



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

FATORES QUE AFETAM O TRATAMENTO PARA PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS

Rosemary Diogo Sgai

**UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE**

**Campinas
2000**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

FATORES QUE AFETAM O TRATAMENTO PARA PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS

Rosemary Diogo Sgai

Orientador: Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo

Atesto que esta é a versão definitiva
da dissertação/tese. 25/10/2000

Prof. Dr. [Assinatura]
Matrícula: 4318-4

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Campinas
2000

iii



200102012

UNIDADE	B.E.
N.º CHAMADA:	UNICAMP
V.	Sg 13f
Ex.	1
TOMBO BC/	43738
PROC.	16-392101
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	13/02/01
N.º CPD	



CM-00153320-5

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Sg13f

Sgai, Rosemary Diogo

Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras / Rosemary Diogo Sgai.--Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Mauro Augusto Demarzo
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Madeira - Conservação. 2. Madeira - Preservativos. 3. Madeira - Deterioração. 4. Madeira - Anatomia. I. Demarzo, Mauro Augusto. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

FATORES QUE AFETAM O TRATAMENTO PARA PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS

Rosemary Diogo Sgai

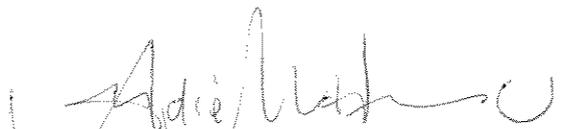
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo
Presidente e Orientador - Faculdade de Engenharia Civil - Unicamp



Prof. Dr. Francisco Antônio Rocco Lahr
Faculdade de Engenharia Civil - USF



Prof. Dr. André Munhoz de Argollo Ferrão
Faculdade de Engenharia Civil - Unicamp

Campinas, 28 de julho de 2000

Dedicatória

Aos meus pais, Eva Maria Diogo Sgai e Alessandro Sgai. Não tenho palavras para expressar minha gratidão a estas duas pessoas tão importantes em minha vida.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela realização deste trabalho, pois ajudou-me superar cada obstáculo colocado em meu caminho, cada dificuldade encontrada, dando-me força para que eu pudesse continuar.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo, sempre paciente e atencioso, aos membros da Banca de Qualificação e Defesa, e ao Sr. Sérgio Marola, da Prema, em Rio Claro pela transmissão de seus conhecimentos e opiniões tão significativas. Muito obrigada pelo tempo dedicado, motivação e pelo apoio. O aprendizado foi muito grande.

Agradeço ao Prof. Mário Cavichia e a Elizabeth Oliveira pelo incentivo e compreensão e ao Prof. Roberto Feijó de Figueiredo. Agradeço também ao Sr. Airton Luis Lourenço por todos os serviços prestados no decorrer do mestrado.

Ao meu noivo e amigo Sinval Modesto de Souza, pela compreensão, incentivo e paciência. Agradeço pela ampla ajuda em todos os momentos e sentidos, sem a qual eu não teria conseguido prosseguir. Sua colaboração foi de inestimável valia.

Agradeço a todos àqueles que direta ou indiretamente estiveram ao meu lado, pois acreditaram que eu poderia vencer.

Obrigada. Que Deus abençoe a todos!

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

"Eu sei que Deus não me colocaria frente a frente com coisa alguma com a qual eu não pudesse lidar. Eu apenas gostaria que Ele não tivesse confiado tanto em mim..."

Madre Tereza de Calcutá

Sumário

Lista de Figuras	xviii
Lista de Tabelas	xxi
Lista de Abreviaturas e Símbolos.....	xxiii
Resumo	xxv
1. Introdução.....	1
1.1 - Considerações Gerais	1
1.2 - Histórico Geral da Preservação de Madeiras.....	4
1.2.1 - Primórdios da Preservação de Madeiras	4
1.2.2 - Preservação de Madeiras no Brasil	5
2. Objetivos.....	13
3. Revisão Bibliográfica	15
3.1 - Introdução	15
3.2 - A Madeira	17
3.3 - Anatomia da Madeira	22
3.4 - Deterioração da Madeira	24
3.4.1 - Organismos Destruidores da Madeira.....	24
3.5 - Os Preservativos de Madeira	33
3.5.1 - Preservativos Oleossolúveis.....	33
3.5.2 - Preservativos Hidrossolúveis	44
3.5.3 - Sais de Amônio Quaternário e Aminas Terciárias (AAC ₃)	46

3.5.4 - Inseticidas	46
3.5.5 - Outros Produtos	50
3.6 - Métodos de Tratamento	51
3.6.1 - Métodos Preservativos sem Pressão	54
3.6.2 - Métodos Preservativos com Pressão	61
3.6.3 - Processos Curativos.....	67
4. Avaliação Teórica dos Fatores que Afetam o Tratamento para Preservação de Madeiras.....	71
4.1 - Características da Madeira	72
4.1.1 - Espécies de Madeira	72
4.1.2 - Volume de Vazios	74
4.1.3 - Elementos Macroscópicos da Madeira	75
4.1.4 - Trabalhabilidade	75
4.1.5 - Permeabilidade	75
4.1.6 - Tamanho dos Poros	77
4.1.7 - Teor de Umidade	77
4.2 - Características da Solução de Tratamento	78
4.2.1- Viscosidade.....	78
4.2.2 - Gases e Materiais Dissolvidos.....	79
4.2.3 - Preservativos e suas Reações.....	79
4.2.4 - Extrativos.....	80
4.2.5 - Natureza da Solução (líquido).....	80
4.3 - Efeito do Processo de Tratamento	82
4.3.1 - Pressão de Impregnação	82
4.4 - Métodos que Melhoram a Tratabilidade da Madeira	83
4.4.1 - Incisamento.....	83
4.4.2 - Tratamento com Vapor (“steaming”)	83
4.4.3 - Método das Pressões Oscilantes (OPM - Oscilant Pression Method).....	84
4.4.4 - Tratamento com Jatos de Alta Energia.....	85
4.4.5 - Emprego de Microrganismos e Enzimas	86
4.4.6 - Ondas Sonoras	86

4.4.7 - Remoção do Material Particulado.....	87
4.5 - Conclusões.....	87
5. Conclusões.....	89
Anexos.....	91
Leis, Decretos e Portarias em Preservação de Madeiras no Brasil.....	93
Preceitos Legais.....	93
Lei 4.797 de 20 de outubro de 1965.....	93
Decreto no. 58.016 de 18 de março de 1966.....	95
Decreto nº 61.248 de 30 de agosto de 1967.....	102
Portarias do IBDF.....	103
Portaria nº 2.748 - DN.....	103
Portaria 055/82-P de 8 de março de 1982 do IBDF.....	105
Referências Bibliográficas.....	111
Bibliografia Recomendada.....	113
Abstract.....	115
Glossário.....	117

Lista de Figuras

FIGURA 1.1 - Madeira sem vida	2
FIGURA 1.2 - Agentes deterioradores biológicos	2
FIGURA 1.3 - Cerne e alborno	3
FIGURA 1.4 - Dormentes de estrada de ferro.....	6
FIGURA 1.5 - Postes de madeira	7
FIGURA 3.1 - Xilema (Tecido vegetal composto por vasos, fibras, parênquima e/ou traqueídeos)	17
FIGURA 3.2 - Componentes do xilema.....	18
FIGURA 3.3 - Fibras em tecido dissociado	19
FIGURA 3.4 - Elemento de vaso de Pau-rosa, <i>Aniba rosaedora</i> , <i>Lauraceae</i> - Lâmina de tecido macerado.....	20
FIGURA 3.5 - Traqueídeos de <i>Pinus sp</i> , <i>Pinaceae</i> plano radial.....	21
FIGURA 3.6 - Células de raio em plano radial em Ucuuba - <i>Virola michelli</i> , <i>Myristhaceae</i>	21
FIGURA 3.7 - Parênquima axial apotraqueal reticulado em Jequitibá - <i>Cariniana legalis</i> , <i>Lecythidaceae</i>	22
FIGURA 3.8 - Corte transversal de caule de pinheiro (<i>Pinus muricata</i>)	23
FIGURA 3.9 - Madeira de <i>pinus sp</i> atacada por bolor.....	25

FIGURA 3.10 - Hifa de fungo manchador penetrando células do xilema.....	26
FIGURA 3.11 - Ataque característico da podridão branca em peça de piquiarana (<i>Caryocar sp</i>) com as linhas enegrecidas.....	27
FIGURA 3.12 - Aspecto característico de madeira atacada pela podridão parda.....	28
FIGURA 3.13 - Cupim de madeira.....	29
FIGURA 3.14 - Cupim subterrâneo.....	30
FIGURA 3.15 - Formiga carpinteira (<i>Camponotus atriceps</i>).....	31
FIGURA 3.16 - Gusano.....	32
FIGURA 3.17 - Crustáceo Limnoriidae - <i>Lynseia himantopoda</i>	33
FIGURA 3.18 - Principais cortes produzidos na destilação do alcatrão de hulha.....	37
FIGURA 3.19 - Destilados obtidos a partir do óleo químico.....	37
FIGURA 3.20 - Absorção de creosoto em alburno de madeira raiga de <i>Pinus</i> pelo processo de banho quente-frio.....	56
FIGURA 3.21 - Esquema semi-industrial de tratamento pelo processo do banho quente-frio	57
FIGURA 3.22 - Vista da autoclave.....	62
FIGURA 3.23 - Vagonetas sobre trilho.....	62
FIGURA 3.24 - Resumo esquemático do processo Bethell.....	65
FIGURA 4.1 - Diferença entre a madeira tratada e a madeira sem tratamento.....	71
FIGURA 4.2 - <i>Pinus sp</i> representando as coníferas (gimnospermas).....	72
FIGURA 4.3 - Cortes de <i>Pinus sp</i> , Pinaceae.....	73
FIGURA 4.4 - Eucalipto representando as folhosas (angiospermas).....	73
FIGURA 4.5 - Cortes de <i>angiospermae</i>	74
FIGURA 4.6- Relação entre a viscosidade de um preservativo observada na madeira.....	78

FIGURA 4.7 - Unidade básica da cadeia de celulose – $2(C_6H_{10}O_5)$	81
FIGURA 4.8 - Esquema comparativo da interação da parede celular com preservativos hidrossolúveis e oleossolúveis.....	81
FIGURA 4.9 - Madeira tratada na vizinhança do orifício de entrada de um jato individual	85

Lista de Tabelas

TABELA 3.1 - Especificação P1-78 da A.W.P.A.....	35
TABELA 3.2 - Misturas típicas usadas para atingir as especificações P1, P2 e P13.....	36
TABELA 3.3 - Toxidez dos creosotos (%) mineral e vegetal a alguns tipos de fungos	39
TABELA 3.4 - Tipos de preservativos.....	51
TABELA 3.5 - Combinações entre os tipos de preservantes e os processos de tratamentos em função da durabilidade natural e das condições de emprego da madeira na construção.....	52

Lista de Abreviaturas e Símbolos

η	- Viscosidade do líquido (n.s/m ²)
ΔP	- Diferencial de pressão (N/m ²)
A	- Seção transversal da madeira perpendicular à direção do fluxo (m ²)
AAC _s	- Sais de Amônio Quaternário e Amidas Terciárias
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABPM	- Associação Brasileira dos Preservadores de Madeira
ACA	- Arseniato de Cobre Amoniacal
AWPA	- American Wood Preserver's Association
BHC	- Hexacloro-ciclo-hexano
CCA	- Arseniato de Cobre Cromatado
CCB	- Borato de Cobre Cromatado
D	- Drenagem
DNEF	- Departamento Nacional de Estradas de Ferro
DRNR	- Departamento de Recursos Naturais Renováveis
EPI	- Equipamento de Proteção Individual
F	- Enchimento
FDA	- Food and Drug Administration

F_{VL}	- Fração de vazios preenchidos pelo preservativo
G	- Densidade básica da madeira
G_s	- Densidade aparente da madeira (a M%)
IBDF	- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
IPT	- Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo S/A
K	- Permeabilidade específica (Darcy = m^3/m)
k	- Permeabilidade m^3 (fluido) $\cdot \frac{m}{N \cdot S}$
L	- Comprimento da madeira na direção do fluxo (m)
M	- Teor de umidade da madeira
OPM	- Método das Pressões Oscilantes
P	- Pressão
PCF	- Pentaclorofenol
PEC	- Emulsões de Creosoto
Q	- Vazão (m^3/s)
R	- Raio do poro
TBTO	- Óxido Estanho Tributílico
V	- Vácuo
V_a	- Fração de vazios

Resumo

Sgai, Rosemary Diogo. *Fatores que Afetam o Tratamento para Preservação de Madeiras*. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 113 páginas. Dissertação de Mestrado.

Em preservação de madeiras é essencial que se tenha uma compreensão dos fatores que afetam a tratabilidade da madeira, bem como as características hidrodinâmicas de regime não estacionário que imperem durante o processo. No presente trabalho são abordados alguns aspectos da deterioração biológica da madeira, bem como os métodos adotados para retardá-la e os fatores que afetam este tratamento, tais como o estudo de vazios segundo a equação de Siau; o da permeabilidade, pela equação de Kawley e outros; o do tamanho dos poros, através da vazão, utilizando-se a equação de Poiseville. Estes fatores podem diminuir a eficiência dos preservativos utilizados para aumentar a vida média da madeira, e precisam ser levados em conta, para que se obtenha o melhor desempenho da madeira tratada. Preservar as madeiras de reflorestamento contribui com a conservação ambiental, uma vez que reduz a necessidade de exploração das matas nativas.

Palavras-chave: preservação de madeiras, métodos de tratamento, fatores da tratabilidade.

1. Introdução

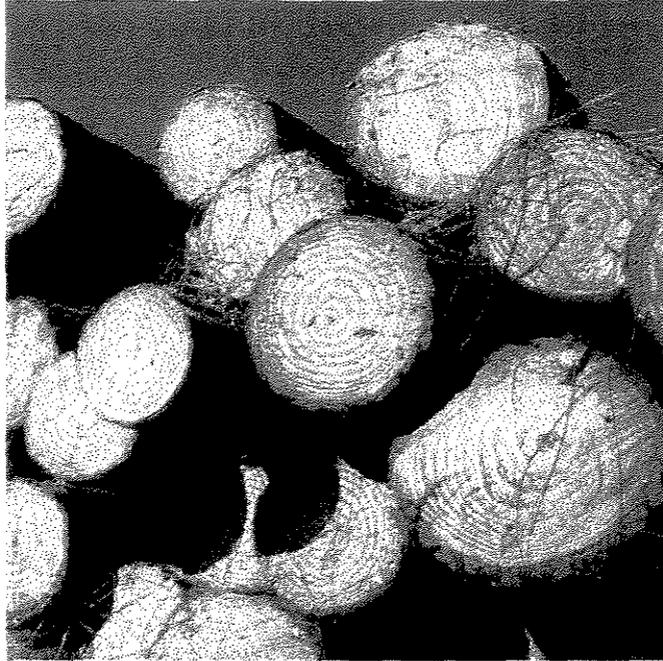
1.1 - Considerações Gerais

A madeira, devido às suas propriedades físicas, mecânicas e químicas, tem sido utilizada com grande destaque em relação a outros materiais, ou seja, em boa parte dos projetos de engenharia e decoração, móveis, ferramentas, dentre outros, por ser um material renovável, podendo ser continuamente produzido por reflorestamentos.

Quando é utilizada, a madeira está sujeita à decomposição ou deterioração por agentes físicos, químicos ou biológicos, pois é a parte morta de um vegetal, não apresentando mais vida (Figura 1.1).

Quando exposta ao tempo, sofre a influência de variações de temperatura, de precipitações pluviométricas, de substâncias químicas presentes no meio e de organismos xilófagos. Sua exposição à luz solar provoca deterioração de seus constituintes, enquanto que a alternância de chuvas resulta na absorção e perda de água causando inchamento e contração, o que, como consequência, contribui para sua deterioração. A própria atmosfera contribui com a deterioração da madeira, pois as partículas de poluentes presentes juntamente com as substâncias químicas do solo e da água reagem com seus componentes, deteriorando-os.

No decorrer de milhares de anos de evolução, a natureza selecionou organismos que obtêm seu alimento direta ou indiretamente da madeira. Entre estes se incluem bactérias, fungos, insetos, moluscos e crustáceos, que decompõem a madeira para utilizar seus constituintes como fonte de energia.



Fonte: Jimo Química Industrial Ltda

FIGURA 1.1 - Madeira sem vida

Via de regra, os agentes físicos, químicos e biológicos atuam em conjunto na madeira, acelerando seu processo de deterioração. Dos agentes deterioradores, os biológicos são os de maior importância (Figura 1.2).



(a) Bactérias

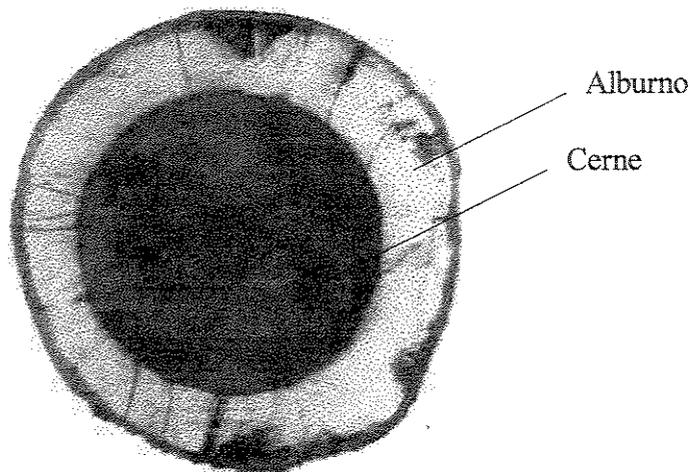


(b) Insetos

Fonte: Icotema Ind. e Com. de Tratamento de Madeiras Ltda

FIGURA 1.2 - Agentes deterioradores biológicos

Por ser um produto natural, a madeira apresenta, de espécie para espécie e mesmo em uma mesma espécie, variações de suas propriedades. Assim, sua resistência ao ataque de agentes biológicos varia significativamente entre diferentes espécies, em uma mesma espécie, ou mesmo em diferentes regiões de um tronco. Mourões de algumas espécies podem durar mais de 30 anos, enquanto que de outras não chegam a 2 anos. De acordo com CAVALCANTE, o cerne é geralmente bem mais resistente do que o alburno (Figura 1.3).



Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 1.3 - Cerne e alburno

Há inúmeras maneiras de se retardar a ação de agentes biológicos deterioradores. O método mais amplamente adotado é o da impregnação da madeira com substâncias tóxicas aos organismos xilófagos. Há vários processos de impregnação de madeira, bem como inúmeras substâncias que podem ser empregadas. A escolha de cada processo e substância depende do ambiente em que a madeira vai ser utilizada.

1.2 - Histórico Geral da Preservação de Madeiras

1.2.1 - *Primórdios da Preservação de Madeiras*

De acordo com CAVALCANTE, tem sido difícil estabelecer quando, pela primeira vez, o homem se utilizou conscientemente de algum processo para preservar madeira. Sabe-se que há mais de 2.000 anos atrás, já se queimava a superfície da madeira para protegê-la contra organismos deterioradores terrestres. Com a mesma finalidade aplicava-se óleo de oliva, óleo de cedro, bem como alho fervido misturado com vinagre. A deterioração da madeira de cascos de embarcações foi de enorme importância econômica no ambiente marinho até a utilização de cascos de ferro, que foi iniciada no final do século XVIII. Fenícios e cartagineses, utilizavam piche para proteger os cascos de suas embarcações, enquanto que no século III antes de Cristo os gregos aplicavam alcatrão, cera ou chapas de chumbo. As embarcações de Arquimedes de Siracusa (287-212 a.c.), bem como as dos romanos, eram também protegidas por chapas de chumbo.

Vários outros métodos químicos e/ou físicos foram experimentalmente utilizados (através de tentativa e erro) para proteger a madeira contra o ataque de organismos. Somente no século XVII é que investigações mais rigorosas sobre preservação de madeiras começaram a ser desenvolvidas na Alemanha e mais tarde na França e Inglaterra. Várias substâncias foram experimentadas e relativamente poucas mostraram-se eficientes. O desenvolvimento de estradas de ferro, a partir de 1825 e da energia elétrica a partir de 1879, promoveram a indústria e a pesquisa em preservação de madeiras. Dentre os fatos importantes ocorridos na área de substâncias e métodos utilizados para proteger a madeira destacam-se:

- a) O emprego de creosoto (1681), cloreto de mercúrio (1705), fluoretos (1861), sais de Wolman (1907), CCA (1933), pentaclorofenol (1936) e CCB (2^a. Guerra Mundial);
- b) A utilização de pressão para forçar a entrada do preservativo na madeira (1831), a invenção do método de tratamento por célula-cheia (1838), substituição de seiva (1840) e por célula-vazia (1902).

Foi relativamente fácil, mesmo nos tempos antigos, associar com moluscos e crustáceos a deterioração de madeiras em contato com o mar. O mesmo é válido quanto aos insetos e à deterioração causada por estes organismos em madeira em ambiente terrestre. Contudo, as causas do apodrecimento da madeira só foram descobertas aproximadamente no ano de 1865, embora vários tratamentos de madeira contra este tipo de deterioração vinham sendo feitos há mais de 2.000 anos. Até 1863 havia várias explicações para o apodrecimento, e a mais comum estipulava que ele era o resultado de metamorfoses naturais que ocorriam durante o envelhecimento da madeira. Naquela data, o alemão Hermann Schacht estabeleceu que os fungos eram os responsáveis. Trabalhos têm mostrado que bactérias também deterioram madeira. Atualmente, as pesquisas têm se voltado para as interações microbiológicas que ocorrem durante o apodrecimento, e os actinomicetos (bactérias filamentosas) vêm sendo muito estudados sob este aspecto.

Nos últimos 15 anos, segundo o consultor técnico da Montana Química Valdevino José Carlos, houve um questionamento muito grande no que diz respeito aos três tipos de preservativos de madeira mais utilizados no mundo: Creosoto, Pentaclorofenol e Arseniacais Inorgânicos (inclusive CCA). Houve também o desenvolvimento das classes de risco que vieram facilitar o emprego da madeira preservada na construção civil.

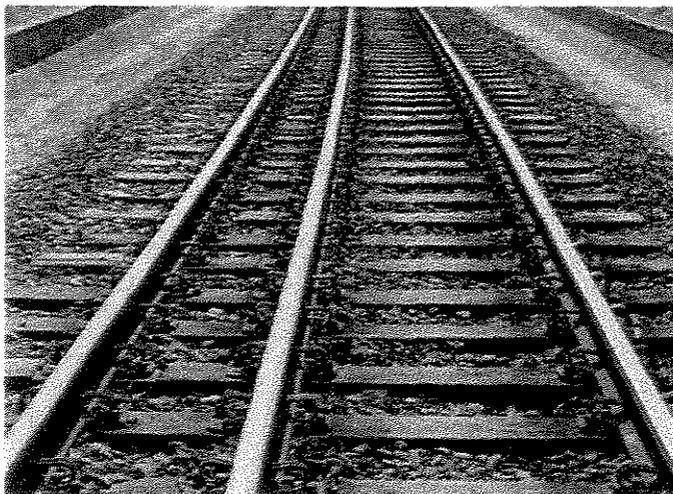
Em consequência desses dois fatos, o questionamento da toxicidade dos três preservantes tradicionais mais consumidos, e a criação das classes de risco, ocorreu o aparecimento de uma avalanche de novos preservantes de baixa toxicidade. Entretanto, esses novos produtos têm-se mostrado também menos eficiente, mais caros, e de efeito residual mais curto. Mas alguns deles têm encontrado emprego em situações menos agressivas principalmente nas classes de risco 1 e 2.

1.2.2 - Preservação de Madeiras no Brasil

Desenvolvimento Industrial

A implantação da preservação de madeiras no Brasil está intimamente ligada ao desenvolvimento das ferrovias.

A primeira ferrovia brasileira foi inaugurada em 1854 e parece que os primeiros dormentes (Figura 1.4) preservados foram utilizados no Brasil entre 1880 e 1884 e é quase certo que tenham sido importados. A primeira usina de preservação de madeiras sob pressão começou a operar em 1902 e foi importada da Inglaterra pela antiga Estrada de Ferro Central do Brasil para o tratamento de dormentes com creosoto. Ela foi instalada na Estação de Francisco Bernardino, em Juiz de Fora - MG.



Fonte: Icotema Ind. e Com. de Tratamento de Madeiras Ltda

FIGURA 1.4 - Dormentes de estrada de ferro

As tentativas de uso de madeira roliça de eucalipto como poste aconteceram desde 1905, mas foi somente em 1935 que a Companhia Telefônica Brasileira utilizou pela primeira vez postes de eucalipto preservados com Carbolineum pelo processo Banho quente-frio. Esses postes foram instalados em um campo de apodrecimento da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, e após 26 anos encontravam-se em perfeito estado. Posteriormente, estudos realizados em postes de eucalipto tratados pelo processo Boucherie, quente-frio e vácuo-pressão em autoclave, instalados entre 1935 e 1955 também pela Companhia Telefônica Brasileira, apontam que o poste de eucalipto quando submetido a um tratamento preservativo adequado, tem uma expectativa de vida média de 40 anos. No entanto, somente a partir da instalação da primeira usina produtora de

postes, operando pelo processo vácuo-pressão, em 1945, com a crescente escassez de espécies nativas de boa resistência natural e somando ainda o aumento gradativo das necessidades de expansão de redes telefônicas e elétricas, é que o poste de eucalipto preservado foi aos poucos surgindo como mais uma alternativa para uso em sustentação de redes de eletrificação e telefonia.

A partir de 1957, várias usinas para tratamento de madeira sob pressão foram instaladas, chegando o total, em 1981, a cerca de 42. Postes, dormentes e mourões são as principais peças de madeira que foram tratadas até o ano de 1982. Em menor quantidade incluem-se cruzetas, esteios e madeiras serradas para a construção civil.



Fonte: Icotema Ind. e Com. de Tratamento de Madeiras Ltda

FIGURA 1.5 - Postes de madeira

Algumas empresas reconhecem no poste de eucalipto uma boa alternativa frente a outras, primeiramente por razões econômicas, seguido pelo fato de apresentar inúmeras vantagens relacionadas ao transporte e manuseio, além de ser obtido de recursos naturais renováveis. A experiência mundial indica que não só os países de grande vocação florestal, como a Alemanha, Suécia, E.U.A, Finlândia entre outros países, utilizam intensamente os postes de madeira ,mas até a Inglaterra, pobre de florestas, rica de cimento, carvão e ferro, prefere importar postes de madeira para suas redes elétricas. Uma comparação entre a utilização de postes de madeira preservada no Brasil e nestes países confirma o fato de que não estamos empregando

este material à altura do seu potencial. Nos EUA, por exemplo, o poste de madeira preservada é usado em linhas telefônicas, de distribuição e transmissão de energia. O consumo de postes de madeira preservada representa por ano, mais de 99% de todos os postes empregados, sendo estimada uma vida média de 30 - 35 anos para as peças. Na América do Sul, países como o Uruguai, Peru, Chile, Colômbia e Argentina vêm usando postes de madeira há longos anos, com ótimos resultados. No Brasil, as empresas de energia elétrica começaram a utilizar mais intensamente o poste de eucalipto na década de 1960. Na época, o usuário, assim como o fabricante, não possuíam referenciais quanto aos processos e produtos utilizados. Frequentemente adotavam normas ou especificações estrangeiras, que nem sempre referiam-se à madeira de *Eucalyptus sp* ou às condições de uso brasileiras, ou até mesmo, estabeleciam critérios baseados na experiência prática que possuíam.

O desenvolvimento da indústria de preservação de madeiras no Brasil foi também impulsionado pelos seguintes fatores:

- a) Promulgação da Lei Federal nº 4.797 de 20/10/1965, do Decreto nº 58.016 de 18/03/1966, do Decreto nº 61.248 de 30/08/1967 e das Portarias do IBDF nº 2748-DN de 16/03/72 e Portaria nº 055/82-P de 08/03/82, regularizando a industrialização e emprego de madeira preservada;
- b) Criação, em 25/08/69 da ABPM - Associação Brasileira dos Preservadores de Madeira;
- c) Criação, a partir de 1973, de normas e especificações sobre preservação de madeiras pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- d) Ratificação de convênio pelo IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal), IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A) e da ABPM (Associação Brasileira dos Preservadores de Madeira), objetivando a divulgação da preservação de madeiras e a criação de serviço de controle de qualidade de madeira preservada e produtos preservativos.

Com estes fatores, ficou parcialmente resolvido o problema da falta de referenciais. Entretanto, apesar de ser de custo inferior ao do concreto, os postes de madeira são poucos empregados e em alguns estados o seu emprego é vetado pelas concessionárias de energia elétrica, pelo simples fato de desconhcerem as vantagens desse material de engenharia.

O principal problema do setor de preservação de madeiras é o desconhecimento e preconceito por parte dos consumidores, sendo necessária a conscientização e o trabalho com qualidade como forma de consolidar o conceito e a credibilidade da madeira tratada no mercado nacional.

Desenvolvimento de Pesquisas

O trabalho iniciado, em 1931, por F. A. Brotero, no antigo Laboratório de Ensaios de Materiais (hoje IPT), da Escola Politécnica de São Paulo, foi possivelmente a primeira pesquisa em preservação de madeiras no Brasil.

Os objetivos do trabalho eram:

- Determinar a penetração de preservativo hidrossolúvel aplicado por imersão em estacas de Pinho-do-paraná;
- O efeito do tratamento nas propriedades mecânicas na madeira;
- O aumento na vida média das estacas em contato com o solo.

Na década de 1930 foram, também, iniciadas no Brasil pesquisas sobre deterioração de madeiras por fungos e insetos. Ensaios acelerados em laboratório para avaliar a resistência de madeiras ao ataque de fungos foram iniciados no início de 1940. A década de 1960 caracterizou-se pelo desenvolvimento de estudos sobre o desempenho de madeira tratada e sobre tratamentos de madeira sem o emprego de pressão. O maior volume de atividades de pesquisas em preservação de madeiras ocorreu na década de 1970. Foram intensificados os estudos sobre o desempenho em campo e em serviço de madeira tratada e sobre a durabilidade natural de madeiras. Estudos sobre organismos xilófagos marinhos iniciados em 1969, foram intensificados na década de 1970. Foram iniciados levantamentos sobre os principais tipos de organismos xilófagos e sobre a indústria de preservação; estudos foram desenvolvidos em análise química de preservativos de madeira, em poder fungicida de extrativos de madeira e nas características do sistema madeira-plástico.

No ano de 1979 havia 35 pesquisadores em 10 instituições brasileiras, desenvolvendo 45 projetos de pesquisa em preservação de madeiras.

Por volta de 1980 houve uma redução de pesquisas na área de preservação de madeiras. Isso se deve a vários fatores, como por exemplo o processo de permissão, através de selo holográfico, para exploração de madeira. Nesta época, então, começou faltar madeira de reflorestamento devido à grande procura.

O aumento crescente da pressão sobre os recursos naturais para uso dos mais diversos fins e sobre o uso adequado da terra, podem se tornar fatores críticos. Isto está produzindo um novo clima de competição entre as indústrias, em que somente sobreviverão aquelas que mais contribuírem para a melhoria da qualidade ambiental de seus produtos, tornando-os menos agressivas ao ambiente, considerando para isso, desde a obtenção da matéria-prima, sua fabricação até seu uso final. Não obstante os esforços recentes no campo da preservação biológica, até o momento a única forma economicamente viável pela qual a madeira possa ser protegida contra os agentes bióticos e abióticos, responsáveis pelo fenômeno natural da degradação, é pela aplicação de preservativos que retardam sua realização. Assim, o preservativo introduzido se fixa na parte interna da madeira e lá fica de forma confinada.

Os riscos ambientais relacionados à preservação de madeiras têm sido enfocados em inúmeros países, sobretudo naqueles de maior evolução tecnológica e, felizmente, os órgãos a quem compete a legislação e regulamentação do uso de pesticidas, mercê do esforço da comunidade técnica que atua no ramo, vêm abrindo exceções para a indústria de preservação de madeiras por terem sido convencidos:

a) do caráter localizado desse tipo de risco, circunscrito à área de influência das usinas e portanto da possibilidade de um controle efetivo;

b) e do alto grau de fixação dos modernos preservativos que torna reduzido o risco de contaminação dos efluentes por lixiviação dos ingredientes ativos que entram na sua composição.

Do aspecto da procedência da matéria-prima, este setor tem por base o reflorestamento. Portanto, o produto que oferece vai ao encontro do desenvolvimento auto-sustentado e à necessidade de se proteger as matas nativas do Brasil. É importante que seja abordado também, a comparação da produção de postes de madeira com outros produtos de uso similar, como é o caso

2. Objetivos

Este trabalho visa o estudo dos fatores que afetam a tratabilidade de madeira, bem como as características hidrodinâmicas que imperam durante o processo.

Serão também aplicados os conceitos básicos sobre preservação, principalmente para diluir um pouco a complexidade destes fatores, servindo assim este material como apoio didático.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 - Introdução

Existem vários agentes biológicos responsáveis pela degradação da madeira, entre eles microrganismos, insetos e xilófagos marinhos. Serão tratados agora estes agentes, a deterioração da madeira e os produtos químicos empregados em sua preservação e que são designados genericamente como preservativos.

HARTFORD & COLLEY apud LEPAGE fizeram uma analogia entre o processo de gênese de um carcicoma e o de apodrecimento da madeira através das seguintes considerações:

- "O carcicoma é uma distorção de um crescimento ou processo reprodutivo natural por meio de um agente químico. A preservação de madeira é a quebra do processo natural de apodrecimento por um agente químico".
- "O carcicoma ocorre através da remoção dos diversos mecanismos de defesa do corpo. O colapso da madeira ocorre pela diminuição e assimilação gradual do preservativo".

Um produto químico para ser utilizado como preservativo de madeira tem de satisfazer uma série de requisitos, destacados a seguir.

- a) Eficiência: É o requisito básico de todo o preservativo. Deve apresentar-se tóxico à gama mais ampla possível de organismos xilófagos. A medida da eficiência é feita, preliminarmente, por meio de ensaios de laboratório e depois por ensaios de campo. Deve ainda, para ser eficiente, permitir penetração profunda e uniforme na madeira; esta característica está correlacionada com o método de tratamento empregado.

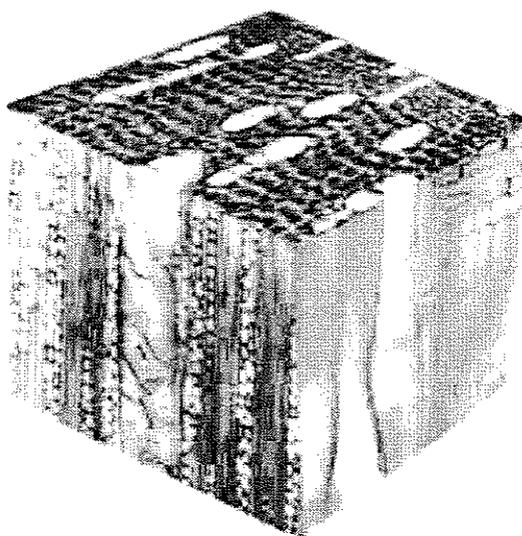
- b) **Segurança:** Deve apresentar toxidez baixa em relação a seres humanos e animais domésticos, além de não aumentar as características de combustibilidade inerentes à madeira: é preciso que essa característica seja ponderada com bom senso, a fim de que não prevaleçam medidas tomadas sob clima emocional. Água tomada em excesso pode levar a morte (afogamento). Especial atenção deve ser dada à escolha e ao uso obrigatório dos EPI (equipamento de proteção individual) recomendados para cada situação. Complementando, a solução preservativa não deve ser corrosiva a metais e plásticos com que são confeccionados recipientes e equipamentos, uma vez que em caso afirmativo podem ocorrer vazamentos que podem, por sua vez, dar origem à poluição.
- c) **Permanência ou resistência à lixiviação:** depende das propriedades físicas e químicas do preservativo e a maneira pela qual se fixa na madeira: para ser resistente à lixiviação deve ser insolúvel em água ou formar complexos insolúveis por meio de reação química com os componentes da parede celular da madeira.
- d) **Custo:** é sem dúvida o fator que viabiliza o uso de um produto que apresente todas as potencialidades anteriormente mencionadas. A madeira tem de, em termos de custo anual, apresentar competitividade com outros materiais. Hoje em dia, os preservativos têm um peso considerável na composição de custos, que sem dúvida, deve ser uma preocupação permanente na pesquisa de novas alternativas, impostas pelas restrições de natureza ecológica cada vez mais rigorosas.
- e) **Outras características:** além das anteriormente mencionadas, existem outras que poderíamos denominar facultativas e que são impostas pelas peculiaridades de cada situação de uso. Por exemplo, madeira para habitação e para certos tipos de embalagens deve deixar a superfície limpa e isenta de odores residuais. Para dormentes ferroviários a condutividade elétrica é um fator relevante devido ao sistema de sinalização.

Conclui-se, pela exposição feita, que é muito difícil que um preservativo atenda a todos os requisitos mencionados. A escolha deve ser feita apoiada nas especificações existentes, na experiência acumulada na literatura disponível, fatores que devem ser auxiliados pelo bom senso.

3.2 - A Madeira

A madeira é um produto do tecido xilemático dos vegetais superiores, localizado em geral no tronco e galhos das árvores, com células especializadas na sustentação e condução de seiva. Do ponto de vista comercial, a madeira somente é encontrada em árvores com altura superior a 6 metros.

O xilema (Figura 3.1) é um tecido estruturalmente complexo, composto por um conjunto de células com forma e função diferenciadas, e é o principal tecido condutor de água nas plantas vasculares. Possui ainda as propriedades de ser condutor de sais minerais, armazenar substâncias e sustentar o vegetal. É importante ressaltar que o xilema é encontrado em várias regiões dos vegetais, não só no caule, como raiz e ramos.



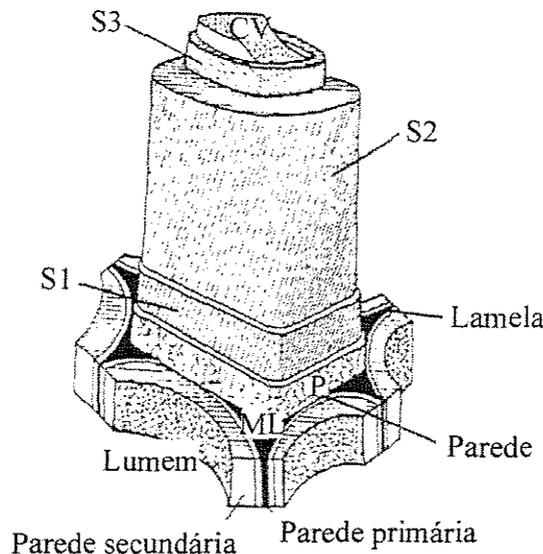
Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 3.1 - Xilema (Tecido vegetal composto por vasos, fibras, parênquima e/ou traqueídeos)

Nem todas as espécies que produzem tecido xilemático são reconhecidas comercialmente como produtoras de madeira. O xilema é um tecido característico das plantas superiores, incluindo nesta categoria vários tipos de plantas: arbustos, cipós e árvores. A presença de xilema na espécie não significa, entretanto, que a mesma está apta ao uso industrial, no que se refere a desdobro de toras. Para tanto, é necessário que a espécie possua volume suficiente que

justifique sua exploração. Portanto, toda madeira é proveniente de tecido xilemático, mas, sob a ótica comercial, nem todo tecido xilemático produz madeira.

Do ponto de vista químico, o xilema é um tecido composto por vários polímeros orgânicos. Polímeros são moléculas feitas de muitas subunidades repetidas ou monômeros. A parede celular do xilema tem como estrutura básica a celulose - molécula linear de açúcar ou um polissacarídeo composto por monômeros de glicose. Estes polímeros de celulose compõem cerca de 40-45% do peso seco da maioria das madeiras. Além da celulose, está presente na madeira a hemicelulose, formada por muitas combinações de pentoses de açúcar (xylose e arabinose). Difere em alguns aspectos da celulose (principalmente em conformação, grau de polimerização e peso molecular), mas são de alguma forma similares. O terceiro maior constituinte da madeira é a lignina, molécula polifenólica tridimensional, pertencente ao grupo dos fenilpropanos, de estrutura complexa e alto peso molecular. Confere à madeira a resistência característica a esforços mecânicos.



Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 3.2 - Parede celular do xilema

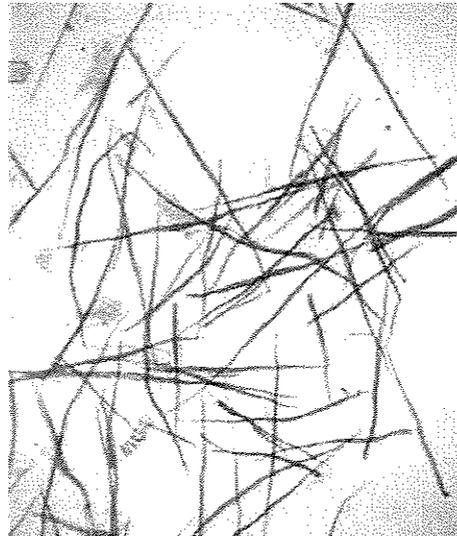
As células que compõem o xilema, logo após o processo de divisão celular são formadas primeiramente pela lamela média (Figura 3.2), camada composta basicamente por pectato de

cálcio e magnésio que atua como um cimento com função de unir as células. Sobre esta camada depositam-se internamente uma malha de microfibrilas de celulose, que irá constituir a parede primária da célula.

Após concluído este processo, depositam-se junto à parede primária novas camadas de microfibrilas de celulose, orientadas de formas distintas, que irão formar as camadas S1, S2 e S3 da parede secundária. Ao mesmo tempo da formação da parede secundária, ocorre também o processo de lignificação. Na parte interna da camada S3 ocorre ainda uma camada verrugosa (CV). Note na ilustração que a camada S2 tem o sentido de orientação das microfibrilas perpendicular ao sentido das microfibrilas das camadas S1 e S3, o que confere a madeira a resistência a esforços mecânicos, pois limita o trabalho da camada S2.

Os principais tipos de células encontradas no xilema são:

Fibras



Fonte: Madeiras do Brasil

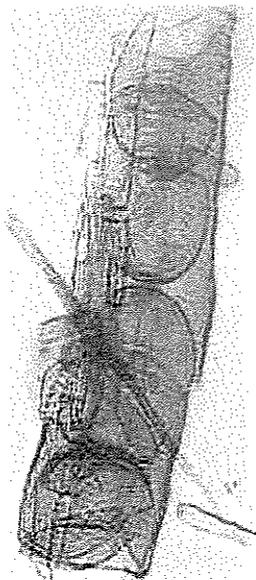
FIGURA 3.3 - Fibras em tecido dissociado

Células alongadas, imperfuradas, com pontuações areoladas nas suas paredes que são responsáveis pela resistência mecânica da madeira. As fibras são células características das

angiospermas. Podem ser classificadas como fibras libriiformes (que apresentam pontuações areoladas de diâmetro entre 4-9 micrômetros) e fibrotraqueóides (possuem pontuações que variam de 2-5 micrômetros, de dimensões geralmente menores no comprimento e no diâmetro).

Elementos de vasos

Os vasos são estruturas formadas por uma junção de células perfuradas, chamadas de elementos de vaso, que se comunicam entre si, formando longos dutos que conduzem a seiva no sentido axial. Os vasos são característicos de espécies pertencentes às angiospermas, havendo algumas exceções. Representam uma grande evolução biológica dos vegetais no sentido de transporte de seiva.

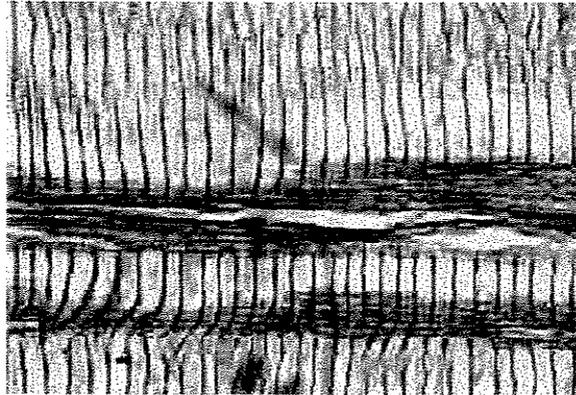


Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 3.4 - Elemento de vaso de Pau-rosa, *Aniba rosaedora*, *Lauraceae* - Lâmina de tecido macerado

Traqueídeos

Constituem-se de células alongadas, delgadas, de contorno geralmente angular com funções mistas de condução e sustentação, características das gymnospermas, apesar de estarem presentes também em várias angiospermas.

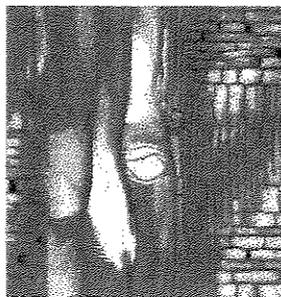


Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 3.5 - Traqueídeos de *Pinus sp.*, *Pinaceae* plano radial

Raios

Os raios são células parenquimáticas que prolongam-se no sentido da casca para a medula. Possuem a função de alimentar o tecido neste sentido e costumam acumular muitas substâncias nutritivas, além de inclusões. É chamado também de parênquima radial.



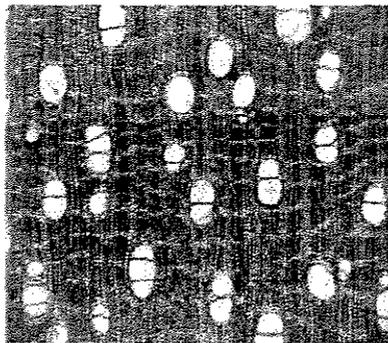
Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 3.6 - Células de raio em plano radial em Ucuuba - *Virola michelli*, *Myristhaceae*

Parênquima Axial

Células que possuem como função principal acumular substâncias nutritivas. O parênquima confere baixa resistência a esforços mecânicos, pois possui baixo nível de lignina em sua constituição. É um tecido facilmente atacado por organismos xilófagos.

Algumas estruturas especiais são características de determinadas espécies, gêneros ou famílias, como os canais resiníferos, canais secretores axiais, fibrotraqueídeos e outras.



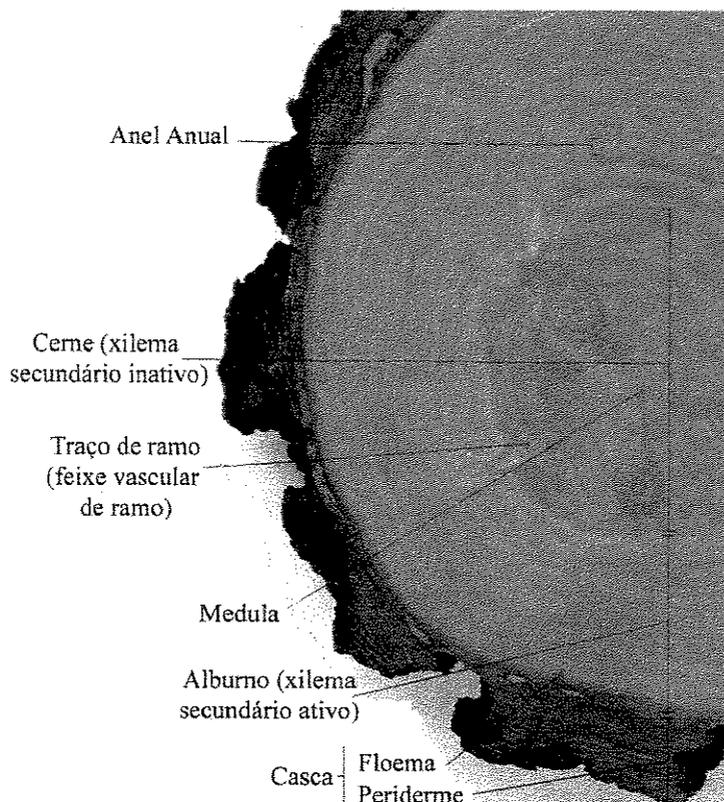
Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 3.7 - Parênquima axial apotraqueal reticulado em Jequitibá - *Cariniana legalis*,
Lecythidaceae

3.3 - Anatomia da Madeira

O termo anatomia vem de anatomé que quer dizer dissecação, corte (Figura 3.8). A Anatomia da Madeira é o ramo da ciência botânica que se ocupa do estudo das variadas células que compõem o lenho, bem como sua organização, função e relação com a atividade biológica do vegetal.

A anatomia constitui-se de elemento fundamental para qualquer emprego industrial que se pretenda destinar à madeira. O comportamento físico e mecânico da madeira está intimamente associado a sua estrutura celular. Através da anatomia é possível diferenciar espécies, identificando corretamente a madeira.



Fonte: Atlas visuais - Plantas, 1985

FIGURA 3.8 - Corte transversal de caule de pinheiro (*Pinus muricata*)

Inúmeros trabalhos já foram publicados em anatomia, existindo vasta literatura sobre as mais variadas espécies. A Associação Internacional de Anatomistas da Madeira, IAWA, reúne pesquisadores do mundo todo que trabalham com anatomia, publica um periódico específico com os mais recentes estudos nesta área. No Brasil, várias instituições de pesquisa dedicam-se a anatomia da madeira: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, em São Paulo; LPF - Laboratório de Produtos Florestais, em Brasília; ESALQ - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiróz; Museu Emílio Goeldi, em Belém e o INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, em Manaus. Além destes, as universidades federais que mantêm cursos de botânica ou engenharia florestal também possuem laboratórios destinados ao estudo anatômico do lenho.

3.4 - Deterioração da Madeira

A deterioração da madeira pode ocorrer devido à ação de agentes físicos, químicos e biológicos.

A madeira exposta ao tempo sofre deterioração fotoquímica, por exemplo, promovida pela radiação ultravioleta que atua principalmente sobre a lignina, causando alterações significativas na coloração da madeira e na estrutura celulósica que vai sendo destruída em camadas que são levadas pela água da chuva. O fenômeno é lento e é conhecido por intemperismo (Weathering).

A madeira, por ser combustível, pode ser destruída pelo fogo. Apesar de ser inerte à ação de muitos produtos químicos, pode sofrer a ação destruidora de poluentes ao longo do tempo ou por ações diretas de produtos ácidos, por exemplo.

Contudo, são os agentes biológicos, chamados de biodeterioradores, os merecedores de maior atenção, uma vez que têm sido os causadores dos maiores prejuízos à utilização da madeira.

3.4.1 - Organismos Destruidores da Madeira

Os organismos que atacam a madeira, com uma conseqüente degradação de sua qualidade são:

- Mofos e manchas
- Fungos destruidores
- Insetos xilófagos
- Furadores marinhos

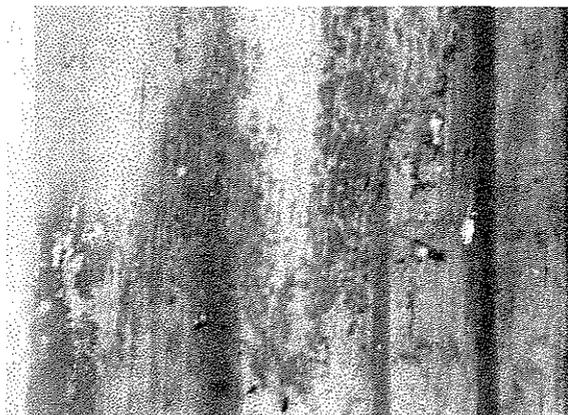
3.4.1.1 - Mofos e manchas

Tanto o mofo como algumas outras classes de microorganismos não afetam a resistência da madeira já que se alimentam dos conteúdos das cavidades celulares, e não das paredes das

células. Quase todos eles são incapazes de atacar a madeira quando a porcentagem de umidade se encontra abaixo do ponto de saturação das fibras (conteúdo de umidade variável de essência para essência, próximo a 25%).

Mofos

A existência do mofo em um pedaço de madeira pode ser facilmente visualizado devido à existência de colônias que dão à sua superfície um aspecto “algodoado” (Figura 3.9). A coloração dessas colônias pode variar do branco ao preto, e se apresentam quando a umidade é muito elevada. Quando a madeira se encontra seca, o mofo poderá ser escavado, isto é, retirado, sem que a resistência da madeira sofra qualquer alteração.



Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 3.9 - Madeira de *pinus sp* atacada por bolor

Manchas

As manchas (Figura 3.10) na madeira podem ser ocasionadas por fungos cromogenos ou por mudanças químicas, devido aos distintos materiais que se infiltram nas cavidades celulares. Estas últimas não afetam as características da madeira. As ocasionadas pelo crescimento de fungos têm efeitos adversos sobre a madeira. Como exemplo destas manchas podemos citar as manchas azuis, as quais não afetam a resistência das madeiras, mas sim sua aparência. As

manchas têm uma penetração tal que, ao contrário do mofo, não podem ser retiradas da superfície.



Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 3.10 - Hifa de fungo manchador penetrando células do xilema

3.4.1.2 - Fungos destruidores

O grupo de organismos que muda as propriedades físicas e químicas das paredes das células ou das cavidades celulares, chamadas traqueídas, e que afetam seriamente a resistência da madeira, recebem o nome de "fungos destruidores da madeira". Estes fungos são os que produzem a decomposição da madeira. Quase todos eles a atacam, uma vez que a árvore tenha sido cortada ou logo que a mesma tenha caído. Existem também fungos que atacam árvores vivas, cuja condição física tenha sido debilitada por feridas ou por ataque de insetos.

Existem dois tipos de fungos que causam a destruição das células, e estes são:

- Fungos de podridão branca
- Fungos de podridão parda

Fungos de podridão branca

Ataca mais facilmente a lignina (substância que mantém juntas as células da madeira) do que a célula (a própria célula) presentes na madeira.



Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 3.11 - Ataque característico da podridão branca em peça de piquiarana (*Caryocar sp*) com as linhas enegrecidas.

Fungos de podridão parda

Atacam mais facilmente a celulose do que a lignina.

A reprodução de todos estes microorganismos destruidores da madeira é efetuada por meio de esporos. Os esporos crescem e se desenvolvem até o exterior da madeira, de onde são transportados pelo ar muito facilmente. Uma vez que o ar os leve, ou desde que as condições sejam adequadas, os ditos esporos germinam, iniciando o ciclo de decomposição da madeira.



Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 3.12 - Aspecto característico de madeira atacada pela podridão parda

3.4.1.3 - Insetos xilófagos

O ataque e os danos sofridos pela madeira são comuns em todo o mundo. No Brasil, praticamente em nenhuma parte do país a madeira se encontra livre do ataque por insetos. Os insetos destruidores da madeira podem dividir-se em três classes:

- Insetos coleópteros
- Cupins ou térmitas
- Formigas carpinteiras

Insetos coleópteros

Espécie ambrósia, furadores de cabeça redonda e lisa. Todos eles atacam a madeira cortada, e o dano que ocasionam é de uma grandeza considerável. Para evitar que a madeira seja atacada, o corte da árvore deve ser logo sucedido de tratamento preservativo através de soluções inseticidas, entre as quais destacam-se pela sua eficiência, as soluções a base de Lindano (Isômero gama BHC).

Alguns destes insetos coleópteros atacam tanto a madeira dura como a madeira branda, depositando seus óvulos nos poros das ditas madeiras. Uma vez que as larvas tenham se desenvolvido, começam a furar túneis por todo o interior da madeira. A madeira pode proteger-se contra o ataque destes insetos, quando devidamente tratada.

Cupins ou térmitas

a) Cupins de madeira seca

Estes insetos destróem grande número das madeiras para a construção, tais como: postes, estacas, madeiramento de pontes, mas seu principal ataque se dá em edifícios diversos. Sua presença se revela geralmente por defeitos nas guarnições das portas, nos caixilhos das janelas, nos móveis, nos armários, etc.



Fonte: Agathi Dedetizadora

FIGURA 3.13 - Cupim de madeira

Os danos dos cupins podem reduzir-se ao mínimo, mediante a cooperação de engenheiros, arquitetos, proprietários e demais pessoas responsáveis pelo desenho, construção e conservação de obras de madeiras sujeitos ao ataque destes insetos. Com freqüência estes cupins são chamados de formigas brancas. Em uma colônia de cupins, existem três castas: os reprodutores, os soldados e os trabalhadores.

b) Cupins de terra

Estes são normalmente os responsáveis pelo maior número de edifícios e estruturas danificadas. Estes cupins vivem no solo, já que requerem uma provisão constante de umidade, mas, para poder subsistir, necessitam da madeira, a qual sendo a base de sua alimentação, obrigam os a construir túneis de terra sob o cimento dos edifícios com a finalidade de poder chegar até a madeira. Estes cupins também vivem em colônias e infestam a madeira que tem má ventilação, muita umidade, e que está muito perto do solo.



Fonte: Agathi Dedetizadora

FIGURA 3.14 - Cupim subterrâneo

Vale a pena notar que a madeira cujo teor de umidade está abaixo de 20% e que por conseguinte não está sujeita ao ataque de mofo e fungos, pode estar sujeita ao ataque destes cupins de terra, já que eles podem tomar do solo a umidade que necessitam para subsistir. A emigração para novos locais é bem mais elevada durante a época reprodutiva em que estes cupins se tornam alados. Ao chegar à madeira que não tenha sido infestada, eles se desfazem de suas asas, se acasalam e iniciam nova colônia.

Formigas carpinteiras

Estas formigas podem ocasionar graves danos à madeira apesar de a utilizarem somente como habitação e não como base de sua alimentação. Também fazem seus ninhos dentro das casas, aproveitando falhas na estrutura, podendo ser encontradas em vigas de madeira e molduras de porta. Podem construir ninhos secundários, menores e ligados ao formigueiro principal, que é

maior. Quase sempre preferem madeiras brandas, ou aquelas que por estarem em decomposição se encontrem abrandadas.

Geralmente, penetram em uma construção por locomoção própria, ou quando se introduz em um edifício madeiras infestadas por estes insetos.



Fonte: UNESP - Centro de Estudos de Insetos Sociais

FIGURA 3.15 - Formiga carpinteira (*Camponotus atriceps*)

Furadores marinhos

Estes se encontram normalmente em águas salgadas ou salubres, e têm este nome por sua afeição à perfurar a madeira.

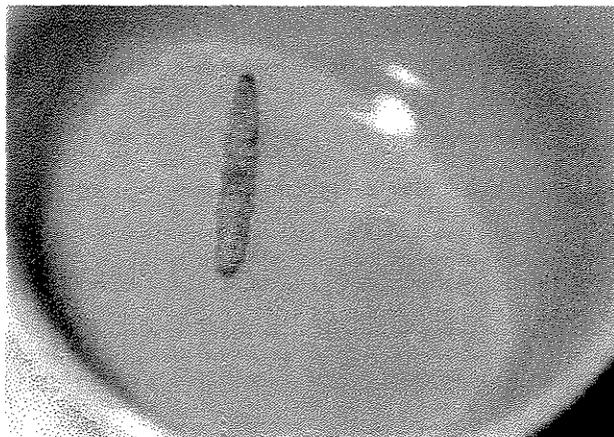
Não se conhece até o momento uma madeira que seja imune ao ataque destes animais marinhos, e que pertencem às seguintes famílias:

- Moluscos
- Crustáceos

a) Moluscos

Os gêneros mais importantes são: *Teredo* e *Bankia*, comumente chamados de Gusano, e *Martesia*.

Teredo e Bankia: As larvas destes animais podem nadar livremente e geralmente atacam a madeira abaixo da superfície da água, e se introduzem nela, perfurando buracos muito pequenos. Conforme o animal cresce e se desenvolve, a perfuração no interior aumenta para dar lugar a seu corpo. Assim crescendo, se mantém completamente preso na madeira. Em menos de um ano, e algumas vezes, em questão de meses, a madeira pode ficar como um favo de mel, reduzindo grandemente sua resistência mecânica.



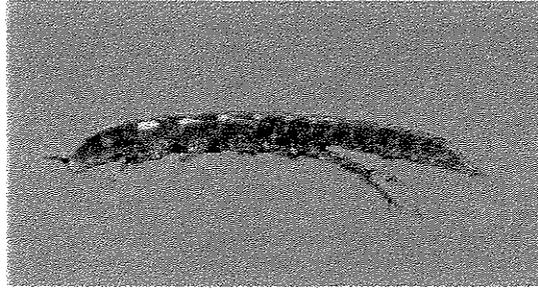
Fonte: Internet - <http://users.vcu.org/~cwhall/hijos.html>

FIGURA 3.16 - Gusano

Martesia: Esta espécie se diferencia dos chamados “gusanos” por seu corpo possuir um caparazão. Seu crescimento e vivenda são idênticos ao gusano.

b) Crustáceos

Os gêneros mais comuns são *Limnoria*, *Sphaeroma* e *Chelura*. Estes animais não se aprisionam na madeira que atacam. Suas perfurações são menores do que as dos moluscos furadores e suas galerias são pouco profundas. O gênero *Limnoria* é conhecido mundialmente. O *Sphaeroma* se encontra em grande parte do litoral do continente Americano. O gênero *Chelura* se encontra ao longo do litoral Atlântico. O dano à madeira ocasionado pelos crustáceos perfuradores é muito menor que o causado pelos moluscos.



Fonte: Crustacean Gallery - Museum Victoria

FIGURA 3.17 - Crustáceo Limnoriidae - *Lynseia himantopoda*

3.5 - Os Preservativos de Madeira

Preservativo de madeira é o nome dado à diversas substâncias químicas aplicadas à madeira para lhe conferir proteção duradoura contra o ataque de organismos xilófagos. É comum os preservativos serem classificados em duas categorias:

- oleosos ou oleossolúveis;
- hidrossolúveis.

3.5.1 - Preservativos Oleossolúveis

3.5.1.1 - Alcatrão

É um produto de coloração escura obtido por recuperação durante o processo de carbonização de diversas matérias-primas, tais como madeira, turfa, lignito, xisto betuminoso e hulha. A hulha é a principal matéria-prima, de tal forma que a palavra creosoto, desacompanhada de qualquer termo restritivo, designa o preservativo derivado do carvão mineral. Desta forma, até observação em contrário, sempre nos referimos ao alcatrão ou ao creosoto proveniente da hulha ou carvão mineral.

Os alcatrões são classificados em função da temperatura de carbonização em:

- a) alcatrões de alta temperatura ou secundários - são aqueles em que a temperatura de carbonização da hulha é maior do que 900° C;
- b) alcatrões de baixa temperatura ou primários - são aqueles em que a temperatura de carbonização da hulha é inferior a 700° C.

Desses dois tipos, os mais empregados em preservação de madeiras são os derivados do alcatrão de alta temperatura, mais por uma conjuntura comercial do que propriamente por uma questão de eficiência, pois pelos escassos resultados de laboratório e de campo observa-se que creosoto primário nada fica a dever em termos de eficiência ao chamado creosoto normal (alta temperatura).

O alcatrão tem seu uso restrito em preservação de madeiras devido à alta viscosidade: é empregado pelo método do banho quente-frio para a impregnação de mourões. Em processos industriais de impregnação em autoclave pode ser usado em mistura com creosoto, como forma de baratear o custo da solução preservativa. As especificações P2-68 e P12-68 da A.W.P.A. (American Wood Preserver's Association) estabelecem as características físico-químicas desejáveis para tais misturas.

3.5.1.2 - Creosoto

Creosoto do alcatrão da hulha

Como foi dito por HUNT & GARRAT apud LEPAGE em sua obra clássica sobre preservação de madeiras: "... desde o tempo que John Bethell patenteou seu uso para tratamento de madeira, o creosoto tem sido encarado como o preservativo padrão. É, ainda, a substância mais eficiente que se conhece para proteger a madeira contra todos os organismos xilófagos, embora para certas aplicações sua supremacia esteja sendo ameaçada por novos preservativos".

Curiosamente, o termo creosoto foi usado para definir o produto originário da madeira, embora tenha sido consagrado pelo uso para definir o composto proveniente do alcatrão da hulha. De acordo com a A.W.P.A., o creosoto de alcatrão da hulha empregado na indústria de conservação de madeira é definido como um produto destilado do alcatrão procedente da

carbonização da hulha betuminosa, à alta temperatura, se compõe principalmente de hidrocarbonetos aromáticos, sólidos e líquidos, e contém quantidades apreciáveis de ácidos e bases de alcatrão; é mais denso do que a água e tem uma escala de ebulição sem solução de continuidade, que atinge pelo menos uma faixa de 125° C. A A.W.P.A. estabelece como mínimo os limites de 200° C - 325° C para o destilado de alcatrão que constitui o creosoto.

As propriedades físico-químicas desejáveis para um creosoto destinado à preservação de madeiras estão definidas na especificação P1-78 da A.W.P.A., descritos na Tabela 3.1.

TABELA 3.1 - Especificação P1-78 da A.W.P.A.

	Para creosoto não usado	Para creosoto usado
Densidade relativa a 38/15,5°C	Maior que 1,050	Maior que 1,050
Água - %	Menos que 1,5	Menos que 3,0
Insolúveis em benzeno - %	Menos que 0,5	Menos que 1,5
Destilação (760 mmHg)		
• até 210° C	Menos que 2,0	Menos que 2,0
• até 235° C	Menos que 12,0	Menos que 12,0
• até 270° C	Entre 10,0 e 35,0	Entre 10,0 e 35,0
• até 315° C	Entre 40,0 e 65,0	Entre 40,0 e 65,0
• até 355° C	Entre 60,0 e 77,0	Entre 60,0 e 77,0
Sobre o material destilado entre 235° C e 315° C		
Densidade relativa a 38/15,5° C	Maior que 1,027	Maior que 1,027
Sobre o material destilado entre 315° C e 355° C		
Densidade relativa a 38/15,5° C	Maior que 1,095	Maior que 1,095

Fonte: Manual de Preservação de Madeiras, vol. I

Os quatro principais óleos produzidos na destilação do alcatrão de hulha são: óleo químico, óleo de topo de coluna, óleo de creosoto não corrigido e óleo pesado. Fica o piche como resíduo, conforme o esquema apresentado nas Figuras 3.18 e 3.19.

O creosoto é, portanto, uma mistura de vários destilados, de forma a serem obtidas certas características físicas exigidas pelas especificações. Algumas misturas típicas usadas para atingir as especificações P1 (creosoto), P2 (creosoto e soluções de creosoto) e P13 (creosoto para tratamento de estacas e madeira em contato com água do mar) são apresentadas na Tabela 3.2..

TABELA 3.2 - Misturas típicas usadas para atingir as especificações P1, P2 e P13.

AWPA P1	
Solvente nafta	10 partes
Resíduo da destilação do naftaleno	35 partes
Creosoto não corrigido	55 partes
AWPA P13	
Solvente nafta	5 partes
Resíduo da destilação do naftaleno	35 partes
Creosoto não corrigido	45 partes
Óleo pesado	15 partes
AWPA P2	
Alcatrão de hulha	10 partes
Creosoto não corrigido	90 partes

Fonte: Manual de Preservação de Madeiras, vol. I

Algumas formulações podem empregar relações um pouco diferentes ou omitir o solvente nafta, ou ainda resíduos de destilação.

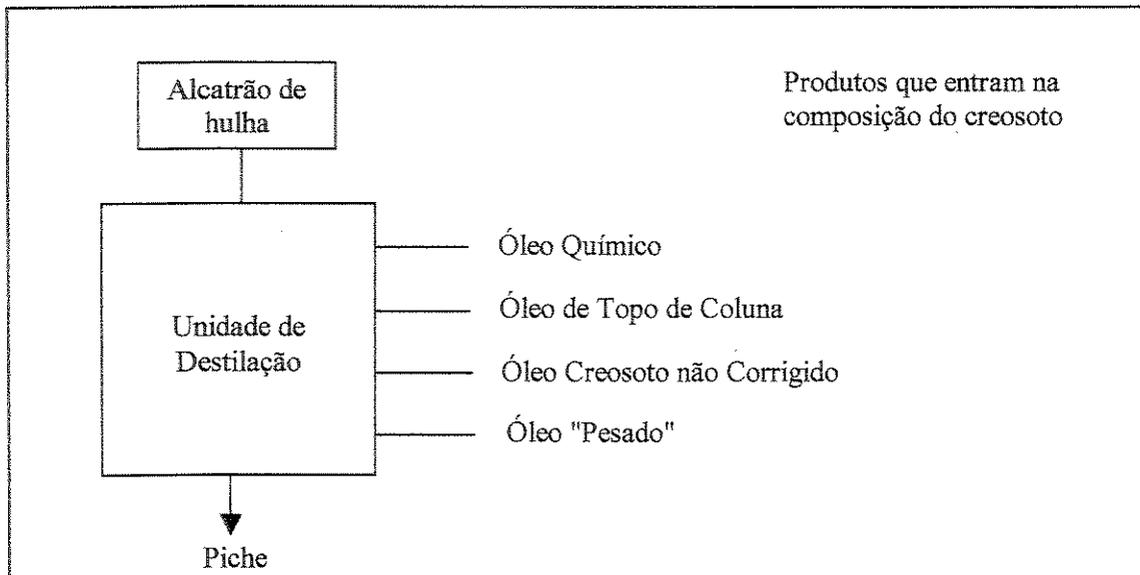
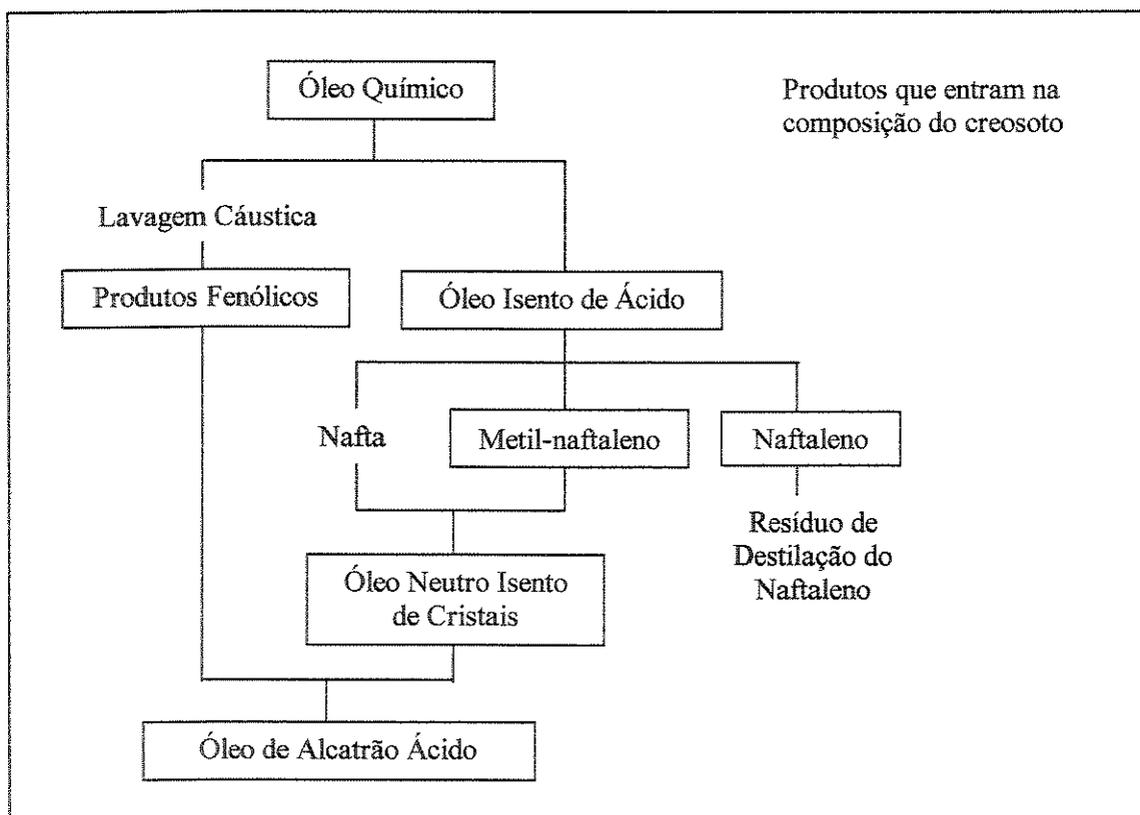


FIGURA 3.18 - Principais cortes produzidos na destilação do alcatrão de hulha



Fonte: Manual de Preservação de Madeiras, vol. I

FIGURA 3.19 - Destilados obtidos a partir do óleo químico

Creosoto de madeira (JANKOWSKY apud LEPAGE)

O alcatrão de madeira é o mais antigo dos produtos preservadores conhecidos na história do homem, e é obtido como um sub-produto da destilação da madeira.

O objetivo principal da destilação da madeira é a obtenção do carvão. Nos métodos primitivos, em que a madeira é queimada dentro de buracos ou em pilhas cobertas de terra, todos os produtos gasosos são perdidos. Em fornos mais modernos, tanto de alvenaria como de metal, esses gases são recuperados permitindo a obtenção de alcatrão, ácido acético e metanol.

Parte dos gases liberados durante a carbonização podem ser condensados dando origem ao licor pirolenhoso (proveniente da ação do calor sobre a madeira) bruto, que é composto basicamente de água, ácido acético e alcatrão dissolvido e em suspensão. Por decantação (transvasar líquido para o libertar de impurezas ou resíduos) separa-se o alcatrão com um rendimento de 4% a 20% em relação à massa inicial da madeira seca.

O rendimento e as características do alcatrão irão variar em função do tipo de madeira, do processo adotado e da velocidade de carbonização.

A destilação do alcatrão vegetal é feita em alambiques semelhantes aos utilizados na destilação do análogo da hulha. Quando efetuada à pressão ambiente, cerca de 90% dos óleos do alcatrão destilam a uma temperatura de 275° C. Até 100° C - 110° C é retirada a água e um pouco de “óleos leves” que são arrastados pelo vapor. Na faixa de 100° C a 140° C é obtida a fração de “óleos leves”. Entre 140° C e 180° C é destilada uma mistura em que predominam ainda os “óleos leves” e parte de “óleos pesados” retirados por arraste.

A mudança de “leves” para “pesados” ocorre à temperatura de aproximadamente 180° C (nos vapores), sendo que desse ponto até atingida a temperatura final, são destilados principalmente os fenóis. Normalmente a temperatura máxima da destilação está em torno de 270° C, pois temperaturas superiores podem causar decomposição dos destilados. Quanto maior for a temperatura final, maior será o rendimento dos destilados, porém, maior será a dureza do piche residual.

O creosoto da madeira foi empregado no início do século XX, época em que se obtém a maior quantidade de trabalhos sobre o assunto.

Até o ano de 1986, o creosoto de madeira é pouco empregado em preservação de madeiras, mas no futuro é possível que haja uma reversão de consumo para esse fim, em virtude do aumento da disponibilidade desse produto no mercado interno.

Dados de campo procedentes dos Estados Unidos revelam que o desempenho do creosoto mineral é nitidamente superior ao de origem vegetal, provavelmente por uma questão de maior permanência dos componentes tóxicos dos organismos xilófagos existentes nesses dois produtos.

TABELA 3.3 - Toxidez dos creosotos (%) mineral e vegetal a alguns tipos de fungos

	<i>Fomes annosus</i> (%)	<i>Lenzites trabea</i> (%)	<i>Poria incrassata</i>
Creosoto de hulha	acima de 0,05	acima de 0,05	0,006 - 0,0125
Creosoto de madeira	0,025 - 0,05	0,05 - 0,1	0,025 - 0,05

Fonte: Manual de Preservação de Madeiras, vol. I

Creosoto de lignito

Nos países onde não se dispõe de carvão betuminoso, o coque (produto residual sólido, poroso, cinzento com lustre metálico, obtido de destilação em câmara fechada) é produzido pela carbonização de carvões sub-betuminosos e lignitos que, por sua vez, dão origem a alcatrões e creosotos de menor massa específica e teores elevados de ácidos de alcatrão. Supôs-se, inicialmente, que esses ácidos, devido à sua natureza fenólica, fossem mais tóxicos que os hidrocarbonetos aromáticos, presentes em maior quantidade. Esse assunto deu margem a muitas especulações e hoje é enfocado de maneira diversa, dando-se tanta importância à permanência quanto à toxidez em si.

Creosoto fortificado

Em certas circunstâncias tem sido observado um mau desempenho de madeiras tratadas com creosoto, em virtude de certos organismos, como o fungo *Lentinus lepideus*, como o crustáceo *Limnoria tripunctata* e como os cupins *Coptotermes spp*, apresentarem, em relação ao creosoto, uma tolerância maior do que a média.

Para essas situações foram desenvolvidos os chamados creosotos fortificados. Os mais comuns são:

- creosoto + 2% de pentaclorofenol: o pentaclorofenol é facilmente dissolvido no próprio creosoto e a mistura resultante apresenta excelente desempenho;
- creosoto + 3% de naftenato de cobre: essa mistura é particularmente indicada para situações de exposição em ambiente marinho, onde haja a ocorrência da *Limnoria tripunctata*. Essa mistura também foi usada no tratamento de dormentes com excelentes resultados; a única restrição feita é relativa ao custo elevado decorrente da adição desse composto de cobre;
- creosoto + 0,3% a 0,4% de As_2O_3 : essa mistura é indicada para locais com elevada incidência de insetos. Parece que a reação do arsênio ocorre com os ácidos do alcatrão, dando origem ao éter de bis (o-fenileno dioxiarsênico) - JOHANSON apud LEPAGE.
- Creosoto + 2% de enxofre: trabalhos preliminares apresentados nos encontros anuais (1981-1983) da A.W.P.A. revelam que a adição de um percentual de enxofre ao creosoto aumenta a eficiência desse preservativo aos organismos resistentes - WEBB apud LEPAGE.

Soluções creosoto-petróleo

Em condições onde haja escassez de creosoto ou onde existam organismos que apresentem resistência a esse produto, uma das soluções consiste na sua diluição com óleo combustível até um máximo de 1:1 na segunda hipótese aventada, a solução obtida deve ser fortificada através de uma das formas vistas no item anterior. A especificação P4-70 da A.W.P.A. estabelece os requisitos de um óleo combustível para ser misturado com o creosoto. Segundo JAIN & KUMAR apud LEPAGE, óleos de viscosidade mais elevada do que o valor

recomendado podem ser usados, desde que se adicione um percentual (até 10%) de terebintina (nome genérico das resinas líquidas que se obtém por exsudação e incisões de árvores coníferas e terebintáceas) para diminuir o valor dessa propriedade, de maneira a não comprometer a penetração do produto na madeira.

Exsudação do creosoto (“bleeding”)

Madeira tratada com creosoto ou misturas de óleo/creosoto podem apresentar problemas quando em estoque ou em uso, em virtude da exsudação e acúmulo de preservativo na superfície da madeira.

Alguns trabalhos apontam a imersão da madeira em lagos por um certo período ou aspersão da madeira com água por dois meses, como medidas altamente efetivas para a redução da exsudação; o mecanismo de atuação estaria ligado à ação de bactérias que produziriam modificações na permeabilidade da madeira.

Emulsões de creosoto

Como alternativa ao uso do creosoto comum de alta temperatura, que sofre restrições por parte de alguns usuários devido ao problema da exsudação, foram desenvolvidas na Austrália, emulsões de creosoto, designadas pelo nome PEC. Já foram tratados, nesse país, segundo LEPAGE, até o ano de 1986, cerca de 5.000 postes, dos quais muitos foram instalados.

A essa emulsão básica (PEC) foram adicionados vários biocidas, dando origem a uma nova linha de produtos preservativos, ainda em fase experimental, e que têm como característica principal a limpeza da superfície tratada.

3.5.1.3 - *Carbolineum* ou Óleo de Antraceno

De acordo com RICHARDSON apud LEPAGE uma boa parte dos derivados do alcatrão destina-se a aplicações domésticas por pincelamento, imersão e pulverização, principalmente no meio rural.

Como nesses casos a penetração é limitada, torna-se necessário que o derivado usado apresente boa resistência à lixiviação e à volatilização (transformar sólido ou líquido em gás ou vapor, evaporação) e que, portanto, seja constituído por frações de pontos de ebulição mais elevado do que o creosoto comum. Esse produto é conhecido pelo nome *Carbolineum* na Europa ou óleo de antraceno nos Estados Unidos.

Outros derivados incluídos nessa categoria são os chamados *Carbolineum avenarius*, desenvolvido em 1900 e constituído por uma mistura de *Carbolineum* com sais de cobre.

3.5.1.4 - Pentaclorofenol - Pentaclorofenato de Sódio

O pentaclorofenol, assim como o seu sal sódio, o pentaclorofenato de sódio, é um produto que, devido ao fato de ser muito tóxico a mamíferos e causar danos ao meio ambiente, está caindo em desuso em muitos países.

O Pentaclorofenol (PCF) é obtido pela reação entre o fenol e o cloro, até a completa substituição de todos os átomos de hidrogênio por átomos de cloro. É um produto solúvel em solventes orgânicos, apresentando excelente ação fungicida e uma boa ação inseticida.

Diversos tipos de óleo são empregados como veículo desse preservativo, que foi muito utilizado na preservação de postes e dormentes em todo o mundo. No caso do veículo oleoso ser “leve”, ponto de ebulição entre 150 e 180°C, pode ocorrer um fenômeno semelhante à exsudação, neste caso chamado de “blooming”, onde o preservativo, por não se fixar quimicamente aos constituintes celulares da madeira, é carregado para fora à medida em que ocorre a evaporação rápida do solvente. A exemplo da exsudação, tal problema também contribuiu na limitação do uso desse preservativo devido à contaminação ambiental e agressividade à saúde humana, em virtude dos cristais ficarem expostos na superfície.

3.5.1.5 - Naftenatos

Os ácidos naftênicos são obtidos como subprodutos da refinação de certos tipos de petróleo. Soluções preservativas de naftenato podem ser preparadas com sais metálicos de zinco, ferro ou cobre.

Soluções de naftenato de cobre têm sido utilizadas por vários processos em preservação de madeiras, contudo, sem grande aceitação devido aos altos custos. Quando utilizadas, têm apresentado boa eficiência contra fungos, e vem sendo testadas em composições pastosas, juntamente com compostos de boro, para aplicação em tratamentos de manutenção de postes.

3.5.1.6 - Óxido Estanho Tributílico - TBTO

Formulações à base de TBTO vêm sendo utilizadas no tratamento de madeiras fora do contato com o solo, especialmente esquadrias, com muito sucesso há várias décadas, especialmente na Europa.

Apresentam marcante ação fungicida, bactericida e também é muito utilizado na prevenção de ataque por perfuradores marinhos. Tais formulações apresentam como vantagens adicionais a baixa toxidez a mamíferos e compatibilidade com acabamentos. Em contrapartida são compostos caros, o que tem limitado a sua utilização.

3.5.1.7 - Quelatos de Cobre

Formulações à base de quelatos de cobre têm apresentado muito bom desempenho como fungicidas, em geral destinados à prevenção de ataque por fungos manchadores e emboloradores em madeiras verdes ou recém abatidas. Neste caso, o tratamento é denominado de profilático.

Uma das grandes vantagens dessas formulações é a baixa toxicidade aos mamíferos, sendo aprovadas pela Food and Drug Administration – FDA, Norte-Americana, para tratamento de embalagem de madeiras que ficam em contato com alimentos. Consta também das Normas da American Wood Preserver's Association – A.W.P.A., para essa finalidade.

Tais formulações têm encontrado boa receptividade junto aos exportadores de madeiras de Pinus no Brasil, uma vez não haver quaisquer restrições ao seu uso nos países importadores e que detêm alta tecnologia no setor madeireiro.

3.5.2 - Preservativos Hidrossolúveis

Em virtude da escassez de derivados de petróleo, os preservativos hidrossolúveis vêm assumindo uma importância cada vez maior no cenário da preservação da madeira.

Desde a descoberta casual da insolubilização do cloreto de zinco com a formação do oxiclreto de zinco, essa idéia veio ganhando corpo, de tal forma que, já há algum tempo, quando se fala em preservativo hidrossolúvel, na realidade, pensa-se num sistema preservativo, que será insolubilizado no interior da madeira, pela formação de complexos com os componentes poliméricos da parede celular.

Os preservativos hidrossolúveis freqüentemente são expressos em termos de ingredientes ativos, que é uma mera convenção estabelecida para se expressar as formulações dos preservativos numa mesma base estequiométrica (Relativo a estequiometria - ramo da química que trata da aplicação das leis de proporções definidas, da conservação da matéria e da energia nas reações e processos químicos). O termo veio para simplificar, mas, ao que parece, causou muitas confusões, tendo sido assumido no início por ignorância ou má fé, ou, ainda, ambos, como sinônimos de eficiência e como um número mágico capaz de estabelecer comparações entre preservativos. Normalmente, os óxidos dos elementos foram tomados como base, para fins de cálculo estequiométrico. Inexplicavelmente, para certos componentes, foram adotados os próprios elementos como base de cálculo, como, por exemplo, flúor e boro. Parece que fatores comerciais tiveram mais peso nos critérios adotados do que os de natureza técnica. Na Austrália e nos países europeus, quase sempre, a retenção de um preservativo na madeira é expressa em termos de sal seco, ou em kg/m^3 ou em porcentagem.

3.5.2.1 - ACA - Arseniato de Cobre Amoniacal

O ACA consiste numa mistura de sais de cobre e arsênio numa solução amoniacal. Os compostos de amônio entram na formulação para propiciarem maior permeabilidade, uma vez que contribuem para uma maior abertura da estrutura das paredes celulares, assim como contribuem para evitar possíveis problemas de corrosão do ferro pelo cobre e retardar a formação de precipitados de arseniato de cobre. É um preservativo que tem ampla utilização, especialmente

nos EUA e Canadá, na preservação de madeiras a serem utilizadas fora ou em contato com o solo.

3.5.2.2 - CCA - Arseniato de Cobre Cromatado

É o preservativo hidrossolúvel de mais ampla utilização em todo o mundo. Quando aplicado à madeira, em suas várias formas, reage com esta tornando-se virtualmente insolúvel. A reação de fixação desencadeada pelo cromo deixa o arsênio como agente inseticida e o cobre como agente fungicida, totalmente aderidos às estruturas celulares. Por isso, tem apresentado eficiência na proteção de madeiras contra insetos (cupins e brocas), fungos apodrecedores e perfuradores marinhos.

Essas reações de fixação entre os compostos do preservativo CCA com a madeira, ocorrem muito rapidamente, motivo pelo qual o único processo industrial utilizado é o processo sob pressão em autoclave, sobre o qual discorreremos proximamente.

Ensaio realizados em todo o mundo demonstram um excelente desempenho das madeiras tratadas com CCA após 30 anos de sua permanência em contato com o solo. Por este motivo é largamente utilizado no tratamento de madeiras destinadas a fundações, postes, pilastras, dormentes, cruzetas, decks e qualquer outro componente de responsabilidade estrutural.

3.5.2.3 - CCB - Borato de Cobre Cromatado

O preservativo CCB surgiu numa tentativa de substituição do arsênio pelo boro em formulações do tipo CCA. Contudo, alguns estudos, tanto no Brasil como em outros países, têm demonstrado que o desempenho de madeiras tratadas com CCB não tem sido tão satisfatório, principalmente devido à solubilidade do boro, que é facilmente lixiviado da madeira, desguarnecendo-a da proteção fungicida e inseticida.

É um preservativo de uso restrito a alguns países europeus, e no Brasil é utilizado no tratamento de postes e mourões, sob pressão em autoclave.

3.5.2.4 - Outros Compostos de Boro

Existem inúmeras formulações, em geral destinadas ao tratamento de madeiras verdes, por processos não industriais como imersão, pincelamento ou aspersão, que contêm boro em sua composição. Tais formulações se baseiam no princípio da Difusão dos Compostos de Boro para dentro da madeira, e têm sido recomendadas para tratamento de madeiras a serem utilizadas fora do contato com o solo e protegidas contra a ação de intempéries.

3.5.3 - Sais de Amônio Quaternário e Aminas Terciárias (AAC_S)

As pressões econômicas e ambientais sempre crescentes sobre os produtos químicos atualmente em uso levaram a uma situação onde todos os esforços estão sendo direcionados para o desenvolvimento de novos preservativos. Entre os preservativos que vêm sendo testados, os sais de amônio quaternários e aminas terciárias (AAC_S) têm demonstrado um grande potencial como preservativos de largo espectro. São produzidos no país e tem merecido uma atenção especial nos trabalhos desenvolvidos pelo IPT. Os AAC_S englobam produtos hidrossolúveis e oleossolúveis.

Há dois tipos básicos de AAC's de interesse em preservação de madeiras: os sais de amônio quaternário e as aminas terciárias. Ambos são sintetizados através de alquilação em etapas. Produzindo, como intermediário, aminas terciárias que, por sua vez, dão origem aos sais de amônio quaternário. A(s) cadeia(s) hidrofóbicas são derivadas de ácidos graxos naturais (coco, soja) ou são sintetizadas a partir do etileno.

3.5.4 - Inseticidas

Inseticidas são definidos como produtos químicos que promovem a morte dos insetos. São tradicionalmente classificados em:

- Inseticidas de contato: atuam pelo contato dos produtos sobre o tegumento (aquilo que reveste externamente o corpo dos animais - pele, escama, penas, pelos, etc) dos insetos obstruindo os orifícios respiratórios ou atravessam a cutícula atuando nos órgãos internos.

- Inseticidas de ingestão: atuam após entrarem no sistema digestivo dos insetos.
- Inseticidas fumigantes: atuam na via respiratória.
- Inseticidas sistêmicos: incorporados ao solo têm a propriedade de serem absorvidos pelas raízes dos vegetais, integrando-se na corrente seivosa, que se torna letal para os insetos.
- Inseticidas orgânicos de síntese: podem agir por qualquer das formas acima descritas.

Podem também ser denominados quanto à sua finalidade (objetivo). Ex.: formicida, cupinicida, assim como quanto à sua origem: inorgânicos, orgânicos clorados, orgânicos fosforados ou orgânicos de origem vegetal, etc.

Usaremos aqui a classificação segundo sua origem, ou seja, sua natureza química.

Organoclorados

Os organoclorados mais conhecidos em preservação de madeiras são: Lindane, Aldrin, Heptacloro.

Lindane

É o nome de um dos 5 isômeros do hexacloro-ciclo-hexano (BHC). O mais ativo deles, apresentando 99% de pureza. Como todos os isômeros do BHC, é estável à luz, ao calor, ao ar e a ácidos fortes. Seu modo de ação é por ingestão, contato e também como fumigante. É usado no controle de cupins como inseticidas de solo, apresentando algumas vantagens sobre o BHC como:

- não tem odor desagradável;
- não altera gosto e odor de plantas e frutos pulverizados;
- tem ação fitotóxica mais baixa

Quanto à sua toxicidade, ele pode às vezes ser menos eficaz que o BHC, pois atua mais lentamente sobre os insetos. Porém, para o homem e outros mamíferos, o Lindane é muito mais tóxico que o BHC, tanto por via oral como por via dermal.

É uma substância sólida, branca, cristalina, solúvel no benzeno, acetona e outros solventes.

Aldrin

É um inseticida de contato e ingestão que controla as pragas que vivem no solo, incluindo os cupins. Não prejudica os microorganismos existentes no solo.

É uma substância sólida, cristalina, um pouco volátil, quase inodora, de cor levemente parda, insolúvel na água, mas solúvel em quase todos os solventes orgânicos. Estável tanto em meios alcalinos, como em meios ácidos. Apresenta bom poder residual.

Quanto à sua toxicidade, sua ação é um tanto lenta. Não é fitotóxico quando utilizado dentro das recomendações estabelecidas. Com relação ao homem e outros mamíferos, o Aldrin é bastante tóxico por via oral.

Heptaclo

Seu modo de agir é por contato, ingestão e fumigação. Empregado em vários países, em grande escala, contra os insetos subterrâneos como o cupim de solo.

A substância pura é sólida, branca, cristalina, com leve odor de cedro, solúvel na acetona, benzeno, tetracloreto de carbono, xileno, etc. O produto técnico é sólido, com consistência de cera. É estável ao calor, luz, umidade e ar. É incompatível com substâncias alcalinas e tem poder residual longo.

Quanto à sua toxicidade, a sua ação de contato contra os insetos é a mais importante. Não é fitotóxico quando aplicado em doses normais. Para o homem e outros mamíferos, o heptaclo é tido como de alta toxicidade aguda oral, por isso, deve ser manuseado com relativa cautela.

Os produtos organoclorados aqui mencionados estão ou estarão em desuso num futuro próximo. Os detentores de licenças para fabricação e/ou comercialização, assim como os usuários dos mesmos na preservação de madeiras, não têm demonstrado mais interesse na continuidade

dos mesmos, devido às restrições de natureza toxicológica. Foram aqui mencionados dada a importância que os mesmos tiveram para o setor.

Organofosforados

Alguns produtos pertencentes à classe dos organofosforados vêm sendo utilizados no campo da preservação de madeiras, em virtude das restrições legais, que vêm gradativamente sendo impostas aos produtos de natureza clorada. Entre os organofosforados destaca-se como promissor o:

Clorpirifós

É largamente utilizado como inseticida, atuando por contato e ingestão. Não é fitotóxico para plantas quando usado na dose recomendada. Não deve ser utilizado com compostos alcalinos. Na agricultura é recomendado como inseticida de solo, atuando como inseticida no lar contra formigas, baratas e demais insetos domésticos. Recentemente suas recomendações incluem brocas de madeira e cupins.

Quanto à sua toxicidade ao ser humano, clorpirifós parece livre de problemas significantes; sua ação tóxica é moderada. Não é conhecido nenhum risco crônico à saúde, sendo considerado um cupinicida alternativo para compostos organoclorados, como o Aldrin e Heptacloro, por exemplo.

Piretróides sintéticos

São derivados sintéticos de piretrinas naturais (estruturas químicas extraídas de crisântemo).

As piretrinas são muito tóxicas para os insetos; atuam por contato e por ingestão e são pouco perigosas para os mamíferos, assim como para as plantas em geral. Utilizadas no controle de pragas dos lares como pernilongos e moscas e controle de pragas de plantas.

Os estudos realizados foram bastante completos e demonstraram a eficiência dos piretróides fotoestáveis a cupins e coleópteros em reduzidas concentrações. Alterando a estrutura

básica inicial das piretrinas foram desenvolvidos novos compostos, comercializados com os nomes de Deltametrin e Permetrin.

Os preservativos de madeira podem ser ainda divididos em dois grandes grupos: os de proteção temporária e os de proteção prolongada.

Os de proteção temporária são produtos comumente aplicados à madeira pelo produtor nas serrarias, para garantir que sua madeira chegará ao consumidor em bom estado de sanidade e sem defeitos produzidos por ataques biológicos.

Projetados para proporcionar proteção de até 6 meses, têm normalmente custo inferior aos de proteção prolongada. São aplicados antes da secagem, em madeiras recém cortadas. As soluções podem conter fungicidas, inseticidas, ou ambos ao mesmo tempo. São preservativos utilizados nos tratamentos denominados profiláticos.

Os de proteção prolongada são produtos que em geral proporcionam à madeira um aumento em sua vida útil em relação à madeira sem tratamento. Para sua aplicação de forma devida, é preciso conhecimentos sobre as características básicas da madeira, como densidade, permeabilidade, teor de umidade, assim como para que finalidade e em que condições a madeira será utilizada. Portanto, a escolha do processo e do produto são fatores fundamentais para se obter o máximo de vida útil e racionalidade na utilização da madeira.

3.5.5 - Outros Produtos

Vários outros produtos têm sido testados para uso em preservação de madeira. A lista é muito extensa. Como exemplo, podem ser citados: Captan, Diflubenzuron, Furmetamina, Clorotalonil, N-tritil-morfolina (ambiente marinho), Benomyl, Guazatina, Mitrol, Cuzol, Nopcocide, Improsol, etc.

Os quatro preservativos responsáveis por 80% da madeira tratada no mundo são: creosoto, pentaclorofenol, CCA, ACA.

TABELA 3.4 - Tipos de preservativos

	Proteção temporária		Proteção prolongada
Oleossolúveis			Creosoto / Carbolineum Pentaclorofenol, Quelato, TBTO, Naftenatos, TBFTBT
Hidrossolúveis	Fungicida	Inseticida*	CCA CCB ACA
	Penta Na + Bórax	Heptacloro Clorpirifós	
	Cobre 8 ** Quinolinolato + Bóraz		
	Tribromofenato de Na		

Obs.: * Emulsionável em H₂O

** Em suspensão de micropartículas em água.

3.6 - Métodos de Tratamento

A escolha do preservativo, assim como do processo de aplicação desse preservativo, vai depender não só do tipo de madeira, como das condições de utilização da mesma, ou seja, das condições de agressividade dos agentes destruidores a que a madeira vai estar exposta. (Tabela 3.5).

Madeiras que permanecem em contato com o solo, têm maior probabilidade de sofrer ataques por fungos apodrecedores na região de engaste ou afloramento, pois é nessa área que as condições de umidade, temperatura e oxigenação favorecem a instalação e desenvolvimento desses organismos.

TABELA 3.5 - Combinações entre os tipos de preservantes e os processos de tratamentos em função da durabilidade natural e das condições de emprego da madeira na construção.

Condições de Emprego	Classe de durabilidade	Preservação a aplicar		
		Método de tratamento	Tipo de produto recomendado	Comportamento do produto ao desgaste
Em contato com o solo ou alvenarias úmidas, ou correndo qualquer risco de reumidificação importante e prolongada	1	-	-	-
	2	Imersão	Produto em solução orgânica	Não lixiviável e resistente a perdas por evaporação
	3-4-5	Impregnação sob pressão	Produto oleoso ou em solução orgânica, se a impregnabilidade da madeira é baixa ou média. Se ela é boa, os produtos salinos não lixiviáveis podem também ser utilizados	Não lixiviável e resistente a perdas por evaporação
Madeiras isoladas do solo e de fontes de umidade permanente, mas expostas diretamente às intempéries	1	-	-	-
	2	-	-	-
	3-4	Imersão ou aspersão	Produto em solução orgânica	Não ou pouco lixiviável e resistente a perdas por evaporação
		Impregnação sob pressão	Produto oleoso ou em solução orgânica ou produto salino	
5	Impregnação sob pressão	Produto oleoso ou em solução orgânica ou produto salino	Não ou pouco lixiviável e resistente a perdas por evaporação	
Madeiras isoladas do solo e de toda fonte de umidade e abrigada das intempéries	1	-	-	-
	2	-	-	-
	3-4	-	-	-
	5	Imersão, aspersão ou pincelamento	Produto em solução orgânica	Resistente a perdas por evaporação
		Imersão (modo operatório para soluções aquosas)	Produto salino	Resistente a perdas por evaporação

Fonte: ABPM

Legenda:

- 1 - madeiras muito duráveis
- 2 - madeiras duráveis e muito duráveis
- 3 - madeiras duráveis
- 4 - madeiras medianamente duráveis
- 5 - madeiras pouco ou não duráveis

Madeiras em contato com água do mar poderão sofrer o ataque de agentes perfuradores marinhos.

Para estes casos, quando a madeira não apresenta alta durabilidade natural, somente com valores adequados de retenção, boa fixação e penetração do preservativo estará protegida contra esses ataques biológicos, o que se consegue com tratamentos industriais em instalações próprias, dentro de uma autoclave, sob pressão.

Madeiras de interiores, como móveis, componentes estruturais aéreos, esquadrias, entre outros, que se mantenham secas, estão mais protegidas, ou seja, não estão em circunstâncias que favorecem o ataque por fungos e organismos xilófagos. Para esses casos, pequenos valores de retenção e penetração do preservativo serão suficientes para uma eficiente proteção, o que poderá ser obtido por processos mais simples como o pincelamento ou imersão, por exemplo.

Madeiras fora do contato com o solo, componentes de estruturas externas, ou seja, que estão expostas às intempéries (água das chuvas e incidência direta de raios solares), precisarão ter a sua superfície protegida contra esses agentes físicos também. Pigmentos e resinas hidro-repelentes cumprem essa função e podem ser adicionados ao preservativo; aplicados pelo processo de simples pincelamento promoverão proteção eficiente.

Existem também os casos em que a madeira necessita de proteção imediatamente ao abate da árvore ou durante o processamento nas serrarias. Neste caso, o tratamento das toras ou da madeira recém serrada, no estado verde, pode ser executado por imersão ou pulverização,

prevenindo o ataque por fungos, especialmente os emboloradores e manchadores e alguns coleópteros. Neste caso o tratamento é denominado de profilático.

O teor de umidade da madeira é também fator determinante na escolha tanto do preservativo como do processo de aplicação a ser adotado.

Quando o tratamento preservativo da madeira ocorre antes de sua utilização para prevenir a deterioração em uso, é chamado *tratamento preventivo*. Por outro lado, quando se faz o tratamento em madeira para erradicar alguma deterioração que já se encontra em andamento, é chamado *tratamento curativo*. Alguns métodos de tratamento podem ser empregados tanto no tratamento preventivo como no curativo. Há, contudo, outros métodos que são específicos.

3.6.1 - Métodos Preservativos sem Pressão

Pincelamento e Aspersão ou Pulverização

São métodos que proporcionam baixa retenção e penetração do preservativo. Portanto, são indicados para madeiras que serão utilizadas em circunstâncias de baixa incidência de ataque por organismos xilófagos, ou seja, não são recomendados para madeiras em contato com o solo ou em contato constante com fontes de umidade.

Em madeiras bastante permeáveis, obtém-se penetração de 1 a 5 mm, enquanto que nas não permeáveis dificilmente se obtém penetração além de 1 mm.

A aspersão é executada por meio de pulverizador portátil. Nos casos onde a produção precisa ser em grande escala, utiliza-se uma câmara de aspersão, onde em todas as faces internas são adaptados os bicos de pulverizador.

São os processos mais simples disponíveis, requerendo investimento mínimo e podem ser realizados com preservativos hidrossolúveis, ou com preservativos oleossolúveis de baixa viscosidade. Em casos de construção, o método pode ser aplicado no próprio local, com a madeira já instalada.

Imersão

Embora se consiga maior penetração de preservativo na madeira pelo método de imersão do que por pincelamento ou aspersão, não se recomenda o uso de madeira tratada por este método em contato com o solo ou próximo a fonte de umidade. A madeira é depositada em tanque de metal ou concreto contendo o preservativo e após sua permanência pelo período desejado é retirada e colocada para secar.

Os tempos de imersão não são críticos, podendo variar de 3 segundos até vários dias. Dependendo da permeabilidade da madeira pode-se conseguir maiores retenções e penetrações do preservativo, com tempos mais longos de imersão ou com um número maior de imersões. Com um período de imersão inferior a 3 segundos, obtém-se penetração equivalente à obtida por pincelamento ou aspersão. A penetração depende, além de permeabilidade da madeira, do tipo de preservativo empregado, sendo maior para os de menor viscosidade.

Para madeira verde, devem ser usados preservativos hidrossolúveis, sendo a difusão o fenômeno que rege a absorção de preservativo. Já para madeira seca, abaixo do ponto de saturação das fibras, é mais recomendável o uso de soluções oleossolúveis de baixa viscosidade, pois, neste caso, embora ainda ocorra difusão, predomina a capilaridade. No caso de emprego de soluções oleossolúveis, a viscosidade pode ser diminuída por meio de aquecimento.

Banho Quente-Frio

Este processo é indicado para o tratamento de madeiras secas com a utilização de preservativos de natureza oleosa, ou hidrossolúveis que permaneçam estáveis quando aquecidos. É comumente empregado com preservativos oleossolúveis e recomendado para madeiras que ficarão em contato com solo ou água.

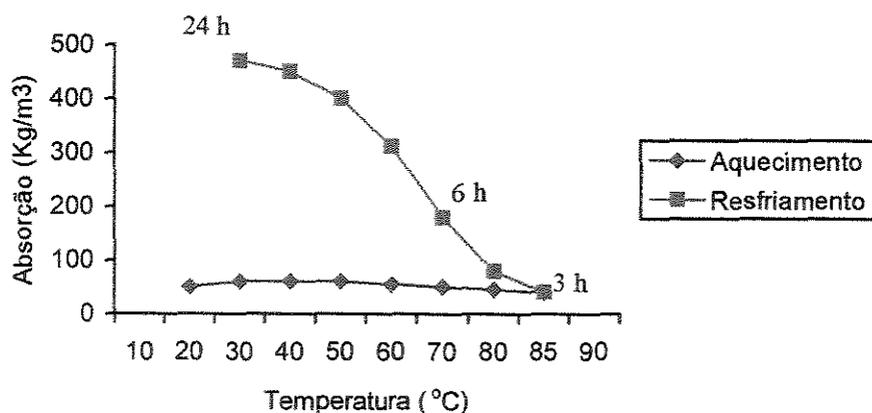
Consiste em colocar as peças a serem preservadas inicialmente num banho quente por um período de tempo suficiente para que a madeira entre em equilíbrio térmico com a solução. A temperatura do banho varia, em geral, entre 90° a 100° C, havendo um limite superior de temperatura limitado pelo “flash-point” do veículo oleoso empregado. Esse aquecimento pode ser feito com lenha ou carvão. As peças são então transferidas para o banho frio, onde a temperatura

é a ambiente. O tempo de cada banho é dependente da madeira a ser tratada, de suas dimensões, e da retenção e penetração desejadas.

Pode-se adotar 3 caminhos para transferência dos banhos:

- Transferir a madeira do tanque de banho quente ao tanque de banho frio;
- Drenar o preservativo quente e substituí-lo pelo preservativo frio em um mesmo tanque;
- Descontinuar o aquecimento da solução no tanque, deixando-a posteriormente esfriar junto com a madeira, contando o tempo de permanência em banho frio a partir da chegada da temperatura do preservativo à temperatura ambiente.

Não há necessidade das peças permanecerem totalmente submersas nos dois banhos. Em um deles, independente de qual, elas podem ser colocadas em pé, dentro de um tambor, por exemplo.



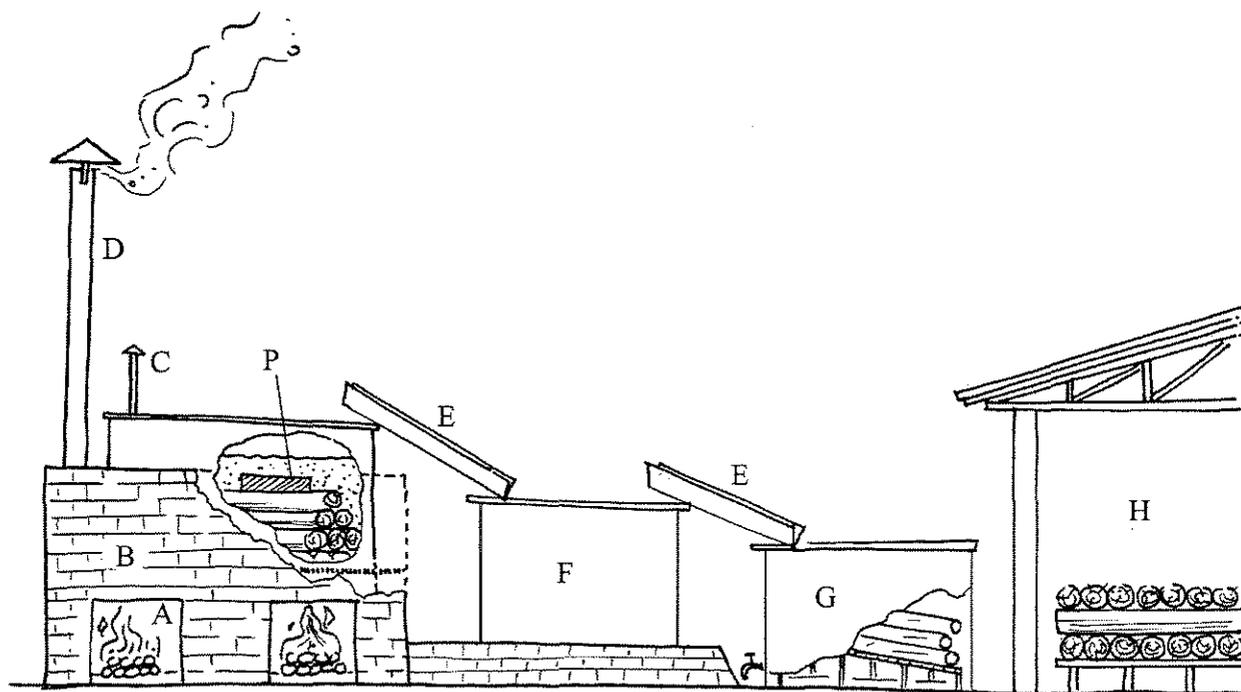
Fonte: Manual de Preservação de Madeiras, vol. I

FIGURA 3.20 - Absorção de creosoto em alburno de madeira raiga de *Pinus* pelo processo de banho quente-frio

O método do banho quente-frio é eficaz, porque o aumento da temperatura do banho quente, além de baixar a viscosidade do óleo, causa a expansão do ar das células da madeira, expulsando-o parcialmente e libertando a água das camadas exteriores da madeira, abrindo seus poros. O banho frio provoca a contração do ar remanescente com conseqüente formação de um

pequeno vácuo parcial, que permite a absorção do preservativo. Apenas 15 - 20% da absorção total ocorre durante banho quente como ilustra a Figura 3.20.

Pode-se conseguir penetração quase total do preservativo no alburno da madeira, desde que se ajuste o tempo de imersão nos banhos, de acordo com as dimensões da peça a ser tratada. Este método é passível de ser mecanizado, tornando-se quase um processo industrial.



Desenho de Carlos Alexandre Bacci - Original Montana Química

FIGURA 3.21 - Esquema semi-industrial de tratamento pelo processo do banho quente-frio

Legenda:

A - Forno para aquecimento

B - Tanque para banho quente

C - Termômetro

D - Chaminé

E - Canaletas para evitar desperdício de solução

F - Tanque para banho frio

G - Tanque para coleta de excesso de solução

H - Armazenamento e secagem da madeira tratada

P - Peso para conseguir que os mourões fiquem imersos

Capilaridade ou Substituição de Seiva

É um processo exclusivamente empregado para madeiras roliças, verdes, recém abatidas, com no máximo 48h entre o abate e o início do tratamento, pois deve conter elevado teor de umidade. Baseia-se na substituição da seiva por uma solução preservativa hidrossolúvel.

É um processo prático, considerado caseiro, onde é comum a utilização de tambores cortados transversalmente. As peças a serem tratadas, já sem a casca e o câmbio que é retirado com uma escova grossa, são colocadas na posição vertical com a base imersa na solução preservativa. A fim de impedir a evaporação, pode ser colocada na superfície da solução uma camada protetora de óleo. O tratamento deve ser efetuado em local abrigado da chuva e que permita perfeita ventilação entre as peças. À medida que se processa a evaporação da água da seiva, a solução preservativa penetra por difusão e capilaridade. A altura de solução preservativa deve ser mantida constante pela adição de mais solução. O processo é interrompido quando a madeira absorver um volume de solução correspondente à retenção desejada. Normalmente, os fabricantes de preservativos fornecem tabelas associando o volume absorvido e as dimensões da peça com a retenção obtida. Após o tratamento, as peças devem ser estocadas ao abrigo das chuvas, por um período de 20 - 25 dias, para que se processem as reações de fixação dos produtos químicos na madeira.

“Boucherie”

É um variante do processo de substituição da seiva, onde as peças já preparadas são colocadas no chão com uma das extremidades levemente inclinada. O preservativo é alimentado por um tanque elevado, através de uma tubulação que se comunica com a extremidade elevada por meio de uma capa de borracha, perfeitamente ajustada ao diâmetro da peça. A pressão hidrostática da solução força o preservativo ao longo da peça, deslocando a seiva que sai pela outra extremidade. O processo leva vários dias para penetrar completamente o alburno.

Difusão

O fenômeno de difusão pode ser definido como o deslocamento espontâneo de uma substância através de um determinado meio, de uma zona de potencial químico elevado para uma zona de potencial químico mais baixo. Na maioria dos casos práticos, a diferença de potencial químico se deve a uma diferença de concentração. Assim, se uma peça de madeira saturada de água for submersa completamente numa solução contendo sais preservativos, haverá uma migração de íons de solução para o interior da madeira, até que se estabeleça o equilíbrio das concentrações, dentro e fora da madeira. Como a difusão na direção longitudinal é mais rápida, dependendo das dimensões da peça, o caminhar do preservativo dentro dos elementos longitudinais da madeira será predominante. É importante lembrar que o fenômeno da difusão só se processa quando a madeira se encontra inicialmente com elevado teor de umidade. A secagem, mesmo que parcial, além de comprometer seriamente a difusão, pode causar o bloqueio do movimento da solução nos capilares da madeira pelo aparecimento de bolhas de ar em seu interior.

Por isso, a madeira para ser tratada por difusão, deve ser preferencialmente de árvore recém-abatida e apresentar umidade acima de 50%.

Após o tratamento, sempre se recomenda que a madeira seja armazenada à sombra, com pouca ventilação, por um período de 3 a 4 semanas, antes da sua utilização, pois se houver uma secagem rápida após o tratamento, não haverá umidade suficiente para que o produto preservativo se distribua de forma homogênea por toda a peça. Esse período de armazenamento após o tratamento permite ainda a complementação das reações químicas que determinam a fixação do preservativo na madeira.

Como o processo é facilitado pelo uso de soluções com teor salino que elevam o gradiente de concentração a partir da superfície, é bastante comum o uso de sais de boro com alta solubilidade. Os compostos de flúor também são empregados em processos de difusão, sendo comumente utilizado na forma de pastas aplicadas na madeira.

Há 3 métodos de se aplicar preservativo por difusão. Cada um confere graus diferentes de penetração e retenção dependendo do processo e do preservativo adotado:

- Submersão em um preservativo

A madeira é submergida em um preservativo por poucos minutos e depois é empilhada compactamente e envolvida por lona plástica, ficando nestas condições por 2 a 15 semanas. Dessa forma mantém-se o ambiente úmido na pilha, facilitando a difusão do preservativo para o interior da madeira. Outra maneira de se obter a difusão é manter a madeira submersa no preservativo por vários dias, durante os quais ocorre lenta difusão. Como neste processo geralmente é utilizada solução de ácido bórico, bórax ou combinação dos dois, e, uma vez que compostos de boro usados neste método não se fixam, permanecendo solúveis, a madeira assim tratada não é recomendada para uso em contato com o solo ou água.

- Submersão em dois preservativos (dupla difusão)

A madeira é mantida submersa por vários dias em um preservativo, e depois em outro, pelo mesmo período. Este último, ao penetrar na madeira, reage com o primeiro, formando um composto tóxico insolúvel, com alta resistência à lixiviação. Em seguida, promove-se a secagem da madeira pelos métodos convencionais.

Este método é recomendado para madeiras a serem utilizadas em contato com o solo, havendo registros de tratamentos utilizando soluções de sulfato de cobre e bicromato de potássio, que apresentaram vida média de cerca de 11 anos. Algumas formulações similares contendo compostos de arsênio, apresentaram vida média da ordem de 14 anos.

- Aplicação do preservativo em forma de pasta

O preservativo, em forma de pasta, é colocado na superfície da madeira, que depois é compactamente empilhada e coberta por lona plástica por cerca de 30 dias. Esse preservativo geralmente contém fluoreto de sódio ou misturas de compostos de boro e fluoretos que difundem para as camadas mais internas em função do teor de umidade da madeira.

A aplicação de pastas com ingredientes difusíveis é também muito comum em estruturas em contato com o solo, como por exemplo postes, onde a região engastada apresenta teor de umidade que favorece a difusão desses ingredientes para o interior da madeira.

Pode-se obter boa penetração pelos 3 métodos de difusão. A penetração na direção tangencial é metade e na radial é dois terços do valor obtido na axial (topo). Se todas as especificações de cada método forem adotadas, pode-se obter penetração total na madeira, desde que sua espessura não seja muito alta.

3.6.2 - Métodos Preservativos com Pressão

Os processos de impregnação com pressões superiores à atmosférica são, sem dúvida alguma, os mais eficientes, em razão da distribuição e penetração uniforme do preservativo na peça tratada; além disso, nos processos com pressão, há um maior controle do preservativo absorvido, resultando na garantia de uma proteção efetiva com economia de preservativo.

Em contraposição, tais processos apresentam algumas desvantagens como o custo de equipamento e de sua manutenção, mão-de-obra especializada e o transporte da madeira até a usina de tratamento.

As instalações utilizadas compreendem tanques de armazenamento, tanque misturador de soluções preservativas, bomba de vácuo, bomba de pressão ou compressor de ar, bomba de transferência, tubulações, válvulas, sistema de aquecimento (em certos casos), e o mais importante, um cilindro horizontal chamado autoclave (Figura 3.22), onde a madeira é acondicionada e tratada. Além disso, é necessário um sistema para introdução e remoção da madeira do cilindro de tratamento composto por vagonetas que deslizam sobre trilhos (Figura 3.23).

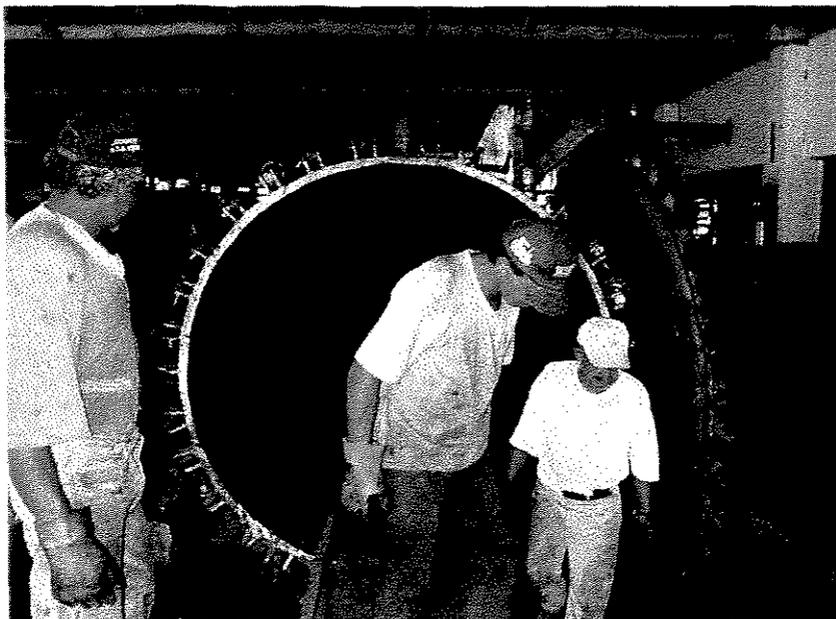


Foto: Rosemary Diogo Sgai, na Prema, Rio Claro - SP

FIGURA 3.22 - Vista da autoclave

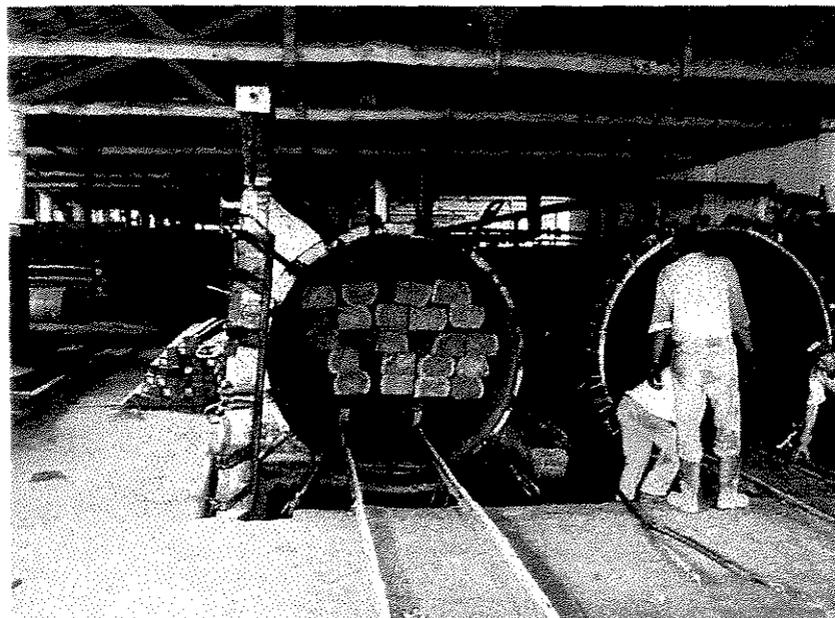


Foto: Rosemary Diogo Sgai, na Prema, Rio Claro - SP

FIGURA 3.23 - Vagonetas sobre trilho

Todos esses equipamentos especiais compõem o que denominamos de uma “*Usina de Preservação de Madeiras*”. O dimensionamento de uma usina e sua capacidade de produção varia em função dos tipos de peças de madeiras a serem produzidas (mourões, postes, dormentes, madeiramento de construções, etc.), assim como também com a importância dos mercados.

O tamanho do cilindro de tratamento (autoclave) determina a capacidade da usina, o qual é função das dimensões das peças a serem tratadas e do volume total de material que se necessita tratar por dia, mês e ano.

Como o tratamento com emprego de pressão resulta em penetração total do preservativo nos tecidos permeáveis, a madeira tratada por este método pode ser utilizada em quaisquer situações, mesmo nas que apresentam alto índice de ataque por organismos xilófagos, como é o caso do contato com o solo.

Há, basicamente, 3 processos de se aplicar o preservativo por pressão: Célula cheia ou Bethell e Célula vazia, subdividido em Rüeping e Lowry.

Célula Cheia ou Bethell

É um método que foi desenvolvido na Inglaterra por John Bethell em meados do século XVIII e é empregado quando se deseja obter uma retenção elevada, ou seja, quando se deseja que a madeira retenha uma grande quantidade de preservativo por volume de madeira. É o método mais utilizado para se tratar a madeira sob pressão e basicamente seguem-se os seguintes passos:

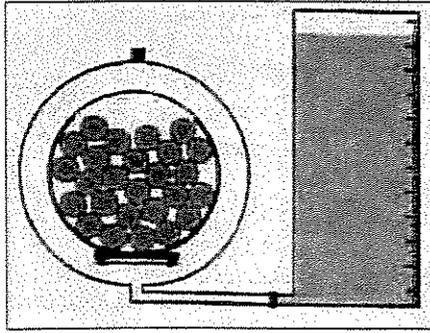
1. Vácuo inicial: Após a autoclave estar fechada se provoca um vácuo inicial de 600 a 630 mmHg durante um tempo que varia de 30 min a 1 hora, conforme a permeabilidade da madeira. A finalidade é extrair parte do ar das camadas superficiais da madeira para facilitar a entrada do preservativo.
2. Admissão do preservativo: Sem se romper o vácuo e aproveitando-se do mesmo, se permite a entrada do preservativo. Essa admissão, se necessário, pode ser completada com o auxílio de uma bomba de transferência, pois a autoclave deve ficar completamente cheia com a solução preservativa, sem a ocorrência de bolsas de ar.

3. Pressão: com a autoclave totalmente preenchida, liga-se o compressor de bomba de pressão até se atingir a pressão mínima que é da ordem de 10 a 12 kgf/cm². O período de pressão varia de 1 a 5 horas, dependendo da permeabilidade da madeira em tratamento. É necessário que seja absorvida a quantidade de preservativo correta para se obter a retenção desejada.
4. Transferência do preservativo: A pressão é então aliviada e o preservativo restante é bombeado de volta para o tanque de armazenamento.
5. Vácuo final: Então se aplica um vácuo final de curta duração com a finalidade de eliminar o excesso de preservativo sobre a superfície da madeira evitando desperdício.

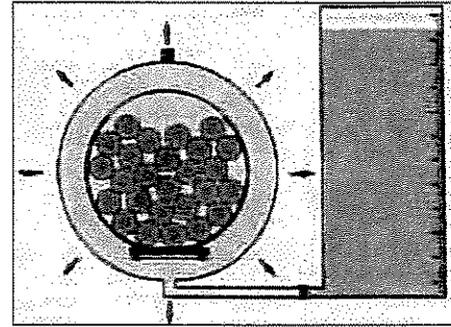
O tempo requerido para o tratamento dependerá portanto:

- Da espécie da madeira a tratar;
- Do grau de sazramento (amadurecimento) dessa madeira;
- Dimensões das peças;
- Quantidade de alburno que a madeira contenha.

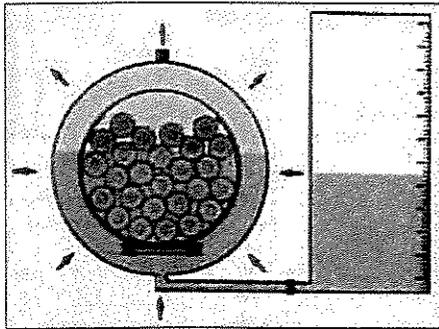
O método é chamado de célula-cheia porque o preservativo fica retido tanto na parede como no lumem das células da madeira.



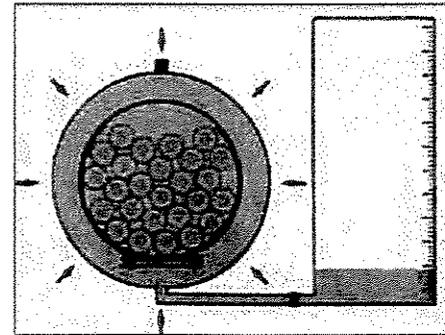
1. Seca e beneficiada, a madeira é introduzida na autoclave



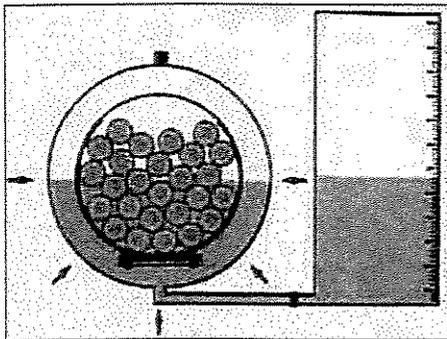
2. Vácuo inicial. Retira a maior parte do ar existente no interior das células de madeira



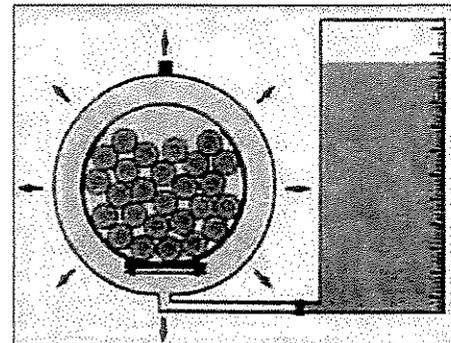
3. Ainda sob vácuo, a solução do preservante é transferida para a autoclave.



4. Sob alta pressão, a solução é injetada na madeira até saturação



5. A pressão é aliviada e a solução excedente é transferida de volta ao reservatório



6. Vácuo final. Retirada do excesso de produto da superfície da madeira

Fonte: Montana Química

FIGURA 3.24 - Resumo esquemático do processo Bethell

Célula Vazia

Este método é usado quando se deseja profundidade de penetração, com retenção de preservativo relativamente baixa. É geralmente utilizado para impregnação com preservativos oleossolúveis. Difere do processo de célula-cheia pelo vácuo inicial, ou seja, aqui não se aplica o vácuo inicial, o preservativo é injetado na madeira sem a retirada do ar de seu interior. Como conseqüência, ocorre uma compressão do ar dentro da madeira durante o período de impregnação e, quando a pressão é interrompida, esse ar expande e expulsa parte do preservativo. Com isso, consegue-se uma boa penetração sem muito consumo de preservativo. O método é assim chamado porque o preservativo fica retido apenas na parede das células da madeira. Normalmente são distinguidos dois tipos de tratamento de célula vazia, o de Lowry e o de Rüeping.

No processo Lowry, o preservativo é injetado na madeira contra o ar já existente nas células, portanto, à pressão atmosférica. No processo Rüeping, a fase inicial do tratamento consiste na compressão do ar já existente na madeira, até uma pressão de 4,5 - 5,0 kgf/cm², e só então o preservativo é recalcado para a autoclave, sem que seja permitida a queda de pressão do ar. Quando termina o período de impregnação, o ar inicialmente bombeado para o interior da madeira se expande e chega a dois terços do total de preservativo absorvido; no caso de madeiras permeáveis, esse processo de tratamento assegura penetrações profundas e retenções necessárias para a inibição dos fungos apodrecedores.

Tanto pelo processo de célula cheia como no de célula vazia, obtém-se profunda penetração do preservativo na madeira. Toda a parte do alburno fica impregnada pela solução.

Hidrossolúveis e oleossolúveis são empregados no método de célula cheia e, oleosos (creosoto) nos dois métodos de célula vazia.

Mediante estes processos, a retenção dos preservativos hidrossolúveis é controlada corretamente, o que se faz regulando-se a concentração de solução impregnante e calculando-se exatamente a quantidade de solução que pressionada penetra na madeira.

Essas retenções de preservativos são pré-calculadas baseando-se no volume de madeira a se tratar, em m³ de madeira tratável e de acordo com a quantidade de preservativo que retenha a

madeira ao finalizar o ciclo de tratamento. A penetração será determinada pelo valor médio de penetração das amostras recolhidas.

Há, porém, uma variabilidade estrutural entre as diversas espécies de madeira, resultando em diferentes permeabilidades às soluções preservativas. Assim, o esquema para cada tipo de tratamento deve ser ajustado às características da espécie que está sendo tratada. Para isso, faz-se um tratamento inicial, chamado de Estudo de Tratabilidade, onde se verifica a absorção e a penetração de cada espécie estudada. Com esses parâmetros definidos, determina-se a concentração de trabalho da solução preservativa para que seja atendida a retenção necessária, assim como define-se a intensidade e o tempo de pressão a ser aplicada.

3.6.3 - Processos Curativos

Fumigação

A fumigação ou expurgo é um processo bastante eficiente no combate aos insetos, utilizado em grande escala no controle de deterioradores de cereais, grãos, fumo e outros produtos agrícolas, além de manufaturados.

No tratamento de madeiras, consiste em submeter a peça atacada à ação de um gás tóxico por um período suficiente para exterminar as diversas formas dos insetos. A principal vantagem da fumigação é o alto poder de difusão dos gases, o que permite penetração profunda na madeira. Por outro lado, após a liberação do gás, não permanece nenhum resíduo na madeira que possa conferir proteção posterior. Por esse motivo, a fumigação não tem caráter preservativo, funciona como um processo curativo. As peças submetidas a esse processo devem, então, receber um tratamento preservativo, geralmente com uma solução de inseticida, para impedir a reinfestação. Quando por qualquer motivo estiver inviabilizado o tratamento preservativo posterior, pode-se executar expurgos periódicos nas peças de madeira.

Cupins e brocas de madeira podem ser controlados por fumigação. Fungos e xilófagos também podem ser controlados, mas requerem dosagens altas do gás e o tempo de exposição deve ser elevado.

Entre os gases que podem ser utilizados na fumigação, destacam-se o brometo de metila e a fosfina.

O brometo de metila apresenta algumas características favoráveis para o expurgo de peças de madeira, como o forte poder inseticida e o fato de não ser corrosivo, nem inflamável, nem explosivo, sob as condições normais do expurgo. É um gás mais denso do que o ar, incolor e inodoro nas concentrações usuais de fumigação. Por isso costuma ser misturado com cerca de 2% de cloropicrina, que é um forte irritante das mucosas e funciona como gás de aviso, pois confere odor à mistura e provoca ardor nos olhos e nariz. É comercializado líquido sob pressão e, devido ao seu baixo ponto de ebulição ($4,5^{\circ}\text{C}$), volatiliza-se rapidamente à temperatura ambiente, e por isso pode ser utilizado à temperaturas relativamente baixas. É altamente tóxico aos humanos.

O gás fosfina também apresenta forte poder inseticida. As formulações comerciais destinadas à fumigação são pastilhas ou tabletes que contêm fosfeto de alumínio que, em contato com a umidade do ar, libera a fosfina.

Do processo resulta um resíduo na forma de pó, o hidróxido de alumínio. Como a fosfina é inflamável, as pastilhas ou tabletes podem conter carboneto de amônio que, durante o processo, libera dióxido de carbono e amônia, os quais diluem a fosfina e reduzem o risco de combustão durante a fumigação. O risco de explosão ou combustão só ocorre em concentrações muito superiores àquelas normalmente utilizadas durante a fumigação. Para reduzir a velocidade de reação do fosfeto de alumínio com a água do ar (umidade), as pastilhas e tabletes costumam ser impregnados com parafina, o que torna mais seguro o uso do produto.

A dosagem recomendada é de 0,75g a 1,5g de fosfina por m^3 . O tempo de exposição varia em função da dosagem e da temperatura, mas a fumigação não deve ser inferior a 48 horas, devido ao tempo necessário para que as pastilhas se decomponham e liberem totalmente a fosfina. Nas condições climáticas tropicais a liberação ocorre totalmente em algumas horas, devido à alta umidade relativa do ar. Para nossas condições climáticas, pode ser adotada a dosagem de $1,0\text{ g/m}^3$ e o tempo de 48 a 72 horas para temperaturas próximas de 25°C . Para temperaturas inferiores e decrescentes até 10°C , o tempo pode ser aumentado até 5 dias. Não é recomendada a fumigação sob temperatura inferior a 10°C .

As peças a serem tratadas devem ser distribuídas de forma a facilitar a circulação do gás e devem ser recobertas por uma lona, de forma a proporcionar vedação completa. A fixação dessa lona ao solo pode ser executada por meio de pesos sem bordas constantes, como as “cobras de areia”, que são tubos de tecido cheios com areia.

As pastilhas ou tabletes de fosfeto de alumínio devem ser distribuídas antes da vedação completa da câmara. Brometo de metila pode ser adicionado após a vedação por meio de tubulações ou pequenas aberturas destinadas a esse fim. O ambiente em que o expurgo está sendo executado deve ser interditado às pessoas não envolvidas no trabalho e deve oferecer boas condições de ventilação.

A fumigação exige rigorosas medidas de proteção contra intoxicação e deve ser executado por pessoal especializado e treinado.

Após a execução do expurgo em peças atacadas, é necessário a realização de um tratamento mais persistente com preservativos de madeira. Nas estruturas fixas é mais indicada a aspersão do preservativo. Em menor escala é utilizado o pincelamento. A imersão é indicada para as peças móveis ou que possam ser removidas.

Método de Pasta e Bandagem

Preservativo em forma de pasta é usado para tratamento curativo em madeiras que estão em contato com o solo, como no caso de postes, mourões, etc. Neste caso, em que o tratamento é denominado bandagem, o preservativo é aplicado na superfície de madeira, na região de afloramento e um pouco abaixo após retirada da parte contaminada pelos fungos apodrecedores. Após a aplicação, o local tratado é revestido com material impermeável, impedindo que o preservativo se difunda para o solo.

Em geral, essas pastas contém produtos fungicidas e inseticidas com alto poder de penetração por difusão, compostos por duas categorias de preservativos: uma fase oleosa, composta por preservativos oleossolúveis e uma fase sólida, composta por preservativos hidrossolúveis em suspensão na fase oleosa.

4. Avaliação Teórica dos Fatores que Afetam o Tratamento para Preservação de Madeiras

A madeira quando está devidamente tratada com preservativos, tem sua vida média aumentada de várias vezes (Figura 4.1). Entretanto, existem fatores que podem diminuir a eficiência desses preservativos e afetar este tratamento, e precisam ser considerados, para que se obtenha o melhor desempenho da madeira tratada. Estes fatores foram agrupados em três categorias:

- Características da madeira;
- Características da solução de tratamento;
- Processo de tratamento.



Fonte: Montana Química

FIGURA 4.1 - Diferença entre a madeira tratada e a madeira sem tratamento

4.1 - Características da Madeira

4.1.1 - Espécies de Madeira

As madeiras são divididas em coníferas (gimnospermas - Figura 4.2 e 4.3) e folhosas (angiospermas - Figura 4.4 e 4.5), e apresentam diferentes arranjos nos seus elementos anatômicos constituintes, com reflexo na tratabilidade de cada uma delas.

Segundo McLEAN apud LEPAGE, as madeiras são divididas em quatro grupos, de acordo com a maior ou menor facilidade com que o cerne é penetrado.

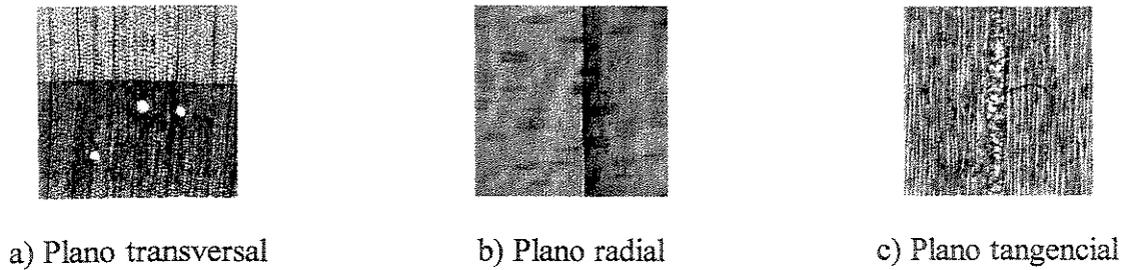
- Grupo 1: Cerne facilmente penetrado
- Grupo 2: Cerne moderadamente penetrado
- Grupo 3: Cerne de penetração difícil
- Grupo 4: Cerne de penetração muito difícil



Fonte: R. G. K. Photography

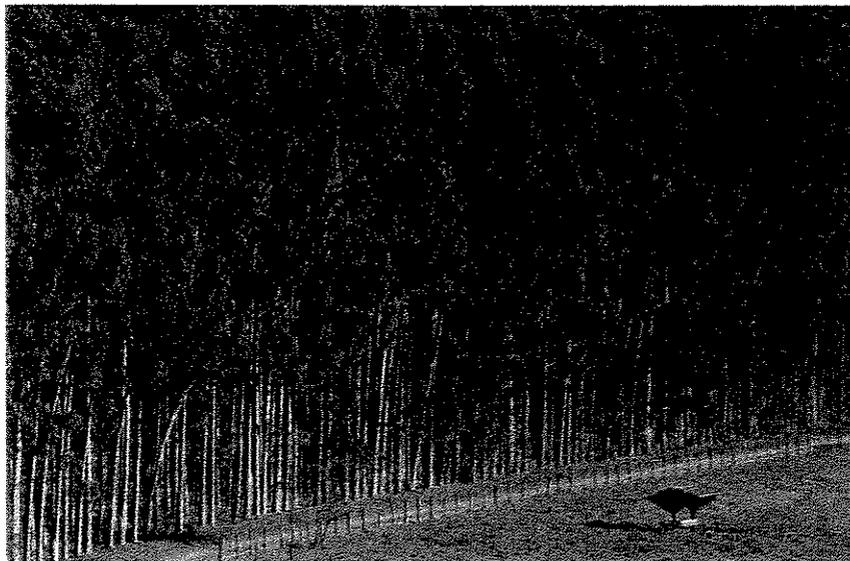
FIGURA 4.2 - *Pinus sp* representando as coníferas (gimnospermas)

De forma geral, a classificação com base na permeabilidade a gases é bastante coincidente com o critério de McLEAN, evidenciando a existência de boa correlação entre tratabilidade e permeabilidade.



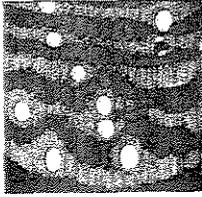
Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 4.3 - Cortes de *Pinus sp*, Pinaceae



Fonte: Icotema Ind. e Com. de Tratamento de Madeiras Ltda

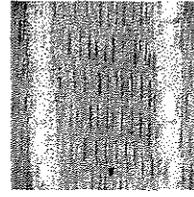
FIGURA 4.4 - Eucalipto representando as folhosas (angiospermas)



a) Plano transversal



b) Plano radial



c) Plano tangencial

Fonte: Madeiras do Brasil

FIGURA 4.5 - Cortes de *angiospermae*

4.1.2 - Volume de Vazios

Essa fração de volume é equivalente à quantidade máxima de preservativo comportada pela madeira. Geralmente, não é o fator limitante no tratamento comercial de madeira, a menos que o teor de umidade seja elevado.

É calculado, segundo SIAU apud LEPAGE, pela expressão:

$$V_a = 1 - G \left(0,685 + 0,01 \frac{M}{G_s} \right) \quad (4.1)$$

Onde:

V_a = fração de vazios

G = densidade básica da madeira

M = teor de umidade da madeira

G_s = densidade aparente da madeira (a M%)

0,685 = volume específico do material lenhoso (cm^3/g)

O termo $0,685 G$ corresponde à fração de volume do material lenhoso, enquanto que M/G_s equivale à fração de volume da água de ligação.

4.1.3 - Elementos Macroscópicos da Madeira

De uma forma geral, o alburno recebe melhor o tratamento preservativo do que o cerne, pois no cerne há a deposição de extrativos que obstruem as pontuações.

Durante o processo de secagem da madeira, há tendência à aspiração das pontuações; tal fenômeno é menos acentuado no lenho tardio, devido a maior espessura do retículo de sustentação. Este fato explica a razão pela qual, nas coníferas, a impregnação é mais fácil no lenho tardio do que no inicial.

4.1.4 - Trabalhabilidade

O grau de facilidade de se trabalhar a madeira é denominado trabalhabilidade, portanto, a grã da madeira poderá nos fornecer uma idéia da facilidade de se conseguir um bom acabamento, onde as madeiras com grã reta provavelmente apresentará uma dificuldade menor de trabalhabilidade de que as madeiras de grã irregulares. As madeiras excessivamente moles são difíceis de nos proporcionar uma superfície lisa. Por outro lado, as madeiras muito duras são difíceis de trabalhar, pois desgastam as ferramentas.

Algumas espécies apresentam canais celulares e intercelulares, células que poderão aderir nas serras prejudicando o trabalho de desdobro, além de serem prejudiciais à saúde. Existem espécies que apresentam sílicas nas células, e que apresentam um elevado grau de dureza, tornando assim inviável seu aproveitamento econômico.

4.1.5 - Permeabilidade

Esta é uma característica muito importante, pois a preservação da madeira é diretamente ligada a permeabilidade. Geralmente, as madeiras mais duras são mais difíceis de secarem e de serem impregnadas, porque possuem menos espaços vazios para a circulação de fluidos. Os vasos nas angiospermas, os traqueídeos axiais e transversais nas gimnospermas, e os raios em ambas, exercem uma função importante, pois fazem a eliminação e penetração de líquidos na madeira.

O lenho inicial de espécies com porosidade em anel é muito mais permeável que o lenho tardio, desta mesma forma o parênquima axial é mais permeável que as fibras, analogamente, a permeabilidade é muito maior no sentido axial do que no sentido transversal.

Também já foi visto que essa propriedade da madeira correlaciona-se bem com sua respectiva tratabilidade. Em regime permanente, é numericamente expressa pela Lei de Darcy, que estabelece:

$$\text{permeabilidade} = k = \frac{\text{fluxo}}{\text{gradiente}} = \frac{Q/A}{\Delta P/L} = \frac{QL}{A\Delta P} \quad (4.2)$$

Onde:

$$k = \text{permeabilidade} \frac{m^3(\text{fluido}) \cdot m}{N \cdot s}$$

$$Q = \text{vazão (m}^3/\text{s)}$$

$$L = \text{comprimento da madeira na direção do fluxo (m)}$$

$$A = \text{seção transversal da madeira perpendicular à direção do fluxo (m}^2\text{)}$$

$$\Delta P = \text{diferencial de pressão (N/m}^2\text{)}$$

Para eliminar a influência do fluido, é muito usada a permeabilidade específica $K = k \cdot \eta$, onde:

$$K = \text{permeabilidade específica (Darcy} = m^3/m\text{)}$$

$$\eta = \text{viscosidade do fluido (N.s/m}^2\text{)}$$

A permeabilidade longitudinal pode ser mais de 1000 vezes maior do que essa mesma grandeza medida nas direções radial ou tangencial. Entretanto, nas aplicações práticas, essa relação estabelecida entre penetrações é de aproximadamente 100 vezes.

A explicação para essa discrepância reside no fato de que a lei de Darcy é válida para condições ideais, diferentes daquelas observáveis numa operação de impregnação de madeiras. Nessas condições (pressões efetivas da ordem de 100 kPa e viscosidade de 0,05 a 1 poise), SIAU estabeleceu o seguinte modelo:

$$F_{VL} = 0,470 \log \left[kg \left(\frac{P}{\eta} \right) 0,42 \right] - 0,89 \quad (4.3)$$

Verifica-se que a relação de penetrações é proporcional à raiz quadrada da relação de permeabilidades.

4.1.6 - Tamanho dos Poros

Quanto maior a porosidade da madeira, maior será o volume de penetração do produto preservante. A importância desse fator é dada pela equação de Poiseville, que estabelece que:

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8 \eta L} \quad (4.4)$$

Q = vazão

R = raio do poro

ΔP = diferencial de pressão

η = viscosidade do líquido

L = comprimento da madeira na direção do fluxo

4.1.7 - Teor de Umidade

O teor de umidade da madeira afeta sua tratabilidade. Acima do ponto de saturação das fibras, um aumento do teor de umidade diminui a fração de vazios da madeira, podendo impedir que se atinja a retenção desejada de preservativo. Abaixo do ponto de saturação das fibras, aumentos de umidade geralmente diminuem a permeabilidade da madeira a gases. A explicação pode ser dada pela redução do tamanho dos poros causada pelo inchamento da membrana das pontuações. Essa redução atinge o máximo no ponto de saturação das fibras, provavelmente, pela condensação de umidade nos pequenos capilares das membranas das pontuações, bloqueando a passagem de gases pela madeira.

4.2 - Características da Solução de Tratamento

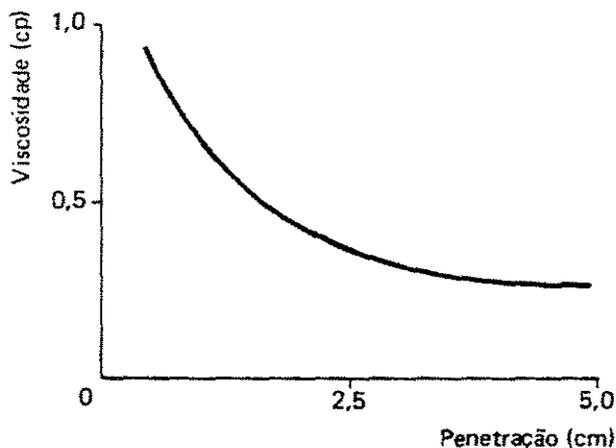
4.2.1- Viscosidade

(NICHOLAS apud LEPAGE)

É uma das propriedades de influência mais notória. Se a equação de Poiseville for admitida como válida, infere-se que a vazão é inversamente proporcional à viscosidade. Pelo modelo de SIAU, percebe-se que a viscosidade tem uma influência menor do que a que seria esperada pela equação de Poiseville, pois:

$$F_{VL} = \log kg \frac{p^{0,42} \cdot t^{1,3}}{\eta^{0,42} \cdot L^{2,1}} \quad (4.5)$$

De uma maneira geral, quanto maior a viscosidade da solução preservativa menor será a penetração observada na madeira, conforme se observa na Figura 4.6.



Fonte: Ennio Silva Lepage

FIGURA 4.6- Relação entre a viscosidade de um preservativo observada na madeira

4.2.2 - Gases e Materiais Dissolvidos

Em regime estacionário observou-se que a lei de Darcy não era seguida, havendo um decréscimo da vazão com o tempo. KRIER citado por NICHOLAS apud LEPAGE, propôs que isto era devido à oclusão física de substâncias presentes na madeira. Com isso, outros pesquisadores foram capazes de atingir vazões constantes usando água filtrada e recentemente fervida.

Com relação a materiais particulares, pode-se dizer que a madeira age como um ultra-filtro em virtude de sua estrutura de poros finos.

4.2.3 - Preservativos e suas Reações

O efeito dos vários produtos químicos usados em formulações preservativas é variável. O fluoreto de sódio, por exemplo, não tem efeito, enquanto arsenato de sódio, cromato de sódio, pentaclorofenato de sódio e bórax diminuem a penetrabilidade da solução de tratamento. A razão para o decréscimo da penetrabilidade das soluções contendo vários problemas químicos ainda não é bem conhecida. No caso dos boratos, a redução parece ser devida à formação de complexos com carboidratos. No caso de arsenatos e cromatos, a explicação reside no fato desses íons formarem compostos insolúveis ligados à estrutura da madeira. Há, portanto, dois tipos de reações químicas que podem afetar adversamente a penetração. Em primeiro lugar, produtos insolúveis de reações que ocorrem entre componentes do tipo multisal. Estas reações podem ser iniciadas por redução do cromo, que então reage com o cobre e o arsênio. Em segundo lugar, podem ocorrer reações entre preservativos e centros ativos na madeira, ou com extrativos. Com relação aos preservativos oleosos ou oleossolúveis, parece ocorrer um processo de envelhecimento da solução decorrente da contínua reutilização. Nos oleossolúveis, em particular, esse efeito pode ser atribuído mais ao solvente do que ao próprio preservativo. No caso do creosoto, onde não há solvente (na maior parte dos casos), pode-se imaginar reações entre os seus numerosos componentes químicos e extrativos. O contínuo aquecimento desses produtos coopera para acelerar essas reações. O efeito observado nas operações de tratamento é a formação de lamas depositadas no fundo dos tanques de estocagem e sobre os produtos preservados, de forma a reduzir a penetração.

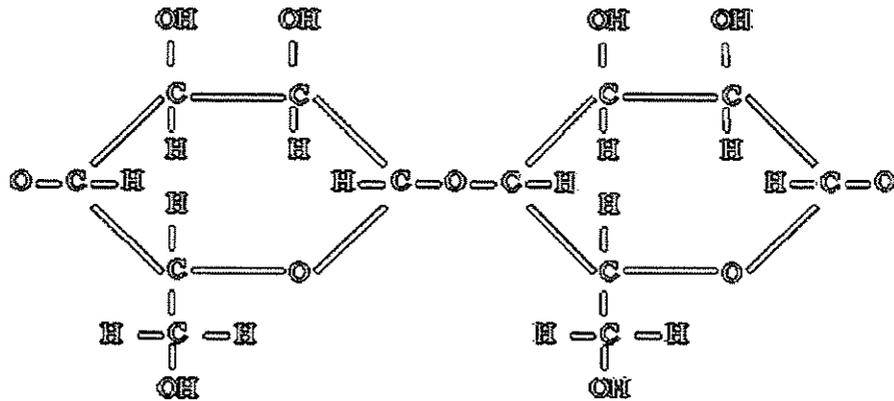
4.2.4 - Extrativos

NICHOLAS apud LEPAGE demonstrou que a presença de extrativos em soluções aquosas reduz de forma significativa a penetração, sendo o efeito mais pronunciado em solução alcalina do que em solução ácida. O fato de que soluções alcalinas acumulam mais extrativos sugere que as hemiceluloses estejam envolvidas no processo.

4.2.5 - Natureza da Solução (líquido)

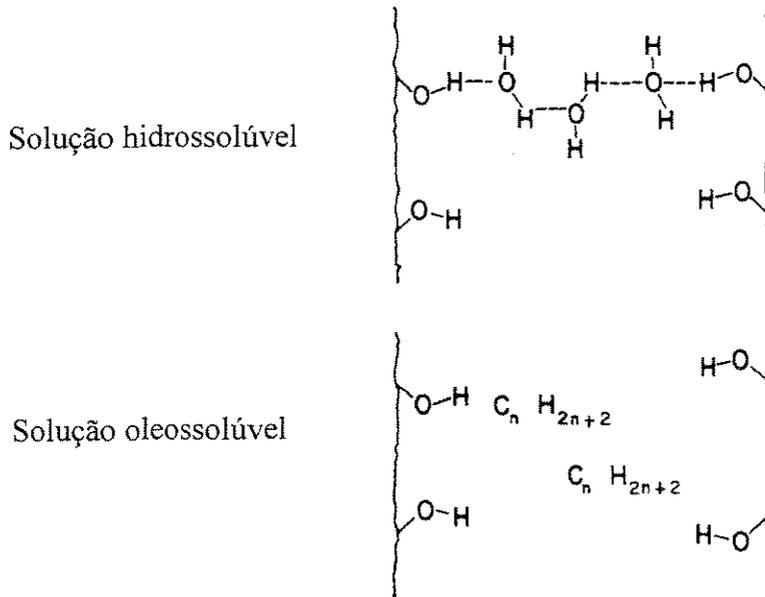
Em preservação de madeiras há dois tipos de soluções: oleosas ou oleossolúveis e hidrossolúveis. Os veículos desses dois tipos são fundamentalmente diferentes. O veículo do tipo oleossolúvel é relativamente não-polar, enquanto a água é um solvente polar. Sabe-se, através de estudos, que a vazão em líquidos não-polares é consideravelmente maior do que em solventes polares. Em idênticas condições de tratamento, muitas vezes observa-se que a retenção de oleossolúvel chegou a ser duas vezes a retenção de hidrossolúvel (em idênticas condições de viscosidade). Observações de usina revelam melhor penetração obtida com pentaclorofenol dissolvido em óleos leves, do que a obtida com soluções hidrossolúveis.

A explicação mais lógica para o fato está baseada na capacidade de formar pontes de hidrogênio dos dois tipos de líquidos. Líquidos polares, como a água, formam fortes pontes de hidrogênio, enquanto líquidos não-polares, como os óleos, não têm essa capacidade. Então, argumenta-se que essas pontes de hidrogênio representam uma espécie de perda de carga (Figura 4.8) durante o fluxo do líquido, através de pequenos poros. Por outro lado, os óleos, não possuindo doadores de receptores de hidrogênio, não oporiam nenhuma resistência ao fluxo.



Fonte: Lamem - Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira

FIGURA 4.7 - Unidade básica da cadeia de celulose – $2(C_6H_{10}O_5)$



Fonte: Ennio Silva Lepage apud Nicholas, D. D.

FIGURA 4.8 - Esquema comparativo da interação da parede celular com preservativos hidrossolúveis e oleossolúveis

4.3 - Efeito do Processo de Tratamento

Segundo CAVALCANTE, as especificações para cada tipo de tratamento devem ser rigorosamente seguidas, levando-se em conta o tipo de preservativo adotado e a espécie de madeira. O tratamento ineficiente é o resultado de penetração e retenção inadequada do preservativo, o que limita a capacidade da madeira tratada de resistir ao ataque de organismos xilófagos. A penetração do preservativo pode ser dificultada por vários fatores, entre os quais pode-se citar a umidade da madeira, a presença de pontuação aspirada e de resinas, quantidade de albúrnio, pureza da solução preservativa, etc. Desde que haja uma boa penetração, a retenção do preservativo é influenciada, principalmente, pela concentração da solução preservativa empregada. Torna-se importante, então, especificar a retenção mínima (kg do preservativo por m³ de madeira) que a madeira deve apresentar. Esta retenção é especificada levando-se em consideração o caráter físico do preservativo, seu ponto de inibição, seu gradiente de distribuição na madeira, a severidade do ambiente onde será empregada a madeira, a vida média que se espera da madeira e o grau de deterioração do preservativo, entre outros.

Deve-se levar em consideração o item descrito a seguir.

4.3.1 - Pressão de Impregnação

De acordo com LEPAGE apud NICHOLAS, D. D., a equação de Jurin $P = \frac{2\gamma}{R} \cos \theta$ foi usada por SIAU para calcular a pressão necessária para sobrepujar a interface líquido-ar para diversos tamanhos de poros e diferentes líquidos. Os cálculos mostram que um traqueídeo deve ter um raio mínimo de poro de 0,10 μm (10^{-6} m), para permitir um preenchimento de lumem com água usando as pressões usuais, em usinas, até 200 psig¹. O raio dos poros de muitas espécies de

¹ Psi - pound square inch (força por polegada ao quadrado) - pressão manométrica, ou seja, devemos somar a pressão atmosférica para obter a pressão absoluta.

$$\text{Psia} = \text{psig} + 1 \rightarrow 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi}$$

$$200 \text{ psig} = 219,7 \text{ psia, ou seja } 200 \text{ psi acima da pressão atmosférica}$$

folhosas está abaixo de 0,10 μm . Logo, essas espécies, em tese, não podem ser impregnadas com as pressões de trabalho normais.

A melhoria de retenção observada para algumas espécies é contrabalançada pelo aumento do custo da instalação, pois, autoclave, tubulações, válvulas, têm de possuir uma espessura mais elevada. Além disso, pressões elevadas podem ocasionar colapso em algumas espécies de madeira.

4.4 - Métodos que Melhoram a Tratabilidade da Madeira

Estes métodos têm como finalidade preparar a madeira de forma a facilitar a penetração e retenção de preservativos.

4.4.1 - Incisamento

Atualmente, o incisamento é talvez o método mais efetivo de melhorar a tratabilidade da madeira. Por meio da ruptura mecânica da parede celular a intervalos regulares ao longo e através da peça, a estrutura torna-se suficientemente porosa para permitir o fluxo de líquidos na zona incisada. As principais desvantagens do incisamento residem no fato de que ele produz uma superfície áspera e provoca alguma perda de resistência mecânica.

4.4.2 - Tratamento com Vapor (“steaming”)

NICHOLAS, D. D.. Este processo pode ser adaptado aos processos comerciais e, na realidade, melhora a permeabilidade da madeira quando ela ainda está verde, minimizando a redução que ocorre com a secagem. COMSTOCK apud LEPAGE estabeleceu a hipótese de que esse tipo de tratamento apenas conserva a permeabilidade que a madeira possuía quando verde. Parece que ocorrem alterações na aspiração das pontuações, o que é a mudança anatômica mais significativa durante a secagem.

Entretanto, os resultados têm sido compensadores com madeira de Pinus. Uma desvantagem apresentada por esse processo é a diminuição de algumas propriedades mecânicas

da madeira, provavelmente devido à hidrólise de polissacarídeos (quebra das cadeias de açúcar através da água).

4.4.3 - Método das Pressões Oscilantes (OPM - Oscilant Pression Method)

Esse método foi desenvolvido na Suécia e aperfeiçoado nos Estados Unidos. Consiste na aplicação de ciclos curtos e periódicos de pressão e vácuo na madeira imersa em preservativo, no cilindro de tratamento. A operação é controlada automaticamente por equipamentos especiais. No geral, esse método não apresenta diferença do tratamento de “célula cheia”.

Nesse método, o cilindro é preenchido com preservativo, aplicando-se uma pressão de cerca de 7,5 atm e alternando com um vácuo de cerca de 95%.

Usualmente os ciclos aumentam progressivamente em duração de 1 a 7 minutos. O número de ciclos varia com a madeira. Madeira permeável requer cerca de 40 ciclos e a impermeável de grande espessura 400 ciclos.

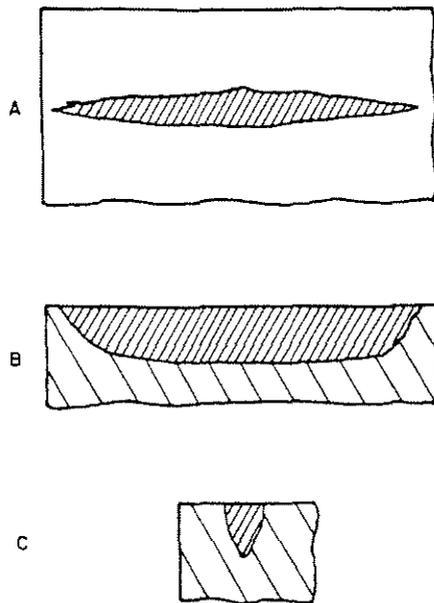
Nesse método, na versão original, ao carregamento do cilindro seguia-se um pré-tratamento com vapor direto a uma pressão efetiva de cerca de 1 atm. Esse pré-tratamento foi concebido para tornar a madeira mais flexível e mais susceptível ao tratamento pelo Método das Pressões Oscilantes (OPM).

Possibilita o tratamento de eucaliptos verdes (já comprovado), com alto teor de umidade, sem a necessidade de acondicionamento pela rápida injeção de preservativo hidrossolúvel nas células da madeira, tomadas pela seiva. Este método possibilita o tratamento imediato da madeira recém-cortada, eliminando dispendiosos estoques em sazonalidade (para amadurecimento).

A adaptação do equipamento para OPM para autoclaves tradicionais é de fácil execução.

4.4.4 - Tratamento com Jatos de Alta Energia

Incisa-se a madeira com jatos de elevada pressão (30.000 - 60.000 psig), utilizando-se o próprio preservativo como fluido de corte, efetuando-se ambos objetivos (preservação e incisamento) numa única operação. Na reunião da AWWA de 1985 foi apresentado um trabalho relatando o tratamento de estacas de três espécies de madeira usando ACA e pentaclorofenol como preservativos. Os resultados obtidos com ACA foram nitidamente superiores ao pentaclorofenol, demonstrando a viabilidade técnica desse processo para preservativos hidrossolúveis com poder de difusão. A Figura 4.9 mostra a distribuição de preservativo obtida através desse processo.



Fonte: Manual de Preservação de Madeiras, v. II

FIGURA 4.9 - Madeira tratada na vizinhança do orifício de entrada de um jato individual

A - vista da superfície;

B - distribuição na direção das fibras;

C - distribuição perpendicular à grã da madeira

4.4.5 - Emprego de Microrganismos e Enzimas

Já é bastante conhecido o efeito de microrganismos e de sistemas enzimáticos sobre o aumento da permeabilidade das madeiras, principalmente usando-se o bolor do gênero *Trichoderma*. O mesmo efeito é observado com bactérias, principalmente pela degradação dos raios e das membranas das pontuações.

A vantagem do emprego de microrganismos reside na seletividade do ataque com pequena perda de resistência mecânica.

Embora seja ainda muito pequeno o número de microrganismos capazes de atuar no cerne das madeiras, que é a parte da árvore cuja permeabilidade geralmente se deseja aumentar, este parece ser um campo bastante promissor, aberto a futuras pesquisas.

4.4.6 - Ondas Sonoras

Os benefícios advindos do tratamento com ondas de choque são atribuídos à deaspiração das membranas das pontuações, embora acredite-se que o processo promova o deslocamento das bolhas de ar alojadas nos poros da madeira. O efeito também pode ser obtido por picos instantâneos de pressão, que permitiriam o fluxo de líquidos através dos menores poros.

Há estudos indicativos da eficiência desse processo na melhoria da penetração em madeiras refratárias. Essas ondas de choque podem ser de baixa frequência ou ultrassônicas (alta frequência).

No caso da aplicação de ondas de ultra-som é necessário que o preservativo possua grupos hidrofílicos; no caso da água, sua tensão superficial teria de ser reduzida com tensoativos. No caso dos sais de amônio quaternário, essa providência torna-se desnecessária. O motivo pelo qual grupos hidrofóbicos não são afetados pelas ondas de ultra-som é a necessidade de existência de uma certa afinidade entre o líquido e a madeira, para promover a remoção do ar dos capilares pela mudança de interface que passa de ar-madeira para líquido-madeira. Embora a água preencha os requisitos de afinidade com a madeira, sua elevada tensão superficial se opõe à eliminação do ar.

4.4.7 - Remoção do Material Particulado

Parece ser uma medida coadjuvante a qualquer outra tomada, com o objetivo de melhorar as condições de tratamento.

Com a reutilização, as soluções de tratamento passam por um processo de envelhecimento, com aumento de material particulado, que traz, como consequência, a redução da penetração do preservativo na madeira. A solução mais evidente seria a filtração dessa solução; entretanto, uma filtração comum não seria adequada, uma vez que o material presente na solução, além de sua natureza coloidal, já passou por um filtro de malhas muito finas, que é a própria madeira.

Em razão disso, se for esperado algum benefício dessa medida, dever-se-á lançar mão de processos mais efetivos na remoção de material particulado, como, por exemplo, ultrafiltração, adsorção ou precipitação por floculação.

4.5 - Conclusões

A permanência ou não de um preservativo na madeira está associada a leis que regem a difusão de líquidos em materiais, interação entre soluto e solvente, etc. Características dos preservativos como volatilidade, migração, exsudação, variação, solubilidade, viscosidade, etc, desempenham importante papel no comportamento da solução preservativa no interior da madeira.

Em relação às alterações sofridas pelos preservativos, pode-se dizer que quanto mais estável for um preservativo, por maior tempo a madeira ficará protegida. É claro que esta proteção depende de sua resistência à ação de agentes físicos, químicos e biológicos. A ação da temperatura, luz ultra-violeta, substâncias químicas, além de fungos e bactérias podem promover sua deterioração.

Pode-se melhorar a tratabilidade da madeira utilizando-se de métodos que permitam uma maior penetração e retenção de preservativos, mas devem ser aplicados com cuidado, pois alguns deles podem afetar a sua resistência mecânica.

5. Conclusões

A bibliografia consultada confirma que:

- O tratamento para preservação de madeiras se faz necessário para que a vida útil dessas madeiras seja aumentada, impedindo ou evitando assim a sua decomposição ou deterioração, ocasionada por agentes físicos, químicos ou biológicos;
- Os métodos de tratamento, assim como a escolha do preservativo, vão depender do tipo de madeira e das condições de utilização das mesmas;
- Para que se tenha um bom desempenho da madeira tratada, e se garanta a eficiência dos preservativos, é preciso levar em consideração as características da madeira, as características da solução de tratamento e o processo de tratamento utilizado;
- As madeiras de reflorestamento (pinus e eucalipto) têm sido ótimas opções em relação a outros materiais devido à sua ampla gama de utilização (GALETI);
- A preservação de madeiras de reflorestamento contribui diretamente com a conservação ambiental, porque reduz a necessidade de exploração de matas nativas.

"Somente entendendo a madeira é que poderemos utilizá-la com inteligência"
(Frank Lloyd Wright - 1928)

Anexos

Leis, Decretos e Portarias em Preservação de Madeiras no Brasil

Preceitos Legais

Lei 4.797 de 20 de outubro de 1965

(Publicada no Diário Oficial da União, em 22 de outubro de 1965).

Torna obrigatório, pelas empresas concessionárias de serviços públicos, o emprego de madeiras preservadas e dá outras providências.

O presidente da República:

Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte lei:

Art. 1º - Passa a ser de uso obrigatório em todo o território nacional, em serviços de utilidade pública explorados por empresas estatais, paraestatais e privadas, destinadas aos transportes ferroviário e rodoviário, serviços telegráficos, telefônicos e de fornecimento de eletricidade, o emprego de madeiras preservadas, especialmente preparadas e trabalhadas para este fim.

Parágrafo único – Deverão ser usadas para esse fim substâncias preferentemente nacionais.

Art. 3º - Aplicam-se à importação de matérias privadas ou preparadas de emprego específico na preservação de madeiras os dispositivos do art. 4º e seus parágrafos, da Lei no. 3.244, de 14 de agosto de 1957.

§ 1º - O departamento de Recursos Naturais Renováveis, do Ministério da Agricultura, indicará os produtos ou preparados, de uso essencial na preservação das madeiras, que devam gozar dos benefícios do art. 4º da citada Lei nº 3.244.

§ 2º - A importação dos produtos de que trata este artigo far-se-á na forma das instruções baixadas pelo Conselho de política Aduaneira.

Art. 4º - O Departamento de Recursos Naturais Renováveis será devidamente aparelhado, a fim de poder orientar e fiscalizar, diretamente ou mediante acordo com órgãos estaduais, os trabalhos que se relacionem com a extração e tratamento de madeiras.

Art. 5º - O Departamento de Recursos Naturais Renováveis fiscalizará o cumprimento desta lei e aplicará as respectivas sanções, graduando-as conforme a gravidade de que se revestirem.

Parágrafo único - As entidades a que se refere o art. 1º ficarão sujeitas, pela violação desta lei, a multa de 5 (cinco) a 20% (vinte por cento) do valor da madeira que deixar de ser preservada, respondendo por ela a pessoa jurídica, em caso de empresa privada, ou o diretor do serviço, em caso de empresa estatal ou paraestatal.

Art. 6º - O Poder Executivo expedirá, dentro do prazo de 90 (noventa) dias, a contar da data da publicação desta lei, o regulamento necessário à sua execução.

Art. 7º - Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 8º - Revogam-se as disposições em contrário.

Brasília, 20 de outubro de 1965; 144º de independência e 77º da República.

H. Castello Branco

Octávio Gouveia de Bulhões

Hugo de Almeida Leme

Decreto no. 58.016 de 18 de março de 1966

(Publicado no Diário Oficial da União, em 22 de março de 1966).

Regulamenta o dispositivo na lei nº 4.797, de 20 de outubro de 1965, e dá outras providências.

O Presidente da República, usando da atribuição que lhe confere o art. 87, item I da constituição Federal, decreta:

Disposições preliminares

Art. 1º - Passa a ser de uso obrigatório em todo o território nacional, em serviços de utilidade pública explorados por empresas estatais, paraestatais e privadas, destinadas aos transportes ferroviário e rodoviário, serviços telegráficos, telefônicos e de fornecimento de eletricidade, o emprego de madeiras preservadas, especialmente preparadas e trabalhadas para este fim.

Parágrafo único – A obrigatoriedade a que se refere o presente artigo será observada exclusivamente com relação às essências florestais passíveis de tratamento.

Art. 2º - São passíveis de tratamento preservativo todas as madeiras portadoras de alburno ou as que, sendo de puro cerne, apresentem alguma permeabilidade à penetração de soluções preservativas em seus tecidos, vedada a eliminação do alburno.

§ 1º - O órgão competente organizará e manterá atualizada relação das madeiras cujos cerne não sejam passíveis de impregnação.

§ 2º - As empresas obrigatoriamente consumidas de madeiras preservadas, deverão apresentar ao órgão competente e nas condições por este exigidas, relação das essências florestais de seu uso, bem como as amostras que forem julgadas necessárias à determinação das condições de sua tratabilidade.

Art. 3º - Estão incluídas na obrigatoriedade do tratamento preservativo as peças e estruturas de madeira, tais como dormentes, estacas, vigas, vigotas, pontes, pontilhões, postes,

cruzetas, torres, mourões de cerca, escoras de minas e de talude e todas as demais que sejam usadas em contato direto com o solo ou sob condições que contribuam para a diminuição de sua vida útil.

Art. 4º - Os preservativos deverão ser de fabricação nacional sendo que, somente na sua falta, serão admitidos produtos importados.

Art. 5º - Aplicam-se à importação de matérias-primas ou preparados de emprego específico na preservação das madeiras os dispositivos do art. 4º e seus parágrafos, da Lei nº 3.244, de 14 de agosto de 1957.

§ 1º - O Departamento de Recursos Naturais Renováveis do Ministério da Agricultura indicará os produtos preparados de uso essencial na preservação de madeiras, que devem gozar dos benefícios do art. 4º, da citada Lei nº 3.244.

§ 2º - A importação dos produtos que trata este artigo far-se-á na forma das instruções baixadas pelo Conselho da Política Aduaneira.

Art. 6º - Para os efeitos desse Decreto, considera-se:

a) madeira preservada, aquela que foi submetida a um tratamento preservativo adequado, com o propósito de aumentar a sua vida útil;

b) tratamento preservativo, o processo através do qual se realiza a impregnação adequada dos tecidos lenhosos das peças com soluções preservativas, sem ocasionar lesões prejudiciais na estrutura das mesmas, ou alterações sensíveis em suas características físico-mecânicas.

c) preservativo de madeira, a substância química, oleosa, hidrossolúvel ou oleossolúvel que apresente as seguintes características:

I – Alta toxidez aos organismos xilófagos;

II – Alto grau de retenção dos tecidos lenhosos;

III – Alta difusibilidade através dos tecidos lenhosos;

IV – Seja incorrosível para os metais e para a própria madeira;

VI – Ofereça segurança aos manipuladores.

Art. 7º - Fica instituído o Departamento de Recursos Naturais Renováveis (DRNR), do Ministério da Agricultura como órgão encarregado de promover, orientar e coordenar a aplicação dos dispositivos do presente decreto, competindo-lhe especialmente:

- a) registrar as empresas, métodos e produtos, emitindo os certificados correspondentes;
- b) verificar a eficácia dos diferentes processos de preservação exigido para cada tipo de peças de madeira;
- c) fiscalizar as atividades relacionadas com a preservação e comércio de preservativos em todo o País;
- d) demonstrar processos de preservação de madeiras;
- e) divulgar conhecimentos e especificações técnicas relativos à preservação de madeiras;
- f) manter entendimentos diretos com as entidades federais, estaduais e municipais, repartições, autarquias, sociedades de economia mista, institutos técnicos-científicos e órgãos consultivos com o objetivo de dar cumprimento às atribuições que lhe são comedidas;
- g) estimular a instalação e funcionamento das indústrias de fabricação de equipamentos e de produtos para a preservação de madeiras;
- h) promover cursos para preparação profissional do pessoal subalterno e instituir bolsas de estudos para aperfeiçoamento de técnicos especializados;
- i) baixar normas e instruções especiais.

Parágrafo único – O DRNR poderá celebrar convênios com órgãos oficiais especializados, federais e estaduais, bem como com entidades privadas autorizadas a executar serviços previstos na lei nº 4.797, de 20/10/1965, delegando-lhes poderes para, no âmbito das respectivas jurisdições, executar ou fiscalizar a execução de qualquer das atribuições a que se refere o presente decreto.

Art. 8º - Ao Ministério da Agricultura cabe dotar o DRNR de recursos e meios para o cumprimento do disposto no artigo anterior.

Do tratamento preservativo

Art. 9º - O tratamento preservativo consiste na proteção das camadas externas das peças contra a ação dos organismos xilófagos, de modo a impedir a sua penetração e posterior infestação dos tecidos lenhosos das camadas internas.

§ 1º - As camadas protetoras deverão ser formadas em todas as superfícies expostas das peças, apresentando-se homogêneas, sem solução de continuidade e com espessura mínima determinada para cada caso.

§ 2º - Para que as camadas protetoras apresentem condições de profundidade, homogeneidade e integridade exigidas, todos os beneficiamentos das peças que importem em desbaste superficial, corte ou perfuração dos tecidos, deverão preceder o tratamento preservativo.

Art. 10 – O tratamento preservativo das madeiras é processado em unidades industriais especializadas, denominadas, genericamente, "Usinas de Preservação".

Parágrafo único – As unidades destinadas especialmente à pesquisa e aperfeiçoamento dos processos de tratamento são denominadas "Usinas Piloto" e, como tais, registradas no órgão competente.

Art. 11 – As usinas de preservação devem registrar em fichas, especiais, todos os tratamentos feitos, com indicação dos dados técnicos essenciais da operação efetuada, fichas essas que serão arquivadas, ficando permanentemente à disposição do órgão fiscalizador.

§ 1º - Cada peça possuirá uma chapa de identificação, fixada de forma indelével e duradoura, contendo a sigla da usina de procedência e o número da ficha de tratamento.

§ 2º - Excetua-se dessa exigência apenas os mourões, esteios, cruzetas e escoras de minas e de taludes.

Do registro das empresas, métodos e produtos

Art. 12 – As empresas estatais, paraestatais e privadas, que se dediquem à indústria e comércio de equipamentos e instalações de tratamento, de preservativos e preservação de madeiras, são obrigadas ao registro no órgão competente, que expedirá o respectivo "Certificado de Registro".

Art. 13 – O registro a que se refere o artigo anterior será feito mediante requerimento do interessado, indicando a denominação da empresa, sua sigla e endereço, características de instalação e de funcionamento, capacidade de produção e informações complementares.

Parágrafo único – Qualquer alteração das condições iniciais deverá ser obrigatoriamente comunicada à autoridade competente, dentro do prazo de 30 dias, para efeito de averbação no registro competente.

Art. 14 – Os métodos e produtos químicos utilizados ou destinados à preservação das madeiras serão registrados e licenciados pelo órgão competente, que expedirá os certificados correspondentes.

§ 1º - O registro e licenciamento será feito depois do exame tecnológico do método ou produto e verificação experimental de seu grau de eficiência.

§ 2º - Poderá ser concedido o registro provisório, mediante apresentação de atestados passados por institutos estrangeiros ou entidades de comprovada e reconhecida idoneidade, a critério do órgão competente, sempre que tratar-se de produto de importação cuja eficiência, dependendo de verificação experimental, demande um período prolongado de observação.

Da fiscalização

Art. 15 – A fiscalização abrangerá os fabricantes de preservativos de madeira e as empresas que os utilizam.

§ 1º - A fiscalização será feita nas indústrias de preservativos, nas usinas de tratamento e, ainda, mediante provas diretas com as madeiras já tratadas e em uso ou em vias de utilização.

§ 2º - A fiscalização verificará, ainda, se os métodos de preservação correspondem aos registrados e se a introdução do preservativo de madeira corresponde às quantidades mínimas exigidas, bem como se a fixação do produto no corpo da madeira efetivou-se em índices admitidos pela técnica.

§ 3º - A fiscalização abrangerá não só o produto estocado, como também aquele já em aplicação.

Art. 16 – A fiscalização das atividades relacionadas com a preservação e o comércio de preservativos será exercida por funcionários devidamente credenciados, os quais, no exercício dessa função, são equiparados aos agentes de segurança pública nos termos do art. 24 da lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.

Das infrações e das penas

Art. 17 – A infração de qualquer dos dispositivos do presente decreto, sujeitará o infrator a penalidades que poderão ir da simples advertência até a cassação do seu registro, sem prejuízo da multa prevista no parágrafo único do art. 5º da Lei 4.797, de 20/10/1965 e de outras sanções de natureza civil e penal, a que poderá ficar igualmente sujeito, pelos ilícitos por ventura praticados, no exercício de suas atividades.

Art. 18 – As empresas de preservação, os fabricantes e fornecedores de produtos preservativos que incorrerem em irregularidades, seja quanto à exatidão das fórmulas ou quanto ao método de sua aplicação, ficam sujeitos ainda à pena de reposição total do material por ventura impropriamente tratado e já entregue ao consumo público.

Parágrafo único – Na reincidência além da reposição serão cancelados os seus registros.

Art. 19 – A autoridade competente aplicará as multas, graduando-as conforme a gravidade de que se revestirem.

Parágrafo único – As multas serão impostas por despacho em processo administrativo.

Art. 20 – Os funcionários responsáveis pela fiscalização, verificada a infração, lavrarão o respectivo auto, em três vias, o qual será assinado pelo autuado e por duas testemunhas.

Art. 21 – Aos infratores será concedido, para defesa inicial, prazo de 15 dias, a contar da data da autuação, sob pena de revelia, cabendo à autoridade julgadora prazo idêntico para decidir.

Art. 22 – Decorrido o prazo previsto no artigo anterior, não sendo paga a multa, a dívida será inscrita e a certidão remetida ao Juízo competente para cobrança executiva.

Art. 23 – As rendas das multas serão recolhidas ao Banco do Brasil S. A. à ordem do Fundo Federal Agropecuário.

Disposições transitórias e finais

Art. 24 - As empresas referidas no art. 1º, respeitados os atuais índices de tratamento, deverão atender ao seguinte escalonamento percentual mínimo das suas aplicações com madeiras preservadas:

- a) 10%, em 1966;
- b) 20%, em 1967;
- c) 50%, em 1968 e 1969;
- d) 100%, a partir de 1970.

Art. 25 - As empresas de que trata o art. 12º já existentes na data de aplicação deste decreto, terão o prazo de 90 dias para promover o seu registro.

Art. 26 - O Departamento Nacional de Estradas de Ferro (DNEF) adotará as medidas que se fizerem necessárias, visando à obtenção de recursos que lhe permitam estimular o tratamento mínimo de 10.000.000 de dormentes anualmente, podendo inclusive complementar as despesas oficiais e particulares com o emprego de dormentes tratados.

Art. 27 - O DRNR no exercício das atribuições que lhe são conferidas pela Lei 4.797/1965 e pelo presente decreto adotará, sempre que possível, a terminologia constante do glossário do "Comitê Panamericano de Normas Técnicas".

Art. 28 - Será transferido ao Departamento de Recursos Naturais Renováveis o acervo do registro e licenciamento de preservativos de madeira existente ao serviço de Defesa Sanitária Vegetal do Ministério da Agricultura.

Art. 29 - Este decreto, entrará em vigor na data da sua publicação revogados o Decreto nº 52.636, de 8 de outubro de 1963, e demais disposições em contrário.

Brasília, 18 de março de 1966; 145º da Independência e 78º da República.

H. Castello Branco

Juarez Távora

Ney Braga

Decreto nº 61.248 de 30 de agosto de 1967

Dá nova redação ao artigo 4º do Decreto nº 58.016, de 18 de março de 1966.

O Presidente da República. Usando da atribuição que lhe confere o artigo 83, item II, da Constituição, decreta:

Art. 1º - O artigo 4º do Decreto nº 58.016, de 18 de março de 1966, passa a vigorar com a seguinte redação:

Art. 4º - Na preservação de madeira, será dada preferência aos produtos de fabricação nacional, observadas as condições de similaridade, nos termos da Seção V do Decreto-Lei nº 37, de 18 de novembro de 1966, e de sua regulamentação.

Art. 2º - Este Decreto entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Brasília, 30 de agosto de 1967; 146º da Independência e 79º da República.

A. Costa e Silva

Ivo Azua Pereira

Portarias do IBDF

Portaria nº 2.748 - DN

O Presidente do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo inciso II e parágrafo único, do artigo 23, do Regimento aprovado pelo Decreto nº 62.018, de 29 de dezembro de 1967.

Considerando as disposições contidas nos artigos 11 e 12, do Decreto-Lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967.

Considerando o que se contém no Processo nº 3.553/1967, resolve:

Art. 1º - Delegar competência aos Delegados Estaduais do IBDF para, observadas as disposições legais vigentes, praticarem, no âmbito de sua jurisdição, os atos abaixo discriminados, pertinentes à fiscalização de indústria e comércio de equipamentos e instalação de tratamento e de preservativos e preservação de madeiras:

I - Providenciar o registro as empresas estatais, paraestatais e privadas, que se dediquem ao tratamento preservativo da madeira;

II - Providenciar o registro dos fabricantes, dos manipuladores e dos reembaladores, que se dediquem à indústria e comércio de preservativos de madeira, na conformidade do que estabelece a Portaria nº 2747 - DN, de 16/3/1972.

III - Providenciar o registro dos fabricantes e instaladores que se dediquem a equipamentos e instalações de Usinas de Preservação, conforme estatui o Decreto nº 58.016, de 18 de março de 1966;

IV - Providenciar o registro dos preservativos de madeira, dos fabricantes localizados na área de sua jurisdição, de acordo com o que estabelece o artigo 7º, da Portaria nº 2.724 - DN, de 16/3/1972;

V - Expedir Certificado de Registro, de acordo com o Decreto nº 58.016, de 18/3/66 e Portaria nº 2747 - DN, de 16/3/1972;

VI - Fiscalizar as indústrias de preservativos e as Usinas de Preservação, mediante provas diretas com a madeira tratada, em uso, ou em via de utilização;

VII - Verificar se a concentração, a penetração e a retenção do preservativo de madeira correspondem com o pedido de registro da empresa, nas quantidades mínimas exigíveis dos ingredientes ativos por metro cúbico de madeira tratada;

VIII - Anotar as infrações em que incorrerem as indústrias de preservativos, as Usinas de Preservação, e aplicar aos infratores as penalidades impostas na Lei nº 4.797, de 20 de outubro de 1965, regulamentada pelo Decreto nº 58.016, de 18 de março de 1966.

Art. 2º - A presente delegação de competência prevalecerá para os substitutos legais das autoridades mencionadas no artigo precedente, quando, por impedimento do titular, estiverem no exercício do cargo.

Art. 3º - Nos Certificados de Registro firmados por força desta delegação de competência deverá a autoridade delegada, ao assinar, pôr um carimbo com os seguintes dizeres: "Por delegação de competência - Portaria nº 2.748 - DN".

Art. 4º - A autoridade delegada é responsável administrativa, civil e criminalmente pelo exato cumprimento da atribuição objeto desta delegação de competência, observadas as normas legais vigentes.

Art. 5º - Os casos não previstos nesta Portaria e as dúvidas suscitadas por esta delegação de competência, serão solucionados na Administração Central.

Art. 6º - Esta Portaria entra em vigor nesta data, revogadas as disposições em contrário e especificamente, a Portaria nº 1.668, de 21 de agosto de 1970.

Rio de Janeiro, 16 de março de 1972.

Portaria 055/82-P de 8 de março de 1982 do IBDF

O Presidente do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo Regimento Interno aprovado pela Portaria Ministerial nº 229, de 25 de abril de 1975 e tendo em vista o que dispõe a Lei nº 4.797, de 20 de outubro de 1965.

Resolve:

Art. 1º - As Usinas de Preservação de Madeiras, para executarem serviços de tratamento, deverão se registrar no Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF, atendendo às exigências desta Portaria.

Art. 2º - Para efeito de registro, as Usinas de Preservação de Madeiras serão classificadas em:

I - Usinas de Preservação de Madeiras sob pressão:

- unidades industriais dotadas de autoclaves, bombas de vácuo, bombas de pressão e fonte de calor, quando o processo utilizado assim o exigir.

II - Usinas de Preservação de Madeiras sem pressão:

- unidades industriais dotadas de equipamentos necessários, inclusive fonte de calor, que permitam submeter a madeira a um tratamento preservativo, sem a utilização de pressão.

Art. 3º - O pedido de registro deverá conter os seguintes dados:

I - Capacidade técnica da requerente, atestada por Engenheiro Agrônomo, Engenheiro Florestal, Engenheiro Químico ou Químico Industrial, desde que estejam no exercício legal da profissão.

II - Histórico:

- a) nome e sigla da firma;
- b) localização;

c) fabricante do equipamento;

d) data do início de funcionamento previsto;

e) prova de natureza da atividade comercial, mediante apresentação de contratos sociais e registros em Junta Comercial, documentos que deverão ser anexados ao processo (fotocópia autenticada ou folha do Diário Oficial).

III - Material tratado:

a) espécies de madeiras;

b) tipos e dimensões;

c) números de peças tratadas mensalmente.

IV - Planta detalhada da instalação (Usina de Preservação) e suas respectivas características, funcionamento e capacidade de produção.

V - Preservativos a serem empregados:

a) tipos de concentrações;

b) retenção especificada: kg/m^3 ;

c) consumo mensal

VI - Método:

a) processos de preservação a serem usados;

b) duração das fases do processo de tratamento.

VII - Área total do imóvel

VIII - Planta topográfica de situação, com escala e curva de nível

IX - Comprovação de condições técnicas de combate a incêndios e prestação de socorros de emergência.

Parágrafo único - O IBDF fiscalizará o cumprimento das exigências contidas nesta Portaria, na ocasião da instalação da Usina ou em época que julgar oportuna, e ainda, se o

equipamento e o processo utilizados pela indústria, bem como a qualidade de preservação de madeira obtida segundo o processo indicado, são adequados para os fins a que se destinam.

Art. 4º - Nas usinas de Preservação de Madeiras, previstas nos itens I e II do artigo 2º, os materiais utilizados na sua fabricação devem obedecer às especificações adotadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Art. 5º - Os preservativos de madeira só poderão ser fabricados e postos à venda, depois de registrados e licenciados pelo IBDF.

Parágrafo único - Não estão sujeitos ao licenciamento previsto neste artigo, os preservativos que forem destinados à experimentação.

Art. 6º - A licença para o preservativo de madeira será obtida mediante requerimento ao IBDF, para cada produto, acompanhado de memorial descritivo, em duas vias, contendo:

- a) nome e endereço comercial do registrante;
- b) nome e marca comercial do produto;
- c) nome e endereço do fabricante;
- d) composição do produto, indicando cada um dos ingredientes ativos e demais substâncias da composição, com as respectivas percentagens e informações complementares julgadas necessárias;
- e) características físicas do produto;
- f) instruções para uso, incluindo precauções na manipulação e explicação do produto.

Parágrafo único - Serão exigidas duas amostras lacradas, representativas do produto, bem como a sua análise química, expedida por um Instituto Oficial reconhecido, na qual sejam declaradas as características químicas (princípios ativos e concentração, ou ambos, se for o caso).

Art. 7º - Independente das instruções de uso, poderão ser anexadas nos pedidos de registro os resultados de experiências feitas com produtos ou preservativos, bem como literaturas referentes às matérias e uso dos nomes, traduzidos para a língua portuguesa, se estrangeiras.

Art. 8º - Ao IBDF cabe examinar o memorial apresentado e, se julgar necessário, proceder aos ensaios e exames técnicos para a verificação da praticabilidade do produto, para os fins a que se destinam.

Parágrafo único - Qualquer alteração nas características físicas e químicas do produto já registrado, deverá ser submetida à apreciação do IBDF, que julgará da necessidade de novo licenciamento.

Art. 9º - Os rótulos e bulas deverão conter as declarações do memorial aprovado, referentes à composição química, características físicas e instruções de uso do produto.

§ 1º - Além das exigências referidas no "caput" deste artigo, deverão ainda ser especificados: peso e volume do líquido, expresso em sistema métrico decimal; número de registro do IBDF; emblema exigido pelo Departamento Nacional de Saúde Pública e a palavra "Veneno", quando obrigatória pela natureza tóxica do produto.

§ 2º - Não será permitida a expressão "Recomendado".

Art. 10 - Na propaganda, sob qualquer modalidade, não será permitido o uso de expressões falsas ou exageradas que estiverem em flagrante desacordo com a natureza e indicação declaradas para o licenciamento do produto.

Art. 11 - O registro no IBDF de preservativo de madeira com marca já registrada no Departamento Nacional de Propriedade Industrial, invalidará o nome de preservativos com a mesma denominação.

Art. 12 - Os produtos químicos definidos, registrados como preservativos de madeira, deverão ter o nome ou marca precedida da denominação técnica, usual ou vulgar.

Art. 13 - Os fabricantes, os manipuladores e os reembaladores de preservativos de madeiras são obrigados a anexar ao pedido de inscrição, prova da natureza de suas atividades comerciais.

Art. 14 - Entende-se por "fabricantes" as pessoas físicas ou jurídicas que possuam estabelecimentos dotados de instalações e equipamentos adequados para transformação de matérias-primas em produtos derivados de composição definida para utilização como preservativo de madeira.

Art. 15 - Entende-se por "manipuladores" os possuidores de estabelecimentos dotados de instalações e equipamentos adequados para elaboração de preservativos.

Art. 16 - Entende-se por "reembaladores" os possuidores de instalações e equipamentos para embalagens de produtos e preparações de preservativos, importados ou de produção no País.

Art. 17 - O registro é válido por 5 (cinco) anos, devendo ser obrigatoriamente renovado por igual período.

Art. 18 - As infrações a qualquer dispositivo da presente Portaria, sujeitará às penalidades estabelecidas no parágrafo único do art. 5º da Lei 4.797, de 20 de outubro de 1965 e nos artigos 17, 18 e 19, do Decreto nº 58.016, de 18 de março de 1966.

Art. 19 - Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação, revogadas a Portaria nº 2.747 - DN, de 16 de março de 1972, e demais disposições em contrário.

Hamilton Martins Silveira

Presidente substituto

Referências Bibliográficas

1. AGATHI DEDETIZADORA - <http://www.indusnet.com.br/agathi/cupim.htm>
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DE MADEIRA - *Leis, decretos, portarias e convênios em preservação de madeiras*. São Paulo, Boletim ABPM n° 31, 1985, 19p.
3. CAVALCANTE, M. S. - *Deterioração Biológica e Preservação de Madeiras*. Pesquisa & Desenvolvimento. IPT - Divisão de Madeiras, 1982, 40p.
4. COMSTOCK, G. L. - *Relationship between permeability of green and dry eastern hemlock*. Forest Products Journal, 20-23, 1968.
5. GALETI, P. A. - *Conservação do Solo - Reflorestamento - Clima*. Campinas, SP, Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1979.
6. HARTFORD, W. H. et al. - *The effect of composition on the effectiveness of CCA preservatives*. II Update from 1978 and application of both performance index and log-probability statistics to recent data. Repr. Proceedings of American Wood Preserver's Association, 1982, 8p.
7. HUNT, G. M. & GARRATT, G. A. - *Wood Preservation*. 2ª. ed. New York, McGrawHill, 1953, 415 p.
8. JAIN, J. K. & KUMAR, S. - A short note on the suitability of high viscous grade fuel oil for blending coal tar creosote for preservative treatment of timber. *Journal of the Timber Development Association of India*, Dehra Dun, 26 (1): 5-11, 1980.

9. JANKOWSKY, I. P. et al. - *Creosoto mineral e vegetal*. Seminário apresentado na disciplina de Preservação de Madeiras, do curso de Pós-graduação em Engenharia Química da Escola Politécnica. USP, 1982.
10. JOHANSON, R. *Arsenical creosote. 5. The influence of temperature on the fixation mechanism of arsenic in pinus radiata*. Repr. *Holzforschung*, Berlin, 24 (5) 137-141, 1970.
11. LEPAGE, E. S. - *Preservativos e sistemas preservativos*. Manual de Preservação de Madeiras, vol. I, 279 - 342, 1986.
12. McLEAN, J. D. - *Manual on preservative treatment of wood by pressure methods*. USDA Handbook n° 40, 1935. 160 p.
13. NICHOLAS, D. D., ed. - *Wood deterioration and its prevention by preservative treatments*. V.II: Preservatives and preservative systems. Syracuse, Syracuse University Press, 1973. 402p.
14. RICHARDSON, B. A. - *Wood preservation*. Lancaster, The Construction Press. 1978. 238p.
15. SANTIAGO, A. C. & CRESTANA, M. S. M. - *Processos de preservação de mourões*. Boletim técnico CATI, n° 166, Campinas, SP, 1983.
16. SIAU, J. F. - *Transport process in wood*. Berlin, Springer-Verlag, 1984. 245p.
17. WEBB, D. A. - Status report on field testing of creosote/sulfur. *Proceedings of American Wood Preserver's Association*, Bethesda, 1983, 4p.
18. WEBB, D. A. & BALDWIN, W. J. - A component of creosote-sulfur - To increase wood preservative performance. *Proceedings of American Wood Preserver's Association*, Bethesda, 1981, 4p.

Bibliografia Recomendada

1. ABPM - Associação Brasileira dos Preservadores de Madeira - <http://www.abpm.com.br>
2. *Biodeterioração e Preservação de Madeiras* - Montana Química S.A. - folders, São Paulo.
3. CATI - <http://www.cati.sp.gov.br/ddr/madeira.html>
4. ICOTEMA - Indústria e Comércio de Tratamento de Madeiras Ltda - folders
<http://www.icotema.com.br>
5. *Manual de Preservação de Madeiras, vol. I e II* - IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 1986.
6. PREMA - Prema Tecnologia e Comércio S/A - <http://www.snet.com.br/prema>
7. STELLA - Battistella Indústria e Comércio Ltda - <http://www.stella.com.br>
8. Madeiras do Brasil - <http://www.madeirasdobrasil.eng.br>

Abstract

Sgai, Rosemary Diogo. *Affecting Factors for Wood Preservation Treatments*. Campinas, Civil Engineering College, Campinas University, 2000. 122 pages. Mastering Lecture.

In wood preservation it is essential to have an understanding about effects affecting the treatment ability of wood, together with the hydrodynamic characteristics of non-stationary regime to reign during the process. In the present paper are used some aspects of wood biological deterioration, as well as the adopted methods to retard them and the factors that affect this treatment. These factors can decrease the efficiency of the preservatives used to increase the average wood life, and they need to be considered so that one can get the best performance of the treated wood. The study of empties according the Siau equation, of permeability, by the Kawley equation and others, the size of pores through of flow by using Poiseville equation. Preserves the reforest wood contributes with the environment conservation once it decrease the need of native forest exploration.

Keywords: wood preservation, treatment methods, effects of treatment ability.

Glossário

Absorção - Quantidade de solução (volume em litros) absorvida por m³ de madeira. Varia de com a espécie de madeira.

Alburno - Camada externa do lenho, situada entre o cerne e a casca da árvore, composta por elementos celulares ativos e caracterizada por ter geralmente coloração clara.

Alquilação - Introdução de uma alquila (radical resultante da retirada de um hidrogênio de um hidrocarboneto alifático) numa molécula orgânica.

Angiospermas - Planta cuja semente fica encerrada no interior de um ovário transformado em fruto (folhosas)

Apodrecimento - Processo de deterioração causado por organismos vivos, em materiais. Geralmente aplica-se o termo à deterioração causada por bactérias e fungos.

Aspersão - Aplicação de preservativo de madeira com emprego de equipamento que permita borrifá-lo.

Autoclave - Câmara onde são colocadas as madeiras que receberão tratamento preservativo à pressão diferente da atmosférica.

Bactéria - Grupo de organismos microscópicos constituídos de uma ou várias células, sem formação de núcleo definido.

Bandagem - Processo de aplicação de preservativo na linha de afloramento de madeiras que estão em contato com o solo. Utiliza-se uma pasta constituída de preservativo hidrossolúvel incorporado em matriz gelatinosa.

Banho quente-frio - Processo de tratamento de madeira seca, segundo o qual ela é imersa primeiramente em preservativo quente e depois em preservativo frio.

Bethell - Tratamento de madeiras sob pressão. Aplica-se vácuo inicial, seguido por introdução do preservativo na autoclave, aplicação de pressão, retirada da pressão, retirada do preservativo e, finalmente, aplicação de vácuo final.

Biodeterioração - Alteração indesejável de uma ou mais propriedades de um material, como resultado da ação de organismos vivos.

Biodeteriorador - Organismo vivo que atua em materiais, alterando uma ou mais de suas propriedades.

Boucherie - É o método utilizado para madeira verde redonda e com casca, que consiste em substituir a seiva por um preservativo hidrossolúvel, que se aplica à pressão hidrostática, ou outra, mediante câmara hermética (autoclave), conectada à cabeça da peça, e um recipiente elevado.

Broca de madeira - Nome popular aplicado a insetos que atacam madeira.

Carcicoma - É uma distorção de um crescimento ou processo reprodutivo natural por meio de um agente químico.

Célula - Compartimento que, pelo menos durante certo tempo, é provida de um protoplasta (organismo celular vivo). Em madeira são os elementos como fibras, traqueídeos, etc...

Celulose - Composto orgânico hidrocarbonado ($C_6H_{10}O_5$), que constitui a parte sólida dos vegetais e principalmente das paredes das células e das fibras. Extraída da madeira, utiliza-se na fabricação de papel, seda artificial (raio).

Cerne - Parte interna do lenho da árvore envolvida pelo albúrnio, constituída de elementos celulares já sem atividade vegetativa, geralmente caracterizada por coloração mais escura.

Concentração - Refere-se à solução preservativa normalmente expressa em % (kg de ingredientes ativos por litro de solução).

Coque - Produto residual sólido, poroso, cinzento com lustre metálico, obtido de destilação em câmara fechada.

Decantação - Transvasar líquido para o libertar de impurezas ou resíduos.

Degradação - Alteração desejável de uma ou mais propriedades de um material. Exemplo: Formação do carvão a partir da lenha.

Deterioração - Alteração indesejável de uma ou mais propriedades de um material. Exemplo: corrosão em metais.

Difusão - Processo que consiste na aplicação do preservativo solúvel na água, em forma pastosa ou de solução concentrada, na madeira verde, que depois é empilhada compactadamente e coberta com lona plástica.

Esteio - Peça de madeira com que se ampara ou subtém alguma coisa; escora, pontalete.

Exsudação - Migração de uma substância líquida do interior para a superfície da madeira.

Extrativos - Compostos fenólicos formados na madeira durante a transformação do albarno em cerne.

Fibra - Termo genérico em anatomia de madeiras para designar toda célula longa e estreita do lenho ou do líber, que não tenha vascular.

Fixação - Refere-se ao preservativo na madeira, ou seja, é a capacidade do imunizante de resistir à lixiviação.

Floculação - Filamentos esvoaçando no sopro da aragem.

Floema - Tecido vascular constituído por elementos crivados, células parenquimáticas e fibras. É responsável pela condução da seiva elaborada.

Fumigação - Tratamento curativo com emprego de preservativo no estado gasoso.

Fungo - Grupo de organismos unicelulares ou providos de filamentos tubulares (hifas), sem clorofila. Reprodução sexual e assexual, com produção de esporos. Vivem como parasitas de plantas e animais ou saprófitas (alimentam-se de vegetais em decomposição).

Gimnospermas - Divisão da botânica que compreende as plantas que não formam frutos, conhecidas como pinheiros (coníferas).

Hemicelulose - Elemento que está presente na madeira, formada por muitas combinações de pentoses de açúcar (xylose e arabinose). Difere em alguns aspectos da celulose (principalmente em conformação, grau de polimerização e peso molecular), mas são de alguma forma similares.

Lenho - Principal tecido de sustentação e de condução da seiva ascendente nos caules e raízes; caracteriza-se pela presença de elementos traqueidais.

Lignina - Substância ou mistura de substâncias carbonadas relacionadas fisiologicamente à celulose e que com esta constitui a parte essencial do tecido lenhoso. Substância que forma o lenho das árvores.

Lixiviação - Remoção de substâncias solúveis através de água corrente.

Lowry - Processo de tratamento de madeira sob pressão. É introduzido o preservativo na autoclave, aplicada a pressão, liberada a pressão e, finalmente, aplicado vácuo para retirar excesso de preservativo de madeira.

Lumem - Cavidade de cada elemento celular.

Madeira verde - Madeira que, embora possa ter recebido secagem, ainda apresenta teor de umidade acima do ponto de saturação das fibras.

Mancha - Coloração produzida na madeira em consequência da presença e ação de microorganismos.

Oleossolúvel - Substância solúvel em solventes orgânicos.

Parede celular - A membrana limitante de uma célula.

Parênquima axial - Conjunto de células de tecido parenquimático do xilema, que ocorrem em série vertical no tronco, poliédricas, imperfuradas, não lignificadas, responsáveis pelo armazenamento de substâncias nutritivas para o vegetal. O parênquima axial pode ser apotraqueal (quando não está associado aos vasos) ou paratraqueal (quando está associado aos vasos).

Parênquima radial - Conjunto de células dos raios de natureza parenquimática, que constitui o sistema de condução no sentido da casca para a medula nas árvores. As células do parênquima radial podem ser eretas (cujo maior eixo se dispõe verticalmente) ou procumbentes (quando o maior eixo está disposto no sentido horizontal).

Penetração - É a profundidade atingida pelo preservativo na madeira.

Pentaclorofenato de sódio - Preservativo hidrossolúvel, composto por sais sódicos de pentaclorofenol.

Pentaclorofenol - Preservativo solúvel em solventes orgânicos, obtido pela reação entre o fenol e o cloro, até a completa substituição de todos os átomos de hidrogênio por átomos de cloro.

Periderme - Camada externa da casca.

Permeabilidade - Facilidade com que a madeira permite a entrada ou passagem de substâncias líquidas ou gasosas.

Pincelamento - Aplicação de preservativo em madeiras por meio de pincel.

Pirolenhoso - Proveniente da ação do calor sobre a madeira.

Pontuações - Cavidades ou depressões que variam quanto a profundidade, extensão e estrutura, unindo-se aos pares nas paredes das células, separadas unicamente por uma membrana comum por onde realiza-se a comunicação entre células.

Poros - Denominação usual para designar a seção transversal de um vaso ou de uma traqueóide vascular.

Preservação de madeira - Proteção da madeira contra a ação de agentes biológicos, físicos e químicos.

Raio - Agregado em forma de fita de células produzidas pelo câmbio, que se estende radialmente através do lenho do líber.

Retenção - Quantidade de preservativo introduzido na madeira e absorvido por ela durante seu tratamento, expressa em kg de preservativo por m³ de madeira (kg/m³).

Rüeping - Processo de tratamento da madeira sob pressão. É aplicada pressão inicial, introdução de preservativo na autoclave, aumento da pressão e, finalmente, aplicação de vácuo para retirar todo o excesso de preservativo da madeira.

Sazonamento - Amadurecimento.

Secagem - É o processo mediante o qual se reduz o conteúdo da umidade da madeira.

Seção transversal - Plano de corte da madeira, perpendicular aos elementos axiais do lenho e da casca.

Substituição da seiva - Processo de tratamento de madeiras, no qual a seiva é substituída por preservativo líquido.

Terebintina - nome genérico das resinas líquidas que se obtém por exsudação e incisões de árvores coníferas e terebintáceas.

Toro - Tronco de árvore abatida, ainda com a casca.

Tratamento curativo - Eliminação de organismos xilófagos já presentes na madeira.

Tratamento de madeira - Aplicação de biocidas em madeira sadia para impedir futuro ataque por organismos xilófagos.

Umidade da madeira - Água na madeira que se encontra preenchendo os espaços celulares e intercelulares do lenho, impregnando as paredes das células ou participando na constituição química da madeira.

Xilema - Tecido complexo, formado por vários tipos de células, lignificado, característico dos vegetais. Do ponto de vista químico é composto basicamente por celulose, hemicelulose e lignina. Tem funções de sustentação e condução de líquidos e sais minerais. Nas gymnospermas é formado por traqueídeos e parênquima radial, com algumas excessões que apresentam parênquima axial na forma de óleo-resina. Nas angiospermas o xilema é composto em geral por fibras, parênquima axial, parênquima radial, elementos de vaso e, em raros casos, por traqueídeos.

Xilófago - Termo aplicado a organismos que utilizam madeira como alimento.