

**COMBINAÇÃO DE DOIS MÉTODOS NÃO INDUSTRIAIS NO TRATAMENTO
PRESERVATIVO DE MOIRÕES DE *Eucalyptus grandis***

**COMBINATION OF TWO NON-INDUSTRIAL METHODS ON THE PRESERVATIVE TREATMENT
OF *Eucalyptus grandis* FENCE POSTS**

Karina Soares Modes¹ Rafael Beltrame² Magnos Alan Vivian³ Elio José Santini⁴
Clovis Roberto Haselein⁴ Joel Telles de Souza⁵

RESUMO

Nesta pesquisa foi avaliado o efeito da combinação de dois métodos não industriais no tratamento de moirões de *Eucalyptus grandis*, quanto à penetração e retenção de preservativo hidrossolúvel. Para tanto, quatro moirões com 2,20 m de comprimento foram submetidos ao tratamento de substituição de seiva e difusão simples isoladamente e outros quatro à combinação das duas técnicas, com preservativo hidrossolúvel à base de CCB com 50% de ingredientes ativos, numa concentração de 3,5% de sal seco. Após cada condição de tratamento, os moirões foram secos à sombra durante 30 dias. Foram retirados discos a 0,60 e 1,60 m da base das peças os quais tiveram uma das faces lixadas para análise da penetração do preservativo hidrossolúvel utilizando uma solução de cromoazurol S. Destas mesmas peças, também se confeccionaram, em posições diametralmente opostas, corpos de prova adjacentes com dimensões de aproximadamente 3,0 x 2,0 x 2,5 cm (tangencial x radial x longitudinal) em duas regiões na direção periferia-centro dos discos, para a análise da retenção do elemento cobre pelo método de espectrofotometria de absorção atômica e do boro por espectrofotometria visível com azometina-H, também conhecido por colorimetria. Os valores de retenção obtidos foram comparados com a mínima recomendada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas para preservativos hidrossolúveis que é de 6,5 kg i.a/m³ de madeira. A penetração obtida pelo método combinado foi considerada suficiente para tratamentos não industriais, enquanto os valores de retenção foram superiores a retenção mínima de 6,5 kg de ingredientes ativos/m³ de madeira tratada na maioria das posições e porções avaliadas.

Palavras-chave: preservativo hidrossolúvel; substituição de seiva; difusão simples; tratamento de moirões.

ABSTRACT

This paper evaluated the effect of the combination of two non-industrial methods to treat fence posts of *Eucalyptus grandis*, on the penetration and retention of water borne preservative. Thus, four fences with 2.20 m in length were treated by replacement of sap and simple diffusion alone and other four ones have combined the two techniques, with water-borne CCB 50% preservative at a concentration of 3.5%. After each treatment condition, the pieces were seasoned in the shade for 30 days. Disks were taken at 0.60

1. Engenheira Florestal, MSc., Professora Assistente do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, Av. Norte-Sul, 7300, CEP 78987-000, Rolim de Moura (RO). ksmodes@gmail.com
2. Engenheiro Florestal, MSc., Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Caixa Postal 5096, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). browbeltrame@yahoo.com.br
3. Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP, Av. Pádua Dias 11, CEP 13418-900, Piracicaba (SP). magnosalan@yahoo.com.br
4. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). ejsantini@gmail.com, clovis.haselein@smail.ufsm.br
5. Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Caixa Postal 5096, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). joeltelles@hotmail.com

Recebido para publicação em 28/10/2009 e aceito em 9/10/2010

and 1.60 m from the base of the pieces which had one side sanded for analysis of the penetration of the preservative using a solution of chrome azurol S. From the same parts, test specimens were also manufactured in diametrically opposed positions with dimensions of approximately 3.0 x 2.0 x 2.5 cm (radial x tangential x longitudinal) to analyze the retention of the element copper by atomic absorption spectrophotometry method and boron by visible spectrophotometry with azomethine-H, also known as colorimetry. The retention values obtained were compared with the minimum recommended by the Brazilian Association of Technical Standards – ABNT for water borne preservatives which is 6.5 kg of active ingredients per m³ of wood. The penetration achieved by the combined method was considered sufficient for non-industrial treatment, while the retention values were higher than the retention of at least 6.5 kg of active ingredients / m³ of treated wood in all positions and portions evaluated.

Keywords: preservative; sap displacement; dip-diffusion; fence post treatments.

INTRODUÇÃO

A difusão da cultura do eucalipto no Brasil fez com que esta espécie se tornasse cada vez mais frequente em pequenas propriedades rurais, vindo a ser uma opção bastante rentável e versátil, no que se refere às múltiplas opções de emprego de sua matéria-prima principalmente quando utilizada na forma roliça.

Por causa da independência do homem do campo quanto às construções das próprias instalações rurais, a etapa de tratamento químico da madeira é igualmente realizada por ele de maneira bastante simples e econômica. O emprego de métodos não industriais na preservação de madeiras utilizadas no meio rural é uma prática muito comum em função do baixo custo, da facilidade das operações, independência de equipamentos a serem utilizados e da baixa especialização por parte de quem executa o procedimento.

Conforme Magalhães e Pereira (2009), a tecnologia de tratamento não industrial surge como mais um instrumento favorecedor da equidade social, uma vez que permite aos pequenos, médios e grandes produtores do campo diversificar e agregar valores aos produtos florestais presentes nas propriedades, ou para suprir as próprias necessidades ou para a comercialização, em pequena escala, da madeira tratada.

As técnicas de tratamento não industrial são conhecidas por não utilizarem materiais ou equipamentos mais específicos ou sofisticados durante o processo de tratamento, não exigirem mão de obra especializada e terem fácil emprego em comparação com os métodos industriais (COSTA, 2003). Quando bem conduzidos quanto ao preparo do material e da solução podem incrementar a vida útil das peças em 10 a 15 anos (MAGALHÃES e PEREIRA, 2009).

Os processos de tratamento denominados

práticos ou não industriais apresentam a vantagem de utilizarem um mínimo de equipamentos o que possibilita o seu uso em propriedades rurais (GALVÃO e JANKOWSKY, 1986).

Nestes processos o tratamento ocorre sem que haja aplicação de pressão na superfície do elemento de madeira, e por isso, a impregnação dos produtos químicos, atinge apenas regiões periféricas (PINHEIRO, 2001). Segundo o mesmo autor, os processos não industriais de impregnação mais comuns são o pincelamento ou pulverização, imersão rápida ou prolongada, banho quente-frio, difusão, capilaridade ou substituição de seiva e o processo de Boucherie.

Dentre os métodos de tratamentos não industriais, tanto a técnica de substituição de seiva como a de difusão simples são indicadas para emprego em madeira verde, roliça e descascada. A principal diferença entre elas, é que a primeira é realizada com as peças na posição vertical e com a base submersa na solução, de modo que a água presente no interior da madeira evapore pela extremidade livre, succionando o produto para o interior das peças. Já na segunda técnica, as peças dispostas horizontalmente permanecem totalmente submersas e o deslocamento da solução para o seu interior ocorre pelo princípio da migração de íons da solução preservativa até que se estabeleça o equilíbrio das concentrações dentro e fora da madeira.

Segundo Santini (1988), o fenômeno de difusão pode ser definido como o deslocamento espontâneo de uma substância através de um determinado meio, de uma zona de potencial químico elevado para outra de potencial químico mais baixo. Nos primeiros momentos, a penetração é bastante acentuada, porém o prolongamento do tratamento não é acompanhado por correspondente aumento da penetração, que diminui com o tempo, quando a diferença entre as concentrações se aproxima do

equilíbrio. Do mesmo modo o método de substituição de seiva tem sua eficiência condicionada apenas ao estado e preparo do material, ou seja, madeira bem úmida e devidamente descascada.

O método de substituição de seiva, de acordo com Magalhães e Pereira (2009), depende ainda de fatores climáticos como temperatura, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos, variáveis que conduzem a uma maior ou menor evaporação da seiva existente na madeira pelo topo das peças e, conseqüentemente, absorção do preservativo pela base. Segundo Paes et al. (2006) este método está entre os mais utilizados no tratamento não industrial por causa da fácil operacionalidade e baixo custo das instalações.

A eficiência do tratamento da madeira pelos métodos de difusão simples e principalmente o de substituição de seiva classificados como não industriais, já foram relatadas na literatura, no entanto, ainda não se tem informações sobre o efeito de uma combinação das mesmas, justificável por serem aplicáveis a peças com mesmas características, ou seja, madeira roliça, verde e descascada. Essa alternativa poderia compensar o tratamento superficial destas técnicas, que se limitam às zonas periféricas correspondentes à madeira de alburno, resultando numa penetração insuficiente do produto. Ao complementar as deficiências individuais de cada método a combinação dessas duas técnicas pode aumentar a eficiência do tratamento, agregando valor às madeiras e retardando possíveis intervenções que venham a ser feitas para a substituição de peças instaladas no campo.

A madeira na forma roliça é a forma mais usual de emprego na confecção de postes na eletrificação rural, construção de cercas, escoras para videiras e de fundação em construções rústicas, assim, por causa da ampla aplicabilidade desse material, há a necessidade de utilizá-lo sob condições de imunização química adequada o que pode ser obtido ao se aliar duas técnicas de impregnação química de simples aplicação a este tipo de material e que podem fornecer resultados de maior eficiência comparativamente a cada técnica aplicada isoladamente.

Apesar do método de substituição de seiva possuir características que fazem dele o mais utilizado para moirões e escoras empregados no meio rural, sabe-se que quando a base da peça fica permanentemente dentro da solução, o tratamento é mais eficiente nesta extremidade, ficando as partes superiores pouco protegidas, e de certa forma, mais suscetíveis a degradação biológica.

Aliar o método substituição de seiva ao de difusão simples, o que foi denominado de combinação, teve como finalidade tornar mais uniforme a distribuição do preservativo ao longo da peça, de modo a melhorar a penetração e retenção, pela possibilidade de aumentar a absorção da solução preservativa tanto transversal como axialmente.

Diante do exposto, realizou-se a presente pesquisa com o objetivo de avaliar a eficiência da combinação dos métodos de difusão simples e substituição de seiva (métodos não industriais) no tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus grandis* a partir de um preservativo hidrossolúvel, comparando-se os valores de penetração e retenção obtidos, com aqueles encontrados para os métodos empregados separadamente.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do material

Para realizar este trabalho foram abatidas seis árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden com sete anos, de um povoamento conduzido pelo sistema de talhadia, localizado no Campus da Universidade Federal de Santa Maria. De cada árvore foram retirados dois moirões de aproximadamente 2,20 m, num total de doze peças, que foram descascados e conduzidos ao local de tratamento. O período decorrido entre o abate e o descascamento e o início do tratamento se deram dentro do intervalo de 24h, tempo máximo recomendado para uma maior eficiência por métodos de tratamento em madeira úmida.

Os moirões foram separados em três lotes de quatro peças para a execução dos três tratamentos: combinação-difusão simples+substituição de seiva; substituição de seiva; e difusão simples.

Como produto químico utilizou-se o preservativo borato de cobre cromatado (CCB óxido), hidrossolúvel contendo 50% de ingredientes ativos em base ácida, caracterizado fisicamente como uma pasta de cor vermelho-óxido, cuja composição química é a seguinte:

cromo hexavalente como CrO_3	31,75%
cobre bivalente como CuO	13,0%
boro trivalente como B	5,25%

Para o preparo das soluções preservativas considerou-se uma concentração de 3,5 % de sal seco e para o cálculo da absorção requerida pelo lote de moirões submetidos ao método de substituição de seiva, levou-se em consideração uma retenção

mínima a ser atingida de 6,5 kg de ingredientes ativos por m³ de madeira, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1973), para tratamento químico de moirões e postes de madeira.

Na condução do tratamento de substituição de seiva, a solução após preparada foi transferida para um tambor de aproximadamente 200 litros, onde as peças permaneceram com as bases (diâmetro maior) em contato com a solução preservativa, que foi mantida até um nível pré-determinado da altura das peças, por meio de sua reposição periódica. Esse volume repostado foi registrado e quando se igualou a absorção requerida, calculada com base na retenção definida anteriormente e no volume das peças de madeira, o tratamento foi finalizado, período que se estendeu por 20 dias. De modo a se evitar a evaporação da solução preservativa para o ambiente, derramou-se meio litro de óleo queimado na superfície da mesma.

Para a condução do método de difusão, as

peças foram dispostas horizontalmente no interior de uma caixa de madeira revestida por uma lona plástica, para onde a solução foi transferida e as peças mantidas totalmente submersas por um período de 40 horas. Como esse período não é suficiente para o equilíbrio osmótico da solução, após a retirada do tanque, as peças permaneceram empilhadas e cobertas por lona plástica durante 30 dias.

O método combinado teve início com o tratamento dos moirões pelo método de difusão simples (Figura 1A), seguindo a mesma metodologia e tempo de tratamento descrito anteriormente. Após esta etapa os moirões sob condições de saturação ainda pela umidade inicial de abate e em parte com o preservativo, foram dispostos na posição vertical (Figura 1B), e a solução transferida para o recipiente de tratamento até um determinado nível da altura das peças, sendo periodicamente repostada até que esse volume se igualasse ao calculado, como já relatado.



FIGURA 1: Condução do método combinado; (A) moirões submetidos ao tratamento pelo método de difusão simples; (B) moirões submetidos ao tratamento pelo método de substituição de seiva.
FIGURE 1: Conduction of the combined method; (A) fence posts submitted to treatment by dip-diffusion method; (B) fence posts submitted to treatment with sap displacement method.

Ao final de cada tratamento os moirões foram postos para secar a sombra por 30 dias para permitir a fixação dos sais. Posteriormente, foram extraídos de cada peça dois discos de 4 cm de espessura das posições 0,60 e 1,60m da base das peças (Figura 2), para determinação da penetração e retenção do produto preservativo.

Análise da penetração do preservativo

Para esta análise os discos extraídos foram lixados em uma das faces para promover maior precisão das medições (Figura 3A). Foram demarcadas duas linhas ao longo da seção transversal do disco, perpendiculares entre si, passando pela medula, para a tomada das quatro medições, com as quais se calculou a média das penetrações em cada uma das posições consideradas na avaliação.

A penetração do preservativo foi determinada com o auxílio de reações colorimétricas segundo o Método Brasileiro MB-790 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1973). Para possibilitar a visualização da superfície penetrada pelo produto, borrifou-se sobre a seção lixada dos discos uma solução reveladora da distribuição do produto preservativo na madeira, pela capacidade de reação com o sulfato de cobre presente na formulação do mesmo. Esta solução foi preparada de acordo com o MB-790 da ABNT (1973). A região da madeira impregnada com cobre adquiriu uma coloração azulada, o que permitiu, com auxílio de um paquímetro digital, o registro da profundidade de penetração do produto, pela tomada da largura desta região, em milímetros, desde a borda dos discos (Figura 3B).

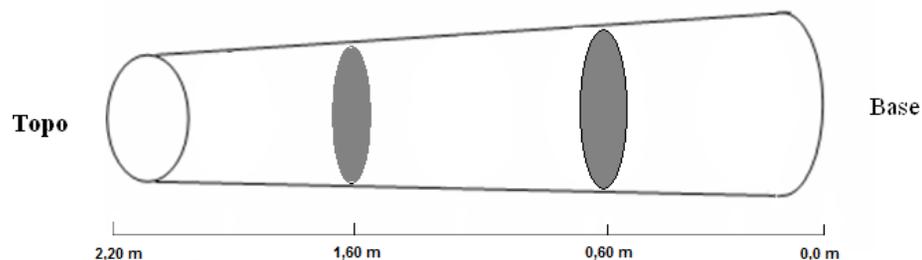


FIGURA 2: Posições de retirada dos discos para análise da penetração e retenção do produto preservativo.
FIGURE 2: Withdrawal positions of the disks for the analysis of penetration and retention of the preservative product.

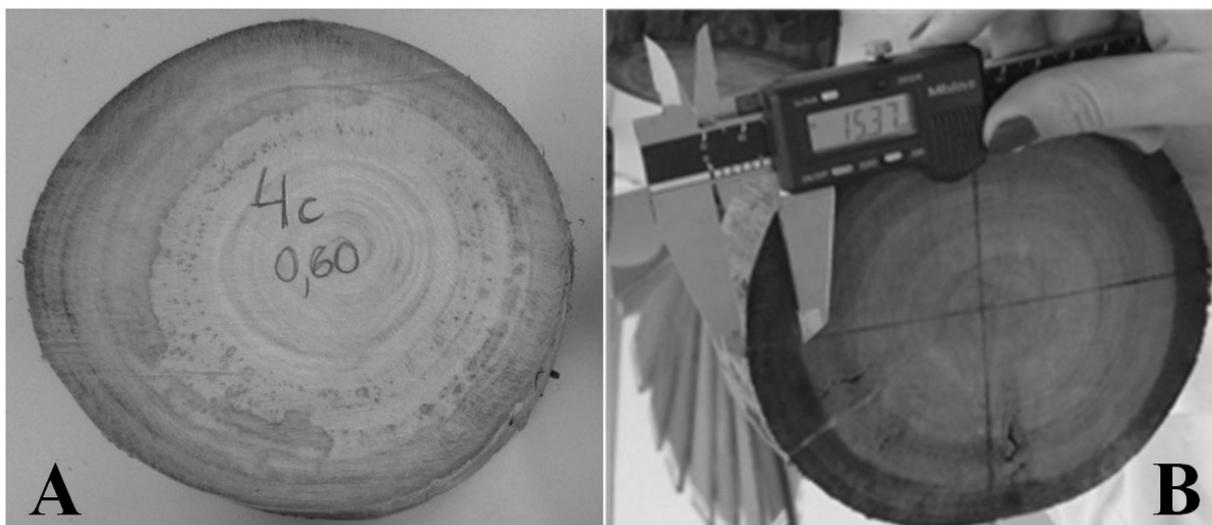


FIGURA 3: Amostras sem (A) e com (B) a aplicação de substâncias colorimétrica e avaliação da penetração do produto preservativo.
FIGURE 3: Samples without (A) and with (B) application of colorimetric substance and evaluation of penetration of the preservative product.

Análise da retenção

Esta etapa da avaliação foi conduzida no Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria.

De cada disco, do lado oposto ao utilizado na análise da penetração, foram retirados corpos de prova adjacentes com aproximadamente 3,0 x 2,0 x 2,5 cm (tangencial x radial x longitudinal) em duas regiões da direção periferia-centro dos discos, em lados opostos da medula, num total de quatro por disco amostrado (Figura 4), que receberam codificações iguais conforme sua posição e simetria no disco.

Este material foi transformado em pequenos fragmentos, de modo a permitir sua digestão conforme metodologia utilizada para quantificação dos elementos cobre e boro descrita por Miyazawa et al. (1999). O elemento cromo não foi analisado por não se tratar de um procedimento usual do laboratório em que as análises foram efetuadas.

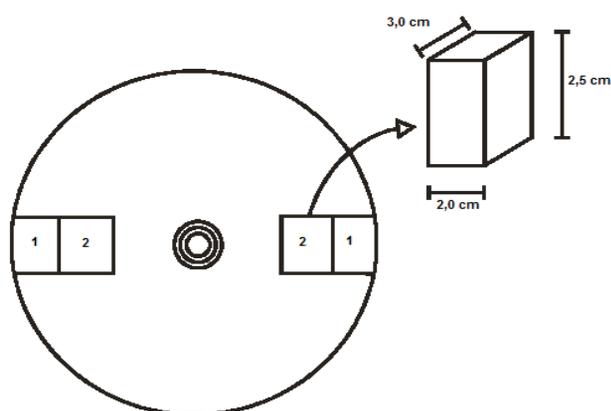


FIGURA 4: Posições nos discos em que foram retiradas as amostras para análise de retenção.

FIGURE 4: Positions in disks where the samples were taken for the retention analyses.

Na Tabela 1 constam os métodos empregados para a digestão das amostras, e aqueles empregados na determinação dos elementos químicos cobre e boro, juntamente com o comprimento de onda empregado.

Digestão das amostras

A digestão úmida para extração do elemento cobre foi executada com auxílio de uma placa aquecedora com controle de temperatura e de um *erlenmeyer* de 125 mL, juntamente com os seguintes procedimentos:

- Transferência de 500 mg da amostra (madeira) para o *erlenmeyer*;

- Adição de 8 mL de uma mistura ácida composta por 600 mL de HNO₃ 65% p.a e 200 mL de HClO₄ 72% p.a; mantendo a frio por 4h e colocada na placa aquecedora;

- Aquecimento lento até 120°C, mantida até cessar o desprendimento do vapor castanho de NO₂, após, aumento da temperatura para 200°C e sua manutenção até cessar o desprendimento do vapor branco de HClO₄;

- Após seu resfriamento, o volume foi completado até 25 mL com H₂O destilada.

Já o método de digestão seca utilizado para a extração do elemento químico boro das amostras foi executado com auxílio de uma mufla elétrica com controle de temperatura e um cadinho de porcelana de 100 mL e constou dos seguintes procedimentos:

- Transferência de 500 mg da amostra (madeira) para o cadinho de porcelana e sua inserção na mufla elétrica;

- Aumento gradativo da temperatura da mufla até 500°C que foi mantida por 3h ao que se procedeu ao seu desligamento;

- Adição de 25 mL de HNO₃ 1M.

Depois de extraídos das amostras, o cobre foi quantificado por meio da utilização de um espectrofotômetro de absorção atômica com

TABELA 1: Metodologia utilizada no preparo das amostras (digestão) e quantificação dos elementos químicos cobre e boro presentes no material.

TABLE 1: Methodology used in the sample preparation (digestion) and quantification of the chemical elements copper and boron present in the material.

Elemento Químico	Digestão da amostra	Método determinação	Comprimento de onda (nm)
Cu	Úmida ¹	Espectrometria de absorção atômica	324,75
B	Seca	Espectrofotometria visível com azometina-H ²	460,0

Em que: ¹Nítrica-perclórica (HNO₃ + HClO₄), [3:1]; ²Também conhecida como colorimetria.

lâmpada de cátodo oco e o boro utilizando um espectrofotômetro UV-VIS, modelo 2100.

Assim, com as leituras obtidas por meio dos métodos empregados para quantificação dos elementos efetuaram-se os cálculos de retenção dos mesmos, pelo emprego da Equação 1, proposta por Paes (1991).

$$R = \frac{F \times L \times Fd \times 10^{-3}}{V} \quad (1)$$

Em que: R=retenção do elemento na madeira (kg/m³); F = fator estequiométrico empregado para transformação do elemento químico cobre para óxido; L = leitura obtida do espectrofotômetro (mg/kg); Fd = fator de diluição; V = volume da amostra utilizada nas análises (cm³).

Os valores de retenção calculados para cada posição (0,60 e 1,60 m) e região (1 e 2) em cada tratamento foram comparados com a retenção mínima recomendada pelo MB-790 da ABNT (1973) para preservativos hidrossolúveis que é de 6,5 kg de ingredientes ativos por m³ de madeira, recomendada no tratamento químico de peças com finalidades de uso que requeiram contato direto com o solo ou outras situações de alto risco de deterioração.

Análise estatística

Na montagem do experimento e interpretação dos resultados, empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial. Para comparar a retenção do preservativo foram testados os seguintes fatores: tratamento, com três níveis (combinação, substituição de seiva e difusão), posição, com dois níveis (0,60 m e 1,60 m da base das peças), e região, com dois níveis (1 (periferia), 2 (centro) dos discos), totalizando quatro moirões para cada tratamento. Para a penetração empregaram-se os fatores tratamento e posição.

Os valores de penetração ou de retenção do preservativo empregado, obtido pela combinação de fatores, foram inseridos no delineamento proposto e serviram para verificar a existência de diferenças significativas, pelo teste de F, com auxílio do pacote estatístico ASSISTAT Versão 7.5 beta (2010). Para as fontes de variação detectadas como significativas pelo teste de F, foi aplicado o teste de Tukey a 95% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Penetração do produto preservativo

Os valores médios de espessura de alburno tratável em cada posição e a porcentagem de penetração alcançada são apresentados na Tabela 2.

A porcentagem de alburno tratado à posição 0,60 m foi bastante similar para o método combinado e de substituição de seiva, ambos superiores a 40%, com a combinação inferior em 3,63% à substituição de seiva, o que pode ser justificado pela fração um pouco superior de alburno das peças. Já o método de difusão simples apresentou nesta mesma posição uma porcentagem inferior a 10% de impregnação do total de alburno. Na posição 1,60 m o tratamento por difusão simples manteve a mesma proporção de alburno tratado ao passo que os demais sofreram redução.

Paes et al. (2001) encontraram para a madeira de *Eucalyptus viminalis* tratada pelo método de imersão prolongada por 2 dias uma porcentagem média de alburno tratado de 6,2% na região de afloramento dos moirões, um pouco inferior ao obtido para o método de difusão isolado.

Quanto à penetração alcançada pelo método de substituição de seiva, Garlet (2008) ao tratar também a madeira de *E. grandis* com preservativo CCB a 3%, encontrou para a posição 0,50 m da base dos moirões uma porcentagem de alburno tratado de 50,5%.

TABELA 2: Espessura de alburno tratável, em mm, para cada posição e a porcentagem de penetração obtida pelo mesmo nos moirões de *Eucalyptus grandis* para cada tratamento.

TABLE 2: Treatable sapwood width in mm for each position and the percentage of penetration achieved by the same fences in *Eucalyptus grandis* for each treatment.

Tratamento	Alburno tratável (mm)		Alburno tratado (%)	
	0,60 m	1,60 m	0,60 m	1,60 m
Combinação	30,34	33,82	43,86	18,83
Substituição de seiva	26,50	26,39	45,51	0,00
Difusão simples	25,74	26,70	7,17	7,06

Na Tabela 3 é apresentado o resumo das análises de variância para a penetração do cobre nos moirões. Já a comparação de médias da interação dos fatores por Tukey a 5% é mostrada na Tabela 4.

A Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 9480 da ABNT (1986) estabelece que, nos tratamentos industriais e para madeiras de folhosas o produto preservativo deve penetrar totalmente o alburno. No entanto por meio de métodos não industriais não é possível obter essa eficiência. Segundo as recomendações de Galvão (1968), a penetração é considerada satisfatória quando for superior a 10 mm. Já Herrera (1977), cita que quando a espessura do alburno for inferior a 2,0 cm, ele deve ser totalmente impregnado e quando superior a este valor, a penetração deve atingir, no mínimo, 85% da espessura. Considerando que nos métodos não industriais de tratamento da madeira é impossível se obter uma impregnação total do alburno, ou na proporção citada por Herrera (1977), conforme a obtida e que consta na Tabela 2, levou-se em consideração a recomendação de Galvão (1968).

Observa-se que todas as variáveis exerceram influência significativa sobre a penetração do produto na madeira, e que a maior diferença de penetração do produto encontrada ocorreu entre as posições, seguida da diferença entre tratamentos. Em menor grau a interação entre os fatores também foi significativa.

Com relação à Tabela 4, observa-se que na posição 0,60 m os tratamentos de substituição de seiva e combinado apresentaram valores acima de 10 mm, com a combinação de métodos superior em 10,6%, não existindo, no entanto, diferença significativa entre os dois tratamentos. A penetração pelo método combinado foi superior a ideal em 33% e o método de substituição de seiva, superior em 20%, já o método de difusão foi inferior em 81% ao valor ideal nesta posição, o que reflete a deficiência desse método, especialmente por ser esta uma região mais propícia ao ataque biológico.

Já à altura de 1,60 m da base dos moirões a penetração foi aparentemente nula nas peças tratadas pelo método de substituição de seiva, enquanto naqueles tratados pela combinação de métodos, a penetração média foi de 6,37 mm, inferior a ideal em 36%, e no método de difusão simples uma penetração bastante similar à obtida na posição 0,60, o que já era esperado em função das características do método, produzindo uma penetração mais homogênea do produto ao longo do moirão.

Ao se observar a aparente ausência de penetração do produto à posição 1,60 m da altura dos moirões tratados pelo método de substituição de seiva, deve-se considerar que a identificação da mesma se baseou somente na reação da solução reveladora de cromoazurol S com o elemento cobre

TABELA 3: Resumo das análises de variância da penetração (mm) de cobre nos moirões de *Eucalyptus grandis*.

TABLE 3: Summary of variance analyses of penetration (mm) of copper in *Eucalyptus grandis*.

Fator de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F
Tratamento	2	127,16	21,28 **
Posição	1	239,71	40,12 **
Tratamento x Posição	2	73,74	12,34 **
Resíduo	18	5,97	
Média geral		5,90	
Coefficiente de variação		41,36	

Em que: ** = Significativo a 1% de probabilidade.

TABELA 4: Comparações múltiplas entre médias, pelo teste de Tukey, para a penetração (mm) do cobre nos moirões de *Eucalyptus grandis*.

TABLE 4: Multiple comparisons among averages, by the Tukey's test, for penetration (mm) of copper in *Eucalyptus grandis* fence posts.

Tratamento	Efeito do tratamento na penetração (mm) de cobre por posição	
	0,60	1,60
Combinação	13,30 aA	6,36 aB
Substituição de seiva	12,06 aA	0,00 bB
Difusão simples	1,84 bA	1,88 bA

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na horizontal, ou pela mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si a 5% de probabilidade.

presente no preservativo, o que não quer dizer que tenha havido penetração nula nessa região, visto que o preservativo hidrossolúvel empregado tem em sua composição outros dois elementos, sendo um deles, o boro, submetido à quantificação pela análise de retenção.

Paes et al. (2001) encontraram valores de penetração do cobre na zona de afloramento de 2,5 mm para o método de imersão prolongada, da mesma maneira, inferior a 10 mm.

Ao empregar a mesma metodologia de tratamento com o método de substituição de seiva

Paes et al. (2005), encontraram uma penetração a 0,50 m de 2,4 mm, bastante inferior à encontrada no presente estudo. Já Garlet (2008), com o mesmo método e posição, encontrou valores mais próximos, correspondentes a uma penetração média de 9,6 mm.

Retenção do produto preservativo

A Tabela 5 traz um resumo das análises de variância para a retenção do produto CCB nos moirões de *Eucalyptus grandis*. Já a comparação de médias da interação dos fatores por Tukey a 5% é mostrada na Tabela 6.

TABELA 5: Resumo das análises da retenção de CCB (kg/m³) nos moirões de *Eucalyptus grandis*.

TABLE 5: Summary of variance analyses of CCB retention (kg/m³) in *Eucalyptus grandis* fence posts.

Fator de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F
Tratamento	2	5333,25	35,61 **
Posição	1	6460,96	43,14 **
Região	1	10433,26	69,66 **
Tratamento x Posição	2	2510,69	16,76 **
Tratamento x Região	2	3799,23	25,36 **
Posição x Região	1	4656,48	31,09 **
Tratamento x Posição x Região	2	1707,42	11,40 **
Resíduo	81	149,76	
Média geral		17,46	
Coefficiente de variação		70,07	

Em que: ** = Significativo a 1% de probabilidade.

TABELA 6: Comparações múltiplas entre médias, pelo teste de Tukey, para a retenção do CCB (kg/m³) nos moirões de *Eucalyptus grandis*.

TABLE 6: Multiple comparisons among averages, by the Tukey's test, for CCB retention (kg/m³) in *Eucalyptus grandis* fence posts.

Efeito do tratamento na retenção de CCB (kg/m ³) por posição			
Tratamento	Posição (m)		
	0,60		1,60
Combinação	62,53 aA		12,41 aB
Substituição de seiva	22,68 bA		3,73 aB
Difusão simples	1,98 cA		1,43 aA
Efeito do tratamento na retenção de CCB (kg/m ³) por região			
Tratamento	Região		
	1		2
Combinação	69,13 aA		5,81 aB
Substituição de seiva	24,26 bA		2,14 aB
Difusão simples	3,22 cA		0,20 aA
Efeito da posição para a retenção de CCB (kg/m ³) por região			
Posição (m)	Região		
	1		2
0,60	53,65 aA		4,47 aB
1,60	10,75 bA		0,96 aA

Em que: Região 1 = periferia do disco, Região 2 = centro dos disco. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na horizontal, ou pela mesma letra minúscula, na vertical, não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Observa-se pela Tabela 5 a existência de diferença estatística significativa pelo teste F da retenção ocorrida entre os tratamentos utilizados, bem como da retenção sofrida entre posições e as regiões, sendo a maior diferença registrada por esta última. Da mesma forma, as interações entre os fatores também foram todas significativas.

Observa-se que a média das retenções obtidas pelos tratamentos na posição 0,60 m diferiu estatisticamente entre si, ao contrário da obtida na posição 1,60 m da base dos moirões. Em ambas as posições, o método combinado forneceu valores de retenção superiores à mínima recomendada pela MB-790 da ABNT (1973) para preservativos hidrossolúveis, chegando a superar a norma em 90% na posição 1,60 m. No método de substituição de seiva a retenção mínima foi superada apenas pela posição 0,60 m. Já nas peças impregnadas pelo método de difusão simples os valores obtidos foram sempre inferiores à norma, ambas em aproximadamente 73%.

Quanto à retenção encontrada entre as posições dentro de um mesmo tratamento, observa-se que apenas para o método de difusão simples os valores foram estatisticamente similares o que já era esperado em função das características deste método de tratamento, permitindo uma distribuição mais homogênea do produto ao longo dos moirões.

Com relação às médias de retenção obtidas nos tratamentos por região, observa-se o mesmo comportamento anterior, com os tratamentos diferindo entre si dentro da região 1 e permanecendo estatisticamente iguais da região 2. As médias de retenção na região 1 para o método combinado e de substituição de seiva, com exceção da difusão simples, foi superior ao mínimo de 6,5 kg de i.a por m³, de madeira passando todos na região 2 a apresentarem valores inferiores a ideal, no entanto com um valor bastante próximo pelo método combinado, inferior em apenas 10% a este valor.

Costa et al. (2005) trataram a madeira de *Eucalyptus grandis* com CCA a 3% pelo processo Bethell e encontraram uma retenção de 65,18 kg/m³, portanto similar ao encontrado tanto para a posição 0,60 m quanto para a região 1 do método combinado.

Paes et al. (2001) encontraram valores de retenção nas posições 1 e 2 de 4,04 e 0,17 kg/m³, respectivamente, portanto bastante próximos aos encontrados no presente estudo para o tratamento de difusão simples. Já Garlet (2008) observou na

região 1 uma retenção de 51,53 kg/m³ e na região 2 valor de 6,6 kg/m³ pelo método de substituição de seiva.

Da mesma forma que na retenção por posição, o método de difusão simples permaneceu com valores de retenção estatisticamente iguais entre as regiões analisadas.

De maneira geral, as médias de retenção pelos tratamentos dentro da região 1 entre as posições 0,60 e 1,60 m foram significativamente diferentes, com os maiores valores concentrados na posição 0,60 m. Na região 2 embora as maiores retenções fossem concentradas nesta mesma posição, não foram estatisticamente superiores às obtidas pela posição 1,60 m.

CONCLUSÕES

O tratamento combinado promoveu uma penetração do produto à posição 0,60 m superior a ideal para tratamentos não industriais. Para o mesmo, a retenção foi superior a mínima em ambas as posições e na região próxima a periferia dos discos, e inferior embora em apenas 10% na região mais interna dos discos;

O tratamento de substituição de seiva promoveu uma penetração adequada do produto na primeira porção analisada das peças, já quanto à posição mais próxima ao topo das mesmas foi verificada ausência do elemento analisado. A retenção superou o mínimo recomendado na posição próxima a base e região periférica dos discos;

O tratamento de difusão simples promoveu valores tanto de penetração como de retenção do produto, inferiores ao mínimo necessário para uma eficiente imunização química das peças;

Com base nos valores de penetração e retenção observados nos moirões submetidos ao tratamento combinado, pode-se esperar que os mesmos tenham um melhor comportamento quando expostos a condições que favoreçam a deterioração da madeira;

Sugere-se a condução de estudos com as peças submetidas ao método combinado por um período correspondente a metade do tempo requerido para os métodos de substituição de seiva e difusão simples separadamente, de modo a facilitar uma melhor comparação de resultados, quanto à porcentagem de incremento nos valores de penetração e retenção atribuída ao tratamento combinado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSISTAT. **Assistência estatística**. Campina Grande – DEAG-CTRN-UFCG, 2010. Versão 7.5 beta.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9480**: Moirões de madeira preservados para cercas: especificação. Rio de Janeiro, 1986. 18 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **P-MB 790**: Penetração e retenção de preservativos em postes de madeira. Rio de Janeiro, 1973. 19 p.
- COSTA, A. F. **Como preservar a madeira no meio rural**. Brasília: UNB, 2003. 31 p. (Comunicações Técnicas Florestais).
- COSTA, A. F. et al. Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campos de apodrecimento. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.12, n. 1, p. 7-14, ago. 2005.
- GALVÃO, A. P. M. **Características da distribuição de alguns preservativos hidrossolúveis em moirões de *Eucalyptus alba* Reinw. tratados pelo processo de absorção por transpiração radial**. 1968. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1968.
- GALVÃO, A. P. M. et al. Durabilidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake preservada por processos sem pressão - avaliação de ensaio de campo. **IPEF**, Piracicaba, n. 33, p. 59-64, ago.1986.
- GARLET, J. **Avaliação da retenção e penetração de produtos preservativos em moirões de *Eucalyptus grandis***. 2008. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- HERRERA, J. A. R. Preservación de maderas por métodos sencillos y de bajo costo. **Ciencia Forestal**, Coyacan, v. 2, n. 8, p. 25-49, maio/jun. 1977.
- MAGALHÃES, W. L. E. et al. **Método de substituição de seiva para preservação de moirões**. Disponível em: <(http://www.cnpf.embrapa.br/publica/comuntec/edicoes/com_tec97.pdf)>.
- Acesso em: 10 abr. 2009.
- MIYAZAWA, M. et al. **Análises químicas de tecido vegetal**: manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. Cap. 4.
- PAES, J. B. et al. Avaliação do tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus viminalis* Lab. e de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) pelo método de substituição da seiva. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n. 1, p.75-86, 2005.
- PAES, J. B. et al. Eficiência do CCB na resistência da madeira de Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D. C.) a cupins subterrâneos (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Ambiência**, Guarapuava, v. 2, n. 1, p. 51-64, jan./jun. 2006.
- PAES, J. B. et al. Tratamento preservativo de moirões de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) e de *Eucalyptus viminalis* Lab. pelo método de imersão prolongada. **Cerne**, Lavras, v.7, n. 2, p.65-80, 2001.
- PAES, J. B. **Viabilidade do tratamento preservativo de moirões de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.), por meio de métodos simples, e comparações de sua tratabilidade com a do *Eucalyptus viminalis* Lab**. 1991. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.
- PINHEIRO, R. V. **Influência da preservação contra a demanda biológica em propriedades de resistência e de elasticidade da madeira**. 2001. 162 f. Tese (Doutorado em Engenharia)-Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos 2001.
- SANTINI, E. J. **Biodeterioração e preservação da madeira**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1988. 125 p.