

Avaliação de sustentabilidade e eficácia de tratamentos preservantes naturais de madeiras de florestas plantadas no RS para o controle do cupim

Assessment of sustainability and the effectiveness of natural treatments of forested woods in the State of Rio Grande do Sul for the control of drywood termites

Eugen Stumpp
Vânia Rech
Miguel Aloysio Sattler
Neiva Monteiro de Barros
Ana Luiza Abitante

Resumo

A madeira é o único material de construção civil renovável. É um material universal, econômico, histórico e sustentável. Boa parte das madeiras é naturalmente resistente à ação dos agentes xilófagos. Entretanto, algumas madeiras de florestas plantadas, no entanto, não são resistentes e necessitam de tratamentos preservantes. Um dos mais vorazes agentes xilófagos, que se alimenta da celulose da madeira, é o cupim-da-madeira-seca – *Cryptotermes brevis*. Grande parte do litoral do Brasil é infestado por esse inseto. Até há pouco tempo, a única alternativa de controle dessa praga era o uso de preservantes químicos sintéticos, tais como mercuriais, arseniatos, organoclorados e outros, todos de elevado risco para a saúde dos mamíferos e com considerável impacto ambiental. Este artigo apresenta os testes que foram realizados com novos produtos alternativos de controle dessa praga, os quais têm baixo impacto ambiental e de baixo risco à saúde dos mamíferos. São preservantes à base de mineralizantes e extratos de plantas que foram testados em madeiras de florestas plantadas no RS, comumente usadas na construção civil: *Araucaria angustifolia*, *Pinus* spp. e *Eucalyptus grandis*. Os resultados desta pesquisa mostram a eficácia desses preservantes para o tratamento de madeiras plantadas, para as mais variadas aplicações na construção civil.

Palavras-chave: preservantes de madeira; cupim-de-madeira-seca; florestas plantadas; sustentabilidade.

Abstract

Wood is a unique renewable construction material. It is a universal economical, historical and sustainable material. Most types of wood are naturally resistant against xylophagous agents. However, some forested woods are not resistant to them and need some kind of treatment. One of the most destructive xylophagous is the drywood termite - *Cryptotermes brevis* - which require wood cellulose for their survival. They infect most coastal regions of Brazil. Until recently the control of this insect was made with products based on mercurials, arsenicals, phenolchlorides and other chemicals, causing a high environmental impact. This paper presents tests that have been made with alternative products for controlling this plague, which have low environmental impact and low risks for the health of mammals. These are based on natural products obtained from plant extracts and minerals which have been tested in several reforestation woods from the state of Rio Grande do Sul: *Araucaria angustifolia*, *Pinus* spp. and *Eucalyptus grandis*. The results of this study indicate that those treatments are effective for the treatment of reforestation woods for different types of applications in construction.

Keywords: wood treatments; drywood termite; planted forest; sustainability

Eugen Stumpp
Núcleo Orientado para Inovação
da Edificação
Universidade Federal do Rio
Grande do Sul
Av. Osvaldo Aranha, 99, 3º andar,
Centro
Porto Alegre – RS – Brasil
CEP 90035-190
Tel.: (51) 3316-3518
E-mail: estumpp@hotmail.com

Vânia Rech
Instituto de Biotecnologia
Universidade de Caxias do Sul
Rua Francisco G. Vargas, 1130,
Bairro Petrópolis
Caxias do Sul – RS – Brasil
CEP 95070-560
Tel.: (54) 3218-2100
E-mail: vaniarech@yahoo.com.br

Miguel Aloysio Sattler
Núcleo Orientado para a Inovação
da Edificação
Tel.: (51) 3316-3900;
E-mail: sattler@vortex.ufrgs.br

Neiva Monteiro de Barros
Instituto de Biotecnologia
Universidade de Caxias do Sul
E-mail: NMB Barros@ucs.br

Ana Luiza Abitante
Núcleo Orientado Para Inovação
da Edificação
Tel.: (51) 3316-3518
E-mail: aabitante@cpgec.ufrgs.br

Recebido em 11/06/05
Aceito em 23/11/05

Introdução

Em nosso país, o conhecimento dos cupins pragas urbanas ainda é muito deficiente. Faltam coletas, que certamente revelarão infestações por espécies até então insuspeitas, e faltam principalmente estudos sobre a biologia da infestação urbana.

A magnitude do problema termítico corresponde à vastidão territorial do Brasil. A variedade do panorama físico, biológico e cultural do país diversifica os problemas, cuja solução pode não ser a mesma para todas as regiões.

As colônias de *Cryptotermes*, mesmo as maiores, contêm apenas de algumas centenas a uns poucos milhares de indivíduos. Porém, madeiras maiores e volumosas podem albergar diversas colônias de cupins, às vezes dezenas ou centenas delas.

O estrago cumulativo, portanto, acaba sendo muito grande. A capacidade de colônias completas habitarem peças pequenas de mobiliário, facilmente transportáveis e sem sinais externos evidentes e denunciadores da infestação, torna o cupim-da-madeira-seca de fácil propagação para novas estruturas e favorece o transporte e introdução da praga em regiões geográficas até então livres de infestação. No interior da madeira, o cupim escava numerosas câmaras largas, interconectadas por passagens estreitas.

O custo de manutenção de elementos de madeira é elevado, levando-se em consideração o preço da matéria-prima e sua dificuldade cada vez maior de obtenção. O controle das pragas que atacam construções em madeira poderá diminuir bastante a necessidade de troca de peças, o que acarreta a diminuição do corte de árvores nativas.

Atualmente, o controle de térmitas é feito com tratamento químico com alta toxicidade e persistência. Nesse sentido, a seleção de produtos alternativos com baixa ou nenhuma toxicidade e com ação mais específica para a praga contribuirá para tratamentos sustentáveis (LYLE, 1994), visando ao prolongamento da vida útil de uma estrutura de madeira, mediante a aplicação de substâncias naturais, com mínimos efeitos colaterais a outros seres vivos e ao meio ambiente.

Neste trabalho, avaliou-se a eficácia de preservantes naturais sustentáveis para controlar a ação de cupins em madeiras de florestas plantadas.

Madeira

Os critérios de utilização da madeira devem passar por uma profunda reformulação, de forma a resgatá-la como material estrutural competitivo com o concreto e o aço. Cabe salientar que a

madeira é o único material estrutural de engenharia com caráter renovável (FUSCO, 1989), ou seja, renova-se continuamente através do ciclo de semeadura, maturação e colheita.

Conforme Lepage (1989), a superfície do planeta atualmente coberta por florestas corresponde a uma área de 42 milhões de km², ou seja, 28% da área continental. O Banco Mundial estima que a perda por ano de áreas florestadas e reflorestadas é da ordem de 100.000 a 150.000 km². Admitindo-se um crescimento vegetativo da população mundial mantida a taxa atual, haveria madeira disponível para, no máximo, 300 anos. Esse quadro é reversível com uma bem planejada ação de florestamento de espécies de rápido crescimento, tais como *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp., *Cupressus* sp., *Cordia* spp. (louro pardo e louro freijó), *Cedrela* sp. e outras (CARVALHO, 2001).

Oliveira (1998) estudou as características da madeira de eucalipto para a construção civil. Muitas espécies apresentam boa resistência natural, mas as madeiras mais jovens que entram no mercado, como é o caso do *Eucalyptus grandis* de 15 anos, são suscetíveis aos agentes xilófagos. Um problema a ser contornado para o seu adequado uso é a sua elevada retração e tendência ao empenamento. Conforme a carta explicativa 50720 da CIENTEC (1981), no entanto, esses inconvenientes são perfeitamente sanáveis.

Diversos outros estudos têm sido desenvolvidos e podem auxiliar direta ou indiretamente no uso da madeira como material de construção. O trabalho de Rabelo Nahus (1997) descreve as madeiras *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. para aplicação na indústria moveleira. Rocco Lahr (2000) apresenta um extenso panorama da química, física e mecânica da madeira, além de tratamentos antixilófagos modernos. Esses conceitos são importantes para a aplicação de madeiras na construção civil. Ainda, Carvalho (1990) apresenta uma cosmovisão holística do uso múltiplo da floresta e da madeira. Essa visão ambiental poderá gerar um considerável aumento no consumo de madeiras de florestas plantadas.

O inventário florestal contínuo do Rio Grande do Sul, sob responsabilidade da Universidade Federal de Santa Maria (BRENA et al., 2001), apresenta os seguintes números de florestas plantadas no Estado:

- (a) *Pinus* spp: 1.536 km²;
- (b) *Eucalyptus* spp.: 1.115 km²;
- (c) *Acacia* sp.: 96,4 km²

Stumpp (1997, 1999) descreve as espécies de *Pinus* encontradas no Rio Grande do Sul como segue:

(a) *Pinus elliotii*: esta espécie é vulgarmente denominada pínus eliote. É originária do sul dos Estados Unidos, sendo plantada universalmente em grande escala. Apresenta rápido crescimento, com rotações a cada 22 anos no Rio Grande do Sul. A massa específica aparente é de, aproximadamente, $0,48 \text{ g/cm}^3$ e seu módulo de elasticidade, 9.500 MPa . Apresenta produção aproximada de $30 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$.

(b) *Pinus taeda*: esta espécie é vulgarmente denominada simplesmente pínus. É originária do sul dos Estados Unidos. Plantada no Rio Grande do Sul, em 20 anos, permite obter de 20% a 30% mais volume de madeira em comparação ao *Pinus elliotii*. Apresenta massa específica aparente de, aproximadamente, $0,40 \text{ g/cm}^3$ e módulo de elasticidade axial próximo a 7.000 MPa .

A Figura 1 mostra uma obra de engenharia: uma passarela de grande vão montada com madeira de *Pinaceas*.



Figura 1 - Engenharia: passarela de pináceas na Alemanha

Do gênero *Eucalyptus* no Brasil, existem, aproximadamente, 200 espécies, do total de 672 encontradas em todo o mundo. O Boletim 42 da Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (CIENTEC, 1967) indica características físicas e mecânicas de 27 espécies presentes no Estado. As massas específicas variam de $0,60 \text{ g/cm}^3$ a $1,05 \text{ g/cm}^3$, para a idade aproximada de 15 anos. O módulo de elasticidade é próximo de 10.500 MPa .

Cupins

Os cupins ou térmitas são insetos da ordem *Isoptera*, palavra que deriva do grego *isos*, que significa igual, e *ptera*, que significa asas. Por serem insetos sociais, há completa interdependência e sobreposição entre os indivíduos, isto é, convivências de várias gerações.

As comunidades possuem indivíduos de diferentes morfologias (castas) adaptados ao trabalho que desempenham (FONTES; ARAUJO, 1999). De acordo com Fontes e Milano (2002) e Fontes e Berti Filho (1998), o papel ecológico dos cupins no meio ambiente é primordial, visto que participam ativamente da decomposição e reciclagem de nutrientes nos ecossistemas naturais.

A sociedade dos cupins é singular. Os cupins se diferenciam em castas, onde muitos operários se alimentam da madeira, por possuírem protozoários no intestino, o que lhes possibilita digerir a celulose. Os operários são responsáveis pela alimentação das outras castas (soldados e casal real). Não há como saber a idade desses insetos. O tempo de sobrevivência dos cupins é variável e depende muito das condições ambientais.

O cupim-da-madeira-seca, cientificamente denominado *Cryptotermes brevis*, da família *Kalotermitidae*, é cupim-praga e destrói obras de arte, utensílios e estruturas civis. Essa espécie tem seus ninhos dentro da própria madeira, da qual normalmente não sai, a não ser no período da revoada. A essa família pertencem 270 espécies de cupins-praga, em um universo de quase 2.900 espécies (COSTA-LEONARDO, 2002).

O *Cryptotermes brevis* ataca fortemente as madeiras de coníferas, especialmente a *Araucaria angustifolia* e as espécies de *Pinus*. Ataca também as madeiras de folhosas de baixa resistência natural. A celulose é digerida e a lignina e o material silicoso depositados nas pelotas fecais. A celulose digerida pode ser sem ou com poucas substâncias extraíveis, como óleos essenciais, taninos, corantes e outros. Diversas dessas substâncias conferem à madeira uma notável resistência contra os xilófagos. A Figura 2 mostra um ninho de *Cryptotermes brevis*.



Figura 2 - Ninho de *Cryptotermes brevis* - rainha (acima), e operários.

Principais preservantes químicos sintéticos

Os principais preservantes químicos, não sustentáveis, até há pouco tempo dominantes no tratamento de madeiras são citados a seguir.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1989), o mais antigo preservante químico sintético constitui-se no alcatrão, que consiste em um subproduto da carbonização da madeira, turfa, lignito, xisto betuminoso e hulha.

O creosoto foi patenteado pelo inglês John Bethell em 1838 para o tratamento de madeiras expostas ao tempo, como dormentes e postes de transmissão. Conforme a Associação Americana de Preservadores de Madeira (apud IPT, 1989), o creosoto é definido como um destilado do alcatrão, extraído do carvão de pedra a altas temperaturas. O creosoto pode ser, igualmente, produzido a partir de petróleo.

O pentaclorofenol foi patenteado em 1929 na Inglaterra. Esse composto é obtido na cloração direta, por catalização, do cloreto de alumínio (AlCl_3).

O pentaclorofenato de sódio é o sal correspondente ao pentaclorofenol. Até os anos 90 do século passado foi o preservante mais usado no tratamento de madeiras recém-serradas.

O arseniato de cobre cromatado (CCA) é o sal hidrossolúvel mais eficiente e mais usado desde 1930, normalmente aplicado em autoclave sob pressão de até 14 atmosferas. Ultimamente tem sofrido sérias restrições e está sendo proibido em diversos países, como Alemanha, França, Inglaterra e, recentemente, Estados Unidos.

O CCB é uma mistura de sulfato de cobre, ácido bórico e bicromato de potássio. É parecido ao CCA, no entanto, com impacto ambiental e risco aos operadores bem mais baixo. As aplicações do produto são idênticas ao CCA, com a diferença de que é viável a realização do tratamento em tanques abertos.

Produtos alternativos para o controle de cupins

No tratamento moderno da madeira, procura-se sustentabilidade. Essa implica, entre outros aspectos, o uso de:

- (a) recursos renováveis;
- (b) recursos de baixo impacto ambiental;

(c) materiais de baixo consumo energético na sua elaboração;

(d) materiais que fixam o carbono, associado ao dióxido de carbono da atmosfera, co-responsável pelo efeito estufa do planeta; e

(e) materiais que garantem a durabilidade do produto.

Sobre os tratamentos sustentáveis, a literatura é parca. Sbeghen (2001) aborda as potencialidades de utilização de óleos essenciais, de plantas aromáticas, para o controle do *Cryptotermes brevis*, analisando os óleos de citronela, *ho-sho*, alecrim e manjerição. Cornelius et al. (1997) analisaram a toxicidade de monoterpenóides e outros produtos naturais no controle do cupim subterrâneo *Formosan* (*Isoptera*, *Rhinotermitidae*). Bonnemann e Bittencourt (1986) citam como extrativos da própria madeira o tanino, o amido, os corantes, os óleos, as resinas, as ceras e os ácidos graxos. Mainieri e Chimelo (1989) acrescentam, ainda, os microcristais de sílica.

Material e métodos

Madeiras

Para a análise da eficiência dos agentes preservantes, selecionaram-se quatro espécies de madeira oriundas de florestas plantadas no Estado do Rio Grande do Sul, conforme indicado a seguir:

(a) *Araucaria angustifolia*: família *Araucariaceae*, da ordem *Coniferales*;

(b) *Pinus elliottii*: família *Pinaceae*, da ordem *Coniferales*;

(c) *Pinus taeda*: família *Pinaceae*, da ordem *Coniferales*; e

(d) *Eucalyptus grandis*: família *Myrtaceae*, da classe das dicotiledôneas.

A *Araucaria angustifolia* consiste no padrão de referência adotado no trabalho.

De cada espécie foram extraídos corpos-de-prova cujo dimensionamento baseou-se na norma ASTM D 3345 (ASTM, 1999), resultando na largura e comprimento iguais de 25,4 mm e espessura de 6,4 mm, e foram determinadas as massas específicas aparentes e umidades.

A Figura 3, abaixo, mostra os corpos-de-prova na placa de Petri.

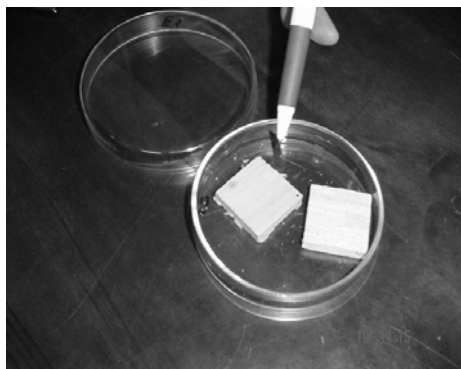


Figura 3 - CPs na placa de Petri

A determinação da massa específica aparente segue o procedimento da NBR 6230 (ABNT, 1990), através do quociente entre a massa do corpo-de-prova, na umidade verificada, e o respectivo volume, conforme Fórmula 1:

$$me_{ap} = mu / vu, \quad (1)$$

Onde:

me_{ap} = massa específica aparente, em g/cm^3

mu = massa do corpo-de-prova na umidade verificada, em g

vu = volume do corpo-de-prova na umidade verificada, em cm^3

Para a determinação da umidade dos corpos-de-prova, adotou-se o método gravimétrico, conforme NBR 6230 (ABNT, 1990). Foram selecionados 50 corpos-de-prova e determinadas as respectivas massas, nos estados seco e úmido. O estado seco corresponde à constância de massa após permanência em estufa na temperatura de $105 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$. Utilizou-se a balança Micronal B 600, com precisão de centésimo de gramas, e a Fórmula 2 para o cálculo percentual do teor de umidade.

$$U = [(m_u - m_o) / m_o] 100, \quad (2)$$

Onde:

U = umidade, em %

m_u = massa no estado úmido, em g

m_o = massa após secagem total, a 0% de umidade, em g

Produtos preservantes

Foram analisados os seguintes produtos preservantes:

Extratos vegetais de taninos (ET e HT): foram descritos e desenvolvidos por Fernandes (2003).

Trata-se de extratos vegetais que apresentam baixo impacto ambiental.

Mineralizante Hasil (H): foi descrito por Hartmann et al. (2003) e pode ser definido como um produto à base de silicatos de potássio, com os seguintes agentes e princípios ativos atuantes:

- (a) ácido abietênico, que favorece a sua fixação na estrutura celular da madeira;
- (b) hidrocarbonetos, que melhoram a fixação na madeira;
- (c) ácidos de silicatos, que aumentam a penetração e favorecem o processo de mineralização;
- (d) lignina, que permite e acelera a lignificação das paredes celulares da madeira;
- (e) resinas de plantas, que melhoram a fixação na madeira;
- (f) corantes de plantas, que garantem a coloração natural da madeira e melhoram a mineralização da sua estrutura;
- (g) sílica, que aumenta o processo de petrificação e melhora a resistência da estrutura do lenho;
- (h) carbonato de sódio, que facilita a penetração;
- (i) óleos vegetais, que melhoram a afinidade com a madeira; e
- (j) celulose, que melhora a fixação do produto na madeira.

Óleo de Mamona (M) (*Ricinus communis*): constitui-se em um importante preservante natural sustentável. Sua composição química muda de acordo com a variedade e região de cultivo (ABOISSA, 2003).

Extrato EMX (X): é apresentado por Sutili (2003) como um produto à base de óleos essenciais extraídos de plantas da Amazônia. Segundo o produtor, o extrato é constituído por microrganismos benéficos primários, leveduras, fungos filamentosos, bactérias produtoras de ácido láctico e fotossintéticas, que produzem enzimas e substâncias bioativas, desenvolvidas em calda vegetal.

Wood Bliss (WX): Combinação WX = extrato EMX (X) + mineralizante Hasil (H); na proporção de 1:1.

A caracterização física dos produtos preservantes analisados consistiu na determinação da massa específica, do pH e da identificação da cor, como consta na Tabela 1.

Nome Comercial (Código)	Massa Específica Aparente (g/cm ³)	pH	Cor
Extrato (ET)	1,06	7,57	Marron escuro
Mineralizante Hasil (H)	1,86	11,45	Incolor
Extrato (HT)	1,06	8,01	Marrom-escuro
Mamona (M)	0,99	10,00	Incolor
Wood Bliss (WX)	1,34	---	Verde-claro
EMX (X)	0,85	1,88	Verde-claro

Tabela 1 - Caracterização física dos produtos preservantes

Cupins

Os insetos selecionados correspondem aos cupins-da-madeira-seca – *Cryptotermes brevis*, da família *Kalotermitidae*. Eles foram coletados em mobiliário infestado, numa residência localizada no município de Imbé, no litoral gaúcho. Os insetos foram mantidos no laboratório de Controle de Pragas do Instituto de Biotecnologia da Universidade de Caxias do Sul/RS em sala climatizada, a uma temperatura de 25 °C ± 1 °C e umidade relativa do ar de 70% ± 5%.

Avaliação da ação dos produtos preservantes sobre cupins-da-madeira-seca

A aplicação dos produtos preservantes sobre os corpos-de-prova foi realizada de acordo com as instruções da norma DIN 68800 (DIN, 1988), relativa à obtenção de retenção mínima de 75 g/m². Para tal, realizaram-se três imersões, de 5 minutos cada uma, em intervalos de 24 horas.

O período de cura dos corpos-de-prova, após a aplicação final do produto, estendeu-se por 7 dias, para garantir a fixação do preservante aplicado. Após esse período, os corpos-de-prova foram colocados em placas de Petri com diâmetro interno (d) de 88 mm, altura interna líquida (h) de 15 mm e volume interno líquido (V) de 116,7 cm³, sendo distribuídos 30 insetos por placa, com 3 repetições para cada ensaio. Foi utilizada uma população mista de cupins-da-madeira-seca, totalizando 8.910 indivíduos, população composta de operários, alguns soldados e ninfas, sendo em sua maioria operários.

As placas foram mantidas no escuro.

Os testes constaram de:

- (a) Controle: um corpo-de-prova sem tratamento na placa;
- (b) Tratamento 1: um corpo-de-prova tratado com produtos preservantes na placa;

(c) Tratamento 2: dois corpos-de-prova (um tratado com produtos preservantes e um controle sem tratamento) na placa e

(d) Tratamento 3: um só corpo-de-prova tratado com produtos preservantes, exposto ao intemperismo após a fixação de preservante e depois colocado na placa.

Nos corpos-de-prova expostos ao intemperismo, prevê-se um processo de lixiviação prévia, que é uma simulação da exposição ao tempo. Os corpos-de-prova foram costurados entre duas telas de nylon e fixados em um quadro de madeira giratório, mantidos nessas condições por 30 dias, registrando-se os dados meteorológicos diariamente. Antes da exposição, determina-se a retenção (3a); e após a exposição (3b), novamente. Depois desse período, os corpos-de-prova foram retirados, secos em sala climatizada e colocados em placas de Petri, contendo 30 cupins para avaliação da eficácia dos produtos. O período de avaliação foi de 60 dias com observações a cada 6 dias. A Figura 4 mostra o sistema utilizado para a exposição dos corpos-de-prova ao intemperismo.



Figura 4 - Exposição dos corpos-de-prova ao intemperismo

Os resultados foram avaliados de acordo com a norma ASTM D 3345 (ASTM, 1999), sendo considerados os seguintes critérios para avaliação da eficácia dos produtos preservantes: mortalidade dos cupins e perfuração dos corpos-de-prova tratados.

Resultados e discussão

Caracterização das Madeiras

Para a realização dos ensaios propostos, procedeu-se à caracterização física das madeiras, conforme segue.

A Tabela 2 apresenta a largura dos anéis de crescimento dos corpos-de-prova das coníferas *Araucária angustifolia* e dos *Pinus* spp. Não foi feita a diferenciação das espécies de *Pinus* por falta de instrumentação anatômica. A medição foi realizada com um paquímetro digital marca Mitutoyo, conforme DIN 52181, sendo os valores apresentados em milímetros. Para os corpos-de-prova de *Eucalyptus grandis* não existe uma definição clara dos anéis de crescimento, o que é típico para a maioria das folhosas.

Anéis de Crescimento	<i>Araucaria angustifolia</i> (mm)	<i>Pinus</i> spp. (mm)
Lenho tardio	1,27	1, 97
Lenho primaveril	3,64	6, 72
Soma anual	4,91	8, 69

Tabela 2 - largura dos anéis de crescimento dos corpos-de-prova

A Tabela 3 mostra a massa específica aparente média dos corpos-de-prova para cada uma das madeiras analisadas: *Araucaria angustifolia*, *Pinus* spp. e *Eucalyptus grandis*.

Madeiras	Massa específica aparente (g/cm ³)
<i>Araucaria angustifolia</i>	0,65
<i>Pinus</i> spp.	0,51
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,60

Tabela 3 - Média das massas específicas aparentes dos corpos-de-prova

Kollmann e Coté (1968) afirmam que a massa específica aparente do lenho tardio das coníferas é, aproximadamente, 2,5 vezes a massa do lenho primaveril. Assim sendo, pode-se afirmar que os corpos-de-prova com maior largura e maior quantidade de anéis do lenho tardio têm maior massa específica aparente e, portanto, são menos permeáveis e absorvem menos preservante. Por outro lado, sabe-se que o lenho tardio é naturalmente mais resistente e menos susceptível ao ataque de cupins.

A Tabela 4 apresenta as massas específicas nas condições seca e úmida para as madeiras em

estudo e o respectivo percentual das médias de umidade dos corpos-de-prova.

Medições	<i>Araucária angustifolia</i>	<i>Pinus</i> spp.	<i>Eucalyptus grandis</i>
Massa úmida (g)	82,06	60,91	86,34
Massa seca (g)	72,45	54,32	78,35
Teor de umidade (%)	13,26	11,72	10,20

Tabela 4 - Massa úmida, massa seca e umidade dos corpos-de-prova

A Tabela 4 mostra valores propícios para a ação do cupim-da-madeira-seca. Esses cupins, preferencialmente, atacam madeiras com umidade abaixo do *ponto de saturação das fibras* (PSF), o qual se situa em torno de 28%. Esse ponto representa o estágio em que toda a água capilar existente nas cavidades celulares foi removida por processo natural ou artificial de secagem, permanecendo a umidade higroscópica fixada nas paredes celulares. Uma madeira é considerada seca quando se equilibra com o clima do ambiente. Fala-se, então, de umidade de equilíbrio (ROCCO LAHR, 2000). Para o Rio Grande do Sul, esta gira em torno de 14%. Acredita-se que o *Cryptotermes brevis* prefere atacar madeiras com umidade em torno desse valor.

Determinação da retenção dos preservantes

A retenção é um critério decisivo para se avaliar a eficácia de um preservante para a madeira.

A Tabela 5, a seguir, apresenta os resultados obtidos quanto à retenção média dos preservantes extrato vegetal (ET), mineralizante de silicato Hasil (H), extrato vegetal (HT), óleo de mamona (M), combinação (WX) e extrato vegetal (X), nos corpos-de-prova utilizados, em cada um dos procedimentos de ensaio e em cada uma das madeiras analisadas. Os produtos ET e HT são taninos usados no curtimento de couro, sem nenhum solvente extra, a não ser água. O produto H é um mineralizante à base de silicatos de potássio dissolvidos em água. O produto X é um extrato de plantas da Amazônia com leveduras. O produto M é constituído de óleo de mamona pura. O produto WX é uma combinação dos preservantes X e H.

Produto	Tratamentos de ensaio	<i>Araucaria angustifolia</i>	<i>Pinus sp.</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>
ET	T1	170	170	133
	T2	153	167	134
	T3a	167	167	103
	T3b	0	0	3,4
H	T1	140	175	121
	T2	151	150	136
	T3a	148	148	120
	T3b	54,8	62,6	44,6
HT	T1	225	186	170
	T2	246	196	133
	T3a	245	185	191
	T3b	0	0	8,2
M	T1	608	473	95
	T2	697	488	28
	T3a	518	430	73
	T3b	544	439	79
WX	T1	149	152	105
	T2	128	151	109
	T3a	130	177	87
	T3b	55,7	86,3	33
X	T1	151	110	72
	T2	151	110	72
	T3a	149	171	64
	T3 b	0	6,7	4

Legenda:

T1: um só corpo-de-prova tratado;

T2: dois corpos-de-prova, um tratado e o controle não tratado;

T3a: um só corpo-de-prova tratado antes da exposição ao intemperismo;

T3b: um só corpo-de-prova tratado após a exposição ao intemperismo.

ET: extrato vegetal

H: mineralizante de silicato Hasil

HT: extrato vegetal

M: óleo de mamona

WX: combinação

X: extrato vegetal

Tabela 5 - Retenção média nos corpos-de-prova, em g/m² de superfície, dos preservantes

Em M, verifica-se aumento de retenção após o intemperismo, que, na verdade, não deve ter acontecido. Existe a possibilidade de o corpo-de-prova ter retornado do intemperismo com maior teor de umidade, e os 7 dias não foram suficientes para voltar à umidade inicial.

A norma DIN 68.800 (DIN, 1988) sugere uma retenção mínima de 75 gramas por metro quadrado de superfície. A Tabela 5 mostra que os extratos essenciais de plantas ET, HT, X, de baixa viscosidade, apresentam pouca ou nenhuma resistência ao intemperismo, conforme indicam os valores T3b, após o intemperismo. A lixiviação pode ser explicada pela afinidade do preservante

com a água da chuva, durante os 30 dias de exposição ao tempo.

O óleo de mamona (M) mostra excelente resistência ao intemperismo, retendo 100% da massa do preservante. O mineralizante H e a combinação WX têm retenção residual em torno de 40%.

A absorção do preservante pelas duas coníferas é elevada em relação ao *Eucalyptus grandis*. Esse fenômeno se deve, provavelmente, à sua estrutura anatômica: as coníferas se compõem, basicamente, de traqueídeos e apresentam pouco parênquima. Desse modo, os traqueídeos, por serem mais permeáveis, permitem passagem livre dos

preservantes no interior dos corpos-de-prova (BURGER; RICHTER, 1991).

Avaliação da eficácia dos preservantes conforme os critérios da ASTM 3345 - D

Os resultados expressam a média das taxas de mortalidade dos cupins e danos causados após 60 dias de exposição das madeiras aos cupins, sendo apresentados nas Tabelas 6 a 8, com base nos critérios de avaliação propostos pela ASTM 3345 - D (ASTM, 1990).

A Tabela 6 apresenta os resultados do tratamento 1, relativos aos ensaios utilizando um corpo-de-prova de madeiras tratado com os produtos Hasil, Mamona, HT, ET, EMX e WX. Verifica-se que os corpos-de-prova tratados com os produtos HT, ET e EMX não sofreram ataque dos cupins, pois não apresentaram nenhuma perfuração, observando-se 100% de mortalidade dos cupins e não se observando diferenças entre os três tipos de madeiras

Considerando-se o produto Hasil, verificam-se melhores resultados em pinus, não sendo muito eficaz em eucalipto. Com a mistura WX ocorreu diminuição significativa nas taxas de mortalidade dos insetos.

Na Tabela 7, a seguir, verifica-se que em alguns casos as taxas de mortalidade dos cupins diminuíram em função de terem a opção dos corpos-de-prova sem tratamento. Em *Pinus*,

observou-se 100% de mortalidade dos cupins com a utilização dos produtos mamona, HT e EMX. O produto HT foi o mais eficaz.

Os dados apresentados na Tabela 8, a seguir, sugerem que os produtos sofrem ação das condições de intemperismo, ocorrendo diminuição nas taxas de mortalidade dos cupins. Trata-se apenas de um corpo-de-prova tratado e exposto às condições de intemperismo. Verifica-se que os produtos Hasil e WX apresentam maior resistência às condições de intemperismo.

Produtos	<i>Pinus SPP.</i>		<i>Araucaria sp.</i>		<i>Eucalyptus grandis</i>	
	M(%)	P (n°)	M(%)	P (n°)	M(%)	P (n°)
Controle	40	3	53	2	53	2
Hasil	82	1	71	0	48	0
Mamona	73	0	73	0	88	0,7
HT	100	0	100	0	100	0
ET	100	0	100	0	100	0
EMX	100	0	100	0	100	0
WX	52	0	60	0	51	0

M – mortalidade

P – perfurações médias em cada corpo-de-prova

Controle – um corpo-de-prova sem tratamento

Tratamento 1 – um corpo-de-prova tratado com os preservantes

Tabela 6 - Avaliação de mortalidade de cupins e perfurações em corpos-de-prova tratados com preservantes naturais (tratamento 1)

Produtos	<i>PINUS SPP.</i>		<i>ARAUCARIA SP.</i>		<i>EUCALYPTUS GRANDIS</i>	
	M(%)	P (n°)	M(%)	P (n°)	M(%)	P (n°)
Controle	40	3	53	2	53	2
Hasil	93	0	59	0	84	0
Mamona	100	0	73	0	61	0
HT	100	0	100	0	99	0
ET	90	0	73	0	96	0
EMX	100	0	72	0	84	0
WX	93	0	58	0	60	0

M – mortalidade

P – perfurações em número por corpo-de-prova

Controle – um corpo-de-prova sem tratamento

Tratamento 2 – um corpo-de-prova tratado com os preservantes e um sem tratamento

Tabela 7 - Avaliação de mortalidade de cupins e perfurações em corpos-de-prova tratados com preservantes naturais (tratamento 2)

Produtos	PINUS SPP.		ARAUCARIA SP.		EUCALYPTUS GRANDIS	
	M(%)	P (n°)	M(%)	P (n°)	M(%)	P (n°)
Controle	40	3	53	2	53	2
Hasil	90	0,3	91	0	81	0,7
Mamona	79	0,3	80	1	72	1
HT	83	2,6	47	3,3	72	2,3
ET	84	2,3	69	2,7	81	1
EMX	92	1	93	3	88	1,7
WX	77	1	69	1	84	0,6

M – mortalidade

P – perfurações

Controle – um corpo-de-prova sem tratamento

Tratamento 3 – dois corpos-de-prova tratados com os preservantes (um exposto ao intemperismo e outro não)

Tabela 8 - Avaliação de mortalidade de cupins e perfurações em corpos-de-prova tratados com preservantes naturais após o intemperismo (tratamento 3 - 3b).

Conclusões

A eficácia de um preservante é função da absorção pela madeira, da fixação nela e da toxicidade dele. As coníferas *Araucaria angustifolia* e *Pinus* spp. apresentam grande permeabilidade de absorção e retenção dos produtos preservantes, enquanto o *Eucalyptus grandis* mostrou valores menores. Os preservantes ET, HT e EMX são eficazes para o uso interno quanto à prevenção e ao combate ao ataque de cupins.

Nos ensaios de lixiviação, a perda de retenção e de eficácia dos produtos ET, HT e X foi significativa.

Referências

ABOISSA. **Óleos vegetais**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.aboissa.com.br/mamona/html>>. Acesso em: 20 jun. 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM 3345-D**: standard test method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites. USA, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 6230**: Características anatômicas de crescimento, massa específica e umidade. Rio de Janeiro, 1990.

BONNEMANN, A.; MAURA, L. F. B de. Tecnologia e industrialização da madeira I. **Manual do Técnico Florestal**, Irati, PR, v. 4, p. 3-88, 1986.

BRENA, D. A. et al. Inventário florestal contínuo do RS. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL DO RS, 8., 2000, Nova Prata, RS. **Anais...** UFSM, Santa Maria, 2001. p. 69-91.

BURGER, L.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel. GTZ – Sociedade Alemã pela Cooperação Tecnológica. 1991. p. 13-123.

CARVALHO, P. E. R. Novas alternativas em espécies arbóreas, nativas e introduzidas, para reflorestamento no centro-sul do Brasil. In: SIMADER: SEMINÁRIO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E USOS DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, 2., SIMPÓSIO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL, 6. **Anais...** Caxias do Sul: Pavilhão da Festa da Uva, 2001. p. 157-162.

CARVALHO, V. C. de. Cosmovisão holística. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Instituto de Pesquisas Espaciais, 1990. v. 2. p. 50.

CIENTEC - FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Boletim 42**: características físico-mecânicas de espécies lenhosas do Sul do Brasil. Porto Alegre, 1967. p. 3-39.

_____. **Carta Explicativa para Madezatti S.A.** Porto Alegre, RS. 8 abr. 1981. 2 p.

CORNELIUS, M. L. et al. Toxicity of Monoterpenoids and other natural products to the Formosan subterranean Termite. **Journal of Economic Entomology**, Honolulu, v. 90, p. 320-325, 1997.

COSTA-LEONARDO, A. M. **Cupins-praga**: morfologia, biologia e controle. São Paulo, Centro de Biologia e Centro de Insetos Sociais. Universidade Estadual - Campus Rio Claro, SP, 2002. 128 p.

DEUTSCHES INSTITUT FUER NORMUNG.
DIN 68800: Holzschutz im Hochbau. –Bonn:
Beuth, 1988.

_____. **DIN 52181:** Anatomia. –Bonn: Beuth,
1988.

EUCALIPTO: a madeira do futuro. **Revista da
Madeira**, Curitiba: Associação Brasileira de
Produtores de Madeira (ABPM), n. 9, p. 4-114,
2001.

FERNANDES, R. **Extratos de tanino**. Estância
Velha, RS. 2003. Carta explicativa não publicada.

FONTES, L. R.; ARAUJO, R. L. **Os cupins**.
Piracicaba: Fundação Escola de Agricultura Luiz
Queiroz FEALQ, 1999. 460 p.

FONTES, L. R.; BERTI F^o. E. **Cupim: o desafio
do conhecimento**. Piracicaba: Fundação Escola de
Agricultura Luiz Queiroz FEALQ, 1998. 512 p.

FONTES, L. R.; MILANO, S. **Cupim e cidade**.
São Paulo: Editora do autor, 2002. 141 p.

FUSCO, P. B. Os caminhos da evolução da
engenharia de madeiras. In: ENCONTRO
BRASILEIRO DE MADEIRA E ESTRUTURAS
DE MADEIRA EBRAMEM, São Carlos, **Anais...**
São Paulo: Publicada, 1989. v. 6, p. 7-18.

HARTMANN et al. **Hasil Konzentrat fuer
Universitaet Caxias do Sul**. Labor
Schwarzenfeld, Alemanha, 2003. Carta explicativa
não publicada.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
– IPT. **Manual de preservação de madeiras**.
São Paulo: Editora IPT, 1989. v. 1-2. 708 p.

KOLLMANN, F.; CÔTÉ, W. **Principles of wood
science and technology**. Berlin: Heidelberg; New
York: Springer, 1968. v. 1.

LEPAGE, E. **Manual de preservação de
madeiras**. São Paulo: IPT, 1989.

LYLE, J. T. **Regenerative design for sustainable
development**. Tradução de M. A. Sattler em forma
de apostila. New York: John Wiley & Sons, 1994.

MAINIERI, C.; CHIMELO, P. J. **Fichas de
características das madeiras brasileiras**. São
Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo – IPT, 1989. 420 p.

OLIVEIRA, J. T. S. **Características da madeira
de eucalipto para a construção civil**. 1998. 429 f.
Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo, USP.
São Paulo, 1998.

RABELO NAHUIZ, A. M. **Madeiras: material
para o design**. São Paulo: Instituto de Pesquisas
Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 1997.
72 p.

ROCCO LAHR, F. A. **Informações sobre
madeira**. São Paulo: Escola de Engenharia de São
Carlos EESC, Universidade de São Paulo, 2000.
87 p.

SBEGHEN, A. C. **Potencialidades de utilização
de óleos essenciais de plantas aromáticas para
controle de *Cryptotermes brevis***. 2001. 80 f.
Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias
do Sul, Caxias do Sul, 2001.

STUMPP, E. As pináceas e suas madeiras:
matéria-prima universal para estruturas. **Revista
14 de Estudos Tecnológicos UNISINOS**, São
Leopoldo: Engenharia. Universidade do Vale do
Rio dos Sinos, 1997. 76 p.

_____. Uso da madeira de florestas plantadas em
estruturas. **Revista Estudos Tecnológicos
UNISINOS Engenharia**, São Leopoldo, 1999. 42
p. A4. Número especial.

SUTILI, V. **EMX**. Porto Alegre: Cooperativa
Coolméia, 2003. 1 p. Apontamentos não
publicados.

Agradecimentos

Os autores agradecem às seguintes instituições,
pelo apoio financeiro e material, que possibilitou a
realização dos testes nos laboratórios: Seta S.A.
(Estância Velha/RS); Sindimadeira (Caxias do
Sul/RS); Madezatti S.A. (Caxias do Sul/RS);
Reflorestadores Unidos (Cambará do Sul/RS);
Dambroz S.A. (Indústria Mecânica e Metalúrgica –
Caxias do Sul/RS); Madeireira Perimetral (Caxias
do Sul/RS); Incogrel S.A. (Compensados, Caxias
do Sul/RS); Gati (Máquinas e Ferramentas para
Madeira – Caxias do Sul/RS); Hasit (Produtos
naturais, Alemanha); Colmeia (Extrato EMX,
Porto Alegre/RS); Decorwood (Compensados,
Caxias do Sul).

Em especial, agradecem à Direção e aos Colegas
do Instituto de Biotecnologia da Universidade de
Caxias do Sul, pelo apoio e espaço
disponibilizado.