UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MOURÕES DE VÁRIAS ESPÉCIES DE *Eucalyptus spp*. TRATADOS PELO MÉTODO DE SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA

ALINE FERNANDA DE BRITO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU - SP
Agosto - 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MOURÕES DE VÁRIAS ESPÉCIES DE *Eucalyptus spp*. TRATADOS PELO MÉTODO DE SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA

ALINE FERNANDA DE BRITO

Orientador: Elias Taylor Durgante Severo

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU - SP
Agosto - 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Brito, Aline Fernanda de, 1983-
B862a Avaliação da qualidade de mourões de várias espécies de *Eucalyptus spp.* tratados pelo método de substituição de seiva / Aline Fernanda de Brito. - Botucatu : [s.n.], 2013
ix, 74 f. : tabs., ils., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Elias Taylor Durgante Severo
Inclui bibliografia

1. Eucalipto. 2. Madeira - Qualidade. 3. Madeira - Conservação. 4. Produtos químicos. I. Severo, Elias Taylor Durgante. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **"AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MOURÕES DE VÁRIAS ESPÉCIES DE Eucalyptus spp. TRATADOS PELO MÉTODO DE SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA"**

ALUNO: ALINE FERNANDA DE BRITO

ORIENTADOR: PROF. DR. ELIAS TAYLOR DURGANTE SEVERO

Aprovado pela Comissão Examinadora

PROF. DR. ELIAS TAYLOR DURGANTE SEVERO

PROF. DR. JOSÉ TARCISIO SILVA OLIVEIRA

PROF. DR. CLAUDIO ANGELI SANSIGOLO

Data da Realização: 30 de agosto de 2013.

DEDICO

Aos meus pais Edson e Maria, pelo amor, dedicação, paciência, incentivo e por sempre estarem ao meu lado.

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Não importa quais sejam os obstáculos e as dificuldades. Se estivermos possuídos de uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independente das circunstâncias devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.” (Dalai Lama)

“Quando recebemos um ensinamento devemos receber como um valioso presente, e não como uma dura tarefa. Eis aqui a diferença que transcende.” (Charlie Chaplin)

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente, me abençoando, guiando e iluminando.

Ao professor Dr. Elias Taylor Durgante Severo pela oportunidade, orientação, ensinamentos e principalmente pela confiança.

Ao Dr. Fred Willians Calonego pela disponibilidade de tempo e por ter estado sempre presente na realização desse trabalho dando sugestões e contribuindo para execução desse trabalho.

Ao professor Dr. Cláudio Angeli Sansigolo, pela disponibilidade do laboratório e pelas sugestões apresentadas para elaboração dessa dissertação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior - CAPES pela bolsa concedida.

Aos funcionários da manutenção, marcenaria e fazenda pelo apoio fundamental durante a execução do trabalho.

A todos os funcionários da Faculdade de Ciências Agronômicas, sem os quais não teria sido possível a realização desse trabalho. Em especial ao Manoel Lira, ao senhor Aparecido Agostinho Arruda “Dicão”, pela amizade e imprescindível ajuda na coleta da madeira utilizada nesse trabalho; à Liliane Pereira pela ajuda durante as análises químicas na fase final do trabalho, à secretária Rosangela Moreci pela amizade e pelas inúmeras informações fornecidas.

Aos meus colegas de laboratório Ademilson Coneglian, Cínthia Rocha, Felipe Camargo, Melany Pelozzi e Paula Rodrigues.

As minhas grandes amigas: Aline Pissinati, Aniele Pissinati, Françoise Lima, Gidiane Prado, Mariana Oliveira e Shelly Favorito, que de alguma forma participaram dessa caminhada, agradeço imensamente a amizade, disponibilidade, atenção e companheirismo de vocês.

SUMÁRIO

Páginas

LISTA DE TABELAS VIII

LISTA DE FIGURAS IX

RESUMO 1

SUMMARY 3

1. INTRODUÇÃO 5

2. REVISÃO DE LITERATURA 7

2.1. Durabilidade natural da madeira 7

2.2. Agentes degradadores da madeira 8

2.2.1. Degradação da madeira por agentes abióticos 8

2.2.2. Degradação da madeira por fungos xilófagos 9

2.2.3. Degradação da madeira por insetos xilófagos 11

2.3. Preservação da madeira 12

2.3.1. Produtos químicos utlizados na preservação de madeiras 13

2.3.1.1. Arseniato de cobre cromatado (CCA) 15

2.3.1.2. Borato cobre cromatado (CCB) 16

2.3.2. Processos industriais para preservação de madeira 19

2.3.3. Processos de preservação de madeiras sem o uso de pressão 20

2.3.3.1. Substituição de seiva 22

2.4. Controle de qualidade da madeira de *Eucalyptus spp.* preservada quimicamente 24

2.4.1. Forma e características físicas e mecânicas dos mourões tratados de *Eucalyptus spp*. 24

2.4.2. Penetração de produtos químicos nos mourões tratados de *Eucalyptus spp.* 27

2.4.3. Retenção de produtos químicos nos mourões tratados de *Eucalyptus spp.* 28

2.5. Principais espécies de *Eucalyptus spp.* indicadas para uso como mourões 29

3. MATERIAL E MÉTODOS 34

3.1. Seleção das espécies e coleta do material 34

3.2. Preparo da solução preservativa e tratamento dos mourões 35

3.3. Seleção de amostras para determinação da qualidade dos mourões de *Eucalyptus spp.* tratados 36

3.3.1. Avaliação das propriedades físicas e do índice de rachaduras dos mourões de *Eucalyptus spp.* 37

3.3.2. Avaliação qualitativa da penetração do produto preservativo nos mourões de *Eucalyptus spp*.....39
3.3.3. Avaliação quantitativa da penetração do produto preservativo nos mourões de *Eucalyptus spp.*.....39
3.3.4. Avaliação da retenção nos mourões de *Eucalyptus spp.* 42
3.3.4.1. Preparo das amostras para leitura em espectrofotômetro de plasma.....43
3.3.4.2. Cálculo da retenção dos elementos cromo, cobre e boro 44
3.4. Análise estatística 45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....46
4.1. Caracterização das rachaduras e fendas dos mourões das diversas espécies de *Eucalyptus spp*. segundo a norma técnica ABNT NBR 9480 (2009) 46
4.2. Caracterização física dos mourões das diversas espécies de *Eucalyptus spp*.....49
4.3. Qualidade do tratamento preservativo nos mourões das diversas espécies de *Eucalyptus spp*.....51
4.4. Agrupamento das espécies através de análise discriminante linear 56
5. CONCLUSÃO.....59
6. REFERÊNCIAS.....61

LISTA DE TABELAS

Páginas

Tabela 1 Resistência característica à flexão estática em função do teor de umidade com base em massa seca segundo a norma ABNT NBR 9480 (2009) 26

Tabela 2. Características de preservação 29

Tabela 3. Indice de rachaduras na base e no topo do mourões e de fendas no corpo, base e topo dos mourões das diversas espécies de *Eucalyptus spp.* estudadas segundo norma técnica ABNT NBR 9480 (2009) 47

Tabela 4. Massa específica básica e profundidade de rachadura na região de afloramento...49

Tabela 5. Mourões aptos e inaptos quanto à classificação qualitativa 52

Tabela 6. Penetração dos elementos cobre e boro nos mourões de diversas espécies de *Eucalyptus spp.*.....53

Tabela 7. Retenção do produto preservativo CCB nos mourões de diversas espécies de *Eucalyptus spp.*.....55

LISTA DE FIGURAS

Páginas

Figura 1. Classificação dos níveis de penetração do produto preservativo nas peças de madeira tratadas por intermédio da aplicação do produto químico revelador Cromoazurol S (CAMPOS et al., 2003) 28
Figura 2. Coleta e preparo dos mourões para o tratamento preservativo..... 35
Figura 3. Tratamento dos mourões 36
Figura 4. Mourões empilhados após tratamento para fixação produto preservativo 36
Figura 5. Posição nas peças onde foram retirados os discos para análises quimicas..... 37
Figura 6. Rachadura de topo e base, fenda de topo e base e fenda de corpo segundo norma ABNT NBR (2009) (LIMA, 2012)..... 38
Figura 7. Classificação da penetração em mourões de *Eucalyptus spp*. preservados 39
Figura 8. Preparo dos discos para receber solução de Cromoazulrol S para se determinar a penetração do cobre e solução de Álcool polivinílico e iodo para determinação da penetração do boro..... 40
Figura 9. Discos após aplicação de solução reveladora da presença dos elementos cobre e boro..... 40
Figura 10. Mensuração da penetração dos elementos cobre e boro com auxilio de paquímetro digital..... 41
Figura 11. Baguetas utilizadas para determinação da densidade a 0% de umidade 43
Figura 12. Agrupamento das espécies de Eucalyptus spp. por análise discriminante linear . 57

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MOURÕES DE VÁRIAS ESPÉCIES DE *Eucalyptus spp*. TRATADOS PELO MÉTODO DE SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA.
Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista). Botucatu, 2013. 74p.
Autor: ALINE FERNANDA DE BRITO
Orientador: ELIAS TAYLOR DURGANTE SEVERO

RESUMO

A espécie *Corymbia citriodora* é a mais utilizada no meio rural como mourões preservados por apresentar resistência natural elevada em relação as demais espécies de *Eucalyptus* e menor tendência às rachaduras. Contudo, a área plantada dessa espécie é inferior, quando comparada com as demais do gênero *Eucalyptus spp.* e o consumo dessa madeira na forma de mourões é elevado. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade dos mourões de várias espécies de *Eucalyptus spp*. tratadas pelo método de substituição de seiva e verificar o potencial de substituição do *Corymbia citriodora* por espécies alternativas de *Eucalyptus spp*. Para isso, foram utilizados mourões de 8 espécies de *Eucalyptus spp*. (*E. camaldulensis, E.citriodora, E. cloeziana, E. urophylla, E. torelliana, E. saligna, E. grandis* e o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*), extraídas de um povoamento de 20 anos de idade com diâmetro entre 12 e 16 cm. Os mourões foram tratados pelo método denominado substituição de seiva, sendo utilizado o produto comercialmente conhecido por CCB (borato de cobre cromatado). Posteriormente foram avaliadas a massa específica básica, a profundidade de rachadura na região de afloramento, a penetração e a retenção do produto químico CCB nos mourões das diferentes espécies estudadas. Os resultados mostram que: (1) as espécies *E. torelliana*, *E. saligna* e o hibrido *E. urophylla* x *E. grandis*, apresentaram retenção do produto preservativo CCB estatisticamente iguais a espécie *C. citriodora* e a espécie *E. urophylla* apresentou a maior retenção de CCB dentre

as 8 espécies de *Eucalyptus* estudadas; (2) para o elemento cobre as espécies *E. urophylla, E. cloeziana, E. saligna* e *E. grandis* e para o do elemento boro as espécies *E. torelliana* e o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* apresentaram penetração média estatisticamente iguais a espécie *C. citriodora,* sendo que o *E. torelliana* alcançou a maior média de penetração dos respectivos elementos dentre as espécies estudadas; (3) a espécie *C. citriodora* apresentou a maior massa específica básica; (4) todas as espécies, com exceção do *E. urophylla* apresentaram profundidade de rachaduras da região de afloramento estatisticamente iguais ao *C. citriodora*. A espécie *E. urophylla* foi a única que apresentou mourões com rachaduras na região de afloramento menores que a profundidade de penetração do produto. Ao se analisar a qualidade do tratamento preservativo, através dos tipos de penetração, verifica-se que as espécies *E. urophylla, E. camaldulensis* e o hibrido *E. urophylla* x *E. grandis* apresentaram penetrações do tipo parcial periférica, sendo assim classificadas como aptas para utilização de preservação de madeira pelo método de substituição de seiva. Por fim, constata-se que, dentre as espécies avaliadas, nas condições estudadas, as espécies *E. urophylla, E. camaldulensis* e o hibrido *E. urophylla* x *E. grandis* são as mais indicadas para substituição da espécie *C. citriodora,* para o tratamento por substituição de seiva.

Palavras-chave: *Corymbia citriodora*; preservação da madeira; penetração de produtos químicos; retenção de produtos químicos.

EVALUATION OF FENCE POSTS QUALITY OF SEVERAL *Eucalyptus spp*. SPECIES TREATED BY THE SAP REPLACING METHOD. Botucatu, 2013. 74p.
Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista).
Author: ALINE FERNANDA DE BRITO
Adviser: ELIAS TAYLOR DURGANTE SEVERO

SUMMARY

The species *Corymbia citriodora* is the most widely used in rural areas as preserved fence posts by presenting high natural resistance and less tendency to the cracks. However, planted area of this species is lower when compared with the other *Eucalyptus spp*. genus and also, the wood consumption in the form of fence posts is higher. Thus, the objective of this research was to evaluate the quality of various *Eucalyptus spp.* species in the form of fence posts treated by sap replacement method and verify potential replacement *Corymbia citridora* for alternative species of *Eucalyptus spp*. For this reason, were used 8 *Eucalyptus spp*. species (*E. camaldulensis*, *E.citriodora*, *E. cloeziana*, *E. urophylla*, *E. torelliana*, *E. saligna*, *E. grandis* and hybrid *E. urophylla* x *E. grandis*) taken from a 20 years old stand with diameter between 12 and 16 cm. The fence posts were treated by the method known as sap replacement, being used the commercial product CCB (borate of copper chromated). They were subsequently evaluated the basic density, depth of cracks in ground contact area the penetration and retention of the chemical product CCB in fence posts of different species studied. The results show that: (1) The species *E. torelliana*, *E. saligna* and hybrid *E. urophylla* x *E. grandis* showed retention of CCB product condom statistically equal to the *C. citriodora* species and the *E. urophylla* species presented greater retention of CCB among the 8 *Eucalyptus* species studied; (2) for the element copper species *E. urophylla*, *E. cloeziana*, *E. saligna* e *E. grandis* and for the element boron species *E. urograndis*, *E.*

torelliana presented average penetration statistically equal to the species *C. citriodora,* while *E. torelliana* has achieved the highest average penetration of the respective elements among the species studied; (3) the species *C. citriodora* presented greatest basic density; (4) all species, with an exception of *E. urophylla,* showed depth of cracks in ground contact area statistically equal to *C. citriodora*. The species *E. urophylla* was the only that had fence posts with cracks in the region of ground contact area smaller than the penetration depth of the product. Analyzing the quality of the preservative treatment through the types of penetration, can be observed that *E.urograndis, E. urophylla* and *E. camaldulensis* species featured partially peripheralty penetrations being thus classified as suitable for use for the preservation of wood by the sap substitution method. Therefore, it is clear that among the species evaluated under the conditions studied, the species *E. urograndis, E. urophylla* and *E. camaldulensis* are the most indicated for replacement of the species *C. citriodora*, by the sap replacement treatment.

Keywords: *Corymbia citriodora,* wood preservatives, chemical penetration, retention chemicals.

1. INTRODUÇÃO

A madeira vem sendo utilizada com grande destaque em relação a diversos outros materiais devido as suas propriedades físicas, químicas e mecânicas satisfatórias, além de ser um material renovável que pode ser reproduzido continuamente por reflorestamento.

No cenário atual, é crescente a busca pelo uso apropriado e coerente de florestas plantadas, pois a presença de espécies nativas de alta resistência biológica é cada vez mais escassa.

O reflorestamento com eucalipto reduz os riscos de diminuição dos estoques de madeira nativa no Brasil. Porém, as madeiras provenientes de reflorestamento geralmente apresentam uma durabilidade natural reduzida em relação à algumas espécies de madeira nativa, e essa baixa durabilidade natural é um dos fatores que limita o uso dessas madeiras.

No ano de 2012, a área correspondente aos plantios florestais de *Eucalyptus* apresentou um crescimento de 2,5% em relação ao ano de 2011, representando um total de 76,6% dos cerca de 4.98 milhões de hectares da área total de florestas plantadas. Contudo, a espécie *Corymbia citriodora*, que é a mais usada para o tratamento preservativo representa apenas 0,25% desse total, o que corresponde a cerca de 12.529 ha da área total do plantio de florestas no Brasil (ABRAF, 2013).

Entretanto, quando a madeira proveniente de reflorestamento é devidamente preservada, passa a ter sua vida útil prolongada reduzindo a demanda e a exploração de madeira nativa.

O gênero *Eucalyptus spp.* compreende muitas espécies e, dentre elas, o *Corymbia citriodora,* que geralmente é a madeira mais utilizada em peças estruturais, apresenta resistência natural elevada em relação as demais espécies de eucalipto e menor tendência à rachaduras. Essa é uma espécie bastante adaptada a regiões de clima quente e úmido, porém, apresenta como desvantagens menor tolerância à geadas e, também, possui um ciclo relativamente mais longo que as demais espécies do gênero *Eucalyptus*.

Contudo, devido a sua origem natural, em geral, a madeira é bastante suscetível à agentes degradadores, gerando grande perda para o setor madeireiro e a preservação química é uma maneira de aumentar a durabilidade biológica desse material.

O processo de impregnação de produtos químicos pode ser feito através dos métodos industriais (aplicação com pressão) e métodos não industriais ou caseiros (aplicação sem pressão).

Salienta-se que os processos sem pressão são indicados para o tratamento de pequenos volumes de madeira, normalmente executados pelo próprio usuário devido a utilização de equipamentos simples, com baixo grau de sofisticação e por dispensar grandes investimentos em infra-estruturas.

Contudo, é importante selecionar espécies alternativas, de ciclo curto e que sejam mais tolerantes aos fatores ambientais, mas com resistência biológica e tratabilidade química semelhante ao *Corymbia citriodora*.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a qualidade dos mourões de várias espécies de *Eucalyptus spp.* tratados pelo método de substituição de seiva e como objetivos específicos:

- avaliar a qualidade dos mourões de 8 espécies de *Eucalyptus spp.* através do índice de rachaduras e densidade básica da madeira;
- avaliar a penetração e a retenção do produto hidrossolúvel CCB na região de afloramento dos mourões tratados de 8 espécies de *Eucalyptus spp.*;
- verificar o potencial de substituição do *Corymbia citriodora* para o uso como mourões tratados em propriedades rurais por espécies alternativas de *Eucalyptus spp.*

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Durabilidade natural da madeira

A durabilidade natural da madeira pode ser definida como a resistência intrínseca que a mesma apresenta como resposta ao ataque de organismos destruidores, sendo essa resistência natural variável entre espécies e dentro de uma mesma espécie (BARREAL, 1998).

A baixa durabilidade natural da madeira é um dos fatores que limitam seu uso em diversas finalidades, desse modo o conhecimento da resistência natural de madeiras ao ataque de organismos xilófagos é um fator importante na destinação correta do uso da madeira (SILVA et al., 2004).

Quando uma espécie de madeira apresentar durabilidade natural maior em relação a outras, ela será preferencialmente escolhida a fim de minimizar a utilização de produtos químicos para lhe conferir maior resistência (OLIVEIRA, 1997).

O que confere durabilidade natural à madeira é a presença de extrativos que se formam durante a transformação do alburno em cerne, caracterizando uma coloração escura do cerne. A qualidade e a quantidade desses extrativos variam entre espécies e também dentro da espécie (OLIVEIRA et al., 2005).

Com a baixa oferta atual de espécies nativas de alta resistência natural houve a necessidade de se utilizar outras menos duráveis, principalmente espécies de rápido crescimento, oriundas de reflorestamentos. Pelo fato da maioria dos

reflorestamentos terem sido realizados com *Eucalyptus spp. e Pinus spp,* a utilização dessas espécies para moirões e outros fins tornou-se prática comum nas propriedades rurais. Contudo, devido à baixa resistência natural a organismos xilófagos, surge a necessidade de tratá-las quimicamente, aumentando sua durabilidade e reduzindo o consumo de madeira nativa e, dessa forma, diminuindo o impacto sobre as florestas naturais (PAES et al., 2005).

Contudo, Silva (2004) cita que uma grande parte das espécies de eucalipto é suscetível ao ataque de organismos xilófagos e por isso necessitam de tratamento químico para lhe conferir aumento da sua durabilidade.

2.2. Agentes degradadores da madeira

A deterioração da madeira pode ocorrer em função de fatores bióticos através ação da de bactérias, fungos e insetos ou abióticos pela ação das chuvas, ventos e radiação solar (LEPAGE et al., 1986; FOREST PRODUCTS LABORATORY, 2010; CRUZ et al., 2003; TEREVISAN et al., 2008).

2.2.1. Degradação da madeira por agentes abióticos

O tipo de ambiente em que a madeira se encontra exerce bastante influência na ação de fatores abióticos e no processo de decomposição da madeira. Desse modo, o comportamento de uma mesma madeira pode ser diferente em ambientes distintos, uma vez que cada ambiente está sujeito a diferentes teores de umidade, insolação, temperatura entre outros (CAVALCANTE, 1983; TREVISAN, et al., 2008).

Um dos fatores que reduzem a vida útil da madeira é o fenômeno conhecido como intemperismo. Esse efeito é provocado pela ação conjunta da luz, umidade, temperatura e oxigênio, onde a exposição da madeira a tais condições climáticas ocasiona deterioração das suas propriedades físicas e químicas. Desse modo, a madeira sofre levantamento da grã, promovendo o surgimento de fendilhados que podem aumentar de intensidade deixando as fibras soltas e provocando empenamento da peça. Ocorre também alteração química na superfície da madeira devido aos fótons emitidos pela radiação solar e a poluição atmosférica que atuam sobre os constituintes poliméricos naturais da madeira (LEPAGE, 1986; SGAI, 2000).

Quando a madeira é exposta à radiação ultravioleta, ocorre uma degradação fotoquímica da peça exposta que passa a apresentar-se rugosa e tem a coloração da sua superfície alterada, tornando-se suja. Ocorre inicialmente um amarelecimento ou escurecimento da superfície exposta da madeira seguido por uma coloração acinzentada. Tal fenômeno está relacionado à decomposição da lignina, ocorrendo estritamente na superfície da peça (de 0,05 – 2,5 mm abaixo da superfície da madeira). A partir dessas alterações, a madeira pode ser atacada por fungos, deixando sua aparência desagradável e ocasionando prejuízos estéticos à peça (CRUZ, 2001; LEPAGE, 1986; SILVA e PASTORE, 2004).

2.2.2. Degradação da madeira por fungos xilófagos

A degradação biológica da madeira ocorre porque alguns organismos xilófagos possuem um sistema enzimático capaz de metabolizar os polímeros naturais presentes na madeira em unidades digeríveis, obtendo assim, na parede celular os polímeros naturais que são sua fonte de nutrição (LEPAGE, 1986; BATALLA, 1961; COSTA et al., 2005; PAES, 2002; ZENI et al., 2006).

Por se tratar de um material de origem orgânica, os organismos xilófagos utilizam os constituintes da madeira como alimento ou substrato para reprodução ou moradia, desse modo a madeira fica sujeita ao ataque de microorganismos não somente quando se trata da árvore viva, mas também após seu abate, quando é colocada em condições de serviço (TREVISAN et al., 2008).

Existem seis grupos fisiológicos que ocorrem seqüencialmente na degradação da madeira: (1) bactérias; (2) bolores primários; (3) fungos manchadores; (4) fungos de podridão mole; (5) basidiomicetos apodrecedores e (6) bolores secundários. Desses grupos citados, os fungos se destacam como os mais nocivos e ocorrem principalmente na zona de afloramento, onde há grande incidência de agentes xilófagos (COSTA et al., 2005; PAES, 2002, LEPAGE, 1986).

Os fungos são os agentes biodegradadores mais prejudiciais da madeira, sendo denominados como fungos xilófagos por utilizarem os compostos orgânicos presentes na madeira, uma vez que a madeira é considerada fonte de alimento para vários organismos xilófagos em função de sua composição química e anatômica. Desse modo, peças utilizadas em estruturas de difícil reposição devem receber cuidados

especiais em relação aos fungos apodrecedores, pois a madeira atacada tem sua resistência comprometida, devido à capacidade destes fungos apodrecedores de mudar as propriedades físicas e químicas das paredes das células através da decomposição da madeira (LEPAGE, 1986; LELIS et al., 2001; OLIVEIRA, 1997; OLIVEIRA et al., 2005; PAES et al., 2008; TREVISAN et al, 2008).

A suscetibilidade da madeira à agentes biológicos é uma característica própria da espécie, no entanto, há condições que favorecem essa predisposição, como por exemplo, temperatura entre 10°C e 35°C, umidade em torno de 20% a 30% e oxigenação adequada predispõe a madeira ao ataque severo de fungos (CRUZ, 2001; LEPAGE, 1986; LOFERSKI, 2001; OLIVEIRA et al., 2005; PAES et al., 2008).

Forest Products Laboratory (2010); Lepage (1986); Trevisan et al., (2008) e Oliveira et al., (1986) classificam os fungos xilófagos quanto à ação na madeira: fungos xilófagos manchadores e fungos xilófagos deterioradores. Os fungos manchadores apresentam rápido crescimento, se desenvolvem nas cavidades celulares e se alimentam de conteúdos celulares como amido e açúcares, presentes principalmente no alburno. A madeira atacada por esse tipo de fungo tem sua superfície embolorada e sua permeabilidade passa a ser maior que da madeira sadia e o valor comercial sofre depreciação devido a modificação estética da peça, no entanto, as propriedades mecânicas da madeira não são afetadas

Os fungos deterioradores têm como fonte de alimento os componentes químicos das paredes celulares (celulose, hemiceluloses e lignina), dessa forma ocorre a redução em todas as características mecânicas da madeira, devido à destruição dos seus elementos estruturais. Os fungos deterioradores são subdivididos em (1) Fungos de podridão branca: degradam a hemicelulose, a celulose e a lignina da parede celular para sua nutrição deixando a madeira mais clara e mais macia que a madeira sadia; (2) Fungos de podridão parda: atacam camadas mais profundas da madeira, degradando a hemicelulose e a celulose com rápida velocidade, deixando a madeira ligeiramente escurecida que posteriormente torna-se pardo escura. Tais fungos provocam a redução da densidade além do enfraquecimento da madeira afetando sua resistência ao impacto; (3) Fungos de podridão mole: tem o desenvolvimento se suas hifas dentro das paredes celulares e decompõem a celulose e a lignina, tornando a camada superficial da madeira escurecida, bastante amolecida e fácil de ser removida, como consequência do ataque,

ocorre a redução em todas as características mecânicas da madeira, devido à destruição dos seus elementos estruturais (BOWYER et al., 2003; LEPAGE, 1986; LOFERSKI, 2001; OLIVEIRA et al., 2005; SANTOS, 2010; TREVISAN et al.,, 2008).

Paes (2002) avaliou a resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* à ação dos fungos xilófagos *Postia placenta*, *Neolentinus lepideus* e *Polyporus fumosus* durante 12 semanas em condições de laboratório. Para o teste foram retiradas amostras na direção medula – casca, em posições internas (cerne) e externas (alburno). Os resultados obtidos mostraram que a madeira de alburno foi a mais deteriorada pelos fungos, sendo *N. lepideus* o mais ativo na deterioração da madeira testada, promovendo perda de massa na ordem de 25,46%, classificando a madeira de *C.maculata* como resistente, sendo recomendando um tratamento preservativo de mourões evitando-se a deterioração de peças postas em serviço.

Oliveira et al., (2005) estudou a resistência natural de sete espécies de eucalipto com 16 anos de idade ao apodrecimento acelerado em laboratório ao fungo causador da podridão parda *Gloeophyllum trabeum* retirando amostras próximas ao cerne mais externo e na região do DAP. O estudo verificou que as espécies *C. citriodora, E. tereticornis, E. paniculata, E. pilularis, E. cloeziana, E. urophylla e E. grandis* podem ser classificadas como madeiras resistentes ao ataque do fungo de podridão parda, pois apresentaram valores de perda de massa abaixo de 10%, sendo as espécies *E. tereticornis, E. pilularis e E. grandis* as mais resistentes e as espécies *Corymbia citriodora* e *E. cloeziana* as espécies menos resistentes.

Em estudo sobre a ação dos fungos *Postia placenta*, *Neolentinus lepideus* e *Polyporus fumosus* na espécie *C. maculata* aos 21 anos de idade, Paes (2002) verificou que no interior da madeira (cerne) a perda de massa foi abaixo de 10% e na região mais externa (alburno) a perda se deu em torno de 20%, o que mostra que os fungos atacaram mais a parte externa da madeira.

2.2.3. Degradação da madeira por insetos xilófagos

Dentre os insetos que atacam a madeira, os cupins são os mais prejudiciais. São insetos pertencentes à classe Insecta e ordem Isoptera, tendo a alimentação baseada em celulose, a qual é consumida através da associação digestiva com bactérias ou protozoários (LEPAGE, 1986).

Em estudo sobre a ação de cupins do gênero *Nasutitermes* na espécie *C. maculata* aos 21 anos de idade, Paes (2002) verificou que na região mais externa (alburno) os cupins ocasionaram perda de massa menor que 7% provocando somente desgaste superficial à madeira.

Rodrigues (2011) verificou que as espécies *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* com 21 anos de idade tiveram perda de massa em torno de 2,8% após 12 semanas de teste de resistência da madeira ao ataque de cupins subterrâneos em laboratório, sendo consideradas espécies bastante resistentes ao *Coptotermes gentroi.*

Oliveira (1997) analisando o desempenho das espécies *E. grandis, E. urophylla, E. tereticornis, E. pilularis, E. cloeziana, E. paniculata* e *Corymbia citriodora* ao ataque de *Cryptotermes brevis*, verificou que as espécies *C. citriodora, E. paniculata* e *E. cloeziana* apresentaram melhor comportamento após o ataque, com desgastes superficiais de 38%, 45% e 48%, em relação a testemunha *Pinus elliotti*. As espécies *E. pilularis* e *E tereticornis* apresentaram desgaste médio de 60% e 63% e as espécies *E. grandis* e *E. urophylla* foram significativamente mais suscetíveis ao ataque, obtendo 73% e 70% de desgaste, respectivamente.

Ao analisarem a durabilidade natural de *Eucalyptus grandis* com idades de 10, 14, 20 e 25 anos ao ataque do cupim *Cryptotermes brevis*, Silva et al., (2004) verificaram que após 45 dias de ensaio a madeira de todas as idades mostrou-se altamente suscetível ao ataque de cupins, apresentando taxas de cupins mortos na ordem de 42%, 48%, 46% e 47% para as respectivas idades. A madeira de 10 anos foi a mais severamente atacada, com desgaste semelhante ao da testemunha revelando a baixa resistência natural da espécie. Tal fato pode estar relacionado à menor porcentagem de extrativos e da maior quantidade de carboidratos presente em árvores mais jovens.

2.3. Preservação da madeira

Proteger a madeira utilizada em construções e marcenaria contra sua degradação por agentes bióticos e abióticos é possível e econômico. Além disso, a questão da falta de madeiras duráveis nas propriedades rurais pode ser minimizada a partir da técnica de preservação, permitindo seu uso como mourões, palanques e postes sem que haja necessidade de fazer reparos freqüentes ou até mesmo a substituição dessas peças, o

que além de envolver mão-de-obra, torna encarecido o uso da madeira (JANKOWSKY, 1990; MATTOS et al., 2004).

Para Galvão e Jankowsky (1986), a madeira preservada tem sua durabilidade influenciada pela qualidade do preservativo, pelas características anatômicas da madeira, pelo processo utilizado para o tratamento e pelas condições ambientais a que se expõe a peça tratada. Jankowsky et al., (1993) cita que a resistência da madeira tratada por preservativos químicos depende da interação entre a qualidade do produto e a eficiência do método de tratamento empregado.

Campos et al.,(2003) afirma que a vida útil da madeira preservada é aumentada em relação a madeira usada de forma natural, tornando-se assim viável a realização do tratamento da madeira.

Paes et al., (2008), estudou a resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) tratada com três diferentes concentrações de CCB a cupins xilófagos do gênero *Nasutitermes* e notou que as peças submetidas ao tratamento preservativo apresentaram perda de massa de 2,74% enquanto as que não receberam tratamento sofreram perda de massa da ordem de 21, 77%.

Ramos et al., (2006) estudou a eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) em ensaio de apodrecimento acelerado e verificou que a as peças tratadas obtiveram um ganho de resistência da ordem de 59% ao fungo *Postia placenta.*

Em estudos realizados, Galvão e Jankowsky (1986) compararam a durabilidade de mourões de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake preservados após 11 anos em testes de campo. Os resultados obtidos pelos autores revelaram que a durabilidade dos mourões sem tratamento é de aproximadamente dois anos. O tratamento realizado com uma mistura de sulfato de cobre (50%) e bicromato de potássio (50%) através do método de absorção por transpiração radial mostrou uma vida media de 11 anos para mourões de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake.

2.3.1. Produtos químicos utilizados na preservação de madeiras

Denomina-se preservativo da madeira a combinação de várias substâncias químicas aplicadas à madeira visando uma proteção duradoura contra a ação de

organismos xilófagos. Esses preservativos normalmente são divididos em duas categorias: oleossolúveis e hidrossolúveis (SGAI, 2000).

Para ser utilizado como preservativo de madeira, um produto químico deve satisfazer alguns requisitos, como: (1) Eficiência: a toxidez do produto deve abranger a mais ampla faixa de organismos xilófagos, apresentando penetração profunda e uniforme na madeira; (2) Segurança: o produto químico deve apresentar baixa toxicidade a seres humanos e animais domésticos; (3) Permeabilidade e resistência a lixiviação: a eficiência do tratamento depende diretamente dessa uniformidade de penetração, distribuição e retenção do produto preservativo na peça tratada; (4) Custo: custo deve ser passível de competição com outros materiais (LEPAGE, 1986; PAES et al., 2007).

Os preservativos oleossolúveis são indicados para o uso em madeiras que fiquem em contato direto com o solo. São produtos altamente tóxicos não sendo mais utilizados em larga escala no Brasil (SANTOS, 2010).

Forest Products Laboratory (2010) e Lepage (1986) descrevem os principais preservativos oleossolúveis: (1) Creosoto: empregado na indústria de conservação de madeira. Trata-se de um produto destilado do alcatrão, é uma substância oleosa e escura que contém uma mistura de várias substâncias diferentes e após sua aplicação, não aceita pintura, repele a água e possui cheiro forte característico; (2) Pentaclorofenol: obtido através da reação entre o fenol e o cloro, é solúvel em óleos que vão desde o petróleo bruto até o óleo diesel, no Brasil é feito uso de seu sal sódico hidrossolúvel em formulações na prevenção de fungos machadores em madeiras recém abatidas ou recém desdobradas; (3) Óxido de Bis (Tributil-Estanho) - TBTO: é cerca de dez vezes mais tóxico a fungos que o pentaclorofenol, sendo insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos, é eficiente contra brocas marinhas em madeiras que não estão em contato com o solo, pois ocorre detoxificação do produto, apresenta baixa toxidez a mamíferos, não produz irritação cutânea e permite melhor acabamento, tem custo elevado; (4) Naftenato de Cobre: é um subproduto da refinação de certos tipos de petróleo, muito eficiente, mas assim como o TBTO também possui preço elevado, é mais utilizado através de pincelamento ou imersão, a madeira tratada com naftenato e cobre apresenta coloração esverdeada e é indicada para uso em horticultura e embarcações de luxo, quando exposta ao intemperismo por prolongado período a madeira tratada torna-se marrom clara; (5) Quinolinolato de Cobre-8: apresenta toxidez extremamente baixa ao homem sendo recomendado para madeiras que entrarão em contato com gêneros alimentícios, inodoro e

incolor, não interfere na pintura da madeira tratada com o produto, o preço elevado, por isso é utilizado apenas para fins nobres; (6) Compostos de Mercúrio: possuem preço muito elevado, além de apresentar efeitos deletérios ao meio ambiente pela presença do mercúrio, pois em contato com o solo fica instável, assim seu uso é indicado para madeiras que não ficarão em contato com solo; (7) Naftenato de Zinco: similar ao naftenato de cobre, porém menos eficaz na prevenção de organismos xilófagos, tem coloração clara, diferente da coloração esverdeada do naftenato de cobre, mas também tem odor característico, apesar de não alterar a cor da madeira, substituindo muitas vezes o naftenato de cobre, seu uso é restrito, pois apresenta baixa toxidez contra organismos xilófagos; (8) Hidrocarbonetos Clorados: são muito eficientes contra organismos xilófagos, empregados para o tratamento do solo associados às vezes a outros preservativos para aumentar sua eficiência.

Devido à ameaça do fim das reservas petrolíferas, os preservativos hidrossolúveis ganharam destaque no panorama da preservação da madeira. Os preservativos hidrossolúveis são solúveis em água e compreendem compostos químicos com mais de uma molécula na sua formação. Dessa forma a presença de mais de uma substância na madeira aumenta sua eficiência contra um número maior de organismos xilófagos. Comumente, os preservativos hidrossolúveis são expressos em termos de ingredientes ativos, e estes são elementos ou substancias químicas que tem ação preservativa (LEPAGE, 1986).

Segundo Forest Products Laboratory (2010), preservativos hidrossolúveis deixam a superfície da madeira tratada mais limpa em comparação a outros produtos químicos, passível de acabamento e livre de odores desagradáveis. Várias formulações que envolvem combinações de cobre, cromo e arsênio mostram elevada resistência à lixiviação e bom desempenho na sua utilização como preservativo químico. São classificados como preservativos hidrossolúveis o CCA (à base de cromo, cobre e arsênio), o CCB (à base de cromo, cobre e boro), o FCAP (à base de flúor, cromo, arsênio e fenóis) e preservantes à base de boro e flúor (LEPAGE, 1986).

2.3.1.1. Arseniato de Cobre Cromatado (CCA)

Conhecido popularmente como CCA (do inglês Chromated Copper Arseanate) é um produto preservativo salino de ampla utilização atualmente no Brasil. Em sua composição estão presentes os elementos cobre, que tem ação fungicida; arsênio que

atua como inseticida e o cromo, que tem como função fixar esses componentes, tornando-os resistentes a lixiviação.

Quando esse produto entra em contato com a madeira ele se torna insolúvel e desse modo a madeira fica protegida do ataque de fungos, insetos e perfuradores marinhos (SANTOS, 2010).

Embora o CCA seja aceito em diversos países, a presença do elemento arsênio em sua composição torna restrito seu uso pela baixa eficiência quando empregado em madeiras de pouca permeabilidade e principalmente por ser tóxico ao homem (RAMOS et al., 2006).

É recomendado o uso desse produto em processos que utilizem pressão, como a autoclave, pois a reação de fixação do produto na madeira ocorre em curto espaço de tempo se tornando ineficaz em processos mais longos como o de substituição de seiva (LEPAGE, 1986).

2.3.1.2. Borato de Cobre Cromatado (CCB)

O produto preservativo CCB (Borato de Cobre Cromatado), surgiu a partir da necessidade de se desenvolver um produto menos agressivo que o CCA. Além dessa preocupação com o meio ambiente e a saúde humana, outro fator importante foi o fato do produto preservativo CCA se fixar rapidamente na madeira dificultando o tratamento de madeiras menos permeáveis. A presença do elemento boro na composição permite que o produto seja utilizado em tratamentos sem pressão e também em autoclave (LEPAGE, 1986; FOREST PRODUCTS LABORATORY, 2010). Em sua composição estão presentes os elementos cromo, cobre e boro. O cobre tem ação fungicida, o boro atua como inseticida e assim como no CCA, o cromo atua como fixador desses elementos a fim de evitar a lixiviação dos mesmos.

Várias pesquisas utilizando-se do CCB no tratamento de madeira sem o uso de pressão sugerem a concentração em torno de 2,0% de ingrediente ativo/m^3 de madeira para uma retenção satisfatória do produto (GALVÃO, 1968; PAES, 1991; TORRES et al., 2011; RAMOS et al., 2006; FARIAS SOBRINHO et al., 2005; PAES et al., 2007; PAES et al., 2005; PAES et al., 2008).

Paes (1991), utilizando diferentes concentrações de preservativo hidrossolúvel CCB a 2% ingredientes ativos, notou que os elementos cobre e boro

apresentaram penetrações e retenções satisfatórias indicando que o que reduz a eficiência do método é o tempo de tratamento abaixo de 8 dias.

Torres et al., (2011) utilizando uma solução de CCB a 2% de ingredientes ativos no tratamento de madeira juvenil de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. obteve penetrações acima de 10 mm como recomendado por Galvão (1968) e retenções acima do estipulado pela norma técnica P-EB-474 (1973) para a região de afloramento dos mourões tratados.

Ramos et al., (2006) em pesquisa sobre o efeito do preservativo CCB em madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*) em diferentes concentrações e diferentes tempos de tratamento, verificou que para a concentração de 2% de ingredientes ativos o elemento cobre obteve penetração satisfatórias na região de afloramento das peças tratadas para os elementos cobre e boro quando foram empregados 15 dias de tratamento. O autor explica que para a solução de 1%, os tempos de tratamento não foram suficientes para que a solução penetrasse no interior da madeira e para a concentração de 3% seria necessário maior umidade dos mourões para permitir melhor difusão dessa solução mais concentrada. Já as peças submetidas à concentração de 2% de ingredientes ativos, nos tempos de 12 e 15 dias apresentaram retenções acima do recomendado pela norma técnica P-EB-474 (1973) na região de afloramento dos mourões tratados.

Farias Sobrinho et al., (2005) submetendo a madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*) ao método de substituição de seiva com CCB com diferentes concentrações e diferentes tempos de tratamento encontrou resultados semelhantes aos citados anteriormente. De modo geral os elementos cobre e boro mostraram uma penetração acima do mínimo recomendado na região de afloramento na concentração de 2% para o tempo de 15 dias de tratamento. Para retenção na região de afloramento, a solução com 2% de concentração para 12 e 15 dias de tratamento foi considerada satisfatória para peças usadas em contato direto com o solo.

Paes et al., (2007), utilizando mourões de leucena (*Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT) através do método de substituição de seiva à uma concentração de 2% de ingredientes ativos do produto CCB em diferentes tempos de tratamento, mostrou um bom desempenho da madeira tratada. Para a região de afloramento, os elementos cobre e boro atingiram penetrações satisfatórias para os tempos de 6 e 12 dias, respectivamente. O autor observou que na região mais próxima ao alburno, as peças de madeira continham os elementos cobre e boro, na região mais próxima ao

cerne foi notada somente a presença do elemento boro. Em relação à retenção do produto na madeira, a região de afloramento atingiu retenção superior ao recomendado pela norma técnica em todos os tempos de tratamento, sendo que a madeira submetida a 15 dias de tratamento apresentou retenção menor que da madeira tratada durante 3 e 12 dias. Segundo o autor, esse fato pode ser explicado em função do menor teor de umidade apresentado pela madeira que permaneceu 15 dias na solução preservativa e também por fatores climáticos durante o período de tratamento.

Paes et al., (2005) avaliou a penetração e a retenção do preservativo CCB em mourões de *Eucalyptus viminalis* Lab. e de bracatinga (*Mimosa scabrella* BENTH.) em diferentes concentrações e tempos de tratamento. Para o eucalipto, a penetração do cobre na região de afloramento, foi satisfatória na concentração de 2% de ingredientes ativos quando empregado 8 dias de tratamento, o elemento boro apresentou penetração satisfatória em todos os tempos de tratamento para a mesma concentração. Já a bracatinga, na região de afloramento, o elemento cobre não atingiu penetrações satisfatórias em nenhum tempo de tratamento para a concentração de 2% e o elemento boro apresentou penetração satisfatória para o tempo de 8 dias de tratamento. Para a retenção, o eucalipto obteve retenção satisfatória na região de afloramento quando empregados 8 dias de tratamento para a concentração de 2%. A espécie *Mimosa scabrella* BENTH não obteve retenção satisfatória na região de afloramento em nenhum dos tempos de tratamento quando submetida a concentração de 2%. Segundo os autores, a variável tempo de tratamento foi mais importante que as concentrações do produto preservativo.

Paes et al., (2008) avaliando a eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.)D.C.) à cupins xilófagos em ensaio de alimentação forçada, observou que o produto na concentração de 2% de ingredientes ativos apresentou penetrações superiores as demais concentrações. Somente peças submetidas à concentração de 2% durante 15 dias apresentaram penetração do elemento cobre superior a 10 mm na região de afloramento. Já o elemento boro obteve penetrações satisfatórias para maioria das posições, tempos e concentrações a que as peças foram submetidas. Em relação à retenção do produto preservativo, observou-se que as peças submetidas à concentração de 2% durante 12 e 15 dias, apresentaram para região de afloramento retenções acima do recomendado pela norma técnica P-EB-474 (1973).

2.3.2. Processos industriais para preservação de madeira

O processo de impregnação com pressão é realizado através da autoclave, onde a madeira a ser tratada deve apresentar um teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras. Os mourões são colocados horizontalmente na autoclave onde a solução preservativa é impregnada na madeira através do uso de pressão (JANKOWSKY, 1990, LEPAGE, 1986). Trata-se de um processo de retenção, penetração e distribuição do produto preservativo bastante uniformes, entretanto, utiliza equipamentos mais complexos, de custo elevado além da necessidade de mão de obra especializada sendo indicado para tratar grandes quantidades de madeira (WEHR, 1985)

Lepage (1986) e Forest Products Laboratory (2010) descrevem que os processos mais utilizados são célula cheia e célula vazia. Segundo os autores, a principal diferença entre os dois processos é a aplicação de vácuo inicial no inicio do tratamento do processo de célula cheia. Dentre os processos de célula cheia estão: (a) Bethell: primeiro processo à pressão desenvolvido, realizado em cinco fases: carregamento; vácuo inicial para entrada do preservativo oleossolúvel; admissão do preservativo (entre 80°C e 100ºC) até completar o nível de solução na autoclave; período de pressão até que toda madeira absorva quantidade suficiente de preservativo e vácuo final de curta duração para retirada do excesso de preservativo sobre a superfície da madeira; (b) Burnett: envolve as mesmas fases do processo Bethell, a diferença está na utilização de preservativo hidrossolúvel em temperatura ambiente; (c) Boulton: na fase inicial, a madeira é submetida a secagem a partir do vácuo na própria solução preservativa oleosa e a finalidade dessa operação é remover a água da madeira para que ela receba a solução preservativa; (d) Cellon (Drillon) e Dow: o vácuo é aplicado inicialmente sobre a carga do cilindro e em seguida ocorre uma purgação com gás inerte para remover o oxigênio, a partir daí, as etapas seguem o mesmo processo de vácuo, enchimento com solução preservativa e aplicação de uma pressão de impregnação. No processo de célula vazia não é aplicado vácuo inicial, assim a solução preservativa é injetada na madeira sem a retirada do ar do interior das células, a solução preservativa fica retida somente na parede das células da madeira, sendo mais usado quando se deseja uma profundidade de penetração, mas com uma retenção baixa. Dentro do processo de célula vazia estão: (a) Rueping: ocorre compressão inicial do ar na madeira até uma pressão de 4,5 a 5,0 kgf/cm², em seguida, o produto preservativo é colocado para dentro da autoclave sem que a pressão diminua e assim o produto é pressionado para o

interior da madeira. É um método que permite penetrações profundas em madeiras permeáveis inibindo a ação de fungo apodrecedores; (b) Lowry: a solução preservativa é injetada na madeira contra o ar já existente nas células, após a admissão da solução, é aplicada pressão e o restante do tratamento é igual ao processo Rueping.

2.3.3. Processos de preservação de madeiras sem uso de pressão

O uso de métodos alternativos no tratamento preservativo de madeira pode ser considerado como uma forma de igualar socialmente pequenos, médios e grandes produtores, pois permite diversificar e agregar valor aos produtos originados de recursos florestais. Outra vantagem que se pode destacar é diminuição dos custos de transportes quando as usinas de tratamento industriais localizam-se muito afastadas da propriedade (MAGALHÃES E PEREIRA, 2003).

Os processos sem pressão não utilizam equipamentos sofisticados, são fáceis de serem conduzidos quando comparados aos métodos que utilizam pressão e não exigem mão de obra especializada, além de dispensar investimentos em equipamentos (COSTA, 2003; LEPAGE, 1986). Galvão e Jankowsky (1986) citam que esses processos não industriais oferecem a vantagem se utilizarem o mínimo de equipamentos e por isso viabiliza o seu uso em propriedades rurais. Se bem conduzidos, os métodos sem pressão podem proporcionar alta durabilidade às madeiras com baixa resistência aos organismos xilófagos podendo ser de três a dez vezes maior que a durabilidade natural (BLEW, 1965; WEHR, 1985).

A vida útil dos mourões pode ser aumentada em 10 a 15 anos se o tratamento for bem sucedido em relação ao preparo do material e da solução preservativa (MAGALHÃES E PEREIRA, 2003).

Os processos sem pressão são divididos em pincelamento, imersão rápida, imersão prolongada, processo de difusão simples, processo de dupla difusão, banho quente-frio e substituição de seiva (LEPAGE, 1986).

Galvão (1969); Forest Products Laboratory (2010); Jankowsky (1990); Lepage (1996); Paes et al., (2001) e Wehr (1985) descrevem os processos de tratamento de madeira sem pressão: (1) Pincelamento: processo simples realizado com preservativos hidrossolúveis ou oleossolúveis de baixa viscosidade, a penetração da solução é superficial sendo esse método indicado quando a ocorrência de organismos

xilófagos for baixa ou não houver outro método mais eficaz; (2) Imersão rápida: a madeira é imersa na solução preservativa por poucos minutos quando a madeira se encontra abaixo do ponto de saturação das fibras, apesar de ser mais eficiente que o processo anterior, prolonga pouco a durabilidade da madeira e por isso deve se utilizar outras medidas como a vedação dos topos; (3) Imersão prolongada: o tratamento ocorre por difusão, pois as soluções preservativas concentradas entram em contato com a madeira verde diluindo a seiva e penetrando gradativamente para dentro da madeira, sendo indispensável que a madeira esteja verde para o uso de soluções hidrossolúveis e abaixo do ponto de saturação das fibras, já para o uso de produtos oleossolúveis de baixa viscosidade, a absorção do produto é mais intensa no primeiro dia de tratamento, diminuindo posteriormente e por essa razão o tempo de imersão podem ser estendido por vários dias; (4) Processos de difusão simples: a madeira saturada de água é totalmente submersa na solução contendo sais preservativos para que ocorra migração da solução para o interior da madeira, assim esse processo só é eficaz quando a madeira possui elevado teor de umidade, pois a secagem provoca o bloqueio do movimento da solução nos capilares da madeira através de bolhas de ar em seu interior; (5) Processo de dupla difusão: se dá pela reação entre os sais de dois produtos químicos formando um precipitado dentro da madeira. Primeiramente, a madeira ainda verde é imersa em uma solução, posteriormente é imersa em outra solução, objetivando assim a formação de sais insolúveis resistentes a lixiviação; (6) Banho quente-frio: é utilizada solução preservativa de natureza oleosa, sendo indicado para madeira seca e sem casca, onde as peças primeiro são colocadas em um recipiente com o produto aquecido a 100°C por aproximadamente 2 horas até a madeira entre em equilíbrio térmico com a solução e posteriormente as peças são transferidas para outro recipiente contendo solução em temperatura ambiente onde permanecem por 4 horas, quando a peça volta à temperatura ambiente, o ar contido na madeira se contrai e a solução preservativa é absorvida. O objetivo de utilizar banhos em temperaturas diferentes é formar um gradiente de pressão onde o banho quente expande o ar contido no interior da madeira e o banho frio provoca contração desse ar formando vácuo que ocasiona a absorção do produto. Ocorre certa penetração de produto durante o banho quente, porem é no banho frio que a penetração é mais expressiva, chegando a alcançar de 96 a 128 kg/m³ de madeira; (7) Processos de substituição de seiva: indicados para mourões recém abatidos, onde a seiva se desloca por meio de solução hidrossolúvel. A madeira é colocada no sentido vertical em tambores contendo o produto preservativo de modo que a base dos mourões fique imersa e

o topo fique fora do tambor. Como se trata de um processo lento que dura cerca de sete dias, não se pode utilizar produtos preservativos de rápida fixação como o CCA, recomendando-se o uso de produtos de fixação mais lenta, como o CCB. Existem dois processos de substituição de seiva, o processo Boucherie e a transpiração radial.

2.3.3.1. Substituição de seiva

Em se tratando dos métodos não industriais, o processo mais conhecido é o de substituição de seiva por transpiração radial, método que visa substituir a seiva da madeira ainda verde pela solução preservativa. Para tanto, é necessário que a madeira seja tratada no máximo 24 a 48 horas após a sua derrubada (LEPAGE, 1986; FARIAS SOBRINHO et al., 2005; TORRES et al., 2011).

Quando a madeira verde é tratada pelo processo de substituição de seiva, ocorrem dois mecanismos de absorção, sendo um deles devido à remoção da seiva na parte superior, em função da circulação do ar, da temperatura e da umidade relativa. Através das forças de capilaridade que se formam devido as tensões negativas, a solução preservativa é obrigada a translocar para a parte superior dos mourões. Como a madeira em tratamento possui elevado teor de umidade, também ocorre o fenômeno da difusão que é explicado pela tendência de uma substância em uma região de alta concentração, no caso a solução preservativa, passar para uma região de baixa concentração (madeira verde) até atingir um equilíbrio.

Tal difusão é variável, dependente dos componentes químicos do preservativo e quando os elementos não são bem fixados na madeira pode ocorrer lixiviação dos mesmos para o solo ou para hortas e plantas frutíferas que ficam próximas dos mourões tratados, além de reduzir a resistência da madeira à organismos xilófagos (FOREST PRODUCTS LABORATORY, 2010; LEPAGE, 1986; WHER, 1985).

O método de substituição de seiva pode ser dividido em dois tipos: Boucherie, indicado para peças de madeira com comprimento acima de 2,20 metros e transpiração radial indicado para mourões com até 2,20 metros de comprimento. No processo Boucherie o poste recém abatido é colocado no chão com uma das extremidades levemente inclinada em relação à outra, o preservativo é alimentado por um tanque, através de uma tubulação que se comunica com a extremidade elevada por meio de uma capa de borracha ajustada ao diâmetro da peça sendo a pressão hidrostática da solução que realça o

preservativo ao longo da peça, deslocando a seiva que sai pela outra extremidade (LEPAGE, 1986).

O método de transpiração radial baseia-se na substituição da seiva por uma solução preservativa hidrossolúvel que deve ter entre 2% e 5% de concentração onde a madeira verde e roliça é descascada e disposta verticalmente em tambores com sua base maior imersa na solução preservativa em tambores cortados ao meio. Para se evitar a evaporação da solução, é indicado colocar na superfície da solução uma camada protetora de óleo. O processo deve ocorrer em ambiente abrigado da chuva e do sol e que permita boa ventilação entre as peças. Ao passo que a água da seiva se evapora, a solução preservativa penetra por difusão e capilaridade, por isso a solução nos tambores deve ser mantida constante, fazendo a reposição da mesma sempre que necessário. A quantidade de solução preservativa a ser absorvida é calculada baseando-se no volume de madeira, calculado através do comprimento e diâmetro das peças. Quando a madeira atinge a retenção desejada o processo é interrompido e para que ocorra a fixação dos produtos químicos na madeira, para tanto, as peças devem ser colocadas ao abrigo das chuvas por um período de 25 a 30 dias para secagem ao ar livre (LEPAGE, 1986; MAGALHÃES e PEREIRA, 2003; TORRES et al., 2011, WEHR, 1985).

Dentre os fatores que influenciam o tratamento preservativo em processos sem pressão estão madeira utilizada, solução de tratamento e o processo de tratamento. Fatores ligados à anatomia da madeira podem prejudicar o tratamento como, por exemplo, má distribuição do produto causada pela dificuldade da passagem de líquidos quando as pontoações areoladas tendem a se fechar; grande quantidade de resina presente na madeira que podem bloquear canais resiníferos e pontoações prejudicando a absorção de líquidos. Quando a solução preservativa entra em contato com a madeira pode haver precipitação na solução devido ao diferente coeficiente de difusão dos componentes presentes no produto preservativo causando assim o desbalanceamento da solução. Além disso, a precipitação pode levar a fixação desigual do produto preservativo ou também acelerar a reação de fixação, bloqueando assim a absorção da solução de tratamento. Outro fator que influencia o tratamento preservativo é o tempo de tratamento. São recomendados entre quatro e dez dias de tratamento para o processo de substituição de seiva, sendo esse tempo influenciado pela umidade relativa, temperatura e circulação de ar no local de tratamento (WEHR, 1985).

2.4. Controle de qualidade da madeira preservada quimicamente

A Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 9480 (2009) determina alguns parâmetros para a comercialização da espécie de eucalipto tratado como mourões, tais como características físicas e mecânicas, dimensões, defeitos e qualidade do tratamento de preservação.

2.4.1. Forma e características físicas e mecânicas dos mourões tratados de *Eucalyptus spp*

A principal causa dos baixos rendimentos ocorridos no processamento mecânico da madeira de rápido crescimento é a ocorrência de rachaduras e as tensões de crescimento são responsáveis por grande parte dos defeitos ocorridos durante as fases de processamento da madeira de eucalipto (LIMA et al., 2007; CALONEGO e SEVERO, 2005).

As tensões de crescimento são características próprias das árvores, resultado da ação de forças internas atuantes sobre seus tecidos a fim de mantê-las integras e eretas e ocorrem no interior dos troncos antes da derrubada dando estabilidade e equilíbrio para as mesmas (LIMA et al., 2007; LIMA et al., 2004).

Há divergências em relação ao comportamento das tensões de crescimento com a altura da árvore e consequentemente com o diâmetro das toras (CALONEGO e SEVERO, 2005). Alguns autores afirmam que as rachaduras são mais intensas em peças de diâmetros maiores outros dizem que toras com diâmetros menores apresentam maiores índices de rachaduras. Já Lima (2005) e Lima et al., (2007) concluíram que a classe de diâmetro não tem influência no índice de rachaduras.

Severo e Tomaselli (2000) estudando a ocorrência de rachaduras em duas procedências (Dorrigo e Unverville) de *Eucalyptus dunnii*, observaram que houve uma diferença significativa no índice de rachaduras entre as espécies sendo Dorrigo de 86,7% e Unverville de 46,62%. Calonego e Severo (2005) estudando *E. grandis* encontrou os valores 31,55% e 15,1% para diferentes diâmetros. Já para Souza et al., (2012) o índice de rachaduras da mesma espécie foi de 23,7%. Assim os diferentes índices de rachaduras encontrados mostram que os níveis de tensões de crescimento das diferentes espécies de eucalipto são variáveis.

Segundo Rocha (2000), a intensidade dos defeitos da madeira serrada pode variar entre espécies do gênero *Eucalyptus*.

Hornburg et al., (2012) avaliaram espécies promissoras para a produção de madeira maciça com diferentes classes de diâmetros das seguintes espécies: *Corymbia torelliana* F. Muell., *Eucalyptus cloeziana* F. Muell., *Eucalyptus resinifera* Sm., *Eucalyptus pilularis* Sm., *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e do híbrido *Eucalyptus grandis* W Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Os autores verificaram que houve diferença no índice de rachaduras entre as espécies estudadas, sendo que as espécies *Eucalyptus resinifera*, *Eucalyptus pilularis* e *Eucalyptus grandis* apresentaram a maior intensidade média de rachaduras e a espécie *Corymbia torelliana* F. Muell apresentou intensidade de rachaduras, diferindo estatisticamente das demais espécies na média e em todas as classes de diâmetro das toras.

Segundo a ABNT NBR 9480 (2009), a peça roliça é classificada em função do seu diâmetro no topo, medido em centímetros, e seu comprimento nominal, medido em metros. São inadmissíveis defeitos nas peças roliças como sinais de apodrecimento, avarias no alburno e fraturas transversais que comprometem a resistência mecânica. Entretanto, alguns defeitos são admissíveis, dependendo da forma em que se apresentam. Os empenamentos são admissíveis desde que sua curvatura em um plano e uma direção ou curvatura dupla seja no máximo de 1,4 cm por metro acima da linha de afloramento. Para sinuosidade das peças, em qualquer trecho com comprimento mínimo de 1,50 m, o desvio de direção deve ser menor que a metade do diâmetro da seção media da parte sinuosa.

Fendas e rachaduras são defeitos limitantes ao uso de mourões de eucalipto preservado. É admitida a existência de fendas em peças roliças nas seguintes dimensõe máximas: (1) na base: 30 cm de comprimento e 5 mm de abertura; (2) no topo: 20 cm de comprimento e 5 mm de abertura; (3) no corpo da peças roliça: 50 cm de comprimento e 5 mm de abertura.

Já as rachaduras, devem obedecer os seguintes requisitos: (1) quando são limitadas por um ângulo de até 90°: a abertura da rachadura deve ser igual ou inferior a 10% do diâmetro (do topo ou da base) onde ocorrer; (2) quando o ângulo é maior que 90°: a abertura da rachadura não deve ultrapassar 5% do diâmetro (do topo ou da base) onde ocorrer.

No item 3.3.1. (Figura 6) é ilustrada a diferenciação entre rachaduras de topo ou base, fendas de topo ou base e fendas de corpo no mourão.

Em relação às características físicas, a massa específica básica da madeira de eucalipto deve ser igual ou superior a 538 kg/m^3. A conicidade em diâmetro da peça roliça deve ser igual ou inferior a 10 mm/m.

Quando se deseja usar a madeira para fins estruturais como mourões, as peças devem apresentar a devida resistência mecânica como estabelece a norma ABNT NBR 9480 (2009). A resistência à flexão da madeira deve ser comprovada em função da densidade das espécies de eucalipto que constituem o lote. Somente 5% das peças podem apresentar resistência à flexão igual ou inferior aos valores citados na Tabela 1, em função do teor de umidade (base seca).

Tabela 1. Resistência a flexão estática mínima requerida para mourões tratados em função do teor de umidade conforme preconiza a norma ANBT – NBR 9480 (2009).

Teor de umidade (base seca) %	Resistência característica à flexão MPa
8	55
10	53
12	52
14	50
16	49
18	48
20	46
22	45
24	44
26	42
28	41
30	40

Fonte: ABNT- NBR 9480 (2009).

A norma ABNT- NBR 9480 (2009) estipula que a resistência a flexão estática a 12% de umidade deve ser no mínimo de 52 MPa. Apesar de algumas espécies escolhidas para o presente estudo apresentarem através da literatura massa especifica básica abaixo do recomendado pela norma, a resistência a flexão das mesmas está acima do mínimo determinado pela norma, viabilizado assim o uso de tais espécies para a utilização como mourões.

2.4.2. Penetração de produtos químicos nos mourões tratados de *Eucalyptus spp.*

A penetração do produto químico é uma forma de avaliar qualitativamente a profundidade atingida e a distribuição do produto no interior da madeira (CAMPOS et al., 2003).

A penetração do produto químico na madeira está relacionada com sua permeabilidade, sendo a permeabilidade uma propriedade que indica a facilidade ou não de determinado fluído penetrar pelas estruturas celulares da madeira. A permeabilidade pode determinar a qualidade de impregnação de produtos preservativos e assim a durabilidade da madeira pode ser prolongada empregando-se tratamento químico adequado (BRISOLARI, 2008; LEPAGE, 1986).

A determinação da penetração é realizada através de reações colorimétricas que identificam a presença dos elementos químicos presentes na solução preservativa. Discos dos mourões preservados são retirados e posteriormente lixados para receberem a solução colorimétrica. Para identificação da presença do elemento cobre é utilizada solução de Cromoazurol S, onde há presença do elemento, a peça adquire coloração azulada. Para identificação do elemento boro é aplicada uma solução contendo álcool polivinílico e iodo e assim como o cobre, a região onde há presença do boro também se torna azulada (ABNT P-MB-790).

Os níveis de penetração são variáveis em tratamentos com pressão e sem pressão. Na maioria das espécies o cerne é mais difícil de ser tratado que o alburno, além disso, as espécies diferem bastante entre si o grau de tratabilidade (FOREST PRODUCTS LABORATORY, 2010).

Campos et al., (2003) classifica os padrões de penetrações mais comuns conforme a Figura 1.

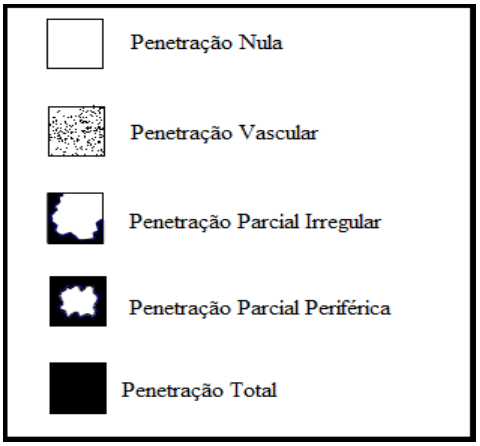

Figura 1. Classificação dos níveis de penetração do produto preservativo nas peças de madeira tratadas por intermédio da aplicação do produto químico revelador Cromoazurol S, sugerido por Campos et al. (2003).

O autor cita que questões como localização e retenção do preservante nas células da madeira são fundamentais na demonstração da eficácia do método de tratamento e na ação do preservante em relação à resistência à decomposição por organismos xilófagos.

A norma P-EB – 474 da ABNT (1973) estabelece que a penetração do produto seja total no alburno, porém Galvão (1968) afirma que não é possível que o alburno seja 100% tratado em métodos que não utilizam pressão durante o tratamento de madeira. Desse modo, classificam-se penetrações superiores a 10 mm como satisfatórias. Apesar de a penetração ser considerado um bom indicativo da eficiência do tratamento, ela não representa o valor real da proteção alcançada e desse modo se faz necessária a análise da retenção do produto preservativo na madeira (PAES et al., 2001).

2.4.3. Retenção de produtos químicos nos mourões tratados de *Eucalyptus spp.*

A retenção de produtos químicos é uma forma de avaliar quantitativamente a eficiência do tratamento preservativo. A retenção é definida como a quantidade, expressa em kg/m³, de produto químico retido em um determinado volume de madeira (LEPAGE, 1986). A norma P-EB – 474 da ABNT (1973) estabelece que os mourões utilizados no meio rural, em contato com o solo, tratados com sais hidrossolúveis devem apresentar uma retenção mínima de 6,5 kg de ingredientes ativos/m^3 de madeira tratada. Já peças que não estejam em contato com o solo, mas exposta à intempérie, a retenção mínima apresentada deve ser de 4,0 kg de ingredientes ativos/m^3 de madeira tratada.

A tabela 2 ilustra as características prescritas pela ABNT NBR 9480 (2009), as quais os mourões tratados devem atender.

Tabela 2. Características de preservação.

Preservativo/ Característica	Creosoto	CCA/CCB	CA-B
Penetração	100% do alburno	100% do alburno	100% do alburno
Retenção mínima (peças suspensas)	100 kg/m³	4,0 kg de ingredientes ativos por m³ de madeira tratável	1,7 kg de ingredientes ativos por m³ de madeira tratável
Retenção mínima (peças em contato com o solo)	100 kg/m³	6,5 kg de ingredientes ativos por m³ de madeira tratável	3,3 kg de ingredientes ativos por m³ de madeira tratável

Fonte: ABNT NBR 9480 (2009).

2.5. Principais espécies de *Eucalyptus spp*. indicadas para uso como mourões

O *Eucalyptus* é uma árvore nativa da Austrália, do Timor e da Indonésia, sendo exótico em todas as outras partes do mundo. Os primeiros plantios se iniciaram no início do século XVIII, na Europa, na Ásia e na África. Já no século XIX, começou a ser plantado em países como Espanha, Índia, Brasil, Argentina e Portugal. Esse gênero foi descoberto e descrito por L' Heritier em 1788, sendo *Eucalyptus oblíqua*, a primeira espécie encontrada (ANDRADE, 1961; GUIA DO EUCALIPTO, 2008).

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, compreende 70 gêneros e 3000 espécies de arbustos e árvores sendo representado por espécies com alta taxa de crescimento, forma retilínea do fuste, desrama natural e madeira com propriedades tecnológicas variadas adaptadas às diversas condições de uso (OLIVEIRA et al., 1999).

Em 1904, ano em que foi introduzido o plantio de eucalipto no Brasil, o objetivo era suprir as necessidades de lenha, postes e dormentes das estradas de ferro na região Sudeste. Posteriormente, passou a ser matéria-prima para as indústrias de papel e celulose (DOSSA et al., 2002).

No Brasil, o gênero *Eucalyptus* se classifica como espécie florestal mais importante graças à extensa área plantada e o seu satisfatório desempenho na indústria como matéria-prima para produção de madeira, celulose, papel, carvão e óleos essenciais (BRISOLA e DEMARCO, 2011).

Segundo Severo e Tomaselli (2000), o gênero *Eucalyptus* pode ser considerado uma alternativa na substituição do uso das florestas naturais graças às características físico-mecanicas satisfatórias e desse modo auxiliar na demanda interna e externa por espécies nativas.

O gênero *Eucalyptus* apresenta diversas espécies indicadas para os mais variados usos, porém, mesmo sendo uma cultura de desenvolvimento satisfatório em condições climáticas variadas, as espécies entre si apresentam comportamentos diferentes quanto aos estímulos ambientais de cada nicho ecológico (DEL QUIQUI et al., 2001).

Algumas espécies apresentam possibilidades de serem preservadas quimicamente para utilização como mourões, uma vez que apresentam elevada resistência natural em relação as demais espécies de eucalipto, elevada resistência mecânica e baixo índice de rachaduras como, por exemplo, as espécies *Corymbia citriodora, Eucalyptus camaldulensis, Eucalyptus saligna, Eucalyptus grandis, Eucalyptus urophylla* (BARILLARI, 2002; CAMPOS et al., 2003; RAMOS et al., 2006; FARIA SOBRINHO et al., 2005).

No ano de 2012, a área correspondente a plantios florestais de *Eucalyptus* no Brasil foi de 76,6%, representando um crescimento de 2,5% em relação ao total de 2011. Esse incremento foi baixo tendo em vista o crescimento médio anual de 4,5% no período de 2005 a 2009. A crise financeira internacional afetou a economia mundial, sendo responsável por essa redução da taxa de crescimento das áreas plantadas com *Eucalyptus*, no entanto, a área de plantio com *Eucalyptus* representa cerca de 4,98 milhões de hectares da área total de plantio de florestas (ABRAF, 2013).

No Brasil atualmente dentre as principais espécies cultivadas estão o *Eucalyptus grandis,* o *Eucalyptus camaldulensis,* o *Eucalyptus saligna* e o *Eucalyptus urophylla*. Em menor escala, encontram-se *E. camaldulensis, E. globulus, E. robusta e E. tereticornis.* Além disso, foram desenvolvidos cruzamentos entre as espécies, resultando em híbridos, como é o caso do *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis.*

O *Eucalyptus camaldulensis* é uma espécie que ocorre em quase todos os estados Australianos, com exceção da Tasmânia. Possui ampla distribuição geográfica sendo uma das espécies mais adequadas para zonas críticas de reflorestamento onde deficiência hídrica e problemas ligados ao solo sejam fatores limitantes para outras espécies. A espécie apresenta características interessantes como boa adaptação em regiões

caracterizadas por solos pobres e prolongada estação seca; tolerância a inundações periódicas; moderada resistência a geadas, madeira mais densa com cerne diferenciado de coloração mais intensa quando comparado ao *E. grandis* e *E. saligna* e se regenera bem através das brotações das cepas. (MORA e GARCIA, 2000; FERREIRA, 1979). Apresenta resistência do cerne a organismos xilófagos considerada de moderada a baixa, porém, o alburno bastante permeável facilita sua tratabilidade protegendo assim a madeira contra a biodeterioração (IPT, 1989). Essa espécie possui madeira de cor avermelhada e de densidade entre mediana e elevada, em torno de 0,60 g/cm^3 (BRITO e BARRICHELO, 1977) e resistência à flexão entre 90 a 104 MPa. Não é muito aceita para produção de papel e celulose sendo recomendada sua utilização para serrarias, mourões, dormentes, lenha e carvão (LOPES, 2005). Na região do Cerrado e da Caatinga assim como no Nordeste brasileiro é considerado uma espécie de futuro promissor (EVANGELISTA, 2007).

A espécie *Corymbia citriodora* ocorre nas regiões norte e centro de Queensland (Austrália). A precipitação pluviométrica média anual varia de 625 a 1.000 mm. Tolerante a temperatura média das máximas do mês mais quente entre 29 a 35ºC, temperatura média das mínimas do mês mais frio entre 5 a 10ºC. O período de seca pode variar de 5 a 7 meses, envolvendo a época mais quente do ano. Praticamente não ocorrem geadas na zona de ocorrência natural. A madeira é muito utilizada para construções, estruturas, caixotaria, postes, dormentes, mourões, lenha e carvão. Embora apresente boa resistência a deficiências hídricas, ocorrência de geadas no estado de São Paulo pode tornar a espécie suscetível. Já em solos pobres pode ocorrer alta incidência de bifurcações ligadas a deficiências nutricionais (principalmente boro). A espécie *Corymbia citriodora* regenera-se muito bem por brotações das cepas (FERREIRA, 1979). É uma das espécies mais disseminadas no Brasil apresentando densidade excelente quando destinada a serraria, produção de carvão vegetal, estruturas, dormentes e utilização das folhas na obtenção de óleos vegetais (LOPES, 2005). Apresenta restrições em solos pobres e regiões onde ocorram geadas severas, sendo este o fator limitante de seu plantio (MORA e GARCIA, 2000). A madeira é suscetível à ação de fungos e xilófagos marinhos, mas resistente ao apodrecimento e durável ao ataque de cupins e apresenta alburno bastante permeável fácil de ser tratado (BERNI et al.,1979; LOPEZ,1982; SILVA,2001). A densidade da espécie *Corymbia citriodora* se apresenta em torno de 0,73g/cm^3 (BRITO e BARRICHELO, 1977; PEREIRA et al.,2000), sendo essa uma densidade bastante elevada, e a resistência a flexão em torno de 121,4 MPa (IPT,1989) indica a espécie para utilização em pequenas e médias

propriedades rurais para o uso em mourão de cerca, construção rural, poste, serraria, carvão vegetal.

Segundo Ferreira (1978), o *Eucalyptus cloeziana* trata-se de uma espécie que ocorre geralmente nas regiões central e norte do Estado de Queensland e se caracteriza por se desenvolver de forma espalhada ao invés de populações continuas. A precipitação pluviométrica média anual varia de 1.000 a 1.600 mm e a temperatura média das máximas do mês mais quente, situa-se em torno de 29ºC, e a média das mínimas do mês mais frio, entre 8 a 12ºC. O período de seca não ultrapassa 3 a 4 meses. As geadas são raras e pouco severas. Não se adapta bem em regiões com deficiência hídrica severa, e pelo fato de ser originaria de áreas predominantemente tropicais é suscetível a geadas. Sua capacidade de brotação por cepas é baixa e exige solos de fertilidade média a boa. Para MORA e GARCIA, (2000) a espécie apresenta fuste reto e colunar, de forma bastante regular, sendo uma madeira de elevada densidade recomendada para utilização em serraria, postes, dormentes e carvão vegetal. A madeira produzida pela espécie tem densidade em torno de 0,60 g/cm^3, considerada alta, durável e com ampla utilização e sua resistência a flexão está em torno de 62,04 MPa (CARRASCO et al.,2008). A espécie é indicada para serraria, escoras, estruturas e dormentes, sendo considerada a melhor espécie para postes (FERREIRA e KAGEYAMA, 1978).

O *Eucalyptus urophylla* tem origem no Timor e outras ilhas a leste do arquipélago da Indonésia, entre as latitudes de 8 a 10°S e altitudes de 400 a 3.000 m com precipitação pluviométrica média anual compreendida entre 1.000 a 1.500 mm concentrada no verão. O período seco não ultrapassa 4 meses e a temperatura média das máximas do mês mais quente fica em torno de 29°C. A temperatura das mínimas do mês mais frio varia entre 8 a 12°C. As geadas podem ocorrer nas zonas de maior altitude. É uma das espécies de eucalipto mais resistentes ao déficit hídrico (FERREIRA,1979). O interesse pela espécie surgiu no Brasil após comprovada sua resistência ao cancro do eucalipto. Graças a essa característica e também as propriedades de sua madeira, o *Eucalyptus urophylla* pode ser um bom substituto do *Eucalyptus grandis* nas localidades onde este ultimo se torna suscetível ao cancro (MORA & GARCIA, 2000). Possui ampla possibilidade de uso, considerada uma das espécies de maior potencial no Brasil. Sua densidade básica fica em torno de 0,51 g/cm^3 e 0,75 g/cm^3 (BRITO e BARRICHELO, 1977), podendo ser utilizada em paletes, celulose, chapas duras, painéis aglomerados, carvão e mourões quando a madeira é proveniente de plantações de ciclos curtos e a

resistência a flexão em torno de 126,65 MPa. Quando é procedente de plantações de ciclos longos, pode ser destinada a construções, laminados e fabricações de moveis (EVANGELISTA, 2007; SCANAVACA JUNIOR e GARCIA,2004).

O *Eucalyptus torelliana* apresenta poucos estudos sobre a espécie. Ferreira e Kageyama (1978), citam que aos 4 anos de idade, a espécie atinge densidade em torno de 0,48 g/cm^3 e resistência a flexão em torno de 68,58 MPa (BROCCO et al., 2012), sendo considerada uma espécie de alta densidade recomendada na utilização de mourões.

A espécie *Eucalyptus saligna* apresenta cerne considerado de resistência baixa a moderada aos organismos xilófagos e seu alburno tem grande permeabilidade facilitando sua tratabilidade. A densidade da madeira está em torno de 0,66 g/cm³ para madeiras com 11 anos (BRITO e BARRICHELO, 1977) e sua resistência a flexão em torno de 101,6 MPa (IPT, 1989b).

Um dos híbridos de eucalipto mais conhecidos e usados no Brasil é o *Eucalyptus grandis x Eucalyptus. urophylla*. Essa mistura reúne as melhores características do *Eucalyptus grandis* como crescimento e qualidade da madeira, e do *Eucalyptus urophylla* como adaptação e resistência a doenças, particularmente ao fungo causador do cancro do eucalipto (GUIA DO EUCALIPTO, 2008). A hibridação possibilita gerar indivíduos com características selecionadas que se adaptem ao local de cultivo e ao processo industrial desejado (CARVALHO, 2000). O híbrido *Eucalyptus urograndis* apresenta densidade entre 0,44 e 0,67 g/cm³ e resistência a flexão em torno de 82 MPa (GONÇALVES et al., 2009).

O *Eucalyptus grandis* é uma espécie dotada de qualidades que se destacam frente outras espécies quando as condições ambientais são apropriadas. Tem como característica a formação de fustes lisos devido ao fato de desramar-se espontaneamente. É uma madeira considerada com moderada resistência aos fungos apodrecedores e cupins, mas com baixa durabilidade aos fungos de podridão mole e cupins de solo, no entanto, o alburno é permeável facilitando o tratabilidade da espécie. A madeira é boa para serraria, a espécie apresenta densidade em torno de 0,62 g/cm³ (BRITO e BARRICHELO, 1977) e resistência a flexão em torno de 75,6 MPa (VILLAS BOAS et al., 2009; SILVA, 2001; IPT, 1989b).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Seleção das espécies e coleta do material

No experimento foram utilizados 8 espécies de *Eucalyptus spp.*, sendo 3 árvores de cada espécie de onde foram retirados 3 mourões de cada árvore com 2,20 m de comprimento, totalizando 9 mourões por espécie, de onde se obteve 72 mourões ao todo. As espécies de madeira estudadas foram: *E. camaldulensis*, *C. citriodora*, *E. cloeziana*, *E. urophylla*, *E. torelliana*, *E. saligna*, *E. grandis* e o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*. As árvores foram retiradas de um povoamento com 20 anos de idade, de um plantio localizado na Fazenda Experimental Lageado – UNESP – Botucatu, SP.

Os mourões foram tratados pelo método denominado substituição de seiva, por transpiração radial, sendo utilizado o produto comercialmente conhecido por CCB (Borato de Cobre Cromatado). A escolha desse método se deve ao fato de ser uma técnica de manuseio simples e adequada ao meio rural.

As árvores das espécies de eucalipto derrubadas apresentavam DAP em torno de 12 a 16 cm, sendo que essa é a classe de diâmetro mais usada comercialmente para mourões tratados. Após a derrubada, os mourões foram transportados para o Laboratório de Secagem e Preservação de Madeira da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP de Botucatu, SP., onde foram descascados após 12 horas da derrubada das árvores e selecionados para que cada tratamento tivesse aproximadamente o mesmo volume de madeira.

A Figura 2 ilustra as etapas desde a derrubada das árvores até os mourões já descascados no local de tratamento.

Figura 2. Coleta e preparo dos mourões para o tratamento preservativo: A - Derrubada das árvores; B - Mourões ainda com casca já no local de realização do tratamento; C e D: Mourões já descascados e identificados.

3.2. Preparo da solução preservativa e tratamento dos mourões

O produto empregado para o tratamento dos mourões foi o CCB (Borato de Cobre Cromatado), que segundo a norma P-EB-474 da ABNT (1973) é constituído por cobre, cromo e boro, na seguinte proporção química 63,5%, 26,0% e 10,5%, respectivamente.

A concentração do preservativo empregado foi de 2,0% de ingredientes ativos, como sugere a literatura, dentre os quais: Farias Sobrinho et al., (2005), Paes (1991), Paes et al., (2005), Paes et al., (2007), Paes et al., (2008), Ramos et al., (2006) e Torres et al., (2011).

Os mourões foram dispostos em tambores de 200 litros, seccionados ao meio e distribuídos ao acaso no local de tratamento, conforme ilustra a Figura 3. Os mourões foram colocados verticalmente na solução com sua base voltada para baixo, submersas 50 cm da base sendo que as porções aéreas dos mourões ficaram bem separadas para que ocorresse uma boa ventilação entre as peças. Para se evitar o

desbalanceamento da solução por evaporação, foram adicionados 300 ml de óleo queimado sobre a solução preservativa. Em função da absorção pelas peças, a solução de tratamento foi reposta, para manter constante o nível da solução no recipiente, conforme proposto por vários autores, dentre os quais: COSTA et al., 2005; FARIAS SOBRINHO et al., (2005), MODES et al., (2011); PAES et al., (2005), PAES et al., 2007; TORRES et al., (2011).

Figura 3. Tratamento dos mourões.

3.3. Seleção de amostras para determinação da qualidade dos mourões de *Eucalyptus spp.* tratados

Após o tratamento, os mourões foram empilhados em local seco, coberto e ventilado, como mostra a Figura 4, por um período de aproximadamente trinta dias, para assegurar uma boa fixação dos sais preservativos na madeira.

Figura 4. Mourões empilhados após tratamento para fixação do produto preservativo.

Posteriormente, foram retirados discos de aproximadamente 2,0 cm de espessura na posição 1, correspondente à região de afloramento em peças instaladas como mourões em cercas. (Figura 5). Os discos foram retirados somente dessa região de pelo fato de que o topo e o meio do mourão não apresentam as condições ótimas para o desenvolvimento de fungos e cupins como apresenta a região de afloramento (MODES et al., 2011; PAES et al (2005), PAES et al., 2007; TORRES et al., 2011).

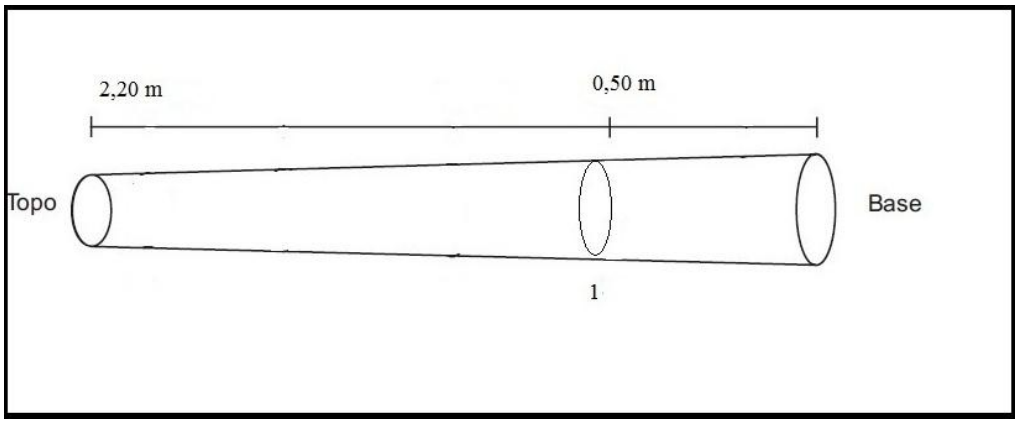

Figura 5. Posições nas peças onde foram retirados os discos para análises químicas. Adaptado de PAES et al., 2007.

Os parâmetros avaliados foram a penetração, através de métodos colorimétricos e a retenção do produto químico através de analise química da madeira.

3.3.1. Avaliação das propriedades físicas e do índice de rachaduras dos mourões de *Eucalyptus spp*.

Após o tratamento preservativo da madeira, as peças foram analisadas quanto a densidade, forma do mourão, presença de fendas e rachaduras de acordo com a ABNT-NBR 9480 (2009).

Segundo a norma técnica, há diferenças entre rachaduras e fendas, e o conceito é explicado de acordo com a ABNT - NBR 9480 (2009, p.3-4).

> "Fenda – Separação do tecido lenhoso, ao longo das fibras longitudinais da madeira nitidamente visível em uma face, podendo se estender de um lado a outro da peça roliça, e nesse caso denominada fenda diametral. Racha ou rachadura – Separação dos tecidos lenhosos ao longo das fibras, geralmente entre dois anéis de crescimento."

Desse modo, a Figura 6 ilustra a diferenciação entre as rachaduras de topo ou base, fendas de topo ou base e fendas de corpo no mourão.

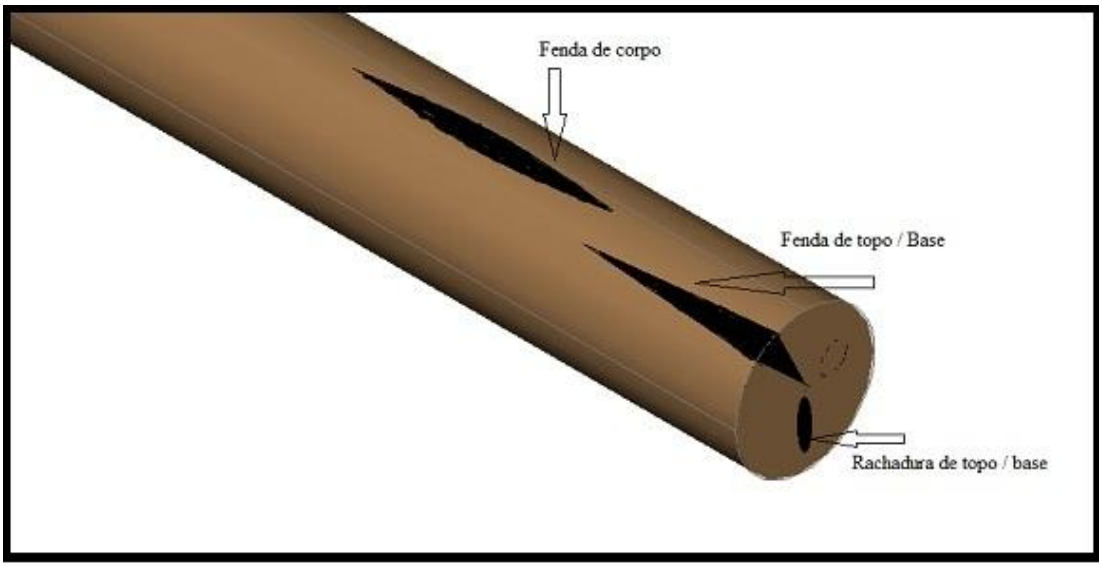

Figura 6. Rachadura de topo e base, fenda de topo e base e fenda de corpo segundo norma ABNT – NBR 9480 (2009). Fonte: Lima (2012).

No final do tratamento, após a fixação do produto preservativo na madeira, foram medidas as fendas e as rachaduras existentes nos mourões de cada espécie. Foi realizada a medição das rachaduras de topo de base e também das aberturas e comprimento das fendas, a fim de classificar o mourão como admissível ou inadmissível para uso, conforme estipula a norma técnica ABNT- NBR 9480 (2009).

As rachaduras foram mensuradas de acordo com a equação (1):

$$\Delta r = \frac{r \times 100}{D - r} \qquad (1)$$

Onde:

Δr = Porcentagem de rachadura (%)

r = Rachadura da secção (cm)

D = Diâmetro da secção (cm)

As fendas do topo ou da base foram medidas a partir das aberturas no sentido transversal ao comprimento do diâmetro do mourão. São admitidas fendas no topo com no máximo 5 mm de abertura e 20 cm de comprimento, para a base, são aceitas aberturas de no máximo 5 mm e comprimento de até 30 cm. Também foram medidas

fendas ao longo do corpo do mourão, onde são admissíveis no máximo fendas de 5 mm de abertura e 50 cm de comprimento.

3.3.2. Avaliação qualitativa da penetração do produto preservativo em mourões de *Eucalyptus spp.*

A avaliação da qualidade de penetração do produto preservativo nos mourões foi realizada conforme recomendado por Campos et al., (2003).

Campos et al., (2003) classifica os tipos de penetração em total, parcial periférica, parcial irregular, vascular e nula. A Figura 7 demonstra os tipos de penetração obtida pelas espécies de eucalipto estudadas.

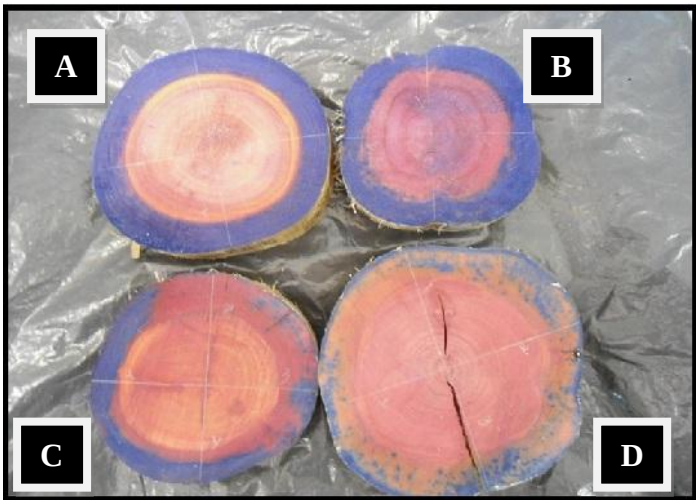

Figura 7. Classificação da penetração em mourões de *Eucalyptus spp*. preservados: A e B – penetração parcial periférica; C – penetração parcial irregular; D – penetração vascular.

3.3.3. Avaliação quantitativa da penetração do produto preservativo em mourões de *Eucalyptus spp.*

Para a determinação da penetração do CCB nos mourões tratados foram seguidas as recomendações da norma P-MB-790 da ABNT (1973), onde os discos foram pulverizados com solução de Cromoazulrol S para se determinar a penetração do cobre e solução de Álcool polivinílico e iodo para determinação da penetração do boro.

Após a fixação do produto preservativo no mourão, quando os mesmos atingiram umidade abaixo de 25%, foram retirados discos, os quais foram lixados e demarcados com duas linhas perpendiculares entre si, passando pela medula, ao longo da

seção transversal do disco para a tomada das quatro medidas, com as quais foram calculadas as médias das penetrações na posição analisada. A Figura 8 ilustra os discos antes e depois de serem lixados e demarcados.

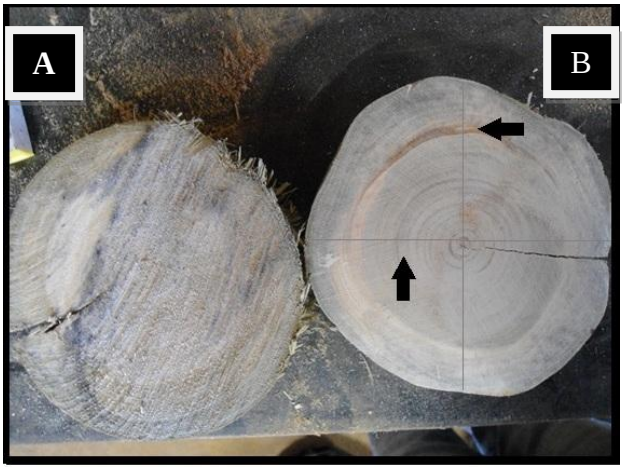

Figura 8. Preparo dos discos para receber solução de Cromoazulrol S para se determinar a penetração do cobre e solução de Álcool polivinílico e iodo para determinação da penetração do boro: A - Disco antes de ser lixado; B - Disco já lixado e demarcado com as linhas perpendiculares.

Os discos lixados e demarcados receberam em uma de suas faces a solução de Cromoazurol S para a determinação da presença de cobre e do outro lado a solução de Álcool polivinílico e iodo para determinação da presença de boro. A presença do elemento cromo não é realizada qualitativamente, sendo determinada quantitativamente através de análise química da madeira. A Figura 9 demonstra os discos com a presença dos elementos cobre e boro.

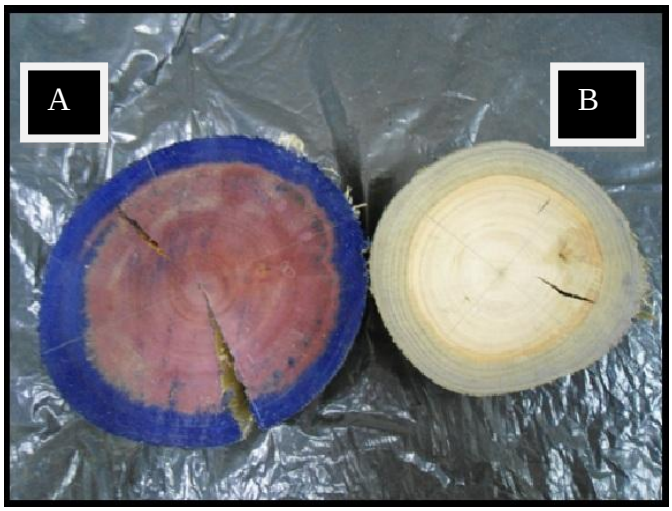

Figura 9. Discos após aplicação de solução reveladora da presença dos elementos cobre e boro: A – Cromoazurol S identificando a presença do elemento cobre; B – Solução de álcool polivinílico e iodo identificando a presença do elemento boro.

A solução para a determinação do cobre foi preparada dissolvendo-se 5 g de Cromoazurol S concentrado e 50 g de Acetado de sódio em 800 ml de água, diluindo essa solução para 1000 ml. A solução foi pincelada em um lado do disco e onde havia presença de cobre, o disco apresentou coloração azulada bastante intensa.

A determinação da presença do elemento boro foi realizada através do uso de duas soluções: (1) Solução de álcool polivinílico: foram dissolvidos 10 g de álcool polivinílico em 1 litro de água quente, após o resfriamento a solução foi filtrada e então adicionou-se 50 ml de ácido clorídrico concentrado; (2) Solução de iodo 0,1 N: foram pesados 20 g de iodeto de potássio (KI) e dissolvidos em 100 ml de água destilada, pesou-se 12,7 g de iodo metálico e dissolveu-se esse iodo metálico na solução de iodeto de potássio, a solução então foi passada para um balão volumétrico de 1000 ml onde se completa o recipiente com água destilada.

Os discos foram pincelados com a solução (1) e após a secagem receberam a solução (2). Assim como na determinação do cobre, a presença do elemento boro deixa os discos com coloração azulada, porém um pouco menos intensa.

Após a secagem das soluções aplicadas nos discos, com auxilio de um paquímetro digital, foi efetuada a mensuração da profundidade de penetração do produto, em quatro pontos do disco, pela tomada da largura desta região, em milímetros, desde a borda dos discos, conforme demonstra a Figura 10 (GALVÃO, 1968; PAES, 1991; TORRES et al., 2011; RAMOS et al., 2006; FARIAS SOBRINHO et al., 2005; PAES et al., 2007; PAES et al., 2005; PAES et al., 2008; MODES et al., 2011).

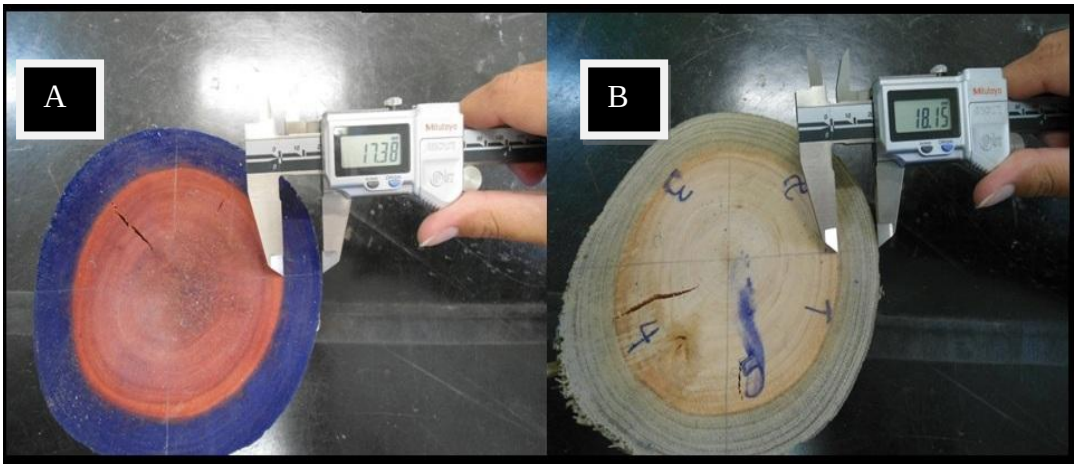

Figura 10. Mensuração da penetração dos elementos cobre e boro com auxilio de paquímetro digital. A – Mensuração do elemento cobre; B – Mensuração do elemento boro.

3.3.4. Avaliação da retenção do produto preservativo em mourões de *Eucalyptus spp*

A retenção do produto preservativo na madeira foi determinada através da metodolgia descrita pela AWPA A-11-93 (2007), adaptada por Wher (1985). Para tanto. Após o período de fixação do produto preservativo nos mourões foram retirados discos, com espessura de 5 cm, da região de afloramento de cada peça para a determinação da retenção dos elementos cromo, cobre e boro.

Posteriormente foram retirados cinco baguetas desde a periferia até a região central de cada disco, com o auxilio de uma furadeira equipada com uma broca especialmente desenvolvida para retirar cilindros com diâmetro de 12 mm e profundidade variável.

A região tratada de cada bagueta foi utilizada para a determinação da massa especifica da madeira a 0% de umidade. Para tanto, as baguetas retiradas de cada disco foram ajustadas, com auxilio de um formão, de forma que permanecesse apenas a área tratada. A Figura 11 ilustra o ajuste das dimensões das baguetas. Salienta-se que a profundidade de penetração do elemento boro determinada no item 3.3.3 foi utilizada para definir o comprimento da bagueta tratada. Posteriormente, as baguetas ajustadas foram pesadas com auxilio de balança analítica e medidas com auxilio de paquímetro digital e após secagem completa em estufa à 103°C ± 2ºC. O volume de cada bagueta foi calculado com base no diâmetro e comprimento das mesmas, conforme a equação (2) e a massa especifica à 0% de umidade de cada bagueta foi determinada pela relação entre massa e volume a 0% de umidade, fornecendo assim um valor médio representativo de cada espécie amostrada.

$$\mathcal{V} = \frac{\pi \times d^2 \times c}{4} \qquad (2)$$

Sendo:

$\mathcal{V}$ = Volume da bagueta (cm³)

d = Diâmetro da bagueta (cm)

c = Comprimento da bagueta (cm)

Figura 11. Baguetas utilizadas para determinação da densidade a 0% de umidade: A – Baguetas contendo cerne e alburno; B – Baguetas após retirada do cerne; C e D – Mensuração das baguetas.

Após a retirada das baguetas, a área tratada dos discos foram serradas em serra fita e, posteriormente foram transformados em palitos para serem moídos juntamente com as baguetas ajustadas em um moinho de faca. Após a moagem dos palitos e das baguetas, a serragem foi classificada para obtenção de serragem fração 40 – 60 “meshes”.

3.3.4.1. Preparo das amostras para leitura em espectrofotômetro de plasma

A determinação da retenção dos elementos cromo, cobre e boro seguiu metodologia descrita pela AWPA A 11-93 (2007), adaptada por Wehr (1985).

Para determinação da retenção dos elementos cromo e cobre foram pesados aproximadamente 0,300 g de madeira em forma de serragem e esse material foi transferido para um balão volumétrico de 250 mL. Foram adicionados 50 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 2,5 M e 10 ml de peróxido de hidrogênio (30%) para a digestão da madeira. As amostras permaneceram em “banho–maria” à temperatura de 70° C a 80° C durante 40 minutos. Após o resfriamento, foram acrescentados 25 mL de solução de sulfato de sódio (Na_2SO_4) a 3,0 %, e completado o volume até 250 mL com água deionizada. Após a filtragem destas soluções foi realizada a leitura das amostras em espectrofotômetro de plasma induzido.

Para determinação da retenção do elemento boro foram pesadas aproximadamente 5,0 gramas da serragem fração 40 e 60 “meshes” obtida anteriormente. Essa serragem foi transferida para um balão volumétrico de 250 mL, onde foram colocados 100 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 2,5 M e 10 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2 – Peridrol) 100 volumes. Os balões contendo as amostras foram colocados em “banho – maria” durante 20 minutos , a uma temperatura em torno de 60° C. Após 24 horas de repouso, foram acrescentados 50 mL de sulfato de sódio (Na_2SO_4) a 3,0 %, e o volume foi completado até 250 mL com água deionizada. Após a agitação essas soluções foram armazenadas em frascos âmbar e transportadas para o laboratório de Ciências do Solo – UNESP – FCA – Botucatu, SP. onde foi realizada a leitura das amostras espectrofotômetro de plasma induzido por argônio (ICP/OES). Trata-se de um equipamento capaz de ionizar a maioria dos elementos químicos da tabela periódica devido à alta temperatura da chama. Desse modo, o equipamento consegue fazer a leitura de todos os elementos presente nas amostras em uma única leitura.

Após a leitura das amostras, foi calculada a retenção de cada elemento a partir da equação descritas no item 3.3.3.2 para os elementos cromo e cobre e item 3.3.3.3 para o elemento boro.

3.3.4.2. Cálculo da retenção dos elementos cromo, cobre e boro

Calculada a massa específica, procedeu-se então o cálculo da retenção dos elementos cromo e cobre acordo com a equação (3):

$$R = \frac{f \times UL \times FD \times \delta m \times 10^{-3}}{m} \qquad (3)$$

Onde:

R = retenção do elemento (kg de i.a /m³)

f = fator estequiométrico usado para transformar os elementos químicos em ingredientes ativos (i.a).

- cromo x 1, 9230 = CrO_3 / cobre x 1,2515 = CuO / boro x 1,000 = B

UL = unidade de leitura em concentração do espectrofotômetro plasma (ppm)

FD = fator de diluição, neste caso FD = 250

δm = densidade da madeira (g/cm³) a 0% de umidade

m = massa de madeira utilizada para análise química (g).

Com o somatório dos valores individuais da retenção de cada elemento químico na madeira, tem-se a retenção final em quilos de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira.

3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para as variáveis massa especifica básica, retenção do produto preservativo e retenção dos elementos cromo, cobre e boro foram adotados métodos de análise paramétrica para análise de variância (ANOVA), com delineamento inteiramente casualizado levando-se em consideração as espécies estudadas e o uso de Tukey para as comparações múltiplas.

Para as variáveis rachaduras, comprimento de fendas de base, topo e corpo, profundidade de fendas na região de afloramento e penetração de cobre e boro foram adotados métodos de analise não paramétrica (Kruskall-Wallis) para análise de variáveis, com delineamento ao acaso, levando-se em consideração as espécies estudadas e o teste de Dunn para comparações múltiplas.

Após a análise individual de cada variável foi realizada uma análise discriminante linear levando em consideração a retenção do produto, profundidade de penetração do produto, profundidade de rachaduras e a densidade básica da madeira com o intuito de classificar as espécies estudadas em grupos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização das rachaduras e fendas das diversas espécies de *Eucalyptus spp.* segundo a norma técnica ABNT NBR 9480 (2009)

Conforme metodologia citada anteriormente (item 3.3.1) foi realizada a caracterização física dos mourões de várias espécies de *Eucalyptus spp.* através do índice de rachaduras nas extremidades das peças e do comportamento das fendas ao longo de cada mourão.

A não normalidade dos dados recomendou a adoção de análise Kruskal-Walls, levando-se em consideração às espécies estudadas e o teste de Dunn com 5% de significância para a comparação de médias.

A tabela 3 mostra de forma detalhada a média e a mediana do índice de rachaduras na base e no topo dos mourões e de fendas no corpo, base e topo dos mourões das diversas espécies de *Eucalyptus* estudadas.

Tabela 3. Índice de rachaduras na base e no topo dos mourões e de fendas no corpo, base e topo dos mourões das diversas espécies de *Eucalyptus* estudadas, segundo norma técnica ABNT NBR 9480 (2009).

		Rachadura topo		Abertura de fenda topo		Comprimento de fenda topo		Rachadura base		Abertura de fenda base		Comprimento de fenda base		Abertura de fenda corpo		Comprimento de fenda corpo	
Espécie	N	Média (mm)	M (mm)	Média (mm)	M (mm)	Média (mm)	M (mm)	Média (mm)	M (mm)	Média (mm)	M (mm)	Média (mm)	M (mm)	Média (mm)	M (mm)	Média (mm)	M (mm)
E. citriodora	9	0,1	0,0 ab	3,4	3,1 b	72,6	76,0 abc	0,0	0,0 a	1,7	1,3 ab	79,1	69,0 ab	0,1	0,1 a	65,2	48,0 a
E. urophylla x *E. grandis*	9	0,0	0,0 b	21,1	21,0 a	190,7	153,5 a	0,1	0,1 a	5,1	1,1 ab	69,4	24,2abc	3,1	2,0 a	53,3	65,5 a
E. urophylla	9	0,4	0,2 a	3,7	4,0 b	32,2	15,0 c	0,2	0,1 a	0,4	0,0 b	6,2	0,0 c	3,1	0,0 a	51,0	0,0 a
E.camaldulensis	9	0,1	0,0 ab	14,1	8,5 ab	173,8	100,0ab	0,1	0,1 a	14,1	9,0 a	120,1	74,0 a	0,3	0,0 a	58,2	0,0 a
E. torelliana	9	0,1	0,0 ab	3,4	0,1 b	35,1	13,0 c	0,0	0,0 a	32,2	1,1 ab	32,7	14,0 ab	0,4	0,0 a	22,9	0,0 a
E. cloeziana	9	0,1	0,0 ab	49,3	3,0 ab	47	48,0 bc	0,1	0,0 a	49,0	3,0 ab	13,3	0,0 b	0,1	0,1 a	30,2	0,0 a
E. saligna	9	0,0	0,0 ab	18,0	20,0 ab	150,1	167,0ab	0,1	0,0 a	11,6	5,0 ab	79,5	34,0 ab	5,7	2,0 a	65,0	37,0 a
E. grandis	9	0,2	0,1 ab	10,9	13,0 ab	80,8	75,6 abc	0,2	0,0 a	2,8	2,1 ab	48,8	33,0 ab	10,2	1,0 a	66,1	76,0 a

Sendo: M = mediana. Letras diferentes – diferença significativa pelo teste de Dunn à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa.

Através da Tabela 3 verifica-se que a espécie *C.citriodora* apresentou rachaduras médias de topo de 0,07 mm, abertura média de fenda de 3,40 mm e comprimento médio de fenda de 72,67 mm, resultado que não destaca a espécie frente as demais espécies estudadas. O hibrido *E. urophylla* x *e. grandis* apresentou o maior valor de comprimento de fenda na ordem de 190,72 mm e a espécie com menor valor de comprimento de fenda foi *E. urophylla* com média de 32,22 mm. Para o quesito rachadura de topo, o hibrido *E. urophylla* x *e. grandis* mostrou o melhor resultado em relação as outras espécies, sendo a média de rachaduras de topo de 0,02 mm. Já a espécie *E. urophylla* apresentou a maior média de rachaduras de topo, 0,35 mm. Para o quesito abertura de fenda, o menor resultado foi apresentado pela espécie *E. citriodora* com média de 3,40 mm, já a espécie que apresentou maior resultado foi a espécie *E. cloeziana* com média de 49,27 mm. Assim como no topo dos mourões, a avaliação dos defeitos na base dos mourões apresentou o mesmo comportamento. Em relação à rachadura de base dos mourões, não houve diferença significativa entre as espécies, sendo que a espécie *E. torelliana* apresentou o menor valor médio de rachaduras com 0,01 mm e a espécie que apresentou o maior valor médio de rachaduras de base foi *E. urophylla* com 0,17 mm. Para o quesito abertura de fenda da base, a espécie *E. urophylla* apresentou o menor valor médio com 0,44 mm e a espécie *E. cloeziana* apresentou o maior valor médio, com 49,04 mm. Para comprimento de fenda, a espécie *E. camaldulensis* apresentou o maior valor médio com 120,06 mm e a espécie que apresentou menor valor médio foi *E. urophylla,* com 6,22 mm. Os resultados de fendas de corpo nos mourões mostram que em relação à abertura de fenda, a espécie *E. cloeziana* apresentou o menor valor médio com 0,07 mm. Já a espécie *E. grandis* foi a que obteve o maior valor médio de abertura de fendas no corpo, com 77,21 mm. Para o quesito comprimento de fenda de corpo, a espécie *E. torelliana* apresentou o menor valor médio com 22,89 mm e a espécie *E. grandis* apresentou o maior valor médio de comprimento de fenda de corpo, com 66,14 mm.

A norma ABNT – NBR 9480 (2009) define que para que possam ser comercializados, mourões de madeira devem passar por um rígido controle de qualidade, sendo assim, um mourão só é considerado apto para essa finalidade quando consegue satisfazer, sem exceção, os requisitos relacionados aos defeitos de rachaduras e fendas (rachadura de topo, fenda de topo, rachadura de base, fenda de base e fenda de corpo). É importante destacar que se apenas um dos requisitos citados não for atendido, o mourão é desclassificado, conforme estabelece a norma ABNT – NBR 9480 (2009).

Ainda que esse tipo de analise seja estipulado pela norma técnica ABNT-NBR 9480 (2009), para madeiras usadas em preservação, esse tipo de avaliação não é comum. Quando se analisa de forma generalizada os resultados, nenhuma das espécies se destaca em qualidade, pois para as características de fendas e rachaduras foram observados resultados positivos e negativos em todas as espécies estudadas.

Desse modo, as variáveis rachaduras e fendas conforme proposto pela norma técnica ABNT – NBR 9480 (2009), não atende aos estudos para substituição de seiva para essa situação estudada. Entretanto, uma variável importante é a profundidade de rachadura na região de afloramento, uma vez que se trata do local mais propício ao desenvolvimento de organismos xilófagos (Farias Sobrinho et al., 2005; Paes et al., 2006); Paes et al., 2008; Ramos et al., 2006 e Torres et al., 2011), em função da importância de se ter um tratamento eficiente na região de afloramento, foram analisadas a penetração, retenção e profundidade de rachaduras nessa região.

4.2. Caracterização física dos mourões de diversas espécies de *Eucalyptus spp.*

A Tabela 4 apresenta a massa especifica básica e a profundidade de rachadura para cada espécie estudada na região de afloramento.

Tabela 4. Massa específica básica e profundidade de rachadura na região de afloramento

		Massa específica básica		Profundidade de rachadura região de afloramento	
Espécie	N	C.V.%	Média (g/cm³)	Média (mm)	Mediana (mm)
C.citriodora	9	4,05	0,75 a	66,1 a	63
E. urophylla x *E. grandis*	9	4,92	0,53 f	47,0 a	62
E. urophylla	9	12,29	0,58 e	4,2 b	0
E.camaldulensis	9	5,75	0,69 b	68,0 a	66
E. torelliana	9	9,43	0,61 d	55,7 a	61
E. cloeziana	9	8,4	0,66 c	66,4 a	69
E. saligna	9	3,76	0,46 g	44,9 a	52
E. grandis	9	3,25	0,59 de	56,8 a	61

Sendo: Massa específica básica: letras diferentes – diferença significativa pelo teste de Tukey à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa. Profundidade de rachaduras: letras diferentes – diferença significativa pelo teste de Dunn à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa.

A espécie *C. citriodora* apresentou massa específica básica de 0,75g/cm³, sendo desse modo, significativamente maior que as outras espécies avaliadas, resultado semelhante ao verificado por Brito e Barrichelo, (1977) da ordem de 0,73g/cm^3.

As espécies que mais se aproximaram do *C. citriodora* foram *E. camaldulensis* e *E. cloeziana*, com valores médios de 0,69 g/cm³ e 0,66 g/cm³, respectivamente. Esses valores estão acima dos obtidos por Carrasco et al., (2008) e Brito e Barrichelo (1977) na ordem de 0,60 g/cm³ para ambas espécies estudadas.

A espécie *E. urophylla* obteve massa específica básica da ordem de 0,53 g/cm³. Scanavaca Junior e Garcia (2004) verificaram massa específica básica entre 0,48 g/cm³ e 0,79 g/cm³ para a espécie *E. urophylla* com 19 anos de idade, sendo classificada como madeiras de alta densidade básica ou pesada.

A espécie *E. torelliana* apresentou massa específica básica da ordem de 0,61 g/cm³, Ferreira e Kageyama (1978), verificaram que aos 4 anos de idade, a espécie atinge densidade em torno de 0,48 g/cm^3.

A espécie *E. grandis* obteve massa específica básica da ordem de 0,59 g/cm³ , resultado semelhante ao determinado por Brito e Barrichelo (1977) de 0,62 g/cm³.

O hibrido *E. urophylla* x *E. grandis* apresentou massa específica básica da ordem de 0,52 g/cm³. Resultado semelhante ao mostrado por Gonçalves et al., (2009) que para esse hibrido encontraram valores entre 0,44 e 0,67 g/cm³. Deve se ressaltar que o valor obtido pela espécie nesse estudo é ligeiramente menor que o determinado pela norma técnica ABNT – NBR 9480 (2009). Entretanto, esse é um valor médio quando se analisa a amplitude dos resultados individuais verifica-se que apenas um dos mourões apresentou valor bem abaixo da média.

O menor valor para massa específica básica foi apresentado pela espécie *E. saligna* com 0,46 kg/m³, valor abaixo do verificado por Brito e Barrichelo (1977) que foi da ordem de 0,66 g/cm³.

Sendo assim, conforme estipula a norma ABNT-NBR 9480 (2009), todas as demais espécies estudadas estão aptas, pois apresentam massa especifica básica maior ou igual a 0,538 g/cm^3. Embora a espécie *E. saligna* tenha apresentando massa específica básica abaixo do exigido pela respectiva norma técnica, a resistência à flexão estática entre 82 MPa (GONÇALVES et al., 2009) e 101,6 MPa (IPT, 1989b) a classificaria para o uso como mourões.

A mensuração da profundidade de rachaduras demonstra que a espécie *E. urophylla* obteve profundidade de rachadura da ordem de 4,2 mm, sendo menor que a profundidade de penetração dos elementos cobre e cromo. A espécie *C. citriodora* obteve profundidade de rachadura da ordem de 66,1 mm e as demais espécies apresentaram comportamento semelhante, ou seja, a profundidade de rachadura dessas espécies foi superior à profundidade de penetração dos elementos cobre e cromo (Tabela 5). Desse modo, as espécies *E. citriodora, E. urograndis, E.camaldulensis, E. torelliana, E. cloeziana, E. saligna, E. grandis,* nas condições estudadas, não são indicadas para esse tipo de tratamento de preservação de madeira.

É importante salientar que a profundidade de rachadura na região de afloramento pode ser considerada um fator limitante no uso do método de substituição de seiva para espécies que apresentam tendência a rachaduras, uma vez que em tratamentos sem pressão não se consegue tratar 100% do alburno (Galvão, 1968). Assim, quando uma espécie apresenta profundidade de rachadura na região de afloramento maior que a profundidade de penetração do produto preservativo, esta passa a ser uma espécie com maior predisposição ao ataque de fungos e insetos xilófagos.

4.3. Qualidade do tratamento preservativo nos mourões das diversas espécies de *Eucalyptus spp*.

Os parâmetros de qualidade do tratamento preservativo nos mourões das 8 espécies de *Eucalyptus* estudadas foram: (1) tipos de penetração, (2) profundidade média de penetração dos elementos cobre e boro e (3) retenção do produto preservativo CCB.

Quando se deseja utilizar uma peça de madeira em contato direto com o solo, é importante que o produto preservativo utilizado tenha uma boa fixação na madeira, a fim de proteger a mesma contra o ataque de organismos xilófagos.

Campos et al., (2003) classifica os tipos de penetração em total, parcial periférica, parcial irregular, vascular e nula. Como já citado anteriormente, Galvão (1968) salienta que não se consegue tratar 100% do alburno em tratamentos preservativos sem o uso de pressão, não ocorrendo desse modo, penetração total nas espécies estudadas. Os tipos de penetração obtidos no presente estudo foram penetração parcial periférica; penetração parcial irregular e penetração vascular.

Após uma análise visual dos tipos de penetração obtidos pelas espécies, foi realizada uma análise estatística a fim de quantificar a porcentagem de mourões aptos (que apresentaram penetração do tipo parcial periférica) e inaptos (que apresentaram penetrações do tipo parcial irregular e/ou vascular) quanto ao tipo de penetração, como recomendado por Campos et al., (2003).

A Tabela 5 demonstra a porcentagem de mourões aptos e inaptos para utilização na preservação de madeiras.

Tabela 5. Mourões aptos e inaptos quanto à classificação qualitativa.

		Cobre		Boro	
Espécie	nº peças	% mourões aptos	% morões inaptos	% mourões aptos	% mourões inaptos
E. citriodora	9	78	22	89	11
E. urophylla x *E. grandis*	9	100	0	100	0
E. urophylla	9	89	11	100	0
E. camaldulensis	9	89	11	100	0
E. torelliana	9	67	33	100	0
E. cloeziana	9	0	100	0	100
E. saligna	9	89	11	100	0
E. grandis	9	56	44	100	0

Sendo para o cobre: teste de qui-quadrado = 31,126 com 16 graus de liberdade e $p = 0,013$ pelo teste de qui-quadrado; para o boro: teste qui-quadrado = 64,568 com 16 graus de liberdade e $p \leq 0,001$ pelo teste de qui-quadrado.

Através da Tabela 5, verifica-se que para penetração do elemento cobre, somente o hibrido *E. urophylla* x *E. grandis* apresentou 100% dos mourões aptos, ou seja, apresentou penetração do tipo parcial periférica. Verifica-se também que para penetração do elemento boro, as espécies *E. urophylla, E. camaldulensis, E. torelliana, E. saligna, E. grandis* e o hibrido *E. urophylla* x *E. grandis* possuem 100% dos mourões aptos. A espécie *E. cloeziana* não obteve mourões aptos para nenhum elemento, apresentando penetrações do tipo vascular.

A penetração uniforme é importante, pois as falhas do produto preservativo na madeira tratada predispõem a madeira ao ataque de organismos xilógafos.

Além da análise qualitativa, também foi realizada a análise quantitativa da penetração do CCB nos mourões tratados seguindo as recomendações da norma P-EB-474 da ABNT (1973) a fim de quantificar a penetração dos elementos cobre e boro na madeira.

A Tabela 6 mostra os resultados obtidos para penetração dos elementos cobre e boro nas oito espécies de *Eucalyptus* estudadas. Nota-se que para o elemento cobre a maior média de penetração foi 27,61 mm obtida pela espécie *E. torelliana*, valor acima do obtido pela espécie *C. citrodora*, 18,96 mm. Já para o elemento boro, o *E. torelliana*, obteve média de penetração na ordem 30,92 mm, valor bem próximo obtido pelo *C. citrodora*, com média de 30,99 mm de profundidade de penetração, demonstrando assim que não houve diferença significativa para a penetração do CCB entre essas duas espécies. As menores médias de penetração foram apresentadas pelas espécies *E. urograndis* e *E. urophylla* com 10,01 mm e 14,25 mm, para os elementos cobre e boro, respectivamente.

Tabela 6. Penetração dos elementos cobre e boro nos mourões de diversas espécies de *Eucalyptus spp.*

		COBRE			BORO		
Espécie	N	C.V.%	Média (mm)	Mediana	C.V.%	Média (mm)	Mediana
C. citriodora	9	0,28	18,96	19,85 ab	0,19	30,99	29,45 a
E. urophylla x *E. grandis*	9	0,09	10,01	9,95 c	0,13	20,25	20,63 ab
E. urophylla	9	0,28	12,49	10,71 b	0,22	14,25	14,39 b
E. camaldulensis	9	0,32	10,41	10,68 c	0,18	15,92	16,06 b
E. torelliana	9	0,08	27,61	28,14 a	0,12	30,92	30,28 a
E. cloeziana	9	0,18	12,43	12,28 b	0,07	16,85	16,57 b
E. saligna	9	0,14	14,38	14,30 ab	0,2	16,95	17,10 b
E. grandis	9	0,15	13,94	13,10 b	0,12	15,21	14,77 b

Sendo: letras diferentes – diferença significativa pelo teste de Dunn à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa.

Através da Tabela 6, nota-se que para as 8 espécies estudadas o elemento boro apresentou penetração superior ao elemento cobre, estando esse fato atribuído a maior mobilidade do boro em relação ao cobre, como foi observado por Farias Sobrinho et al., (2005); Paes, 1991; Paes et al., (2000), Paes et al., (2008) e Ramos et al., (2006).

Segundo Paes et al., (2007), a penetração do elemento cobre abaixo do mínimo recomendado por Galvão (1968) na região de afloramento pode influenciar negativamente os resultados de retenção obtido pela madeira, já que o óxido de cobre faz parte da formulação do produto CCB, além disso, pode predispor a madeira tratada ao ataque de fungos xilófagos.

A maior média de penetração do elemento cobre foi da ordem de 27,61 mm, obtida pela espécie *E. torelliana*, seguida pelas espécies *C. citriodora* e *E. saligna* com médias de penetrações de 18,96 mm e 14,38 mm, respectivamente.

Valores semelhantes foram encontrados por Torres et al., (2005) para a espécie *E. camaldulensis*, onde a média de penetração para o elemento cobre variou entre 17,00 mm e 26,25 mm.

Paes et al., (2005) verificaram penetrações de 14,50 mm para a espécie *E. viminalis* e de 5,06 mm para a espécie bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth).

Paes et al., (2007) encontraram valores de penetração do elemento cobre da ordem de 11,55 mm e 10,90 mm para a espécie leucena (*Leucaena leucocephala*) para 6 e 12 dias de tratamento.

Farias Sobrinho et al., (2005); Paes et al., (2006); Paes et al., (2008); Ramos et al., (2006), verificaram para madeira de algaroba (*Prosopis juliflora)*, médias de penetração para o elemento cobre na região de afloramento na ordem de 10,30 mm de profundidade.

A maior média de penetração para o elemento boro foi da ordem de 30,99 mm, obtido pela espécie *C. citriodora*, estando esse valor acima do obtido por Farias Sobrinho et al., (2005); Paes et al., (2006); Paes et al., (2008); Ramos et al., (2006) em estudo com a madeira de algaroba que atingiu média de penetração da ordem de 21,60 mm e para Paes et al., (2007) que utilizaram a madeira de leucena atingindo penetração média de 26,75 mm. Paes et al., (2005) em estudo com as espécies *E. viminalis* e bracatinga verificaram penetrações médias do elemento boro na ordem de 17,94 mm e 10,63 mm, respectivamente.

Embora a norma P-EB – 474 da ABNT (1973) estabeleça que a penetração do produto deva ser total no alburno, Galvão (1968) afirma que não é possível que o alburno seja 100% tratado em métodos de tratamento preservativo que não utilizam pressão, e classificou penetrações superiores a 10 mm como satisfatórias. Desse modo, todas as espécies estudadas apresentaram valores médios de penetração satisfatória do produto preservativo.

A retenção dos elementos cromo, cobre e boro foi determinada através da metodologia descrita pela AWPA (2007) A 11-93, adaptada por Wehr (1985).

A Tabela 7 apresenta os valores de retenção obtidos pelas oito espécies estudadas. Verifica-se que a espécie *E. urophylla* atingiu média de retenção do

CCB, na ordem de 12,44 kg/m³ de madeira tratada, seguida pelas espécies *E. grandis* e *E. camaldulensis* com penetrações médias de 10,51 kg/m³, 11,51 kg/m³ de madeira tratada, respectivamente, estando as médias dessas espécies acima da média de retenção obtida pela espécie *C. citriodora* que foi da ordem de 8,85 kg/m³ de madeira tratada.

As espécies *E. cloeziana* e *E. torelliana* obtiveram o menor valor de retenção do produto preservativo, 6,70 kg/m³ e 8,51 kg/m³ de madeira tratada.

Tabela 7. Retenção do produto preservativo CCB nos mourões de diversas espécies de *Eucalyptus spp*.

		Cromo (kg/m³)		Cobre (kg/m³)		Boro (kg/m³)		Retenção CCB (kg/m³)	
Espécie	N	C.V.	Média	C.V.	Média	C.V.	Média	C.V	Média
C. citriodora	9	22,17	5,86 bd	21,22	2,33 c	14,05	0,66 c	21,06	8,85 bd
E. urophylla x *E. grandis*	9	12,07	6,14 bc	13,2	2,53 ab	13,32	0,96 b	12,05	9,63 bc
E. urophylla	9	20,15	7,88 a	19,54	3,19 a	12,15	1,37 a	18,78	12,44 a
E. camaldulensis	9	23,16	6,77 a	22,33	2,74 ab	14,09	1,01 b	21,89	10,51 a
E. torelliana	9	17,22	5,34 bcd	17,36	2,25 bc	16,75	0,93 b	16,86	8,51 bcd
E. cloeziana	9	36,13	4,20 d	35,8	1,69 c	29,25	0,81 c	34,92	6,70 a
E. saligna	9	12,85	6,09 bc	12,11	2,61 ab	12,52	1,11 b	12,43	9,81 bc
E. grandis	9	17,95	7,20 abc	16,72	3,07 a	17,89	1,25 ab	17,08	11,51 ac

Sendo: letras diferentes – diferença significativa pelo teste de Tukey à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa.

Farias Sobrinho et al., (2005); Paes et al (2006); Paes et al (2008) e Ramos et al., (2006) verificaram para a madeira de algaroba (*Prosopis juliflora)*, retenções médias de CCB na ordem de 7,70 kg/m³ de madeira tratada na região de afloramento.

Paes e al., (2007), verificaram para a madeira de leucena (*Leucaena leucocephala*) penetrações médias entre 12,10 kg/m³ e 25,74 kg/m³ de madeira tratada para diferentes tempos de tratamento.

Paes et al., (2005), obtiveram retenção média da ordem de 7,67 kg/m³ para espécie *E. viminalis* e 0,34 kg/m³ para a espécie bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth). Os autores atribuem essa diferença de retenção entre as espécies à maior umidade presente na madeira de eucalipto que pode ter favorecido a difusão do CCB para o interior das peças.

Torres et al., (2011) verificaram para a espécie *E. camaldulensis* retenções médias entre 14,27 kg/m³ e 26,65 kg/m³ de madeira tratada.

A norma P-EB – 474 da ABNT (1973a) estabelece que os mourões utilizados no meio rural, em contato com o solo, tratados com sais hidrossolúveis apresentem uma retenção mínima de 6,5 kg de ingredientes ativos/m^3 de madeira, sendo assim, todas as espécies estudadas estão aptas para serem utilizadas como mourões.

Analisando os resultados de profundidade de penetração na região de afloramento apresentados na Tabela 4 e a penetração média dos elementos cobre e cromo apresentados na Tabela 6, verifica-se que as espécies *C.citriodora, E. urograndis, E.camaldulensis, E. torelliana, E. cloeziana, E. saligna* e *E. grandis* apresentaram profundidade de rachaduras maior que a penetração dos elementos cobre e cromo e somente a espécie *E. urophylla* apresentou profundidade de rachadura menor que a profundidade de penetração média dos elementos cobre e boro na região de afloramento.

4.4. Agrupamento das espécies através de análise discriminante linear

Após a análise individual de cada variável, para melhor elucidação dos resultados, foi realizada uma análise discriminante linear a fim de agrupar todas essas espécies em função das variáveis estudadas. A Figura 12 ilustra os resultados obtidos através da análise estatística.

Através da Figura 12, verifica-se a existência de quatro grupos distintos. O primeiro grupo é representado pela espécie *C. citriodora*, que apresentou a maior massa específica básica em relação às demais espécies. A retenção do produto preservativo foi satisfatória ao estipulado pela norma técnica ABNT P-EB-474 (1973) e penetração acima do mínimo recomendado por Galvão (1968). No entanto, o fator limitante nessa espécie foi a profundidade de rachaduras na região de afloramento que foi maior que a profundidade de penetração do produto preservativo.

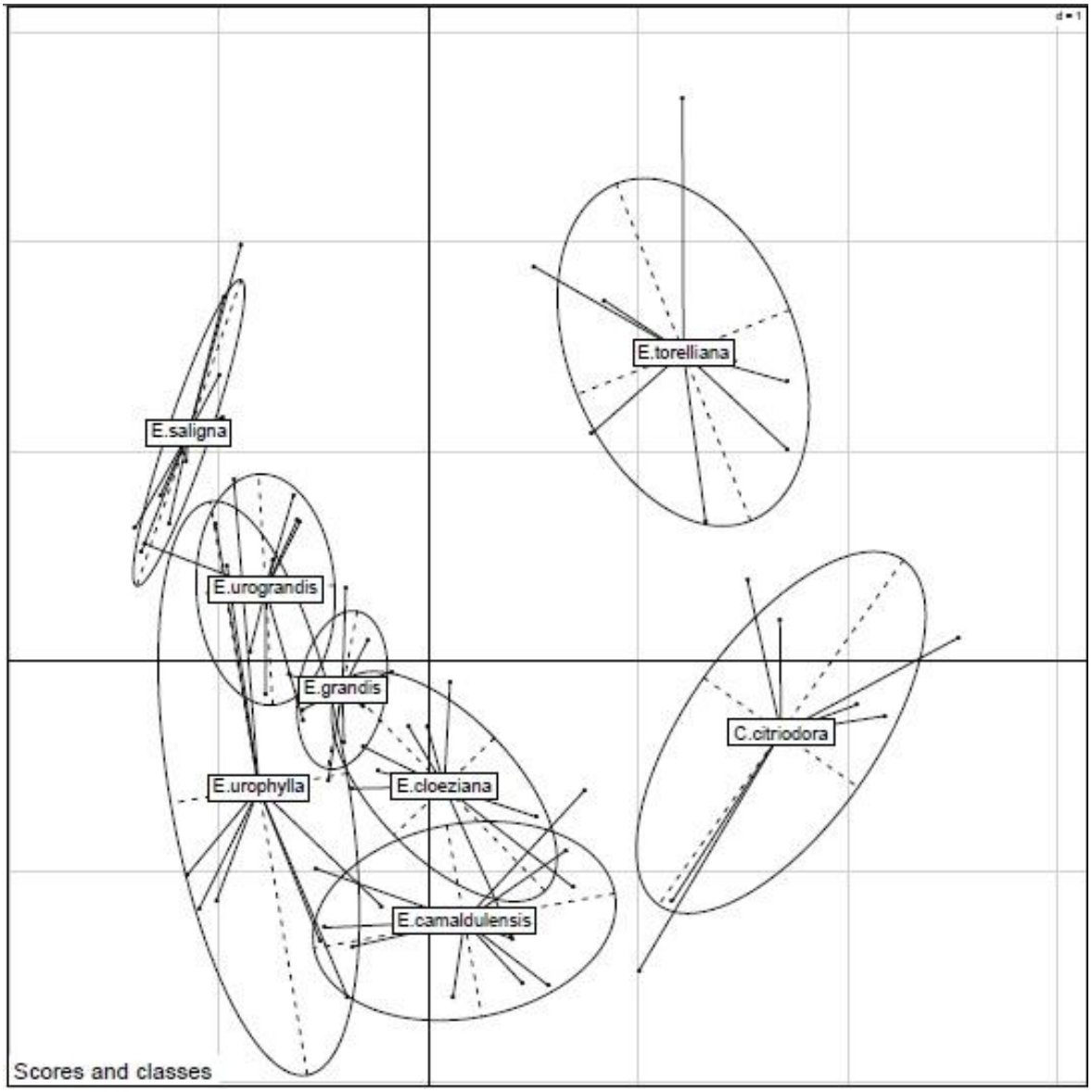

Figura 12. Agrupamento das espécies de *Eucalyptus sp*. por análise discriminante linear.

O segundo grupo é representado pela espécie *E. torelliana*, que apresentou massa específica básica e retenção do produto preservativo acima do mínimo recomendado pela norma técnica ABNT P-EB-474 (1973); penetração dos elementos cobre e boro acima do recomendado por Galvão (1968) e bastante superior às demais espécies analisadas. Entretanto, assim como o *C. citriodora*, o *E. torelliana* também apresentou como fator limitante profundidade de rachadura, na região de afloramento superior à profundidade de penetração do produto preservativo.

O terceiro grupo é representado pela espécie *E. saligna*, que obteve retenção do produto preservativo e penetração dos elementos cobre e boro satisfatória, porém, a espécie apresentou massa especifica básica abaixo do mínimo estipulado pela

norma técnica, além disso, a profundidade de rachadura na região de afloramento foi superior a profundidade de penetração do produto preservativo.

O quarto agrupamento é representado pelas espécies *E. grandis*, *E. cloeziana*. *E. camaldulensis*, *E. urophylla* e o hibrido *E. urophylla* x *E. grandis*. Essas espécies apresentaram massa especifica básica, retenção do produto preservativo e penetração dos elementos cobre e boro acima do preconizado pela norma técnica ABNT P-EB-474 (1973) e por Galvão (1968). Contudo, a espécie *E. urophylla* apresentou profundidade de rachadura na região de afloramento menor que a profundidade de penetração do produto preservativo e as demais espécies apresentaram essa propriedade física como fator limitante. Desse modo, embora a espécie *E. urophylla* não apresente os maiores valores individuais das variáveis estudadas satisfaz as especificações das normas. Além disso, conforme mostra a Figura 12, essa espécie apresenta intersecção com todas as demais espécies desse agrupamento. Isso demonstra que ela apresenta todas as qualidades das demais espécies estudadas.

Assim, pelos resultados apresentados, todas as espécies, com exceção do *E. saligna*, estariam aptas a substituir o *C. citriodora.* Entretanto, ao analisar qualitativamente o tratamento preservativo através dos tipos de penetração nos mourões, conforme Tabela 5, verifica-se que as espécies *E. cloeziana*, *E. grandis* e *E. torelliana*, apresentaram penetrações do tipo parcial irregular e/ou vascular, fator que limita a seleção dessas espécies para substituir o *C. citriodora*. Contudo, as espécies *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e o hibrido *E. urophylla* x *E. grandis*, apresentaram penetrações do tipo parcial periférica, estando todas elas aptas para substituir a espécie *C. citriodora*.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os estudos realizados para avaliar a qualidade dos mourões de várias espécies de *Eucalyptus spp*. e selecionar àquelas com potencial de substituição ao *C. citriodora*, conclui-se que:

- As espécies *E. torelliana*, *E. saligna* e o hibrido *E. urophylla* x *E. grandis*, apresentaram retenção do produto preservativo CCB estatisticamente iguais a espécie *C. citriodora* e que a espécie *E. urophylla* apresentou a maior retenção de CCB dentre as 8 espécies de estudadas.

- A penetração do elemento cobre nas espécies *E. urophylla*, *E. cloeziana*, *E. saligna* e *E. grandis* e do elemento boro na espécie *E. torelliana* e no hibrido *E. urophylla* x *E. grandis*, foram estatisticamente iguais a espécie *C. citriodora*, sendo que a espécie *E. torelliana* alcançou a maior média de penetração dos elementos cobre e boro dentre o material estudado.

- A espécie *C. citriodora* apresentou a maior massa específica básica. A espécie *E. saligna* apresentou massa especifica básica média abaixo do valor exigido pela norma técnica.

- Todas as espécies, com exceção do *E. urophylla* apresentaram profundidade de rachaduras da região de afloramento estatisticamente iguais ao *C. citriodora*. A espécie *E. urophylla* apresentou profundidade de rachadura significativamente inferior às demais. Através da analise da profundidade de penetração do produto nos mourões estudados (Tabela 7), verifica-se que a única espécie que apresentou

mourões com profundidade de rachadura na região de afloramento menor que a profundidade de penetração do produto foi *E. urophylla*.

- Ao analisar a qualidade do tratamento preservativo, através dos tipos de penetração, verifica-se que as espécies *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e o hibrido *E. urophylla* x *E. grandis*, apresentam penetrações do tipo parcial periférica, sendo assim classificadas como aptas para utilização de preservação de madeira pelo método de substituição de seiva.

- Pela análise discriminante linear conclui-se que as espécies *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e o hibrido *E. urophylla* x *E. grandis* são as mais indicadas para substituição da espécie *C. citriodora* no tratamento de mourões por substituição de seiva.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais – Requisitos, **NBR 9480**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. P-EB-474: moirões de madeira preservada para cercas. Rio de Janeiro, 1973a. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **MB-790**: Penetração e Retenção de Preservativos de Madeira: Método Brasileiro, 1973, 19p.

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012. 145p. Brasília 2013.

AGUIAR, O. J. R.; JANKOWSKY, I. P. **Prevenção e controle das rachaduras de topo em tora de *Eucalyptus grandis hill ex maiden*.** IPEF, n.33, p.39-46, ago.1986.

AMERICAN SOCIETY TESTING AND MATERIALS. ASTMD 2017: standart testmethod for accelerated laboratory test od natural decay resistance od wood. **Annual Book of ASTM Standards,** Philadelphia, v. 410, p. 324-328, 1994.

ANDRADE, E.N. 1961. O Eucalipto. Cia Paulista de Estradas de Ferro, Jundiaí, São Paulo, 667p.

BATALLA, A.S. **Preservacion de la madeira.** Barcelona: Imprensa Hispano-Americana, 1961. 486 p.

BARREAL, J. A. R. **Patologia de la madera**. Fundación Conde Del Valle de Salazar. 1998. 349p.

BARILLARI, C. T. **Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservante:** avaliação em campo de apodrecimento. 2002. 68 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais, com Opção em Tecnologia de Produtos Florestais)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002.

BERNI, C. A.; BOLZA, E.; CHRISTENSEN, F.J. South American Timbers – **The Caracteristics, Properties and Uses of 190 Species**. CSIRO, 1979.

BLEW JR, J.O. **Preservative treatment of wood for farm use**. Forest Products Laboratory, Forest Service U.S. Department of Agriculture. 1965.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science:** an introduction. 4th ed. Iowa: Blackwell, 2003.

BRISOLA, S. H.; DEMARCO, D. **Análise anatômica do caule de *Eucalyptus grandis, E. urophylla* e *E. grandis* x *urophylla*: desenvolvimento da madeira e sua importância para a indústria.** Scientia. Forestalis., Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 317-330, set. 2011.

BRISOLARI, A. **Estudo da molhabilidade em madeiras tropicais ou de reflorestamento por medidas de ângulo de contato e permeabilidade**. 2008. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais. Escola de Engenharia de São Carlos) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

CAIXETA, R. P.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T. **Propriedades e classificação da madeira aplicadas à seleção de genótipos de *Eucalyptus.*** Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.1, p.43-51, 2003.

CALONEGO, F.W.; SEVERO, E.T.D. **Efeito do diâmetro de toras na magnitude das tensões de crescimento de *E. grandis*.** Energia na Agricultuta, Botucatu, v.20, n.2, p.53-65, 2005.

CAMPOS,C. S.; 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**. Sociedade de Investigações Florestais. Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.845-853, 2003.

CARMO, A. G. O. **Avaliação do potencial preservativo dos extratos do cerne no alburno da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson.** Seropédica, 2008. 16p. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

CARRASCO, E. V. M.; CARVALHO, E. P.; OLIVEIRA, A. L. C. **Determinação da incerteza de medição nos ensaios de compressão paralela às fibras.** Árvore, Viçosa-MG, v.32, n.1, p.119-127, 2008.

CARVALHO, A. M. **Vaporização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha.** Piracicaba, 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências/Ciência e Tecnologia de Madeiras). 129p. Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo.

CAVALCANTE, M. S. Implantação e desenvolvimento da indústria de preservação de madeira no Brasil. **Pesquisa & Desenvolvimento,** Itajubá – PR, v. 14, p. 1-57, 1983.

COSTA, A. F. **Como preservar a madeira no meio rural**. Brasília: UNB, 2003. 31 p. (Comunicações Técnicas Florestais).

COSTA, A. F.; VALE, A. T.; GONZALEZ, J. C.; SOUZA, F. D. M. **Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento.** Floresta e Ambiente v.12, n.1, p.07 - 14, 2005.

CRUZ, H. **Patologia, avaliação e conservação de estruturas de madeira**. II Curso Livre Internacional de Patrimônio, Associação Portuguesa dos Municípios com Centro Histórico; 73. Fórum UNESCO Portugal, Santarém, Fevereiro/Março 2001, 9 p. Disponível em: <http://mestradoreabilitacao.fa.utl.pt/disciplinas/jbastos/HCruzpatol%20aval%20e%20conserv%20madeiras%20SANTAREM.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2012.

CRUZ, C.R.; LIMA, J. T.; MUNIZ, G. I. B. **Variação dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas das madeiras de híbridos de *Eucalyptus***. Scientia Forestalis, n.64, p.33-47, dez.2003.

DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; SHIMIZU, J. Y. **Avaliação de espécies e procedências de Eucalyptus para o noroeste do Estado do Paraná**. Acta Scientiarum Agronomy, v. 23, n. 5, p. 1173-1177, 2001.

DOSSA, D.; SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; RODIGHERI, H. R. Produção e Rentabilidade do Eucalipto em Empresas Florestais. Comunicado técnico, 83 - EMBRAPA, 2002.

EVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril.** Visçosa, 2007. 120p. Dissertação (Mestrado/Ciência Florestal). Universidade Federal de Visçosa.

FAO, 2010 - **Desmatamento mundial diminuiu, mas segue alarmante em muitos países**. Roma.

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

FERREIRA, M. **Escolha de Espécies de Eucalipto**. Circular Técnica IPEF, v.47, p.1-30, 1979.

FERREIRA, M. & KAGEYAMA, P.Y. **Melhoramento genético da densidade básica da madeira do eucalipto**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, Manaus, 1978. Anais. São Paulo, SBS, 1978. v.2, p. 148-52.

FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G.; MILANEZ, A. F. **Estudo comparativo das madeiras de *eucalyptus saligna, e. paniculata, e. citriodora, e. maculata e e. tereticornis* para produção de celulose sulfato.** IPEF n.10, p.17-37, 1975.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook:** wood as an engineering material. Washington: US Department of Agriculture, 2010. 463 p.

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

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; SANTÓRIO, R. C. **Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*.** Árvore, Viçosa, MG, v. 33, p. 501-509, 2009.

GLÓRIA, B. A.; GUERREIRO, S. M. C**. Anatomia vegetal**. Universidade Federal de Viçosa, 2006, cap. 5 pag. 129. Editora UFV.

GUEDES, F. T. P. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Ecalyptus urophylla* e genotipagem a partir de marcadores moleculares TRAP e microssatélites para estudo de associação.** Piracicaba, 2010. 59p. Dissertação (Mestrado em Ciências/Tecnologia de Produtos Florestais). Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo.

Guia do Eucalipto. Oportunidades para um desenvolvimento sustentável. Conselhos de informações em biotecnologia. Junho 2008. Disponível em www.cib.org.br. Acesso em 10/03/2011.

HORNBURG, K. F.; ELEOTÉRIO, J. R.; BAGATTOLI, T. R.; NICOLETTI, A. L. **Qualidade das toras e da madeira serrada de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina.** Scientia Forestalis, v. 40, n. 96 p.463-471, dez. 2012.

INSTITUTO DE PESQUISAS TÉCNOLÓGICAS. Informações sobre madeiras. Disponível em http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca. Acesso em 05/10/2011.

JANKOWSKY, I.P. **Fundamentos de preservação de madeiras**. Documentos florestais. Universidade de São Paulo. Piracicaba. n.11. p. 1-12. jun. 1990.

JANKOWSKY, I. P.; FERNANDES, P. S.; WEHR, J. P. P. **Utilização de moirões de diferentes espécies de *Pinus.*** Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.9, n.27, p.91 – 98, Ago.1993.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira.** 3ª Edição revisada. 2005. 86p.

LELIS, A.T.; BRAZOLIN, S.; FERNANDES, J.L.G.; LOPEZ, G.A.C.; MONTEIRO, M.B.B.; ZENID, G.J. **Manual de biodeterioração de madeiras em edificações**. São Paulo: IPT, 2001. 54p.

LEPAGE, E.S. *et alli* **Manual de preservação de madeiras**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Divisão de madeiras. São Paulo, v. I e II, 707p, 1986.

LIMA, F. C. C. **Avaliação de nove espécies de *Eucalyptus* spp. em tratamento preservativo industrial.** Botucatu, 2012. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista – UNESP.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. **Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades.** Árvore, Visçosa-MG, v.28, n.1, p.107-116, 2004.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. **Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* hill ex-maiden.** Cerne, Lavras, v. 13, n. 2, p. 170-177, abr./jun. 2007

LOFERSKI, J. R. Technologies for wood preservation in historic preservation. **Archives and Museum Informatics**, Dordrecht, v. 13, n. 3-4, p. 273-290, 2001.

LOPEZ, G. A. C. **Resistência natural de madeiras nacionais a xilófagos marinhos**. In: I ENCONTRO BRASILEIRO DE PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS, 1982. Anais. p. 167-175.

LOPES, E. D. **Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla, E. camaldulensis, E. citriodora* produzidas em blocos prensados e em dois modelos de tubetes e seu desempenho no campo**. Vitória da Conquista, 2005. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

MAGALHÃES, W. L. E.; PEREIRA. J. C. D. **Método de substituição de seiva para preservação de mourões**. Comunicado técnico, 97 - EMBRAPA, 2003.

MATTOS, P. P.; SILVA, V. P.; MAGALHÃES, W. L. E. **Agregação de valor à pequena produção florestal madeireira**. Documentos 103. 29p. Colombo. Embrapa Florestas, 2004.

MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A.; SUSIN, F. **Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais em ensaios de campo**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 357-365, abr.-jun., 2010

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 moirões de *Eucalyptus grandis.*** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 579-589, jul-set., 2011.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil.** São Paulo, 2000. 111p. Sociedade Brasileira de Silvicultura.

OLIVEIRA, A. M. F.; LEPAGE, E. S.; Controle de qualidade. In: LEPAGE, E. S. (Coord.) **Manual de Preservação de Madeiras**. São Paulo: IPT; SICCT, 1986. v. 1, cap.5, p. 99 – 278.

OLIVEIRA, J. T. S. Caracterização da madeira de eucalipto para construção civil. 1997. 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; SIMÕES,J. W.; TOMAZELLO FILHO,M. **Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1- avaliações dendrométricas das árvores.** Scientia Forestalis n. 56, p. 113-124, dez. 1999.

OLIVEIRA, J. T., TOMASELLO, M.; SILVA, J. C. **Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento**. Árvore, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.993-998, 2005.

PAES, J. B. **Viabilidade do tratamento preservativo de moirões de bracatinga (*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.

PAES, J. B.; MORESCHI, J. C.; LELLES, J. G. **Tratamento preservativo de moirões de bracatinga (*Mimosa scabrella* BENTH.) e de *Eucalyptus viminalis* LAB. pelo método de imersão prolongada.** Cerne, V.7, N.2, P.065-080, 2001.

PAES, J. B. **Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K.D.Hull 7 L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório**. Árvore, Viçosa – MG, v. 26, n.6, p.761-762, 2002.

PAES, J. B.; MORESCHI, J. C.; LELLES, J. G. **Avaliação do tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus viminalis* lab. e de bracatinga (*Mimosa scabrella* benth.) pelo método de substituição da seiva.** Ciência Florestal, v. 15, n. 1, 2005.

PAES, J. B.; RAMOS, I. E. C.; SOBRINHO, D. W. F.. **Eficiência do ccb na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (sw) d.c.) a cupins subterrâneos (*Nasutiternes corniger* motsch.) em ensaio de preferência alimentar.** Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais V. 2 No 1 Jan/Jun. 2006.

PAES, J. B., GUEDES, R. S.; LIMA, C.R.; CUNHA, M. C. L.; **Tratamento preservativo de peça roliças de leucena (*Leucaena leucophala* (LAM.) de Wit) pelo método de substituição de seiva.** Ciências Agrárias, Belém, n.47, p.231-246, jan/jun.2007.

PAES, J. B.; RAMOS, I. E. C.; NASCIMENTO, J. W. B. **Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) a cupins xilófagos, em ensaio de alimentação forçada**. Floresta e Ambiente, v. 15, n.1, p.01-12, 2008.

PEREZ. P. V. **Efeitos da adição de biossólido no crescimento inicial de *Eucalyptus citriodora* HOOK.** Marechal Cândido Rondon, 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sustentabilidade de Agrossistemas) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

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

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

RAMOS, I. E. C.; PAES, J. B.; SOBRINHO, D. W. F.; SANTOS, G. J. C. **Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*prosopis juliflora* (sw.) D.c.) em ensaio de apodrecimento acelerado.** Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.811-820, 2006.

ROCHA, M.P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como Fontes de Matéria Prima para Serrarias.** 2000. 186p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

RODRIGUES, R. A. D. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para construção civil.** Piracicaba, 2002. 70p. Dissertação

RODRIGUES, R. B.; BRITO, E. O. **Resistência natural de *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* À *Coptotermes gestroi* (Isoptera; Rhinotermitidae) em laboratório.** Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, n. 18, p. 9-15, 2011. (Mestrado em Ciências/Ciência e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo.

SANTOS, H. S. **Padronização de ensaios para identificação de preservantes em postes de madeira e solos de áreas controladas.** Porto Alegre, 2010. 109p. Dissertação (Mestrado/Engenharia e Tecnologia de Materiais). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. **Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla***. Scientia Forestalis n. 65, p.120 – 129, jun. 2004.

SEVERO, E.T.D.,TOMASELLI, I. **Vaporização no alívio das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus dunnii* de duas procedências.** Scientia Agraria, v.1, n. 1-2, p. 29-32, 2000. Editora da UFPR.

SGAI, R. D. **Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras**. Campinas, 2000. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil/Edificações) – Universidade Estadual de Campinas.

SILVA, J. O.; PASTORE, T. C. M. Fotodecomposição e proteção de madeiras tropicais. **Floresta e Ambiente**, Brasília, DF, v. 11, n. 2, p. 7-13, ago./dez. 2004.

SILVA, J. C.; LOPEZ, A. G.; OLIVEIRA, J. T. S. **Influência da idade na resistência natural da madeira de *Eucalyptus grandis* w. hill ex. maiden ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*).** Árvore, Visçosa – MG, v. 28. n. 4, p. 583-587, 2004.

SOUZA, J. T.; TREVISAN, R.; DENARDI, L.; STANGERLIN, D. M.; MAGNOS ALAN VIVIAN, M. A.; HASELEIN; C. R.; SANTINI, E. J. **Qualidade da madeira serrada proveniente de árvores dominantes e médias de *Eucalyptus grandis* submetidas à secagem.** Cerne, Lavras, v. 18, n. 1, p. 167-174, jan./mar. 2012.

TORRES, A.; MARCEL, P.; PAES, B.; LIRA FILHO, J. A.; NASCIMENTO, J. W. B. **Tratamento preservativo da madeira juvenil de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Pelo método de substituição de seiva.** CERNE, vol. 17, núm. 2, abril-junho, 2011, pp. 275-282. Universidade Federal de Lavras - Lavras, Brasil.

TREVISAN, H.; MARQUES, F. M. T.; CARVALHO, A. G. **Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes.** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, jan./mar. 2008.

VILAS BÔAS, O.; MAX, J. C. M.; MELO, A. C. G. **Crescimento comparativo de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* no município de Marília, SP**. Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 21, n. 1, p. 63-72, jun. 2009.

WEHR, J. P. P. **Método prático de tratamento preservativo de moirões roliços de *Pinus caribea* Morelet Var. hondurensis Bar et Golf**. 1985. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

ZENI, T. L.; SILVA, F. B.; FERREIRA, M. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; AUER, C. G. **Resistência natural das espécies *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus mycrocoris*, *Eucalyptus umbra*, *Corymbia citriodora* e *Corymbia maculata* à degradação provocada pelo fungo *Agrocybe perfecta*, causador da podridão branca na madeira, *in vitro*.** In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. Anais... São Carlos: Instituto Brasileiro da Madeira e das Estruturas de Madeira, 2006.

APÊNDICE 1

ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA VARIÁVEIS DE MASSA ESPECÍFICA BÁSICA, RETENÇÃO DE INGREDIENTE ATIVO, RETENÇÃO DE CROMO, COBRE E BORO, ÍNDICE DE RACHADURAS E PROFUNDIDADE DE RACHADURA NA REGIÃO DE AFLORAMENTO NOS MOURÕES DAS OITO ESPÉCIES DE *Eucalyptus spp*. PRESERVADAS PELO MÉTODO DE SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA.

Tabela 1-1. Análise de variância para massa específica básica das oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p-valor
Espécie	7	0,526	0,0751	659,678	<0,001
Árvore	2	0,0422	0,0211	185,159	<0,001
Espécie x Árvore	14	0,07550	0,00540	47,375	<0,001
Residuo	48	0,00547	0,000114		
Total	71	0,649	0,00914		

Tabela 1-2. Análise de variância retenção CCB nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	F	p-valor
Espécie	7	203,396	29,057	9,935	<0,001
Árvore	2	8,089	4,045	1,383	0,261
Espécie x Árvore	14	79,190	5,656	1,934	0,046
Residuo	48	140,381	2,925		
Total	71	431,056	6,071		

Tabela 1-3. Análise de variância retenção cromo nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	F	p-valor
Espécie	7	81,264	11,609	9,085	<0,001
Árvore	2	3,761	1,880	1,472	0,240
Espécie x Árvore	14	36,049	2,575	2,075	0,037
Residuo	48	61,337	1,278		
Total	71	182,411	2,569		

Tabela 1-4. Análise de variância retenção cobre nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	F	p-valor
Espécie	7	14,361	2,052	9,736	<0,001
Árvore	2	0,560	0,280	1,329	0,274
Espécie x Árvore	14	5,303	0,379	1,979	0,067
Residuo	48	10,115	0,211		
Total	71	30,339	0,427		

Tabela 1-5. Análise de variância retenção boro nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	F	p-valor
Espécie	7	3,324	0,475	24,030	<0,001
Árvore	2	0,0285	0,0143	0,722	0,491
Espécie x Árvore	14	0,806	0,0576	2,914	0,003
Residuo	48	0,948	0,0198		
Total	71	5,107	0,0719		

Tabela 1-6. Teste de Kruskal-Wallis para a variável penetração cobre nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Espécie	N	Mediana	25%	75%	Media	p- valor
C. citriodora	9	19,850	16,892	23,270	18,96	<0,001
E. urograndis	9	9,950	9,292	10,768	10,01	
E. urophylla	9	10,710	9,865	16,433	12,49	
E. camaldulensis	9	10,680	7,467	12,725	10,41	
E. torelliana	9	28,140	25,473	29,390	27,61	
E. cloeziana	9	12,280	10,755	15,227	12,43	
E. saligna	9	14,300	12,575	16,405	14,38	
E. grandis	9	13,110	12,28	15,790	13,94	

Tabela 1-7. Teste de Kruskal-Wallis para a variável penetração boro nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Espécie	N	Mediana	25%	75%	Media	p- valor
C. citriodora	9	29,450	25,962	37,598	30,99	<0,001
E. urograndis	9	20,630	18,887	21,895	20,25	
E. urophylla	9	14,390	10,727	17,370	14,25	
E. camaldulensis	9	16,060	13,563	17,352	15,92	
E. torelliana	9	30,280	29,645	32,472	30,92	
E. cloeziana	9	16,570	15,668	17,775	16,85	
E. saligna	9	17,100	14,095	19,295	16,95	
E. grandis	9	14,770	13,903	16,572	15,21	

Tabela 1-8. Teste de Kruskal-Wallis para a variável rachaduras de base nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Espécie	N	Mediana	25%	75%	Media	p- valor
C. citriodora	9	0,01000	0,000	0,01000	0,09	<0,001
E. urograndis	9	0,1000	0,0800	0,125	0,01	
E. urophylla	9	0,1000	0,0175	0,257	0,05	
E. camaldulensis	9	0,1000	0,000	0,132	0,11	
E. torelliana	9	0,000	0,000	0,0200	0,15	
E. cloeziana	9	0,0200	0,00750	0,0850	0,00	
E. saligna	9	0,01000	0,00750	0,235	0,00	
E. grandis	9	0,000	0,000	0,127	0,00	

Tabela 1-9. Teste de Kruskal-Wallis para a variável rachaduras de topo nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Espécie	N	Mediana	25%	75%	Media	p- valor
C. citriodora	9	0,0300	0,0250	0,0650	0,07	<0,001
E. urograndis	9	0,000	0,000	0,0325	0,02	
E. urophylla	9	0,200	0,0875	0,625	0,35	
E. camaldulensis	9	0,0300	0,000	0,182	0,13	
E. torelliana	9	0,0400	0,0150	0,102	0,05	
E. cloeziana	9	0,0300	0,00750	0,200	0,10	
E. saligna	9	0,000	0,000	0,1000	0,04	
E. grandis	9	0,1000	0,000	0,425	0,18	

Tabela 1-10. Teste de Kruskal-Wallis para a variável abertura fenda base nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Espécie	N	Mediana	25%	75%	Media	p- valor
C. citriodora	9	1,300	0,375	2,575	1,74	<0,001
E. urograndis	9	1,100	0,775	10,450	5,09	
E. urophylla	9	0,000	0,000	0,500	0,44	
E. camaldulensis	9	9,000	5,225	21,775	14,09	
E. torelliana	9	1,100	0,000	18,750	32,24	
E. cloeziana	9	3,000	1,775	26,825	49,04	
E. saligna	9	5,000	0,000	8,500	11,56	
E. grandis	9	2,100	0,000	5,250	2,80	

Tabela 1-11. Teste de Kruskal-Wallis para a variável comprimento fenda base nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Espécie	N	Mediana	25%	75%	Media	p- valor
C. citriodora	9	69,000	60,625	90,875	79,06	<0,001
E. urograndis	9	24,290	17,125	122,125	69,42	
E. urophylla	9	0,000	0,000	7,000	6,22	
E. camaldulensis	9	74,000	60,750	191,875	120,06	
E. torelliana	9	14,000	0,000	62,500	32,67	
E. cloeziana	9	0,000	0,000	21,500	13,28	
E. saligna	9	34,000	0,000	135,250	79,50	
E. grandis	9	33,000	0,000	91,250	48,77	

Tabela 1-12. Teste de Kruskal-Wallis para a variável abertura fenda topo nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Espécie	N	Mediana	25%	75%	Media	p- valor
C. citriodora	9	3,100	0,875	5,250	3,40	<0,001
E. urograndis	9	21,000	14,500	26,750	21,16	
E. urophylla	9	4,000	0,000	8,000	3,72	
E. camaldulensis	9	8,500	5,500	22,250	14,13	
E. torelliana	9	0,1000	0,000	7,250	3,47	
E. cloeziana	9	3,000	2,075	26,825	49,27	
E. saligna	9	20,000	10,250	26,875	17,98	
E. grandis	9	13,000	5,500	16,525	10,91	

Tabela 1-13. Teste de Kruskal-Wallis para a variável comprimento fenda topo nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Espécie	N	Mediana	25%	75%	Media	p- valor
C. citriodora	9	76,000	56,875	93,375	72,67	<0,001
E. urograndis	9	153,500	98,375	272,000	190,72	
E. urophylla	9	15,000	0,000	44,625	32,22	
E. camaldulensis	9	100,000	73,000	248,000	173,83	
E. torelliana	9	13,000	0,000	75,375	35,11	
E. cloeziana	9	48,000	25,500	67,875	47,01	
E. saligna	9	167,000	81,500	201,375	150,16	
E. grandis	9	75,600	39,000	95,000	80,82	

Tabela 1-13. Teste de Kruskal-Wallis para a variável abertura fenda corpo nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Espécie	N	Mediana	25%	75%	Media	p- valor
C. citriodora	9	0,1000	0,000	0,300	0,13	<0,001
E. urograndis	9	2,000	0,00750	4,125	3,08	
E. urophylla	9	0,000	0,000	0,575	3,08	
E. camaldulensis	9	0,000	0,000	0,500	0,27	
E. torelliana	9	0,000	0,000	0,150	0,38	
E. cloeziana	9	0,1000	0,000	0,1000	0,07	
E. saligna	9	2,000	0,000	11,250	5,74	
E. grandis	9	1,000	0,150	2,000	10,22	

Tabela 1-14. Teste de Kruskal-Wallis para a variável comprimento fenda corpo nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Espécie	N	Mediana	25%	75%	Media	p- valor
C. citriodora	9	48,000	0,000	103,500	65,17	<0,001
E. urograndis	9	65,500	10,875	85,750	53,33	
E. urophylla	9	0,000	0,000	51,750	51,00	
E. camaldulensis	9	0,000	0,000	123,000	58,16	
E. torelliana	9	0,000	0,000	36,000	22,89	
E. cloeziana	9	0,000	0,000	59,250	30,22	
E. saligna	9	37,000	0,000	113,875	65,00	
E. grandis	9	76,000	16,500	97,000	66,14	

Tabela 1-15. Teste de Kruskal-Wallis para a variável profundidade rachadura região afloramento corpo nas oito espécies de *Eucalyptus spp*. estudadas.

Espécie	N	Mediana	25%	75%	Media	p- valor
C. citriodora	9	63,0	57,250	76,500	66,1	<0,001
E. urograndis	9	62,0	15,750	67,750	47,0	
E. urophylla	9	0,0	0,000	0,000	4,2	
E. camaldulensis	9	66,0	61,750	71,250	68,0	
E. torelliana	9	61,0	38,750	73,250	55,7	
E. cloeziana	9	69,0	60,250	72,200	66,4	
E. saligna	9	52,0	30,000	66,000	44,9	
E. grandis	9	61,0	50,750	74,000	56,8	