

PLANEJAMENTO DA USINA DE PRESERVAÇÃO DA MADEIRA

número

84



VINÍCIUS RESENDE DE CASTRO
PAULA GABRIELLA SURDI DE CASTRO
JOSÉ DE CASTRO SILVA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Reitor

Demetrius David da Silva

Vice-Reitora

Rejane Nascentes

Pró-Reitor de Extensão e Cultura

José Ambrósio Ferreira Neto

Assessora Especial da Divisão de Extensão

Fabiana Cristina Silveira Alves de Melo

Chefe da Divisão de Extensão

Frederico Gonçalves de Castro Cabral

Área de Difusão e Tecnologia

Lujan Gomes Barros

Revisão Textual

Letícia Cozoli

Diagramação

Adriana Freitas

Foto da capa: Daniel Arantes Pereira

**Ficha catalográfica elaborada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa
– Campus Viçosa**

C355p Castro, Vinícius Resende de, 1986-.
2021 Planejamento da usina de preservação da madeira /
Vinícius Resende de Castro, Paula Gabriella Surdi de Castro
-- Viçosa, MG : Universidade Federal de Viçosa, Divisão
Gráfica Universitária, 2021.

51 p. : il. (algumas color.) ; 21 cm. -- (Boletim de
Extensão, ISSN 1415- 692X ; n. 84)

Bibliografia: p. 50-51.

1. Madeira – Conservação - Planejamento. 2. Madeira –
Processamento. I. Castro, Paula Gabriella Surdi de, 1987-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Pró-Reitoria de Extensão
e Cultura. Divisão de Extensão. III. Título.

CDO adapt. CDD 22. ed. 634.9841

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO E CULTURA

Boletim de Extensão

Planejamento da Usina de Preservação da Madeira

Autores:

Vinícius Resende de Castro

Paula Gabriella Surdi de Castro

José de Castro Silva

Viçosa – MG

2021

SUMÁRIO

Apresentação	6
1 Histórico das usinas de preservação de madeiras	7
2 Legislação relacionada às usinas de preservação de madeiras	9
3 Licenças necessárias para funcionamento da UPM	11
4 Teoria dos tratamentos vácuo-pressão	13
5 Produtos preservantes utilizados em uma UPM	19
6 Planejamento de uma Usina de Tratamento	21
7 Arranjo físico da área industrial	24
8 A usina de impregnação	31
9 Detalhes técnicos da autoclave	37
10 Controle de qualidade de uma UPM	41
11 Sobre a Associação Brasileira de Preservadores da Madeira (ABPM)	44
12 Selo Qualitrat	45
13 Produtos e mercados de madeira tratada	46
14 Conclusão	51
REFERÊNCIAS	52

APRESENTAÇÃO

Nenhuma espécie de madeira, nem mesmo aquelas de reconhecida durabilidade natural (aroeira do sertão, braúna e candeia), é capaz de resistir, indefinidamente, às variações ambientais (temperatura, umidade, substâncias químicas, poluição e radiação) e à ação de insetos e fungos. Diante desses agentes que atacam, destroem ou inviabilizam a madeira, o setor de preservação tem à disposição as UPM's (Usina/Unidade de Preservação de Madeira), ou UTM's (Usina/Unidade de Tratamento de Madeira), que representam a resposta moderna da técnica diante da grande demanda de produtos de madeira de alta qualidade e durabilidade e ao esgotamento das espécies de maior resistência natural.

Dentre os métodos de impregnação de soluções preservativas na madeira, o método industrial que utiliza pressões superiores à pressão atmosférica é, sem dúvida, o mais eficiente, em virtude da distribuição e penetração mais uniforme do produto na peça tratada, além de maior produção, controle de qualidade, segurança de operação e controle de riscos ambientais, embora exija maior investimento de capital.

Atualmente, no setor de tratamento de madeiras em sistemas de autoclave (método industrial), são utilizadas madeiras oriundas de florestas plantadas de eucalipto, pinus e, em menor quantidade, de teca. Tais madeiras já foram pesquisadas, comprovando-se a aptidão para o setor de madeira tratada/preservada.

1 HISTÓRICO DAS USINAS DE PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS

Na década de 1930, foram iniciadas, no Brasil, as primeiras pesquisas sobre a durabilidade da madeira de eucalipto, visando a obtenção de dormentes e postes. Nessa época, foram realizados os primeiros testes com creosoto e pentaclorofenol e, em 1945, foi instalada a primeira empresa de capital privado, a Preservação de Madeiras Ltda.

A primeira usina de tratamento sob pressão, para fins de pesquisa, foi estabelecida no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), em 1945. A partir de 1958, várias usinas foram construídas e a fabricação de produtos preservativos para tratamento de madeira foi iniciada. Houve uma grande demanda por postes de madeira tratada, mas, infelizmente, não houve um respaldo técnico que garantisse a qualidade do produto final, devido à ausência de normas técnicas e um controle de qualidade efetivo. Por consequência, o produto caiu em descrédito, estimulando o mercado de postes de concreto.

A primeira legislação em preservação de madeira foi apresentada em 1965; a publicação das primeiras normas e portarias, entretanto, ocorreu somente em 1972. Em 1969, foi criada a ABPM (Associação Brasileira de Preservadores de Madeira), que reunia os setores público e privado da indústria e pesquisa de preservação de madeiras. Atualmente, o Brasil detém um considerável parque industrial destinado ao tratamento de madeiras, localizado principalmente nas regiões Sudeste e Sul.

Em 1996, existiam 68 usinas de preservação de madeira sob pressão em funcionamento, com capacidade de produção anual estimada em 865 mil m³. Em 2004, estavam em operação 80 usinas, com uma capacidade instalada de 930 mil m³, mas a produção de madeira preservada era de 560 mil m³. Em 2012, o consumo brasileiro de madeira tratada foi de 1.650.320 m³. Já os dados de

2013 reportam que o consumo de madeira preservada naquele ano foi de 1.824.012 m³. O relatório do IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores) de 2016, por sua vez, cita que no ano de 2015 houve consumo de 1,65 milhão de m³ de madeira tratada, sendo avaliada apenas a utilização do eucalipto.

Em relação ao número real de empresas que realizam o tratamento de madeiras, é impossível de se ter um número exato, pois a ilegalidade do setor de madeira tratada faz com que inúmeras empresas trabalhem na clandestinidade, devido à falta de fiscalização ambiental de alguns comerciantes que abastecem o mercado de madeira nativa. Entretanto, estima-se que no Brasil, até o final do ano de 2016, existiam aproximadamente 400 empresas ligadas ao setor de madeira tratada com registro no IBAMA.

2 LEGISLAÇÃO RELACIONADA ÀS USINAS DE PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS

É importante observar que toda UPM/UTM, antes de iniciar as operações comerciais, deve estar rigorosamente registrada no IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, de acordo com a Portaria Interministerial nº 292 de 28/04/1989 publicada no DOU de 02/05/1989 (Art. 9º) e sua Instrução Normativa nº 5 de 20/10/1992.

Tais legislações informam que as indústrias de preservativos de madeira deverão apresentar relatórios semestrais ao IBAMA, contendo a produção e comercialização mensal de cada produto. Além disso, deverão apresentar: gêneros ou espécies de madeiras tratadas; tipo e dimensões das madeiras; volume de madeira tratada mensalmente, para cada preservativo; concentração dos preservativos de madeira utilizados; e consumo mensal de preservativos.

Além da portaria acima citada, a legislação que regulamenta a preservação de madeiras no Brasil sobre a segurança ambiental é extensa e complexa. Seguem alguns dispositivos legais:

- Lei 4.797 de 20/10/1965 DOU 22/10/1965 – Torna obrigatório o uso de madeira preservada em serviços de utilidade pública em todo o território nacional;
- Lei 4774/65 – Regulamenta a localização da UPM no que diz respeito à distância mínima dos cursos d'água e nascentes e sobre a distância mínima exigida em construções próximas a rodovias, de acordo com o DETRAN;
- Decreto nº 58.016 de 18/03/1966 DOU 22/03/1966 – Regulamenta a Lei 4.797;
- Decreto nº 61.248 de 30/08/1967 – Dá nova redação para o Artigo 4º do Decreto 58.016;

- Decreto nº 97.631 de 10/04/1989 DOU 12/04/1989 – Altera a redação do Artigo 12 do Decreto 58.016;
- Lei 10.165 de 27/12/2000 – Altera a redação dos Artigos 17-B, 17-C, 17-D, 17-F, 17-G, 17-H, 17-I, 17-O da Lei nº 6.938, de 31/08/1981, e institui o Cadastro Técnico Federal.

3 LICENÇAS NECESSÁRIAS PARA FUNCIONAMENTO DA UPM

É sugerida a consulta ao órgão ambiental de seu estado e município quando se decide empreender no setor de madeira tratada, pois podem surgir algumas especificidades. Mas, de modo geral, há três tipos de licença para instalação de uma UPM:

1) Licença prévia (LP):

Exigida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implantação.

Em geral, as próprias empresas que comercializam autoclaves oferecem gratuitamente aos seus clientes um projeto com orientações da base civil necessária para alocação da usina. Esse projeto contempla, com detalhes, todas as medidas e cotas para alocar perfeitamente o equipamento. O cliente fica responsável apenas pela assinatura do projeto civil, por um engenheiro devidamente credenciado pelo CREA, bem como a execução (construção) propriamente dita.

2) Licença de instalação (LI):

Autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes nos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e condicionantes, das quais constituem motivos determinantes.

3) Licença de funcionamento/operação (LF):

Autoriza a operação da atividade ou empreendimento após a verificação do efetivo cumprimento do que consta nas licenças anteriores, com as medidas de controle ambientais e condicionantes determinadas para a operação.

Os documentos necessários para a primeira licença de funcionamento são os mesmos exigidos para sua renovação, especificado no item renovação de licença; porém deve-se ressaltar que os projetos e planos ambientais apresentados para a obtenção da LI deverão estar todos implantados.

Durante o processo de licenciamento, poderão ser solicitados todos ou parte de alguns estudos listados abaixo:

- Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA e RIMA);
- Estudo Ambiental Simplificado (EAS);
- Relatório Ambiental Prévio (RAP);
- Estudo de Conformidade Ambiental (ECA);
- Projetos de Controle Ambiental;
- Planos e Programas Ambientais;
- Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD);
- Estudo de Análise de Riscos;
- Plano de Ação Emergencial;
- Outorga de Uso da Água;
- Formulário de Caracterização do Empreendimento (FCE).

Posteriormente às licenças, serão realizadas vistorias e solicitações de adequações, como a instalação dos Piezômetros, que servem para o monitoramento por fiscais para análise de contaminação do solo. Em geral, os órgãos ambientais solicitam de 3 a 5 pontos de leitura.

4 TEORIA DOS TRATAMENTOS VÁCUO-PRESSÃO

As usinas de preservação mais modernas que aplicam na madeira preservativos hidrossolúveis utilizam ciclos de vácuo e pressão conhecidos como Processos de Célula Cheia e Processos de Célula Vazia. Antes de iniciar a operação de uma UPM, o gestor deve escolher qual processo irá utilizar. Tal escolha será em função do equipamento a ser utilizado, da qualidade pretendida para produtos finais e do tempo despendido para cada batelada de tratamento.

4.1 PROCESSO DE CÉLULA CHEIA (BETHELL)

O processo de célula cheia, ou processo Bethell, consiste na aplicação de um vácuo inicial para extrair o ar das células, tanto quanto possível, facilitando a penetração do produto preservante na madeira. Assim, para se ter sucesso com tal processo, deve-se preencher ao máximo, até a saturação, as células da madeira com o produto da preservação. Consiste, então, na retirada da água do interior da madeira e a posterior retenção do produto preservante na parede e no preenchimento dos lumes das células. O sistema também é conhecido como “duplo-vácuo”. Este é o método mais utilizado pelas empresas que trabalham no setor de madeira tratada no Brasil.

O processo compreende os seguintes passos (Figura 1):

1º) Carregamento – a madeira seca (máximo de 30% de umidade) e descascada é colocada na autoclave, por meio de vagonetas, fechando-se, posteriormente, a porta;

2º) Vácuo inicial – após o fechamento da porta da autoclave, aplica-se um vácuo inicial de 560 a 630 mmHg, durante um período que varia de trinta minutos a uma hora, conforme a permeabilidade da madeira. A finalidade do vácuo inicial é extrair parte do ar no cilindro e das camadas superficiais da madeira, a fim de facilitar a entrada do produto preservante;

3º) Admissão do produto preservante – aproveitando-se o vácuo, o produto preservante será introduzido no interior da autoclave. Se houver necessidade, a admissão pode ser completada com o auxílio de uma bomba de transferência, pois a autoclave deverá estar completamente cheia de solução preservativa, sem a ocorrência de bolsas de ar. Se o produto for oleoso (creosoto), deve ser aquecido para diminuir a viscosidade. A admissão do preservativo é feita entre 80 e 100 °C de temperatura;

4º) Período de pressão – com a autoclave totalmente cheia de solução, liga-se o compressor de bomba de pressão até atingir a pressão máxima, que é de 12,2 kgf/cm². O período de pressão varia de três a quatro horas, dependendo da permeabilidade da madeira, das dimensões das peças e do tipo de produto. É necessário ter o controle da quantidade do produto preservante a ser absorvido, a fim de se ter a retenção desejada;

5º) Transferência do produto preservante após o tratamento – a transferência é feita pela diferença de pressão existente entre a autoclave e o tanque reservatório. A pressão é aliviada e o produto preservante restante é bombeado de volta para o tanque de armazenamento. Caso seja necessário, a descarga pode ser complementada com uma bomba de transferência;

6º) Vácuo final – após a descarga do produto preservante excedente no cilindro de tratamento, aplica-se um vácuo final, de curta duração, cuja finalidade é evitar o desperdício e acelerar o escoamento do produto na superfície da madeira;

7º) Descarregamento – abre-se a porta da autoclave e as vagonetas são retiradas com a carga de madeira tratada. Normalmente, as vagonetas são arrastadas através de cabos de aço e as peças são removidas e empilhadas no pátio, para futura expedição.

O diagrama do processo Bethell pode ser explicado por meio da Figura 1.

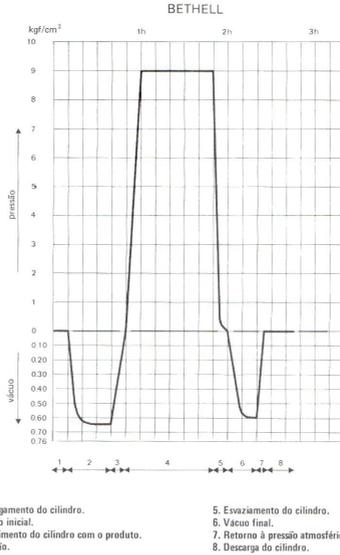


Figura 1 – Diagrama do Processo Bethell (Fonte: LEPAGE, 1986)

4.2 PROCESSO DE CÉLULA VAZIA

O processo de célula cheia, como visto anteriormente, consiste em preencher as cavidades celulares, enquanto o processo de célula vazia preenche apenas as paredes das células. Os processos de célula vazia basicamente se diferenciam dos processos de célula cheia por não utilizarem o vácuo inicial; o produto é injetado na madeira sem a retirada do ar de seu interior; como consequência, ocorre uma compressão do ar dentro da madeira durante o período de impregnação e, quando a pressão é interrompida, o ar se expande e expulsa uma parte do produto preservante. Além de uma boa penetração, sem muito consumo do produto, consegue-se recuperar grande parte do preservante aplicado. Os lumes celulares das partes tratadas da madeira ficam livres do líquido.

A madeira deve estar devidamente seca ao ar, embora o material verde possa ser empregado, desde que seja submetido,

preliminarmente, a um banho de vapor e vácuo ou outro método. Utilizam-se produtos de natureza oleossolúvel, embora possam ser utilizados produtos de natureza hidrossolúvel. A vantagem essencial do processo de célula vazia reside na economia do produto; outro ponto positivo deste processo, em relação ao processo Bethell, é a possibilidade de sua utilização para aquelas espécies que absorvem quantidades bem superiores às aquelas requeridas para uma boa proteção.

Normalmente, utilizam-se dois tipos de tratamento de célula vazia:

1) Processo RUËPING:

É o processo desenvolvido e patenteado por Max Ruëping, em 1902, na Alemanha. O diagrama do processo RUËPING pode ser explicado pela Figura 2.

Por este processo, aplica-se uma pressão de ar inicial na madeira antes de se introduzir o produto, visando a obtenção de uma profunda penetração e uma retenção relativamente baixa.

Após o carregamento e o fechamento da autoclave, aplica-se uma pressão que pode variar de 1,5 a 7,0 Kg/cm², durante um período de dez minutos a uma hora, dependendo da espécie e da retenção desejada, para comprimir o ar existente na madeira. Quando se pretende obter uma retenção baixa, em madeiras de alta permeabilidade, pode-se usar pressões de ar relativamente altas; em madeiras de difícil impregnação, ou quando se pretende uma retenção mais elevada, deve-se utilizar baixa pressão de ar, mantendo-a por um tempo maior. Deve-se introduzir o produto na autoclave somente após esse procedimento, aquecendo-o a uma temperatura entre 80 e 100 °C, sem permitir a queda da pressão do ar. Quando a autoclave estiver totalmente cheia, aumenta-se a pressão até 10 a 14 Kg/cm², mantendo-a enquanto a madeira estiver absorvendo solução preservativa; a seguir, alivia-se a pressão, drena-se o produto excedente no cilindro e se aplica um vácuo final, com a finalidade de retirar o excesso do produto das superfícies das peças e auxiliar na expansão do ar inicialmente injetado.

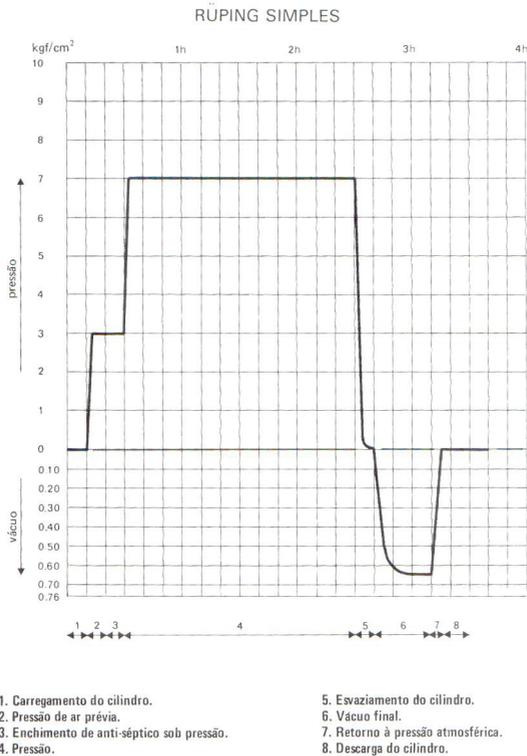


Figura 2 – Diagrama do Processo Ruëping (Fonte: LEPAGE, 1986)

2) Processo LOWRY:

É um processo desenvolvido e patenteado por C.B. Lowry, em 1906, nos Estados Unidos. Por meio desse processo, o produto é injetado na madeira contra o ar já existente nas células, portanto, à pressão atmosférica. As etapas do processo começam com o carregamento e enchimento da autoclave à pressão atmosférica. A temperatura do produto não deve ser inferior a 80 °C e superior a 105 °C. Logo após, aplica-se uma pressão que varia de 10 a 14 Kg/cm², dependendo da espécie.

O tempo e o período de duração para alcançar a pressão desejada variam de acordo com a espécie, teor de umidade e

5 PRODUTOS PRESERVANTES UTILIZADOS EM UMA UPM

No mercado brasileiro existem basicamente três grandes marcas que comercializam os preservantes mais utilizados que possuem ação fungicida e inseticida, classificados quimicamente como Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) – C tipo óxido hidrossolúvel. São elas a Montana Química S.A., que comercializa o Osmose K33 C®, e a Arch Proteção de Madeiras, do grupo Lonza, que comercializa o Tanalith® CCA, e a Koppers Performance Chemicals que comercializa o Lifewood e o Madepil.

Os elementos químicos contidos nos preservantes CCA-C se distribuem nas paredes das células da madeira (fibras), dado que todos eles se encontram na forma de óxidos puros. O Cromo (fixador) promove um processo de ancoragem do Cobre (fungicida) e do Arsênio (inseticida) com os elementos celulósicos da madeira. A partir deste processo, a madeira fica imunizada contra a ação de fungos (apodrecimento) e insetos (brocas e cupins).

Os preservantes à base de Arseniato de Cobre Cromatado (CCA-C) são fabricados conforme a norma “Standard” P-5 da AWWPA (*American Wood Protection Association*) e tem seu uso regulamentado no Brasil por meio das normas ABNT, tais como NBR 7190, NBR 8456, NBR 9480 e a NBR 12.803.

É importante salientar que, em geral, os produtos hidrossolúveis de CCA-C são comercializados na consistência pastosa (72% de ingredientes ativos) ou líquida (60% de ingredientes ativos), com coloração castanho-avermelhada. Embora seja solúvel em água, não é lixiviável após a aplicação, pois a reação química do produto com os componentes poliméricos da madeira (celulose, hemicelulose e lignina) resulta em compostos insolúveis retidos nas fibras, garantindo longo efeito residual. O CCA tipo C é produzido a partir de óxidos puros e sua composição tipo C possui o padrão apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Porcentagem dos ingredientes ativos presentes no CCA-C

PROPORÇÃO DOS INGREDIENTES ATIVOS			
	CROMO HEXAVALENTE	COBRE	ARSÊNIO
CCA tipo C	(calculado como CrO_3)	(calculado como CuO)	(calculado como As_2O_5)
	47,5%	18,5%	34,0%

6 PLANEJAMENTO DE UMA USINA DE TRATAMENTO

A ideia básica de um projeto de uma usina de tratamento de madeira é tratar uma determinada quantidade de madeira ao menor custo possível. Para saber a quantidade da madeira a ser tratada, isto é, a definição da produção, é necessário que se faça um estudo de mercado para conhecer suas potencialidades, bem como as fontes de suprimento da matéria-prima que definirão, do ponto de vista estratégico, a melhor localização da usina. Tal estudo deve estabelecer os parâmetros da produção (quanto?), a sua localização (onde?), as necessidades de mercado (o quê?) e, por fim, os detalhes técnicos da autoclave. Conhecido como estudo de viabilidade técnica e econômica (EVTE), deve ser feito por um profissional do mercado de madeira tratada e, em geral, demora de 6 a 8 meses para ser realizado, ocorrendo de acordo com as seguintes etapas:

Etapa 1 – Fazer estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE), que levantará mercados para usos de madeira tratada, principalmente os mourões de cerca e demais produtos de uso na atividade rural, industrial e outros. Neste estudo, será abordada a questão do suprimento de matéria-prima, custos, distância até a usina de tratamento, mercados potenciais, concorrentes e outros fatores envolvidos direta e indiretamente no processo de tratamento da madeira;

Etapa 2 – De posse da avaliação econômica, será feito o dimensionamento dos equipamentos, visando o atendimento à produção proposta. Nesta etapa, deverá ser feita uma viagem a um fabricante de unidade de tratamento de madeira, de pequeno a médio porte, para que o futuro proprietário tenha uma noção do funcionamento da UPM;

Etapa 3 – Paralelamente à etapa 2, providências serão tomadas para a obtenção de registro de funcionamento junto aos órgãos de licenciamento ambiental. Tal documentação deverá ser providenciada perante órgãos governamentais dos diferentes

níveis, no âmbito do Ministério da Agricultura, IBAMA, IEF, entre outros relativos à proteção do meio ambiente. Atualmente, existem no mercado empresas especializadas em licenciamento ambiental que despacham toda a documentação para o proprietário. Em geral, esta etapa é demorada, pois depende de despacho e visitas do órgão fiscalizador no local da futura UPM;

Etapa 4 – Obtido o registro de funcionamento, serão contatados fornecedores de equipamentos para atendimento ao projeto, levando em consideração os fatores custo e qualidade (garantias, segurança, prova de carga, assistência técnica, etc.);

Etapa 5 – Realizar contatos com fornecedores dos produtos preservantes, levando em consideração qualidade, sustentabilidade no fornecimento, custos, assistência técnica e outros pontos relevantes. As empresas fornecedoras do produto químico CCA somente fazem o fornecimento a partir do momento que o cliente tenha em mãos a Licença de Operação, por motivos de segurança;

Etapa 6 – Elaboração do projeto físico da unidade industrial, com inclusão de pátio de secagem, armazenamento de matéria-prima e estocagem de produtos;

Etapa 7 – Confeccionar um memorial de todas as fases do projeto, com informações detalhadas, que deve ser acompanhado do projeto arquitetônico da unidade industrial;

Etapa 8 – Criação de campanhas de marketing com a produção de material publicitário para website, redes sociais, outdoors, rádios, jornais e outros veículos de mídia, como forma de divulgar a empresa e seus produtos.

Os resultados previstos com o EVTE de uma UPM com o acompanhamento técnico na fase de montagem de um empreendimento desta natureza são de importância fundamental para o sucesso do empreendimento. Uma implantação planejada irá refletir na redução de custos das instalações, dimensionamento adequado à produção proposta e, sobretudo, na capacidade de uma produção mais competitiva e, portanto, capacitada a desenvolver custos mais favoráveis aos produtos em questão.

É esperado que, a partir do produto básico que é o mourão de cerca, a UPM possa se expandir com acompanhamento de outros módulos para também gerar outros produtos, como postes, esteios e outras peças de madeira roliça para construções rurais. O investimento, uma vez montado dentro das bases técnicas e econômicas sólidas, sem dúvida se concretizará em oportunidade de geração de renda e empregos para a região.

Não são raros os casos de insucesso de empreendimentos atribuídos ao mau gerenciamento do pátio, do controle de qualidade do tratamento, da inobservância das regras de mercado e na falta de visão empreendedora e de controle de uma empresa (aspectos contábeis, administrativos, comerciais e legais). Os processos industriais apresentam algumas vantagens: produção maior e mais uniforme, maior facilidade no controle de qualidade, maior segurança, maior retorno de capital, maior controle ambiental, maior rigor no cumprimento da legislação, maior controle fiscal, maior geração de impostos e divisas, etc. Em compensação, os processos industriais requerem maiores investimentos, maior formação profissional dos administradores e funcionários, maior área operacional, maior quantidade de madeira disponível, maior conhecimento de mercado, com pontos de distribuição e profissionais de venda etc.

Atualmente, as UPM's têm incorporado em seus projetos novos melhoramentos advindos da engenharia mecânica, eletrônica e química, que facilitam a operação e que são, cada vez mais, disponíveis no mercado, a preços bem acessíveis. Além da usina em si, o arranjo e o grau de mecanização do pátio de secagem e estocagem têm uma influência considerável no sucesso do empreendimento, além dos aspectos de logística que envolvem a colheita, o processamento e o transporte da madeira, desde as áreas de produção até o pátio. Custos, eficiência e controle de estoque devem ser compatibilizados e são elementos que um administrador não pode perder de vista.

7 ARRANJO FÍSICO DA ÁREA INDUSTRIAL

Grande parte das atividades realizadas numa usina de preservação é executada nos pátios; sua organização e disposição deverão apresentar um fluxo contínuo, sem cruzamento de atividades, garantindo eficiência, ganho de tempo, economia, produtividade e segurança. O arranjo físico da área industrial prevê espaços para a área administrativa, área operacional (secagem, tratamento, expedição), área de circulação e área social, conforme detalhamento sugerido a seguir:

- Escritório de apoio, envolvendo a área de controle contábil, financeiro, pessoal, material e recepção;
- Sanitários e vestiários;
- Refeitório;
- Almojarifado;
- Laboratório para análises químicas;
- Oficina mecânica para serviços de apoio;
- Galpão coberto para a autoclave, máquinas e bombas;
- Área de manobra das vagonetas;
- Área de pátio para recebimento do material;
- Área de pátio para classificação e secagem do material;
- Área de pátio para estocagem de produto acabado e pronto para expedição;
- Área para depósito e tratamento de efluentes.

As partes administrativa e social devem estar próximas para facilidade de contatos; por outro lado, o laboratório, o almojarifado e o galpão de impregnação também devem estar próximos entre si,

para facilitar o acesso do pessoal técnico e dos funcionários, bem como seus controles. Nas operações de pátio, a madeira deverá ser movimentada o mínimo possível, envolvendo o mínimo de custos, tempo e mão-de-obra. A distância do pátio de secagem até a área de impregnação nunca deve ultrapassar 250 metros. Além disso, o *layout* do pátio é de extrema importância e deverá apresentar a máxima operacionalidade.

7.1 OPERAÇÕES DE PÁTIO - LOCALIZAÇÃO E DIMENSÕES

A localização do pátio é um elemento de vital importância, para o qual devem ser levados em consideração alguns aspectos: distância das fontes de abastecimento (madeira e produtos), energia elétrica, redes de comunicação, disponibilidade de água de boa qualidade e acesso a rodovias. O terreno deve ser alto, de pequena inclinação, bem ventilado e bem compactado, para permitir o tráfego de máquinas e caminhões em qualquer época do ano. Deverão ser construídos canais de drenagem para permitir o escoamento das águas pluviais. Os terrenos localizados em áreas muito baixas e com ventilação deficiente tendem a formar neblina, aumentando a umidade relativa do ar; tal situação retarda a secagem e favorece o desenvolvimento de fungos xilófagos.

As dimensões do pátio dependerão de três fatores básicos: do volume mensal de madeira a ser tratada, do tempo de secagem da madeira e do clima da região. Tais fatores apresentam muitas variáveis e não seguem regras fixas. Estima-se que a área útil ocupada pelo volume de madeira a ser seca varie de 1,0 a 1,6 metros quadrados de área por metro cúbico de madeira a ser utilizada, anualmente. A área mencionada se refere apenas à área útil, pois, em razão da própria magnitude do empreendimento, deve-se acrescentar as áreas de recepção da madeira, áreas de estoques intermediários entre as operações e áreas de estoque do produto final. Sugere-se de que o pátio seja dividido em quadras, com capacidade máxima de 500 m³ de madeira, com espaçamentos de seis metros entre quadras e ruas internas de quatro metros; pode

haver até quatro subdivisões dentro das quadras. Tais dimensões permitirão o tráfego e manobra de máquinas e caminhões, além de maior segurança, no caso de incêndios.

7.2 PREPARO DA MADEIRA PARA TRATAMENTO

7.2.1 SECAGEM NO CAMPO

Para o tratamento preservativo em usina de autoclave, a madeira deve passar por um processo de secagem que pode ser ao ar (secagem natural) ou em estufa (secagem artificial). A secagem inicial no campo é mais vantajosa, pois economiza em custos de transporte (nesse caso não se transporta água, apenas a madeira). No tratamento em autoclave, a solução preservativa é introduzida no espaço que antes estava ocupado pela água. Imediatamente antes do tratamento, a madeira deve conter não mais que 30% de umidade, calculada numa base seca. Em geral, a madeira fica de 2 a 6 meses no campo secando (esse tempo varia de acordo com a espécie e com o microclima da região que compreende regime de ventos, incidência de raios solares, temperatura, e umidade relativa do ar), até atingir um mínimo de umidade ideal para o tratamento preservativo em autoclave. Atualmente, existem no mercado medidores portáteis de umidade para madeira que fornecem o resultado em segundos e com boa precisão.

A secagem deve ser tão homogênea quanto possível, devendo ser conduzida de forma a evitar os chamados defeitos de secagem, tais como empenamento, rachaduras, colapso, manchamento (biológico ou químico) e outros.

A secagem ideal poderia ser comparada ao tradicional varal de roupas. É a quantidade de ar que circula em volta da peça e a sua umidade relativa que determinam a velocidade da secagem, ou seja, troca de umidade com o meio. Por isso, o conceito do varal é apropriado e é possível tentar imitá-lo com algumas adaptações para madeiras roliças.

O primeiro cuidado é afastar as peças inferiores do solo, utilizando peças de madeira conhecidas como travesseiros ou o estaleiro, que servirão de base. O segundo cuidado é deixar espaço entre as peças, mediante aplicação de tabiques ou separadores, para que o ar circule livre e uniformemente entre as peças no interior da pilha. O terceiro cuidado é se certificar de que o posicionamento das peças esteja no sentido perpendicular à direção dos ventos predominantes. O deslocamento natural do ar deve pegar lateralmente as peças de madeira, nunca de frente. Se o empilhamento for irregular ou desordenado em relação ao vento, a secagem não será uniforme.



Figura 4 – Ilustração do modo correto de empilhamento da madeira para secagem no campo

Fonte: Daniel Barcelos

Secagem é um parâmetro básico para qualidade assegurada da madeira tratada. Sua mensuração deve ser feita obrigatoriamente com auxílio de aparelho medidor de umidade. Pequenas usinas de tratamento se baseiam no “olhômetro” para verificar a umidade, o que não funciona quando se pretende obter produtos de qualidade. Só o medidor tira dúvidas sobre a umidade das camadas mais profundas.

7.2.2 TIPOS DE SECAGEM NO CAMPO

A velocidade de secagem da madeira depende não só das condições gerais do ambiente, umidade relativa, temperatura e circulação do ar, mas também da espécie de madeira e dimensão das peças. Além disso, a distribuição do preservativo pelas camadas permeáveis da madeira não é uniforme.

Os cuidados recomendados têm como objetivos evitar rachaduras e assegurar a qualidade da madeira.

Existem quatro situações bem distintas para a secagem:

- Empilhamento da madeira para secagem com casca à sombra → recomendado especialmente para espécies pouco estáveis, em regiões com baixa umidade relativa do ar. Um exemplo é Brasília, onde a secagem deve ser bem lenta para evitar rachaduras.
- Secagem com casca, ao sol → este também é um processo lento, recomendado para espécies pouco estáveis, em regiões como litorâneas, onde há vento, altas temperaturas e a umidade do ar não é baixa.
- Sem casca, à sombra → procedimento indicado para regiões com boa insolação, umidade do ar normal e disponibilidade de espécies não estáveis.
- Secagem sem casca, ao sol → este é o processo mais rápido, recomendado para regiões com boa insolação, baixa umidade relativa do ar e bom regime de ventos, com disponibilidade de espécies mecanicamente estáveis.

7.2.3 DESCASCAMENTO

O descascamento pode ser efetuado antes ou depois da secagem. Nas espécies de madeira com maior tendência ao fendilhamento, a permanência da casca na madeira roliça ajuda a retardar a secagem e, conseqüentemente, reduzir o fendilhamento.

Em algumas espécies de eucalipto, a casca se solta com facilidade logo após o abate. Depois de passados alguns dias, fica difícil removê-la, necessitando, assim, de um descascador mecanizado. Sempre que possível, o descascamento deve ser feito no campo, de modo que a casca sirva como substrato para futuros plantios, promovendo a ciclagem de nutrientes.

A madeira deve ser tratada sem casca, pois sua presença dificulta muito a penetração e absorção da solução preservativa. Por isso, ela deve ser removida antes do tratamento preservativo.

7.2.4 EMPILHAMENTO ANTES DO TRATAMENTO

Após a madeira estar seca e descascada, deve-se proceder o empilhamento já no pátio da UPM, levando em conta que a madeira deve ser selecionada e classificada observando a presença de defeitos e as dimensões (diâmetro e comprimento) das peças. Cada pilha deve ter lotes homogêneos de peças e a classificação deve ser manual, permitindo o controle de qualidade do produto e a padronização para objetivos comerciais, uma vez que o valor final da peça depende do seu diâmetro e comprimento. Após a classificação, a operação de empilhamento pode ser mecanizada com a ajuda de empilhadeiras. No processo de tratamento, dentro da autoclave, serão utilizados lotes homogêneos.

A madeira verde empilhada para secagem está exposta a dois problemas sérios: o ataque de organismos xilófagos e, principalmente, o fendilhamento e rachaduras. Ambos os problemas dependem da espécie de madeira e das condições climáticas. Atualmente, o problema de fendilhamento tem sido alvo de muitas preocupações dos preservadores de madeira, envolvendo custos adicionais e exigindo a colocação dos conectores metálicos, conhecidos comercialmente como *"gang-nails"*.

No caso da utilização da madeira de eucalipto, a secagem acelerada favorece o fendilhamento; dessa forma, o correto empilhamento da madeira pode minimizar os efeitos ou, até mesmo, controlá-los. As pilhas de madeira devem estar dispostas no sentido perpendicular aos ventos dominantes, para evitar o fendilhamento de topo; o eixo das peças empilhadas deve estar no sentido norte-sul, para se obter uma boa secagem. As pilhas devem ser isoladas do chão, sendo aconselhável uma distância do solo de 30 a 50 centímetros de altura. O espaçamento entre as pilhas deve ser de 50 centímetros, no mínimo, nos dois sentidos.

A mecanização das operações tem sido uma rotina nas usinas de impregnação. As máquinas mais utilizadas são tratores escavo-carregadores articulados, com capacidade de levantar de até 10 toneladas ao nível do chão e de até 48° de tombamento da caçamba; nesse caso, o trator deverá estar equipado com garfos. Usam-se empilhadeiras, com rodeiro duplo na dianteira e capacidade de levantar mínimo de 4 toneladas. Para a alimentação do cilindro de tratamento, pode ser utilizado o trator agrícola. No caso de o cilindro possuir uma única porta, como a situação mais comum, o cabo de aço do guincho que traciona as vagonetas passa por uma roldana instalada no fundo ou na parte intermediária do cilindro.

8 A USINA DE IMPREGNAÇÃO

As empresas fornecedoras da autoclave e dos equipamentos complementares fornecem toda a supervisão de engenharia durante a montagem, execução de montagem mecânica e elétrica, testes de funcionamento e treinamento de operação da usina.

As instalações utilizadas na usina de impregnação compreendem os tanques de armazenamento, tanque misturador de soluções preservativas, bomba de vácuo, bomba de pressão ou compressão de ar, bomba de transferência, tubulações, válvulas e, em alguns casos, um sistema de aquecimento; além de um cilindro horizontal, chamado autoclave, onde a madeira é acondicionada e tratada.

O dimensionamento de uma usina de preservação de madeira e a sua capacidade de produção variam em função dos tipos de peças de madeira a serem tratadas (moirões, vigas, estacas, postes, dormentes, madeiramento de construção, esteios para galpões etc.). O tamanho do cilindro ou autoclave determina a capacidade da usina, que é função das dimensões das peças a serem tratadas e do volume total de madeira a ser tratada por dia, mês ou ano. Atualmente, no mercado, o cliente pode escolher as dimensões da autoclave em função do diâmetro da porta e do comprimento do cilindro, alterando, assim, o volume de tratamento de madeira por batelada/ciclo (Tabela 2).

Tabela 2 – Dimensões mais comuns das autoclaves

Diâmetro da porta (m)	Comprimento do cilindro (m)	Volume de tratamento por batelada (m ³)
0,95	6	2,3
1,2	7,5	5
1,6	6	7
1,2	12	8

Diâmetro da porta (m)	Comprimento do cilindro (m)	Volume de tratamento por batelada (m ³)
1,6	9	10
1,6	12	13
1,6	15	18
1,9	15	24
1,9	25	42

O tamanho da autoclave determina a capacidade de tratamento, que é função das dimensões das peças e do volume de madeira tratada. A título de exemplo, tem-se duas autoclaves com as seguintes dimensões:

Autoclave 1	Autoclave 2
Diâmetro – 1,00 m	Diâmetro – 1,90 m
Comprimento – 5,00 m	Comprimento – 12,00 m
Volume total – 3,92 m ³	Volume total – 34,00 m ³

Considerando uma produção anual de 250 dias úteis, poder-se-ia estimar que:

Autoclave 1 - Volume útil (60%) Autoclave 2 - Volume útil (50%)

AUTOCLAVE 1		AUTOCLAVE 2	
Tratamentos diários	Volume tratado	Tratamentos diários	Volume tratado
1	588 m ³	1	4.250 m ³
2	1.176 m ³	2	8.500 m ³
3	1.764 m ³	3	12.750 m ³
4	2.352 m ³	4	17.000 m ³

Definida a produção por operação, o volume da autoclave pode ser estimado como o dobro desse valor, uma vez que seu volume útil, em primeira aproximação, corresponde à metade do espaço nominal.

As autoclaves ainda podem ter variações do local do tanque

que contém o reservatório com a solução preservativa, podendo ser em cima/sobre o cilindro de tratamento, de lado e até no subsolo, em substituição ao fosso. As vantagens do tanque reservatório de preservante estar em cima/sobre o cilindro de tratamento, também conhecido como “*double-deck*”, é a economia de espaço, uma vez que necessita da construção menor do galpão onde será instalada, além de melhor organização de espaço, bem como segurança no caso de vazamento, uma vez que a usina estará alocada sobre um piso de contenção (*dry-pad*); caso tenha algum problema de vazamento no tanque reservatório de preservante, o mesmo teria como ser contido de maneira mais rápida. Recomenda-se que o tanque reservatório de preservante tenha capacidade de armazenamento suficiente, pelo menos para funcionamento de 15 a 30 dias de acordo com os cálculos de planejamento, considerando o volume útil do cilindro da autoclave. Lembrando que o tanque reservatório de água deve ser utilizado para diluição do preservante hidrossolúvel até a concentração de trabalho, além de abastecer instalações auxiliares como refeitório, vestiário, sanitário e outros.

As autoclaves podem ter ainda uma ou duas portas, sendo que naquelas com duas portas o intervalo entre as bateladas é menor, acarretando em maior produtividade, pois quando uma vagoneta está saindo, imediatamente outra vagoneta com madeira para iniciar o tratamento está entrando na autoclave. Apesar de se ter maior gasto com trilhos neste caso, o ganho com tempo e produtividade (mais bateladas) compensa o investimento.



Figura 5 – Autoclave com tanque reservatório em cima/sobre o cilindro de tratamento, conhecido como “double-deck”. Fonte: Fhaizer Autoclaves

A partir de 2015, com o intuito de facilitar o gerenciamento das usinas de autoclave de madeiras, a empresa Fhaizer Autoclaves® modernizou seus produtos com o lançamento de autoclaves cujo funcionamento e diagnóstico podem ser realizados por meio de *smartphones* e *tablets* (sistemas Android e iOS), permitindo o controle remoto de processos que outrora eram limitados logisticamente. Tal sistema de automatização da autoclave permite obter informações sobre o tempo de ciclo, válvulas em operação, consumo de energia e água, entre outros detalhes, via internet *wi-fi*.

Quando a autoclave atingir o número de horas de desgaste da borracha ou dos filtros, previsto no manual técnico, o próprio aplicativo notifica o momento recomendado da manutenção. Além disso, o sistema fornece informações em tempo real sobre o custo do tratamento por batelada. Tal sistema ajuda no gerenciamento da UPM e, conseqüentemente, no gerenciamento dos custos operacionais, permitindo ajustes e correções nas próximas bateladas, auxiliando na formação do preço de venda e na lucratividade.



Figura 6 – Autoclave completamente automatizada com sistema *wi-fi*. Fonte: Fhaizer Autoclaves

O gerenciamento deste sistema que automatiza a autoclave só é possível por meio de uma conexão 4G ou *wi-fi*, permitindo, assim, o controle da autoclave de qualquer lugar fora da sede do cliente. Além disso, outros sistemas considerados semiautomáticos contam com o CLP (Controlador Lógico Programável), que facilita o processo de manuseio do equipamento e, principalmente, o treinamento de operadores, bastando apenas seguir as instruções do painel de comando. Essa vantagem torna o equipamento "*User Friendly*", ou seja, muito fácil de operar.

Devido às características técnicas do equipamento, cada projeto tem um custo, ou seja, é necessário inicialmente conhecer a necessidade do cliente para depois apresentar um orçamento.

No processo de tratamento, é necessário o acompanhamento de todas as etapas, desde a entrada até a saída da madeira da autoclave. Para medir cada etapa do tratamento, são utilizados alguns equipamento de medição, como:

- vacuômetro, para medir o vácuo;
- manômetro, para medir a pressão;
- relógio, para medir o tempo de cada etapa.

A duração de cada estágio é mensurável com precisão, o que depende do tipo de cada madeira a ser tratada: eucalipto (folhosa) e pinus (conífera), por exemplo, têm ciclos diferentes. As coníferas apresentam ciclo mais curto do que espécies de folhosas. As coníferas, em geral, são de baixa densidade (mais leves), quase totalmente permeáveis e possuem cerne e alburno indistintos. Já o grupo das folhosas possui alburno permeável e cerne, geralmente, impermeável.

No tratamento das folhosas, o tempo sob pressão deve ser maior. Isto é necessário para que o preservativo penetre em todo o alburno e inicie a reação química na superfície do cerne. Assim, o alburno fica totalmente tratado e o cerne superficialmente. No caso das coníferas, a preocupação é inserir profundamente o preservativo, cuja penetração é facilitada pelo fato de existir mais espaços vazios e menos obstrução celular (as coníferas possuem estrutura celular mais simples que as folhosas). Nas folhosas, o ciclo de tratamento situa-se entre 3 e 4 horas. Nas coníferas, por outro lado, esse tempo é significativamente reduzido devido à alta permeabilidade, o que proporciona uma maior produtividade.

9 DETALHES TÉCNICOS DA AUTOCLAVE

A autoclave deverá ser construída com chapas de aço carbono SAE 1020 – especificação ASTM A – 285, grau C, que deverão ser soldadas eletricamente, com pintura externa anticorrosiva. Esse material é quimicamente resistente aos preservativos atualmente utilizados em escala industrial. O projeto de construção deverá obedecer ao código ASME Seção VIII Div. I e norma ABNT NB-109, 2ª publicação, utilizando-se a pressão de 18 kgf/cm² como teste hidráulico de segurança para atuar em condições normais de trabalho com a pressão de 12 kgf/cm².

A porta deverá ser do tipo fecho rápido, com abertura e fechamento por meio de pistão hidráulico, com interligação entre os trilhos externos aos internos. Ela deverá, ainda, ser construída com formato semi-elíptico na relação de 2:1 e ter espessura de 22 mm, devendo ser dotada de vedação, fabricada com material tipo “borracha nitrílica”, resistente a solventes, ácidos e bases orgânicas. A autoclave deverá ter os trilhos internos para entrada e saída das vagonetas. O tempo necessário entre a carga e a descarga da madeira na autoclave deve ser o mínimo possível. Para tanto, é necessário um arranjo eficiente nas linhas de alimentação da autoclave, composta de trilhos, por onde deslizam as vagonetas carregadas de madeira.

Todas as autoclaves, antes de serem comercializadas, deverão ser exaustivamente testadas para assegurar total qualidade e segurança no equipamento. Antes da liberação da usina para o cliente, a mesma passa por: teste de solda, testes de líquidos penetrantes/reveladores, testes de estanqueidade e, por último, o teste hidrostático. Todos os testes supervisionados por um engenheiro mecânico que certifica o equipamento conforme o Código ASME VIII Div. 1; NR13 e CREA. Pressão de trabalho de 10,8 kgf/cm², eficiência de solda: costado 0,70 e tampos 1,0 e espessura de corrosão de 1,5 mm.

Os itens que compõem o sistema de preservação da madeira são:

- Autoclave (cilindro - vaso de pressão);
- Reservatório para solução preservante;
- Reservatório para água;
- Reservatório para selo bomba de vácuo;
- Trilhos fixos e móveis para vagonetas;
- Vagonetas;
- Conjunto hidráulico - (válvulas, tubulações, pressostato, manômetros);
- Bombas de vácuo e pressão;
- Painel de comando elétrico;
- Segunda porta móvel (opcional);
- Trilho em Y (opcional);
- Plataforma móvel (opcional);
- Guincho elétrico (opcional).

Vagonetas

As vagonetas são pequenos compartimentos, que funcionam como pequenos vagões, abertos nas extremidades, dotados de conjuntos de braços laterais e que servem para transportar a madeira. O número de vagonetas é função do comprimento da autoclave. Recomenda-se sempre a utilização de três conjuntos de vagonetas para que se tenha um conjunto sendo carregado, um sendo descarregado e o outro no interior do cilindro de tratamento. As vagonetas deverão ter rodas de aço com 60 cm de bitola e construídas em perfis de aço laminado soldado, para suportar a carga de madeira preservada, multiplicada por um fator

de segurança não inferior a dois e, ainda, dotadas de mancais de deslizamento, além de pintura anticorrosiva.

Drip-Pad

O *drip-pad* é composto por uma canaleta na parte inferior dos trilhos. Esta canaleta possui inclinação e é interligada com o fosso que está localizado embaixo da autoclave. Sua finalidade é recolher e direcionar os eventuais respingos de solução preservativa advindos da madeira após seu tratamento, evitando, assim, que o solo sofra contaminação pela solução preservativa. Este dispositivo é extremamente importante no sentido de resguardar a segurança ambiental e do operador, bem como tornar o processo econômico, evitando desperdícios.

Sistemas de Contenção

A autoclave é envolvida por um dique de contenção concretado, com volume superior ao do tanque, com a finalidade de confinar toda a solução em caso de acidente com vazamento.

Tanto a região das bombas a como do *drum-flusher* possuem pisos interligados ao dique, permitindo que, mesmo em caso de acidente grave com os equipamentos, não haja contaminação do meio ambiente.

Recolhimento de Resíduos

Os resíduos do processo de tratamento (eventuais sobras de solução retidas na autoclave no final do processo) são todos direcionados para o fosso que está localizado embaixo da autoclave, sendo daí recolhidos para o tanque apropriado.

Drum-flusher

O produto é fornecido pelo fabricante em tambores. Para efetuar o esvaziamento destes, utiliza-se um sistema denominado *drum-flusher*, composto por moto-bomba própria, sistema de válvulas, mangueiras com engate rápido e um dispositivo que é roscado à boca do tambor. Este sistema possibilita a diluição do produto concentrado com solução preservativa, permitindo o total esvaziamento do tambor em um tempo extremamente reduzido, sem haver necessidade de contato entre o operador e o produto químico.

Além da autoclave, existem os equipamentos auxiliares:

- Moto-bomba de vácuo;
- Moto-bomba de pressão;
- Moto-bomba de mistura *drum-flusher*;
- Sistemas elétricos para partida e parada dos motores;
- Acessórios de fixação;
- Componentes elétricos como fios, eletrocalhas, etc.;
- Tubulações, conexões, válvulas, manômetros, vacuômetros, indicadores de nível e acessórios;
- Tubos de aço em diversos diâmetros, de acordo com a Norma ASTM-120/SCH-40;
- Flanges e conexões em diversos diâmetros com especificações para 150 lbs;
- Válvulas tipo esfera, gaveta, borboleta, de segurança e retenção, devidamente especificadas e testadas para operar nas condições de projeto;
- Filtros "Y" compatíveis com o projeto.

10 CONTROLE DE QUALIDADE DE UMA UPM

A retenção e a penetração são dois parâmetros autocorrelacionados que medem a eficiência do tratamento preservativo.

A penetração, medida em mm ou cm, indica a profundidade atingida pelo preservativo na peça submetida ao tratamento. Geralmente, sua determinação é feita por meio de reações colorimétricas em seções da peça impregnada.

Já a retenção é um parâmetro de natureza quantitativa, que expressa a quantidade de preservativo existente num determinado volume de madeira, e é expresso em kg/m^3 . A concentração de solução preservativa varia de 2 a 4% (CCA-C), segundo a quantidade de líquido a ser introduzida na madeira, e pode ser regulado de modo a proporcionar uma retenção de 5,3 até 24 kg de produto preservante por metro cúbico de madeira tratada. Quando se trata de madeira macia, recomenda-se uma retenção de maior quantidade do produto do que numa madeira dura. Para postes de eucalipto, por exemplo, a retenção recomendada é de $6,5 \text{ kg/m}^3$, enquanto para moirões, é de $5,0 \text{ kg/m}^3$.

Tais parâmetros podem ser analisados na própria UPM (caso a mesma possua um laboratório) ou podem ser enviadas amostras periodicamente para universidades ou institutos de pesquisa que possuem equipamentos específicos e precisos para tais análises.

Toda operação de tratamento deve ser registrada em fichas de tratamento concebidas para permitir a rastreabilidade e facilitar o registro de informações, como: data, número do tratamento, nome do operador, volume e espécie de madeira, ciclo operatório empregado, preservante utilizado, concentração do preservante e volume gasto, retenção atingida, umidade da madeira, penetração obtida, etc.

Esses registros, além de serem a forma mais simples de controle de qualidade, fornecem aos responsáveis pela usina meios de

controle de estoque, subsídios para cálculo de custos, além de facilitarem o gerenciamento da UPM.

A solução preservativa tem ainda dois parâmetros que devem ser observados: concentração da solução e balanceamento da solução.

A concentração da solução deve ser medida para avaliar a quantidade de produto diluído em água. O aparelho de medição é o termodensímetro, que aferi a temperatura e a densidade da solução. Cruzando estes dados, tem-se a concentração do produto.

O balanceamento da solução deve ser aferido para avaliar percentualmente a proporção de cada componente químico (Cr, Cu e As) diluído na solução. Arsênico em excesso significa menos cromo e cobre, portanto, menos poder fungicida e de fixação dos princípios ativos, podendo causar desbalanceamento na solução. O mesmo raciocínio vale para eventuais excessos de cobre ou de cromo. Por isso, todo desvio de concentração de produtos químicos na solução pode gerar prejuízos econômicos, ambientais e legais. Em geral, são retiradas baguetas ao longo das peças tratadas, as quais são trituradas em moinho willey e analisadas em equipamentos específicos, como fluorescência ou espectrômetro de raios X ou de absorção atômica. Há uma norma técnica da ABNT que estabelece os níveis mínimo e máximo da concentração e composição percentual dos ingredientes ativos. Qualquer desvio da norma, para mais ou para menos, poderá comprometer o desempenho das peças tratadas. Para cada categoria de uso da madeira - postes, mourões, dormentes, peças para construção civil, entre outros - há uma especificação dentro da norma.

 Montana MONTANA QUÍMICA S.A. Desde 1953		DEPARTAMENTO PESQ., DESENV. E APOIO TÉCNICO. DIVISÃO: OSMOSE LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE.					
RELATÓRIO DE ENSAIO							
CLIENTE:		<i>Esta coluna serve para verificar se a quantidade de 1A obedece norma</i>			<i>Esta coluna serve para verificar se o produto químico está balanceado</i>		
AMOSTRA: Amostra 02		DATA ENTRADA: 30.07.04					
FINALIDADE: Determinação da retenção de I. A (CCA - C, OSMOSE K33 - C) em moirões							
ENSAIOS	UNID.	RESULTADOS		PADRÃO			MÉTODO DE ENSAIO
		RETENÇÃO	% EM PESO	MÍN.	PAD.	MÁX.	
Teor de CrO ₃	kg/m ³	3,3	48,5	41,8	47,5	53,2	ME-082 Método para determinação de Cobre, Cromo e Arsênio por fluorescência de Rolo-X.
Teor de CuO	kg/m ³	1,2	17,6	15,2	18,5	22,8	
Teor de As ₂ O ₅	kg/m ³	2,3	33,9	27,3	34,0	40,7	
TOTAL	kg/m ³	6,8	100,0				

Quantidade em Kg por m³ de ingredientes ativos na madeira analisada

Porcentagem de 1A encontrado na madeira analisada (comparar com o padrão)

Máxima
Média ideal
Porcentagens mínimas dos ingredientes ativos

Figura 7 – Modelo de relatório de ensaio para amostras de madeira tratadas com CCA
 Fonte: Montana Química

O desbalanceamento da solução ocorre geralmente em função do contato de produtos orgânicos com o preservativo. Um dos casos mais comuns é o de peças que estavam em contato com o solo ou são arrastadas até a autoclave, levando junto pequenos torrões de terra. O outro é decorrente da má secagem da madeira, deixando em seus vasos internos restos de seiva, que podem gerar açúcares redutores que, em contato com a solução preservativa, reagem, causando precipitações. A solução passa a conter impurezas, sob a forma de um pó verde, que são insolúveis em água e que não penetram mais nas fibras da madeira. Este pó é perceptível quando a madeira já está seca, pronta para expedição, e se solta com facilidade de sua superfície, indicando problemas no tratamento.

11 SOBRE A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DA MADEIRA (ABPM)

Criada em 25 de agosto de 1969, a ABPM atua como fórum nacional do setor de proteção de madeiras no Brasil, representando o segmento industrial madeireiro junto aos órgãos reguladores e Poderes Legislativo e Executivo. Dentre seus objetivos, estão a difusão dos conhecimentos a respeito da madeira tratada como recurso natural renovável de ciclo curto e alta durabilidade; a revisão e a elaboração de normas técnicas, visando a abertura e a consolidação de mercados; a interação com institutos de ensino e pesquisa nacionais e internacionais, para acompanhar produtos e processos inovadores; a agregação do setor para fortalecer o segmento; e o desenvolvimento de ações comerciais e legais que contribuam para a expansão do uso adequado de madeiras preservadas em diversos campos da atividade econômica. A entidade reúne em seu quadro associativo usinas de preservação de madeira, indústrias químicas e entidades ligadas ao setor de madeira tratada.

12 SELO QUALITRAT

A ABPM, de modo a apoiar as usinas de tratamento de madeira que possuem foco na qualidade e na legalidade de suas operações, em parceria com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e o Instituto Totum, criou o selo Qualitrat. O selo faz parte de um programa de adesão voluntária que certifica as empresas por meio de rigorosos critérios, verificando se todos os processos de tratamento em autoclave e de legalidade estão corretos.

O selo Qualitrat é um Programa de Autorregulamentação gerenciado pela ABPM que se tornou uma ferramenta indispensável ao disciplinamento da atividade de tratamento industrial da madeira. Ele contempla (itens auditáveis), a saber:

- habilitação e idoneidade jurídica;
- gestão da qualidade de processos (verifica se a produção está alinhada com as normas técnicas);
- gestão ambiental (verifica os Planos de Controle Ambiental (PCAs), Relatórios de Controle Ambiental (RCAs), IBAMA, Cadastro Técnico Federal e Licença de Operação);
- regularidade social e trabalhista; gestão de saúde e segurança, ética e responsabilidade social (verifica Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional, Serviço especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho; Programa de Prevenção de Riscos e Acidentes e Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros).

A adesão ao selo Qualitrat traz uma série de benefícios como: melhoria na qualidade do produto final; maior credibilidade no mercado; aumento da eficiência – uso racional de pessoal e material; redução dos custos operacionais por causa de retrabalhos; e maior confiança nos funcionários – melhora no desempenho e produtividade.

13 PRODUTOS E MERCADOS DE MADEIRA TRATADA

Os preservantes são utilizados no tratamento preservativo de madeiras oriundas, principalmente, de reflorestamento, como o eucalipto e o pinus, não importando a configuração final das peças: roliça, serradas, compensados, etc., em seus múltiplos e variados usos:

- na construção civil;
- no setor rural;
- no setor marítimo-fluvial;
- no setor de transportes;
- no setor de eletrificação e telefonia;
- no industrial;
- no paisagismo e outros.

O mercado de madeira tratada no Brasil concentra quatro principais setores, sendo o rural, no qual o mourão é o principal produto, responsável por 60% da produção de toda a madeira preservada. Mourões, esticadores e outras peças feitas para emprego no campo são utilizados, de maneira geral, na forma roliça, para construção de cercas em propriedades rurais, e tem como desvantagem o baixo valor agregado. A elevada demanda dos produtores rurais por mourões de madeira tratada em todas as regiões do Brasil comprova, a cada ano, a qualidade do produto. Além do bom desempenho, a madeira cultivada e tratada tem um papel ambiental relevante, substituindo espécies nativas de difícil reposição tanto pela natureza quanto pela silvicultura.

Outros fortes mercados de madeira tratada são o setor de transportes (ferroviário), no qual o dormente é o principal produto, responsável por 15% da produção, e o setor de eletrificação e

telefonia, em que os postes e cruzetas são os principais produtos, responsáveis por também 15% da produção. Postes de eucalipto preservado proporcionam melhor nível básico de isolamento (NBI), facilidade no manuseio e transporte, maiores espaçamentos entre cada poste e, conseqüentemente, mais economia; o que não é pouco, já que a instalação de postes representa entre 20% e 25% dos custos de implantação das redes de distribuição de energia elétrica. As cruzetas de eucalipto preservado apresentam vantagens como fácil manuseio, transporte e manutenção. Este item é uma inovação introduzida recentemente no mercado brasileiro. Com o avanço da bioengenharia, é possível revestir a cruzeta preservada de eucalipto com fibra de vidro e resina polimérica, em um processo conhecido como "*Filament Wingind*", que proporciona impermeabilidade, regularidade dimensional, ótimo acabamento e uma dupla proteção. Tal produto é fabricado pela empresa CBI Madeiras a nível industrial e de maneira personalizada, de acordo com as necessidades do cliente (comprimento e diâmetro desejados).

Por fim, o mercado que está querendo expandir é o da construção civil, responsável por 10% da produção de madeira preservada no Brasil, com a utilização predominante de madeira roliça para construção de telhados e coberturas, além de usos como escoramento, andaimes, reguá (taipá), pontalete, paisagismo e outros. Na construção civil como um todo, não existe restrição para o uso da madeira tratada. As opções de projetos estruturais são várias, entre elas casas, pontes, passarelas, playgrounds, coberturas, mirantes, telhados e galpões.

Um estudo de Brito (2010) reuniu e catalogou 124 fichas técnicas, que integram o manual, as possíveis alternativas existentes, em diversos países, de usos estruturais de madeiras roliças. É o caso de estacas de fundações, passarelas, pontes, quiosques, galpões rurais, edificações residenciais, hotéis, igrejas, escolas, sedes de parques ecológicos e turísticos, locais de eventos, coberturas especiais, arquibancadas, playgrounds, terminais de aeroportos, torres de elevação, defensas de rodoviária, barreiras acústicas, estruturas provisórias de cimbramentos para fôrmas de concreto, entre outras tantas possibilidades presentes no Brasil e no exterior.

Sistemas construtivos estruturais com madeira tratada ganham em economia, favorecem o ambiente de maneira sustentável e, principalmente, promovem o ciclo de geração de novas florestas, o que é imprescindível para o sequestro de carbono.

Os Estados Unidos, tradicionalmente, são os maiores produtores e consumidores de madeira tratada no mundo, sendo consumidos anualmente em torno de 25 milhões de metros cúbicos, 85% destinados à construção civil na forma de serrados. Porém, por lá são enormes os esforços mercadológicos para divulgar as vantagens de se usar da madeira tratada e das normas técnicas que garantem ao usuário o desempenho dos produtos. Além disso, o Brasil possui barreiras para o crescimento do uso da madeira tratada na construção civil devido ao alicerce construtivo baseado em construções feitas de alvenaria, bem diferente do que acontece nos Estados Unidos e Austrália. Aliado a esse problema, alguns arquitetos e engenheiros civis estão descobrindo agora os benefícios do uso desse material, que pode oferecer maior empenho nas composições estruturais, pois sua robustez ligada ao tratamento químico resulta em longevidade, maior economia financeira em relação às madeiras nativas, oferece boas características técnicas, beleza singular e, acima de tudo, é uma opção sustentável. Possivelmente, o desconhecimento das vantagens do uso da madeira tratada se deve ao fato de que as faculdades de arquitetura e engenharia raramente apresentam a madeira aos alunos como um material de construção, como acontece em outros países. Com isso, fica deficiente o entendimento de que a madeira tem caráter renovável em relação ao tijolo, ao aço e ao cimento, cuja fabricação demanda muita energia e matéria-prima, além de exigir mais do transporte por causa do peso.

No questionário aplicado em 2015 para as empresas associadas à ABPM, verificou-se que o foco de atuação das empresas, avaliando o portfólio de produtos, foi a produção de moirões, representando uma média de 24% do total de produtos comercializados de cada empresa. Tal número pode ser associado ao fato do país possuir uma extensa área rural, necessitando delimitar suas divisas com cercas.

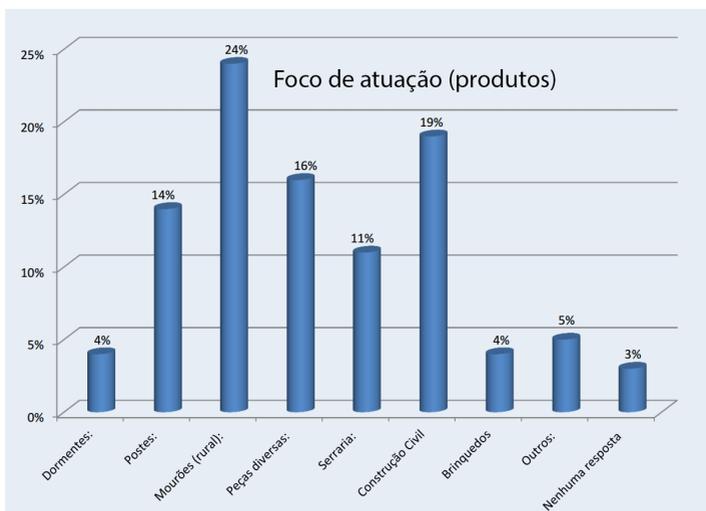


Figura 8 – Relação dos principais produtos comercializados pelas empresas associadas da ABPM
 Fonte: ABPM

Em relação à matéria prima (madeira) utilizada no tratamento preservativo, foi verificado, de acordo com as empresas associadas à ABPM, que o eucalipto é o gênero mais utilizado, responsável por 66% do uso nas UPM's, seguido de pinus (24%) e outras espécies, como araucária e teca (10%).

Em relação ao fornecimento dos produtos das UPM's para os diversos setores, verificou-se que 27% é fornecido para empresas ligadas ao setor privado; 25% para venda direta ao produtor rural; 19% para depósitos, distribuidores e representantes; 15% para empresas públicas; 12% para escritório de engenharia/arquitetura; e apenas 1% para consumo próprio.

Para o produtor rural, as dimensões de peças tratadas mais encontradas no mercado estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Dimensões de peças tratadas mais encontradas no mercado

Produto	Dimensões (cm x m)	Peso médio após o tratamento (kg)	Aplicações
Estaca	7 a 10 x 1,60	12	Cerca elétrica
Estaca	7 a 10 x 2,00	15	Intermediárias para cerca
Estaca	7 a 10 x 2,20	16	Intermediárias para cerca
Estaca	7 a 10 x 2,50	19	Intermediárias para cerca
Estaca	7 a 10 x 3,20	24	Travas para secador de café
Poste	10 a 13 x 4,50	46	Eletrificação e galpões
Poste	10 a 13 x 7,00	72	Eletrificação e galpões
Moirão	11 a 13 x 2,00	28	Cabeceira de terreiro
Moirão	11 a 13 x 2,20	30	Intermediárias para cerca
Esticador	11 a 13 x 2,50	34	Esticador para cercas
Esticador	11 a 13 x 2,70	37	Esticador para cercas
Moirão	11 a 13 x 2,20	44	Travas de cabeceira de terreiro
Esticador	14 a 16 x 2,50	46	Esticador para cercas
Esticador	14 a 16 x 2,70	50	Intermediárias para curral
Palanque	14 a 16 x 3,20	59	Cantos de curral, esteios
Poste	14 a 16 x 7,00	129	Eletrificação, galpões
Palanque	16 a 19 x 3,20	82	Cantos de curral, galpões
Esteio	16 a 19 x 4,00	103	Cantos de curral, galpões
Réguas	2,5 x 12,5 x 4,20		Réguas para curral

14 CONCLUSÃO

Qualidade assegurada de madeira tratada industrialmente exige o controle de três variáveis: secagem da madeira, parâmetros de tratamento e condições da solução preservativa. A qualidade do produto associada a uma composição de ingredientes ativos devidamente balanceada e ao uso de insumos legalizados também é fundamental para o sucesso do empreendimento.

Apesar do setor de madeiras tratadas industrialmente apresentar problemas de clandestinidade, as empresas do setor de madeiras preservadas enxergam o futuro da atividade empresarial como promissor, necessitando de políticas públicas e ações do governo voltadas para essas empresas agirem de maneira correta e dentro da lei, para que se tenha maior desenvolvimento de emprego e renda, além da sustentabilidade (minimizar impactos ambientais). Deve-se ainda lutar por políticas públicas que facilitem o comércio e plantio de eucalipto e pinus, taxaçoão mais pesada e fiscalizaçoão em relaçoão às florestas nativas, apoio de governadores, prefeitos e sindicatos para construçoão de Arranjos Produtivos Locais (APL's), investimentos em tecnologia e divulgaçoão de produtos e utilizaçoões das diferentes formas de madeira tratada, principalmente na construçoão civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRESERVADORES DE MADEIRA. Preservação: durabilidade e qualidade na madeira. **ABPM**, São Paulo, 1993. 26p.

BRITO, L.D. **Recomendações para o projeto e construção de estruturas com peças roliças de madeira de reflorestamento**. 2010. 339p. Dissertação. (Mestre em engenharia de estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CAVALCANTE, M. S. Histórico da preservação de madeiras. In: LEPAGE, E. S. **Manual de Preservação de Madeiras**. São Paulo: IPT/ SICT, 1986, v. 1, cap. 2, p. 9-20.

CAVALCANTE, M.S. Guia de preservativos de madeira. **Boletim ABPM**, São Paulo, (28):1-7, 1985.

CHIMELO, J. P. Anatomia da Madeira. In: LEPAGE, E. S. **Manual de Preservação de Madeiras**. São Paulo: IPT/ SICT, 1986, v. 1, cap. 3, p. 41 - 67.

GALVÃO, A.P.M. Processos práticos para preservar a madeira. Piracicaba, ESALQ/USP, 1975. 29p.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I.P. Durabilidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake preservada por processos sem pressão: avaliação de ensaios de campo. **IPEF**, Piracicaba, n. 33, p. 59-64, 1986.

LEPAGE, E.S, (coord.) **Manual de preservação de madeiras**. Volume I e II. São Paulo, IPT/SICCT, 1986. 708p.

LEPAGE, E.S. **Preservação de Madeiras**. Convênio IBDF-IPT-ABPM, São Paulo, 1974, 2(1):37-83. (Boletim Técnico).

LEPAGE, E.S. Preservativos e sistemas preservativos. In: LEPAGE, E. S. **Manual de Preservação de Madeiras**. São Paulo: IPT/ SICT, 1986, v. 1, cap. 6, p. 279-330.

MORAES, M.A.F.D. **A indústria da madeira preservada no Brasil: um estudo de sua organização industrial.** Piracicaba, 1996. 173p. (Dissertação Mestrado – ESALQ/USP).

ROCHA, M.P. **Biodegradação e Preservação de Madeira.** Curitiba. FUPEF, Universidade Federal do Paraná, 2000, 94p.

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



Divisão de Gráfica
Universitária
Universidade Federal de Viçosa

