

Qualidade do tratamento preservativo em autoclave para a madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*Quality of autoclave preservative treatment of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus cloeziana* woodMagnos Alan Vivian¹, Elio José Santini²,
Karina Soares Modes³ e Wesley Wilker Corrêa Morais⁴**Resumo**

A madeira, devido sua origem orgânica, dependendo das condições ambientais que seja exposta, pode ser deteriorada por agentes biológicos. Para proteger a madeira e assim aumentar sua vida útil em serviço é necessário submetê-la a um tratamento preservativo. Em vista disto, este estudo teve por objetivo avaliar a qualidade do tratamento preservativo em autoclave da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*. Para tanto, foram utilizadas árvores com 16 anos de idade, que depois de desdobradas em tábuas com dimensões de 2,2 × 9,0 × 200,0 cm, foram submetidas à secagem ao ar livre até atingir teor de umidade entre 12 e 15%. Em seguida, as tábuas foram tratadas em autoclave industrial com Arseniato de Cobre Cromatado (CCA), e depois encaminhadas ao Laboratório de Produtos Florestais da UFSM para avaliação de parâmetros físicos, como massa específica e umidade de equilíbrio, e de qualidade, como penetração e retenção. Os resultados mostraram que o tratamento preservativo produziu um aumento significativo na umidade de equilíbrio para as duas espécies, mas não mostrou efeito significativo sobre a massa específica da madeira. Em relação à qualidade do tratamento preservativo, a madeira de *E. grandis* apresentou penetração vascular e o *E. cloeziana* parcial irregular, e uma retenção pouco satisfatória nas duas espécies estudadas, o que sugere que essas espécies não foram suficientemente tratadas.

Palavras-chave: *Eucalyptus* spp; Tratamento Industrial com CCA; Análise da Penetração e Retenção.

Abstract

Wood can be damaged by biological agents due of its organic origin and environmental conditions. To protect the wood and increase its useful life it is necessary to submit it to a preservative treatment. The aim of this work was to evaluate the quality of the preservative treatment of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus cloeziana* lumber in an autoclave. For this purpose, trees with 16 years of age were used which, after sawing boards of 2.2 × 9.0 × 200.0 cm, were subjected to air drying to between 12 and 15 % of moisture content. Then the boards were treated using an industrial autoclave with chromate copper arsenate (CCA). Afterwards they were forwarded to the Forest Products Laboratory of the UFSM for the evaluation of physical parameters, such as specific gravity and moisture balance and quality, such as the penetration and retention. The findings showed that the preservative treatment produced a significant increase in equilibrium moisture content for both species, but showed no significant effect on the specific gravity of the wood. As for quality of the preservative treatment, *E. grandis* had vascular penetration and *E. cloeziana* wood had partial irregular penetration; retention being unsatisfactory for both species; which suggests that these species have not been adequately treated.

Keywords: *Eucalyptus* spp; Industrial Treatment with CCA; Analysis of Penetration and Retention.

INTRODUÇÃO

A madeira, por ser um material de origem orgânica, dependendo das condições ambientais a

que for submetida, pode ser deteriorada, tanto por agentes biológicos, como micro-organismos (bactérias e fungos), insetos (coleópteros e térmitas) e brocas marinhas (moluscos e crustáce-

¹Doutorando em Recursos Florestais do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - Av. Pádua Dias, 11 - Piracicaba, SP - 13418-900 - E-mail: magnosalan@usp.br

²Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria - Av. Roraima, 1000 - Santa Maria, RS - CEP 97105-900 - E-mail: ejsantini@gmail.com

³Professora Assistente do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Rondônia, Av. Norte-Sul, 7300 - Rolim de Moura, RO - CEP 76940-000 - E-mail: ksmodes@gmail.com

⁴Professor Assistente do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Estadual de Roraima - Rua São Miguel, 177 - São João da Baliza, RR - CEP 69365-000 - E-mail: weslley_eng@yahoo.com.br

os), bem como por reações químicas, o que traz prejuízo aos seus usuários, no que se refere ao custo da mão-de-obra para substituição do material e ao risco à segurança da obra.

Segundo Calil Júnior e Dias (1997), a idéia equivocada de que a madeira tem vida útil curta, negligenciou-a como material de construção. Embora seja susceptível ao ataque de organismos deterioradores sob condições específicas, quando preparada com tecnologia e tratamento preservativo eficiente, torna-se um material muito durável, tendo em vista que se pode obter proteção efetiva por períodos de até 50 anos ou mais.

Quando a situação de uso da madeira a submete a condições adversas ou ao contato com o solo, torna-se necessário o uso de espécies de alta durabilidade natural. Quando o material apresenta baixa durabilidade natural, é desejável que apresente facilidade de impregnação quando submetido a tratamentos preservantes por meio da impregnação de produtos químicos; tornando-o mais resistente, principalmente ao ataque biológico, que são os principais deterioradores da madeira em curto prazo (BARRILLARI; FREITAS, 2002).

Considerando que a maioria das espécies de alta durabilidade natural são provenientes de florestas tropicais, a utilização de espécies de florestas plantadas, e que possam ser submetidas ao tratamento preservante, torna-se uma alternativa promissora.

Nesse contexto, inserem-se as espécies do gênero *Pinus* e *Eucalyptus* que, devido à boa adaptação às condições edafoclimáticas do Brasil, apresentaram altas taxas de crescimento e potencial para diversos usos, incluindo a produção madeireira (GOLFARI, 1978). Contudo, de acordo com Barillari (2002), a utilização da madeira de reflorestamentos, como produtos que requeiram tratamento preservante, está concentrada principalmente no gênero *Eucalyptus*.

A importância do gênero *Eucalyptus* tem crescido consideravelmente no Brasil nos últimos anos, entretanto, são poucas as informações sobre as melhores formas de tratamento preservativo desta madeira com idades avançadas. Estas informações são necessárias, principalmente, devido à baixa permeabilidade da madeira do gênero, o que resulta em uma deficiente penetração do produto preservativo além da região periférica da madeira de alburno.

Entre os métodos de tratamento da madeira, existem aqueles sem pressão, ou caseiros, e os com pressão, também chamados de industriais. Segundo Mendes e Alves (1988), os métodos industriais se destacam pela qualidade do tratamento, no que diz respeito à eficiência, ao controle da retenção e penetração do preservativo na madeira, à economia de tempo e a garantia de maior proteção, aumentando consideravelmente a vida útil das peças em serviço.

A qualidade de um tratamento preservativo é determinada pela profundidade de penetração e quantidade de produto retido pela madeira (HUNT; GARRATT, 1967). De acordo com Lepage (1986), a penetração e retenção dos produtos são os parâmetros que fornecem o verdadeiro grau de proteção das peças, sendo considerados de máxima importância no controle da qualidade do tratamento.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), conjuntamente com Associação Brasileira de Preservadores de Madeira (ABPM) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), os quais conduziram a revisão da norma NBR 7190/97 (ABNT, 1997), sugeriram as classes de retenção e categorias de uso, de acordo com as Tabelas 1, 2 e 3.

Na Tabela 2 estão relacionadas as possíveis aplicações da madeira serrada como material de engenharia, com as categorias de uso prováveis.

Tabela 1. Categorias de uso da madeira (Fonte: ABNT;ABPM;IPT, 2007).

Table 1. Categories of use of wood (Source: ABNT;ABPM;IPT, 2007).

Categoria de uso	Condição de uso da madeira
1	Interior de construções, fora de contato com o solo, fundações ou alvenaria, protegidos das intempéries, das fontes internas de umidade e locais livres do acesso de cupins-subterrâneos ou arborícolas.
2	Interior de construções, em contato com a alvenaria, sem contato com o solo ou fundações, protegidos das intempéries e das fontes internas de umidade.
3	Interior de construções, fora de contato com o solo e protegidos das intempéries, que podem, ocasionalmente, ser expostos a fontes de umidade.
4	Uso exterior, fora de contato com o solo e sujeitos as intempéries.
5	Contato com o solo, água doce e outras situações favoráveis à deterioração, como engaste em concreto e alvenaria.
6	Exposição à água salgada ou salobra.

Tabela 2. Aplicações da madeira serrada e as categorias de uso prováveis (Fonte: Adaptado de ABNT;ABPM;IPT, 2007).

Table 2. Applications of lumber and probable use categories (Source: Adapted from ABNT;ABPM;IPT, 2007).

Aplicação	Categoria de uso Provável
Assoalho	2 e 3
Colunas	2, 3, 4, 5 e 6
Decks	3 e 4
Escada	2, 3, 4 e 5
Estacas	5
Estrutura de telhado	2, 3 e 4
Fundação	5 e 6
Janela	1, 2, 3 e 4
Móveis	1, 2, 3 e 4
Playground	4 e 5
Porta	1, 2 e 3

Com base nas categorias de uso em que a madeira é exposta, a ABNT; ABPM e IPT (2007) recomenda uma retenção mínima para cada situação, para que a mesma tenha resistência suficiente às intempéries ambientais e aos organismos biodegradadores, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3. Aplicação da madeira serrada, roliça e laminada com as retenções mínimas sugeridas para peças tratadas sob pressão com CCA-C e CCB (Fonte: Adaptado de ABNT;ABPM;IPT, 2007)

Table 3. Application of lumber, round and laminated with suggested minimum retentions for treated parts with pressurized C-CCA and CCB (Source: Adapted from ABNT;ABPM; IPT, 2007).

Categoria de Uso	Retenção mínima kg/m ³ (i.a.)	Penetração
1 e 2	4,0 a 6,5	
3	4,0 a 6,5	100 % do alburno e porção permeável do cerne
4	4,0 a 6,5	
5	6,5; 9,6 a 12,8	
6	24	

Onde: CCA-C – arseniato de cobre cromatado tipo C; CCB – borato de cobre cromatado; i.a. – ingrediente ativo.

Neste contexto, desenvolveu-se o presente estudo com o objetivo de avaliar a penetração e retenção do tratamento preservativo em autoclave para a madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.

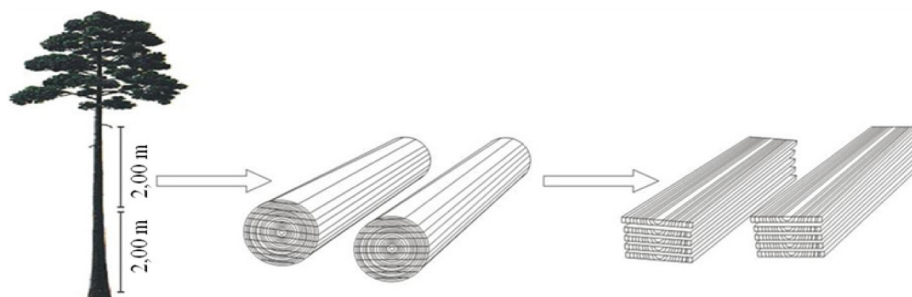


Figura 1. Representação das operações de obtenção das toras e tábuas (Fonte: Adaptado de MELO, 2009).

Figure 1. Representation of the operations of obtaining of the logs and boards (Source: Adapted from MELO, 2009).

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do material

O material utilizado no estudo foi coletado em um povoamento pertencente à uma empresa localizada próxima a grande Porto Alegre – RS. As árvores de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*, ambas com 16 anos de idade, foram abatidas, transformadas em toras de 2,0 m de comprimento e transportadas para a serraria da empresa. Na serraria, as toras foram desdobradas tangencialmente em tábuas com as dimensões de 2,2 × 9,0 × 200,0 cm, de acordo com os padrões utilizados pela empresa para a produção de decks de madeira (Figura 1).

Depois de serrada, a madeira foi submetida a uma secagem ao ar livre, sendo empilhada sob cobertura para evitar a incidência direta de precipitação e radiação solar, permanecendo até atingir teor de umidade inferior ao ponto de saturação das fibras (PSF), de 12 a 15 %, para viabilizar a realização do tratamento preservativo em autoclave. Utilizaram-se apenas tábuas com orientação tangencial, das quais uma parte foi submetida ao tratamento preservativo, e outra não, de maneira a ser utilizada como comparativo (testemunha) nos ensaios para determinação da qualidade do tratamento.

Condução do tratamento preservativo

O tratamento preservativo da madeira foi executado numa autoclave com as dimensões de 2,10 m de diâmetro e 24,0 m de comprimento. As tábuas, após passarem pelo período de secagem ao ar, foram empilhadas sobre as vagonetas, as quais foram introduzidas no cilindro de tratamento, seguindo as fases do processo Bethell de célula cheia, com uma pressão máxima de 12 kgf/cm², seguindo as fases descritas na Figura 2.

Como produto preservativo foi utilizado o Arseniato de Cobre Cromatado tipo C (CCA-C), que é um preservativo hidrossolúvel, fungicida e inseticida, com boa mobilidade na madeira. Todos os procedimentos e operações para exe-

ção do tratamento das tábuas seguiram a rotina utilizada pela empresa nos tratamentos industriais de madeira serrada. O CCA-C utilizado apresentava 60 % de ingredientes ativos (ácido crômico: 28,5 %; óxido cúprico: 11,1 %; pentóxido de arsênio: 20,4 % e 40,0 % de inertes).

Para cada uma das espécies de eucalipto utilizadas, realizou-se o tratamento de uma carga de madeira, com as dimensões citadas anteriormente (2,2 × 9,0 × 200,0 cm). Após o tratamento, foram coletadas 20 tábuas tangenciais de cada espécie que foram utilizadas na condução do experimento.

Após a retirada da autoclave, as peças tratadas passaram por um período de repouso, para que ocorresse a evaporação do solvente (a água) e, com isso, a fixação dos ingredientes ativos na madeira. Posteriormente foram transportadas para o Laboratório de Produtos Florestais (LPF) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde se seguiram as demais etapas do estudo.

Massa específica aparente

A massa específica aparente de cada tratamento foi obtida a partir da média de 60 corpos de prova com dimensões de 2,0 × 2,0 × 30,0 cm. O valor foi determinado com base na massa e volume das amostras (Equação 1) após a estabilização em câmara climatizada a 20°C de temperatura e 65% de umidade relativa.

$$ME = m / v \quad (1)$$

Onde: ME = massa específica aparente das amostras (g/cm^3); m = massa (g); v = volume (cm^3).

Umidade de equilíbrio

Para determinação do efeito do tratamento químico sobre a umidade de equilíbrio da madeira, foram utilizadas 15 amostras de cada tratamento com dimensões de 2,0 × 2,0 × 5,0 cm, que foram mantidas em câmara climatizada (20°C e 65% UR) até a estabilização da massa. Em seguida as amostras foram secas em estufa a 103°C até massa constante e, com base na massa constante do material em câmara climatizada e seca em estufa, por meio da Equação 2, calculou-se o teor de umidade de equilíbrio das amostras.

$$UEq = \frac{Mc - Mo}{Mo} \times 100 \quad (2)$$

Onde: UEq = umidade de equilíbrio na condição de 20°C e 65% de umidade relativa (%); MC = massa constante na condição de equilíbrio higroscópico (g); M_0 = massa constante na condição de secagem em estufa a 103°C (g).

Análise da penetração

Depois do tratamento, selecionaram-se tábuas que foram cortadas ao meio transversalmente e lixadas nas faces, para a realização de análise da penetração pelo método colorimétrico, utilizando a solução Cromoazurol-S como indicador. Esta solução reage com o preservante, especificamente o cobre, mostrando uma coloração azulada, o que indica sua presença na madeira (IPT-DIMAD, 1980). A penetração do preservante na peça foi classificada de acordo com os padrões mais comuns (IBDF 1988; INPA 1991), de acordo com a Figura 3.

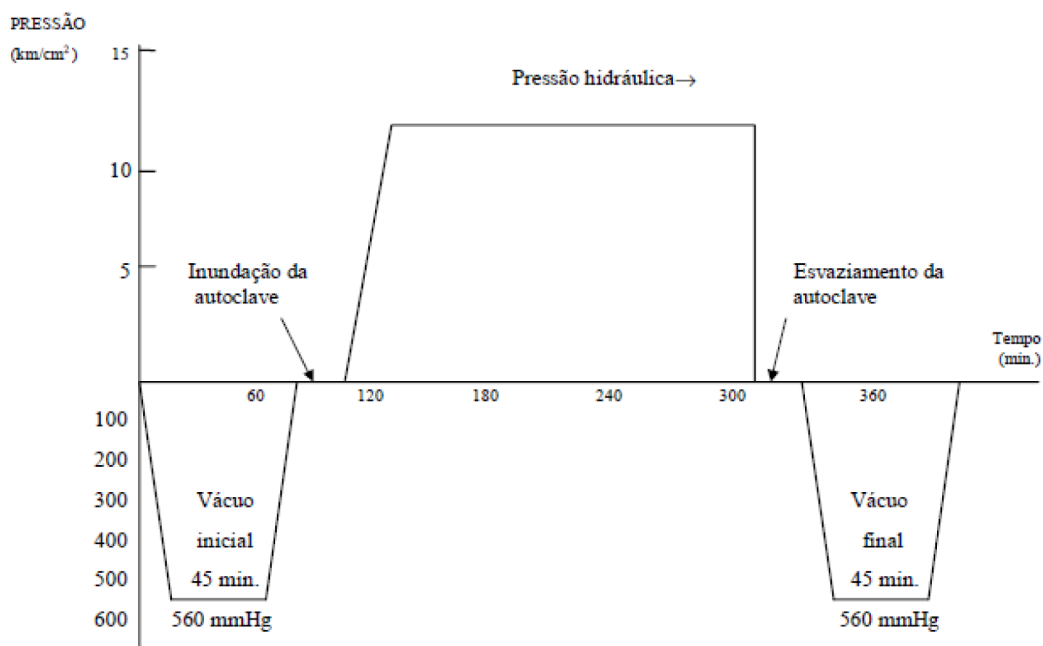


Figura 2. Fases do tratamento Bethell (célula-cheia) utilizado no tratamento da madeira. (Fonte: SALES-CAMPOS *et al.*, 2003).

Figure 2. Bethell treatment phases (cell full) used to treat wood. (Source: SALES-CAMPOS *et al.*, 2003).

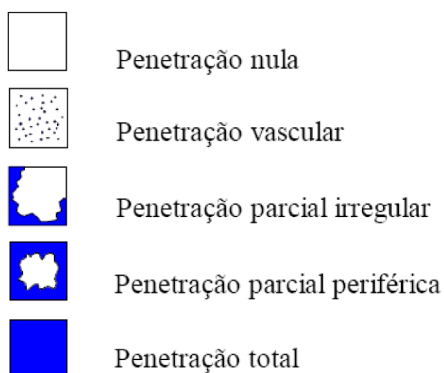


Figura 3. Critério usado para classificação da penetração do produto preservativo CCA na madeira (Fonte: SALES-CAMPOS *et al.*, 2003)

Figure 3. Criterion used for classification of penetration of product preservative CCA in the wood (Source: SALES-CAMPOS *et al.*, 2003)

Análise da retenção

A determinação da quantidade de cada uma das substâncias introduzidas, pelo tratamento por unidade cúbica de madeira tratada (retenção), foi realizada no Laboratório de Análises Químicas, Industriais e Ambientais do Departamento de Química da UFSM. Para isso, empregou-se a técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES, PerkinElmer, Optima 4300 DV), equipado com nebulizador concêntrico e câmara de nebulização ciclônica, que permite fazer a quantificação dos elementos químicos cobre, cromo e arsênio retidos na madeira. De acordo com Santos (2010), o método em questão é uma das técnicas instrumentais mais comuns para determinação dos metais retidos na madeira.

Por amostragem, foram retiradas aleatoriamente amostras de $2,0 \times 2,0 \times 2,0$ cm com orientação tangencial, radial e axial, respectivamente, do centro de três tábuas tratadas, para cada uma das espécies, retiraram-se também amostras de madeira sem tratamento para servir de testemunha. Posteriormente, essas amostras foram transformadas em pequenos palitos para possibilitar a digestão das mesmas. Para o procedimento de digestão, utilizou-se 0,2 g de amostra e ácido nítrico concentrado (HNO_3 14 mol/L). As amostras decompostas em triplicata foram aquecidas em forno micro-ondas utilizando sistema fechado de alta pressão (Anton Paar, Multiwave 3000), para posteriormente ser efetuada a leitura no aparelho, fornecendo valores em $\mu\text{g/g}$ (micrograma por grama). Estes valores obtidos foram transformados em unidade de retenção (kg de substância/ m^3 de madeira tratada), e posteriormente comparados às reco-

mendações sugeridas na Tabela 3 (Fonte: Adaptado da ABNT;ABPM;IPT, 2007)

Análise estatística

Os dados foram processados e analisados a partir do programa de análise estatística "Statistical Package for Social Science" (SPSS, v. 15). Os tratamentos foram avaliados por análise de variância (ANOVA), com posterior comparação de média pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Massa específica aparente

A massa específica da madeira tratada e não-tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* pode ser observada na Tabela 4. Verifica-se que a massa específica das duas espécies são significativamente diferentes, o que sugere a possibilidade de diferenças na qualidade do tratamento preservativo.

Os valores obtidos no presente estudo incluem a madeira de *Eucalyptus grandis* entre as consideradas leves, situada no intervalo de 0,50 a 0,64 g/cm^3 , de acordo com a classificação de Carvalho (1996). Já a madeira de *Eucalyptus cloeziana*, segundo o mesmo autor, pode ser classificada como pesada, com massa específica entre 0,80 a 0,95 g/cm^3 .

As médias mostradas na Tabela 4 estão muito próximas dos valores 0,55 e 0,85 g/cm^3 encontrados por Oliveira (1998), respectivamente, para madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* provenientes de povoamentos de 16 anos de idade.

Na comparação entre madeira tratada e não tratada, evidencia-se que o tratamento com preservativo CCA não influenciou na massa específica das duas espécies estudadas devido aos baixos níveis de retenção observados.

Umidade de equilíbrio

Na Tabela 4 constam os teores de umidade de equilíbrio da madeira das duas espécies tratadas com CCA e controle (sem tratamento), após estabilização do peso em condições controladas de temperatura e umidade relativa.

Observa-se que o tratamento preservativo aumentou significativamente o teor de umidade de equilíbrio para ambas as espécies, traduzindo-se em um aumento da capacidade das madeiras em trocar umidade com o meio circundante. O processo ocasionou um aumento de 7,42 e 1,18%

Tabela 4. Massa específica e umidade de equilíbrio obtidas para as madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* com e sem tratamento.

Table 4. Specific gravity and equilibrium moisture content obtained for the wood of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus cloeziana* with and without treatment.

Espécie	Massa específica (g/cm ³)		Umidade de equilíbrio (%)	
	Não tratada	Tratada	Não tratada	Tratada
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,52 bA (8,75)	0,53 bA (10,75)	13,47 bB (4,13)	14,47 bA (1,96)
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	0,80 aA (6,41)	0,81 aA (5,62)	15,29 aB (0,95)	15,47 aA (1,52)

Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula ou em linhas, por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste de Tukey, $p > 0,05$). Valores entre parênteses são referentes ao coeficiente de variação, em %.

na umidade de equilíbrio para as madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* submetidas ao tratamento químico, respectivamente, quando comparadas a madeira de ambas as espécies sem tratamento.

James (1980), em estudo realizado com a madeira de *Pinus* sp. (southern yellow) submetida ao tratamento preservativo com diferentes conservantes químicos, entre estes o CCA, também encontrou um aumento significativo na umidade de equilíbrio da madeira. O autor justifica que este comportamento se deve à natureza higroscópica dos sais metálicos.

O aumento da umidade de equilíbrio deve-se à maior quantidade de água adsorvida pelas paredes da célula em consequência da mudança química, que se dá através da fixação dos sais que compõem o preservativo, entre estes o arsênio, o cobre e o cromo.

Análise da penetração

Os resultados da penetração do cobre nas tábuas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* são apresentados na Figura 4. Observa-se, de modo geral, que as peças de *Eucalyptus grandis* apresentaram penetração vascular (IBDF 1988; INPA, 1991) do elemento cobre. Já as tábuas de *Eucalyptus cloeziana*, de maneira geral, apresentaram penetração parcial irregular para o cobre, de acordo com a classificação do IBDF 1988 e INPA, 1991.

Esta penetração é considerada baixa para ambas as espécies, levando em consideração que se trata de tábuas submetidas ao tratamento industrial sob pressão. Uma das explicações para tal fato se deve à idade das árvores, 16 anos, o que propicia madeira com maior proporção de cerne, que naturalmente é impermeável ao tratamento preservativo.

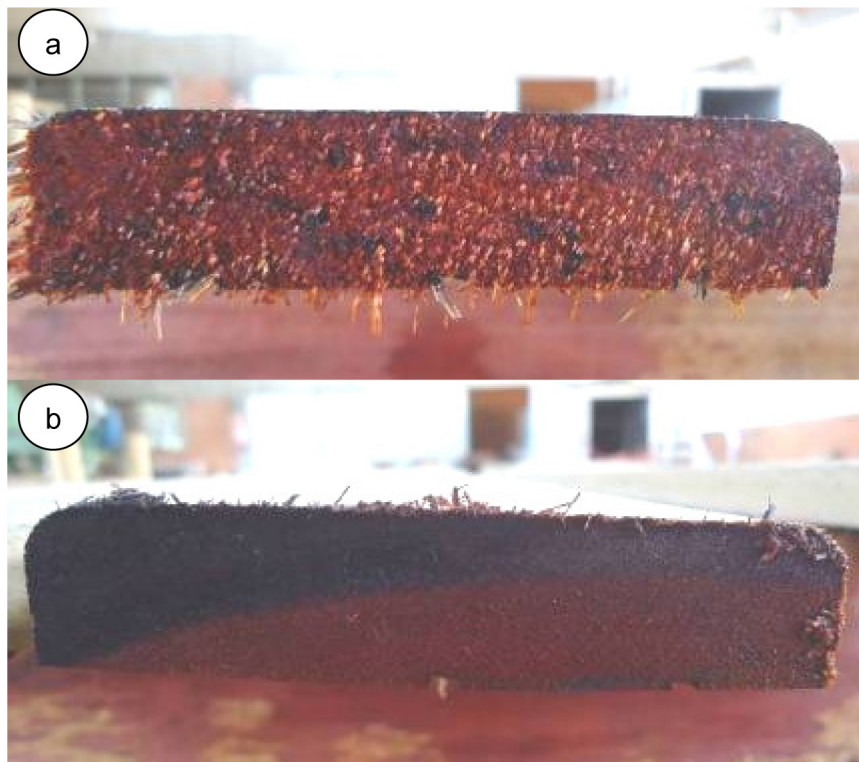


Figura 4. Análise da penetração do CCA para a madeira de *Eucalyptus grandis* (a) e *Eucalyptus cloeziana* (b). (Fonte: autor).

Figure 4. Analysis of the penetration of CCA into the wood of *Eucalyptus grandis* (a) e *Eucalyptus cloeziana* (b). (Source: author).

Borges (2008), em estudo realizado com a madeira de *Corymbia citriodora* com 18 anos de idade, tratada em autoclave pelo processo de Bethell com CCA, observou a mesma tendência encontrada no presente trabalho para a madeira de *Eucalyptus cloeziana*, em que o alburno foi totalmente tratado, entretanto, na parte da peça com cerne não houve penetração do produto, de forma que a mesma enquadrou-se como parcial irregular. No mesmo trabalho, a autora utilizou a madeira de *Eucalyptus cloeziana* e *E. dunnii*, com as idades de 37 e 23 anos, respectivamente, as quais também foram submetidas ao tratamento preservativo em autoclave com CCA, porém, devido à idade das mesmas, a penetração foi nula em ambas as espécies, de forma que a autora justifica que a madeira era formada apenas por cerne, que é impermeável ao tratamento.

De acordo com Albuquerque e Latorraca (2000), a formação do cerne, ainda sem uma explicação concisa, mostra que células da região do alburno são lentamente preenchidas com materiais como óleos, graxas e substâncias fenólicas, decorrentes provavelmente de processos metabólicos (bioquímicos) ainda remanescentes nas células dos raios na região periférica compreendida entre o cerne e o alburno. Tais materiais alteram a cor da madeira, sua permeabilidade, higroscopicidade, umidade de equilíbrio, contração e inchamento, durabilidade, bem como sua densidade (em algumas espécies).

Segundo os mesmos autores citados anteriormente, outro fato de destacada importância é o de que em certas madeiras de folhosas, durante a formação do cerne, ocorre a oclusão de vasos

por tiloses. Estas provocam, então, o entupimento dos poros e, conseqüentemente, reduz-se de forma significativa a permeabilidade da madeira com relação aos fluidos (BURGER; RICHTER, 1991; MARRA, 1992; SALES-CAMPOS *et al.*, 2003).

Análise da retenção

A retenção média de CCA para a madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* submetidas ao tratamento preservativo em autoclave é apresentada na Figura 5. Nota-se que não foram observadas retenções satisfatórias (entre 4,0 a 6,5 kg/m³) para nenhuma das espécies. Isso demonstra que a madeira não recebeu um tratamento adequado. Geralmente o tratamento em autoclave proporciona altas retenções, ou seja, conferem boa qualidade à madeira tratada, porém, um fator que deve ser levado em consideração é a espécie que está sendo tratada, bem como a idade da mesma, devido à influência destes nas características da madeira, além destes, outros fatores tais como a concentração da solução e a umidade da madeira também interferem no processo.

De acordo com a ABNT, em conjunto com a ABPM e o IPT, os valores de retenção sugeridos variam de 4,0 a 6,5 kg/m³ para produtos hidrossolúveis (CCA e CCB) impregnados sob pressão em autoclave, para madeira serrada, roliça e laminada, que serão submetidos às classes de uso 1 a 4 (Tabela 3). Esta retenção é sugerida para peças de madeira que possam vir a serem utilizadas em decks e assoalhos, entre outros, em que o material utilizado tem seu uso comercial voltado à utilização em decks.

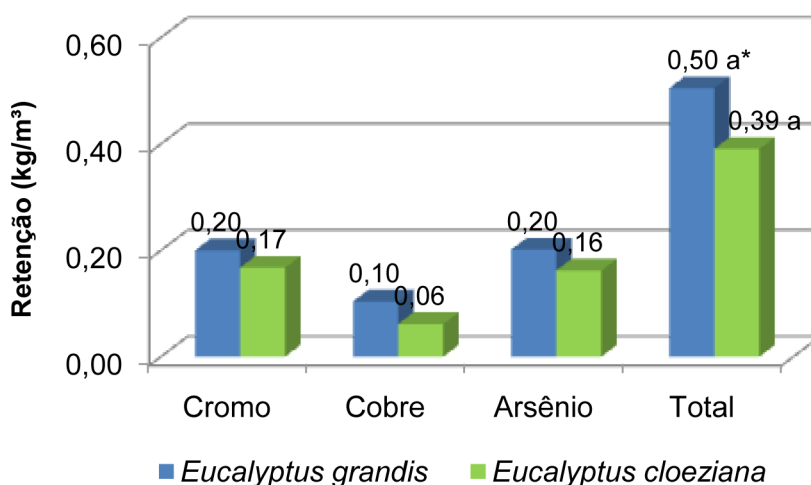


Figura 5. Retenção média (kg/m³) de CCA para a madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* submetidas ao tratamento preservativo em autoclave. *Médias seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si (teste de Tukey, $p > 0,05$)

Figure 5. Mean retention (kg/m³) for CCA of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus cloeziana* subjected to preservative treatment in autoclave. *Means followed by same letter not statistically different (Tukey test, $p > 0.05$)

Conforme pode ser observado na Figura 5, a retenção total foi baixa para as duas espécies, situada abaixo do mínimo recomendado para preservativos hidrossolúveis pela ABNT; ABPM; IPT (2007). Uma explicação para este fato se deve à idade das árvores, as quais possuíam 16 anos, o que pode ocasionar grande parte da madeira com cerne. Tal fato, segundo Sales-Campos *et al.* (2003), relaciona-se às características anatômicas destas estruturas, cujas maiores deposições de extrativos encontram-se no cerne, bem como as maiores obstruções dos vasos deste por tiloses.

O mesmo autor citado anteriormente, em estudo realizado com a madeira de *Brosimum rubescens* tratada em autoclave com CCA (concentração de 2%), encontrou uma retenção baixa para madeira com presença de cerne, com valores médios de 0,20 kg/m³; já para madeira de alburno o mesmo encontrou valores de 8,28 kg/m³, devido à maior permeabilidade deste.

De acordo com Freitas (2009), as espécies de eucalipto apresentam pequeno volume de alburno, tendência de fendilhamento, cerne moderadamente durável e baixa permeabilidade, o que justifica a baixa retenção de produto preservativo na madeira. O autor, em estudo realizado com postes de eucalipto tratado, encontrou uma retenção de 1,96 kg/m³ de CCA a três centímetros de profundidade.

Outro fator que indica que a baixa retenção obtida está relacionada à presença de cerne na madeira e não ao tratamento em autoclave em si, é o fato de que a pressão ideal de trabalho foi atingida (12 kgf/cm²), bem como o vácuo requerido (560 mm.hg), que foram observados nos registros dos tratamentos realizados.

CONCLUSÕES

Com base nas condições de realização e nos resultados obtidos no presente estudo conclui-se que:

✓ O tratamento não apresenta efeito significativo sobre a massa específica nas duas espécies estudadas, entretanto, aumenta significativamente o teor de umidade de equilíbrio da madeira de ambas as espécies.

✓ A madeira de *Eucalyptus grandis* apresenta penetração vascular, já o *Eucalyptus cloeziana* parcial irregular. Em relação à retenção, ambas não apresentam retenções satisfatórias, o que demonstra que a madeira não foi tratada adequadamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190. Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; ABPM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DE MADEIRA; IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Preservação de madeiras sistema de Classe de Risco: revisão da NBR 7190 – Anexo D. In: ENCONTRO NACIONAL ABPM, 7, 2007, Ipatinga. Anais eletrônicos... Ipatinga: ABPM, 2007. Disponível em: <http://www.abpm.com.br/pdf/IPT-Sergio_Brazolin.pdf> Acesso em: 03 mai. 2011.

ALBUQUERQUE, C.E.C.; LATORRACA, J.V.F. Influência das características anatômicas da madeira na penetração e adesão de adesivos. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v.7, n.1, p.158-166, 2000.

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

BARILLARI, C.T.; FREITAS, V.P. Preservação. *Revista da Madeira*, Curitiba, n.68, 2002. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=264&subject=Preserva%C3%A7%C3%A3o&title=Preserva%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 16 nov. 2010.

BORGES, C.C. Potencialidade do uso de cruzetas de madeira tratada. 2008. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

BURGER, M.L.; RICHTER, H.G. Anatomia da madeira. São Paulo: Nobel. 1991. 154p.

CALIL JÚNIOR, C.; DIAS, A.A. Utilização da madeira em construções rurais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.1, n.1, p.71-77, 1997.

CARVALHO, A. Madeiras Portuguesas - Estrutura anatômica, propriedades, utilizações. Lisboa: Instituto Florestal, 1996. 340p.

- FREITAS, R.R. **Modelo teórico-experimental de deterioração de postes de madeira aplicado ao Estado de São Paulo**. 2009. 142p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para o reflorestamento no Brasil**. Brasília: Ministério da Agricultura /PRODEPEF-PNDUFAO-IBDF, 1978. 66p. (Série Técnica, 11).
- HUNT, G.M.; GARRATT, G.A. **Wood preservation**. 3ed. New Work: Mc Graw- Will, 1967. 433p.
- IBDF - INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Madeiras da Amazônia, características e utilização**. Estação Experimental de Curuá-Una, Brasília: IBDF, 1988. v.2.
- INPA - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA. Centro de Pesquisa de Produtos Florestais. **Catálogo de madeiras da Amazônia: características tecnológicas; área da hidrelétrica de Balbina**. Manaus: INPA, 1991. 163p.
- IPT-DIMAD Reações colorimétricas para determinação de preservativo em madeiras-DIMAD 1980. C1. In: _____. **Métodos de ensaio e análises em preservação de madeiras - Public 1155**. São Paulo: IPT, 1980.
- JAMES, W.L. **Effects of Wood Preservatives on Electric Moisture-Meter Readings**. Madasn: USDA. Forest Products Laboratory, 1980. 22p.
- LEPAGE, E.S. Preservativos e sistemas preservativos. In: _____. (Coord.). **Manual de Preservação de Madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v.1. p.279-342.
- MARRA, A.A. **Technology of wood bonding**. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453p.
- MELO, R.R. **Propriedades físico-mecânicas e resistência a biodeterioradores de chapas aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz**. 2009. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- MENDES, A.S.; ALVES, M.V.S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF/DPq – LPF, 1988. 58p.
- OLIVEIRA, J.T.S.; HELIMEISER, J.C. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. São Paulo: EPUSP, 1998. 45p. (BT/PCC/195)
- SALES-CAMPOS, C.; VIANEZ, B, F.; MENDONÇA, M. S. Estudo da variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae - (pau-rainha) uma espécie madeireira da região Amazônica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.6, p.845-853, 2003.
- SANTOS, H.S. **Padronização de ensaios para identificação de preservantes em postes de madeira e solos de áreas controladas**. 2010. 109p. Dissertação (Mestrado Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Recebido em 22/11/2011

Aceito para publicação em 27/08/2012

