nativas (BUAINAIN; BATALHA, 2007). Na construção civil brasileira, especificamente na produção de habitação em madeira, é utilizado o *Pinus spp* e o *Eucalypto spp*, entre as espécies de floresta plantada, na forma de madeira serrada, de chapas aglomeradas, de compensados e de peças roliças (YUBA, 2001).

A madeira, como material de origem orgânica pode sofrer biodeterioração. Agentes biológicos, tais como bactérias e fungos, insetos (coleópteros e térmitas) e brocas marinhas (moluscos e crustáceos) podem atacá-la, dependendo da condição ambiental na qual a mesma está inserida. (FAGUNDES, 2003).

A fim de proteger a madeira do ataque desses agentes agressores, são preconizados inúmeros processos de tratamentos preservativos, imunizadores e destruidores. Cavalcante (1983) considera a preservação uma importante ferramenta para se garantir a durabilidade da peça em madeira. Esta pode ser definida como o conjunto de produtos, de métodos, de técnicas e de pesquisas destinadas a alterar, medir ou estudar a durabilidade da madeira, podendo ser dividida em preservação natural, indireta, biológica e química (CAVALCANTE, 1983).

- Preservação natural: é a utilização da madeira protegendo-a do contato com o solo e das fontes de umidade de forma a evitar a ação dos agentes deteriorantes.
- Preservação indireta: é o tratamento do meio em que a madeira está sendo utilizada com a finalidade de protegê-la.
- Preservação biológica: envolve o emprego de organismos vivos na prevenção ao ataque dos organismos xilófagos.
- Preservação química: é a introdução de produtos químicos dentro da estrutura da madeira, visando torná-la tóxica aos organismos que a utilizam como fonte de alimento.
- A preservação químico-sintética é o método mais utilizado hoje no Brasil. Mas esse tipo de preservação é questionável, devido ao seu potencial de ação nociva aos homens e pelos riscos de contaminação ambiental provocada pela disposição irregular dos resíduos da madeira tratada. Neste sentido, este trabalho se propõe a fazer uma revisão de tratamentos preservantes naturais como alternativa para substituir o uso dos preservantes químico-sintéticos.

2. AGENTES BIOLÓGICOS DETERIORADORES DA MADEIRA

A degradação biológica da madeira é causada por organismos xilófagos compreendidos basicamente por: fungos, insetos, moluscos, crustáceos e bactérias. Os fungos e os insetos formam os grupos mais importantes, responsáveis por grandes perdas nos vários tipos de produtos florestais (MENDES e ALVES, 1988).

A deterioração da madeira, ocasionada por fungos, ocorre em diferentes formas. Em um caso extremo, eles podem decompor totalmente a madeira ou somente manchá-la. Em ambos os casos os fungos são responsáveis por grandes perdas econômicas (KOLLMAN e CÔTE, 1968). Segundo Levy (1979) os fungos que normalmente são encontrados degradando a madeira dividem-se em cinco categorias: podridão parda, podridão branca, podridão mole, manchadores e emboloradores. Os três primeiros podem ser agrupados como fungos apodrecedores e são responsáveis pela perda de resistência da madeira. Segundo Moreschi (2013) existem os que consomem todo o material que constitui a madeira. No entanto, alguns deles utilizam predominantemente parte deste material, como por exemplo, os causadores da podridão parda, que praticamente deterioram apenas a celulose e a hemicelulose, e os manchadores, que atacam a madeira em função do material de reserva existente nos lumens das células, nos vasos e nos canais resiníferos (MORESCHI, 2013).

O controle da deterioração de madeiras por fungos é efetuado através da secagem da madeira, armazenamento em condições adequadas de temperatura e umidade e aplicação de fungicidas (FURTADO, 2000). Na Figura 2 mostra a característica de madeira atacada por fungos de podridão parda.

Figura 2: Madeira atacada por fungos de podridão parda



Fonte: Elaborada pelo autor, 2015.

Dentre os insetos xilófagos que atacam a madeira em uso pelo homem, os cupins e as brocas-de-madeira são considerados os dois grupos mais importantes. Segundo Lelis (2000) brocas-de-madeira, cujos adultos são os besouros, pertencem a um grupo taxonômico da ordem *Coleoptera*. Estes não são insetos sociais e o seu desenvolvimento pós-embriônico é do tipo holometábolo. O ataque por brocas de madeira se inicia quando a fêmea adulta deposita seus ovos na madeira. Desses ovos eclodem as larvas que irão se alimentar daquele substrato até atingirem o estágio de pupa quando, então, se transformam em adultos. A fase larval é a mais longa da vida do inseto e a principal responsável pelos danos causados à madeira (LELIS, 2000; MORESCHI, 2013). Uma vez transformados em adultos, os insetos perfuram a madeira e saem para o meio externo. Fora da madeira, machos e fêmeas se acasalam, e as fêmeas voltam a depositar seus ovos ou na mesma peça de madeira ou em outra (LELIS, 2000).

Segundo Moreschi (2013) entre os indivíduos da ordem *Isóptera*, os cupins são considerados os mais importantes como deterioradores de madeira e de artigos de madeira. Eles normalmente são classificados em sete famílias, e as consideradas deterioradoras na área de preservação da madeira em nosso País resumem-se às *Rhinotermitidae* e *Kalotermitidae*, sendo chamadas também de famílias de cupins "inferiores" por necessitarem de protozoários simbiotes para possibilitar a digestão da celulose. Estes cupins são adaptados a diferentes condições de deterioração da madeira e são normalmente conhecidos como: cupins de solo ou subterrâneos, (*Rhinotermitidae*) e cupins de madeira seca (*Kalotermitidae*) (MORESCHI, 2013).

Os cupins de madeira seca, cientificamente denominado *Cryptotermes brevis*, atacam, como informa o próprio nome, apenas peças de madeira e seus derivados (componentes estruturais de construções, móveis, papéis), e vivem diretamente dentro das peças que consomem como alimento (FONTES e MILANO, 2002).

Segundo Stumpp et al. (2005) o *Cryptotermes Brevis* ataca fortemente as madeiras de coníferas, especialmente a *Araucária angustifolia* e as espécies de *Pinus*. Ataca também as madeiras de folhosas de baixa resistência natural. Na Figura 3 mostra as galerias e sinais de ataque de cupins de madeira seca.

Figura 3: Galeria e sinais de ataque de cupins de madeira seca



Fonte: MORESCHI, 2013.

Os cupins subterrâneos (*Coptotermes havilandi*) atacam madeira e derivados, mas vivem em ninhos construídos fora do alimento e em locais ocultos, bem protegidos. São capazes de transitar amplamente pelo ambiente (solo, edificações em geral, árvores), e podem dispensar totalmente o contato com o solo ou com a terra propriamente dita (FONTES e MILANO, 2002).

Segundo Lelis (2000) os cupins são insetos predominantemente tropicais e, portanto, climas quentes e úmidos, como os do Brasil, são favoráveis a esses insetos. Também é importante distinguir os cupins que são prejudiciais daqueles que não causam mal algum e que são, ainda, extremamente importantes para os ecossistemas naturais (LELIS, 2000; FONTES e MILANO, 2002). Atualmente os preservantes químicos, tais como fungicidas e inseticidas, são os produtos mais utilizados para prevenir e combater os agentes biológicos deterioradores da madeira.

3. OS PRINCIPAIS PRESERVANTES QUÍMICO-SINTÉTICOS TRADICIONAIS

Apesar dos possíveis riscos no manuseio e uso, a preservação química-sintética ainda é a forma mais usual na prevenção do ataque biológico (BARILLARI, 2002). Os métodos para aplicação do preservante na madeira podem ser por imersão ou sob pressão (autoclave). Segundo Fagundes (2003), o processo de autoclave é feito em usinas de preservação por meio de equipamento que produz de maneira alternada, vácuo e pressão, permitindo que o preservativo químico penetre profundamente e de maneira homogênea nas fibras de madeira (Figura 4) (FAGUNDES, 2003).

Figura 4: Câmara de autoclave



Fonte: SOUZA, 2013

O início das atividades industriais de preservação de madeira teve como base o tratamento de dormentes pela indústria ferroviária e o uso de postes preservados para redes de distribuição de energia, telefone e telégrafo (BARILLARI, 2002). Leepage (1989); Hunt e Garrat (1961); Stumpp (2007) e Silva (2006) apresentam os principais preservantes tradicionais:

- O alcatrão, que é um subproduto da carbonização das matérias-primas: madeira, turfa, lignito xisto betuminoso e hulha;
- O creosoto de alcatrão do carvão de pedra, seu destilado, é o mais tradicional produto de tratamento de madeira de todos os tempos;
- O creosoto de madeira é o destilado do alcatrão ou breu de madeira. Este é o mais antigo preservante conhecido pelo homem. No Egito antigo foi usado na conservação de cadáveres;
- O pentaclorofenol é obtido por cloração direta catalizada pelo Cloreto de alumínio ($AlCl_3$);
- O CCB (Borato de Cobre Cromatado) é uma mistura de sulfato de cobre, ácido bórico e bicromato de potássio, que pode ser misturado de modo artesanal, aplicado por imersão ou em autoclave;
- O CCA (arseniato de cobre cromatado) é um sal hidrossolúvel muito eficiente e usado desde 1930. Basicamente, o arsênio é o agente inseticida, o cobre, fungicida, e o cromo, o elemento fixador. Atualmente é o hidrossolúvel mais utilizado em todo o mundo, normalmente aplicado em autoclave.

No Brasil, os principais preservantes químicos utilizados para o tratamento da madeira são o creosoto e o Arseniato de Cobre Cromatado (CCA). Segundo Fagundes (2003), a utilização do creosoto tem diminuído muito, em função do aspecto característico escuro e oleoso causado na madeira. Já a madeira tratada com CCA, vem sendo cada vez mais utilizada para fins estruturais, porém este produto vem gerando muita controvérsia em vários

países que ainda o utilizam, pois estudos mostram que a exposição aos componentes do CCA – Cobre, Cromo e Arsênio podem causar sérios problemas a saúde dos seres humanos e ao meio ambiente (FAGUNDES, 2003).

Kats e Salem (2005) citam alguns estudos que mostram acréscimo na taxa de mortalidade por câncer entre carpinteiros expostos à madeira tratada com CCA devido ao excessivo aumento nos casos de câncer de pulmão e leucemia. Segundo Thomasson et al. (2006), o contato a longo prazo com o arsênio pode afetar o fígado e provocar queda de cabelos e unhas, anemia, dermatites tumores malignos e defeitos genéticos.

Alguns fabricantes de produtos químicos já oferecem alternativas para CCA, como por exemplo, o Borato de Cobre Cromatado (CCB) e o composto chamado Cobre Alcalino/Arseniato de Cobre Amoniacal (ACA). Porém, as normas técnicas que regulamentam a utilização do CCA no Brasil, ainda o consideram como um produto seguro e que fornece grande durabilidade (FAGUNDES, 2003). No entanto, o mercado para este produto vem sendo limitado, como ocorre na maioria dos países da Comunidade Européia, onde o mesmo já foi banido há algum tempo.

4. PRESERVANTES NATURAIS

Os danos ambientais e à saúde das pessoas que manipulam os produtos preservantes tradicionais têm preocupado o mundo e feito com que seja despertado o interesse por pesquisas que desenvolvam produtos naturais para o tratamento da madeira (ONUORAH, 2000). Segundo Stumpp (2007), a partir dos anos 90 aparece uma nova geração de preservantes, como fruto da conscientização ambiental. Entre esta nova geração de preservantes, é possível citar a utilização de aplicação de temperaturas letais, através da exposição ao calor ou ao frio. Também vem sendo estudado a introdução de inimigos naturais para o controle das espécies de pragas e a utilização de mineralizantes e de extratos vegetais para a proteção das madeiras não resistentes aos agentes xilófagos (COSTA E THORNE, 1995; STUMPP, 2007). A seguir são apresentados alguns produtos naturais para a preservação de madeiras de floresta plantada:

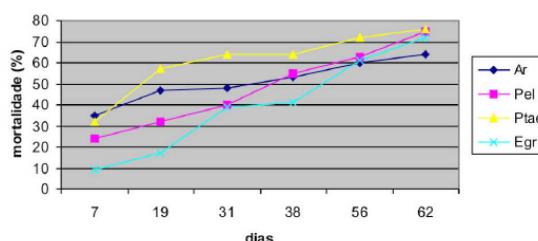
- Óleo de mamona: óleo de mamona tem o nome científico de *Ricinus communis*. Dos produtos obtidos da planta de mamona, o óleo é, sem dúvida, o mais importante e o objetivo principal de todos aqueles que a exploram comercialmente. A semente de mamona é constituída de 75% de amêndoa e 25% de casca (STUMPP, 2007). Sua composição química muda de acordo com a variedade e região de cultivo. O teor de óleo nas sementes situa-se, entre 35%

e 55%. O óleo de mamona diferencia-se dos similares vegetais pela grande quantidade de hidróxidos que contém, especialmente, o ácido rinoleico (STUMPP, 2007).

Em estudo realizado por Stumpp et al. (2005) em laboratório o óleo de mamona mostrou bom desempenho no controle do cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*), tendo em alguns ensaios uma taxa de mortalidade de 100% em corpos de prova de madeiras da espécie *Pinus spp.*

Segundo Stumpp et al. (2005) o óleo de mamona mostra excelente resistência ao intemperismo, retendo 100% da massa do preservante, porém a eficiência do mesmo pode cair com o passar do tempo. A Figura 5 mostra um gráfico de ensaios feitos em simulador acelerado em campo, onde se observou próximo aos 30 dias após o início do tratamento, uma mortalidade média de 50% nas madeiras das espécies *Araucária angustifolia* (Ar), *Pinus elliottii* (Pel), *Pinus taeda* (Ptae) e *Eucalyptus Grandis* (Egr).

Figura 5: curvas de mortalidade de cupins em função do tempo, em tratamentos com óleo de mamona.



Fonte: STUMPP, 2007

- Óleo de Neem: O Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) é uma árvore de origem asiática, de rápido crescimento, alcançando normalmente de 10 a 15 m de altura; produz madeira avermelhada, dura e resistente ao ataque de cupins e ao apodrecimento (GOMES, 2004). O óleo extraído dos frutos e sementes do Neem pode ser uma alternativa para a preservação da madeira. Segundo Machado *et al.* (2003), a substância azadirachtina, presente em grande concentração no óleo de Neem, pode ter atuação antialimentar, o que pode levar a um efeito fago-inibidor e fagorrepelente, impedindo que os organismos xilófagos ataquem a madeira. O óleo de Neem combinado com o Reopex B, produto sintetizado à base de óleo de mamona, tem efeitos fungicidas, inseticidas e boa repelência (MACHADO *et al.*, 2003). Porém Paes *et al.* (2010) afirma que o óleo de Neen puro, tem pouca eficiência no tratamento de madeira contra cupins xilófagos, pois embora tenham apresentado algum efeito de repelência, este não foi duradouro.

- Tall Oil e seus subprodutos: é um subproduto no processamento de polpa de coníferas resinosas, para

produção do papel Kraft, sendo considerado um dos óleos naturais, de fonte renovável, mais baratos do mercado mundial, pois é um produto gerado industrialmente, não dependendo de intempéries climáticas e do solo. (BOSSARDI, 2014).

Segundo Bossardi (2014) as madeiras de coníferas, especialmente *Pinus*, contêm aproximadamente 3% de uma fração de baixa massa molecular constituída por ácidos resínicos livres, ácidos graxos de cadeia longa, esteróis, terpenos voláteis e outros materiais insaponáveis. Esses materiais, que são a maior parte do extrato proveniente da madeira, constituem o *Tall Oil Crude* (CTO) ou, simplesmente, *Tall Oil*.

Em seu estudo, Bossardi (2014) realizou ensaios de hidrofobicidade e de exposição ao fungo de podridão branca (*Trametes versicolor* (L.; Fr.) Pilát). Os resultados obtidos mostraram que o *Tall Oil* e seus subprodutos Óleo Ejetor (OE) e *Light Oil* (LO), possuem potencial para proteger a madeira contra ataque do fungo de podridão branca, sendo o Óleo Ejetor (OE) o que obteve os resultados mais satisfatórios nas espécies de *Pinus* e *Eucalipto*.

- Oleoresina de capsaicina: As espécies de pimenta do Gênero *Capsicum* apresentam em sua composição metabólitos secundários, destacando os capsaicinóides. A capsaicina (trans-8-metil-N-vanilil-6-nomenamida) é o principal alcalóide encontrado nas pimentas e é responsável pela ação picante das pimentas (SIMÕES, 2001; ZIGLIO, 2015).

As oleoresinas de pimentas são extratos altamente concentrados obtidos a partir da extração em solvente e que apresentam, além de componentes voláteis, uma fração fixa de substâncias responsáveis pela pungência. São extratos de pimentas secas, picantes ou não, de três principais tipos: *Capsicum*, pimentas vermelhas e páprica (ZIGLIO, 2015).

Em sua pesquisa, Ziglio (2015) avaliou a eficácia do uso de oleoresina de capsaicina, extraído das pimentas Malagueta, *Red Savina* e *Bhut Jolokia*, no tratamento da superfície de madeiras do gênero *Pinus spp*, com teores de umidade de equilíbrio de 12% e 0%. Os Corpos de prova foram submetidos ao ataque de fungos emboloradores (*Paecimyces variotti*) e de podridão branca (*Pycnoporus sanquineus*). Também foi feito um comparativo dos oleoresinas com um preservante sintético, conhecido comercialmente como *Stain*. Observou-se *Bhut Jolokia* e o preservante *Stain* proporcionaram menor molhabilidade para a espécie da madeira estudada em ambos os teores de umidade (ZIGLIO, 2015). Segundo Ziglio (2015) as amostras de madeiras *Pinus spp* ao serem tratadas com os preservantes das oleoresinas de capsaicina apresentaram um retardo do desenvolvimento dos fungos emboloradores e de podridão branca. A Oleoresina de capsaicina extraída da Pimenta *Bhut Jolokia* mostrou-se mais eficiente devido ao

seu maior grau de pungência (alto teor de capsaicina) se comparada às pimentas *Red Savina* e Malagueta (médio/baixo teor de capsaicina). O preservante sintético *Stain* foi mais eficiente como agente protetor nos ensaios acelerados; além disto, as amostras com teor de umidade 0% se mostraram menos susceptíveis ao desenvolvimento dos fungos e mais protegidas quando compara às amostras com teor de umidade 12% (ZIGLIO, 2015).

- Cera de lima-ácida: a cera de lima-ácida é feita a partir dos resíduos industriais da Lima-ácida Tahiti (*Citrus latifolia Tanaka*). Sbeghen-Loss (2008) avaliou a eficácia deste produto no controle do *Cryptotermes brevis*. Em seu trabalho foram feitos bioensaios utilizando como substrato corpos de prova de *Pinus spp* tratados com a cera e suas frações. Segundo Sbeghen-Loss (2008) a retenção nos corpos de prova da cera industrial de lima-ácida em todos os tratamentos ficou dentro dos padrões normativos exigidos. Também foi observado que a cera industrial de lima-ácida mostrou ser efetiva contra cupins de madeira seca, reduzindo sua atividade alimentar em baixas concentrações e também reduzindo a sobrevivência dos cupins nas concentrações mais elevadas (> 25 mg/cm³). Os corpos de provas impregnados com a cera industrial de lima-ácida mantiveram sua ação anti-alimentar após seis meses de tratamento (SBEGHEN-LOSS, 2008). Assim Sbeghen-Loss (2008) concluiu em sua pesquisa que a cera de lima-ácida apresenta potencial para ser utilizada na proteção de madeira contra *C. brevis*, fornecendo, desta forma, um novo valor agregado a um subproduto da indústria cítrica.

- Extrato a base de tanino: O extrato a base de tanino é um preservante não tóxico constituído por taninos extraídos de árvores de *Acácia mimosa* plantadas no Rio Grande do Sul, quimicamente modificados com o objetivo de aumentar a ação inseticida do preservante. (STUMPP, 2007). Em estudo realizado por Stumpp (2007) em laboratório o extrato mostrou bom desempenho no controle do cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*), tendo em alguns ensaios uma taxa de mortalidade de 100% em corpos de prova de madeiras da espécie *Pinus spp*. Porém o produto sofre com ação das condições de intemperismo ocorrendo diminuição nas taxas de mortalidades dos cupins (STUMPP *et al.*, 2005). Stumpp *et al.*(2005) concluíram que o extrato a base de tanino é eficaz para o uso interno quanto à prevenção e ao combate ao ataque de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*).

- Extrato de folhas de canela: a canela indígena (*Cinnamomum osmophloeum*) é uma árvore perene de porte médio no gênero *Cinnamomum*, tendo sua ocorrência natural, no Taiwan. O Cinamaldeído, um óleo essencial

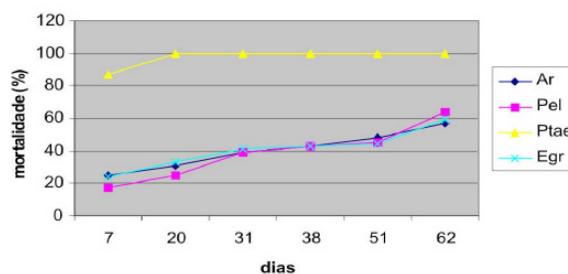
extraído de *C. osmophloeum*, tem numerosos usos comerciais e pode ser utilizado como preservante de madeiras contra agentes xilófagos (Li *et al.*, 2008). Segundo Li *et al.* (2008) os extratos de folhas de canela têm-se revelado eficaz contra fungos e cupins de madeira e pode potencialmente ser desenvolvido em excelentes conservantes orgânicos. O óleo de canela se mostrou altamente eficaz quando utilizado em etanol, mas a sua atividade diminuiu quando misturado com água. A adição de agentes tensoativos à canela, combinação de óleo e água, não produziu uma solução completamente estável, sendo necessárias concentrações mais elevadas de óleo para conservar a eficácia (Li *et al.*, 2008).

- Óleos essenciais de plantas aromáticas (citronela e alecrim): Para estudar a repelência e os efeitos tóxicos de óleos essenciais contra o cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*), Sbeghen (2001) realizou ensaios em laboratório com corpos de provas de madeira de *Pinus spp* para avaliar os óleos essenciais de citronela (*Cymbopogon winterianus Jowitt*) e alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*) dentre outros. Os corpos de provas foram mergulhados nas soluções com diferentes concentrações de cada óleo essencial diluído em acetona, durante 18 horas. Após secagem os mesmos foram expostos ao cupim de madeira seca (SBEGHEN, 2001). No óleo de citronela, em concentrações mais altas, foi observada uma mortalidade entre 41,33% e 55,38%, porém após cinco dias ocorreu uma redução de 51% da eficiência. Já o óleo de alecrim teve um desempenho de apenas 31,33% de mortalidade (SBEGHEN, 2001). Segundo Sbeghen (2001) apesar de serem viáveis, os óleos essenciais, devido sua volatilidade, caracterizam-se pela baixa persistência, considerada uma desvantagem que pode ser solucionada por meio da busca de formulações adequadas utilizando fixadores para aumentar a persistência do produto na madeira.

- Extrato EMX: O extrato de EMX é um produto a base de óleos essenciais, extraídos de plantas da Amazônia. Segundo Suliti (2003) apud Stumpp (2007) o EMX é constituído por microrganismos benéficos primários, leveduras, fungos filamentosos, bactérias produtoras de ácido láctico e fotossintéticas que produzem enzimas e substâncias bio-ativas, desenvolvidas em calda vegetal. Stumpp (2007) fez ensaios com aplicação do EMX em corpos de provas de *Pinus spp*, *Araucária angustifolia* e *Eucalyptus Grandis* obtendo bons resultados de mortalidade dos cupins de madeira seca (Figura 6). Porém o mesmo apresenta pouca resistência ao intemperismo. Segundo Stumpp *et al* (2005) A lixiviação pode ser explicada pela afinidade do preservante com a água da chuva, durante

os 30 dias que os corpos de provas ficaram expostos ao tempo.

Figura 6: curvas de mortalidade de cupins em função do tempo em tratamento com EMX



Fonte: STUMPP, 2007

Todos os produtos apresentados neste artigo foram ensaiados em laboratório. Neste sentido, Gonzalo e Milano (1989) afirmam que nenhum dos métodos de ensaios em laboratório atualmente disponível permite, com segurança, fazer previsões sobre a vida útil de qualquer peça de madeira tratada ou não, em serviço. Também foi verificado, que com exceção da cera de lima-ácida, praticamente todos os produtos apresentaram problemas de fixação, absorção e/ou permanência nos corpos de prova de madeira. Por fim os produtos preservantes naturais apresentados neste artigo são todos produtos “não tóxicos” e renováveis.

5. CONCLUSÕES

O tratamento preservativo com os produtos CCA e CCB torna a madeira menos sustentável no aspecto ambiental, pois no Brasil, ainda não há tecnologia para reciclá-la no final de seu ciclo de vida. A madeira tratada com CCA vem gerando muita controvérsia em vários países que ainda permite a utilização deste produto, pois estudos mostram que a exposição aos componentes do CCA – Cobre, Cromo e Arsênio podem causar sérios problemas a saúde dos seres humanos e ao meio ambiente (FAGUNDES, 2003).

Atualmente os preservantes químicos são os produtos mais utilizados para prevenir e combater os agentes biológicos deterioradores da madeira. Os danos ambientais à saúde das pessoas que manipulam os produtos preservantes tradicionais têm preocupado o mundo e feito com que seja despertado o interesse por pesquisas que desenvolvam produtos naturais para o tratamento da madeira (ONUORAH, 2000).

O óleo de mamona, a cera de lima ácida, o extrato a base de tatino e o extrato EMX apresentaram boa eficiência contra o cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). Já os óleos essenciais de plantas aromáticas (citronela e alecrim)

apresentaram desempenho médio e o óleo de neem pouca eficiência contra o *Cryptotermes brevis*.

O oleoresina de capsaicina, o *Tall Oil* e seus subprodutos apresentaram boa eficiência como fungicidas e, o extrato de folhas de canela, apresentou boa eficiência no tratamento de madeira contra cupins xilófagos quando misturado com etanol.

Assim é possível concluir que os preservantes naturais levantados neste artigo são alternativas viáveis para o controle de agentes biológicos deterioradores da madeira. Porém percebe-se a necessidade de pesquisas mais aprofundadas, pois todos os produtos apresentados neste artigo foram ensaiados em laboratório. Neste sentido, Gonzalo e Milano (1989) afirmam que nenhum dos métodos de ensaios em laboratório atualmente disponível permite, com segurança, fazer previsões sobre a vida útil de qualquer peça de madeira tratada ou não, em serviço. Também foi verificado, que com exceção da cera de lima-ácida, praticamente todos os produtos apresentaram problemas de fixação, absorção e/ou permanência nos corpos de prova de madeira. Por fim os produtos preservantes naturais apresentados neste artigo são todos produtos “não tóxicos” e renováveis.

REFERÊNCIAS

- BARILLARI, C. T. **Durabilidade da madeira do gênero pinus tratada com preservantes: avaliação em campo de apodrecimento.** Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo – USP. Piracicaba, 2002.
- BOSSARDI, K. **Tall oil e seus subprodutos: alternativas como preservantes para madeira.** Tese de doutorado – UNESP Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de madeira.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Brasília, 2007.
- CANADIAN WOOD COUNCIL. **Energy and the Environment in Residential Construction.** Ottawa, Ontario, Canadá, 2004.
- CAVALCANTE, M. S. **Implantação e desenvolvimento da preservação de madeiras no Brasil.** Pesquisa e Desenvolvimento, São Paulo, v. 14, p. 1-57, 1983.
- COSTA, L. A. M.; THORNE, B. **Iscas e outras metodologias alternativas para o controle de cupins.** Em: BERTI FILHO, E. ; FONTES, L. R. Aspectos atuais da Biologia e Controle de Cupins. Piracicaba: FEALQ, p. 89-94. 1995.
- FAGUNDES, H. A. V. **Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul.** Dissertação de mestrado - UFRGS. Porto Alegre, 2003.
- GOMES, C. F. **Planta Neem.** Disponível em: <<http://www.plantaneem.com.br>>. Acesso em: 1 jun. 2004.
- FONTES, L. R.; MILANO, S. **Cupim e cidade: implicações ecológicas e controle.** São Paulo: Editora do autor, 2002.
- FURTADO, E. L. **Microorganismos manchadores da madeira.** Instituto de pesquisa e estudos florestais. Serie técnica IPEF - Cap. 10. 2000.
- GONZALO, A. C.; MILANO, S. **Avaliação da durabilidade natural da Madeira e de produtos usados na sua proteção.** Manual de Preservação de Madeiras. São Paulo: IPT, 1989.
- HUNT, G. M.; GARRAT, G. A. **Preservación de la Madera.** Madrid: Salvat, 486p. 1961.
- LELIS, A. T. **Insetos deterioradores de madeira no meio urbano.** Instituto de pesquisa e estudos florestais. Serie técnica IPEF - Cap. 9. 2000.
- LEPAGE, E. **Química da Madeira.** Em: Manual de Preservação de Madeiras. Vol. 1, Cap. IV, São Paulo: IPT, 1989b.
- LEVY, J.S. **Fundamental recorde in wood preservation.** Lectures delivered to the thirty-sixth session of the timber committee. 1979.
- KATZ, S. A.; SALEM, H. **Chemistry and toxicology of building timbers pressure-treated with chromated copper arsenate: a review.** Journal of Applied Toxicology 25, pp. 1-7. Wiley InterScience, 2005.
- KOLLMAN, F.F.P. e CÔTE, Jr. W.A. **Principles of wood science and technology.** Solid Wood. Berlin, Springer-Verlag. 1968. 552 p.
- MACHADO, G. O. et al. **Preservante natural de madeira para uso na construção civil.** Minerva – Pesquisa e Tecnologia.

MENDES, A. S.; ALVES, M.V.S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF/DPq – LPF, 1988. 58p.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira**. Departamento de engenharia e tecnologia da UFPR. 4 edição. Abril de 2013.

MULLER, D. G. **Arquitetura Ecológica**: 29 ejemplos. São Paulo, Paralaxe: 2005. ONUORAH, E. O. The wood preservative potentials of heartwood extracts of *Milicia excelsa* and *Erythrophleum suaveolens*. *Bioresource Technology*. v.75, p. 171-173. 2000.

PAES, J.B.; Souza A.D.; Lima C.R.; Medeiros Neto P.N. **Eficiência dos óleos de nim e mamona contra cupins xilófagos em ensaio de alimentação forçada**. *Cerne* 2010; 16(1): 105-113.

SBEGHEN-LOSS, A. C. **Bioatividade da cera industrial de lima-ácida (*Citrus latifolia* Tanaka) sobre *Cryptotermes brevis* Walker**. Tese de Doutorado. Universidade de Caxias do Sul - UCS. Caxias do Sul, 2008.

SBEGHEN, A. C. **Potencialidades de utilização de óleos essenciais de plantas aromáticas para o controle de *Cryptotermes brevis***. Dissertação de Mestrado. Universidade de Caxias do Sul - UCS. Caxias do Sul, 2001.

SILVA, J. de C. **Madeira preservada – os impactos ambientais**. *Revista da Madeira*, Edição nº 100. Viçosa, 2006.

SIMÕES, C.M.O.; et al. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. Porto Alegre/Florianópolis: Editora Universidade (UFRGS), 2001.

STUMPP, E.; et al. **Avaliação de sustentabilidade e eficácia de tratamentos preservantes naturais de madeiras de florestas plantadas no RS para o controle do cupim**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 2005.

SOUZA, R. V. **Aspectos ambientais e de custo de produção do sistema plataforma em madeira para habitação de interesse social: estudo de caso em Florianópolis**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

STUMPP, E. **Tratamento preservantes naturais de madeiras de floresta no Rio Grande do Sul para o controle do cupim-de-madeira seca – *cryptotermea***

brevis. Tese de Doutorado de mestrado - UFRGS. Porto Alegre, 2001

THOMASSON, G. et al. **Wood Preservation and wood products treatment – training manual**. Oregon State University, 2006.

YUBA, A. N. **Cadeia produtiva de madeira serrada de eucalipto para produção sustentável de habitações**. Dissertação de mestrado - UFRGS. Porto Alegre, 2001.

ZIGLIO, A. C. **Oleoresina de capsaicina como preservante natural de madeira de *Pinus sp.* Contra a ação de fungos de podridão branca e de podridão mole**. Tese de Doutorado. Instituto de Física de São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2015.