

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**APLICAÇÃO DE SAIS HIDROSSOLÚVEIS PARA
TRATAMENTO DE MADEIRA ROLIÇA POR MEIO DE
MÉTODOS NÃO INDUSTRIAIS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Roger Ravasi

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**APLICAÇÃO DE SAIS HIDROSSOLÚVEIS PARA
TRATAMENTO DE MADEIRA ROLIÇA POR MEIO DE
MÉTODOS NÃO INDUSTRIAIS**

Roger Ravasi

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Tecnologia de Produtos Florestais, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Elio José Santini

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Ravasi, Roger
Aplicação de sais hidrossolúveis para tratamento de
madeira roliça por meio de métodos não industriais. /
Roger Ravasi.-2015.
56 f.; 30cm

Orientador: Elio José Santini
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2015

1. Tratamento sem pressão 2. Madeira tratada 3.
Preservação da madeira 4. Tratamento de moirões I.
Santini, Elio José II. Título.

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Carlos Vargas. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: rogeravazi@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A comissão examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**APLICAÇÃO DE SAIS HIDROSSOLÚVEIS PARA TRATAMENTO DE
MADEIRA ROLIÇA POR MEIO DE MÉTODOS NÃO INDUSTRIAIS**

elaborado por
Roger Ravasi

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

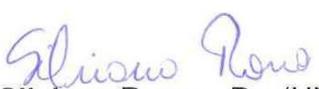
COMISSÃO EXAMINADORA:



Elio José Santini, Dr.
(Presidente/Orientador)



Cristiane Pedrazzi, Dr. (UFSM)



Silvana Rosso, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, 31 de Março de 2015.

A minha mãe e, em memória, a minha avó Geny Ravazi.
Por tudo que fizeram por mim.

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

A minha mãe por tudo que me ajudou, apoiando em minhas decisões, dando forças e motivação para conclusão desta dissertação.

Ao meu irmão Marlus Ravasi por todo auxílio e apoio para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Elio José Santini pela amizade, confiança, ensinamentos, orientação e sua grande disponibilidade sempre que precisei.

Ao professor e co-orientador Clovis Roberto Haselein pela amizade, apoio e orientação.

Aos membros da banca, Cristiane Pedrazzi e Silvana Rosso, por aceitar fazer parte desse momento de grande importância e ainda pela disponibilidade e correções deste trabalho.

Aos funcionários do LPF Nelson, Tarso e Fabiana pela ajuda na realização deste trabalho.

À professora Alexandra Boligon da Unipampa - SG pela ajuda na parte estatística deste trabalho

À química industrial Franciele Rovasi pela amizade e ajuda na produção de produtos químicos para este estudo, e Ananda Guarda no apoio de cálculos químicos.

Aos amigos Walmir Menezes, Daniela Lilge, Sabrina Finatto, Danilo Freitas, Joel Telles, Maiara Talgatti, Liana Sarturi e demais colegas do Laboratório de Produtos Florestais pela amizade, troca de conhecimentos e momentos de descontração.

À Universidade Federal de Santa Maria, em especial, ao Departamento de Ciências Florestais e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF-UFSM), pela estrutura e oportunidade de realização do curso de mestrado.

Aos amigos engenheiros florestais Jamur Turra, Leonardo Severo, Tiago Felipe Schulte pela amizade e troca de conhecimentos.

Aos amigos Aline Finatto, Tialhes Marconatto, Roberta Fantinel e Juliana Biesdorf, e demais amigos, pelo companheirismo, amizade e ajuda durante este período.

E todos que ajudaram de forma direta ou indireta na realização dessa pesquisa

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

APLICAÇÃO DE SAIS HIDROSSOLÚVEIS PARA TRATAMENTO DE MADEIRA ROLIÇA POR MEIO DE MÉTODOS NÃO INDUSTRIAIS

AUTOR: ROGER RAVASI

ORIENTADOR: ELIO JOSÉ SANTINI

Data e local da defesa: Santa Maria, 31 de Março de 2015.

A madeira é um material orgânico que está sujeita à decomposição ou deterioração. Para que isso não ocorra, a madeira necessita passar por tratamentos preservativos os quais proporcionam uma maior durabilidade às peças tratadas, garantindo assim uma maior vida útil para as peças tratadas. A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência de métodos que associam tratamentos de substituição de seiva e difusão em madeira de *Eucalyptus grandis*, com a utilização de uma mistura de substâncias preservativas a base de cobre, cromo e boro. O material foi coletado em plantios heterogêneos existentes no campus da Universidade Federal de Santa Maria, com 10 anos de idade. Após a realização de um inventário no povoamento, foram abatidas aleatoriamente, sendo 2 árvores por tratamento e, de cada uma delas foram cortadas 3 peças de 2 metros de comprimento. Os métodos utilizados foram difusão, substituição de seiva e uma combinação entre difusão e substituição de seiva que foram realizados com tempos distintos. Ao término dos tratamentos retirou-se um disco de cada uma das posições base, meio e topo, para análises de penetração. Na análise de penetração os discos foram lixados em suas duas faces, uma para determinação do Cobre com Cromoazurol S e outra para o boro com álcool Polivinílico e Iodo Metálico com Iodeto de Potássio, além disso, foram incluídas as medidas de alburno tratável e alburno tratado, e a classificação da forma como se distribui o preservativo nas diferentes posições da peça tratada. Os resultados mostraram que a influência das condições climáticas com as temperaturas mínimas apresentou uma correlação alta com os dois primeiros dias de absorção do preservativo e correlação inversa com a precipitação em relação à absorção de preservativo. Nas avaliações de distribuição do preservativo, o elemento cobre mostrou-se mais eficiente na posição da base da peça e o elemento boro nas posições meio e topo. As avaliações de distribuição do preservativo por tratamento teve avaliações satisfatórias na posição da base para todos os tratamentos. Na posição do meio e topo da peça os tratamentos apresentaram dificuldades de distribuição. Nas avaliações de penetração os resultados da posição base foram satisfatórios, da posição meio apresentou baixa penetração. De acordo com os resultados do estudo, os métodos combinados com maiores tempos apresentaram ganhos significativos nas penetrações de preservativos em *Eucalyptus grandis*.

Palavras-chave: Tratamento sem pressão. Madeira tratada. Preservação da madeira. Tratamento de moirões.

ABSTRACT

Master's thesis
Graduate Program in Forestry
Universidade Federal de Santa Maria

SOLUBLE SALTS APPLICATION FOR ROUND TIMBER TREATMENT BY NO INDUSTRIAL METHODS

AUTHOR: ROGER RAVASI

ADVISOR: ELIO JOSÉ SANTINI

Date and place of Defense: Santa Maria, March 31st, 2015.

Wood is an organic material which may decompose or deteriorate. To avoid this, the wood needs to go through preservative treatments, ensuring a higher durability to the treated pieces. This research aimed to evaluate the efficiency of methods that combine sap substitution treatment and distribution in *Eucalyptus grandis*, using a mixture of preservative substances copper base, chromium and boron. The material was collected in 10 years old existing heterogeneous plantations at the Federal University of Santa Maria. After conducting an inventory in the population, there were taken randomly, 2 trees per treatment, and each tree removed 3 pieces measuring 2 meters each. There were felled 12 trees to perform 6 treatments. The methods used were diffusion, sap replacement and combined method between diffusion and replacement of sap. At the end of the treatments there were removed 1 disk of the base position, middle and top for penetration analysis. At the penetration analysis, disks were sanded on both sides, one for determination of copper with Cromoazurol S and the other for boron with Polyvinyl alcohol and Metallic Iodine with Potassium Iodine, further there were included treatable sapwood measures and treatable sapwood, and the classification of the way it distributes the preservative in different positions of the treated piece. The results showed that the influence of climatic conditions with minimum temperatures presented a high correlation with the first two days of absorption of preservative and inverse correlation with precipitation in relation to preservative absorption. In preservative distribution assessments, the element copper is more efficient on the part of the base position and the element boron in the middle and top positions. The assessments of distribution treatment were satisfactory in the base position for all treatments. In the middle position and the top part of the treatments there were distribution difficulties. In the penetration reviews the results of the base position were satisfactory. The middle position showed low penetration. According to the study results, the methods combined with longer times showed significant improvements in penetration of preservatives in *Eucalyptus grandis*.

Key-words: No pressure treatment. Treated wood, Wood preservation, Fence posts treatment

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Categorias de uso, condição de uso da madeira e organismos xilófagos.....	23
Figura 2 –	Tratamento de Difusão.....	26
Figura 3 –	Tratamento de Substituição de Seiva	27
Figura 4 –	Discos das posições base, meio e topo da peça.	28
Figura 5 –	Critérios usados para classificação da distribuição penetração do produto preservativo na madeira.....	29
Figura 6 –	Avaliação geral da distribuição em percentagem de cobre e boro em relação à posição da base das peças.	35
Figura 7 –	Avaliação geral da penetração de cobre e boro em relação à posição do meio da peça.....	36
Figura 8 –	Avaliação geral da penetração de cobre e boro em relação à posição do topo da peça.	37
Figura 9 –	Avaliação por tratamento da penetração de cobre em relação à posição da base da peça	38
Figura 10 –	Avaliação por tratamento da penetração de boro em relação à posição da base da peça	39
Figura 11 –	Avaliação por tratamento da penetração de cobre em relação à posição do meio da peça.	40
Figura 12 –	Avaliação por tratamento da penetração de boro em relação à posição do meio da peça.	41
Figura 13 –	Avaliação por tratamento da penetração de cobre em relação à posição do topo da peça.	42
Figura 14 –	Avaliação por tratamento da penetração de boro em relação à posição do topo da peça.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Retenções mínimas sugeridas para madeiras tratadas com CCA-C (Arseniato de cobre cromatado tipo C) e CCB (borato de cobre cromatado) em métodos sob pressão.....	23
Tabela 2 – Tratamentos utilizados no experimento.	25
Tabela 3 – Matriz de Correlação entre absorção total e as condições climáticas durante os tratamentos.	31
Tabela 4 – Matriz de correlação entre absorção diária de preservativo e as condições climáticas	32
Tabela 5 – Espessura de alburno tratável, em mm, para cada posição e a porcentagem de penetração obtida pelo mesmo nos moirões de <i>Eucalyptus grandis</i> para cada tratamento.....	33
Tabela 6 – Comparações entre as médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) de cobre e boro nos moirões de <i>Eucalyptus grandis</i>	44
Tabela 7 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do cobre nos moirões de <i>Eucalyptus grandis</i> na posição da base da peça.	45
Tabela 8 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do boro nos moirões de <i>Eucalyptus grandis</i> na posição da base da peça.	45
Tabela 9 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do cobre nos moirões de <i>Eucalyptus grandis</i> na posição do meio da peça.	46
Tabela 10 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do boro nos moirões de <i>Eucalyptus grandis</i> na posição meio da peça.	47
Tabela 11 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do cobre nos moirões de <i>Eucalyptus grandis</i> na posição topo da peça.	48
Tabela 12 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do boro nos moirões de <i>Eucalyptus grandis</i> na posição topo da peça.	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	Espécie estudada	14
3.2	Preservação da madeira	15
3.2.1	Benefícios de madeira tratada com produtos químicos	16
3.3	Processos de tratamento da madeira	16
3.3.1	Difusão	17
3.3.2	Substituição de Seiva	18
3.4	Sais hidrossolúveis	19
3.4.1	Borato de cobre cromatado	20
3.5	Fatores que afetam a penetração e absorção de preservativos na madeira	21
3.6	Avaliações de qualidade do tratamento	22
3.6.1	Avaliação por penetração	22
3.7	Categorias de uso da madeira	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	Obtenção do material	24
4.2	Preparo de solução preservativa	24
4.3	Condução dos tratamentos preservativos	25
4.4	Análise de penetração	28
4.5	Análise estatística	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1	Absorção do preservativo em relação às condições climáticas.	31
5.2	Relação de porcentagem de alburno tratado com alburno tratável	33
5.3	Distribuição do preservativo na madeira	35
5.4	Avaliação de penetração do produto preservativo	44
6	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

A madeira, devido às suas características físicas e mecânicas, é um material de ótima trabalhabilidade. Tendo em vista que sua obtenção se dá com baixo custo e que sua durabilidade é significativa, são muitas as indústrias que têm interesse por esse material. Dentre essas indústrias podemos citar: a moveleira, a de construção civil, além das indústrias de celulose e papel.

Após o corte da árvore, os processos fisiológicos cessam e, lentamente inicia-se o processo de decomposição. Esse processo a deixa vulnerável ao ataque de agentes biodegradadores e à ação de intempéries. Para que isso não ocorra, existem métodos e tratamentos para preservação da madeira, tornando-a resistente aos agentes biológicos, físicos, químicos e mecânicos.

Embora a madeira apresente certa resistência natural à biodeterioração por organismos xilófagos, e aos elementos presentes no lenho, como tanino e outras substâncias fenólicas complexas, cada tipo de madeira e cada utilização exigem um tratamento adequado para garantir sua resistência (OLIVEIRA, et al., 1986).

De acordo com Costa, et al. (2003) as células funcionais são as que compõem o alburno, apresentando tonalidade mais clara, e tem a função de conduzir ascendentemente a água e solutos que serão diluídos. Ao momento que cessam a condução de água, as células do alburno passam a fazer parte do cerne, que contêm os óleos, as resinas, gomas e/ou compostos fenólicos, sendo que estas substâncias apresentam, normalmente, uma cor mais escura.

As substâncias componentes do lenho aumentam a resistência aos organismos xilófagos.

A parte da madeira mais suscetível ao ataque de organismos xilófagos é o alburno, por conter material nutritivo, ao contrário do cerne, que não possui este material e, por este motivo tem maior durabilidade natural, e devido também a presença de extrativos (SILVA, et al., 2004).

Nas peças de madeira que contêm alburno é possível fazer tratamento químico de preservação da madeira, sendo que a madeira de puro cerne, se existir pequena permeabilidade em seus tecidos lenhosos, também será possível fazer o tratamento (ZENID, 2003).

A preservação da madeira pode ser dividida em dois tipos de tratamentos: com e sem pressão. Os tratamentos com pressão baseiam-se em processos industriais usados por usinas de preservação da madeira. Já os tratamentos sem pressão podem, até mesmo, ser empregados por produtores rurais com a devida orientação técnica. Os tratamentos sem pressão, em geral, apresentam menor custo no que se referem à estrutura necessária para desenvolvê-los. Tratamentos por Difusão e Substituição de seiva são dois exemplos de tratamentos sem pressão.

Na aplicação do método por Difusão, as peças de madeira devem estar com o teor de umidade elevado, pois, se as mesmas estiverem secas pode ocorrer formação de bolhas de ar no interior dos vasos capilares, as quais impediriam o transporte do preservativo. Depois das peças serem tratadas, é armazenado à sombra, para que ocorra uma distribuição homogênea da solução preservativa no interior das peças de madeira. A secagem não deve ser feita, pois pode ocasionar migração de íons do preservativo pelo meio do líquido. A fixação perfeita do preservante ocorre com um tempo de armazenagem de quatro meses (ROCHA, 2001).

O método de substituição da seiva ocorre pela troca de seiva da árvore pelo preservativo. O tratamento tem um tempo pré-determinado para sua realização. Depois da madeira abatida, o tratamento deve ser efetuado no máximo de 24 horas. Durante o procedimento, os sais devem estar completamente solubilizados na solução e a proporção dos ingredientes deve ser mantida constante (MAGALHÃES, 2003).

As substâncias preservativas mais utilizadas são as hidrossolúveis. Vale destacar, a larga utilização em pesquisas às substâncias como o CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) e o CCB (Borato de Cobre Cromatado). O CCB apresenta fixação lenta e permite um maior tempo para o tratamento prático para métodos industriais e não industriais (COSTA, 2003).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência da penetração de preservativo a base de cobre, cromo e boro em madeira de *Eucalyptus grandis* tratada por métodos de substituição de seiva, difusão e uma combinação de ambos.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar a penetração e a distribuição da mistura preservativa entre os diferentes tratamentos utilizados (substituição de seiva, difusão e uma combinação/ substituição de seiva-difusão).
- Avaliar a penetração e a distribuição da mistura preservativa na base, meio e topo da peça de madeira.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Espécie estudada

O gênero *Eucalyptus* contempla grande parte dos povoamentos florestais do mundo. Tendo vasta quantidade de espécies, este gênero apresenta elevada plasticidade ecológica e uma ótima produção, sendo uma fonte indispensável de madeira para a maioria das indústrias florestais. Estas características proporcionaram um aumento de informações na área da silvicultura e na parte da genética de várias espécies (FINGER, 1993).

Dadas as suas características, a madeira de *Eucalyptus* apresenta múltiplos usos. Geralmente, essa madeira é usada para: lenha, estacas, moirões, dormentes, carvão vegetal, celulose e papel, chapas de fibras e de partículas. Além disso, vem sendo bastante utilizada na construção civil, para construção de casas de madeira e de móveis, sobretudo, nas regiões sul e sudeste do país, onde existem, atualmente, poucas florestas nativas (PEREIRA, et al., 2000).

Gonçalez (2006) observa que o Eucalipto fornece matéria-prima para empresas madeireiras, contudo, a madeira possui algumas restrições que são próprias de espécies das florestas exóticas plantadas. A esses detalhes vem a somar-se também a insuficiência de conhecimentos tecnológicos sobre este gênero vegetal.

A espécie *Eucalyptus grandis* apresenta alta susceptibilidade à degradação de fungos e cupins. As soluções preservativas apresentam elevada permeabilidade em tratamentos com pressão, sendo maior na região do alburno, porém, na parte do cerne é quase impenetrável, além disso, a espécie tem apresentado propriedades mecânicas (resistência e rigidez) entre intermediária à boa (PINHEIRO, 2001).

O *Eucalyptus grandis* tem crescimento elevado e alta taxa de produtividade, sendo uma das espécies mais utilizadas nos reflorestamentos no Brasil. Sua madeira é usada na produção de carvão vegetal, celulose e papel devido às suas características físicas, sendo uma delas, a densidade básica. (JESUS; VITAL, 1986)

De acordo com Oliveira et al. (1999), foi realizada a análise da qualidade da madeira de sete espécies de eucaliptos de diferentes procedências, dentre estas espécies utilizadas, a que se destacou foi o *Eucalyptus grandis*, devido ao seu alto incremento volumétrico (63 m³/ha/ano), sendo utilizado em grande escala em projetos de reflorestamento para produção de madeira.

3.2 Preservação da madeira

A indústria ferroviária, juntamente com as redes de distribuição de energia elétrica, telefonia e telegrafia foi pioneira na utilização da madeira preservada. Enquanto a primeira necessitava de dormentes para estruturação das ferrovias, as seguintes utilizavam postes de madeira tratada em suas redes de distribuição. Em diversos países, incluindo o Brasil, as primeiras usinas que realizavam os processos de preservação de peças de madeira estavam voltadas para o tratamento de postes e dormentes (CAVALCANTE; COCKCROFT, 1984).

As usinas de preservação da madeira vieram da Inglaterra para o Brasil utilizando tratamentos sob pressão, no ano de 1900. Sendo instaladas em Juiz de Fora, Minas Gerais pela administração pública brasileira. O início de seu funcionamento aconteceu no ano de 1902, com atividades voltadas para a preservação de dormentes a serem usados nas ferrovias. A substância preservativa utilizada era o creosoto (MORAIS, 1996).

A ABPM (Associação Brasileira de Preservadores da Madeira) entrou em funcionamento no ano de 1969 e alavancou o setor da preservação da madeira. No ano de 1972 ocorreu a regulamentação da produção, tanto da madeira tratada quanto dos próprios produtos preservantes, colaborando para o aprimoramento e maior difusão de conhecimento sobre o assunto (ABPM, 1993).

A madeira tratada está conquistando espaço no mercado em diferentes regiões do Brasil. Nas regiões Sul e Sudeste ficam as maiores concentrações de usinas de preservação da madeira, onde há as grandes áreas reflorestadas do país. Tem-se uma estimativa que no ano de 2012, a produção de madeira tratada alcançou 1,6 milhões de m³. Este aumento de vendas de madeira tratada é devido a melhores explicações sobre a qualidade do produto aos compradores e suas

diferentes utilidades. Ainda que a madeira tratada colabore com a preservação de florestas nativas, utilizando apenas madeiras de florestas plantadas (ABRAF, 2013).

3.2.1 Benefícios de madeira tratada com produtos químicos

O tratamento de madeiras, da maneira que está sendo conduzido, apresenta-se na forma de tratamentos químicos tóxicos, diretamente na madeira para combate e eliminação de agentes biodegradadores, para que os mesmos não consigam utilizar a madeira como fonte de alimentação para seu sustento e sua propagação (GEISSE, 2006).

Adotar medidas preservativas da madeira é tarefa de fundamental importância, dados os diversos usos da madeira. Conservar esse material torna-se extremamente importante para garantir uma maior durabilidade e economicidade ao utilizar o recurso madeireiro (FURTADO, 2000).

De acordo com Jankowsky (1993), uma mudança de perspectiva na utilização da madeira tratada em nosso país é fundamental para que a indústria de preservação da madeira se desenvolva. A conscientização dos consumidores é uma base técnica consistente que incrementa o uso da madeira tratada, inclusive na construção civil.

Rocha (2001) assegura que, de uma forma geral, as madeiras corretamente tratadas, podem ser utilizadas em diversas situações, inclusive, em contato direto com o solo.

3.3 Processos de tratamento da madeira

Os processos de tratamento da madeira dividem-se em dois grandes métodos: os métodos industriais e os não industriais, também conhecidos por métodos caseiros. Nos métodos industriais ocorre uma subdivisão entre tratamentos de célula cheia e célula vazia. Os tratamentos de Célula Cheia (Bethell, Burnett, Duplo Vácuo e Cellon) utilizam a aplicação de vácuo inicial para extrair o ar das células, facilitando a penetração do preservativo na madeira. Os tratamentos de

Célula Vazia (Rüping, Lowry e MSU) não se aplicam vácuo inicial para a retirada de ar interior. Com a injeção do preservativo ocorre uma compressão do ar interno da madeira, o qual, após o alívio da pressão se expande e expulsa parte do preservativo. São os métodos que atingem maiores penetrações e retenções no alburno. Para estes tratamentos existem níveis de retenção que devem ser alcançados para as diferentes classes de uso (RAVASI et al., 2012a).

Os tratamentos não industriais não utilizam pressão, são métodos considerados de baixo valor econômico e de fácil aplicação, não necessitam de mão de obra muito especializada e podem ser feitos na propriedade rural com matéria-prima do próprio local, e os equipamentos utilizados no tratamento são simples de ser construídos, e os sais hidrossolúveis podem ser comprados sem grandes problemas (RAVASI et al., 2012b).

As técnicas de métodos não industriais se mostram como uma alternativa de igualdade social, tendo em vista os agricultores em geral, modernizando e aumentando sua renda através dos produtos florestais que se tem acesso nas suas próprias propriedades, também para prover suas próprias necessidades ou apenas para fazer pequenas negociações, para aumentar a sua renda na venda de madeira tratada (MAGALHÃES et al., 2003).

Os métodos mais utilizados hoje em dia são: de difusão e difusão dupla, substituição de seiva (capilaridade), imersão simples e imersão prolongada, banho quente-frio e pincelamento. Existem outros métodos, porém, estão cada vez mais em desuso.

A tendência é a modificação dos métodos, como ocorreram com o método de Boucherie que foi modificado, especialmente para tratar bambu, e os métodos combinados de difusão com substituição de seiva. Estes métodos se bem conduzidos podem aumentar a vida útil da peça de madeira em 10 a 15 anos.

3.3.1 Difusão

O processo de difusão pode ser explicado pelo movimento espontâneo de uma substância, através de um determinado meio, de uma área que o potencial químico encontra-se alto para outra de potencial químico baixo. Geralmente na

prática, ocorre que a diferença de potencial químico é ocasionada pela diferença de concentração. Quando a peça de madeira saturada de água for totalmente submersa na solução preservativa, ocorrerá uma migração de íons da solução preservativa para interior da peça de madeira, até chegar ao equilíbrio das concentrações do interior e de fora da peça de madeira (SANTINI, 1988).

Este método utiliza formulações concentradas que aumentam a difusão dos sais dentro da madeira. As formulações que contêm boro são, preferencialmente, utilizadas, por apresentarem bons resultados de solubilidade e penetração nas peças de madeira. Os preservativos que contêm fluoreto de sódio também são usados em tratamentos por difusão na forma de pasta. Uma possibilidade é fazer uma combinação entre as formulações de boro com o fluoreto. A pasta preservativa é utilizada nas superfícies da madeira, que são agrupadas e empilhadas para poderem ser cobertas com lona para ficarem armazenadas por período de 30 dias (GALVÃO, 2004).

Na aplicação desse método, as peças de madeira têm que estar com teor de umidade elevado. Se as mesmas estiverem secas podem ocorrer bolhas de ar no interior dos vasos capilares, os quais impediriam o transporte do preservativo. Depois das peças serem banhadas, estas serão armazenadas na sombra, para que ocorra uma distribuição homogênea da solução preservativa no interior das peças de madeira. A secagem pode ocasionar migração de íons do preservativo pelo meio do líquido. A fixação perfeita do preservante ocorre com um tempo de armazenagem de, no mínimo, quatro meses (ROCHA, 2001).

3.3.2 Substituição de Seiva

O processo consiste na substituição da seiva presente dentro da madeira por um preservativo. É um tratamento que tem tempo pré-determinado para sua realização, sendo que, depois da madeira abatida, deve ser realizado em 24 horas(h), no máximo. Durante o procedimento os sais devem estar completamente solubilizados na solução e a proporção dos ingredientes deve ser mantida constante (MAGALHÃES, 2003).

A necessidade de tratar a madeira recém-abatida, nesse método, advém do fato de que, se houver muita evaporação de água da seiva antes do início do

procedimento, ocorrerá perda de eficiência do tratamento. Se houver secagem, mesmo sendo em pequeno volume, poderá acontecer o bloqueio de transporte do preservativo, pela formação de bolhas de ar no interior dos vasos capilares da madeira (GALVÃO, 2004).

É um processo de importância expressiva entre os métodos não industriais, por ser de baixo custo, no que se refere às instalações necessárias e pela sua praticidade na aplicação e preservação de madeiras roliças (FARIAS, 2003).

Diversos estudos estão ampliando a utilização do método de substituição de seiva, porém, ainda existem poucas pesquisas que abordam a influência da concentração da solução química e o tempo que o preservativo precisa para preenchimento completo do moirão. Entretanto, um exame criterioso da concentração de solução preservativa no tempo de duração do experimento especialmente em *Eucalyptus* spp pelo método de substituição de seiva é de grande importância, para obter uma melhor trabalhabilidade do mesmo, com uma concentração mais adequada ao tratamento utilizado (PAES et al., 2014).

3.4 Sais hidrossolúveis

Os produtos químicos preservantes da madeira são divididos em dois grupos: oleossolúveis e hidrossolúveis. Se distinguindo na forma de dissolução, ou seja, o solvente que cada um utiliza. Para os preservativos oleossolúveis é usado o creosoto, extraído da hulha e também de uma porção de petróleo. Nos hidrossolúveis o veículo utilizado é a água para sua formulação (CALIL JR, 2002).

Geralmente, os preservativos hidrossolúveis são formados de um ou mais componentes tóxicos. Em teoria, quanto mais compostos químicos em um produto, maior será sua eficiência e abrangerá maior quantidade de espécies de fungos e insetos. Mas, por outro lado, a combinação de muitos produtos químicos pode vir a gerar uma reação contrária à esperada e não conseguir atingir certas características do preservativo da madeira (MENDES, 1988).

Os preservantes químicos hidrossolúveis são à base de água. Os sais presentes nos preservativos hidrossolúveis têm uma grande vantagem de ordem

prática e econômica: a sua comercialização ocorre em pó ou pasta, de forma concentrada, sendo sua diluição feita antes do uso (SILVA, 2007).

Segundo Bigelow et al. (2007) as pesquisas realizadas com preservativos hidrossolúveis apresentaram resultado significativos em relação às propriedades mecânicas da madeira, mas este fato depende da espécie utilizada, das qualidades dos ingredientes ativos, da capacidade de retenção, da fixação do preservativo após o tratamento, da temperatura de exposição das peças na secagem e a forma de utilização das mesmas quando colocadas em serviço.

3.4.1 Borato de cobre cromatado

Moreschi (2005) afirma que a formulação do Borato de Cobre Cromatado vem sendo utilizada como um produto alternativo ao Arseniato de Cobre Cromatado que, na sua fórmula, usa o boro ao invés do arsênio. Em relação às diferenças, ao se utilizar esses produtos, o borato de cobre cromatado apresenta maior perda por lixiviação e sua toxidez não é tão elevada para insetos, sobretudo, para madeira que ficará exposta por extenso período.

De acordo com Silva (2007), os compostos elaborados com o elemento boro têm efeitos fungicidas e inseticidas, e caracterizam-se como preservativos de grande eficiência desde que a madeira não fique em contato com o solo. O borato de cobre cromatado é um preservativo que pode ser utilizado em usinas de preservação com autoclaves, ou em tratamentos caseiros que se utiliza a difusão.

Se o preservativo Borato de Cobre Cromatado for utilizado nas condições climáticas e de solo normais do Brasil, sua duração pode ultrapassar 30 anos. Além disso, esses compostos contêm, em sua fórmula, óxidos que não interferem na condução elétrica da madeira e também não provoca a corrosão em contato com fios metálicos (BARILLARI, 2002).

De acordo com Lepage (2010) as formulações que vêm sendo utilizadas para formação da solução de CCB, com presença do oxigênio como ânion comum para os 3 elementos (o boro ficaria com formulação de B_3O_3) proporcionando uma baixa lixiviação com água, até que a fixação do elemento cromo na madeira esteja concluída.

3.5 Fatores que afetam a penetração e absorção de preservativos na madeira

Diversos fatores interferem na penetração e retenção dos preservativos hidrossolúveis nas peças de madeira. Esses fatores têm grande importância, sendo eles: a concentração da formulação preservativa, o tratamento e período para realização do método escolhido, assim como as características referentes da madeira. Os fatores mais significativos são de simples controle, com restrição apenas aos que se atribuem às características das peças de madeira a ser tratada (PAES, 1991).

As estruturas anatômicas que merecem destaque são os vasos, pois influenciam na penetração do preservativo e sua distribuição na formulação química do alburno nas folhosas.

Segundo Siau (1974), a permeabilidade é a avaliação de como os líquidos percorrem o tecido poroso sob um gradiente de pressão. O principal meio de propagação dos fluxos se dá através dos vasos, assim, facilitando a penetração das soluções preservativas, demonstra em vários estudos a existência de relação entre permeabilidade e trabalhabilidade.

O alburno tem maior facilidade de penetração da solução preservativa que o cerne, devido à presença de extrativos no cerne que causa a obstrução dos vasos. Normalmente, madeiras mais dura têm maior dificuldade de secagem e de permeabilidade do preservativo, por terem pequenos espaços vazios para passagem de fluidos. Nas angiospermas são os vasos e nas gimnospermas os traqueoides e os raios, para as ambas realizarem a supressão e penetração dos fluidos na madeira (LEPAGE, 1986).

De acordo com Santini (1988) pode ocorrer à formação de tiloses em algumas espécies de folhosas que se caracterizam como alargamentos vesiculares das células do parênquima radial e axial que adentram nas cavidades dos vasos por pontuações de suas paredes. As madeiras que ocorrem as tiloses podem diminuir significativamente a permeabilidade dos vasos, quando ocorrem em conjunto com gomas e outras substâncias ocasionam a interrupção total dos vasos, trancando a passagem de fluidos.

3.6 Avaliações de qualidade do tratamento

3.6.1 Avaliação por penetração

Segundo Sales-Campos et al. (2003), a avaliação da penetração é baseada na determinação da profundidade que o preservativo ou que seus elementos ativos alcançam na madeira. A distribuição da penetração pode ser nula, vascular, parcial, irregular ou periférica e total.

A penetração corresponde à profundidade que o preservativo alcança na madeira. De acordo com o aumento de exigência estrutural do componente da madeira, maior deverão ser a retenção e a penetração da substância preservante (IPT, 2003).

Uma elevada quantidade de alburno proporcionará uma maior penetração, que gera uma proteção satisfatória à peça de madeira tratada, mas, em contrapartida, isto gera maior consumo de solução preservativa, e pode não ser economicamente viável dependendo da situação de uso, portanto, deve-se fazer uma estimativa da relação custo-benefício (AMARAL, 2012).

3.7 Categorias de uso da madeira

As categorias de uso da madeira surgiram para uma melhor utilização e informação das madeiras tratadas em suas diversas utilizações.

De acordo com Johnson et al. (1988), diversas são as formas de tentar acabar ou diminuir a ação de organismos xilófagos. Sendo comum à formulação de normas ou especificações que apresentam as categorias, informando tipo de ataque por agentes biológicos e também o tratamento mais indicado.

A forma utilizada no Brasil pela ABNT (2013) é dividida em 6 categorias, sendo elas classificadas pelas condições de exposição ou uso da peça, juntamente com o tipo de agente biológico para cada categoria. Assim, pode ser definindo o tratamento mais adequado dentre elas (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1 – Retenções mínimas sugeridas para madeiras tratadas com CCA-C (Arseniato de cobre cromatado tipo C) e CCB (borato de cobre cromatado) em métodos sob pressão.

Categorias de uso	Retenção Mínima Kg/m ³ (i.a)	Penetração
1 e 2	4,0 a 6,5	100% de alburno permeável
3	4,0 a 6,5	100% de alburno permeável
4	4,0 a 6,5	100% de alburno permeável
5	6,5 ;9,6 a 12,8	100% de alburno permeável
6	24	100% de alburno permeável

Onde: (i.a) ingrediente ativo

Fonte: ABNT Associação Brasileira De Normas Técnicas (2013)

CATEGORIA DE USO	CONDIÇÃO DE USO DA MADEIRA	ORGANISMO XILÓFAGO
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.	Cupim-de-madeira-seca Broca-de-madeira
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.	Cupim-de-madeira-seca Broca-de-madeira Cupim-subterrâneo Cupim-arborícola
3	Interior de construções, fora de contato com o solo e protegidos das intempéries, que podem, ocasionalmente, ser expostos a fontes de umidade.	Cupim-de-madeira-seca Broca-de-madeira Cupim-subterrâneo Cupim-arborícola Fungo embolorador/manchador Fungo apodrecedor
4	Uso exterior, fora de contato com o solo e sujeitos as intempéries.	Cupim-de-madeira-seca Broca-de-madeira Cupim-subterrâneo Cupim-arborícola Fungo embolorador/manchador Fungo apodrecedor
5	Contato com o solo, água doce e outras situações favoráveis à deterioração, como engaste em concreto e alvenaria.	Cupim-de-madeira-seca Broca-de-madeira Cupim-subterrâneo Cupim-arborícola Fungo embolorador/manchador Fungo apodrecedor
6	Exposição à água salgada ou salobra.	Perfurador marinho Fungo embolorador/manchador Fungo apodrecedor

Figura 1 – Categorias de uso, condição de uso da madeira e organismos xilófagos.

Fonte: Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT) (2013)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção do material

O material de estudo foi coletado em um povoamento existente no campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) localizada no bairro Camobi, na cidade de Santa Maria - RS. A espécie utilizada foi *Eucalyptus grandis* com idade de 10 anos. Para a seleção das peças foram realizadas medições de base e diâmetro da altura do peito (DAP) antes do abate, para selecionar peças com diâmetro menor 200 milímetros (mm), por ser o tamanho do recipiente construído para o método de substituição de seiva.

Para a realização do experimento foram abatidas 12 árvores no total, sendo cada uma delas dividida em 3 peças, medindo 2,0 m de comprimento. O abate das árvores ocorreu previamente a condução dos experimentos para evitar a perda de umidade. Após o abate e seccionamento das toras, o material foi transportado para o Laboratório de Produtos Florestais (LPF) com a finalidade de descascamento das peças e dar início aos tratamentos preservativos. O tempo entre o abate, transporte, descascamento e início do tratamento foi inferior a 6 horas, sabendo que o tempo máximo é de 24 horas para maior eficiência dos tratamentos utilizando a madeira úmida.

4.2 Preparo de solução preservativa

O preparo da solução realizou-se antes do começo dos tratamentos, para evitar perda de umidade das peças recém-abatidas.

A solução química utilizada foi o Borato de Cobre Cromatado, hidrossolúvel, contendo 100% de ingredientes ativos (i.a.). A solução tem coloração vermelho óxido. Após, foi calculado cada elemento principal por sua massa atômica e seu

peso molecular, informados no rótulo de cada produto. O resultado em porcentagem de i.a. segue a formulação:

Sulfato de Cobre	32,83 %
Dicromato de sódio	44,63 %
Ácido bórico	22,54 %

No preparo da solução foi utilizada a concentração de 2,8%, de acordo com a retenção recomendada para cada peça individualmente, para os tratamentos realizados pelo método de substituição de seiva. A retenção considerada foi de 6,5 kilogramas (kg) de i.a. por m³, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 2009), estabelecidas para os tratamentos químicos de peças roliças preservadas de eucalipto, para a aplicação em construção de cercas, currais, estruturas de culturas agrícolas aéreas e outras construções similares.

4.3 Condução dos tratamentos preservativos

Todos os tratamentos estão relacionados na Tabela 2, onde constam informações de tempo decorrido e método por tratamento.

Tabela 2 – Tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos	Método	Tempo
1	Difusão	48h
2	Substituição de Seiva	Indeterminado
3	Difusão + Substituição de Seiva	10h/5dias
4	Difusão + Substituição de Seiva	20h/5dias
5	Difusão + Substituição de Seiva	10h/15dias
6	Difusão + Substituição de Seiva	20h/15dias

O primeiro tratamento a ser conduzido foi o de difusão. Utilizando seis peças de 2 m de comprimento e diferentes diâmetros. A solução preservativa foi preparada

antes do abate das árvores para não ocorrer perda de umidade das peças e otimizar o tempo de tratamento. Foi construída uma caixa de madeira, aproveitando chapas de compensado com 2,20 m de comprimento, 0,50 m de largura e 0,40m de altura. A parte interna foi revestida com lona plástica na cor preta, em 3 camadas, para evitar possíveis vazamentos.

As peças a serem tratadas foram dispostas horizontalmente no interior do reservatório, em seguida, foram transferidos 240 litros da solução de sais hidrossolúveis para seu interior, deixando todas as peças completamente submersas. Utilizaram-se pesos sobre as peças para evitar que as mesmas flutuassem na solução (Figura 2). Após, o reservatório foi coberto com tampa de madeira para evitar a evaporação da solução. As peças foram mantidas por um período de 48 horas, sendo este tempo não suficiente para o equilíbrio osmótico da solução. As peças foram retiradas do reservatório e ficaram empilhadas e cobertas com lona preta por um período de 30 dias.



Figura 2 – Tratamento de Difusão

Fonte: O autor

O segundo tratamento, substituição de seiva, foi realizado em recipiente desenvolvido de acordo com o formato das toras. Canos de policloreto de vinila (PVC) com diâmetro de 200 mm e cortados no comprimento de 1 m, sendo vedada sua base com tampão de PVC. Assim, cada peça foi tratada em recipiente individual permanecendo no reservatório até a absorção total da solução. Foi realizado o

cálculo de volume de madeira para retenção da solução, individualmente, para cada peça. Uma estrutura de madeira foi construída, com telhado para abrigar o experimento, e para ocorrer boa ventilação. As peças ficaram até absorver toda a solução requerida, sendo feita uma medição da altura da solução a cada dia, para realização do cálculo de retenção diária de acordo com as condições climáticas.

O terceiro tratamento foi uma combinação dos dois, começando com o método de difusão, aplicando a metodologia usada na ocasião, mas, adotando um período de submersão de 10 horas no recipiente. Em seguida, ainda mantendo a madeira saturada, as peças foram transferidas para recipientes do método de substituição de seiva, onde permaneceram na posição vertical por cinco dias.

O quarto tratamento segue a mesma metodologia do terceiro tratamento, alterando apenas os tempos de permanência. Neste caso, foram adotados períodos de 20 horas para difusão, e de 5 dias para substituição de seiva.

O quinto tratamento segue as mesmas metodologias anteriores, com tempo de 10 horas de difusão, mas com 15 dias na substituição de seiva.

Sexto e último tratamento também seguiram a metodologia dos métodos combinados, porém, com 20 horas para a difusão, e 15 dias para a substituição de seiva (Figura 3).



Figura 3 – Tratamento de Substituição de Seiva

Fonte: O autor

Em todos os procedimentos em que o tratamento de substituição de seiva foi empregado, mediu-se o volume de absorção diária da solução preservativa. Do segundo ao sexto tratamento, os moirões foram postos para secar a sombra, por 30 dias. Após, retirou-se um disco de cada posição, da base, meio e topo de todos os tratamentos e os moirões, para as determinações de penetração da solução de sais hidrossolúveis (Figura 4).



Figura 4 – Discos das posições base, meio e topo da peça.

Fonte: O autor

4.4 Análise de penetração

Depois do término dos tratamentos, os discos de cada peça tratada, das posições base, meio e topo, foram lixados nas duas faces para melhor análise e precisão de medida. Então, foram marcadas duas linhas no sentido transversal no disco e perpendiculares entre si, passando pelo centro. Assim, foram realizadas quatro medidas com paquímetro digital, a partir dessas medidas calculando-se a média das penetrações. Este procedimento foi realizado em ambos os lados do disco.

As penetrações de boro e cobre, foram determinadas através de reações colorimétricas, de acordo com metodologia descrita por IPT-DIMAD (1980). Para determinação de cobre utilizou-se solução de Cromoazurol-S e acetato de sódio, diluída com água. Uma face do disco foi pulverizada com a solução, revelando a cor azul escura para evidenciar a presença de cobre na superfície da madeira.

A determinação de boro foi realizada na face oposta do disco, sendo necessária a utilização de duas soluções. Primeiramente, uma solução de álcool polivinílico com ácido clorídrico, a qual também foi pulverizada na superfície da madeira. Depois de seca, foi aplicada a segunda solução de iodeto de potássio com iodo metálico, que revelou uma coloração azul clara na presença de boro, e este azul de uma cor mais fraca em relação ao cobre.

As regiões com coloração azulada foram medidas com auxílio de paquímetro digital, sendo feito o registro de profundidade da solução preservativa. Após, realizou-se a avaliação visual da distribuição do preservativo de acordo com a metodologia de Sales-Campos et al. (2003), para a determinação de distribuição da solução preservativa (Figura 5).



Figura 5 – Critérios usados para classificação da distribuição penetração do produto preservativo na madeira

Fonte: SALES-CAMPOS et al. (2003).

4.5 Análise estatística

Os dados relacionados na presente pesquisa foram processados e analisados na forma digital, formando um banco de dados através de programa Excel 2007 e um programa estatístico específico para dados do estudo. O programa utilizado foi *Statgraphics Centurion XV*. II. Quando observado diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* em 5% de probabilidade de erro. A distribuição dos elementos químicos está representada graficamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Absorção do preservativo em relação às condições climáticas

A relação de absorção total de preservativo com as condições de clima no período em que os tratamentos foram realizados é apresentada na Tabela 3. A correlação entre essas duas variáveis foi utilizada apenas para o tratamento de substituição de seiva, não sendo realizada para difusão, sendo assim, na Tabela 3 são apresentados os Tratamentos 2 a 6.

As comparações mostram pouca influência da taxa de absorção total do preservativo em relação às condições climáticas no período que se procedeu todo o estudo (Tabela 3). Verifica-se que não ocorre correlação entre a absorção total e dados de tempo, o que sugere fazer uma análise mais detalhada dos dados.

Tabela 3 – Matriz de Correlação entre absorção total e as condições climáticas durante os tratamentos.

	TSA	T.Max	T.min	Insolação	Umidade	Precipitação
TSA	1					
T.Max	0,167689	1				
T.Min	0,318595	0,742507	1			
Insolação	0,043203	0,333732	-0,1103	1		
Umidade	-0,24241	-0,3714	-0,1608	-0,68794	1	
Precipitação	0,242872	-0,09002	0,080602	-0,30272	0,236718	1

Onde: TSA=Total solução absorvida, T.Max= temperatura máxima, T.min= Temperatura Mínima

A partir disso, foi elaborada uma correlação de cada dia em separado, usando a taxa de absorção diária com as condições climáticas como se apresenta na Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz de correlação entre absorção diária de preservativo e as condições climáticas

Correlação	T.Max	T.min	Insolação	Umidade	Precipitação.
1ºdia abs.	0,461376	0,802329	0,29557429	-0,08456	-0,41771
2ºdia abs.	0,258299	0,778262	0,11282852	0,082679	0
3ºdia abs.	0,466145	-0,35924	0,54673745	-0,00428	-0,29454
4ºdia abs.	-0,31675	-0,24384	0,06847537	-0,50895	-0,38827
5ºdia abs.	-0,49229	-0,37848	0,49344912	-0,22079	0,391989
6ºdia abs.	-0,72343	-0,55591	0,45352975	-0,37551	-0,70558
7ºdia abs.	0,074058	0,144124	0,01032208	0,075913	-0,19379

Onde: abs.=total absorvido no dia, T.Max= temperatura máxima, T.min= Temperatura Mínima

Na Tabela 4 é evidenciada uma correlação alta no 1º e 2º dia de absorção diária do preservativo, com a temperatura mínima. Isto se deve pelo fato da peça de madeira ainda estar úmida, nesta fase é onde ocorre maior perda de água e elevada absorção da quantidade da solução preservativa. A correlação entre absorção diária de preservativo com a precipitação resultou negativa, devido ao fato que, quando ocorreu precipitação, a absorção da solução preservativa resultou menor.

Foi observado por Paes (1991) que moirões tratados nos meses de inverno com baixas temperaturas e umidades relativas altas, ainda obtiveram resultados bons, principalmente, com método de substituição de seiva. Esse autor acredita que os mesmos métodos em condições climáticas de elevada temperatura e baixa umidade do ar teriam melhores resultados.

Em estudos posteriores, Paes et al. (2014), observou as médias de temperatura de 28 Celsius (°C) às 16 horas e temperaturas mais baixas de 21°C às 20 horas, e que o período de maior eficiência era na faixa de 12 às 16 horas, sendo também observado valores baixos de umidade relativa no período da noite, às 20 horas, e de alta umidade relativa no período da manhã às 8 horas.

A temperatura mínima demonstrou-se mais constante que a temperatura máxima durante as horas do dia, e com uma correlação alta e com maior influência no total de solução absorvida nos primeiros dias de tratamento.

5.2 Relação de porcentagem de alburno tratado com alburno tratável

De acordo com a norma da ABNT (2009), a penetração do alburno deve ser total em relação aos elementos de boro e cobre. Os autores Galvão (1968), Herrera (1977) *apud* Modes et al. (2011) fazem uma recomendação, que a penetração dos elementos boro e cobre é satisfatória quando for igual ou superior a 10(mm) em tratamentos não industriais

Na Tabela 5 são apresentadas as médias de espessura de alburno tratável e a porcentagem de alburno tratado por posição.

Tabela 5 – 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.

Posição	Base		Meio		Topo	
	Alburno tratável (base)	Alburno tratado%	Alburno tratável (Meio)	Alburno tratado%	Alburno tratável (topo)	Alburno tratado%
Difusão 48h	31,48	47,36	23,92	22,48	24,24	58,45
Substituição de seiva	26,42	62,26	23,67	23,36	24,56	19,82
Difusão10h/ Substituição de seiva 5 dias	21,95	50,38	19,85	28,86	22,13	30,40
Difusão20h/ Substituição de seiva 5 dias	20,56	72,32	20,56	30,29	21,9	42,37
Difusão10h/ Substituição de seiva 15 dias	22,44	73,57	19,20	33,42	23,96	45,17
Difusão20h/ Substituição de seiva 15 dias	24,49	73,85	23,39	32,10	24,69	60,35

Onde: alburno tratável é milímetros(mm); h= horas.

De acordo com a Tabela 5, as bases das peças foram as posições que obtiveram os maiores valores de alburno tratável, sendo os tratamentos T 4 (combinado 10h/15dias), T 5 (combinado 20h/5dias) e T 6 (combinado 20h/15dias) os quais apresentaram médias próximas. Por outro lado, o T1(difusão) foi o que obteve a menor média de alburno tratável. Provavelmente, por seu pouco tempo de contato com a solução preservativa e a maior quantidade de alburno em relação às outras repetições. Na posição do meio da peça, todos os tratamentos ficaram abaixo dos 50% do alburno tratável, mostrando que nenhum método foi eficaz nesta posição. Já na posição de topo das peças os métodos de T1(difusão) e T 6 (combinado 20h/15dias) mostraram resultados satisfatórios em relação aos demais tratamentos, ficando acima dos 50% de alburno tratável.

Em tratamentos semelhantes Modes et al. (2011) encontrou resultados de 43,83% de alburno tratado em método combinado na posição de 0,60 m em relação à base da peça e 18,83% de alburno tratado na posição de 1,60 m em relação à base.

Em experimento de Paes et al (2001) com método de imersão prolongada com tempo de dois dias com espécie de *Eucalyptus. viminalis* encontrou uma porcentagem média de 6,2% de alburno tratável na região de afloramento que fica próxima a base.

Segundo Haselein et al. (2004) é importante saber a porcentagem de cerne e alburno na madeira para sua utilização, pois com base nessas informações, quanto maior a quantidade de alburno tratável, maior será a permeabilidade para penetração do preservativo. Entretanto, a maior quantidade de cerne aumentará a produção de madeira serrada com uma tonalidade mais homogênea. Uma pequena quantidade de alburno tratável poderá diminuir o uso de madeira serrada nas categorias de uso em contato com o solo, por ter incidência à biodegradação de agentes xilófagos.

Em um estudo com seis espécies de *Eucalyptus*, Oliveira et al. (1999), observou que os *E. grandis*, *E. cloeziana* e *E. pilularis*, apresentaram uma pequena porcentagem de alburno tratável, podendo provocar problemas no uso de madeira serrada, sendo exigido alta eficiência de tratamento contra agentes biodegradadores da madeira.

5.3 Distribuição do preservativo na madeira

As avaliações de distribuição geral do preservativo nas peças são demonstradas, em porcentagem, nas Figuras 6 a 14 de acordo com classificação de (IBDF/LPF 1988; INPA/CPPF, 1991; SALES-CAMPOS et al. 2003).

A Figura 6 mostra que a penetração parcial periférica apresentou a maior parcela dentre os tratamentos seguidos de 8,33% de penetração total. Mostrando que todos os tratamentos foram eficientes em relação à posição da base das peças com relação ao elemento cobre. Na avaliação do elemento boro teve uma penetração parcial mais elevada que a penetração total. Pode-se observar que o cobre teve uma distribuição melhor que o boro na base, devido à maior concentração de cobre na formulação química e sendo a base o local da peça que esteve em maior contato com a solução preservativa.

Paes et al. (2007) observou em seu estudo no período de 9 e 12 dias de experimento que a distribuição do cobre era mais homogênea ao longo da peça. Porém, utilizava concentração de 2% e somente o método de substituição de seiva, e a espécie utilizada era a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.).

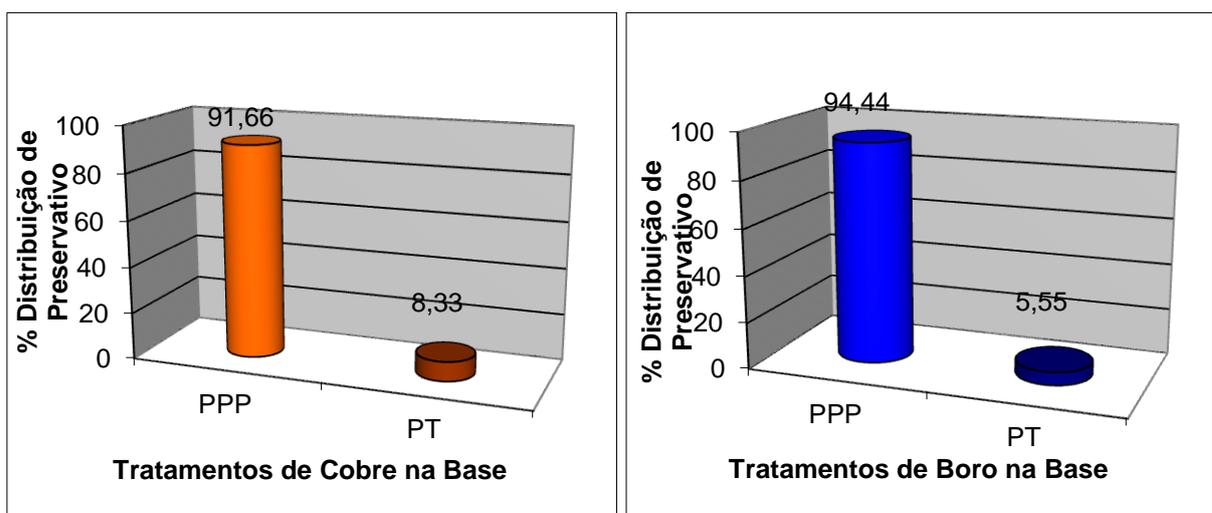


Figura 6 – Avaliação geral da distribuição em porcentagem de cobre e boro em relação à posição da base das peças.

Onde: PPP – penetração parcial periférica e PT – penetração total.

A Figura 7 apresenta a distribuição da penetração de cobre e boro na posição do meio da peça, sendo que ocorreram três formas diferentes de distribuição. Mostrando que os métodos, na posição do meio das peças foram mais desuniformes e pouco eficientes, devido à presença de uma penetração vascular indicando a dificuldade de distribuição do elemento cobre. No elemento boro é demonstrado que ele se locomoveu de forma diferente do cobre, mostrando-se mais eficiente na sua forma de distribuição, apresentando maior penetração parcial periférica (PPP), e não ocorrendo nenhuma penetração vascular do elemento boro. Isto é, pelo fato do elemento boro ter maior mobilidade e maior lixiviação que o elemento cobre, saindo de zonas químicas mais concentradas para zonas químicas de menor concentração, com maior facilidade.

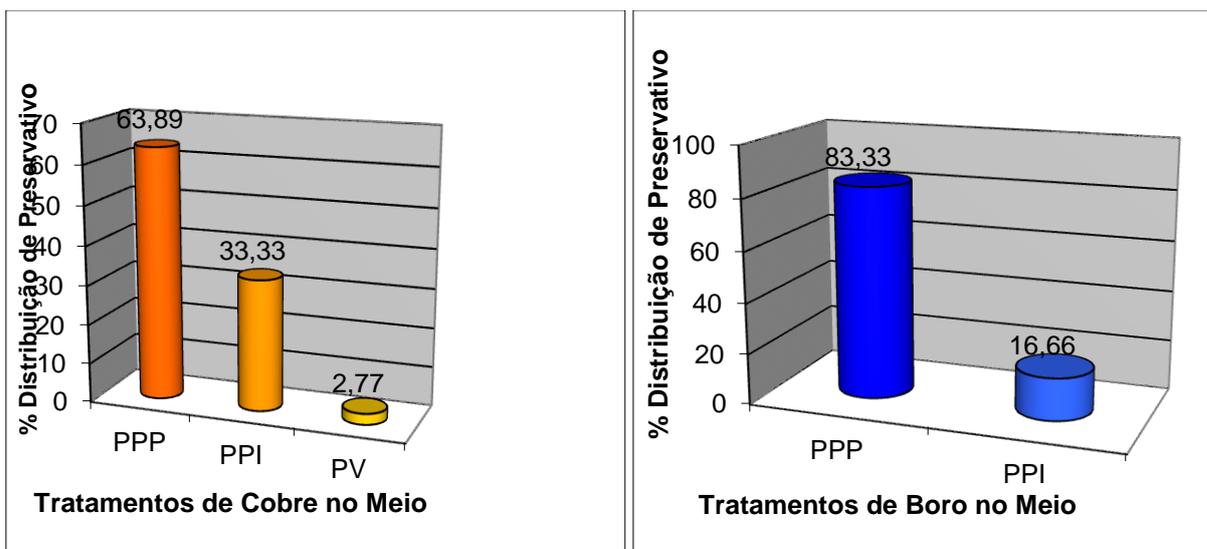


Figura 7 – Avaliação geral da penetração de cobre e boro em relação à posição do meio da peça.

Onde: PV - penetração vascular, PPI – penetração parcial irregular e PPP – penetração parcial periférica

Como se observa na Figura 8, na posição do topo da peça a distribuição da penetração do elemento cobre foi semelhante à posição do meio, mas, com maior penetração parcial periférica. É evidenciada a distribuição do elemento boro que se comportou de forma semelhante ao elemento cobre na posição do topo, porém a

distribuição do elemento boro teve maior eficiência que o cobre na posição do topo. As penetrações vasculares são em decorrência ao tratamento 2, que utiliza apenas o método de substituição de seiva. Mostrando a dificuldade que a mobilidade e a forma de distribuição do elemento cobre têm para chegar ao topo da peça.

Nos demais tratamentos a posição topo estava em contato durante algum momento com a solução preservativa, devido aos tratamentos combinados conterem o método de difusão. Sendo assim, proporcionou uma melhor distribuição do elemento cobre no topo da peça, do que no tratamento em que apenas o método de substituição de seiva é realizado. Isto evidencia a maior mobilidade e distribuição do elemento boro, que não obteve nenhuma penetração vascular na posição topo da peça.

Paes et al. (2007) notou que distribuição do boro foi satisfatória nos moirões nos períodos de 9,12 e 15 dias. Mas, também observou que a distribuição dos elementos químicos não foi homogênea para os outros períodos utilizados nos tratamentos.

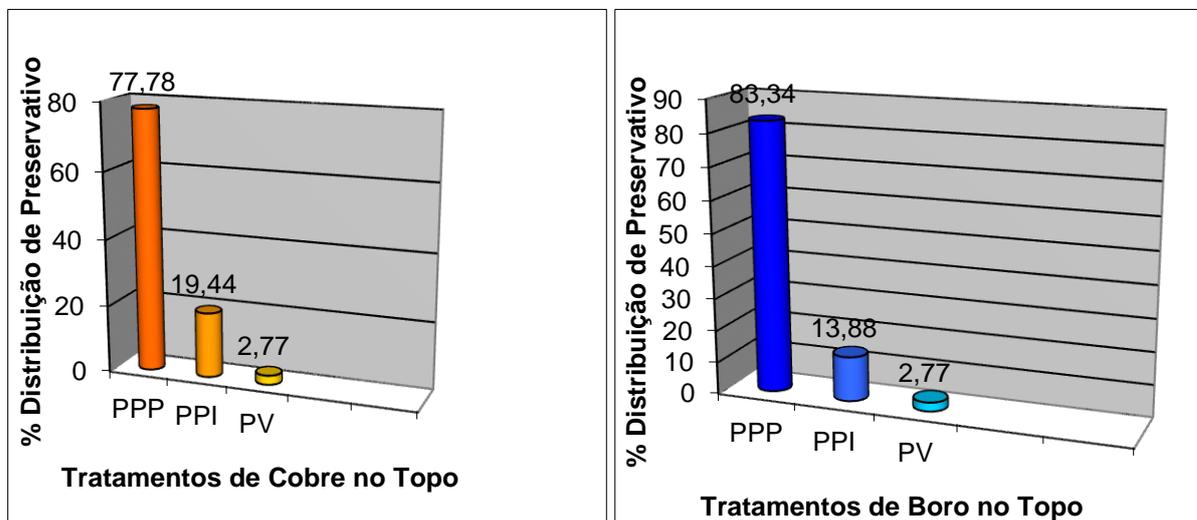


Figura 8 – Avaliação geral da penetração de cobre e boro em relação à posição do topo da peça.

Onde: PV - penetração vascular, PPI – penetração parcial irregular e PPP – penetração parcial periférica

De acordo com as figuras 6 a 8, mostra-se que o elemento boro nas peças teve melhor distribuição em relação ao elemento cobre. Em geral, a maioria das distribuições foi de penetração parcial periférica, seguida por penetrações parcial irregulares, apresentando pequenas quantidades de penetrações totais e penetrações vasculares. Pode-se observar que ocorreram diversas variações de distribuição na posição do meio da peça, devido à ineficiência dos métodos nesta posição. Uma causa possível desse fato é devido ao potencial químico de zonas de alta concentração como a base e topo da peça, onde íons migram para zonas de menor concentração, localizada na posição meio da peça, devido ao método de difusão. As posições que tiveram maior contato direto com a solução preservativa, obtiveram as melhores distribuições.

As figuras 9 a 14 são referentes aos tratamentos isoladamente, e como a distribuição de cada um se comporta diante dos elementos boro e cobre em relação a cada posição da peça dos moirões tratados.

A Figura 9 aborda a distribuição da penetração de cobre na posição da base da peça, revelando que os tratamentos tiveram eficiências satisfatórias. Os tratamentos de difusão e tratamento 5 (combinado de 10h/15dias) mostraram distribuições de penetração total igualando-se as distribuições de métodos industriais com autoclaves que utilizam pressão.

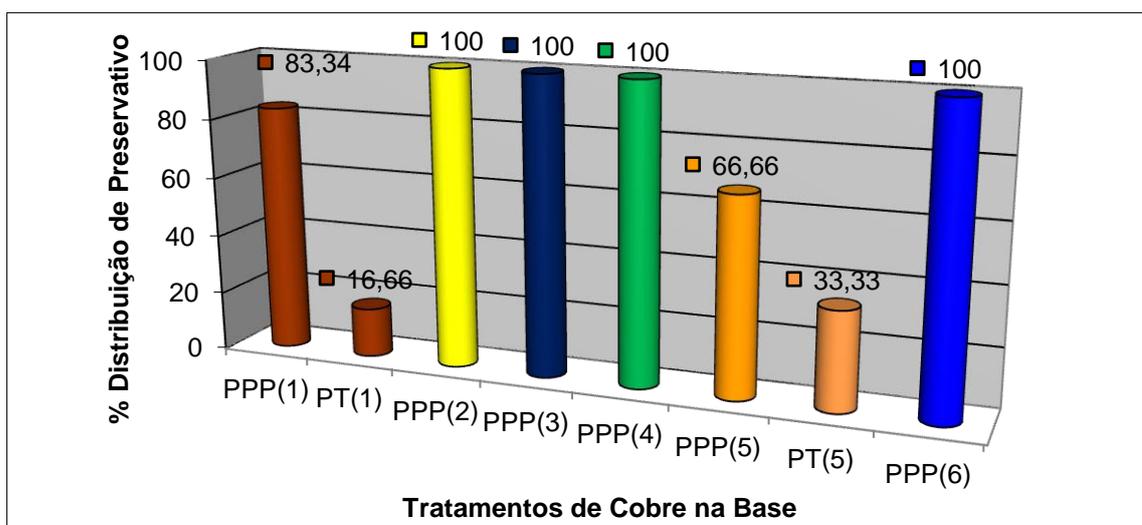


Figura 9 – Avaliação por tratamento da penetração de cobre em relação à posição da base da peça

Onde: PPP – penetração parcial periférica; PT – penetração total. Sendo Tratamento 1 (difusão), Tratamento 2 (substituição de seiva), Tratamento 3 (combinado 10h/5dias), Tratamento 4 (combinado 10h/15dias), Tratamento 5 (combinado 20h/5dias), Tratamento 6 (combinado 20h/15dias)

Na Figura 10, a distribuição do elemento boro na posição da base da peça comportou-se de forma semelhante ao elemento cobre. Apenas no tratamento 5 (combinado 10h/15dias) ocorreu menor penetração total(PT) do elemento boro em relação ao cobre .

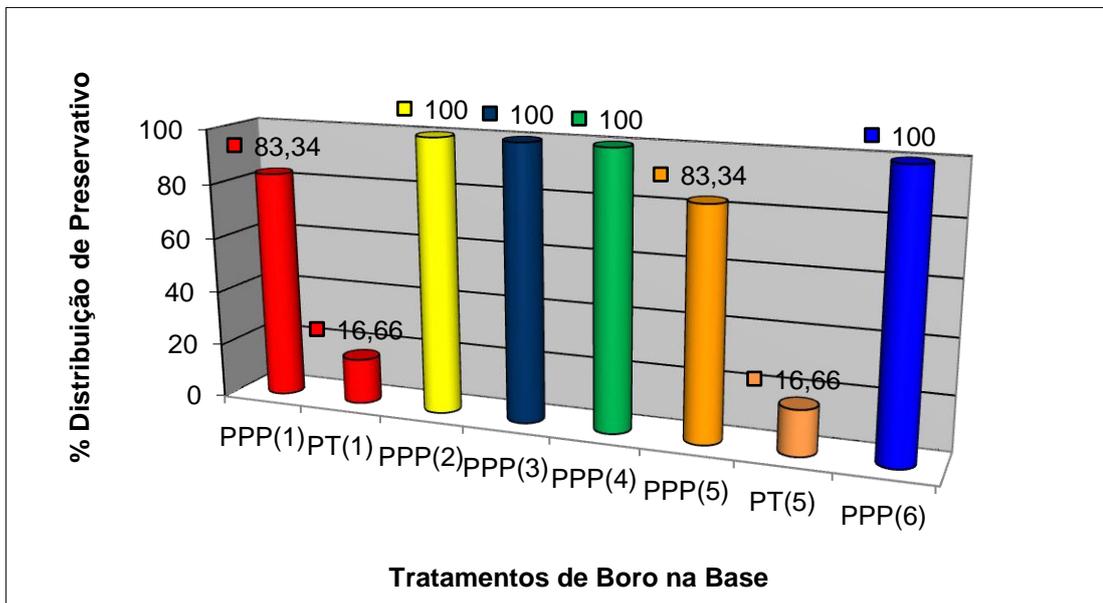


Figura 10 – Avaliação por tratamento da penetração de boro em relação à posição da base da peça

Onde: PPP – penetração parcial periférica e PT – penetração total. Sendo Tratamento 1 (difusão), Tratamento 2 (substituição de seiva), Tratamento 3 (combinado 10h/5dias), Tratamento 4 (combinado 10h/15dias), Tratamento 5 (combinado 20h/5dias), Tratamento 6 (combinado 20h/15dias)

Já na Figura 11, o tratamento 5 (combinado 10h/15dias) e o tratamento 6 (combinado 20h/15dias) obtiveram os melhores resultados em relação aos tratamento 1 (difusão), tratamento 2 (substituição de seiva) na sua forma de distribuição.

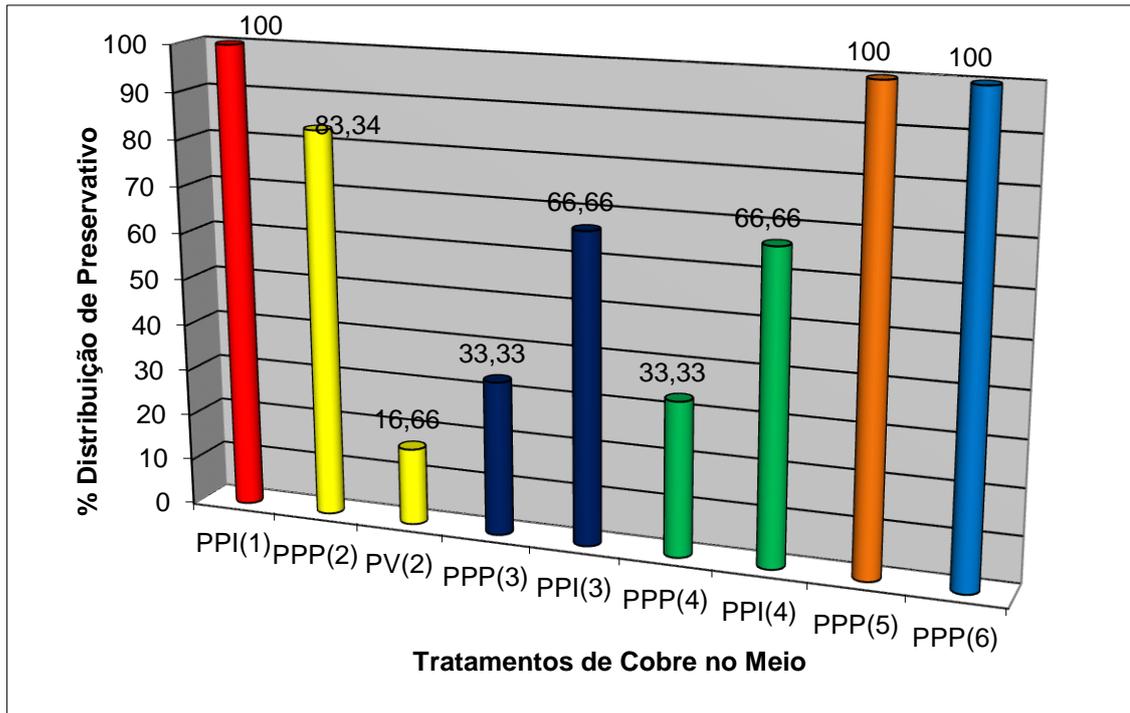


Figura 11 – Avaliação por tratamento da penetração de cobre em relação à posição do meio da peça.

Onde: PV - penetração vascular, PPI – penetração parcial irregular e PPP – penetração parcial periférica. Sendo Tratamento 1 (difusão), Tratamento 2 (substituição de seiva), Tratamento 3 (combinado 10h/5dias), Tratamento 4 (combinado 10h/15dias), Tratamento 5 (combinado 20h/5dias), Tratamento 6 (combinado 20h/15dias)

De acordo com a Figura 12, o elemento boro comportou-se de maneira diferente que o cobre, apresentando resultados melhores dentre os tratamentos, mostrando que sua forma de distribuição e sua mobilidade são elevadas quando comparadas com o cobre.

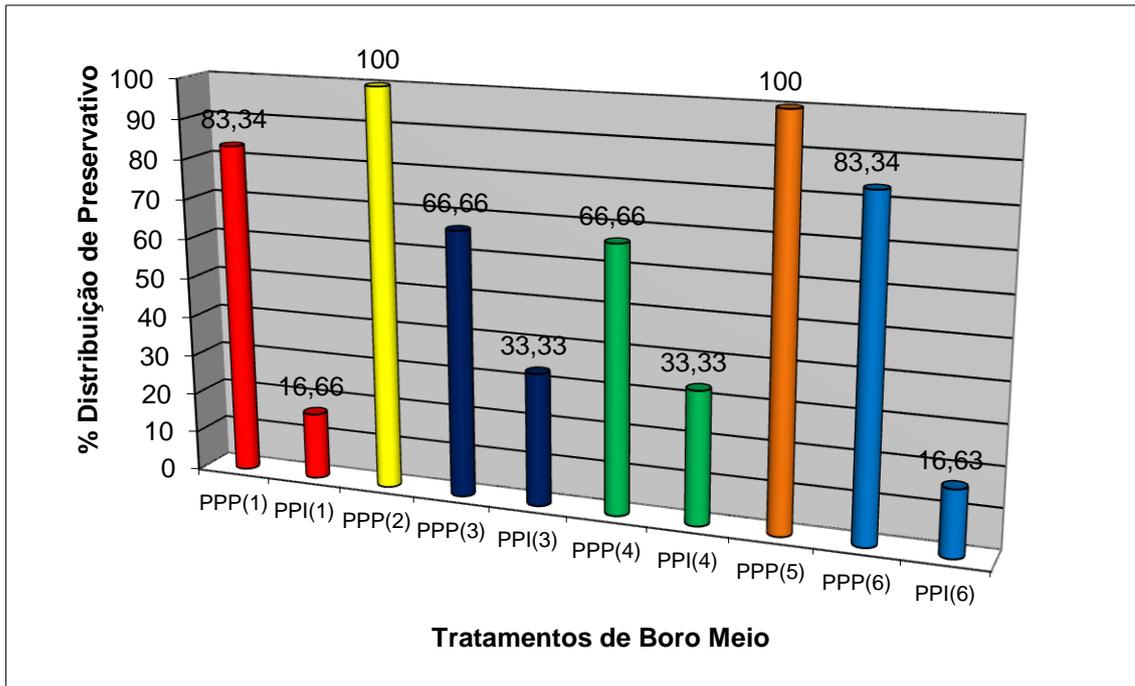


Figura12 – Avaliação por tratamento da penetração de boro em relação à posição do meio da peça.

Onde: PPI – penetração parcial irregular e PPP – penetração parcial periférica Sendo Tratamento 1 (difusão), Tratamento 2 (substituição de seiva), Tratamento 3 (combinado 10h/5dias), Tratamento 4 (combinado 10h/15dias), Tratamento 5 (combinado 20h/5dias), Tratamento 6 (combinado 20h/15dias)

Como observado na Figura 13, o tratamento 1 (difusão), tratamento 3 (combinado 10h/5dias e tratamento 5 (combinado 10h/15dias) foram os que tiveram melhores resultados, o tratamento que apresentou a mais baixa distribuição da penetração de cobre foi o tratamento 2 (substituição de seiva). Ele se difere dos demais tratamentos porque o topo de sua peça não esteve em contato direto com a solução preservativa, já todos os demais tratamentos tiveram este contato em algum momento durante o tratamento.

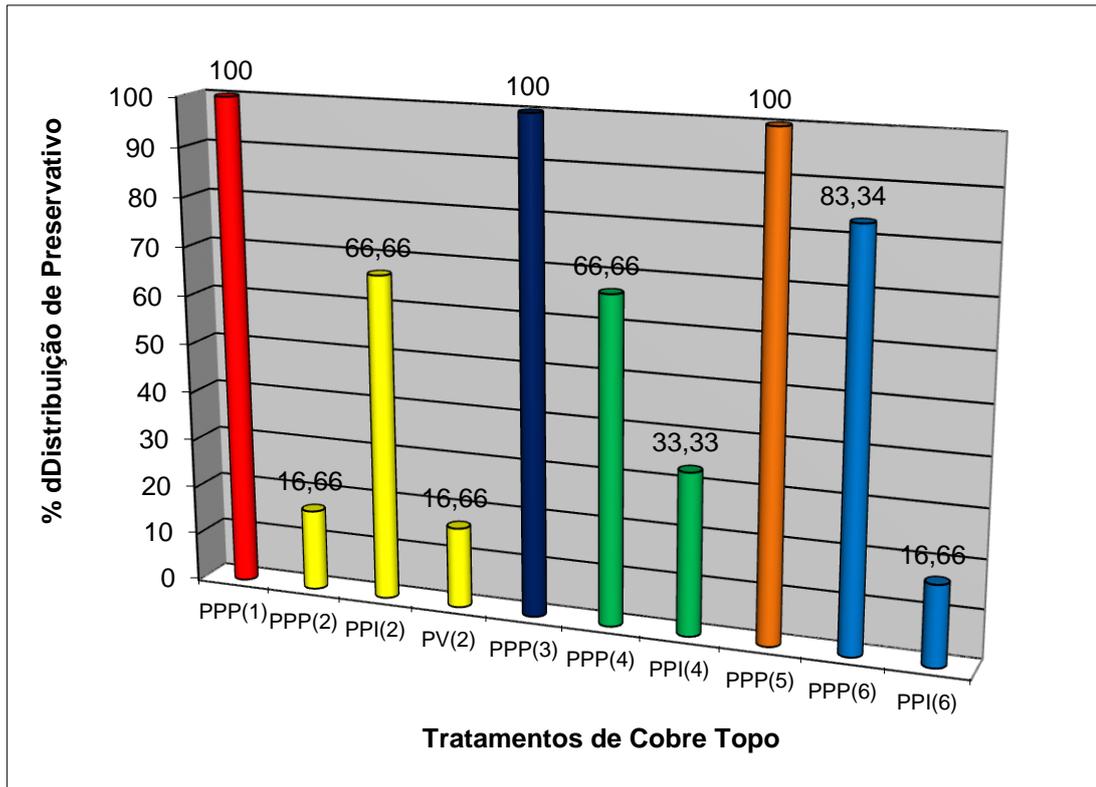


Figura13 – Avaliação por tratamento da penetração de cobre em relação à posição do topo da peça.

Onde: PV - penetração vascular, PPI – penetração parcial irregular e PPP – penetração parcial periférica. Sendo Tratamento 1 (difusão), Tratamento 2 (substituição de seiva), Tratamento 3 (combinado 10h/5dias), Tratamento 4 (combinado 10h/15dias), Tratamento 5 (combinado 20h/5dias), Tratamento 6 (combinado 20h/15dias).

A Figura 14 da distribuição da penetração de boro apresenta alguns resultados semelhantes ao elemento cobre, mas melhorando alguns resultados no tratamento 2 (substituição de seiva) e tratamento 4 (combinado 20h/5dias). Porém, quando comparado ao tratamento 6 (combinado 20h/15dias) ocorreu um decréscimo do boro em relação a cobre.

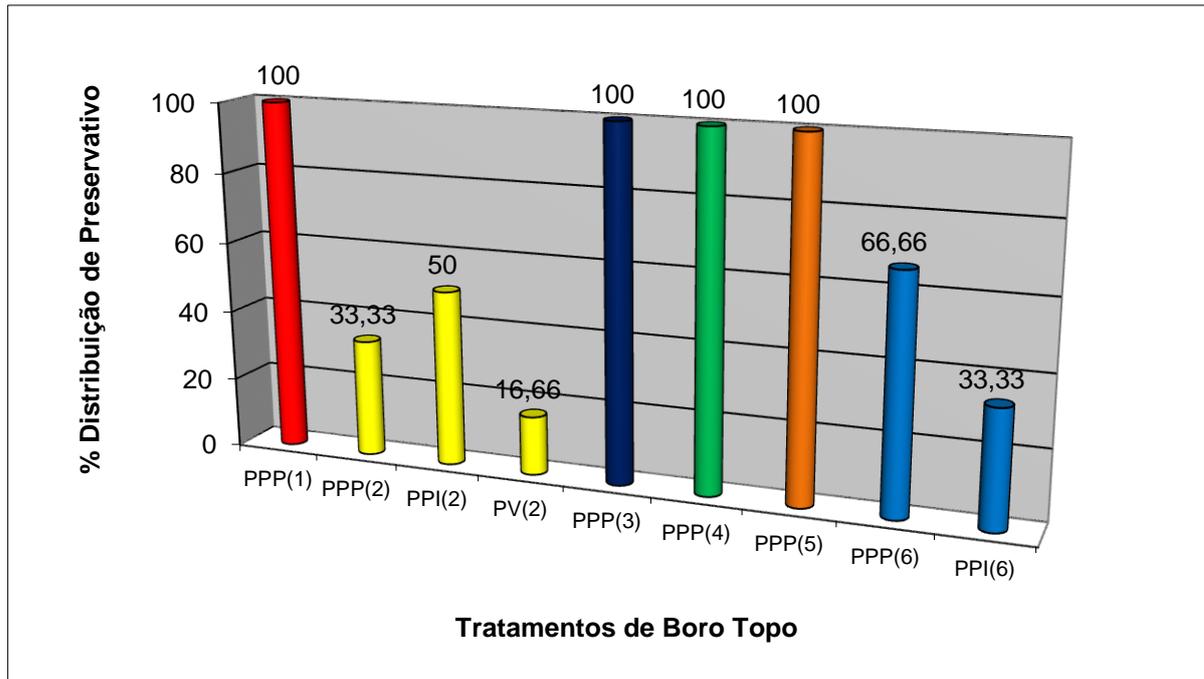


Figura14 – Avaliação por tratamento da penetração de boro em relação à posição do topo da peça.

Onde: PV - penetração vascular, PPI – penetração parcial irregular e PPP – penetração parcial periférica. Sendo Tratamento 1 (difusão), Tratamento 2 (substituição de seiva), Tratamento 3 (combinado 10h/5dias), Tratamento 4 (combinado 10h/15dias), Tratamento 5 (combinado 20h/5dias), Tratamento 6 (combinado 20h/15dias)

As avaliações de distribuição do preservativo são importantes para saber como o mesmo se comporta na espécie estudada. Saber o seu desempenho em diferentes posições é uma forma de avaliar como o método utilizado se comporta dentro do moirão tratado e a forma de como se distribui cada elemento da solução preservativa.

Sales-Campos, et al. (2003), relatou em seu experimento realizado com método de célula cheia (Bethell) com a espécie de madeira *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae (pau-rainha) obteve avaliação de distribuição dos preservativos em todas as posições (base, meio e topo) com penetração periférica parcial.

Paes (1991) ao comparar a distribuição de preservativos com duas espécies relatou que a distribuição do cobre aconteceu de forma mais homogênea para a espécie Bracatinga. Mas, na espécie de eucalipto a distribuição foi mais satisfatória nas posições de 40 centímetros (cm) e 60 cm da base, sendo que essas áreas possuem grande importância por se tratarem da região de afloramento, locais reconhecidamente mais propensos ao ataque de organismos degradadores.

5.4 Avaliação de penetração do produto preservativo

A penetração média de cobre e boro por posição na peça é apresentada na Tabela 6. Observa-se que não houve interação entre os fatores do bifatorial (6x3) Fator A tipo de tratamento e Fator B – Posição, para nenhum elemento químico. Como não houve interação, realizou-se o teste de média para cada um dos fatores separadamente.

Tabela 6 – Comparações entre as médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) de cobre e boro nos moirões de *Eucalyptus grandis*.

Penetração (mm) de cobre por posição	
Posição	Médias
Meio	4,23 a
Topo	8,90 b
Base	16,16 c

Penetração (mm) de boro por posição	
Posição	Médias
Meio	6,13 a
Topo	9,57 b
Base	14,48 c

Onde: As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey $p > 0,05$).

Como se observa na Tabela 7, todos os tratamentos da penetração do cobre alcançaram a penetração requerida de 10(mm). Ocorreu uma única diferença estatística entre tratamento 6 (combinado 20h/15dias) e tratamento 3 (combinado 10h/5dias). O elemento cobre teve alta penetração na base da peça com os tratamentos que tinham tempos mais elevados em sua metodologia e também na posição base, pois esteve em maior contato com a solução em todos os tratamentos realizados.

Tabela 7 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do cobre nos moirões de *Eucalyptus grandis* na posição da base da peça.

Tipos de tratamentos	Médias
Tratamento 3 (combinado 10h/5dias)	11,06 a
Tratamento 4 (combinado 20h/5dias)	14,87 ab
Tratamento 1 (difusão)	14,91 ab
Tratamento 2 (substituição de seiva)	16,45 ab
Tratamento 5 (combinado 10h/15dias)	16,51 ab
Tratamento 6 (combinado 20h/15dias)	18,09 b

Onde: As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey $p > 0,05$).

De acordo com a Tabela 8, os únicos tratamentos que diferiram estatisticamente foram os do tratamento 6 (combinado 20h/15dias) e do tratamento 3 (combinado 10h/5dias). Todos os tratamentos alcançaram a penetração requerida na base de 10(mm). Foi observado que o elemento cobre teve maiores médias de penetração na posição da base em todos seus tratamentos comparados com a penetração de boro, devido a sua maior concentração na fórmula química utilizada e, por esta posição da peça ficar sempre em contato com a solução preservativa durante todo o tratamento.

O método combinado (40h/20dias) de Modes, et al. (2011), revelou penetrações 13,30(mm), em substituição de seiva 12,06(mm) e difusão 1,84 na posição 0,60 m em relação à base da peça, suas médias foram bem inferiores quando comparadas ao referente estudo.

Tabela 8 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do boro nos moirões de *Eucalyptus grandis* na posição da base da peça.

Tipos de tratamentos	Médias
Tratamento 3 (combinado 10h/5dias)	10,05 a
Tratamento 4 (combinado 20h/5dias)	13,92 ab
Tratamento 1 (difusão)	14,26 ab
Tratamento 2 (substituição de seiva)	15,27 ab
Tratamento 5 (combinado 10h/15dias)	15,35 ab
Tratamento 6 (combinado 20h/15dias)	17,97 b

Onde: As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey $p > 0,05$).

Em relação à Tabela 9, nenhum dos tratamentos avaliados alcançou a penetração requerida de 10(mm). O tratamento 1 (difusão) tem diferença significativa, estatisticamente, com os demais tratamentos. O tratamento 2 (substituição de seiva) e tratamento 3 (combinado 10h/5dias) também se diferenciam estatisticamente do tratamento 4 (combinado 20h/5dias), do tratamento 5 (combinado 10h/15dias) e do tratamento 6 (combinado 20h/15dias). Mostrando a dificuldade de mobilidade do elemento cobre em relação aos métodos utilizados nos tratamentos para alcançarem a posição meio da peça.

Paes et al. (2014) em sua pesquisa com as madeiras de leucena e algaroba utilizando o método de substituição de seiva e inversão das peças na metade do tratamento, também observou que o elemento cobre não obteve a penetração requerida (10 mm) nas posições meio da peça (0,50m; 1m;1,5m) em relação a base do moirão, e nem para a posição de topo (1,90m) em relação a base do moirão, em nenhum de seus tratamentos o elemento cobre foi eficiente para as penetrações que se desejava alcançar.

Tabela 9 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do cobre nos moirões de *Eucalyptus grandis* na posição do meio da peça.

Tipos de tratamentos	Médias
Tratamento 1 (difusão)	1,64 a
Tratamento 2 (substituição de seiva)	3,97 b
Tratamento 3 (combinado 10h/5dias)	4,00 b
Tratamento 4 (combinado 20h/5dias)	4,85 bc
Tratamento 5 (combinado 10h/15dias)	4,93 bc
Tratamento 6 (combinado 20h/15dias)	5,99 c

Onde: As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey $p > 0,05$).

Na Tabela 10, para penetração do boro na posição do meio da peça, o tratamento 1 (difusão), o tratamento 2 (substituição de seiva) e o tratamento 3 (combinado 10h/5dias) mostraram uma diferença significativa em relação ao tratamento 6 (combinado 20h/15dias). Novamente nenhum tratamento alcançou a retenção requerida de 10(mm), mas, o elemento boro mostrou ter maior mobilidade

em relação ao elemento cobre, em todos os tratamentos quando comparado às médias dos tratamentos na Tabela 9 na posição do meio da peça.

Tabela 10 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do boro nos moirões de *Eucalyptus grandis* na posição meio da peça.

Tipos de tratamentos	Médias
Tratamento 1 (difusão)	5,38 a
Tratamento 2 (substituição de seiva)	5,53 a
Tratamento 3 (combinado 10h/5dias)	5,73 a
Tratamento 4 (combinado 20h/5dias)	6,23 ab
Tratamento 5 (combinado 10h/15dias)	6,42 ab
Tratamento 6 (combinado 20h/15dias)	7,51 b

Onde: As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey $p > 0,05$).

Na tabela 11, o tratamento 2 (substituição de seiva) diferenciou-se significativamente dos demais tratamentos. Os tratamentos 3 (combinado 10h/5dias) e 4 (combinado 20h/5dias) diferiram dos tratamentos 5 (combinado 20h/5dias), tratamento 6 (combinado 20h/15dias) e tratamento 1 (difusão). Além disso, o tratamento 5 (combinado 10h/15dias) se diferenciou significativamente do tratamento 1 (difusão). Essa diferença entre as médias se deu pelo tempo que a posição do topo da peça ficou em contato com a solução preservativa. Uma vez que, no tratamento 2 o método utilizado foi substituição de seiva, sendo assim, seu topo não entrou em contato direto com solução química, por isso, seu resultado apresentou a menor média entre os tratamentos. O tratamento 1 que utilizou o método de difusão foi onde a peça na posição topo ficou mais tempo em contato com a solução química.

Tabela 11 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do cobre nos moirões de *Eucalyptus grandis* na posição topo da peça.

Tipos de tratamentos	Médias
Tratamento 2 (substituição de seiva)	2,91 a
Tratamento 3 (combinado 10h/5dias)	6,50 b
Tratamento 4 (combinado 20h/5dias)	6,57 b
Tratamento 5 (combinado 10h/15dias)	10,74 c
Tratamento 6 (combinado 20h/15dias)	12,49 cd
Tratamento 1 (difusão)	14,17 d

Onde: As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey $p > 0,05$).

Na Tabela 12, da penetração de boro na posição do topo da peça, as diferenças significativas seguem as mesmas da Tabela 11 da penetração do cobre na posição topo da peça. A grande maioria das médias de boro foi superior às médias de cobre, mostrando que a mobilidade do boro apresenta-se um pouco mais elevada que a do cobre.

Em experimento de Paes, et al. (2005) com espécie de *Eucalyptus viminalis* com tratamento de substituição de seiva, a penetração do cobre aos 8 dias de tratamento foi suficiente para região de afloramento obter proteção adequada, já o boro apresentou penetração satisfatória ao 5º dia de tratamento, e uma penetração adequada ao 8º dia de tratamento com contrações de 3,5 e 5% da solução preservativa, mostrando assim que a concentração de produto químico e o fator tempo de tratamento são importantes para se obter resultados significativos.

Tabela 12 – Comparações entre médias, pelo teste de Tukey (5%), para a penetração (mm) do boro nos moirões de *Eucalyptus grandis* na posição topo da peça.

Tipos de tratamentos	Médias
Tratamento 2 (substituição de seiva)	4,87 a
Tratamento 3 (combinado 10h/5dias)	6,73 ab
Tratamento 4 (combinado 20h/5dias)	9,28 bc
Tratamento 5 (combinado 10h/15dias)	11,28 cd
Tratamento 6 (combinado 20h/15dias)	11,73 cd
Tratamento 1 (difusão)	14,07 d

Onde: As médias seguidas por uma mesma letra não diferem estatisticamente (Tukey $p > 0,05$).

Torres, et al. (2011) relata que, em sua pesquisa, para homogeneizar a posição do topo da peça adotou a metodologia de inversão da peça no meio do tratamento, para proporcionar uma maior penetração de boro e de cobre, obtendo resultados satisfatórios acima dos 10(mm).

De acordo com Farias-Sobrinho, et al. (2005) a penetração de uma solução preservativa é definida pela espessura de sua camada tóxica, o que a torna dependente das formas de como vai ser empregada na madeira e também das características anatômicas das espécies tratadas, dependendo ainda do tipo de preservante utilizado.

Sendo determinado por vários autores, que a boa penetração seja igual ou superior a 10 (mm) de profundidade, e dependendo do tipo de preservativo, as mobilidades entre os elementos fungicidas e inseticidas se dão de forma diferente. As escolhas das espécies são importantes, devido a sua anatomia e permeabilidade, para que o preservativo tenha uma boa eficiência ao longo da peça tratada.

6 CONCLUSÕES

Nos primeiros dias de tratamento observou-se uma boa correlação entre a absorção total de preservativo e temperatura ambiental mínima e uma correlação inversa com a precipitação.

A percentagem de madeira tratada de alburno de *Eucalyptus grandis* indica que todos os métodos, conferem penetração suficiente para uso das peças em contato com o solo.

Os tratamentos com sais hidrossolúveis evidenciaram melhor distribuição de cobre na base da peça, e o boro distribuiu-se melhor no meio e topo da peça, evidenciando uma maior mobilidade.

Os tratamentos combinados de 10 horas/15 dias e 20 horas/15 dias obtiveram melhores resultados na distribuição do preservativo ao longo da peça.

Todos os tratamentos tiveram penetração satisfatória para métodos não industriais de 10(mm) na posição da base para elementos boro e cobre. Nenhum tratamento atingiu a penetração necessária na posição do meio da peça. Apenas os tratamentos combinados de 10 horas/15 dias, 20 horas/15 dias e difusão atingiram penetração satisfatória na posição de topo da peça, para ambos os elementos químicos.

Para tratamentos utilizados neste experimento são feitas as seguintes recomendações:

Utilizar concentrações maiores de solução preservativa.

Nos métodos combinados recomenda-se testar novas espécies de árvores exóticas para fins de comprovação da eficiência dos métodos.

No método de difusão simples deverá ser de tempos maiores que 48 horas para obter penetrações maiores em todas as posições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 142 p.

AMARAL, L. S. **Penetração e retenção do preservante em *Eucalyptus* com diferentes diâmetros**. 2012. 82p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR.16.143** : Preservação de madeiras — Sistema de categorias de uso. Rio de Janeiro. 2013. 19p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9480**: Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais. Requisitos. Rio de Janeiro; 2009.12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRESERVADORES DE MADEIRA. (ABPM) **Preservação: durabilidade e qualidade na madeira**; publicação comemorativa aos 25 anos da ABPM. São Paulo, 1993. 26p.

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

BIGELOW, J. J. et al. (2007). Field evaluation of timber preservation treatments for highway applications. **Center for Transportation Research and Education**. Ames: Iowa State University. Disponível em: <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2007/fpl_2007_bigelow001.pdf>. Acesso em: 17 out. 2013.

CALIL JÚNIOR, C. O potencial do uso de madeira de *Pinus* na construção civil. **Revista Técnica**, São Paulo. n. 60, p. 44-48, 2002.

CAVALCANTE, M. S.; COCKCROFT, R. **Wood preservation in Brazil**. Stockholm: Swedish National Board for Technical Development, 1984. 68p. (information, 445).

COSTA, A. F. **Como preservar a madeira no meio rural**. Brasília: UNB, 2003. 24 p. (Comunicações Técnicas Florestais).

COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CORADIN, V. T. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLOGUERREIRO, S. M. (Eds.). **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. cap. 5, p. 129-154.

FARIAS SOBRINHO, D. W. **Viabilidade técnica e econômica do tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.), pelo método de substituição da seiva**. 2003. 52p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.

FARIAS SOBRINHO, D. W.; PAES, J. B.; FURTADO, D. A. Tratamento(preservativo da madeira de algaroba *Prosopis juliflora* (Sw) D.C.), pelo método de substituição de seiva. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 225-236, 2005.

FINGER, C. A. Produção de Florestas *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN em Segunda Rotação, Conduzidas Com Um Broto Por Touça e Submetidas a Interplântio . **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 185-201, 1993.

FURTADO, E. L.; Microrganismos manchadores da madeira. In: Simpósio do Cone Sul, Manejo de Pragas e Doenças de Pinus. **Anais**. Série técnica IPEF, v. 13, n. 33. p. 91-96, 2000.

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 p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1968.

GALVÃO, A. P. M. **Processos práticos para preservar a madeira**. Embrapa Florestas. Documentos 96, Colombo, PR 2004. 49 p.

GEISSE, M. E. Tratamento de madeira de reflorestamento em autoclave. **Revista da Madeira**, n. 100, p. 96-99, nov. 2006.

GONÇALEZ, J. C. Características Tecnológicas das Madeiras de *Eucalyptus Grandis* W. Hill Ex Maiden e *Eucalyptus Cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 003, Santa Maria - RS: UFSM, 2006, p. 329-341.

HASELEIN, C. R.; LOPES, M. C.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 145-155, Santa Maria - RS, 2004.

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL / LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS – IBDF/LPF. **Madeiras da Amazônia, Características e utilização**. Estação Experimental de Curuá-Una, v. 2, p. 30-32, 1988.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA / CENTRO DE PESQUISA DE PRODUTOS FLORESTAIS – INPA/CPPF. **Catálogo de madeiras da Amazônia: características tecnológicas; área da hidrelétrica de Balbina**. Manaus: 1991. 163 p.

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. 1980.

IPT - **Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil**. SVMA Public 2980. São Paulo, 2003.

JANKOWSKY, P. I.; Melhorando a qualidade e a durabilidade das madeiras através do tratamento preservativo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., Curitiba, 1993. **Anais**. São Paulo: SBS; SBEF, 1993. v. 3, p. 304-306.

JESUS, R. M.; VITAL, B. R. Comparação entre densidade de matrizes e de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 82-90, 1986.

JONHSON, W. S.; SEYBOLD, S. J.; GRAHAM, K. G. **Preservative - treated wood in the landscape**. Reno: University Nevada, Cooperative Extension, 1988, 4p.(Fact sheet FS-98-29).

LEPAGE, E.S. Moq® 0x 50 (CC B-O) – preservativo sustentável com longo histórico de eficiência. **Revista Referência**, p. 80-83. 2010.

LEPAGE, E. S. **Preservativos e sistemas preservativos**. Manual de preservação de madeiras, São Paulo: IPT, vol. I, 279-342, 1986.

MAGALHÃES, W. L. E.; PEREIRA, J. C. D. **Método de substituição de seiva para preservação de mourões**. Comunicado Técnico Colombo, PR Dezembro, 2003.

MENDES, A. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF/LPF, 1988. 57 p.

MODES, K. S.; BELTRAME, R.; VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; SOUZA, J. T. Combinação de dois métodos não industriais no tratamento preservativo de mourões de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**. v. 21 p. 579-589, 2011.

MORAIS, M. A. F. D. **A indústria da madeira preservada no Brasil**: Um estudo de sua organização industrial. 1996, 173p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

MORESCHI, J. C. **Produtos preservantes de madeira**. Curitiba, 2005. Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, BR-PR, 2005. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/ceim/index.php?option=com_content&view=article&id=37&catid=28>. Acesso em 29 de novembro de 2013.

OLIVEIRA, J. I. S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para construção civil: 1- avaliação dendométrica das árvores. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 113-124, 1999.

OLIVEIRA, L. S.; BEBER, L.; NASCIMENTO, M. S. **Análise de extrativos, fenóis totais e lignina em madeiras**. RESUMO I, CNNQ de 1986.

PAES, J. B.; GUEDES, R. S.; LIMA, C. R.; CUNHA, M. C. L. Tratamento preservativo de peças roliças de leucena (*Leucaena Leucocephala* (Lam.) De Wit.) pelo método de substituição da seiva. **Revista de Ciências Agrárias** n. 47, p. 231-246. 2007.

PAES, J. B.; LOPES, D. J. V.; GONÇALVES, F. G.; BRITO, F. M. S.; LOMBARDI, L. R. Efeito da Concentração na Ascensão de Soluções Preservativas Preparadas com CCB em Mourões de *Eucalyptus*. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, vol. 21, n. 3, 2014.

PAES, J. B.; MORESCHI, J. C.; LELLES, J. G. 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.; MORESCHI, J. C.; LELLES, J. G. 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 moldes de Bracinga (*Mimosa Scabrella* Benth.), por meio de métodos simples, e comparações de sua tratabilidade com a do *Eucalyptus viminalis* Lab.** 159p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná. Curitiba 1991.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil.** Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PINHEIRO, R. V. **Influência da preservação contra a demanda biológica em propriedades de resistência e de elasticidade da madeira.** 162p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos. 2001.

RAVASI, R.; LILGE, D. S. Métodos Industriais de Preservação da Madeira. In: IV Salão internacional de ensino pesquisa e extensão. 2012, Bagé. **Anais**, Bagé - RS. 2012a.

RAVASI, R.; LILGE, D. S. Métodos não industriais de tratamento da madeira. In: 27ª Jornada Acadêmica Integrada, 2012, Santa Maria. **Anais** do 27ª Jornada Acadêmica Integrada, 2012b.

ROCHA, M. P. **Biodegradação e Preservação da Madeira.** Fupef – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Série Didática 01/01. Curitiba, 2001. 94p.

SANTINI, E. J. **Biodeterioração e preservação da madeira.** Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1988. 17, 125p.

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**, v. 27, n. 6, p. 845-853, 2003.

SIAU, J. F. **Flow in Wood**. Syracuse: Syracuse University, 1971. 131p.

SILVA, J. C. Madeira preservada e seus conceitos. **Remade**: Revista da Madeira, n. 103. Curitiba, 2007.

SILVA, J. O.; PASTORE, T. C. M.; PASTORE, F. J. Resistência ao intemperismo artificial de cinco madeiras tropicais e de dois produtos de acabamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 17-23, 2004.

TORRES, P. M. A.; PAES, J. B.; LIRA FILHO, J. A.; NASCIMENTO, J. W. B. Tratamento preservativo da madeira juvenil de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh pelo método de substituição de seiva. **Revista Cerne**, v. 17, n. 2, p. 275-282, abr./jun. 2011.

ZENID, G. J. **Madeira**: uso sustentável na construção civil. IPT. Edição nº 1 São Paulo, 60p. 2003.