

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CAMPUS SÃO GABRIEL  
ENGENHARIA FLORESTAL**

**MÉTODOS DE PRESERVAÇÃO DA MADEIRA E  
SEUS PRESERVATIVOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Acadêmico: Roger Ravasi  
Orientadora: Daniela Silva Lilge**

**São Gabriel, RS,  
Brasil2011**

**ROGER RAVASI**

**MÉTODOS DE PRESERVAÇÃO DA MADEIRA E SEUS  
PRESERVATIVOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Comissão de Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pampa — UNIPAMPA, *Campus* São Gabriel, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenharia Florestal.

Orientadora: Daniela Silva Lilge

**São Gabriel**

**2011**

**ROGER RAVASI**

**MÉTODOS DE PRESERVAÇÃO DA MADEIRA E SEUS  
PRESERVATIVOS**

Trabalho de conclusão de curso  
submetido à Comissão de Trabalho de  
Conclusão do Curso de Engenharia  
Florestal, como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de  
Engenheira Florestal

Monografia defendida e aprovada: 5 de dezembro de 2011

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof<sup>ª</sup>: Msc. Daniela Silva Lilge  
(Presidente/Orientador)  
(Engenharia Florestal) – (Unipampa)

---

Prof. Dr. Italo Filippi Teixeira  
(Engenharia Florestal) – (Unipampa)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr. Nirlene Fernandes Cechin  
(Engenharia Florestal) – (Unipampa)

## RESUMO

A preservação da madeira tem como objetivo aumentar a resistência das peças de madeira, prolongando sua vida útil os contra organismos xilófagos e intempéries. Para que ocorra esta proteção são utilizados certos procedimentos e tratamentos preservativos. Os procedimentos são divididos em dois tipos: processos não industriais, os quais podem ser feitos pelo pequeno produtor rural, com a orientação profissional adequada, consistindo em uma pequena produção de madeira preservada para o consumo interno na propriedade; métodos industriais, que são realizados por usinas de preservação da madeira, e que produzem madeiras preservadas em alta escala. Em autoclaves, utilizando o vácuo e a pressão, os procedimentos industriais são subdivididos em processos de célula cheia (vácuo inicial) e célula vazia (sem vácuo inicial). A escolha da espécie, a finalidade da sua utilização e a quantidade de madeira indicarão qual é a metodologia mais adequada de tratamento a ser utilizada e o preservativo a ser empregado. Este trabalho consistiu em realizar a revisão bibliográfica sobre o tema preservação da madeira, a qual é constituída do histórico da preservação da madeira, histórico dos preservativos, desde quando começou sua utilização, quais foram os primeiros tipos de tratamentos, definições de biodeterioração da madeira e definições de agentes de biodeterioração da madeira. Além disso, são abrangidos os procedimentos, os tratamentos de preservação, as suas utilizações a forma de aplicação na madeira e os principais preservativos hidrossolúveis e oleossolúveis. A pesquisa foi realizada por meio de artigos, apostilas didática da área, livros técnicos, sites especializados em preservação da madeira, notas de aula e boletins informativos. O objetivo desse trabalho, portanto, foi coletar informações sobre a preservação da madeira, e os seus procedimentos, com conteúdo de fontes confiáveis, para possível consulta de melhor qualidade sobre o referido assunto.

**Palavras chave:** Preservação da Madeira, tratamentos preservativos, preservativos.

## ABSTRACT

The wood preservation subject increase the pieces resistance, prolonging the util life against xylophagous organisms and werther clime events. To have this protection, are certain procedures and treatments for preservation. The wood preservation procedures are divided into two types: non-industrial processes which can be made by small farmers, under of a professional supervision, the wood preservation is made in a small-scale production to domestic consumption on property; the industrial methods are made on factories plants that produce wood preserved on large-scale. In the autoclave, vacuum and pressure are used, the industrial processes are subdivided into full-cell processes (initial vacuum) and empty cell (without initial vacuum). The species choice, the purpose of use and wood amount can indicate the most appropriate methodology to be used for treatment and the preservatives to be used. This work based on a literature review on the subject wood preservation. Which review consists of the wood preservation history, wood preservative history, since when use began, what were the first treatments types, settings and definitions of wood biodeterioration agents. Also be covered the procedures and preservation treatments and their uses and application into wood and its main water-soluble and oil-soluble preservatives. The search was conducted through articles, handouts teaching area, forestal brochures, technical books, wood preservation websites, class notes and newsletters. The study objetive, was to collect more information about wood preservation, and its procedures, with content from trusted sources, for the best quality possible consultation on the above subject.

**Keywords:** wood preservatives, preservative treatments, preservatives

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	8
3. RESULTADOS .....	8
3.1 Biodeterioração da Madeira .....	8
3.2 Agentes de Biodeterioração.....	10
3.3 Histórico da Preservação da Madeira .....	11
3.4 Histórico dos Preservativos da Madeira.....	13
4. PRESERVATIVOS DA MADEIRA.....	14
4.1 Preservativos Oleossolúveis .....	14
4.1.1 Creosoto.....	14
4.1.2 Óxido de bis (tributil-estanho) – (TBTO) .....	15
4.1.3 Pentaclorofenol (PCP) .....	16
4.1.4 Tribromofenol (TBP).....	16
4.2 Preservativos Hidrossolúveis .....	17
4.2.1 Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) .....	17
4.2.2 Borato de Cobre Cromatado (CCB) .....	18
4.2.3 Arseniato de Cobre Amoniacal (ACA).....	18
4.2.4 Cromato de cobre ácido (ACC – Celsure).....	19
4.2.5 Cloreto de Zinco Cromatado ( CZC ) .....	19
4.2.6 Compostos de Boro .....	20
5. MÉTODOS DE TRATAMENTO DA MADEIRA .....	20
5.1 Métodos Industriais .....	20
5.1.2 Tratamento de Célula Cheia.....	21
5.1.3 Tratamento de Célula Vazia .....	26

5.2 Métodos não industriais.....	28
5.2.1 Processo de Boucherie.....	28
5.2.2 Método de Banho Quente-Frio.....	28
5.2.3 Processo feito por Pincelamento .....	29
5.2.4 Processo de Substituição de Seiva .....	30
5.2.5 Imersão de Tempo Longo .....	30
5.2.6 Imersão de Tempo Curto .....	31
5.2.7 Método de Pulverização e Aspersão.....	31
5.2.8 Processo por Difusão.....	32
5.2.9 Processo por Difusão Dupla .....	32
5.2.10 Processo por Difusão com Preservativo Pastoso .....	33
5.2.11 Fumigação ou Expurgo .....	33
5.2.12 Injeção.....	33
5.2.13 Impregnação de Árvore em Pé .....	34
6. CONCLUSÃO .....	34
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

## 1 INTRODUÇÃO

Possivelmente a preservação da madeira de forma química é a técnica de proteção desse material mais antiga de que se tem conhecimento. Os primeiros registros remetem a Noé, que teria preservado a madeira de sua arca com piche (RICHARDSON, 1993).

Somente alguns séculos depois que a preservação da madeira ganhou importância financeira, devido à alta demanda de matéria prima da madeira para a construção civil, ferrovias, portos e embarcações. Além disso, passou a ocorrer a procura, por parte do consumidor, de um produto com elevada resistência e durabilidade, que não fosse necessário realizar muitas reposições de peças de madeira. Ao longo do tempo foram criados diversos métodos para preservar a madeira, com características diferentes para cada espécie de madeira e conforme a sua utilização.

Os processos são consistem nos seguintes métodos; métodos não industriais e métodos industriais. Os métodos não industriais, também conhecidos por métodos caseiros, consistem em procedimentos simples que podem ser feitos pelo pequeno produtor, a partir da utilização da madeira produzida na sua própria propriedade, com a orientação e o auxílio técnico especializado e com a utilização de equipamentos de segurança (EPIS). Os tratamentos industriais são feitos em usinas de preservação da madeira e se diferenciam dos tratamentos caseiros por usar vácuo e pressão, produzindo madeiras preservadas em grande escala em autoclaves. O processo industrial é subdividido em processo de célula cheia (vácuo inicial) e processo de célula vazia (sem vácuo inicial)

Os preservativos foram desenvolvidos para ser utilizados nos métodos de preservação com o objetivo de combater os agentes biológicos, físicos e químicos, para prolongar vida útil da peça de madeira e também, a sua resistência, sem causar danos ao meio ambiente e aos seres vivos. Os preservativos são divididos em oleossolúveis que usam óleo como veículo e hidrossolúveis que usam água como veículo. A escolha da espécie, a sua utilização e a quantidade de madeira indicará qual o tratamento mais adequado para ser utilizado, bem como o preservativo a ser empregado.

. A pesquisa foi realizada através de artigos, apostilas da área, livros técnicos, sites especializados em preservação da madeira, notas de aula e boletins informativos. O objetivo desse trabalho foi coletar informações técnicas sobre a preservação da madeira, e os procedimentos, utilizados para esta finalidade, a partir da utilização de bibliografias especializadas.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

A metodologia adotada nesse trabalho será a revisão bibliográfica através de uma pesquisa de artigos, apostilas da área, livros técnicos, sites especializados em preservação da madeira, notas de aula e boletins informativos.

## **3. RESULTADOS**

### **3.1 Biodeterioração da Madeira**

A madeira pode sofrer processos de deterioração causados por agentes físicos, químicos e biológicos. Os agentes que causam maiores danos à madeira são os biológicos, deixando o material mais depreciado e com maiores problemas na utilização. No grupo dos fatores biológicos a ação de microrganismos fúngicos é a mais preocupante porque pode ocorrer com a árvore ainda em pé, e posteriormente nas fases após o corte, o transporte, o desdobramento, o armazenamento e a utilização final da madeira (LEPAGE, 1986; MORESCHI, 1999).

Apenas a idade da madeira não poderá gerar a desagregação de suas características. É normal encontrar peças de madeira com diferentes graus de deterioração ainda sendo utilizadas. Em contrapartida, são vários os casos de estruturas ou artefatos de madeira em boa qualidade de conservação mesmo contando várias centenas de anos de utilização. Podemos dizer, portanto, que a degradação da madeira é o resultado da ação de diversos agentes (físicos, químicos, mecânicos ou biológicos), nos quais esse material é exposto durante o tempo (CRUZ, 2001).

A madeira, quando usada em contato direto com o solo ou em locais com umidade elevada, fica mais propícia ao ataque de agentes biológicos, de forma que os fungos e as térmitas são causadores da maioria dos danos. A madeira em geral tem suscetibilidade aos xilófagos e em função das condições ambientais a que é exposta, terá uma deterioração maior ou menor (BARILLARI, 2002).

A madeira se comporta de diversas formas de acordo com o ambiente. Os ambientes têm diferenças entre si no que se refere às características de umidade, insolações, aeração, temperatura e também organismos xilófagos. Agindo simultaneamente sobre a madeira, essas características determinam a durabilidade natural desse material (MENDES 1988).

Todas as atividades que contemplam a deterioração da madeira devem ser estudadas para seu melhor entendimento, com a finalidade de aproveitar de forma mais adequada as propriedades de cada madeira. Ao compreender qual a melhor forma de utilizar uma espécie madeireira teremos como resultado a diminuição de gastos e de desperdícios (TREVISAN, 2006).

A resistência da madeira à deterioração corresponde à capacidade da espécie de suportar a ação dos agentes deterioradores (biológicos, físicos e químicos). Sabendo que a frequência e a importância econômica da degradação biológica são substancialmente maiores, a resistência natural da madeira é geralmente entendida como referente apenas aos agentes biológicos (WILLEITNER, 1984).

Segundo Hunt e Garratt (1967), a presença de taninos e outras substâncias fenólicas complexas no lenho podem ser tóxicas aos microorganismos. Esse fato pode determinar uma maior resistência do lenho à biodeterioração.

De acordo com Santini (1988), a madeira geralmente quando é usada já não apresenta mais vida (ciclo fisiológico), por isso estará exposta à decomposição ou deterioração como qualquer ser vivo. Este efeito pode ser causado por diversos agentes, dentre eles: biológicos (bactérias, fungos, insetos, moluscos e crustáceos); físicos (fogo, calor e umidade); mecânicos (rachaduras, desgastes e deformações permanentes) químicos (substâncias ácidas, salinas, etc).

Os fatores biológicos que tem grande importância por sua forma de atuação são microorganismo fúngicos, que iniciam seu ataque em árvores que ainda não foram abatidas. Outros tipos de fungos preferem árvores já abatidas durante os

seguintes processos: corte, transporte, desdobramento, armazenamento e uso final da peça de madeira (LEPAGE, 1986).

Já as bactérias precisam de umidade para realizar seus ataques. Para que isto ocorra é preciso que as peças de madeira quando abatidas estejam em contato com água, podendo estar submersas ou umedecidas, se colocadas em uso em ambientes úmidos (MORESCHI, 1998).

Os insetos, por sua vez, são encontrados em árvores ainda não abatidas, enquanto outros insetos optam por árvores já abatidas ou em processo de degradação avançado. Os ataques são diversificados de inseto para inseto ou podem ser diferenciados entre grupos de insetos (MORESCHI, 1998).

As brocas marinhas são agentes de biodegradação que causam depreciação em peças de madeira fixas ou flutuantes que se encontram submersa em água salobra ou salgada. Estes agentes são divididos em dois grupos: os moluscos e os crustáceos (COSTA, 2003).

### **3.2 Agentes de Biodeterioração**

Segundo Cruz (2001), os maiores causadores da deterioração das peças de madeira são os agentes biológicos. Em grande parte das ocorrências eles têm sido os mais encontrados, causando ruptura parcial ou total das peças. São apontados, com grande destaque (em meio terrestre), os exemplares de: fungos de podridão, térmitas e carunchos – principalmente o caruncho grande.

Os agentes biológicos degradam a madeira, porque os polímeros naturais da parede celular são sua forma de nutrição, saindo daí a energia necessária para seu sustento. Entre esses agentes pode-se enfatizar a atividade de bactérias, fungos, insetos, moluscos e crustáceos (Silva 2008).

De acordo com Moreschi (1998), a madeira constitui material renovável que pode ser degradada por agentes biológicos, reações químicas e diversas outras agentes, que causam danos a consumidores e produtores, tendo em vista o material utilizado e a mão-de-obra para substituí-lo. A evolução fez surgir organismos que se

alimentam direta ou indiretamente da madeira. Ao utilizar a madeira como fonte de energia, bactérias, fungos, insetos moluscos e crustáceos acabam por decompô-la.

A madeira é formada por celulose, hemiceluloses, lignina e extrativos. A modificação da composição e da disposição dos componentes na ultra-estrutura da madeira gera a diferença das qualidades morfológicas e das mecânicas da peça. Como é um material orgânico e heterogêneo, a suscetibilidade da madeira aos danos causados por organismos biológicos é muito grande. Os fungos que ocasionam a podridão evidentemente são mais comuns na degradação da madeira e provocam a destruição e a perda de resistência do material. As variações da degradação da madeira vão depender do tipo de madeira, do microorganismo presente e das condições ambientais (PALA, 2007).

Os microrganismos ou insetos que fazem a degradação da madeira estão envolvidos em uma fase importante da ciclagem de nutrientes dentro de uma floresta, contribuindo para o balanceamento entre os diversos seres vivos existentes no ecossistema. Entretanto os agentes biológicos ocasionam destruição da madeira em geral, não diferenciando os produtos úteis aos seres humanos e os resíduos que devem ser degradados. Portanto é importante proteger as peças feitas de madeira que utilizamos (JANKOWSKY, 2004).

### **3.3 Histórico da Preservação da Madeira**

Possivelmente, a preservação da madeira de forma química é a técnica de proteção desse material mais antiga de que se tem conhecimento. Os primeiros registros remetem a Noé, que teria preservado a madeira de sua arca com piche (RICHARDSON, 1993).

Em suas anotações Plínio descreve a utilização de nardo com o objetivo de preservar estátuas. Catão, por sua vez, no segundo século aC, indica o uso de óleo de oliva com o mesmo objetivo. Na Roma Antiga já era utilizada a carbonização como preservante da madeira que estaria em contato com o solo. E são dos séculos XVII e XVIII os registros de utilização de alcatrão, vinagre de madeira, bicloreto de mercúrio e alcatrão pirolenhoso, para a preservação do lenho (SANTINI, 1988).

A indústria ferroviária, juntamente com as redes de distribuição de energia elétrica, telefonia e telegrafia, foi pioneira na utilização da madeira preservada. Enquanto as primeiras necessitavam de dormentes para estruturação das ferrovias, as outras utilizavam postes de madeira tratada em suas redes de distribuição. Em diversos países, incluindo o Brasil, as primeiras usinas que realizavam processos de preservação de peças de madeira estavam voltadas para o tratamento de postes e dormentes (CAVALCANTE & COCKCROFT, 1984).

A primeira descrição registrada no Brasil na área de preservação da madeira data de 1857. Efetuada por um produtor rural natural de Portugal, o documento relata minuciosamente a biodegradação realizada por térmitas subterrâneos e brocas em madeira de edificações. O autor descreve também a biodegradação gerada por perfuradores marinhos e a resistência natural de diversas árvores em ambientes variados (CAVALCANTE & COCKCROFT, 1984).

No ano de 1900 veio da Inglaterra para o Brasil a pioneira das usinas de preservação de madeira sob pressão. Foi instalada em Juiz de Fora, Minas Gerais pela administração pública brasileira. O início de seu funcionamento ocorreu no ano de 1902, com as atividades voltadas para a preservação de dormentes para serem utilizados nas ferrovias. A substância preservativa utilizada era o creosoto (MORAIS, 1996).

O uso da madeira de eucalipto para fabricação de postes começou a ser tentado desde o ano de 1909. Mas somente com a utilização, por parte da Companhia Telefônica Brasileira, de postes tratados pelo processo de banho quente-frio com carbolineum, em 1935, é que as tentativas finalmente alcançaram sucesso. Depois de tratados, os postes eram levados a um campo de apodrecimento da Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Após longos 26 anos, os mesmos ainda estavam em ótimo estado de conservação (LOPES, 2009).

ABPM (Associação Brasileira de Preservadores da Madeira) entrou em funcionamento no ano de 1969 e alavancou o setor da preservação da madeira. No ano de 1972 ocorreu a regulamentação da produção, tanto da madeira tratada quanto dos próprios produtos preservantes, colaborando para o aprimoramento e a maior difusão de conhecimento sobre o assunto (ABPM 1993)

A associação brasileira de preservadores da madeira relatou em dados estatísticos, nos anos de 1990 a 1991 que o total de madeira tratada com uso de

preservativos foi de 175.000 m<sup>3</sup>. Destes, 39,4% eram dormentes (especialmente de espécies tropicais), 36,6% foram postes (obrigatoriamente *Eucalyptus sp.*) e 16,4% correspondendo a moirões (preferencialmente *Eucalyptus sp.*) (BARILLARI, 2002).

### 3.4 Histórico dos Preservativos da Madeira

Um dos mais antigos preservativos utilizados pelas indústrias de preservação da madeira (desde o século XIX) é o creosoto (CAVALCANTE, 1979).

A Alemanha, no começo do século XX, deu início à utilização do Pentaclorofenol como preservativo da madeira, que somente viria a ser usado nos Estados Unidos em 1938 (WILKINSON, 1979). No Brasil, a utilização dessa substância data de 1957, sendo que, sua produção no país só inicia em 1967 e 1968 (CAVALCANTE, 1979).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, no dia 2 de setembro de 1985, lançou a portaria de nº 329, que restringe fortemente a utilização do Pentaclorofenol, devido à toxidez do produto para os homens e os animais (ANVISA, 2011).

Nas décadas de 50 e 60 começaram a ser fabricados também os preservativos hidrossolúveis à base de cobre, cromo e arsênio (CCA) e à base de cobre, cromo e boro (CCB) (CAVALCANTE, 1979).

Devido à toxidez para as pessoas que manipulavam ou entravam em contato com o arsênio do composto CCA e do fato do mesmo apresentar reduzida eficiência na penetração nas peças de madeira, o arsênio foi trocado pelo boro, surgindo assim o composto CCB. O CCB começou a ser industrializado na Alemanha nos anos 1960 que foi chamado de “Wolmanit CB” (LEPAGE, 1986).

O composto CCA (arsenato de cobre cromatado) possui como ingredientes ativos em sua formulação: CrO<sub>3</sub> (cromo), CuO (cobre) e o As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (arsênio). A alternativa utilizada para minimizar sua toxidez foi a modificação das porcentagens desses ingredientes ativos, gerando três formulações diferentes denominadas de: tipo A, tipo B e tipo C (LEPAGE, 1986).

## **4. PRESERVATIVOS DA MADEIRA**

Essencialmente o que deve ser observado em um produto preservante de madeira é a característica de apresentar baixa toxicidade aos seres vivos, além do efeito protetor dessa substância contra os organismos xilófagos. Ainda é importante observar os custos do produto, que não devem ultrapassar os gastos com a madeira preservada (WILKINSON, 1979).

As formulações preservativas são divididas conforme suas características físicas e químicas, podendo ser classificadas em 2 grupos; preservativos oleossolúveis e preservativos hidrossolúveis (HUNT e GARRAT, 1953).

### **4.1 Preservativos Oleossolúveis**

De forma generalizada os produtos preservativos ditos oleossolúveis são aqueles que são formados por um solvente que contém uma mistura de óleo (COSTA, 2003).

Os preservativos oleossolúveis naturais têm como características a cor escura e um odor característico além de uma viscosidade alta em temperatura ambiente. A maioria é resistente à lixiviação e ótimos inseticidas e fungicidas. Normalmente modificam a cor original das peças de madeira impedindo, assim, a aplicação de acabamento com tintas e vernizes (SILVA, 2007).

A composição química dos preservantes oleossolúveis é bem complexa, com altíssimo número de compostos orgânicos em sua formulação. São utilizados nos tratamentos de madeiras secas e descascadas (GALVÃO, 2004).

A seguir serão descritos os principais preservativos oleossolúveis.

#### **4.1.1 Creosoto**

É preservativo com características oleosas, advindo da destilação do alcatrão da hulha, normalmente utilizados na preservação de postes e dormentes. De acordo com Lepage (1986) compostos presentes em sua estrutura podem ser divididos em:

ácidos de alcatrão (aproximadamente 15% do creosoto) bases de alcatrão (cerca de 5%) e hidrocarbonetos (80%).

O creosoto vegetal é um preservativo entre tantos outros que contém em sua formulação química um princípio ativo tóxico aos agentes biodegradadores da madeira. É um produto advindo de fonte renovável, que ultimamente não vem mais sendo utilizado na preservação da madeira, exclusivamente por falta de estudos que mostrem benefícios em suas características preservativas (PAES, 2002).

Gera na madeira um efeito de impermeabilidade à água, sendo, dessa forma um dos preservativos com maior eficiência. É comumente usado nas peças que apresentando um alto estágio de biodegradação por agentes xilófagos, que estejam em contato direto com solo ou com a água. Não causa corrosão de metais chegando até a imunizar a sua corrosão. Protege a madeira também contra o fendilhamento. A desvantagem na utilização deste preservativo é que este deixa a madeira oleosa e, assim, a mesma não poderá ser pintada (ROCHA, 2001).

#### **4.1.2 Óxido de bis (tributil-estanho) – (TBTO)**

Apresenta ótimos resultados contra as brocas marinhas e também contra organismos xilófagos em peças de madeira que não estejam em contato direto com solo. Suas principais características são: a baixa toxidez contra os mamíferos, não causa irritações respiratórias, tem apresentado resultados 7,5 vezes maiores que o conhecido preservativo CCA no combate das podridões. Contudo, seu uso é restrito devido ao alto preço do produto no mercado financeiro (ROCHA, 2011).

O TBTO pode ser usado para melhorar o creosoto, para preservar as peças de madeira que serão usadas em meio marítimo e, associado à outros preservativos como o Pentaclorofenol (MORESCHI, 2005).

Tem propriedades fungicidas e bactericidas, sendo usado em larga escala contra os perfuradores marinhos e apresenta resultados 10 vezes mais significativos que o preservativo Pentaclorofenol. O TBTO aumenta sua eficiência contra a podridão parda quando misturado com o Pentaclorofenol, Ortufenifenol, e os boratos (SILVA, 2007).

### **4.1.3 Pentaclorofenol (PCP)**

O preservativo Pentaclorofenol é um organoclorado adquirido a partir da coloração direta do fenol. Possui baixa pressão de vapor e não se dissolve na água. É altamente tóxico para agentes biodegradadores da madeira, não se volatiliza, e também não corrói os metais, apresentando resistência à lixiviação (MENDES, 1988).

No Brasil o Pentaclorofenol é usado na forma de sais como preservativo de peças de madeira com ação fungicida e inseticida. É utilizado se dá no tratamento de madeiras recém abatidas e recém serradas para eliminar os fungos que provocam manchas e degradam o substrato lignocelulósico. São usados os seguintes métodos para aplicação de pentaclorofenol: pulverização, pincelamento e imersão, sendo que último só poderá ser feito em usinas de preservação da madeira (ANVISA, 2006).

### **4.1.4 Tribromofenol (TBP)**

Nos países da Ásia vem apresentando excelentes resultados contra os fungos manchadores. Mas no Brasil tem sua eficiência reduzida devido a problemas climáticos não favoráveis ao preservativo, os quais aumentam a exaustão do preservativo na peça de madeira ou o degradam, facilitando o desenvolvimento de agentes xilófagos (ROCHA, 2001).

O tribromofenol pode ser transformado em tribromofenato de sódio quando misturado ao hidróxido de sódio. Este preservativo vem sendo usado para tentar substituir o pentaclorofenato de sódio, por ser economicamente mais viável e sofrer menor restrição ambiental, embora apresente menor eficiência contra os agentes biológicos (SILVA, 2007).

Contudo, por ter valor de mercado baixo em comparação com os produtos alternativos para preservação da madeira e pela baixa exigência do mercado interno sobre a qualidade dos produtos madeireiros, esse produto vem sendo utilizado de forma intensa (MORESCHI, 2005).

## **4.2 Preservativos Hidrossolúveis**

Geralmente os preservativos hidrossolúveis são formados de um ou mais componentes tóxicos. Em teoria, quanto mais compostos químicos em um só produto, maior será sua eficiência e abrangerá maior quantidade de espécies de fungos e insetos. Mas, por outro lado, a combinação de muitos produtos químicos pode vir a gerar uma reação contrária à esperada e não conseguir certas características de preservativo da madeira (MENDES, 1988).

Os preservantes químicos hidrossolúveis são à base de água. Os sais presentes nos preservativos hidrossolúveis têm uma grande vantagem de ordem prática e econômica: a sua comercialização em pó ou pasta, de forma concentrada, sendo sua diluição feita apenas antes do uso (SILVA, 2007).

### **4.2.1 Arseniato de Cobre Cromatado (CCA)**

Segundo Rocha (2001), este é um produto preservante que tem grande aceitação no mercado mundial, sendo que 80% de toda madeira tratada no mundo sofre tratamento com CCA (arseniato de cobre cromatado).

De acordo com Santini (2008), o CCA é um preservativo utilizado em várias formulações, se diferenciando por suas concentrações de cobre, cromo e arsênio. Ocorrem precipitações de cobre e arsênio devido ao cromo, quando o preservativo entra em contato com a madeira. O cobre e o arsênio são muito tóxicos aos agentes biodegradadores, aumentando, assim, a durabilidade do produto, sendo, portanto, recomendado para diversas finalidades.

Galvão (2004) observa que o CCA vem ganhando destaque entre os preservativos da madeira por ser um dos mais eficientes nos métodos de preservação, inibindo contra o apodrecimento e a biodegradação por fungos, insetos e brocas marinhas. Rocha (2001) diz que o CCA apresenta a propriedade de modificar a cor da madeira, imprimindo-lhe coloração verde após o tratamento preservante.

#### **4.2.2 Borato de Cobre Cromatado (CCB)**

Moreschi (2005) afirma que a formulação do CCB vem sendo utilizada como um produto alternativo ao CCA, que na sua fórmula usa o boro ao invés do arsênio. Em relação às diferenças ao se utilizar esses produtos, o CCB apresenta maior perda por lixiviação e sua toxidez não é tão elevada para insetos, sobretudo para madeira que ficara exposta por extenso período.

De acordo com Silva (2007), os compostos elaborados com o elemento boro têm efeitos fungicidas e inseticidas, e caracterizam-se como preservativos de grande eficiência desde que a madeira não fique em contato com solo. O CCB é preservativo que pode ser utilizado em usinas de preservação com autoclaves ou em tratamento caseiros que se utilizam de difusão.

Se o preservativo CCB for utilizado nas condições climáticas e de solo normais do Brasil, sua duração pode ultrapassar a 30 anos. Além disso, esses compostos contem em sua formula óxidos que não interferem na condução elétrica na madeira e também não provoca a corrosão em contato com fios metálicos (BARILLARI, 2002).

#### **4.2.3 Arseniato de Cobre Amoniacal (ACA)**

ACA é conhecido também, de Chemonite. Sua formula contem sais de arsênio e de cobre, numa solução amoniacal. Depois que ocorre a secagem da madeira, a amônia evapora, proporcionando assim a precipitação do arseniato de cobre. A adição de amônia causa maior permeabilidade, e porque gera abertura na estrutura da parede celular, forma um complexo de cobre, diminuindo os efeitos da corrosão nos metais e retarda na formação de precipitados de Arseniato de Cobre (SILVA, 2007).

É um produto preservativo bastante utilizado nos EUA e também no Canadá, sendo recomendado nas madeiras que fica em contato direto com o solo ou submersa em água doce ou salgada (GALVÃO, 2004).

#### **4.2.4 Cromato de cobre ácido (ACC – Celsure)**

Em sua formulação contém sulfato de cobre, dicromato de sódio e trióxido de cromo e não apresenta função inseticida. Seu custo é bastante alto, o que faz com que seu uso seja reduzido. O cromo tem efeito na redução da a corrosão causada pelo sulfato de cobre e precipitar o cobre na forma de cromato de cobre insolúvel. Sua fórmula tradicional é de 50% de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 47,5% de  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e 1,68% de  $\text{CrO}_3$  (ROCHA, 2001).

Na sua formulação não se deve misturar água que tenha carbonatos de cálcio com magnésio, porque precipitariam o sulfato de cobre. O cromatado de cobre ácido também é conhecido pelo nome Celcure, que utilizado em tratamentos de preservação da madeira que usam pressão ou não, proporcionando ótima proteção (SANTINI, 1988).

#### **4.2.5 Cloreto de Zinco Cromatado ( CZC )**

O desenvolvimento do cloreto de zinco cromatado se deu com o intuito de diminuir a lixiviação e o efeito de corrosão em metais do cloreto de zinco puro, sendo usado em larga escala, em decorrência da escassez de creosoto, depois da Primeira Guerra Mundial. O desenvolvimento de novas formulações mais eficientes deixou sua utilização bem abaixo da média nos últimos anos. Mas ainda é utilizado em baixa quantidade por causa de suas características combinadas, ou como preservativo e como retardante de fogo (MORESCHI, 2005).

É um preservativo de ótima fixação nas peças de madeira, causa pequena corrosão, e não é utilizado nas peças de madeira que estejam sendo usadas em lugares com temperaturas elevadas e baixas umidades relativa, porque tais características climáticas levariam a madeira a se degradar quimicamente (SILVA, 2007). Em sua formulação contem 75% de cloreto de zinco e 22% de dicromato de sódio (ROCHA, 2001)

#### 4.2.6 Compostos de Boro

O uso de preservantes à base de borato é recente. Esses preservativos são incolores, sem odor, possuem baixa toxidez para o homem e sua penetração é alta em peças de madeira verde. Porém, sua utilização é restrita, sendo que as peças tratadas não devem ser expostas à chuvas e à outras formas de umidade (MORAIS, 2008)

O ácido bórico e o tetraborato de sódio (bórax) são pouco solúveis para proporcionar um efeito positivo na preservação de peças de madeira. Contudo, elevadas concentrações podem ser obtidas se ao preparar a solução, for usada um aparte de ácido bórico e 1,54 partes de tetraborato de sódio decahidratado. Esta formulação, em solução saturada, se desidrata, produzindo o preservativo comercial conhecido internacionalmente como “Timbor” sendo ele o principal preservativo da madeira a base de borato (MORESCHI, 2005).

Geralmente é preciso aquecer a formulação para manter a concentração necessária. Essa concentração varia conforme a espessura da peça que sofrerá o tratamento. Estes compostos são usados no tratamento de folhosas suscetíveis a *Lyctus spp.* O procedimento pode ser feito por pulverização ou por imersão com baixa concentração. Os preservativos à base de borato obtêm bons resultados quando utilizados contra os fungos manchadores. Por outro lado, não sua utilização não é recomendada contra bolores *Penicillium spp.* e *Trichoderma spp.* (ROCHA, 2001).

## 5. MÉTODOS DE TRATAMENTO DA MADEIRA

### 5.1 Métodos Industriais

As madeiras que recebem tratamento sob pressão apresentam melhores resultados por causa da forma como se distribui a substância preservante dentro da peça e o quanto o preservativo penetra dentro da madeira. Este método é dividido em processo de célula cheia e célula vazia, segundo a forma com que é realizada a distribuição do preservativo nas fibras da peça de madeira (HUNT & GARRATT, 1953). Tratamentos de célula cheia são processos de Bethell, Burnett, Bulton, Duplo Vácuo e Cellon. Os tratamentos de célula vazia são os processos de Rüping, Lowry e MSU (Mississippi State University).

### **5.1.2 Tratamento de Célula Cheia**

Os tratamentos de célula cheia são distinguíveis dos de célula vazia pelo uso de aplicação de vácuo inicial para extrair, tanto quanto possível, o ar das células, facilitando deste modo, a penetração do preservativo na madeira. (SANTINI 1988)

#### **5.1.2.1 Processo de Burnett**

O método de burnetização, também conhecido por método de Burnett, foi desenvolvido e patenteado por Willian Burnett no ano de 1838 na Inglaterra. O método era usado para proteger peças de madeira com soluções contendo cloreto de zinco. Foi sendo aperfeiçoado com o passar do tempo, e no ano de 1847 sua formulação começou a ser aplicada na madeira em autoclaves sob pressão (SANTINI, 1988).

No processo de Burnett a penetração do preservativo ocorre nos elementos da madeira através de pressões exercidas pelas autoclaves. Na época de desenvolvimento desse tipo de tratamento, a utilização de cloreto de zinco como preservante, material de baixo custo, foi o principal ponto que gerou o sucesso do processo (RICHARDSON, 1993).

### 5.1.2.2 Processo de Bethell

John Bethell patenteou seu método de preservação de madeira com seu nome, na Inglaterra, no ano de 1838. Basicamente o processo abrange a injeção de alcatrão e do óleo de alcatrão na madeira, utilizando-se, para isso, da aplicação de pressão em cilindros fechados (SANTINI, 1988)

Segundo Vivian (2011) o tratamento da madeira pelo método de Bethell ocorre da seguinte maneira

- Primeiramente, submete-se a madeira a vácuo inicial, na faixa de 600 a 630 mm Hg, por um período de 30 minutos à 1 hora, dependendo da permeabilidade da madeira. O objetivo dessa etapa é retirar o ar das camadas superficiais da madeira, para melhorar a penetração do preservativo.
- Em seguida, ocorre a admissão do preservativo sem interromper o vácuo, beneficiando-se do mesmo para a entrada do preservativo. Nesta etapa pode ser usada uma bomba de transferência para complementar o processo, porque é preciso que a autoclave fique completamente cheia da substância preservante, sem a ocorrência das bolsas de ar no interior do equipamento.
- No terceiro passo a madeira é submetida à pressão. Com a autoclave totalmente cheia, aumenta-se a pressão até chegar na faixa de 10 a 12 kgf/cm<sup>2</sup>. O tempo de aplicação dessa pressão é de 1 a 5 horas, dependendo da permeabilidade da madeira.
- Na quarta fase ocorre a drenagem do preservativo, quando a pressão é diminuída e o preservativo que resta é bombeado de volta para tanque de armazenamento.
- Na fase final é aplicado vácuo por pequeno período de tempo, com intenção de drenar o restante do preservativo da superfície das peças de madeira, economizando o preservativo e não gerando mais gastos.

### **5.1.2.3 Processo Boulton**

O processo Boulton inicia ao submeter a madeira ainda verde, em um primeiro momento, à secagem sob vácuo em solução preservativa que seja oleosa, à temperatura entre 80° e 100°C. Como a aplicação de vácuo diminui o ponto de ebulição da água, a saída rápida de água gera elevados gradientes de umidade. No momento seguinte à eliminação da água da madeira, a mesma se encontra pronta para receber a solução preservativa (SANTINI, 1988).

O preservante utilizado nesse processo, em geral, é o creosoto e as etapas seguintes à aplicação de vácuo seguem a mesma seqüência do processo Bethell (RODRIGUES, 2004).

### **5.1.2.4 Processo Duplo Vácuo**

O processo utiliza a madeira que já foi previamente seca e emprega preservativos oleosos, oleossolúveis e hidrossolúveis. Foi desenvolvido na Inglaterra com objetivo de tratar a madeira serrada. Este processo não pode ser utilizado com bons resultados em madeiras que não sofreram processos de usinagem e que apresentam uma permeabilidade considerável, bem como em madeira de baixa permeabilidade (ROCHA, 2001).

Este processo é realizado em autoclaves e se diferencia dos demais processos por não utilizar a pressão e sim somente o vácuo. As peças de madeira devem estar secas, e com teor de umidade na faixa de 20 a 30%. O procedimento é recomendado para madeira que são utilizadas na construção de moradias (SANTINI, 1988).

Após colocar todas as peças de madeira na autoclave e fechar o cilindro, levando em consideração a permeabilidade das peças de madeira, o processo começa com vácuo de 250 a 750 mm de Hg, que permanece por tempo de 15 a 30 minutos para extrair todo o ar que se encontra dentro das peças de madeira. Em seguida a solução preservante é inserida na autoclave. Quando todo o espaço do cilindro for preenchido com a formulação é liberado o vácuo. Com esse

procedimento, o líquido preservativo é pressionado para o interior das peças até que a pressão atmosférica seja atingida, e em seguida, as peças ficam submersas no preservativo por 5 a 20 minutos. Logo a seguir, inicia-se a drenagem do preservativo da autoclave, sendo aplicado vácuo final, mais forte que o inicial, por período de 15 a 30 minutos, para retirar excesso de preservativo da madeira. Na seqüência é feita drenagem do preservativo residual e feita retirada do material (SANTINI, 1988).

### 5.1.2.5 Processo Cellon

O método é também conhecido como Drillon, utiliza solventes gasosos nos tratamentos. A formulação preservativa é formada por gás butano como solvente e como princípio ativo é utilizado o Pentaclorofenol diluído em algum solvente auxiliar. O processo começa depois que a madeira é transportada e carregada na autoclave, aplicando-se em seguida um vácuo inicial. Então é introduzida certa quantidade de nitrogênio para deixar a quantidade de oxigênio baixa o suficiente para que não haja risco de incêndio.

Há um mecanismo automatizado que controla a quantidade existente de oxigênio. Este é que interligado com as válvulas que liberam o gás butano para autoclave, controlando a liberação do mesmo (ROCHA, 2001).

Um segundo vácuo é aplicado e ocorre o bombeamento do preservativo em solução de butano para a autoclave. O preservativo que é aquecido por serpentinas, ocasionando o aumento da pressão do líquido, e gerando a penetração nas peças de madeira. Ao acabar o tempo de pressão, o preservativo volta para o tanque de armazenamento por diferença de pressão. O excesso de butano da solução é evaporado das peças de madeira graças à diminuição da pressão na autoclave. O butano evaporado também retorna para o tanque de armazenamento pela ação de uma bomba de vácuo (ROCHA, 2001).

Por fim, é feita uma segunda aplicação de nitrogênio para diminuir a quantidade de butano. Só assim é possível abrir a autoclave e fazer a retirada das peças de madeira tratada. Essas peças encontram-se praticamente secas em função da recuperação do solvente.

A grande vantagem desse processo é a saída da madeira, já em teor de umidade bastante baixo (praticamente o mesmo teor de umidade que a madeira possuía ao ser introduzida na autoclave). Assim, as mesmas se encontram prontas para utilização. Como desvantagens podem ser apontadas as necessidades de equipamentos grandes e de grande investimento financeiro, além do perigo de incêndios e de explosão (ROCHA, 2001).

### **5.1.3 Tratamento de Célula Vazia**

Nestes processos, ao contrario daqueles de célula cheia, não se aplica vácuo inicial para a retirada de ar interior. Com a injeção do preservativo ocorre uma compressão do ar interno da madeira, o qual, após o alívio da pressão, se expande e expulsa a parte do preservativo. Com isso, além de uma boa penetração, consegue-se recuperar grande parte do preservativo aplicado, de modo que os lúmens celulares das partes tratadas da madeira fiquem livres do líquido. Para obter bons resultados, a madeira deve estar devidamente seca ao ar, embora possa ser empregado material verde desde que submetido preliminarmente à um banho de vapor e vácuo ou outro método adequado (SANTINI 1988).

#### **5.1.3.1 Processo de Rüping**

No cenário de preservação da madeira, na Europa e nos Estados Unidos, o método de preservação com célula vazia mais usual é o de Rüping. Esse processo foi patenteado na Alemanha, por Max Rüping, em 1902. O referido método emprega pressão de ar na madeira, antecedendo a colocação do preservativo, obtendo assim um máximo de penetração do preservativo e uma retenção pequena (SANTINI, 1988).

A madeira é transportada para uma câmara com ar e submetida à pressão para a penetração da solução preservativa é retirada. Em seguida a pressão é diminuída até chegar à pressão atmosférica e o preservante. Logo as peças de madeira podem ser retiradas. Em geral, este método pode ser adotado no tratamento de postes e moirões (RODRIGUES, 2004).

#### **5.1.3.2 Processo de Lowry**

O processo foi patenteado por C. B. Lowry no ano de 1906. O método é muito parecido com o de Rüping, tendo como única diferença a forma de aplicação da substância preservante. Neste método de Lowry o preservativo é injetado na autoclave. O ar que existe dentro da madeira vai sendo comprimido no interior da

célula e permanece até acabar o tempo de aplicação de pressão (HUNT & GARRAT, 1953).

Os passos para desenvolvimento do processo de Lowry, de acordo com Rocha, (2001):

- Transporta-se a madeira para dentro da autoclave;
- A autoclave é preenchida com solução preservativa por gravidade (em uma usina de tratamento, o tanque de abastecimento é localizado acima em relação à autoclave);
- Aplicação de pressão por período de uma ou duas horas, de acordo com o tipo (permeabilidade) da madeira e do preservativo;
- Em seguida ocorre o retorno à pressão atmosférica, de forma que o interior da madeira se expande e expulsa grande parte do preservante;
- Na etapa final é aplicado um vácuo que combinado com a pressão do ar nas cavidades celulares, gera a expulsão de uma parte do produto preservante absorvido durante a fase de pressão.

### **5.1.3.3 Processo Mississippi State University (MSU)**

O método utiliza somente o preservativo Arseanato de Cobre Cromatado (CCA). Diferencia-se dos outros métodos de preservação da madeira que utilizam pressão por ter uma fase de aquecimento das peças de madeira, o que ocasiona no interior da autoclave, melhor penetração e retenção do CCA nas peças de madeira. Por causa disto, ocorre uma diminuição expressiva no período de espera para a fixação em comparação com os procedimentos tradicionais. Enquanto as peças de madeira tratadas levam cerca de um mês para a fixação do produto, pelo procedimento de MSU levam apenas 2 horas no interior da autoclave. Outro benefício desse método é que a solução preservativa retorna no final do procedimento, sem açúcares e agente redutores. Dessa forma, não ocorre precipitação dos sais preservantes, o que desbalancearia a concentração da solução (ROCHA, 2001).

## **5.2 Métodos não industriais**

São também conhecidos por métodos caseiros, pois estes não são feitos em usinas de preservação da madeira, e não utilizam a pressão. As vantagens desses métodos são: a necessidade de utilizar uma pequena quantidade de equipamentos por sua facilidade aplicação, pelo baixo investimento financeiro, pela possibilidade de ser utilizado pelo pequeno agricultor em sua propriedade e por a madeira utilizada no processo poder ser adquirida na própria propriedade. Não demanda muita mão-de-obra, mas necessita de orientação técnica especializada para a implantação e a manutenção desses procedimentos e o manuseio com produtos químicos, além de sempre exigir o uso de equipamentos de segurança.

### **5.2.1 Processo de Boucherie**

Método criado em 1938, na França, por Boucherie. Desenvolvido para preservar árvores em pé ou recém cortadas. Contudo, o processo não obteve o êxito esperado e então foi modificado e patenteado por britânicos em 1855. Atualmente, esse método é empregado praticamente de forma exclusiva em postes e moirões roliços, com casca e acentuado teor de umidade (SANTINI, 1988).

O processo consiste em colocar as peças ligeiramente inclinadas ao nível do solo cada uma com uma luva de borracha ajustada com uma cinta. Com a ajuda de tubos flexíveis as luvas são ligadas ao tambor e postas em torres de sustentação. As torres têm altura média de 10 metros em relação à sua base. O método funciona com a pressão hidrostática, que é feita pela coluna onde se encontra a formulação do preservativo. A coluna força a saída da seiva da peça de madeira pelo lado onde a mesma não está conectada (COSTA, 2003)

### **5.2.2 Método de Banho Quente-Frio**

Nos Estados unidos foi criado o método do banho quente-frio, por C. A. Seeley, no ano de 1867. Esse processo deve ser utilizado para madeiras secas e

descascadas. O método é de fácil aplicação e não demanda grande investimento, já que, para sua aplicação, são necessários dois tanques ou tonéis: um para o banho quente e outro para o banho frio (SANTINI, 1988).

Costa (2003) enfatiza que este tratamento consiste na imersão da madeira em solução aquosa preservante em temperatura elevada. Logo em seguida promove-se a imersão da madeira em recipiente com a mesma solução aquosa à temperatura ambiente. Dessa forma, o choque térmico causa no interior das células o surgimento de pressão negativa parcial, resultando em retenção do preservativo da madeira.

O aquecimento da solução preservante pode se dar por resistência elétrica, lenha carvão, etc. Considerando os resultados alcançados, esse é um processo de baixo custo (ROCHA, 2001).

De acordo com Rocha (2001), o tratamento obtém um bom êxito com utilização de dois toneis, um para o banho quente e outro para o banho frio. Contudo, é possível que o tratamento seja conduzido no mesmo tanque, com resfriamento gradual através da perda de calor para o ambiente

### **5.2.3 Processo feito por Pincelamento**

Segundo Ilhan et. al.(1976) o tratamento utilizando a técnica de pincelamento nas extremidades das peças para a preservação da madeira, com os preservativos Pentaclorofenol e bórax, logo após o corte da árvore, proporciona uma considerável proteção à madeira.

É um tratamento preservativo que utiliza um solvente orgânico que é dissolvido em água, que pode ser aplicado manualmente com o uso de pincel ou rolo. O preservativo é fixado por capilaridade. Na obtenção de melhores resultados é recomendado aplicar duas a três mãos do produto, de acordo com as indicações do fabricante (SILVA, 2008).

Neste método o preservativo químico é apenas aplicado sobre na parte superficial da peça de madeira. A sua penetração é bem baixa conferindo proteção apenas onde se encontra a solução preservativa, não sendo recomendado para

espécies de elevada massa específica por fazer proteção fina camada na madeira (COSTA, 2003).

#### **5.2.4 Processo de Substituição de Seiva**

O processo consiste na substituição da seiva presente dentro da madeira por um preservativo. É tratamento que tem tempo pré determinado para sua realização, sendo que, depois da madeira abatida deve ser feito em 24 horas no máximo. Durante o procedimento os sais devem estar completamente solubilizados na solução e a proporção dos ingredientes deve ser mantida constante (MAGALHÃES, 2003).

A necessidade de tratar a madeira recém abatida, nesse método, advém do fato de que se houver muita evaporação da água da seiva antes do começo do procedimento, ocorrerá a perda de eficiência. Se houver secagem, mesmo sendo em pequeno volume, poderá acontecer o bloqueio do transporte do preservativo pela formação de bolhas de ar no interior dos vasos capilares da madeira (GALVÃO, 2004).

É um processo de importância expressiva entre os métodos não industriais por ser de baixo custo no que se refere às instalações necessárias e pela sua praticidade na aplicação e preservação de madeira roliças (FARIAS 2003).

#### **5.2.5 Imersão de Tempo Longo**

O tratamento é feito com a madeira ficando imersa em um tanque preenchido com a solução preservativa da madeira, durante período prolongado, podendo ser por dias ou até mesmo por semanas. Por este motivo, o processo recebeu o nome de imersão de tempo longo. As formulações usadas são em soluções aquosas, podendo utilizar à temperatura ambiente, preservativos de dois tipos: os hidrossolúveis e os oleossolúveis (COSTA, 2003).

O tempo de imersão varia de acordo com a espécie que esta sendo tratada e com as dimensões da peça que receberá o preservativo. A retenção do preservativo

é maior nos dois a três primeiros dias do processo. O período recomendado é de uma semana a dez dias (ROCHA, 2001).

A formulação preservativa que é usada no tratamento de madeira pelo processo de imersão prolongada é idêntica a utilizada no processo de substituição de seiva. O preservativo utilizado é uma mistura de sais, comercialmente vendida pelo nome de borato de cobre cromatado (CCB) (GUIOTOKU, 2005).

### **5.2.6 Imersão de Tempo Curto**

O método de imersão em tempo curto é realizado com imersão da madeira em uma solução preservativa em um espaço de tempo bem pequeno, chegando a segundos ou minutos. No tratamento podem ser utilizados os preservativos hidrossolúveis ou oleossolúveis (COSTA, 2003).

Uma de suas vantagens é que a penetração da solução preservativa é feita entre as rachaduras e os outros orifícios. Pode ser utilizada para fazer a preservação de peças de madeira para móveis, janelas e portas, devido o preservante ser limpo, não ocorrer o inchamento da peça e poder fazer a pintura no mesmo. Este tratamento também é usado para combater fungos em madeira recém serrada (ROCHA, 2001).

### **5.2.7 Método de Pulverização e Aspersão**

Este método é considerado superficial por haver baixa penetração, muito parecida com a obtida com o tratamento por pincelamento. A técnica de aspersão é desenvolvida com borrifações do preservativo, através de pulverizações portáteis, até que ocorra o escorrimento do preservativo na peça de madeira (SANTINI, 1988).

O pulverizador utilizado pode ser manual ou mecânico e o preservante é adicionado a um dissolvente orgânico para que possa ser aplicado. A proteção obtida os contra agentes bióticos é apenas superficial. Em geral, pode-se dizer que a pulverização é mais eficaz do que o método de pincelamento, podendo se equiparar a um tratamento por pincelamento com três demãos (SILVA, 2008).

### **5.2.8 Processo por Difusão**

Este método utiliza formulações concentradas que aumentam a difusão dos sais dentro da madeira. As formulações que contêm boro são preferencialmente utilizadas por apresentarem bons resultados de solubilidade e penetração nas peças de madeira. Os preservativos que contêm fluoreto de sódio também são usados em tratamentos por difusão na forma de pasta. Uma possibilidade é fazer uma combinação entre as formulações de boro com o fluoreto. A pasta preservativa é utilizada nas superfícies da madeira, que são agrupadas e empilhadas para poderem ser cobertas com lona para ficarem armazenadas por período de 30 dias (GALVÃO, 2004).

Na aplicação desse método as peças de madeira têm que estar com teor de umidade elevado. Se as mesmas estiverem secas podem ocorrer bolhas de ar no interior dos vasos capilares, os quais impediriam o transporte do preservativo. Depois das peças serem banhadas estas são armazenadas na sombra para que ocorra uma distribuição homogênea da solução preservativa no interior das peças de madeira. A secagem não deve ser feita porque pode ocasionar migração de íons do preservativo pelo meio do líquido. A fixação perfeita do preservante ocorre com um tempo de armazenagem de quatro meses (ROCHA, 2001).

### **5.2.9 Processo por Difusão Dupla**

Este processo envolve dois tratamentos de difusão com dois diferentes preservantes da madeira. A madeira é imersa, ainda verde, no preservativo químico de sulfato de cobre. Depois é retirada e imersa em uma formulação química de cromato de sódio. Com a difusão do cromato de sódio na madeira, ocorrerá uma reação com o sulfato de cobre, dando origem à uma terceira formulação química que é insolúvel em água, com o nome de cromato de cobre (MENDES, 1988)

O período em as que as peças ficam imersas não pode ultrapassar 15 dias. Depois da dupla difusão é feita secagem. Este método é indicado para o tratamento de peças de madeira que estarão em contato direto com o solo, prolongando a vida útil da madeira em até 11 anos (GALVÃO, 2004).

### **5.2.10 Processo por Difusão com Preservativo Pastoso**

A solução preservativa em forma de pasta é usada na superfície da peça de madeira. As peças de madeira são então transportadas para local adequado para o empilhamento, sendo cobertas por lona plástica pelo período de um mês. Pode ser tanto um procedimento curativo como preventivo em peças de madeiras que se encontram em contato direto com o solo, como é o exemplo de postes e moirões (SANTINI, 1988).

### **5.2.11 Fumigação ou Expurgo**

Este procedimento geralmente é utilizado para ações curativas na madeira, pois a substância de preservação se encontra na forma gasosa, não possuindo efeito residual. É tratamento bastante usual contra insetos que causam danos na madeira e em situações em que não podem ser usados outros métodos, como por exemplo, o tratamento de peças ornamentais, móveis raros e outros, sem causar problemas nos revestimentos e na aparência da estrutura. O procedimento trata da cobertura da peça com lona plástica, vedando-a completamente. Em seguida, libera-se o gás de fosfina ou o brometo de metila que, ao ser retido pela lona, penetra na madeira e elimina os insetos (ROCHA, 2001).

### **5.2.12 Injeção**

O método de preservação por injeção gera níveis médios e elevados de penetração da substância preservante na madeira. Tem como vantagens a facilidade e a comodidade de aplicação, já que se aproveitam os orifícios provocados pelos insetos xilófagos para a inserção do preservante na madeira. Pode ser complementado por outro método de tratamento (MENDES, 1988).

Sendo um método curativo, é usado normalmente para madeiras secas, em uso, e com infestações localizadas. Um dos procedimentos que pode ser utilizado é conhecido como Kobra, que consiste em uma máquina de injeção manual, que contém uma alavanca e uma agulha de metal adequada. Quando acionada a

alavanca, a agulha penetra de 6 a 8 cm na peça de madeira, e sincronizadamente introduz 5 cm<sup>3</sup> de solução preservativa hidrossolúvel que penetra por difusão no lenho. Embora seja eficiente, esse método foi abandonado dada sua baixa economicidade (SANTINI, 1988).

### **5.2.13 Impregnação de Árvore em Pé**

O método é utilizado desde o século passado e os procedimentos que podem ser utilizados para tal variam de acordo com o tipo de solução preservante e com os métodos de aplicação. Mas todos os procedimentos utilizam o princípio de que as soluções que penetram no alburno das árvores vivas são transportadas pelo movimento da seiva para todo o tronco. Assim é feita uma perfuração profunda em torno da base do troco, onde é colocado o preservativo. Após é revestido o local com um papel impermeável (SANTINI, 1988).

## **6. CONCLUSÃO**

Foi encontrado pouco material sobre o assunto de preservação da madeira, apesar de ser um conteúdo extenso, apesar das metodologias para preservação da madeira ser utilizadas há muito tempo, for pouco referencial bibliográfica encontrada sobre o assunto. Grande parte dos autores não tem formação acadêmica na área de engenharia florestal, e sim na área de engenharia civil. A parte didática sobre os métodos e os preservativos utilizados na preservação da madeira foi descrita por professores de cursos de graduação em engenharia florestal. Em contrapartida, são poucos os professores na área, o que limita a quantidade de informações sobre o assunto e o acesso às informações. Há poucos estudos feitos com tratamentos industriais, sendo que as maiores partes dos artigos encontrados consistem nos tratamentos não industrial devido sua à facilidade de aplicação e dos baixos custos provenientes da utilização do mesmo Há uma crescente evolução dos preservativos da madeira com relação à sua eficiência e sua toxidez, devido às pressões ambientais e as leis severas, com restrições de utilização e manuseio de produtos

tóxicos ao meio ambiente e aos seres vivos em geral. São necessários mais estudos e, conseqüentemente, mais publicações na área de preservação da madeira para aumentar o nível de informações técnicas sobre o assunto. Assim, passará a ser possível a determinação da correlação perfeita, entre a utilização da madeira, com escolha da espécie adequada, e poder determinar o tipo de tratamento e o preservativo mais indicado para tal procedimento.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. (ANVISA) **Portaria nº329 de 2 de Setembro de 1985.** Disponível em <[www.anvisa.gov.br/legis/portarias/329\\_85.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/329_85.htm)> Acesso em 20 de julho de 2011, 15:05:11 .

AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. .(ANVISA) **Nota técnica sobre reavaliação toxicológica do ingrediente ativo do Pentaclorofenol e seus sais.** Gerencia geral de Toxicologia. 2006

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRESERVADORES DE MADEIRA. (ABPM) **Preservação: durabilidade e qualidade na madeira;** publicação comemorativa aos 25 anos da ABPM. São Paulo, 1993. 26p

BARILLARI, C. T. **Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservantes: avaliação em campo de apodrecimento.** 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CAVALCANTE, M. S. **Preservação de madeiras no Brasil.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., 1979. 23 p. (IPT. Publicação, 1122).

CAVALCANTE, S. M.; Cockcroft, R.. **Wood preservation in Brazil.** Stockholm: Swedish National Board for Technical Development, 1984. 68p

COSTA, A. F. **Como preservar a madeira no meio rural.** Brasília: UNB, 2003. 31 p. 24 (Comunicações Técnicas Florestais).

CRUZ H. **PATOLOGIA, AVALIAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA\***(II CURSO LIVRE INTERNACIONAL DE PATRIMÓNIO.Associação Portuguesa dos Municípios com centro histórico; Fórum UNESCO Portugal.Santarem, Fevereiro/Março de 2001.

FARIAS, D.W. **Viabilidade técnica e econômica do tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.), pelo método de substituição da seiva.** 2003. 52p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

GALVÃO, A. P. **Processos práticos para preservar a madeira.** Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 49 p.

GUIOTOKU M., **Método de Imersão Prolongada para Tratamento Preservativo de Mourões de *Eucalyptus benthamii* e *dunnii*.** Comunicado Técnico Colombo, PR Dezembro, 2005

HUNT, G.M., GARRATT, G.A. **Wood preservation. 1.ed.** New York: Mc Graw Hill, 1953. 417p

HUNT, G.M., GARRATT, G.A. **Wood preservation. 3.ed.** New York: Mc Graw Hill, 1967. 433p.

ILHAN, R.O. Taskin & PERTEN. **Studies on the control of blue stain by using some chemicals.** Journal of the Turkish Forest Research Inst. (Technical Bulletin n° 38).Turquia 1976

JANKOWSKY ,I. **Fundamentos de Preservação de Madeira.** LCF-ESALQ/USP São Paulo SP 2004.

LEPAGE, E.S. Preservativos e sistemas preservativos. In: LEPAGE, E.S. (Coord.). **Manual de preservação de Madeiras.** São Paulo: IPT, 1986. V. 1. p. 279-342.

LOPES, J.V. **A tecnologia mais limpa para produção de postes da CEEE e suas implicações.** 2009. 43 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Administração. Porto Alegre, 2009

MAGALHÃES, W. L. E. et al. **Método de substituição de seiva para preservação de mourões.** Comunicado Técnico Colombo, PR Dezembro, 2003.

MENDES, A. S.; **A degradação da madeira e sua preservação.** Brasília: IBDF/LPF, 1988. 57 p

MORAIS, M. A. F. D. **A indústria da madeira preservada no Brasil: Um estudo de sua organização industrial.** 1996 173p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba 1996.

MORAIS, A. **Produtos para tratar madeira previnem perdas.** Revista Madeira Edição N°117 Novembro 2008

MORESCHI, J.C **Apostila de Biodegradação da Madeira.** p 4-6 1998.

MORESCHI, J.C. **Biodeterioração e preservação da madeira.** *Revista da madeira*, p.44-50, 1999.

MORESCHI, J.C. **Produtos preservantes de madeira.** Curitiba, 2005.  
Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, BR-PR, 2005

PALA, H. **Construção em Madeira constituição e mecanismos de degradação biológica de um material orgânico: a madeira.** Escola superior de Tecnologia e Gestão de Leiria 2007.

PAES, J.B. **Corrosividade causada por soluções produzidas com creosoto vegetal.** *Revista Arvore* vol. 26. Nº 3. Viçosa 2002. 627p

RICHARDSON, B.A. . **Wood preservation.** Lancaster, The construction Press.1993

ROCHA, M. P. **Biodegradação e Preservação da Madeira.** Fupef – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Série Didática 01/01. Curitiba, 2001. 94p.

RODRIGUES, R. M. **Construções Antigas de Madeira: Experiência de Obra e Reforço Estrutural.** 2004. 287f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade do Minho. Braga. Portugal 2004.

SANTINI, E. J. **Biodeterioração e preservação da madeira.** Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1988. 17 125p.

SILVA, J.;**Preservantes.** Viçosa MG. *Revista Madeira* Ed Nº103 Março de 2007.

SILVA, J. G.**Especificações de Tratamento de Preservação para Elementos de Madeira.**148 f. Mestrado Integrado em Engenharia Civil 2007/2008 Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.

TREVISAN, H. **Degradação natural de toras e sua influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais.** 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

VIVIAN, M. A.; **Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* em ensaios de laboratório e campo.** 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

WILKINSON, J. G; **Industrial timber preservation.** London: Associates Business Press, 1979. 531p

WILLEITNER, H. **Laboratory tests on the natural durability of timber-methods and problems.** Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation, 1984.