



FACULDADE DE PINDAMONHANGABA

Lucila Quirino Lopes
Shayane Oliveira Santos

TRATAMENTO PRESERVATIVO DE MADEIRAS

Pindamonhangaba – SP
2012



FACULDADE DE PINDAMONHANGABA

Lucila Quirino Lopes

Shayane Oliveira Santos

TRATAMENTO PRESERVATIVO DE MADEIRAS

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Diploma de Tecnólogo em Processos Químicos pelo Curso de Tecnologia em Processos Químicos da Faculdade de Pindamonhangaba.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Daniela Camargo Vernilli.

**Pindamonhangaba - SP
2012**

Lopes, Lucila Quirino ; Santos, Shayane Oliveira.

Tratamento preservativo de madeiras / Lucila Quirino Lopes; Shayane Oliveira Santos / Pindamonhangaba-SP : FAPI Faculdade de Pindamonhangaba, 2012.

29 f. : il.

Monografia (Graduação em Tecnologia em Processos Químicos) FAPI-SP
Orientadora: Prof^ª. Dra. Daniela Camargo Vernilli.

1 Madeira. 2 Arseniato de cobre cromatado. 3 Preservativo hidrossolúvel.
I Tratamento preservativo de madeiras. II Lucila Quirino Lopes; Shayane Oliveira Santos.



Lucila Quirino Lopes
Shayane Oliveira Santos

TRATAMENTO PRESERVATIVO DE MADEIRAS

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Diploma de Tecnólogo em Processos Químicos pelo Curso de Tecnologia em Processos Químicos da Faculdade de Pindamonhangaba.

Data: ___/___/___

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Professor: Dailton de Freitas Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura: _____

Professor: Daniela Camargo Vernilli Faculdade de Pindamonhangaba / EEL

Assinatura: _____

Professor: Marco Antonio Vieira Sales Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura: _____

Dedico esse trabalho aos meus pais Nelson e Luzia e toda minha família pelo incentivo na minha formação pessoal, e especialmente ao meu noivo, Adriano, pelo apoio, companheirismo e compreensão durante o período de elaboração deste trabalho.

Lucila Quirino Lopes

Dedico a minha mãe Maria Rita que sempre me apoiou e acreditou em mim. Ao meu pai José Cândido (*in memoriam*) que infelizmente não pode estar presente neste momento tão feliz da minha vida. Ao meu irmão Vitor Augusto. Aos meus amigos e a toda a minha família que sempre estiveram do meu lado ao longo dessa trajetória de graduação.

Shayane Oliveira Santos

AGRADECIMENTOS

- À Deus pela vida e oportunidade de adquirir conhecimentos, pois sem a crença de sua existência nada seria possível realizar;
- À Faculdade de Pindamonhangaba, pela formação acadêmica e ao Coordenador do Curso de Tecnologia em Processos Químicos Professor Dailton de Freitas pelos esforços não medidos procurando sempre conquistar melhorias e reconhecimento do curso;
- À Professora Daniela Camargo Vernilli, pelo apoio, confiança, disponibilidade, amizade e principalmente por sua sábia e segura orientação no desenvolvimento desse trabalho;
- À todos os professores e colegas que compartilharam conosco bons momentos de aprendizagem, descontração e alegrias ao longo dessa trajetória;
- Aos nossos pais que nos ajudaram, compreenderam e apoiaram para que fosse possível chegar até aqui.

“A verdadeira sabedoria consiste em respeitar as coisas simples que fazemos, pois elas podem nos transportar até onde precisamos.”

Paulo Coelho

O aleph

RESUMO

O uso de preservativos de madeira está relacionado a várias técnicas desenvolvidas ao longo do tempo visando proteger a madeira de ataques físicos e biológicos a que este material está sujeito. Dentre os disponíveis no mercado o mais utilizado mundialmente é o Arseniato de cobre cromatado (CCA) devido a sua capacidade de proteger a madeira contra o ataque de fungos e insetos *xilófagos*, aumentando sua durabilidade em até 20 anos. O cromo é considerado o principal responsável pela fixação do arsênio e do cobre. O arsênio e o cobre desempenham o papel de inseticida e fungicida aderindo à parede celular da madeira após reações de fixação. O tratamento da madeira utilizando CCA é feito em unidade industrial denominada Usina de Preservação de Madeira (UPM), onde a madeira é submetida à pressão para a impregnação das soluções preservativas, que penetram nas camadas permeáveis da madeira protegendo-a contra a ação de agentes deterioradores por um longo período. O processo industrial mais comumente utilizado é o Processo Bethell, patenteado em 1838 por John Bethell. Este processo também conhecido por célula cheia pode ser resumido em três partes: 1) a madeira seca é introduzida no cilindro de tratamento (autoclave) e então é aplicado um vácuo inicial; 2) em seguida aplica-se pressão, o vácuo inicial e a pressão imposta ao preservativo forçam a penetração do preservativo na madeira; 3) é aplicado o vácuo final que tem por função retirar o excesso de preservativo existente na superfície da madeira impedindo o desperdício da solução. A eficiência do preservativo é realizada através de testes em laboratório e em áreas denominadas “campos de apodrecimento”, onde a madeira preservada passa por situações adversas, ou seja bem próximas da realidade de uso, durante determinado período são realizadas inspeções periódicas para avaliação do desempenho do tratamento. O uso das técnicas de preservação de madeiras tem sido de grande interesse principalmente das oriundas de reflorestamentos, como *Eucalyptus* e *Pinus*, porém faltam trabalhos referentes a retenção e penetração dos preservativos nessas madeiras no Brasil. Este trabalho apresenta o tratamento preservativo de madeira, e destaca a utilização do CCA neste processo.

Palavras-chave: Madeira. Arseniato de cobre cromatado. Preservativo hidrossolúvel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho esquemático do corte da estrutura de um tronco	12
Figura 2. Ciclo biológico de inseto de ciclo larvar	15
Figura 3. Madeira atacada por insetos xilófagos	15
Figura 4. Exemplo de ataque de térmitas	16
Figura 5. Esquema do processo Bethell	20
Figura 6. Gráfico do processo Bethell	21
Figura 7. Ensaio de durabilidade de madeira - Embrapa Acre	22
Figura 8. Ensaio com Cromazuro1 S	23

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AWPA	<i>American Wood Preserver's Association</i>
BRL	Brazilian Real
CCA	Arseniato de cobre cromatado
LaMEM	Laboratório de madeiras e de estruturas de madeiras
UPM	Usina de preservação de madeira
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

Lista de figuras	I
Lista de siglas e abreviaturas	II
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 História da preservação de madeiras.....	12
2.2 Definição de madeira.....	12
2.3 Fisiologia	12
2.4 Composição química da madeira.....	13
2.5 Degradação Biológica.....	13
2.6 Tipos de tratamento	16
3 PRESERVANTES	17
3.1 Arseniato de Cobre Cromatado – CCA.....	18
3.2 Fixação do CCA.....	18
3.3 Processo de Célula Cheia (Bethell/Burnett).....	19
4 EFICIÊNCIA DOS PRESERVANTES EM MADEIRA E TESTES EM CAMPO....	22
5 CONTROLE DE QUALIDADE DA MADEIRA PRESERVADA	23
5.1 Penetração	23
5.2 Retenção	24
6 MADEIRA PRESERVADA NO BRASIL	25
7 DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA TRATADA	26
8 CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

O uso de preservantes em madeira está relacionado a várias técnicas desenvolvidas ao longo do tempo visando proteger a madeira de ataques físicos e biológicos a que este material está sujeito. Desta maneira é possível aumentar sua durabilidade em diversas aplicações, como por exemplo, a utilização de madeira de eucalipto tratado em mourões para cercas, postes e dormentes. O uso de preservativos evita o inconveniente de substituí-los a um curto prazo, reduzindo, desta forma, custos e mão de obra (GALVÃO et al., 2004). No Brasil, a lei federal no 4.797, de 20 de outubro de 1965, torna obrigatório o uso de madeira preservada em serviço de utilização pública em todo o território nacional, quando as mesmas forem passíveis de tratamento (AMARAL, 2012 apud BRASIL, 1965).

Existem diferentes produtos e métodos para o tratamento de preservação da madeira, e um dos preservantes mais utilizado mundialmente é o arseniato de cobre cromatado (CCA), preservativo hidrossolúvel a base de cobre, cromo e arsênio. O CCA é altamente eficaz, e protege a madeira da podridão por fungos e da deterioração por insetos e agentes marinhos (VALLE, 2009).

O tratamento utilizando CCA é feito em unidade industrial denominada Usina de Preservação de Madeira (UPM), onde a madeira é submetida à pressão para a impregnação das soluções preservativas, que penetram nas camadas permeáveis da madeira protegendo-a contra a ação de agentes deterioradores por um longo período.

A existência de inúmeras espécies de madeira sujeitas ao ataque de agentes biológicos faz com que o uso de tratamentos preservativos seja inevitável. Paralelamente a isso existe a necessidade de desenvolvimento de novos produtos, e os questionamentos sobre o uso dos atuais preservativos em utilização no mercado, em relação a sua toxicidade e eficiência (MORESCHI, 2012).

Quando se pensa em preservar a madeira é imprescindível que seja selecionado o preservativo correto principalmente em função dos agentes biológicos que se pretende prevenir e do uso final do produto tratado, levando em consideração os efeitos indesejados do produto onde a madeira será instalada.

Este trabalho tem como objetivo apresentar o tratamento preservativo de madeira, os métodos existentes e os produtos mais utilizados, destacando o CCA.

O estudo desenvolvido será realizado através de pesquisa de literatura, reunindo artigos e trabalhos acadêmicos que tratam do assunto a ser estudado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História da preservação de madeiras

A preservação de madeiras é uma ciência que remonta aos primórdios da civilização e que teve origem nas civilizações egípcia e chinesa. No século X a.C. já havia uma preocupação em tratar a madeira dos barcos com extratos de óleo de cedro, com o intuito de protegê-los contra a biodegradação. No início do século XIX, devido ao enorme consumo de madeira na construção e reparação de barcos dos impérios coloniais, a falta de espécies duráveis, como cedros e carvalhos, obrigou ao uso de espécies menos resistentes, o que aumentou os problemas da biodegradação. Conseqüentemente, a preservação de madeiras tornou-se uma área de estudo muito importante. (ESTEVEES, 2009)

2.2 Definição de madeira

A madeira é um complexo de tecidos que serve de suporte e permite a circulação da água e dos nutrientes nas plantas superiores (árvores e arbustos). Trata-se de uma matéria-prima renovável, em crescimento permanente, o que é uma vantagem considerável em relação à maior parte dos materiais utilizados na construção. Permite também ligações e emendas fáceis de executar; não estilhaça quando submetida a choques bruscos; pode ser trabalhada com ferramentas simples e ser reaproveitada; apresenta grande variedade de padrões com boas características naturais de isolamento térmico e acústico. Sob o ponto de vista ecológico, sendo a madeira biodegradável, contrariamente à maioria dos outros materiais, a sua eliminação ou reciclagem não levanta quaisquer problemas ambientais.

2.3 Fisiologia

Na figura 1 está apresentado um desenho esquemático da estrutura do tronco de uma árvore.

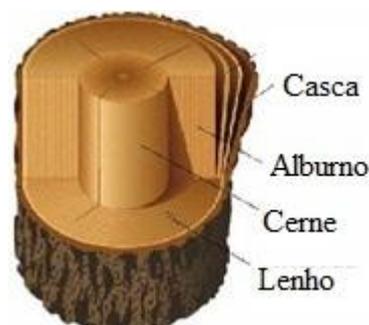


Figura 1 – Desenho esquemático do corte da estrutura do tronco de uma árvore.

Fonte: SILVA, 2008 (adaptado)

Segundo a NBR 9480:2009, que trata dos requisitos para peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais, têm-se:

- Casca: invólucro externo do tronco de uma árvore;
- Alburno: parte externa do tronco de uma árvore que geralmente se distingue da parte interna pela cor mais clara. Normalmente o alburno contém substâncias de reserva, por exemplo, o amido e é mais permeável à passagem de líquidos;
- Cerne: parte interna do lenho, formada por células mortas e sem substâncias de reserva. Normalmente é mais escura e tem baixa permeabilidade;
- Lenho (câmbio): principal tecido de sustentação e condução da seiva bruta nos caules e raízes, caracterizado pela presença de elementos traqueais.

2.4 Composição química da madeira

A madeira é um material orgânico e os seus constituintes químicos estão diretamente relacionados com as suas propriedades. Sua composição química é caracterizada pela presença de componentes estruturais e acidentais. São componentes estruturais a celulose, as hemiceluloses e a lignina, em que esse conjunto compõe o conteúdo total de polissacarídeos contidos na madeira. Os componentes chamados acidentais podem ser divididos em orgânicos extrativos, solúveis em água, solventes orgânicos e inorgânicos: minerais ou cinzas.

Os extrativos atuam como componentes complementares, mas também têm reconhecida importância em várias situações, como na durabilidade natural da madeira. Presentes em menor quantidade estão as cinzas ou minerais, substâncias inorgânicas provenientes do solo, que também são encontradas em várias espécies. (AMARAL, 2012)

2.5 Degradação Biológica

A degradação biológica da madeira é causada por organismos *xilófagos* compreendidos basicamente por fungos, insetos, moluscos, crustáceos e bactérias. Os fungos e os insetos formam os grupos mais importantes, responsáveis por grandes perdas nos vários tipos de produtos florestais (MENDES, 1988). A palavra “*xilófago*” procede do grego, composta por “*xilo*” que significa madeira e “*fago*”, alimentação. Ao alimentar-se da madeira, os agentes *xilófagos* provocam a sua degradação, diminuindo as suas propriedades físicas e mecânicas. A ação desses insetos pode ocorrer em diversas situações e diferentes graus de umidade.

Em seu trabalho, Silva (2008), descreve os diversos tipos de agentes *xilófagos*, tais como bactérias, algas, fungos, insetos e *xilófagos* marinhos. Cada um desses diferentes agentes deterioradores causam um tipo de ataque a madeira que pode ser destrutivo, inutilizando o material, pois altera as resistências físico-mecânicas, ou não-destrutivo.

Os fungos são microrganismos do reino vegetal, de organização celular muito primitiva, alimentam-se de elementos mortos, ou de forma parasita crescendo a partir de substâncias de outros animais ou vegetais com quem vivem. O desenvolvimento e degradação da madeira por fungos *xilófagos* pressupõe a presença de determinadas condições de temperatura e, principalmente, de umidade.

Os fungos são classificados em dois grandes grupos. O primeiro é constituído por fungos cromogêneos e bolores, e o ataque desse grupo não tem grande consequência na resistência físico-química da madeira, pois a sua ação traduz-se essencialmente na alteração da sua coloração, porém há uma preocupação associada à existência de bolores e fungos cromogêneos: é o fato de potenciarem o desenvolvimento dos fungos de podridão nos elementos de madeira, aumentando a sua higroscopicidade. O segundo grupo é o constituído por fungos de podridão, esses produzem degradações mais graves na madeira alterando as suas resistências físico-mecânicas (diminuição da massa volumétrica, alteração da coloração e aumento do teor em água), são difíceis de serem classificados, pois não existem parâmetros fixos que os caracterizem, a cor e o aspecto da madeira atacada determina o tipo de podridão da madeira.

Existem muitos insetos que se alimentam da madeira e assim podem lhe causar importantes danos através das galerias que realizam por destruição mecânica e ingestão do material lenhoso. Podem ser classificados pelo seu ciclo biológico em: insetos de ciclo larvar e insetos sociais. No primeiro grupo destaca-se o caruncho e no grupo dos insetos sociais, as térmitas.

Os insetos de ciclo larvar pertencem à classe dos coleópteros, são organismos que estabelecem a ação destruidora dos elementos da madeira, tal como o nome indica, em função do seu ciclo biológico, o qual varia de espécie para espécie e com determinadas condições atmosféricas. Esses insetos apresentam dois pares de asas, e seu ciclo biológico inicia com o nascimento de insetos no estado larvar, a partir de ovos colocados pelos elementos adultos nos orifícios e ranhuras da madeira, estes ovos não são visíveis pelo olho humano o que dificulta a sua detecção prévia. As larvas que deles nascem são as responsáveis pela degradação mecânica da madeira, pois dela retiram o seu alimento, formando galerias que colocam em risco a resistência estrutural da madeira. A figura 2 representa o ciclo biológico dos insetos de ciclo larvar.

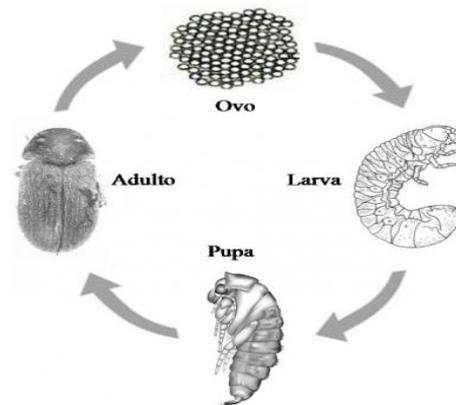


Figura 2 - Ciclo biológico de inseto de ciclo larvar

Fonte : SACRA M.I.X Manejo de insetos xilófagos, 2012

O desenvolvimento dos insetos *xilófagos* está intimamente ligado por diferentes condições que permitem o seu desenvolvimento tais como: espécie da madeira, o teor de água, a temperatura e a presença de fungos, pois alguns insetos só aparecem quando associados aos fungos.

Para identificar o ataque dos insetos *xilófagos*, observa-se o efeito causado na madeira, o tamanho e a forma das galerias, dos orifícios de saída junto com o tipo de serrim, espécie de madeira e umidade da madeira, figura 3.



Figura 3 - Madeira atacada por insetos *xilófagos*.

Fonte: GALVÃO et al., 2004

Os insetos sociais ou térmitas são insetos da ordem Isóptera, vivem em colônias, inseridos numa organização social avançada, em que cada grupo desempenha funções específicas, encontra-se na figura 4 o ciclo de vida das térmitas. São incapazes de viver isoladamente e desempenham diferentes funções na sua comunidade. As térmitas realizam galerias interiores, nas quais se deslocam sempre, evitando assim a luz direta, a qual pode levar à sua morte. Conhecem-se cerca de 2.800 espécies de térmitas. Ao contrário do que seria

expectável, apenas 70 a 80 espécies de térmitas têm uma influência econômica negativa, sendo que a grande maioria traz benefícios através da decomposição de matéria orgânica existente no solo, reciclando os nutrientes das plantas, e assim, melhorando o arejamento e drenagem dos solos.



Figura 4 - Exemplo do ataque de térmitas.

Fonte: SILVA, 2008

2.6 Tipos de tratamento

Os sistemas de eliminação dos agentes *xilófagos* podem ter uma ação meramente de tratamento ou também preventiva, ou seja, evitando também eventuais futuros ataques, sendo esta última a mais aconselhada. Existem numerosos métodos de eliminação que se podem agrupar em dois grandes blocos, de acordo com os sistemas empregues: físicos ou químicos.

Os métodos químicos baseiam-se na aplicação de substâncias tóxicas para se conseguir a eliminação dos agentes *xilófagos*. O êxito depende da eficácia com que se consiga atingir todas as zonas que sofreram o ataque, em função da espécie de madeira (impregnabilidade) e da quantidade de produto e método de tratamento utilizado. Na prática, a maioria dos protetores não é eficaz se não se elege um produto adequado para o agente biológico em causa, e se o mesmo é aplicado por método de tratamento não adequado.

3. PRESERVANTES

A escolha de um produto a ser usado como preservante deve ser adequada ao uso final que será dado a madeira. A *American Wood Preserver's Association* (AWPA) determina algumas características aos produtos preservativos:

- O preservativo deve ser tóxico aos organismos *xilófagos*;
- O seu valor como preservativo deve ter suporte com dados de campo e/ou obtidos de madeira em serviço;
- Deve possuir propriedades químicas e físicas satisfatórias, que possibilitem a sua permanência sob as condições para as quais ele é recomendado;
- Deve ser livre de qualidades indesejadas para uso e manuseio;
- Resistência a exaustão da madeira por lixiviação, evaporação, volatilização e por micro-organismos;
- Penetrabilidade;
- Toxicidade a gêneros alimentícios;
- Corrosividade a metais;
- Odor; e
- Cor.

Os preservativos para madeira são classificados em: oleosos, oleossolúveis (solúveis em algum tipo de solvente orgânico) e hidrossolúveis (solúveis em água).

Dentre os preservativos oleosos devem ser considerados o creosoto e o alcatrão de hulha, produtos encontrados em usinas siderúrgicas. A sua composição é bastante complexa, com elevado número de compostos orgânicos. O creosoto tem tendência de exsudar da madeira tratada, formando uma camada de óleo na superfície, que causa problemas no manuseio com irritação da pele e dos olhos, dificultando a aceitação de acabamentos, além de ser tóxico ao meio ambiente.

Entre os preservativos oleossolúveis destacam-se formulações a base de pentaclorofenol, tribromofenol, quilinolato de cobre, e outras, que variam em função da utilização. Os solventes mais usados são o óleo diesel, o querosene ou a água raz.

Segundo Freitas (2002), os preservativos hidrossolúveis apresentam inúmeras vantagens em relação aos preservantes oleossolúveis: maior facilidade de formação de complexos com os componentes da parede celular, resistente à lixiviação, a aplicação pode ser feita à temperatura ambiente, não são corrosivos a metais, são quimicamente estáveis, não são inflamáveis, não exalam cheiro e permitem acabamento da madeira, como aplicação de tintas e

vernizes. Além disso, mantém inalterada a condutividade elétrica da madeira, fator de grande importância quando é utilizada em postes para energia elétrica e dormentes para ferrovia.

3.1 Arseniato de Cobre Cromatado – CCA

O CCA é um preservativo hidrossolúvel, altamente eficaz, que foi patenteado em 1934, é usado para tratar aproximadamente 80% de todos os produtos de madeira nos Estados Unidos e no Brasil, trata-se de um produto de uso exclusivamente industrial (BRAND. M. A.; ANZALDO, J.; MORESCHI, J. C., 2006)

É fabricado conforme normas internacionais do “*Standart*” P - 5 da AWPA e tem seu uso regulamentado no Brasil através das normas da ABNT, como a NBR 8456, NBR 9480, NBR 12803, entre outras. Se apresenta sob forma de consistência pastosa e de coloração castanho-avermelhada.

O CCA é obtido pela mistura de compostos de cobre, cromo e arsênio, elementos que ocorrem naturalmente na crosta e atmosfera terrestre e são empregados na forma de óxidos. (ARAUJO, H. J. B.; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C., 2012)

O cobre é um excelente fungicida em combinação com outros materiais. Por sua vez, o cromo tem um papel importante na fixação desses elementos químicos nas fibras da madeira. O arsênio pentavalente faz parte da composição do CCA em função de sua eficiência contra insetos *xilófagos*.

O arsênio pentavalente ocorre em traços como elemento, estando presente no solo, na água, em plantas, na maioria de tecidos de grande parte dos animais vivos, inclusive seres humanos. Juntos, os elementos químicos do CCA garantem a durabilidade dos materiais tratados contra fungos e insetos. (MONTANA, 2008)

Internacionalmente, são normatizadas 3 formulações de CCA, definidas como tipos A, B e C, em que variam as proporções dos componentes. Porém, atualmente apenas o CCA tipo C é registrado e liberado para comercialização na maioria dos países, incluindo o Brasil. Na formulação do CCA-C, cromo, cobre e arsênio estão presentes em 47,5%, 18,5% e 34%, respectivamente, expressos como óxidos.

3.2 Fixação do CCA

Existem várias teorias sobre a fixação dos preservativos cobre-cromo (ACC) e cobre-cromo arsênio (CCA). Em *Pinus* é provável que parte do cobre reaja com os componentes hidrossolúveis da madeira, formando provavelmente um complexo de celulose e cobre. Sobre

o cobre restante, é suposto que ocorra uma reação com o dicromato para produzir cromatos de cobre mistos.

O dicromato remanescente é reduzido do estado hexavalente para o estado trivalente e, então, reage com o arsênio presente. Porém, não existe arsênio na composição, o dicromato é absorvido pela madeira.

O arsênio é fixado principalmente pelo cromo, embora alguma quantidade possa ser absorvida pelos elementos da madeira.

Para se assegurar a fixação total do arsênio, a relação de CrO_3 para As_2O_5 deve exceder 1,5. No entanto, se esta relação exceder a 2,0, o excesso de cromo é perdido. Pela mesma razão a relação entre o CrO_3 e o CuO deve ser pelo menos igual a 2,0.

Para garantir a fixação máxima, dos constituintes tóxicos do CCA na madeira, deveremos ter proporções de aproximadamente 41 a 50 % de CrO_3 , 17 % de CuO e 42 a 33 % de As_2O_5 .

3.3 Processo de Célula Cheia (Bethell)

A exigência para o tratamento utilizando o processo chamado “célula cheia” é que a umidade da madeira esteja abaixo do ponto de saturação das fibras ($\sim < 30\%$ de umidade) para que os lúmens das células da madeira estejam livres e, portanto, aptos ao recebimento da solução preservativa.

Esse processo é efetuado em unidades industriais chamadas Usinas de Preservação de Madeiras (UPMs) que dispõem de autoclave, bombas de vácuo, de transferência e pressão, além de tanques de armazenagem, de medição e outros equipamentos. Existem, basicamente, três processos industriais: um de célula cheia, chamado de processo Bethell patenteado em 1838 na Inglaterra por John Bethell e que é o mais utilizado e dois de célula vazia chamados de processo Lowry e processo Rueping, o que distingue os tratamentos de célula cheia dos tratamentos de célula vazia, é a aplicação de um vácuo inicial para extrair, tanto quanto possível, o ar das células, facilitando deste modo, a penetração do preservativo na madeira.

Neste processo a madeira seca é introduzida no cilindro de tratamento (também chamado de autoclave) e após o fechamento da tampa é aplicado um vácuo inicial que varia, normalmente, de 560 a 630 mmHg por um período de uma hora. Em seguida, o preservativo é introduzido na autoclave, até que o seu volume seja totalmente preenchido.

O processo Bethell está descrito esquematicamente, na Figura 5.

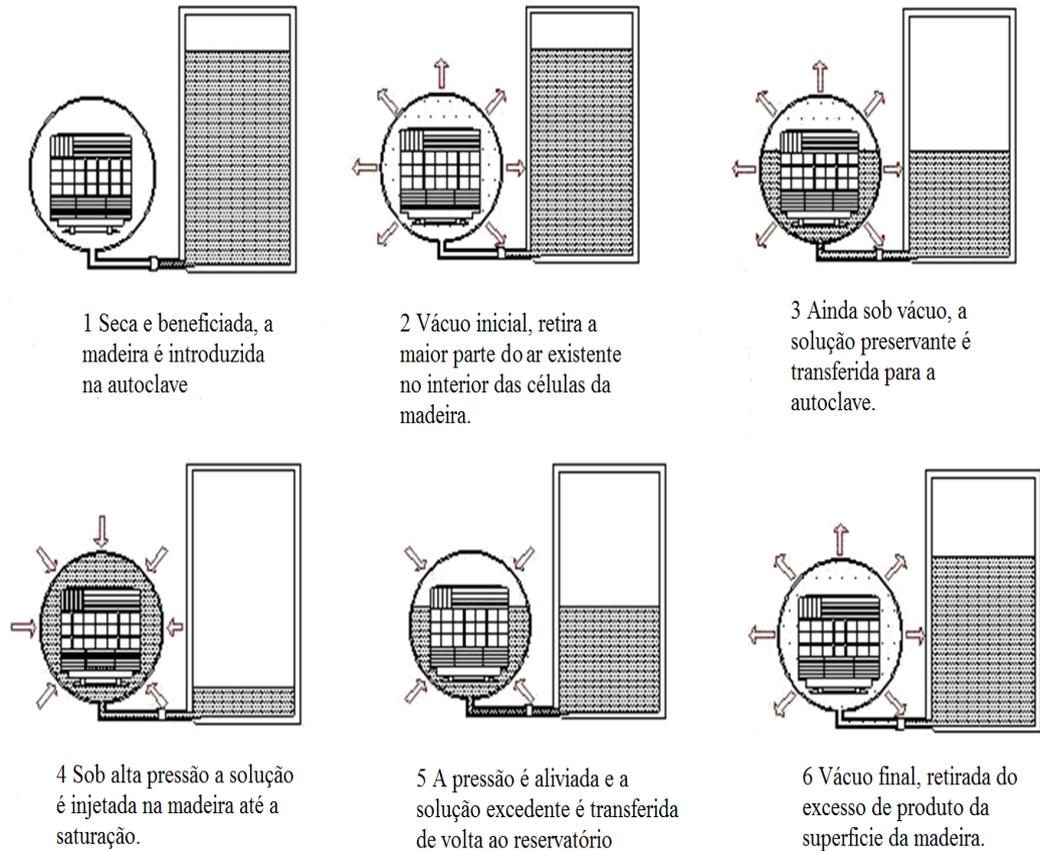


Figura 5 – Esquema do processo Bethell.

Fonte: OLIVEIRA, A. D. et al., 1998 (adaptado)

Os parâmetros de tempo, temperatura, pressão e vácuo dependem do tipo de produto preservativo e da permeabilidade da madeira utilizada.

A utilização do vácuo existente na autoclave para o enchimento da mesma com o preservativo é imprescindível nesta etapa. Logo após, é aplicada uma pressão contínua ao líquido, normalmente em torno de 14 kgf/cm², por um período médio de 2 a 4 horas.

Terminado o processo de pressão, o líquido é retirado do cilindro através de uma bomba de transferência e, novamente, é aplicado um vácuo à autoclave. Este vácuo retira o excesso de preservativo existente na superfície da madeira, impedindo o desperdício da solução.

O vácuo inicial, junto com a pressão imposta ao preservativo, faz com que o líquido preencha os lúmens e as paredes celulares, daí o nome “célula cheia”. A representação gráfica deste processo encontra-se na figura 6, sendo:

- a) Carregamento (madeira)
- b) Vácuo inicial
- c) Manutenção do vácuo
- d) Injeção da solução preservativa
- e) Liberação do vácuo
- f) Aplicação da pressão
- g) Manutenção da pressão
- h) Liberação da pressão
- i) Retirada da solução preservativa
- j) Vácuo final
- k) Manutenção do vácuo final
- l) Liberação do vácuo final

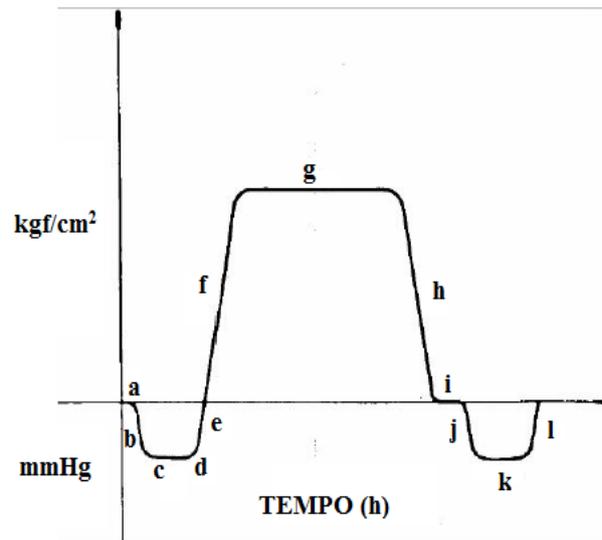


Figura 6 – Gráfico do processo Bethell.

Fonte: MENDES, 1988 (adaptado)

4 EFICIÊNCIA DOS PRESERVANTES EM MADEIRA E TESTES EM CAMPO

Para que um produto químico preservativo seja comercializado, ele deve atender a normas e passar por diferentes testes, os quais são realizados em laboratório, visando provar que a formulação não provoca problemas à saúde humana e ao meio ambiente. Após essa etapa é verificada a toxidez contra os organismos *xilófagos* e seu grau de fixação na madeira, dentre outros.

Porém faz-se necessário ainda testá-lo em condições mais adversas e que também sejam as mais próximas da realidade de uso, esses testes são realizados em um “campo de apodrecimento” onde são feitas inspeções periódicas para avaliar o desempenho de cada tratamento.

Na Figura 7 estão mostradas estacas de Eucalipto acompanhadas durante 60 meses no campo experimental da Embrapa – Acre.

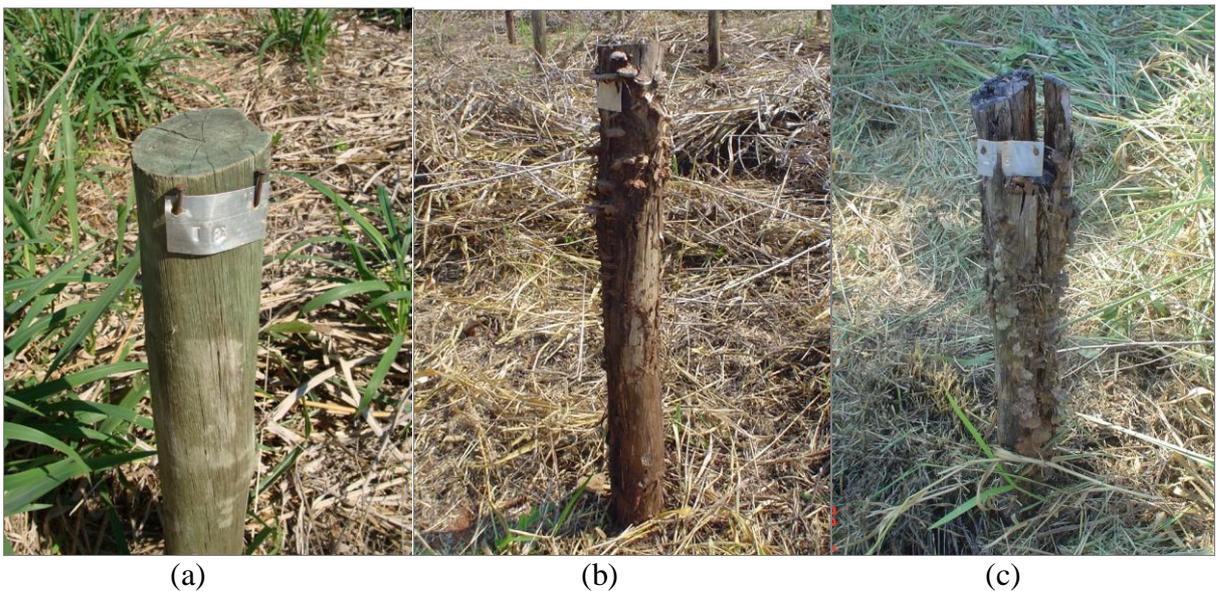


Figura 7 - Ensaio de durabilidade de madeira - Embrapa Acre: (a) estaca tratada com CCA após 60 meses de implantação, (b) Estaca não tratada após 16 meses de implantação e (c) Estaca não tratada após 30 meses de implantação.

Fonte: ARAUJO, H. J. B., et al., 2010

5 CONTROLE DE QUALIDADE DA MADEIRA PRESERVADA

O controle de qualidade da madeira preservada ocorre através da determinação da retenção, da penetração e da distribuição do preservativo na madeira, sendo que a retenção e a penetração são parâmetros básicos para avaliação do preservativo.

5.1 Penetração

De acordo com a NBR 6232 (ABNT, 1973) a penetração dos preservativos pode ser determinada com o auxílio de reações colorimétricas. No caso de madeiras tratadas com CCA, o teste colorimétrico mais comum consiste no uso de uma solução contendo Cromoazurol S, acetato de sódio e água, de modo que, após a aplicação, uma cor azul escura revela a presença do cobre proveniente do CCA. Já a ausência de cobre na madeira resulta em uma coloração rosa, identificando onde não foi efetiva a penetração. Na Figura 8 É mostrado um exemplo deste ensaio que foi realizado por Valle (2009).

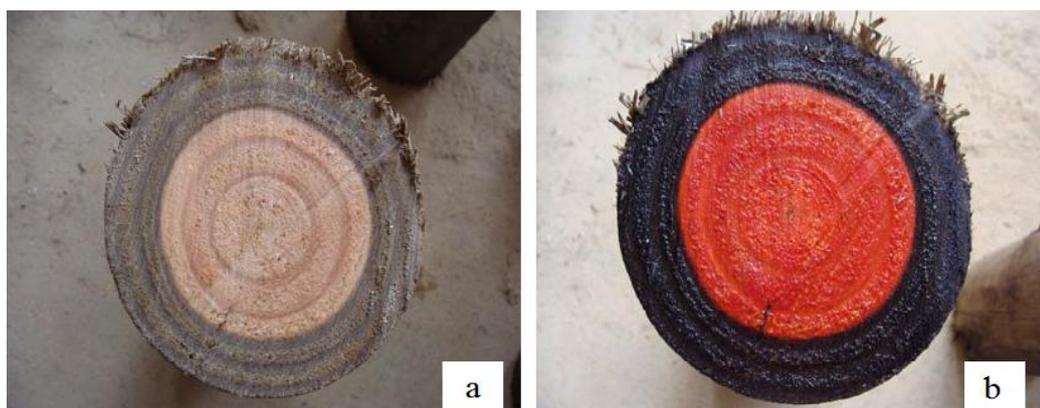


Figura 8 - Ensaio Cromazurol S, em **a** antes e **b** após a aplicação.

Fonte: VALLE, 2009

Madeiras que não apresentam boa penetração podem ser susceptíveis ao ataque de organismos *xilófagos* devido ao desenvolvimento de rachaduras na fase de secagem ou após a instalação das peças.

A penetração é um bom indicativo do tratamento preservativo, mas não se relaciona ao verdadeiro grau de proteção proporcionado à madeira. Assim, torna-se necessário definir a retenção, ou seja, a quantidade de produto na região tratada (AMARAL, 2012).

5.2 Retenção

A retenção é expressa pela quantidade de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira tratável (kg/m³ I.A.). A retenção é o fator mais importante no desempenho do material tratado, eles destacam ainda que a quantidade de produto para fornecer adequada proteção depende do uso a ser dado à madeira. A NBR -7190 determina padrões de retenção mínima em diferentes tipos de aplicações da madeira tratada, como mostra a tabela 1:

Tabela 1: Classe de risco da NBR-7190

Categoria de Uso	Condições de Uso	Retenção Mínima Kg i.a./m³ (Madeira Tratável)	Aplicação
1	Interior de construções, fora de contato com o solo, fundações ou alvenaria, protegida de intempéries e de fontes internas de umidade.	4,0 6,51	Carretéis Janelas / Móveis Internos / Portas / Embalagens
2	Interior de construções, em contato com alvenaria, sem contato com o solo ou fundações, protegida de intempéries e de fontes internas de umidade.	4,0 6,51	Batentes / Assoalhos / Guarda – Corpos / Montantes/ Subcoberturas de Telhado
3	Interior de construções, fora de contato com o solo e continuamente protegida de intempéries, que pode ocasionalmente ser exposta a fontes de umidade.	4,0 6,51	Corrimãos / Lambris / Vigas / Soleiras/ Colunas
4	Uso exterior, fora de contato com o solo e sujeita a intempéries.	4,0 6,51	Cercas / Batentes / Telhas / Shingles / Tabeiras / Cumeeiras / Caibros / Terças / Tesouras / Móveis Externos /Fechamentos Cruzetas para Postes/ Carrocerias de Caminhões / Tampas Laterais e Assoalhos para Semi-Reboques / Assoalhos para Ônibus e Vagões Ferroviários
5	Em contato com o solo, água doce ou outras situações favoráveis à deterioração, como engaste em concreto e alvenaria.	6,5 9,6 9,6 6,5 – 9,61	Mourões Postes Dormentes3 Pérgolas / Playgrounds/ Torres de Resfriamento/ Estacas / Escadas / Fundações
6	Exposição à água salgada ou salobra	24,02 40,0	Colunas / Defensas/ Pontes / Passarelas

Fonte: MONTANA QUÍMICA S.A., 2008

6 MADEIRA PRESERVADA NO BRASIL

Segundo a ABRAF (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2012) no Brasil existem aproximadamente 300 usinas de preservação de madeira, distribuídas predominantemente nas Regiões Sudeste e Sul, onde se concentram as maiores áreas reflorestadas do país. Tais indústrias possuem uma capacidade instalada para produção de 2,0 milhões de m³ de madeira tratada, embora a produção do setor corresponda a 1,5 milhões de m³. Dessa forma, cerca de 25% da capacidade instalada está ociosa.

Em um levantamento realizado recentemente sobre o setor de preservação de madeiras no Brasil, verificaram-se algumas tendências:

- As regiões Sul e, principalmente, a Sudeste são as que mais produzem madeira tratada (90,4%). O eucalipto foi a espécie mais utilizada no tratamento de madeiras (93,5%), seguido do *pinus* (6,5 %). O volume de madeira tratada mostrou que os moirões representavam 62 % , seguidos dos postes com 30 % , dormentes, com 5% e peças serradas com 3 %;
- Nas usinas de preservação, o arseniato de cobre cromatado (CCA) representou 80 % do volume utilizado e o método de tratamento mais utilizado foi o sob pressão em autoclave cerca de 84%.

O mercado consumidor nacional de madeira tratada pode ser dividido em segmento rural, elétrico, ferroviário e construção civil. O consumo desses segmentos representa um faturamento de BRL 750 milhões/ano.

Os principais produtos do segmento são mourões, cruzetas e postes roliços, onde a madeira de *Eucalyptus* é utilizada em grande volume. A madeira de *Pinus*, por sua vez, tem ocupado um espaço cada vez maior na produção de madeira tratada para o mercado.

7 DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DA MADEIRA TRATADA

A madeira de reflorestamento preservada mostra-se como uma ótima alternativa como material para diversas aplicações, além de representar economia dos recursos florestais existentes. A reutilização de resíduos e transformação em novos produtos é uma importante resposta técnica e econômica, que reduz o impacto na destinação para aterros industriais e contribui para um conceito ambiental adequado. Segundo Tufolo Netto (2010) investimentos estão sendo conduzidos pela Montana Química S.A. em pesquisas com a Universidade de São Paulo – USP, São Carlos e LaMEM – Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeiras, para utilização de resíduos de madeira preservada na produção de painéis (chapas coladas), dando origem a um novo produto de aplicação comercial.

Quando não há possibilidade da reutilização, a destinação de resíduos de madeira preservada deve ser feita em aterro industrial na Classe 1, conforme ABNT NBR10004 – Resíduos Sólidos – Classificação, devidamente licenciado pelo órgão ambiental competente (TUFOLO NETTO, 2010).

8 CONCLUSÕES

A pesquisa realizada para o trabalho mostrou a importância do tratamento preservativo de madeiras, pois protege a madeira e aumenta a durabilidade das peças tratadas em até 20 anos, o que possibilita melhor aproveitamento das propriedades da madeira por um longo período.

Os processos utilizados devem ser feitos corretamente obedecendo aos parâmetros de tempo temperatura, pressão e vácuo exigidos para cada aplicação para que seja garantido bons resultados, a umidade da madeira também deve estar de acordo com o exigido.

O controle de qualidade deve ser feito para garantir que a madeira tratada atenda às normas vigentes de acordo com os padrões definidos para retenção e penetrabilidade.

No Brasil apesar do conhecimento e uso das técnicas de tratamento e dos produtos existentes no mercado é necessário que sejam realizados mais trabalhos de pesquisa referentes à retenção, penetração e lixiviação dos preservativos ao solo, para que com novas informações e conclusões a respeito dos tratamentos preservativos as normas que regulamentem seu uso nas mais diferentes aplicações possam ser atualizadas e sirvam de suporte para a indústria de madeira preservada que vem crescendo a cada ano.

REFERÊNCIAS

- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília: 2012. 150 p.
- ABNT. **NBR 9480**: peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais: requisitos. Rio de Janeiro, 2009. 12 p.
- _____. **NBR 6232**: penetração e retenção de preservativo em postes de madeira. Rio de Janeiro, 1973. 12 p.
- _____. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.
- AMARAL, L. S. **Penetração e retenção do preservante em Eucalyptus com diferentes diâmetros**. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras: 2012.
- ARAUJO, H. J. B.; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C. **Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico**. Revista Acta Amazonica, v. 42, p. 49-58, 2012.
- ARAUJO, H. J. B., et al. **Durabilidade de estacas de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) tratadas com CCA após 60 meses de ensaio no campo experimental da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre**. Embrapa Acre, 2010.
- BRAND, M. A.; ANZALDO, J.; MORESCHI, J. C. **Novos produtos para o tratamento preservante de madeiras. Perspectivas da pesquisa e utilização**. Revista Floresta, Curitiba, v. 36, 2006.
- BRASIL. **Lei n. 4.797, 20 de outubro de 1965**. Poder Executivo, Brasília, 22 out. 1965. 2 p.
- ESTEVES, B. M. **A indústria de preservação em Portugal**. Escola Superior de Tecnologia. Instituto Politécnico de Viseu. Portugal: 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/344>>
- FREITAS, V. P. **Variações na retenção de CCA-A em estacas de Pinus após 21 anos de exposição em campo de apodrecimento**. Piracicaba, 2002 65 p. ESALQ
- GALVÃO, A. P. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; MATTOS, P. P. **Processos práticos para preservar a madeira**. Colombo: Embrapa Florestas, CNPF, 2004. (Embrapa Florestas. Documentos, 96). 49 p.
- SACRA MIX Manejo de insetos xilófagos. **Ciclo de vida inseto de ciclo larvar**. Disponível em: <<http://www.sacramix.net/carunchos>>. Acesso em novembro/2012.
- SILVA, J. P. A. G. **Especificações de tratamentos de preservação para elementos de madeira**. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.
- MENDES, A. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília, IBDF/ DPq - LPF. 1988. Ministério da agricultura.
- MONTANA QUÍMICA S.A. **CCA – Seguro, confiável e comprovado**. Informativo técnico. Outubro, 2008.
- MONTANA QUÍMICA S.A. **Madeira Tratada com Osmose® K33 C – Óxido**. Informativo técnico. Janeiro, 2008.

MORESCHI, J. C. **Produtos Preservantes de madeira.** Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/49513251/Preservantes-de-Madeira>> Acesso em 19 abr. 2012, 14:13:32.

OLIVEIRA, A. D. et al. **Pinus na arquitetura.** Anais do VI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. IBRAEM - Santa Catarina, 1998. Editora UFSC.
Disponível em: <http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2002-2/Pinus/autoclave.htm>

TUFOLO NETTO, Humberto. **Benefícios do uso da madeira de reflorestamento tratada para a construção civil.** São Paulo: 2010. 47 p. Tese (MBA) – INPG

VALLE, M. L. A. **Propriedades da madeira de eucalipto de primeira e segunda rotação, visando a sua utilização como madeira preservada.** 2009. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.