

MARA LÚCIA AGOSTINI VALLE

**PROPRIEDADES DA MADEIRA DE EUCALIPTO DE PRIMEIRA E SEGUNDA
ROTAÇÃO, VISANDO A SUA UTILIZAÇÃO COMO MADEIRA PRESERVADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

MARA LÚCIA AGOSTINI VALLE

**PROPRIEDADES DA MADEIRA DE EUCALIPTO DE PRIMEIRA E
SEGUNDA ROTAÇÃO, VISANDO A SUA UTILIZAÇÃO COMO MADEIRA
PRESERVADA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Ciência Florestal, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de Julho de 2009.

Prof. Ricardo Marius Della Lucia
(Co-orientador)

Prof^a. Ana Márcia Macedo L. Carvalho
(Co-orientador)

Prof^a. Angélica de Cássia O. Carneiro

Prof. José Tarcísio da Silva Oliveira

José de Castro Silva
(Orientador)

Aos meus pais, Raul René Melendez Valle e Ivete Agostini de Valle, por todos os esforços para a minha formação.

A minha irmã, Eliana Maíra, por ser a minha verdadeira metade, melhor amiga sempre e para toda a vida; por acreditar em mim, sem nunca vacilar.

Aos meus irmãos, Raul e Marco, pelo exemplo deixado a ser seguido.

Muito especialmente, para meu marido Alexandre Arnhold, pela paciência, ajuda e cumplicidade, pois apenas nós sabemos as nossas dificuldades.

E a minha filha, Isabela Valle Arnhold, que me ensinou a verdadeira tradução da palavra AMOR e por ter vindo ao mundo nos abençoar com a sua presença todos os dias. Não há felicidade maior!

Esta dissertação é para vocês.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Viçosa, pela minha formação acadêmica e formação em nível de mestrado.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão da bolsa.

À Montana Química S/A e Arcelormittal Jequitinhonha, pela disponibilização do material para a realização deste trabalho.

Ao Professor José de Castro Silva, pela oportunidade de realizar o mestrado, por toda ajuda dada, por ter me amparado nas horas de que mais precisei, como um verdadeiro pai científico.

Ao Professor Ricardo Marius Della Lucia, pela paciência e ajuda indispensável; sem sua ajuda teria sido mais difícil.

A meu irmão de ciência Wescley, pela colaboração. Este, sim, foi um verdadeiro irmão, pela colaboração e amizade.

A meu querido amigo Rosenval, que me ajudou em toda realização do trabalho. Nessas horas é que vemos que realmente existem amigos.

Às Professoras Angélica de Cássia e Ana Márcia, pelas boas idéias.

Às pessoas que trabalham no Laboratório de Propriedades da Madeira, Joel, Osvaldo, Fabiano e Fernando, pela ajuda e boas risadas.

Às meninas do Laboratório de Painéis e Energia, Flávia, Juliana, Solange, Zaíra, pela amizade, tardes agradáveis de conversa e companhias alegres em congressos.

Se esquecer o nome de alguém que tenha me ajudado, de alguma forma, durante a realização do mestrado, ficam aqui as desculpas, mas os agradecimentos de coração e não se chateie, porque o mestrado faz isso com as pessoas...

OBRIGADA A TODOS!!!

BIOGRAFIA

MARA LÚCIA AGOSTINI VALLE, filha de Raul Rene Valle Melendez e Ivete Agostini de Valle, nasceu em 21 de fevereiro de 1981, em Gainesville, Flórida, Estados Unidos.

Em março de 2002, iniciou o curso de graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa.

Em 2005 começou como estagiária voluntária no Laboratório de Propriedades da Madeira até dezembro de 2007.

Em março de 2007, concluiu o curso de Engenharia Florestal e, no mesmo ano, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em nível de Mestrado, na área de Tecnologia da Madeira, defendendo a dissertação em julho de 2009.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo Geral	4
2.1.1. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. O setor Florestal Brasileiro	5
3.2. <i>Eucalyptus urophylla</i>	6
3.3. Sistema Silvicultural de Talhadia	8
3.4. Caracterização da Madeira	11
3.4.1. Anatomia	12
3.4.2. Massa específica	14
3.5. Sais preservativos	15
3.5.1. Reações do CCA na madeira	16
3.6. Avaliação da efetividade de preservantes	19
3.7. A Retenção dos Preservativos na Madeira	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	22

4.1. Porcentagem de cerne e alburno e relação de cerne/alburno	23
4.2. Massa específica	25
4.3. Anatomia da Madeira	25
4.4. Tratamentos preservativos	27
4.5. Análise de Retenção	29
4.6. Análise de Penetração	31
4.7. Análises estatísticas	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1. Teor de cerne e alburno	32
5.2. Massa específica básica da madeira	34
5.3. Anatomia da Madeira	38
5.3.1. Análise Qualitativa	38
5.3.2. Análise Quantitativa	41
5.4. Análise da Penetração do Preservativo CCA	53
5.5. Análise de Retenção do Preservativo CCA	54
5.6. Correlação entre parâmetros analisados neste trabalho	57
5.7. Questionamentos sobre a Norma NBR 9480	58
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	60
7. BIBLIOGRAFIA	62
APÊNDICE	70
ANEXO	77

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Diagrama esquemático de fixação do CCA na madeira	17
2 Esquema de retirada de corpos de prova das toras para massa específica e anatomia	27
3 Representação gráfica do processo de tratamento sob pressão célula cheia utilizado nos testes	29
4 Imagens dos planos anatômicos das seções transversal, tangencial e radial da madeira de dois híbridos naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i>	40
5 Teste de penetração do produto na madeira, através da aplicação de cromo-azurol (madeira A - antes e madeira B - após a aplicação)	54

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Dados do material estudado	23
2	Proporção dos ingredientes ativos presente no produto CCA	28
3	Valores médios do diâmetro, porcentagem de cerne e alburno e relação cerne/alburno da madeira, em função dos tratamentos	32
4	Valores médios do diâmetro, porcentagem de cerne e alburno e relação cerne/alburno da madeira, dos clones naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i> em função da posição da tora na árvore	33
5	Valores médios da massa específica básica da madeira dos clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> , em função da rotação	34
6	Valores médios da massa específica básica da madeira dos híbridos naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i> , por clone, dentro de cada rotação	35
7	Valores médios da massa específica básica da madeira dos clones naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i> em função da posição longitudinal e rotação	36

8	Valores médios da massa específica básica da madeira dos híbridos naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i> por posição longitudinal e clone, dentro de cada rotação	37
9	Valores médios das dimensões das fibras da madeira de duas rotações, dos dois híbridos de <i>Eucalyptus urophylla</i>	41
10	Valores médios das dimensões das fibras, de cada clone de <i>Eucalyptus urophylla</i>	42
11	Valores médios das dimensões das fibras, nas posições da árvore, de dois híbridos naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i> , entre rotações	43
12	Valores médios das dimensões das fibras, em função das posições da árvore, dos clones de <i>Eucalyptus urophylla</i>	46
13	Valores médios das dimensões do diâmetro dos vasos dos dois híbridos naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i> , por clone, entre rotações	47
14	Valores médios das dimensões dos vasos de dois híbridos naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i> , separados por rotação	48
15	Valores médios das dimensões dos vasos, em função da posição da árvore e rotação	48
16	Valores médios das dimensões dos vasos, por posição da árvore e rotação	49
17	Valores médios das frequências dos vasos dos clones naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i> , separados por clone	50
18	Valores médios da frequência dos vasos dos clones naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i> , por rotação	50
19	Valores médios da frequência dos vasos dos clones naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i> , por rotação	51

20	Valores médios da frequência dos vasos dos clones naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i> , por rotação	52
21	Valores médios, da retenção do produto CCA, por clone, em dois híbridos naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i>	54
22	Valores médios da retenção do produto CCA, por rotação, em dois híbridos naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i>	55
23	Valores médios da retenção do produto CCA, por posição na árvore, em dois híbridos naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i>	55
24	Valores médios da retenção do produto CCA, por posição na árvore, em dois híbridos naturais de <i>Eucalyptus urophylla</i>	56
25	Coeficiente de correlação entre diversas propriedades da madeira de <i>Eucalyptus urophylla</i> e a retenção de produtos preservativos	57

RESUMO

VALLE, Mara Lúcia Agostini, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Propriedades da madeira de eucalipto de primeira e segunda rotação, visando a sua utilização como madeira preservada.** Orientador: José de Castro Silva. Coorientadores: Ricardo Marius Della Lucia e Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho.

Este estudo teve como objetivo avaliar as propriedades da madeira de dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, envolvendo duas rotações e três posições ao longo do sentido longitudinal, visando a sua utilização como madeira preservada. O estudo foi realizado com material proveniente de plantações comerciais da empresa Arcerlormittal Jequitinhonha, com idade aproximada de 60 meses. Para a caracterização da madeira, avaliaram-se a relação cerne/ alburno, a massa específica básica e a estrutura anatômica; avaliaram-se, ainda, a penetração e retenção da solução preservativa na madeira. Utilizou-se o produto arseniato de cobre cromatado (CCA tipo C), sob a marca comercial de Osmose K33 C, proveniente da empresa Montana Química S/A. Utilizaram-se quatro árvores por rotação e espécie, num total de dezesseis árvores que, posteriormente, foram seccionadas em três toras. As toras foram tratadas em autoclave, com quatro repetições, utilizando doze toras por repetição. O tratamento preservativo foi realizado através do processo denominado célula cheia, constando da concentração de 2% de ingredientes ativos, noventa minutos

de pressão e vácuo inicial e final de 30 e 15 minutos, respectivamente. As diferenças nas propriedades da madeira entre clones foram mais expressivas que as observadas entre as rotações ou entre as posições ao longo do sentido longitudinal da árvore. A madeira de segunda rotação de ambos os clones apresentou maior diâmetro, porcentagem de cerne e relação cerne/alburno. O processo e o produto utilizados no tratamento preservativo da madeira foram eficientes dentro das condições propostas pelo trabalho e pela norma NBR 9480, apresentando valores de retenção superiores aos mínimos exigidos pela norma. Não existem restrições quanto ao aproveitamento das madeiras de primeira e segunda rotação para tratamento preservativo. Não existiu correlação entre a retenção de CCA e as propriedades da madeira avaliadas no presente estudo.

ABSTRACT

VALLE, Mara Lúcia Agostini, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2009.
Wood properties of eucalyptus of first and second rotation, aiming their use as preserved wood. Advisor: José de Castro Silva. Co-Advisors: Ricardo Marius Della Lucia and Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho.

This study aimed to evaluate the wood properties of two natural hybrid of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, involving two rotations and three positions along the longitudinal direction, addressing to their use as preserved wood. The study was conducted with material from the commercial plantations of Arcerlormittal Jequitinhonha Company, aged approximately 60 months. For the characterization of the wood, it were evaluated the ratio heart / sapwood, the specific basic density and the anatomical structure; and yet the penetration and retention of the preservative solution in the wood. It was used the chromate copper arsenate product (CCA type C), under the trademark of Osmosis K33 C, from the Montana Chemical Company S / A. Four trees were used by rotation and species, totaling sixteen trees, which were later on split into three logs. The logs were treated in autoclave, with four repetitions, using twelve logs for repetition. The preservative treatment was carried out through the process called cell filled, consisting of a 2% concentration of active ingredients, 90 minutes of pressure and initial vacuum and final of 30 and 15 minutes, respectively. The differences in wood properties among clones were more expressive as those observed between rotations or

between positions along the longitudinal direction of the tree. The wood of the second rotation of both clones presented greater diameter, percentage of heartwood and heart / sapwood relation. The process and product used in preservative treating of the wood were effective within the conditions proposed by the work and the norm NBR 9480, presenting retention value higher than the minimum required by the norm. There are no restrictions on the use of wood from the first and second rotation for preservative treatment. There was no correlation between the CCA retention and the properties of the wood evaluated in this study.

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material orgânico, natural, poroso, higroscópico e heterogêneo, que vem sendo utilizado ao longo dos séculos para os mais diversos fins. Quando comparada com outros materiais, como o plástico, aço, alumínio e concreto, ocupa uma posição de destaque porque a sua natureza renovável lhe garante a continuidade de produção, através de florestas naturais ou plantadas.

A madeira apresenta variabilidade individual entre espécies, dentro da mesma espécie e em diferentes partes da mesma árvore. Essa heterogeneidade lhe confere propriedades muito peculiares e sua utilização correta se efetivará mediante o perfeito conhecimento da existência dessas diferenças, consequência de sua constituição química e, principalmente, da organização dos diferentes tecidos celulares que constituem o xilema secundário. O conhecimento e a compreensão da variabilidade da madeira e de suas relações têm grande importância para as diversas áreas da ciência florestal e os diversos segmentos do setor industrial.

Devido às crescentes dificuldades para a obtenção de madeira oriunda de espécies nativas, seja por razões técnicas ou por pressões ambientais, o seu uso no setor industrial tem sido restringido. Nas últimas décadas, o agronegócio brasileiro apresentou um notável crescimento, demandando considerável quantidade de mourões e estacas, notadamente nas atividades de olericultura,

fruticultura e pecuária. Vários programas governamentais têm estimulado o setor de preservação de madeira, prevendo-se um aumento considerável de postes e mourões imunizados.

Mesmo com inúmeras vantagens, a madeira apresenta alterações indesejáveis em sua estrutura e propriedades, devido à ação de agentes físicos, químicos e biológicos. Nenhuma espécie de madeira, nem mesmo aquelas de reconhecida durabilidade natural, é capaz de resistir, indefinidamente, às variações das condições ambientais e ataques de insetos e microrganismos xilófagos. Os agentes físicos, químicos e biológicos, atuando em conjunto ou isoladamente, aceleram seu processo de deterioração. Considerando o uso da madeira de eucalipto e pinus em ambientes de maior agressividade, tais como em contato com o solo e umidade, é necessário o seu tratamento preservativo, visando maior vida útil da madeira em serviço.

De uma maneira geral, os efeitos de ataque dos agentes deterioradores de madeira se manifestam através de alterações da composição química, redução da resistência mecânica, diminuição da massa, modificação da cor natural, aumento da permeabilidade, redução da capacidade acústica, aumento da inflamabilidade, diminuição do poder calorífico e maior propensão ao ataque de certos insetos. A madeira que apresenta maior ou menor grau de deterioração causada por fungos e insetos se torna inviável para comercialização.

Apesar do reconhecimento da importância de se fazer o tratamento preservativo da madeira, principalmente daquelas oriundas de reflorestamentos, como *Eucalyptus* e *Pinus*, ainda são escassos esses trabalhos no Brasil, principalmente os referentes à retenção e penetração dos preservativos nessas madeiras. Entre muitos empresários do setor de preservação de madeiras existem crenças de que somente a madeira da primeira rotação apresenta as condições adequadas para ser tratada; de acordo com alguns relatos, acredita-se que madeiras de segunda rotação apresentam restrições de baixa resistência, elevada quantidade de alburno e alta propensão a rachaduras. Sem nenhuma evidência científica, tais relatos geram prejuízos econômicos ao setor de preservação de madeira, dificultando ou inviabilizando o aproveitamento da madeira a partir de brotações ou talhadia.

Embora se reconheça a importância de se aproveitar as madeiras de várias rotações não se encontraram na literatura informações técnicas sobre as características das madeiras de diferentes rotações, bem como o seu comportamento no tratamento preservativo, que pudessem subsidiar a tomada de decisões do setor produtivo. A realização do presente trabalho se justifica pela carência de informações.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo sobre as características das madeiras de primeira e segunda rotação de *Eucalyptus urophylla* ST Blake e avaliar a retenção e penetração do preservativo CCA na sua madeira.

2.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as porcentagens de cerne e alburno.
- Caracterizar a madeira de *Eucalyptus urophylla* ST Blake de primeira e segunda rotação, identificando-lhes as seguintes propriedades: massa específica e descrição anatômica (com descrição dos três planos ortogonais e através da mensuração dos principais elementos anatômicos).
- Estudo da retenção e penetração da solução preservativa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O Setor Florestal Brasileiro

A utilização crescente das madeiras de reflorestamento, principalmente as do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*, tem se tornado mais evidente nos últimos anos. Aumentaram-se os questionamentos existentes em relação à exploração irracional das florestas nativas, quer seja por razões ambientais, quer seja pela elevação dos preços de suas madeiras, devido às dificuldades da exploração da floresta tropical e às grandes distâncias entre as zonas de produção e de consumo. A indústria dos produtos à base de madeira tem-se defrontado com desafios que estão provocando drásticas mudanças. O primeiro grande desafio é a crescente expansão dos mercados para a “madeira ambientalmente correta”, exemplificado pela crescente força mercadológica dos “selos verdes” em todo o mundo. Um segundo desafio é a globalização dos mercados consumidores, com a consequente necessidade de aumento na produtividade e o atendimento a padrões de qualidade cada vez mais exigentes. Torna-se, pois, urgente a implantação de florestas de rápido crescimento e de alta produtividade, manejadas com a finalidade de produzir matéria-prima para usos industriais específicos. Além da redução dos custos do produto final, essa madeira tem, como objetivo principal, substituir as fontes de abastecimento com florestas nativas, bem como garantir a sustentabilidade da atividade produtiva.

Segundo ABRAF (2008), o setor florestal no Brasil, em 2007, registrou um consumo superior a 350 milhões de m³ de madeira para os mais diversos usos, dos quais, 281 milhões foram destinados aos diversos segmentos industriais, como processamento mecânico e energia. Nesse ano, o setor florestal brasileiro foi responsável por cerca de 6,7 milhões de empregos diretos e indiretos, sendo 550 mil empregos apenas nas plantações. O setor contribuiu com US\$ 4,5 bilhões em impostos e participou com um faturamento de US\$ 27,6 bilhões, correspondendo a 4,6 % na composição do PIB nacional. Nesse ano, as exportações brasileiras, diretamente ligadas ao setor florestal, atingiram US\$ 6,9 bilhões, correspondendo a 10% das exportações totais.

Segundo a ABRAF (2008), existem cerca de 5.560.203 ha plantados com árvores de reflorestamento, sendo que destes 3.751.867 ha são com o gênero *Eucalyptus*. Como se sabe, com o gênero *Eucalyptus*, pode-se trabalhar até a terceira rotação, chamada também de talhadia, quando se aproveitam as brotações. O eucalipto é cortado aos sete anos de idade, num regime que permite até três rotações sucessivas e econômicas, com reforma aos vinte e um anos. No caso de manejo de florestas para produção de postes, dormentes e madeira serrada a rotação pode chegar até 25 anos.

Segundo Silva (2006), o consumo de madeira preservada no Brasil é irrelevante quando comparado aos Estados Unidos. Em 2005, a capacidade instalada do setor de preservação de madeiras no Brasil, era de 1,6 milhão de metros cúbicos por ano, mas a produção efetiva não ultrapassava 900 mil metros cúbicos. A maior parte da produção foi destinada ao agronegócio, seguida do setor elétrico, ferroviário e, em menor escala, do setor mobiliário, construções e embalagens. No mesmo período, a produção americana ultrapassou 17 milhões de metros cúbicos, concentrando mais de 70% da madeira tratada no segmento de construção civil.

3.2. *Eucalyptus urophylla*

O *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake é uma das poucas espécies do gênero que também ocorre fora da Austrália, sendo presente em territórios pertencentes

à Indonésia e Timor, como as ilhas de Sunda, Flores, Adonara, Lomblen, Alor, Wetar e Pantar (MOURA, 2004).

A introdução do *Eucalyptus urophylla* no Brasil foi por intermédio de Edmundo Navarro de Andrade, em 1919, com o nome de *Eucalyptus alba*. No Horto de Rio Claro, Estado de São Paulo, ainda se encontra o talhão mais antigo de *E. urophylla*, formado com sementes desta primeira introdução (MOURA, 2004).

Segundo Ruy (1998), as espécies mais plantadas nas regiões do Cerrado brasileiro, até 1980, eram *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. A partir desta data, esta última espécie destacou-se das demais e substituiu a espécie *Eucalyptus grandis*, na produção de papel e celulose, e as espécies *Corimbya citriodora* e *E. tereticornis*, para fins energéticos.

O *Eucalyptus urophylla* é uma espécie de fácil adaptação às mais diferentes condições de clima e de solo, elevada resistência a doenças, amplo espectro de uso; ela é considerada de alta plasticidade, tornando-se uma das espécies mais plantadas no Brasil, atualmente. A espécie também tem sido usada intensivamente em programas de melhoramento genético, principalmente de hibridação. Quando oriunda de plantações em ciclos curtos, a madeira de *E. urophylla* pode ser utilizada em caixotaria, paletes, celulose, chapas duras, painéis aglomerados, carvão e mourões; quando oriunda de plantações de ciclo longo e convenientemente manejada pode ser utilizada em construções, laminados e fabricação de móveis (SILVA et al., 2008).

Segundo Oliveira (1997), a madeira de *E. urophylla* apresenta o alborno distinto do cerne, com coloração pardo-claro, com espessura média de 1,8 cm; na madeira de dezesseis anos, o cerne apresentou coloração rosa-claro, com brilho moderado e textura fina na madeira próxima da medula, passando a média, nas demais posições em direção à periferia do tronco; grã é direita e varia de ligeiramente inclinada, com cheiro e gosto imperceptíveis; apresentou, ainda, camadas de crescimento pouco distintas, demarcadas por zonas fibrosas mais escuras e com menor frequência vascular.

3.3 Sistema Silvicultural de Talhadia

Segundo Pancel (1993), citado por Stape (1997), o sistema silvicultural de talhadia é assim denominado quando as gemas dormentes ou adventícias dos tocos e/ou raízes se desenvolvem após a corte das árvores existentes numa floresta, emitindo brotações que iniciam um novo ciclo florestal. A talhadia se aplica apenas às espécies florestais que tenham capacidade de brotar, após o corte raso.

As espécies do gênero *Eucalyptus* possuem grande capacidade de regeneração após o desfolhamento ou corte da parte aérea. Essa habilidade se deve à presença de gemas adventícias bem como de lignotúberes ou protuberâncias (inchamentos) na base da árvore de muitas espécies de eucalipto. As gemas adventícias permitem uma rápida recuperação das plantas após a ocorrência de fogo ou ataque de insetos, bem como após um período de seca ou geada (JACOBS, 1955).

Das principais espécies florestais com a característica de emitir brotação após o corte, o maior número pertence à subdivisão Angiosperma (folhosas), embora algumas espécies da subdivisão Gimnospermas (Coníferas) possam apresentar esta possibilidade.

A capacidade das cepas de emitir brotações após o corte da floresta é uma das grandes vantagens das espécies do gênero *Eucalyptus*. Técnicos da FAO (1966) realizaram um estudo sobre as espécies do gênero *Eucalyptus*, classificando-as de acordo com a facilidade de emitir brotos após o corte; das 59 espécies classificadas, 49 delas apresentam facilidade de brotação (COUTO et al., 1973). Em estudo realizado por Higa e Sturion (1991), avaliando treze espécies de *Eucalyptus* spp, verificou-se que as espécies *E. urophylla*, *E. pilularis*, *E. camaldulensis* e *E. cloeziana* apresentaram boa capacidade de brotação, destacando-se *E. urophylla* e *E. pilularis*, com 100% de brotação.

Essa grande capacidade do gênero *Eucalyptus* emitir cepas possibilita a adoção do manejo por talhadia, cujos benefícios vão desde aspectos econômicos até implicações ambientais, decorrentes dos menores níveis de interferência no ambiente. A capacidade de brotação é variável, mas, segundo Stape (1997), os fatores que se destacam são a espécie/procedência ou clone, sobrevivência,

altura do corte, sombreamento, formigas cortadeiras, cupins, tipo do solo, época de corte, nível de matocompetição, época e forma de desbrota, danos às cepas e ao solo durante a colheita, déficit hídrico, precipitação e interplântio.

No Brasil, muitos povoamentos de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal, para suprimento de empresas siderúrgicas, bem como para produção de celulose e papel, são manejados com condução de pelo menos uma brotação. Quando mais de um broto é mantido por cepa, a madeira apresenta diâmetros reduzidos por ocasião da colheita final. A colheita sob alto fuste é feita em idades de cinco a sete anos, o que justifica a predominância de estudos sobre o manejo de brotações de árvores adultas (PAIVA et. al., 1983; SIMÕES & COUTO, 1985; MIRANDA et. al., 1998; FARIA et. al., 2002; CAVICHOLLO et. al., 2004).

O manejo dos povoamentos de eucalipto por talhadia pode tornar-se vantajoso, pois a taxa de crescimento inicial de brotações é superior à de povoamentos para alto fuste, com a mesma idade, o que pode resultar em antecipação da produtividade máxima (KAUPPI et. al., 1988; TEWARI et. al., 2004).

A maior taxa inicial de crescimento da brotação, em comparação à de plantas estabelecidas a partir de mudas, se deve, principalmente, à presença de um sistema radicular já estabelecido, o que facilita a absorção de água e nutrientes e o uso de reservas orgânicas e inorgânicas, presentes na cepa ou nas raízes (BLAKE, 1983; REIS & KIMMINS, 1986; TEIXEIRA et. al., 2002; KABEYA & SAKAI, 2005; WALTERS et. al., 2005; REIAS & REIAS, 1997).

Essas raízes facilitam, também, a absorção de água e nutrientes. E, em razão de se ter elevada relação raiz/parte aérea, os assimilados são alocados preferencialmente para a formação da parte aérea, aumentando, assim, as diferenças na taxa de crescimento em relação às plantas da primeira rotação. Este rápido crescimento inicial das brotações pode resultar em obtenção de produção máxima mais cedo do que aquele da primeira rotação. Embora exista esta vantagem aparente, tem sido registrado que muitas florestas de eucalipto têm apresentado decréscimo de produtividade nas rotações subseqüentes, o que nem sempre está associado à redução do número de troncos do povoamento original.

A taxa de crescimento das brotações, na sua fase inicial de crescimento, é elevada em comparação com o crescimento de plantas provenientes de mudas. Zavitkovski (1982) observou que mudas de *Populus* atingiram 6,6 m de altura aos cinco anos de idade, enquanto a brotação após o primeiro corte atingiu essa mesma altura aos três anos de idade, ressalta-se que essa diferença reduz com o tempo. Luckhoff (1955) observou que essa vantagem em relação à altura das plantas permaneceu por um período de 10 a 13 anos, para três diferentes sítios. Esses resultados indicam que, apesar de se ter a possibilidade de obtenção da mesma produtividade ao final de cada rotação, quando a floresta é manejada por brotação, a idade de corte pode ser atingida mais cedo em razão dessa vantagem inicial de crescimento.

Quando se compara a condução da brotação com a reforma, observam-se diferenças relativas aos impactos ambientais das atividades, como preparo de solo, que havendo a reforma deixa o solo exposto aumentando o risco de arraste de materiais pela atividade erosiva, causando depreciação do solo e contaminação dos corpos receptores de água. Também, normalmente, são necessárias várias intervenções de tratamentos culturais, onde pode haver risco de contaminação do ambiente ou do trabalhador e riscos de erosão no solo. Na opção de condução da brotação não são realizados preparo do solo e nem tratamentos culturais, reduzindo os efeitos ambientais.

Devido às inúmeras espécies/procedências de *Eucalyptus* utilizadas, à diversidade de sítios edafo-climáticos implantados e aos diferentes níveis tecnológicos de implantação e colheita adotados, a produtividade florestal obtida na segunda rotação se mostra extremamente variável, comparativamente àquela obtida na primeira rotação (SIMÕES e COUTO, 1985). Esta oscilação de produtividade foi, em geral, para menor, em função principalmente do aumento do percentual de falhas.

A grande utilização do manejo por talhadia se justifica, dentre outros, pelos seguintes aspectos: produção de madeira de pequenas a médias dimensões, simplicidade de execução do corte, dispensa várias operações (produção de mudas, preparação de solo e novo plantio), facilidade de planejamento da produção madeireira a curtos e médios prazos, menores custos por volume de madeira produzido, e ciclos de cortes mais curtos, com antecipação de retornos

financeiros (LAMPRECHT, 1990; EVANS, 1992). Como aspectos negativos deste sistema, Matthews (1994) relacionou madeiras de baixo valor, em função de suas menores dimensões, remoção de nutrientes a cada ciclo curto de colheita, danos às cepas e às brotações, devido às operações de colheita e geadas. Quando comparados os aspectos positivos e negativos, destacam-se as vantagens da talhadia (STAPE, 1997).

3.4 Caracterização da Madeira

A madeira é um tecido complexo que apresenta variações de suas propriedades entre diferentes espécies, entre árvores da mesma espécie e, até mesmo, em diferentes partes da mesma árvore (PANSHIN e DE ZEEUW, 1980; TSOUMIS, 1991). Entre diferentes espécies botânicas essa variabilidade pode ser ainda maior, considerando as várias espécies do gênero *Eucalyptus* (HILLIS, 1978; OLIVEIRA, 1997; SILVA et. al., 2008).

Segundo Costa et. al. (2003), o alburno é formado por células funcionais, de coloração mais clara, responsáveis pela condução de água e solutos nela dissolvidos. Quando se tornam inativas para o transporte de água, as células do alburno passam a constituir o cerne, que pode conter óleos, resinas, gomas e/ou compostos fenólicos, substâncias que são frequentemente responsáveis pela sua coloração mais escura e maior durabilidade natural. Segundo Hunt e Garrat (1953), Nicholas e Siau (1973), o alburno, como regra geral, pode ser impregnado com substâncias preservativas, com relativa facilidade, enquanto o cerne é resistente à penetração dessas substâncias. Os materiais naturalmente presentes no cerne podem endurecer ou se solidificar, obstruindo as pontuações ou aberturas dos vasos e canais resiníferos; nesse caso, o movimento dos preservativos é diminuído ou totalmente inibido. Segundo Siau (1984), o cerne é sempre muito menos permeável que o alburno, devido às pontuações aspiradas na madeira das gimnospermas e às incrustações e ocorrência de tilos nos vasos das angiospermas.

Em muitas angiospermas, a penetrabilidade do cerne pode ser afetada pela ocorrência de tilos que também podem ser desenvolvidos em qualquer parte do alburno onde a condução de água é reduzida, mas são usualmente

produzidos em abundância nas regiões onde está sendo formado o cerne. O processo de tilose reduz a permeabilidade dos vasos e, frequentemente, fecha essas células à passagem de produtos preservativos; conseqüentemente, a ocorrência de substâncias obstrutoras tende a fechar, ainda mais, os vasos. Nesse caso, desde que fibras ou outras células sejam também resistentes à impregnação, o cerne passa a ser praticamente impenetrável. As madeiras que apresentam pouca ocorrência de tilos e/ou outras substâncias obstrutoras dos vasos no cerne podem apresentar maior facilidade de impregnação com substâncias preservativas (HUNT e GARRATT, 1953).

Embora os vasos sejam considerados estruturas de maior importância em relação à condução (HUNT & GARRATT, 1953; WARDROP & DAVIES, 1961; RUDMAN, 1965; BEHR et. al., 1969; GREAVES, 1972, 1973), eles não contribuem de maneira eficiente para a condução do produto preservante no cerne, não só em função das tiloses, como também devido a freqüentes obstruções das pontuações vasculares por extrativos. Tais observações coincidem com as de Côté (1963), que, ao analisar as características anatômicas que afetam a permeabilidade da madeira, encontrou como uma das causas a oclusão das pontuações por extrativos.

Segundo Oliveira (1997), a quantificação da relação cerne/alburno é muito importante, do ponto de vista tecnológico; dependendo da utilização que se queira dar à madeira, existe uma maior ou menor quantidade destes dois tipos de madeira, que ocorrem nos troncos das árvores. Diferentes proporções de cerne e alburno podem proporcionar diferentes retenções e penetrações do preservativo na madeira. As propriedades que afetam a penetração e a retenção são a porcentagem de alburno, as dimensões das células lenhosas, principalmente dos vasos, e a sua permeabilidade.

3.4.1 Anatomia

Os estudos anatômicos possibilitam a identificação das espécies e, mais do que isso, informações sobre a estrutura do lenho, permitem identificar as relações entre o lenho e as características gerais da madeira, principalmente nos

aspectos referentes à resistência mecânica, permeabilidade e trabalhabilidade (SILVA, 2002).

A madeira das angiospermas dicotiledôneas apresenta uma constituição anatômica muito heterogênea entre as espécies, tanto em número quanto na proporção de células; a madeira desse grupo apresenta-se basicamente constituída de fibras, parênquima axial, raios e vasos (PANSWIN e DE ZEEUW, 1980; TSOUMIS, 1991).

Segundo Oliveira (1997), a madeira de eucalipto, apesar das centenas de espécies que formam o gênero, apresenta uma estrutura anatômica bastante homogênea, em nível morfológico. Em nível quantitativo, entretanto, ocorre significativa variação nas dimensões de seus elementos anatômicos, entre espécies e dentro de uma mesma árvore, o que torna o seu estudo anatômico fundamental.

Os vasos são estruturas tubulares, de comprimento indefinido, formados a partir de elementos de vasos, podendo corresponder de 5-60% do volume total da madeira (PANSWIN e DE ZEEUW, 1980; SIAU, 1984; TSOUMIS, 1991). Os vasos podem ser reconhecidos como as estruturas anatômicas mais significativas para a penetração inicial dos preservativos na madeira, pois forma o caminho longitudinal de fluxo de menor resistência à passagem de líquidos. Como os elementos de vasos são células de extremidades abertas ou parcialmente abertas, a penetração dos fluídos no sentido longitudinal se torna mais rápida e extensa do que aquela no sentido lateral, entre vasos e raios e vasos e fibras. A penetração de preservativos ao longo dos vasos, no entanto, pode ser reduzida consideravelmente quando há ocorrência de tilos no seu interior (SIAU, 1984). Os vasos podem também propiciar a penetração lateral na madeira, através dos pares de pontoações. Na madeira das angiospermas, ao contrário das gimnospermas, não existe tórus nos pares de pontoações, o que nunca vai causar aspiração; nesse caso, as membranas das pontoações são sempre livres à passagem lateral de preservativos (HUNT e GARRATT, 1953; SIAU, 1984). Segundo Hunt e Garratt (1953), além da dependência dos vasos estarem desobstruídos, a efetividade da penetração dos preservativos na madeira das angiospermas depende também do seu tamanho, frequência e distribuição.

Wardrop e Davies (1961), citados por Siau (1984), trataram pequenas amostras da madeira de alburno de *Eucalyptus regnans* com soluções salinas e agentes de precipitação para a observação do caminho dos fluidos. Os autores observaram que a penetração ocorreu primeiramente pelos vasos e, depois pelos raios, parênquima axial e fibras, através dos pares de pontoações. A madeira do cerne apresentou resultados similares, exceto para alguns vasos que estavam obstruídos

3.4.2 Massa específica

A massa específica da madeira é o resultado de uma complexa combinação dos seus constituintes internos. É uma propriedade muito importante e fornece inúmeras informações sobre as características da madeira, devido a sua relação com várias outras propriedades, tornando-se um parâmetro muito utilizado para qualificar a madeira, nos diversos segmentos da atividade industrial. Segundo Tsoumis (1991), é uma medida da quantidade de material na parede celular, presente em certo volume e é, também, uma indicadora do volume de espaços vazios na madeira.

Segundo Panshin e De Zeeuw (1980), a massa específica pode variar entre gêneros, espécies do mesmo gênero, árvores da mesma espécie e, até mesmo, entre diferentes partes da mesma árvore. Hillis e Brown (1978) afirmaram que podem ocorrer variações extremas de tal propriedade entre árvores da mesma espécie.

Segundo Kollmann e Côté (1968), as variações da massa específica se devem às diferenças na estrutura anatômica da madeira e na quantidade de substâncias extrativas presentes por unidade de volume, em função, principalmente, da idade da árvore, genótipo, índice de sítio, clima, localização geográfica e tratos silviculturais. A estrutura da madeira a que se referem os autores está relacionada à espessura da parede celular e ao tamanho e à quantidade proporcional de diferentes tipos de células (fibras, traqueídeos, vasos, dutos de resina e parênquima). Nas madeiras da mesma espécie, as variações são decorrentes, principalmente, de alterações nos componentes estruturais e químicos. Vital (1984) afirmou que os efeitos, em geral, são interativos e difíceis

de serem avaliados isoladamente e não se consegue modificar uma propriedade sem que as demais sejam alteradas.

3.5 Sais preservativos

Segundo Freitas (2002), os preservativos hidrossolúveis apresentam inúmeras vantagens em relação aos preservantes oleossolúveis: maior facilidade de formação de complexos com os componentes da parede celular, resistente à lixiviação, a aplicação pode ser feita à temperatura ambiente, não são corrosivos a metais, são quimicamente estáveis, não são inflamáveis, não exalam cheiro e permitem acabamento da madeira, como a aplicação de tintas e vernizes. Além disso, mantém inalterada a condutividade elétrica da madeira, fator de grande importância em postes para energia elétrica e dormentes para ferrovia.

Dentre os vários produtos utilizados na preservação de madeiras, o arseniato de cobre cromatado (CCA) é atualmente um dos preservativos mais eficientes para o tratamento da madeira, protegendo-a da podridão por fungos e da deterioração por insetos e agentes marinhos. O produto é uma combinação básica do Cu (cobre), Cr (cromo) e As (arsênio). Segundo Silva (2007), o arseniato de cobre cromatado (CCA) é também conhecido como Celcure e é o preservativo hidrossolúvel mais utilizado em todo o mundo e vem sendo utilizado desde 1930. É introduzido na madeira por via aquosa, através de métodos que empregam pressão, uma vez que as reações de fixação entre os produtos e a madeira ocorrem muito rapidamente. Segundo manuais técnicos da Montana (s.d.), o CCA é apresentado sob o nome comercial Osmose K-33 C.

O Osmose K-33 é um produto preservativo de ação fungicida e inseticida, classificado quimicamente como arseniato de cobre cromatado (CCA) tipo C – óxido, nas concentrações de $72\% \pm 1$ de ingredientes ativos. O produto protege a madeira contra o ataque de insetos xilófagos (cupins, brocas, carunchos etc.), contra fungos de apodrecimento e contra a destruição por furadores marinhos, tais como *Teredo sp* e *Limnoria sp* (MANUAL TÉCNICO MONTANA, 2008)

O produto é fabricado conforme normas internacionais do “Standard” P-5 da AWWPA (American Wood Preservers Association) e tem seu uso regulamentado no Brasil através das normas da ABNT, como a NBR 8456, NBR 9480, NBR

12803, entre outras. O Osmose K-33 C se apresenta sob forma de consistência pastosa e de coloração castanho-avermelhada. Embora seja solúvel em água, não é lixiviável após aplicação, pois ocorre uma reação química do produto com os componentes poliméricos da madeira (celulose), resultando em compostos insolúveis retidos nas fibras, garantindo longo efeito residual. O produto é indicado exclusivamente em tratamento industrial realizado em usina de preservação de madeira (UPM), através do sistema vácuo-pressão por célula cheia (MANUAL TÉCNICO MONTANA, 2008).

Alguns críticos consideram que o CCA pode causar efeitos adversos ao meio ambiente e danos à saúde das pessoas e animais, embora já se tenha concluído que a madeira tratada com esse produto não apresenta riscos. Existem preocupações recentes com a lixiviação do arsênio e eliminação dos resíduos da madeira tratada com CCA; devido a tais fatos, o seu uso tem sido limitado em alguns países (EVANGELISTA, 2007).

3.5.1 Reações do CCA na madeira

Segundo Geraldo e Navajas (1992), de modo geral, os preservativos hidrossolúveis contêm mais de uma substância química na sua formulação, constituindo o que se chama de um sistema preservativo, com ação conjunta fungicida e inseticida, que será insolubilizado na madeira pela formação de complexos com componentes poliméricos das paredes celulares.

Segundo Smith e William (1973), a maior fixação dos produtos que compõem o CCA é obtida quando os sais se apresentam na seguinte relação: $Cr/As < 1,9$ e $Cr/cu = 1,7$. Segundo os autores, o cromo não tem ação ativa como preservante, quando utilizado de forma isolada. O cobre age como fungicida através da precipitação de proteínas, provocando reações enzimáticas que interferem no metabolismo dos fungos. Williams et. al. (1991) asseguram que determinados fungos, particularmente os de podridão parda e mole, são tolerantes ao cobre. O arsênio apresenta elevada toxicidade à maioria dos fungos e insetos.

Freitas (2002) afirmou que vários estudos têm sido realizados para explicar o mecanismo de fixação dos sais na madeira. Segundo Lepage (1986), as

reações instantâneas iniciais do CCA com a madeira promovem um rápido decréscimo do pH e essa queda é atribuída à fixação do cobre por troca iônica, com a liberação de prótons. Numa segunda fase, ocorre um acréscimo gradual do pH, no momento em que as reações de fixação progridem, devido à formação dos complexos lignina-ácido crômico e lignina-cromato de cobre, bem como, a redução do cromo. Segundo o autor, uma grande quantidade de cobre que é fixado na madeira fica localizada na camada S1, sugerindo esta associação da lignina com o cobre; a celulose também poderia estar associada ao cobre, através das ligações OH. O cromo, por sua vez, forma compostos com a madeira nas formas trivalente e hexavalente, formando complexos com a lignina, provavelmente com as unidades guaiacil. Quando o cromo é reduzido para a forma trivalente ocorre uma reação com o arsênio, formando o composto CrAsO_4 . Na madeira tratada, aproximadamente 85% do arsênio reage com o cromo; o restante forma complexos relativamente insolúveis com a lignina e a celulose. A Figura 2 apresenta o diagrama esquemático de fixação do CCA na madeira.

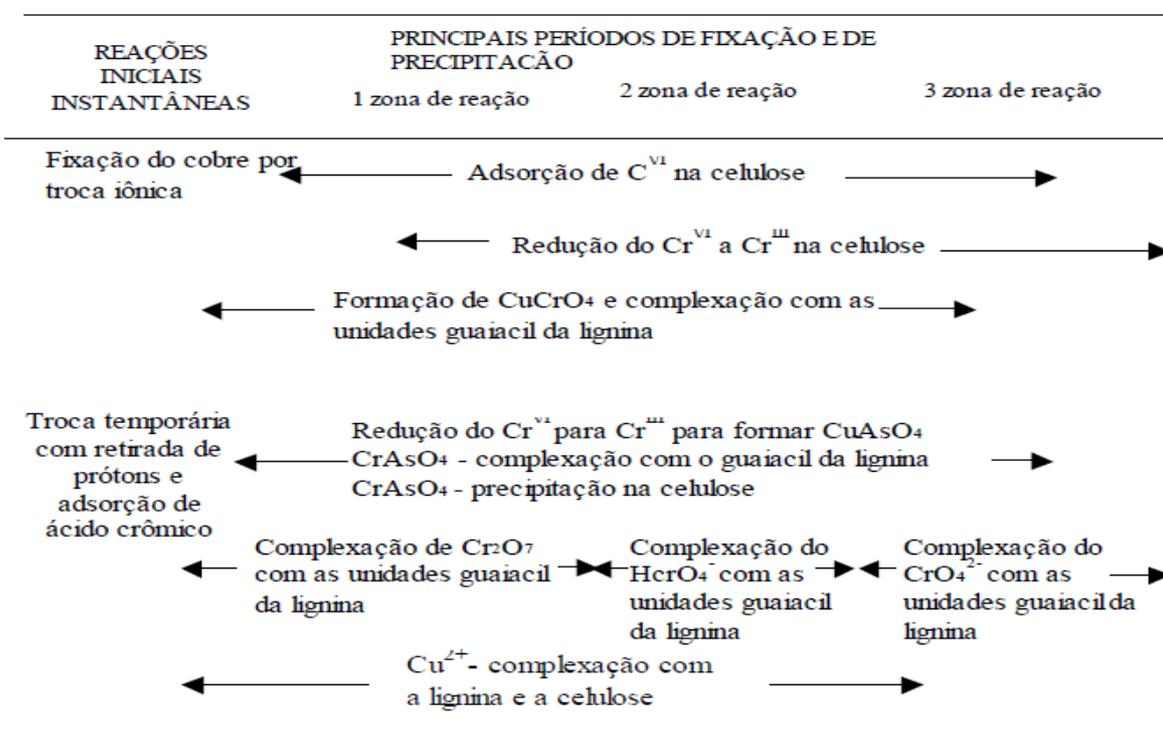


Figura 1. Diagrama esquemático de fixação do CCA na madeira
Fonte: LEPAGE (1986).

Dahlgren & Hartford, citados por Willians et al.(1991), mencionam que no mecanismo de fixação ocorre um breve desbalanceamento de cobre, cromo e arsênio. Este desbalanceamento é atribuído ao tempo seqüencial da fixação dos componentes individuais do CCA. Dahlgren (1972) avaliou a mudança do pH na reação do CCA, testando também a lixiviabilidade do cromo durante o curso da fixação, para determinar taxas constantes para as várias reações. Pizzi (1982) analisou a reação dos produtos insolúveis formados durante a reação do CCA com um modelo de compostos simples, selecionados para representar a celulose e a lignina. Pettye & Preston, citados por Williams et al. (1991), estudaram a microdistribuição do CCA e mostraram que o cobre não pode penetrar nas regiões cristalinas das fibras de celulose, mas pode penetrar nas regiões menos regulares.

Os fatores que influenciam a quantidade de componentes lixiviados da madeira tratada dependem do grau de absorção e da distribuição do preservante, concentração na madeira, permeabilidade da madeira e parâmetros tecnológicos do processo de impregnação. A temperatura e o conteúdo de umidade da madeira, durante a fixação, influenciam a lixiviação dos componentes (Brown & Eaton, 2001). Os mesmos autores salientam que a fixação é um processo químico que faz com que os elementos preservantes solúveis em água tornem-se insolúveis na madeira. Por exemplo, a completa redução do cromo indica que o potencial para o cobre e o arsênio lixivarem foi ou será minimizada. Osborne & Fox (1995), compararam cinco níveis de retenção de CCA, abaixo e acima do solo, em postes após seis anos em serviço e verificaram que não existia diferença significativa de preservante nos postes. Os níveis de cobre e arsênio eram inferiores abaixo do nível do solo, indicando lixiviação mais alta destes compostos em solo úmido. O arsênio apresentava-se mais lixiviado que outros componentes.

Rak & Clark (1974), citados por Willians et al. (1991), demonstraram que a penetração do preservante contendo cobre amoniacal resultou em melhores resultados do que àqueles comparados quando se usou CCA, em espécies não permeáveis. Porém, ao se testar espécies permeáveis, a penetrabilidade do preservante CCA foi melhor do que aquela observada para os preservantes amoniacais.

Richardson (1978) observou uma deterioração em certas madeiras de folhosas, a despeito de altas retenções de produto. Segundo o autor, tal situação se deve a uma irregular microdistribuição dos elementos tóxicos, podendo estar presente em grandes quantidades no lume, mas não protegendo totalmente a parede celular.

3.6 Avaliação da efetividade de preservantes

Galvão et. al. (1967) e Santini (1988) descrevem que o controle de qualidade em madeira tratada é feito, normalmente, através da determinação da retenção e penetração do preservativo na madeira e são influenciadas por características relacionadas à madeira e ao processo de tratamento utilizado .

Oliveira e Lepage (1986) definiram retenção e penetração como parâmetros básicos para avaliação de eficiência do tratamento preservativo. A penetração é medida em centímetros ou milímetros e indica a profundidade atingida pelo preservante na peça submetida ao tratamento. Sua determinação é feita por reações colorimétricas em seções da peça impregnada. A retenção, sendo um parâmetro de natureza quantitativa, refere-se à quantidade de preservante existente num determinado volume de madeira.

3.7 A Retenção dos Preservativos na Madeira

As madeiras apresentam extrema variabilidade na sua composição, estrutura e propriedades, sendo uma das matérias-primas mais versáteis e multiplicidade de usos. Segundo Pulkki (1991), a madeira é o resultado de uma complexa combinação de inúmeros fatores internos, que estão ligados às condições ambientais, genética, idade, fertilidade, manejo, controle de pragas e doenças. O autor menciona que a qualidade da madeira para um determinado uso depende das condições de crescimento oferecidas pela floresta e suas interações com as variáveis de processamento na indústria.

Os crescentes avanços na silvicultura e melhoramento florestal, com a utilização de clones e técnicas de implantação e manejo, têm mudado significativamente a visão dos técnicos e empresários do setor florestal. Tais avanços buscam a otimização da produtividade e adequação da madeira para os

diferentes usos. Nos últimos anos, o Brasil tem-se destacado no cenário mundial como detentor de alta tecnologia na produção de florestas, notadamente do gênero *Eucalyptus*. Variadas espécies e clones compõem este cenário, todos com características bem peculiares, visando ao atendimento das demandas dos setores de celulose e siderurgia, prioritariamente. Outros setores, como a construção civil, movelaria, agronegócio, ferroviário (dormentes) e transmissão de energia (postes) ainda não se preocuparam em tornar os seus segmentos sustentáveis quanto ao autoabastecimento. Faltam-lhes, também, pesquisas para melhor adequação das matérias-primas aos usos mais apropriados.

No Brasil, o setor de preservação de madeiras sempre destacou sua preferência pelo *Corymbia citriodora* e *C. maculata*, além de várias espécies de eucalipto de alta massa específica, como *E. creba*, *E. siderophloia*, *E. botryoides*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. paniculata* e *E. sideroxylon*. Tais espécies não são mais plantadas devido à baixa produtividade e inadequação ao uso múltiplo de suas madeiras. Atualmente, as espécies mais plantadas são o *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* e seus híbridos, resultando uma madeira de média densidade e baixa resistência para usos como dormentes, postes e vigas. Para o setor do agronegócio, onde a madeira é utilizada na forma de mourões e estacas, tais espécies não apresentam quaisquer problemas de uso, desde que devidamente tratadas. Desnecessário ressaltar que a madeira destas espécies apresenta propriedades e características bem distintas daquelas mencionadas anteriormente e que sempre foram tradicionalmente utilizadas pelo setor de preservação da madeira. Apesar destas diferenças, continuam sendo utilizados os mesmos procedimentos relacionados aos processos de tratamento, como as madeiras fossem absolutamente iguais.

Os valores estabelecidos pela norma NBR 9480 (ABNT, 1986) são definidos para mourões roliços de eucalipto preservado. Tal norma se baseia na norma NBR 6232, que fixa a retenção mínima de 6,5 kg de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira tratada para os preservativos hidrossolúveis. A referida norma se baseia em recomendações de instituições americanas, como AWPA, que utiliza as normas da ASTM (American Science Technical Materials). Tais instituições, por sua vez, elaboraram suas normas com base em resultados de madeiras de clima temperado, mais intensamente utilizadas nos países do

Hemisfério Norte, principalmente nos Estados Unidos e Canadá. A generalização ou extrapolação de quaisquer dados das madeiras de clima temperado para as condições tropicais poderia acarretar erros de natureza diversa. Semelhante entendimento é feito para o uso de normas estrangeiras no Brasil utilizando dados obtidos de madeiras de outros países. Tal situação poderia gerar questionamentos sobre a possibilidade de se estar utilizando valores superestimados ou defasados para as madeiras preservadas e utilizadas no Brasil. Tais valores podem acarretar prejuízos financeiros ao se utilizar uma quantidade de produtos superior além da real necessidade de se preservar uma madeira; tais prejuízos podem ser de ordem ambiental ao se utilizar produtos que, embora preservem a madeira, podem ser restritivos à saúde humana e ao meio ambiente. Na composição dos sais CCA, o arsênio e o cromo são produtos com efeitos tóxicos e comprovadamente deletérios à saúde humana; o uso excedente do produto gera problemas adicionais, tanto econômicos como ambiental.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com material proveniente de plantações comerciais de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, localizado do município de Itamarandiba – no Estado de Minas Gerais, da Empresa ArcelorMittal Jequitinhonha. Utilizaram-se dois híbridos distintos de *Eucalyptus urophylla*, de primeira e segunda rotação, ambas com a idade aproximada de sessenta meses, crescendo no mesmo local e tratos culturais semelhantes (espaçamento, adubação e controle de formigas e matocompetição).

O tipo de relevo é de Altiplanos (Cerrado) e o solo tipo Latossolo Vermelho Amarelo. Baseando-se em dados locais de vinte anos, a temperatura média anual é de 20,76°C, com médias máximas e mínimas de 25,8°C e 15,7°C, respectivamente. A tabela com todos os dados meteorológicos pode ser observada no Anexo A. A média da umidade relativa do ar é de 68,43%, onde os dados são encontrados no Anexo B. A precipitação anual é de 1.156,75 mm, com déficit hídrico entre os meses de maio a setembro; os dados são encontrados no Anexo C.

A identificação e as características locais da região de implantação do material utilizado se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Dados do material estudado

Material Genético	Rotação	Idade (meses)	Altitude (m)	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Espaçamento (m)
AEC 0182	Rotação 1	63	1001	8041803	741306	3,00 x 2,80
	Rotação 2	62	929	8033001	720372	3,00 x 2,00
AEC 0296	Rotação 1	60	926	8037277	740590	3,00 x 2,80
	Rotação 2	61	937	8033019	720908	3,00 x 2,00

Utilizaram-se quatro árvores de cada clone e rotação, num total de 16 árvores. Cada árvore foi posteriormente seccionada em toras de três metros e utilizaram-se as três primeiras da parte basal, totalizando 48 toras. Após criteriosa identificação, procedeu-se ao descascamento e transporte do material para o Laboratório de Propriedades da Madeira, do Departamento de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

4.1 Porcentagem de cerne e alburno e relação de cerne/alburno

Na extremidade de cada tora, mediram-se os diâmetros e a espessura do alburno de cada extremidade, através de uma fita métrica de precisão de 0,1 cm. A partir dessas medições, determinaram-se a porcentagem de cerne e alburno, bem como a relação cerne/alburno. Para tanto, utilizaram-se as seguintes fórmulas:

$$CRN = \frac{\pi \times (D - 2A)^2}{40.000}$$

onde:

CRN = Área ocupada pelo cerne, medido em m²;

D = Diâmetro médio da tora, em cm; e

A = Espessura média do alburno, em cm.

Cálculo da área seccional da tora

$$As = \frac{\pi * D^2}{40.000}$$

onde:

A_s = Área seccional média da tora sem casca, em m^2 ; e
 D = Diâmetro médio da tora, em cm.

Cálculo da área ocupada pelo alburno:

$$Alb = A_s - Crn$$

onde:

Alb = Área ocupada por alburno, em m^2 ;
 A_s = Área seccional média da tora sem casca, em m^2 ; e
 Crn = Área ocupada por cerne, em m^2 .

Cálculo da percentagem de alburno:

$$\% Alb = \frac{Alb}{A_s}$$

onde:

$\% Alb$ = Porcentagem de alburno;
 Alb = Área ocupada por alburno na tora, em m^2 ; e
 A_s = Área seccional média da tora sem casca, em m^2 .

Cálculo da percentagem de cerne:

$$\% Crn = 1 - \% Alb$$

onde

$\% Crn$ = Porcentagem de cerne; e
 $\% Alb$ = Porcentagem de alburno.

Cálculo da relação cerne/ alburno:

$$C/A = \frac{\% Crn}{\% Alb}$$

onde

C/A = Relação cerne/alburno;

% Crn = Porcentagem de cerne; e

% Alb = Porcentagem de alburno.

4.2 Massa específica

Para a determinação da massa específica da madeira, retirou-se um disco, com 3 centímetros de espessura, a 30 cm da base de cada tora, totalizando 48 amostras. De cada disco retiraram-se duas cunhas diametralmente opostas que correspondia a 2/6 do disco. Estas cunhas foram imersa em água e depois aplicou-se vácuo intermitente até saturação completa. O volume das amostras de madeira na condição saturada foi determinado através do método da balança hidrostática, proposto pela norma NBR 7190 (ABNT, 1997). Para determinação da massa da madeira absolutamente seca, as amostras de madeira foram colocadas numa estufa de ventilação forçada e controle automático de temperatura, a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, até atingir massa constante. Em seguida, registrou-se o valor da massa anidra com o uso de balança de precisão de 0,01g.

4.3 Anatomia da Madeira

Para o ensaio de anatomia da madeira, retirou-se um disco de três centímetros de espessura, a 30 cm da base de cada tora, totalizando 48 amostras. Da região correspondente ao alburno de cada disco confeccionou-se um bloco com formato retangular, apresentando dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm, sendo a última no sentido longitudinal.

De cada bloco, foram retirados pequenos fragmentos (palitos finos) e colocados num tubo de ensaio, com solução de peróxido de hidrogênio, segundo método preconizado por Dadswell (1972). A mistura foi deixada na estufa, à temperatura de 60°C , por um período médio de setenta e duas horas, até a

completa dissociação da madeira. Após a maceração, a mistura foi filtrada em cadinho sintético, de porosidade média, lavando-se as fibras com água, a temperatura ambiente, visando à retirada da solução macerante. Após a individualização das fibras, utilizou-se o corante azul de astra, na concentração de 1% e este material foi armazenado em água e devidamente identificado. Posteriormente, montaram-se lâminas temporárias e mediram-se 30 fibras, individualmente, determinando-lhes o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede. Para as medições do comprimento, largura da fibra e diâmetro do lume das fibras utilizou-se um microscópio ótico, com um sistema de aquisição de imagens, através de uma câmera acoplada, possibilitando a visualização das fibras diretamente no monitor e posterior captura da imagem, com o auxílio do software Axio-Vision.

A espessura da parede foi obtida através da seguinte fórmula:

$$EP = \frac{LF - DL}{2}$$

onde

EP = Espessura da parede da fibra, em μm ;

LF = Largura da fibra, em μm ; e

DL = Diâmetro do lume da fibra, em μm .

O bloco remanescente foi colocado em água quente, por um período de quarenta e oito horas, para amolecimento e, em seguida levadas em seguida levadas ao micrótomo para a retirada de finas seções na seção transversal, segundo a norma COPANT (1974). Foram realizados cortes com 16 μm de espessura, utilizados na medição do diâmetro e frequência de vasos. Para este ensaio foram montadas lâminas semipermanentes. Os cortes anatômicos da seção transversal foram clarificados com solução de hipoclorito de sódio 60% e, em seguida, corados com safranina, na concentração de 1%. Os cortes foram colocados sobre a lâmina em solução de glicerina e água, na proporção de 1:1; sobre a lâmina colocou-se uma lamínula, fixada com esmalte à base de nitrocelulose. Após a montagem das lâminas, utilizou-se um microscópio ótico, com sistema de aquisição de imagens. As medições do diâmetro tangencial dos

vasos e da frequência de vasos por milímetro quadrado foram feitas através do software Axio-Vision. As imagens foram obtidas com o uso de um fotomicroscópio (modelo Olympus AX70TRF, Olympus Optical, Japão), equipado com sistema U-Photo com câmera digital acoplada (modelo Spot Insightcolour 3.2.0, Diagnostic instruments Inc. New York, USA).

O esquema de retirada das amostras pode ser observado na Figura 2.

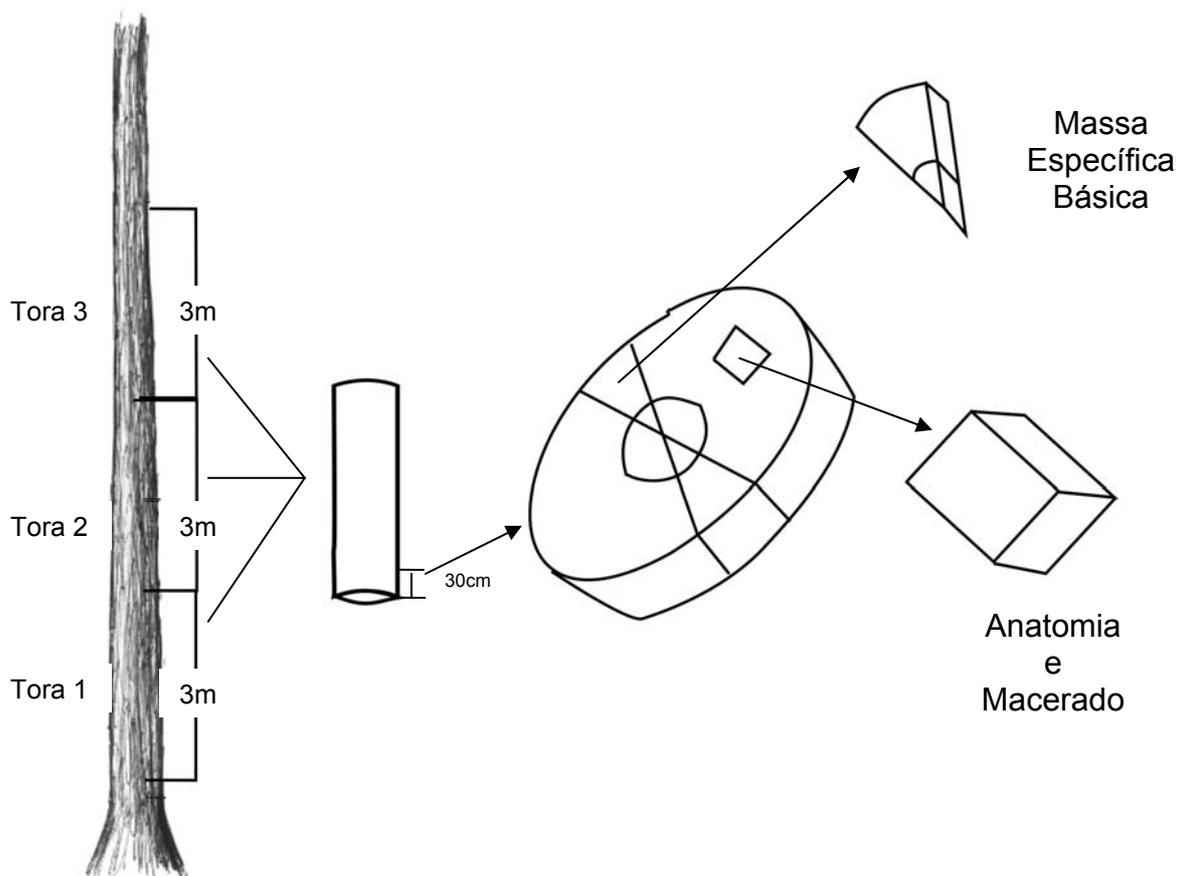


Figura 2. Esquema de retirada de corpos de prova das toras para massa específica e anatomia.

4.4 Tratamentos preservativos

Para o tratamento preservativo, todas as toras de madeiras foram cortadas a um comprimento de 2,20 m, dentro das medidas comerciais e eliminando

possíveis defeitos e rachaduras das extremidades. Posteriormente, foram empilhadas no pátio para que secassem ao ar livre, até atingir uma umidade inferior a 30%.

O tratamento foi feito em autoclave, com 0,80 m x 3,00 m, através do método de célula cheia, com sistema duplo-vácuo, com o produto preservante CCA tipo C, de ação fungicida e inseticida. O produto foi fornecido pela Montana Química S/A, com o registro comercial de Osmose K 33 C, segundo normas da P-5 da AWPA e uso regulamentado no Brasil através das normas da ABNT. É um produto hidrossolúvel, de coloração castanho-avermelhado, numa concentração de 2% de ingredientes ativos. A Tabela 2 apresenta a composição do CCA com suas respectivas porcentagens.

Tabela 2: Proporção dos ingredientes ativos presente no produto CCA

CCA	CROMO HEXAVALENTE	COBRE	ARSÊNIO
Tipo C	Calculado como CrO ₃ 47,5%	Calculado como CuO 18,5%	Calculado como As ₂ O ₅ 34,0%

Utilizaram-se quatro bateladas (tratamentos), com doze toras por tratamento, com vácuo inicial e final de 30 e 15 minutos, respectivamente e 90 minutos de pressão. A representação esquemática do processo de tratamento utilizado está na Figura 3. A disposição de cada tratamento está no Apêndice A.

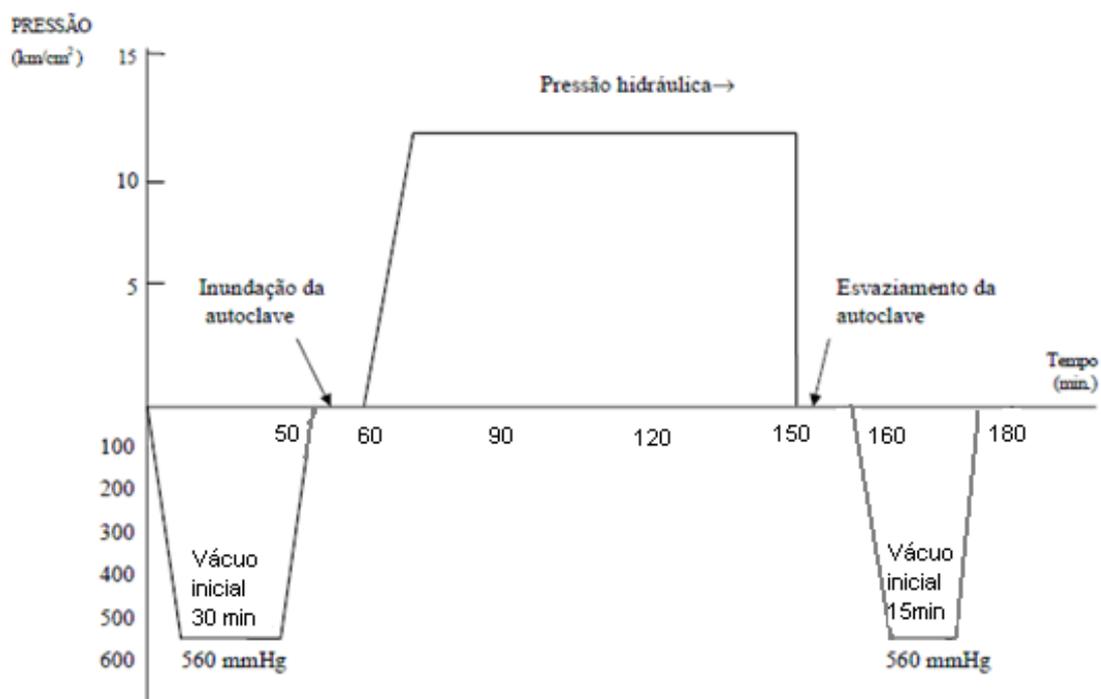


Figura 3. Representação gráfica do processo de tratamento sob pressão célula cheia utilizado nos testes.

Fonte: Campos-Sales et. al., 2003 (Adaptado).

4.5 Análise de retenção

Para a análise de retenção, retiraram-se cinco baguetas, ao longo de toda a seção circular da madeira tratada e a 50 cm abaixo da base das toras, utilizando uma broca extratora especial, com aproximadamente 53 mm de comprimento e diâmetro interno de 13 mm. Ao retirar as baguetas, separou-se cuidadosamente o alburno, descartando o material restante, correspondente ao cerne. Com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, procede-se a medição do material correspondente à parte tratável (alburno) para posterior cálculo da densidade aparente da bagueta, conforme a fórmula a seguir:

$$DB = \frac{m_{seca}}{V}$$

onde:

DB = Densidade aparente da bagueta, em g/cm³;

m_{seca} = Massa seca da bagueta, em g; e

V = Volume da bagueta, em cm³.

Para o cálculo do volume da bagueta adotou-se a seguinte fórmula:

$$V = \frac{AB * (LB)^2 * \pi}{4}$$

onde:

V = Volume da bagueta, em cm³;

AB = Altura da bagueta, em cm; e

LB = Largura da bagueta, em cm.

Após a determinação da densidade aparente do alburno, colocou-se o material em estufa a uma temperatura de 103± 2°C, durante seis horas para secagem. Posteriormente, as amostras foram climatizadas em dessecador e levadas para o moinho tipo Willey Te-680 para moagem até atingir granulometria de 30 mesh. Esse material foi coletado em saco plástico devidamente identificado. Após a moagem, o material foi colocado em cubetas de plástico com 2,5 cm de diâmetro e fundo de Myler e cobertas com plástico parafilme, para realização do teste de retenção do preservativo Para leitura e análise, utilizou-se o espectômetro de Raio-X Shimadzu-EDX-720. A análise de retenção foi expressa em kg/m³ e diz respeito aos componentes ativos do produto preservativo por unidade de volume de madeira preservada.

Para o cálculo da retenção utilizou-se da seguinte fórmula:

$$R = LE * D * 10$$

onde:

R = Retenção, em Kg/m³;

LE = Resultado da leitura do equipamento; e
D = Densidade da bagueta, em g/cm³.

4.6 Análise de penetração

Para a análise de penetração dos produtos preservativos na madeira, utilizou-se a solução cromo-azurol-S, que foi aplicada em toda região transversal do torete, que foi retirado a 60 cm da base de cada peça tratada. Ao detectar a presença de cobre, há uma reação do cromo da solução com o cobre do CCA, fazendo com que madeira adquira uma coloração azul escuro. A ausência de cobre na madeira resulta numa coloração rosa, identificando que não foi efetiva a penetração.

Para a análise de penetração do produto foram avaliados quatro tipos de penetração:

- Penetração profunda e regular: Indica a penetração profunda e uniforme em toda a extensão do alburno.
- Penetração profunda e irregular: Indica a penetração profunda, mas desuniforme em toda a extensão do alburno.
- Penetração parcial e irregular: Indica a penetração uniforme, mas não total pela extensão do alburno.
- Penetração parcial e irregular: Indica a penetração desuniforme e não total pela extensão do alburno.

4.7 Análises estatísticas

Para a análise dos parâmetros avaliados neste trabalho, utilizou-se a análise de variância, em nível de 5% de significância, considerando os efeitos do clone, rotação e posição na árvore; quando a análise se mostrou significativa, aplicou-se o teste de Tukey. As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do software Statistica versão 7.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teor de cerne e alburno

Os resultados referentes ao diâmetro das toras, porcentagem de cerne e alburno e relação cerne/alburno da madeira das duas rotações dos híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* estão sumarizados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores médios do diâmetro, porcentagem de cerne e alburno e relação cerne/alburno da madeira, em função dos tratamentos

	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Diâmetro (cm)	11,30	11,43	11,44	12,77
Cerne (%)	32,86	41,10	25,75	34,69
Alburno (%)	67,14	58,90	74,25	65,31
Cerne/Alburno	0,52	0,70	0,37	0,54

Comparando-se os valores obtidos entre rotações, verificou-se que os dois clones apresentaram maior diâmetro, porcentagem de cerne e relação cerne/alburno na segunda rotação. Tais resultados estão em consonância com aqueles já citados na literatura e já eram esperados, considerando-se que a taxa de crescimento das árvores de segunda rotação apresentam maior desenvolvimento que as árvores de primeira rotação, com a mesma idade, em função do sistema radicular já estabelecido e maior absorção de nutrientes. Tal

situação pode resultar em antecipação da produtividade máxima (KAUPPI et. al., 1988; TEWARI et. al., 2004).

Considerando-se que a madeira de primeira rotação resulta num material com maior proporção de alburno e que esta é a parte tratável da madeira por produtos preservativos, espera-se que esta madeira absorva maior quantidade de solução e, conseqüentemente, resulte em maior quantidade de madeira tratada e protegida. Embora as diferenças não fossem significativas entre os dois clones testados de *Eucalyptus urophylla*, os resultados estão em consonância com a literatura que reafirma a variabilidade de material entre espécies, procedências, clones e até em diferentes partes da mesma planta (PANSIN e DE ZEEUW, 1980).

A Tabela 4 apresenta os resultados relativos ao diâmetro das toras, porcentagem de cerne e alburno e relação cerne/alburno das duas rotações dos híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* nas três posições na árvore, ao longo do sentido longitudinal.

Tabela 4: Valores médios do diâmetro, porcentagem de cerne e alburno e relação cerne/alburno da madeira, dos clones naturais de *Eucalyptus urophylla* em função da posição da tora na árvore

Posição da tora na árvore	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Base				
Diâmetro (cm)	12,93	12,46	12,71	13,90
% Cerne	42,39	43,51	33,01	35,35
% Alburno	57,71	56,49	66,99	64,65
Cerne/Alburno	0,74	0,78	0,50	0,56
Intermediária				
Diâmetro (cm)	11,23	11,44	11,41	12,75
% Cerne	35,46	41,14	30,70	35,90
% Alburno	64,54	58,86	69,30	64,10
Cerne/Alburno	0,55	0,70	0,45	0,56
Terceira tora				
Diâmetro (cm)	9,73	10,38	10,19	11,65
% Cerne	20,83	38,63	13,53	32,81
% Alburno	79,17	61,36	86,47	67,19
Cerne/Alburno	0,28	0,62	0,17	0,49

Considerando os valores obtidos entre as rotações, verificou-se que a primeira rotação de ambos os clones apresentou menor diâmetro, porcentagem de cerne e relação cerne/alburno. Exceção foi observada em relação ao diâmetro da tora da base do clone 0182.

Comparando os clones, observou-se que os maiores valores médios de diâmetro e porcentagem de alburno foram encontrados no clone 0296, à exceção da tora da base do clone 0182. Em relação à porcentagem de cerne e relação cerne/alburno, os maiores valores foram encontrados no clone 0182.

Comparando-se os valores obtidos entre as posições longitudinais das toras, sentido base-topo, verificou-se que o diâmetro das toras, porcentagem de cerne e relação cerne/alburno apresentaram valores decrescentes no sentido base - topo; observou-se uma exceção na tora intermediária que apresentou valor superior ao encontrado na segunda rotação do clone 0296 para a porcentagem de cerne. Ainda comparando estes valores no sentido longitudinal, observou-se que as madeiras tendem a aumentar a porcentagem de alburno no sentido base-topo; estes resultados estão de acordo com estudos realizados por Oliveira (1997) e Silva (2002) que, quantificando cerne e alburno na madeira de *Eucalyptus* spp., observaram que teor de alburno aumentou com a altura da árvore.

5.2 Massa específica básica da madeira

Os valores médios de massa específica básica da madeira dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*, das duas rotações estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Valores médios da massa específica básica da madeira dos clones de *Eucalyptus urophylla*, em função da rotação

Massa específica Básica (g/cm ³)	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Média	0,46a¹	0,48b	0,49a	0,48a
Desvio-Padrão	0,02	0,02	0,02	0,02
Coefficiente de Variação (%)	3,21	3,82	2,42	3,82

¹ - Médias seguidas da mesma letra, entre rotações dentro de cada clone, não diferem entre si, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Considerando os valores médios de massa específica da madeira, obtidos entre a primeira e segunda rotação de cada clone, observou-se o maior valor médio na segunda rotação do clone 0182 e na madeira de primeira rotação do clone 0296. Somente houve diferença estatística entre as duas rotações no clone 0182, embora os valores se apresentassem muito próximos entre si. Os valores

reduzidos do coeficiente de variação mostraram alta homogeneidade da massa específica do material utilizado nesse trabalho. Tais valores são menores que 10%, inferiores ao valor máximo detectado pelo Forest Products Laboratory (1999), para a avaliação da massa específica.

Os valores encontrados neste trabalho estão de acordo com o trabalho realizado por Brasil e Veiga (1994) que, estudando *E. urophylla*, obtiveram resultados semelhantes aos encontrados neste estudo com massa específica variando de 0,45 a 0,49 g/cm³. Evangelista (2007), analisando a madeira de *Eucalyptus urophylla* de seis e oito anos, encontrou valores de 0,45 g/cm³ e 0,54 g/cm³, respectivamente, e para *Eucalyptus camaldulensis* de 10 anos de idade, 0,52 g/cm³.

Os valores médios de massa específica básica da madeira dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Valores médios da massa específica básica da madeira dos híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*, por clone, dentro de cada rotação

Massa Específica Básica (g/cm ³)	1ª Rotação		2ª Rotação	
	Clone 0182	Clone 0296	Clone 0182	Clone 0296
Média	0,46 a¹	0,49 b	0,48 a	0,48 a
Desvio-Padrão	0,02	0,02	0,02	0,02
Coeficiente de Variação (%)	3,21	2,42	3,82	3,82

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, entre clones dentro da mesma rotação, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Verificou-se que o maior valor médio da massa específica foi observado no clone 0296 na primeira rotação, sendo este significativamente maior. Já na segunda rotação, a massa específica dos clones não diferenciam entre si.

A Tabela 7 apresenta os valores médios da massa específica básica da madeira, entre as rotações, clones e as três posições longitudinais, em função dos clones naturais de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 7. Valores médios da massa específica básica da madeira dos clones naturais de *Eucalyptus urophylla* em função da posição longitudinal e rotação.

Massa específica (g/cm ³) por posição na árvore	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Base				
Média	0,47 A¹ a²	0,47 A a	0,50 A a	0,51 B a
Desvio-Padrão	0,02	0,02	0,01	0,02
Coefficiente de Variação (%)	4,26	4,26	2,00	3,92
Intermediária				
Média	0,46 A a	0,48 AB b	0,48 A b	0,46 A a
Desvio-Padrão	0,01	0,01	0,01	0,01
Coefficiente de Variação (%)	2,17	2,08	2,08	2,17
Terceira tora				
Média	0,48 A a	0,50 B b	0,50 A a	0,48 AB a
Desvio-Padrão	0,01	0,01	0,01	0,02
Coefficiente de Variação (%)	2,08	2,00	2,00	4,17

¹ Médias seguidas da mesma letra maiúscula, dentro de uma mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste Tukey, com significância de 5%.

² Médias seguidas da mesma letra minúscula, dentro de uma mesma linha, no mesmo clone, não diferem entre si, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

No clone 0182, verificou-se um aumento dos valores de massa específica na segunda rotação, independentemente da posição longitudinal ao longo da árvore. Situação inversa foi observada no clone 0296, à exceção da tora na posição da base. A massa específica da madeira encontrada na terceira tora da segunda rotação do clone 0182 mostrou-se superior e com diferenças estatísticas da madeira encontrada na primeira rotação.

Na tora intermediária, observou-se uma tendência de diminuição dos valores médios de massa específica em relação à primeira tora; tendência de aumento foi observada em relação à terceira tora para ambos os clones e rotações.

Os menores valores médios da massa específica básica foram observados na tora intermediária da primeira rotação do clone 0182 e da segunda rotação do clone 0296, respectivamente. Os maiores valores médios foram observados na tora da base do clone 0296.

Comparando-se os valores obtidos na primeira rotação de cada clone, não se observou diferença estatística significativa entre as três posições estudadas. Na segunda rotação, tais diferenças foram observadas no clone 0182 entre a tora da base e a terceira tora e no clone 0296, entre a tora da base e a tora intermediária.

Verificou-se baixa variabilidade entre os valores encontrados no coeficiente de variação para a massa específica do material utilizado nesse

trabalho. Tais valores são menores que 10%, inferiores aos sugeridos pelo Forest Products Laboratory (1999), para a avaliação da massa específica. Os valores médios encontrados sugerem baixa variabilidade do material analisado entre clones, rotações e posições diferentes ao longo da árvore, no sentido base-topo.

Segundo Alzate et al (2005), estudando várias espécies de *Eucalyptus*, encontraram resultados similares, onde a madeira teve um decréscimo da massa específica da base para o meio da árvore e, depois, um aumento do meio para o topo da árvore. Os modelos de variação longitudinal e os valores de massa específica média da madeira também foram relatados na literatura para árvores de *E. grandis* e *E. saligna* (CARPIM E BARRICHELO, 1984; SOUZA et. al.,1986; MIGLIORINI et. al.,1988; LOPES, 2003).

Além de ser observada diferença estatística das posições longitudinais entre as duas rotações, dentro de um mesmo clone (Tabela 7), também se observou diferença estatística das posições longitudinais entre clones, dentro de uma mesma rotação, conforme pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8. Valores médios da massa específica básica da madeira dos híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* por posição longitudinal e clone, dentro de cada rotação

Massa específica (g/cm ³) por posição na árvore	1ª Rotação		2ª Rotação	
	Clone 0182	Clone 0296	Clone 0182	Clone 0296
Base				
Média	0,47a¹	0,50a	0,47a	0,51a
Desvio-Padrão	0,02	0,01	0,02	0,02
Coefficiente de Variação (%)	4,26	2,00	4,26	3,92
Intermediária				
Média	0,46a	0,48b	0,48b	0,46a
Desvio-Padrão	0,01	0,01	0,01	0,01
Coefficiente de Variação (%)	2,17	2,08	2,08	2,17
Terceira tora				
Média	0,48a	0,50b	0,50b	0,48a
Desvio-Padrão	0,01	0,01	0,01	0,02
Coefficiente de Variação (%)	2,08	2,00	2,00	4,17

1 - Médias seguidas da mesma letra, dentro de uma mesma linha, na mesma rotação e entre clones, não diferem entre si, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Na tora da base, independente da rotação, não se observou diferença estatística entre os clones. Houve diferença estatística entre os clones para as toras intermediárias e terceira tora, na primeira e segunda rotação, sendo que na primeira rotação o clone 0296 foi significativamente maior e na segunda rotação o mesmo foi menor.

5.3 Anatomia da Madeira

5.3.1. Análise Qualitativa

Segundo Alfonso (1987), a descrição anatômica qualitativa prevê a descrição de algumas características gerais e observações microscópicas da madeira. Analisando-se as madeiras do presente estudo, verificou-se homogeneidade da estrutura anatômica qualitativa da madeiras das árvores de primeira e segunda rotação, dentro de cada clone; entretanto houve diferença da constituição anatômica da madeira entre os dois clones estudados. A descrição anatômica da madeira dos dois clones naturais de *Eucalyptus urophylla* é descrita abaixo:

Eucalyptus urophylla Clone 0182

Anéis de crescimento: distintos, marcados pela transição abrupta do lenho inicial e lenho tardio, destacado pela maior espessura da parede das fibras do lenho tardio e pela menor espessura da parede das fibras do lenho inicial.

Vasos: apresentam porosidade e arranjo difuso, com formato dos poros de arredondado a oval. Os vasos se apresentam solitários, e múltiplos de 2, 3 e até 4, concentrando-se em vasos solitários e múltiplos de 2. Há rara ocorrência de tilos.

Fibras: presença de fibras com pontoações simples (libriforme) e com pontoações areoladas (fibrotraqueídeos).

Placa de perfuração: simples.

Parênquima axial: presença de parênquima apotraqueal difuso, parênquima paratraqueal vasicentrico e paratraqueal unilateral.

Raios: são exclusivamente unisseriados. Sua composição celular é exclusivamente procumbente.

Eucalyptus urophylla Clone 0296

Anéis de crescimento: distintos, marcados por uma transição gradual do lenho inicial e lenho tardio.

Vasos: apresentam porosidade difusa, entretanto há uma tendência de concentração de poros de menor diâmetro no final do lenho tardio, arranjo difuso,

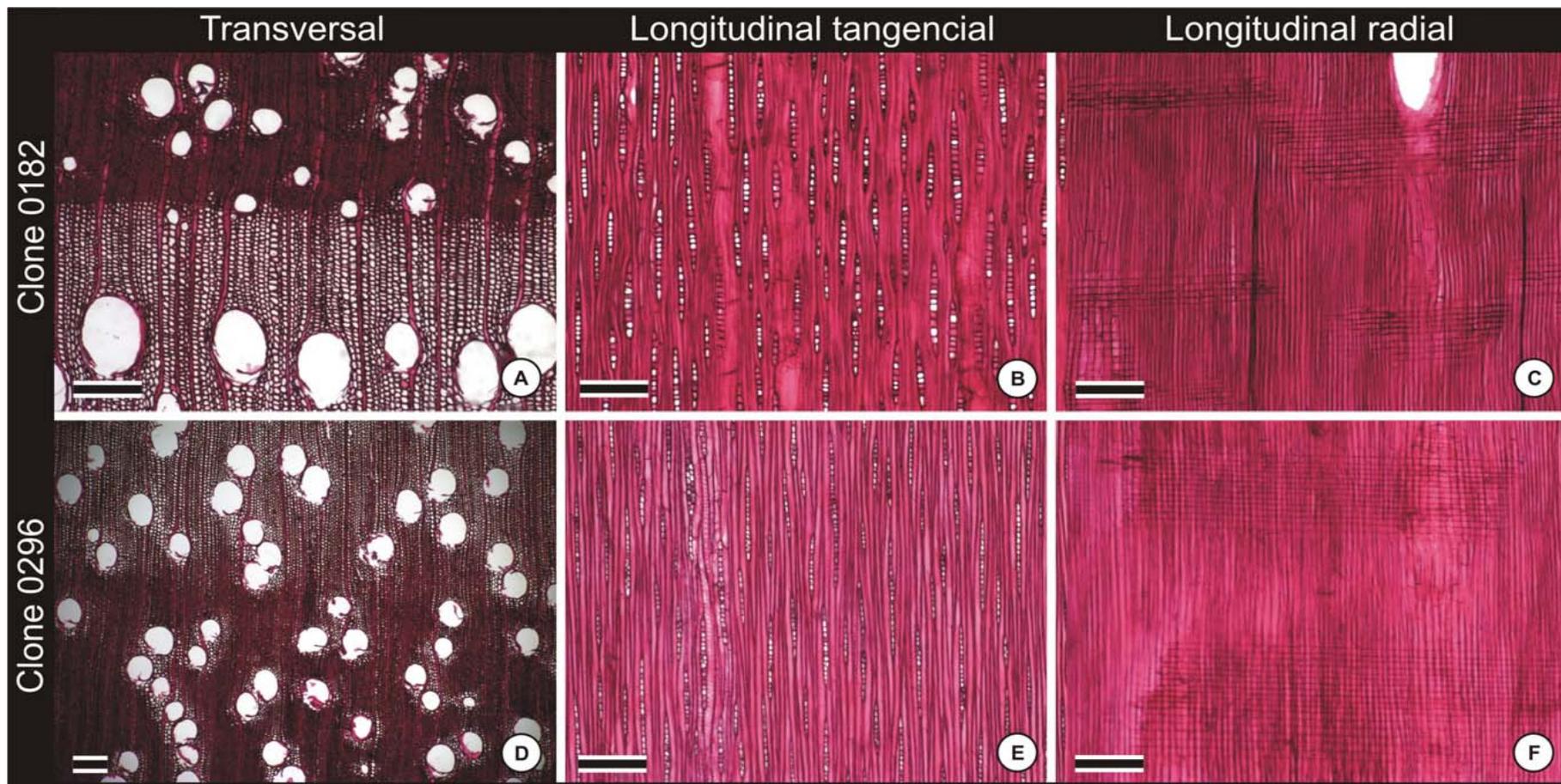
tendendo a diagonal, com formato dos poros variando de arredondado a oval. Os vasos se apresentam solitários, e com ocorrência de múltiplos de 2, 3 e até de 4. Não foi observada a presença de tilos.

Fibras: presença de pontoações areoladas (fibrotraqueídeos).

Placa de perfuração: simples.

Parênquima axial: presença de parênquima confluyente, parênquima paratraqueal vasicêntrico e paratraqueal unilateral.

Raios: presença de raios unisseriados e bisseriados. Sua composição celular é exclusivamente procumbente.



Escala = 200 µm

Figura 4. Imagens dos planos anatômicos das seções transversal, tangencial e radial da madeira de dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*

Clone 0182 - seção transversal (A), longitudinal tangencial (B) e longitudinal radial (C)

Clone 0296- seção transversal (D), longitudinal tangencial (E) e longitudinal radial (F).

5.3.2 Análise Quantitativa

A análise anatômica quantitativa envolve a mensuração das células lenhosas, tornando-se um estudo indispensável para o melhor entendimento da estrutura da madeira bem como suas possíveis correlações com outras propriedades.

Os valores médios, desvios-padrão e coeficiente de variação das dimensões das fibras dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* estão sumarizados na Tabela 9.

Tabela 9. Valores médios das dimensões das fibras da madeira de duas rotações, dos dois híbridos de *Eucalyptus urophylla*

Fibras	Clone 0182		Clone 0296	
	1º Rotação	2º Rotação	1º Rotação	2º Rotação
Comprimento (mm)				
Médio	1,05 a¹	1,07 a	1,11 a	1,10 a
Desvio-Padrão	0,18	0,16	0,20	0,18
Coeficiente de Variação (%)	16,03	14,02	17,12	16,36
Largura (µm)				
Médio	19,86 b	21,08 a	20,24 b	21,10 a
Desvio-Padrão	3,66	4,18	4,08	4,12
Coeficiente de Variação (%)	18,43	19,83	20,16	19,53
Diâmetro do lume (µm)				
Médio	9,47 a	9,39 a	8,68 a	10,45 b
Desvio-Padrão	3,14	3,42	3,23	3,76
Coeficiente de Variação (%)	33,16	36,42	37,21	35,98
Espessura (µm)				
Médio	5,19 a	5,84 b	5,78 a	5,33 b
Desvio-Padrão	1,31	1,62	1,61	1,35
Coeficiente de Variação (%)	25,24	27,74	27,85	25,33

¹ Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada clone, não diferem entre si, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Os valores encontrados para as dimensões das fibras estão em conformidade com os normalmente encontrados na literatura (KOKUREK e STEVENS, 1983; TOMAZELLO FILHO, 1985; D'ALMEIDA, 1988; CARVALHO, 1997; OLIVEIRA, 1997; SILVA, 2002).

Estudos realizados por Lima et al (2007), Evangelista (2007) e Souza Junior (2004) mostraram que a madeira de *Eucalyptus urophylla* resultou em valores de comprimento e largura das fibras semelhantes aos observados no presente trabalho.

Em relação ao comprimento de fibras, o maior valor médio foi encontrado no clone 0296, na madeira de primeira rotação. O clone em questão apresentou maiores valores médios para as duas rotações, quando comparado ao clone

0182. Não se observaram diferenças estatísticas entre rotações, dentro de cada clone.

Em relação aos valores encontrados para a largura das fibras observou-se a existência de diferenças significativas entre a primeira e a segunda rotação para ambos os clones, com valores médios superiores na segunda rotação. O maior valor médio foi encontrado na segunda rotação do clone 0296.

Quanto ao diâmetro do lume das fibras, verificou-se que não existem diferenças estatísticas significativas entre as duas rotações do clone 0182; tal situação não aconteceu com o clone 0296, onde o maior diâmetro foi observado na segunda rotação; no clone 0182, o maior valor foi encontrado na primeira rotação.

Em relação à espessura das fibras, verificaram-se diferenças significativas entre as rotações de cada clone. O maior valor médio entre rotações e clones foi observado na segunda rotação do clone 0182. Dentro do clone 0296, os valores encontrados para a espessura das fibras na madeira de primeira rotação foram superiores aos obtidos na de segunda rotação.

Os valores médios, desvios-padrão e coeficiente de variação das dimensões das fibras dos dois clones naturais de *Eucalyptus urophylla*, entre os clones, dentro de cada rotação, estão sumarizados na Tabela 10.

Tabela 10. Valores médios das dimensões das fibras, de cada clone de *Eucalyptus urophylla*

Fibras	1 ^o Rotação		2 ^o Rotação	
	Clone 0182	Clone 0296	Clone 0182	Clone 0296
Comprimento (mm)				
Médio	1,05 a	1,11 b	1,07 a	1,10 a
Desvio-Padrão	0,18	0,20	0,16	0,18
Coeficiente de Variação (%)	16,04	17,12	14,02	16,36
Largura (µm)				
Médio	19,86 a	20,24 a	21,08 a	21,10 a
Desvio-Padrão	3,66	4,08	4,18	4,12
Coeficiente de Variação (%)	18,43	20,16	19,83	19,53
Diâmetro do lume (µm)				
Médio	9,47 b	8,68 a	9,39 a	10,45 b
Desvio-Padrão	3,14	3,23	3,42	3,76
Coeficiente de Variação (%)	33,16	37,21	36,42	35,98
Espessura (µm)				
Médio	5,19 a	5,78 b	5,84 b	5,33 a
Desvio-Padrão	1,31	1,61	1,62	1,35
Coeficiente de Variação (%)	25,24	27,85	27,74	25,33

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Considerando o efeito de cada rotação entre os clones, observou-se diferença significativa para o comprimento, diâmetro do lume e espessura da parede das fibras. Tal diferença não foi observada entre clones, dentro de cada rotação, para os valores de largura das fibras.

Quanto o comprimento e a largura das fibras, verificou-se que os valores encontrados no clone 0296 foram superiores aos encontrados no clone 0182, em ambas as rotações, porém, apenas o comprimento das fibras na primeira rotação foram de forma significativa,

A Tabela 11 apresenta os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação das dimensões das fibras da madeira, por posição longitudinal e rotação, dentro de cada um dos híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 11. Valores médios das dimensões das fibras, nas posições da árvore, de dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*, entre rotações

Fibras	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Posição da tora na Árvore				
Comprimento (mm)				
Base	1,04 AB¹ a²	1,03 A a	1,05 A a	1,02 A a
Desvio-Padrão	0,17	0,15	0,18	0,17
Coeficiente de Variação(%)	16,35	14,56	17,14	16,66
Intermediário	1,03 A a	1,08 A b	1,15 B a	1,15 B a
Desvio-Padrão	0,18	0,17	0,22	0,17
Coeficiente de Variação(%)	17,47	15,74	19,13	14,78
Terceira tora	1,09 B a	1,10 B a	1,11 AB a	1,14 B a
Desvio-Padrão	0,18	0,15	0,19	0,17
Coeficiente de Variação(%)	16,51	13,63	17,12	14,91
Largura (µm)				
Base	19,76 A a	20,21 A a	18,22 A a	21,02 A b
Desvio-Padrão	3,48	3,82	3,66	3,77
Coeficiente de Variação(%)	17,61	18,90	20,08	17,93
Intermediário	19,93A a	20,77AB a	20,63 B a	21,26 B a
Desvio-Padrão	3,42	3,72	4,27	4,02
Coeficiente de Variação(%)	17,16	17,91	20,70	18,90
Terceira tora	19,90A a	22,25B b	21,88 B a	21,00 B a
Desvio-Padrão	4,07	4,70	3,43	4,55
Coeficiente de Variação(%)	20,45	21,12	15,67	21,66
Diâmetro Lume (µm)				
Base	9,25 A a	9,08 A a	7,58 A a	9,95 A b
Desvio-Padrão	3,28	3,28	2,72	3,25
Coeficiente de Variação(%)	35,46	36,12	35,88	32,66
Intermediário	9,99 A a	9,76 A a	8,95 AB a	10,86 A b
Desvio-Padrão	2,77	3,24	3,31	3,64
Coeficiente de Variação(%)	27,72	33,20	36,98	33,52
Terceira tora	9,18 A a	9,34A a	9,50 B a	10,55 A b
Desvio-Padrão	3,29	3,77	3,34	4,29
Coeficiente de Variação(%)	35,80	40,36	35,15	40,66
Espessura da Parede (µm)				
Base	5,25 A a	5,56 A a	5,32 A a	5,56 A a
Desvio-Padrão	1,32	1,64	1,26	1,39
Coeficiente de Variação(%)	25,14	29,50	23,70	25,00
Intermediário	4,97 A a	5,51 A b	5,84 AB b	5,20 A a
	1,13	1,10	1,77	1,39

Desvio-Padrão	22,73	19,96	30,30	26,73
Coefficiente de Variação(%)	5,36 A a	6,45 B b	6,19 B b	5,23 A a
Terceira tora	1,43	1,85	1,63	1,27
Desvio-Padrão	26,68	28,68	26,33	24,28
Coefficiente de Variação(%)				

¹ Médias seguidas da mesma letra maiúscula, dentro de uma mesma coluna, para cada dimensão de fibras, não diferem entre si, pelo Teste Tukey, com significância de 5%.

² Médias seguidas da mesma letra minúscula, dentro de uma mesma linha, no mesmo clone e entre rotações, não diferem entre si, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

As dimensões das fibras se comportaram de maneira diferente entre os clones analisados ao longo do sentido longitudinal. À exceção do comprimento da fibra, todos os demais resultados se encontraram diferentes da literatura (ROCHA et al., 2004).

Considerando o comprimento das fibras, não foi observada diferença significativa entre as rotações no clone 0296, independentemente das diferentes posições ao longo do sentido longitudinal. No clone em questão, observou-se que a tora intermediária apresentou maiores valores de comprimento de fibra em relação às toras das demais posições, independentemente das rotações. No clone 0182, verificou-se que a tora da posição intermediária das duas rotações apresentou diferenças significativas entre si. Verificou-se, ainda, uma tendência de aumento no comprimento das fibras nas duas rotações ao longo do sentido longitudinal. O maior valor médio entre clones, rotações e posição ao longo do sentido longitudinal foi observado na tora intermediária do clone 0296, para ambas as rotações.

Quanto à largura das fibras, verificou-se que, na tora da base, não se encontrou diferença significativa entre as rotações para o clone 0182, diferindo apenas no clone 0296; na tora intermediária, tais diferenças não foram encontradas entre as rotações nos clones analisados. Na terceira tora, somente verificou-se diferença entre as rotações no clone 0182. Considerando a variação longitudinal ao longo da árvore, verificou-se que no clone 0182 somente se observaram diferenças significativas entre as toras da base e terceira tora na segunda rotação. Neste clone, observou-se, ainda, uma tendência de aumento da largura das fibras no sentido longitudinal, base-terceira tora. No clone 0296, não se observaram diferenças significativas entre as toras da posição intermediária e terceira tora, mas ambas as posições diferem estatisticamente da tora da base em ambas as rotações. Comparando-se os valores médios entre

clones, rotações e posições ao longo da árvore, verificou-se que o maior valor encontrado estava na terceira tora da segunda rotação do clone 0182.

Quanto ao diâmetro do lume, observou-se que não existem diferenças estatísticas entre rotações e diferentes posições ao longo do sentido longitudinal no clone 0182. No clone 0296, verificou-se a existência de diferenças estatísticas entre a madeira das duas rotações. Ao longo do sentido longitudinal, tais diferenças somente foram observadas na madeira de primeira rotação; estatisticamente, a tora intermediária é igual às toras da base e terceira tora, mas ambas diferem entre si. Comparando-se os valores médios entre clones, rotações e posições ao longo da árvore, verificou-se que o maior valor encontrado estava na tora intermediária da segunda rotação do clone 0296. Verificou-se, ainda, uma tendência de a tora intermediária apresentar um maior valor médio em relação às demais; exceção foi observada na primeira rotação do clone 0296, onde o maior valor médio foi observado na terceira tora.

Quanto à espessura da parede das fibras, observou-se que a tora da base não apresenta diferença estatística entre as duas rotações, dentro de cada clone. A tora intermediária e a terceira tora apresentaram diferença estatística entre a primeira e segunda rotação, nos dois clones. No clone 0182 os maiores valores médios de espessura de parede das fibras foram sempre observados na madeira de segunda rotação, enquanto no clone 0296 somente a tora da base apresentou maior espessura da parede na madeira de segunda rotação. Comparando-se os valores médios entre clones, rotações e posições ao longo da árvore, verificou-se que o maior valor médio encontrado estava na terceira tora da segunda rotação do clone 0182, resultado este idêntico ao obtido para a largura das fibras. No clone 0182, verificou-se que, na segunda rotação, a madeira da tora da base não diferiu estatisticamente da tora intermediária, mas ambas diferiram da terceira tora. No clone 0296, verificou-se que, na primeira rotação, a madeira da tora intermediária não diferiu estatisticamente das toras da base e terceira tora, mas ambas diferiram entre si.

Além de ser observada diferença estatística das posições longitudinais entre as duas rotações, dentro de um mesmo clone (Tabela 11), também se observou diferença estatística das posições longitudinais entre clones, dentro de uma mesma rotação.

A Tabela 12 apresenta os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação das dimensões das fibras da madeira, por posição longitudinal e rotação, dentro de cada rotação e entre clones de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 12. Valores médios das dimensões das fibras, em função das posições da árvore, dos clones de *Eucalyptus urophylla*

Fibras	1ª Rotação		2ª Rotação	
Posição da tora na Árvore	Clone 0182	Clone 0296	Clone 0182	Clone 0296
Comprimento				
Base	1,04 a	1,05 a	1,03 a	1,02 a
Desvio-Padrão	0,17	0,18	0,15	0,17
Coeficiente de Variação(%)	16,35	17,14	14,56	16,66
Intermediário	1,03 a	1,15 b	1,08 a	1,15 b
Desvio-Padrão	0,18	0,22	0,17	0,17
Coeficiente de Variação(%)	17,47	19,13	15,74	14,78
Terceira	1,09 a	1,11 a	1,10 a	1,14 b
Desvio-Padrão	0,18	0,19	0,15	0,17
Coeficiente de Variação(%)	16,51	17,12	13,63	14,91
Largura				
Base	19,76 b	18,22 a	20,21 a	21,02 a
Desvio-Padrão	3,48	3,66	3,82	3,77
Coeficiente de Variação(%)	17,61	20,08	18,90	17,93
Intermediário	19,93 a	20,63 a	20,77 a	21,26 a
Desvio-Padrão	3,42	4,27	3,72	4,02
Coeficiente de Variação(%)	17,16	20,70	17,91	18,90
Terceira tora	19,90 a	21,88 b	22,25 b	21,00 a
Desvio-Padrão	4,07	3,43	4,70	4,55
Coeficiente de Variação(%)	20,45	15,67	21,12	21,66
Diâmetro Lume				
Base	9,25 b	7,58 a	9,08 b	9,95 a
Desvio-Padrão	3,28	2,72	3,28	3,25
Coeficiente de Variação(%)	35,46	35,88	36,12	32,66
Intermediário	9,99 b	8,95 a	9,76 a	10,86 b
Desvio-Padrão	2,77	3,31	3,24	3,64
Coeficiente de Variação(%)	27,72	36,98	33,20	33,52
Terceira tora	9,18 a	9,50 a	9,34 a	10,55 b
Desvio-Padrão	3,29	3,34	3,77	4,29
Coeficiente de Variação(%)	35,84	35,16	40,36	40,66
Espessura				
Base	5,25 a	5,32 a	5,56 a	5,56 a
Desvio-Padrão	1,32	1,26	1,64	1,39
Coeficiente de Variação(%)	25,14	23,70	29,50	25,00
Intermediário	4,97 a	5,84 b	5,51 a	5,20 a
Desvio-Padrão	1,13	1,77	1,10	1,39
Coeficiente de Variação(%)	22,73	30,30	19,96	26,73
Terceira tora	5,36 a	6,19 b	6,45 b	5,23 a
Desvio-Padrão	1,43	1,63	1,85	1,27
Coeficiente de Variação(%)	26,68	26,33	28,68	24,28

Médias seguidas de mesma letra, dentro de mesma linha, da mesma rotação e entre clones, não diferem entre si, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Considerando o comprimento das fibras entre clones foram observadas diferenças significativas na tora intermediária da primeira e segunda rotação; situação semelhante foi observada na terceira tora da segunda rotação.

Em relação à largura das fibras, verificaram-se diferenças significativas na tora da base da primeira rotação e na terceira tora da primeira e segunda rotação entre os dois clones.

Quanto ao diâmetro do lume das fibras, não se observaram diferenças estatísticas somente na terceira tora da primeira rotação entre os dois clones.

Quanto à espessura da parede, diferenças estatísticas foram observadas entre os dois clones na tora intermediária da primeira rotação e na terceira tora da primeira e segunda rotação.

Os valores médios, desvios-padrão e coeficiente de variação do diâmetro dos vasos dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*, entre as duas rotações, dentro de cada clone estão sumarizados na Tabela 13.

Tabela 13. Valores médios das dimensões do diâmetro dos vasos dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*, por clone, entre rotações

Vasos	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Diâmetro (µm)				
Médio	135,9 b¹	128,0 a	116,6 a	122,5 b
Desvio-Padrão (µm)	22,7	25,1	26,4	29,1
Coeficiente de Variação (%)	16,7	19,6	22,6	23,8

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, entre rotações, dentro de um mesmo clone, pelo Teste Tukey, com significância de 5%.

Observou-se que os maiores diâmetros médios dos vasos foram encontrados no clone 0182 na primeira rotação. Verificou-se efeito significativo das rotações para os dois clones estudados. No clone 0182 observou-se que houve uma diminuição do diâmetro dos vasos na segunda rotação; situação inversa foi observada para o clone 0296.

Os resultados apresentados para o clone 0182 foram superiores aos encontrados por Souza Junior (2004), Evangelista (2007) e Lima et al (2007); para o clone 0296, no entanto, os valores estão em conformidade com os encontrados na literatura.

A Tabela 14 apresenta os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação do diâmetro dos vasos da madeira, entre clones, nas duas rotações, dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 14. Valores médios das dimensões dos vasos de dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*, separados por rotação

Vasos	1ª. Rotação		2ª. Rotação	
	Clone 0182	Clone 0296	Clone 0182	Clone 0296
Diâmetro (µm)				
Médio	135,9 b¹	116,6 a	128,0 b	122,5 a
Desvio-Padrão (µm)	22,7	26,4	25,1	29,1
Coefficiente de Variação (%)	16,7	22,6	19,6	23,8

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, entre clones, dentro de uma mesma rotação, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Verificou-se diferenças significativas entre os clones dentro da mesma rotação. Verificou-s, ainda, que o clone 0182 apresentou maiores valores em relação ao outro clone, nas duas rotações. Observou-se também que o clone 0182 apresentou menor variabilidade que o clone 0296, como pode ser observado no coeficiente de variação.

A Tabela 15 apresenta os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação do diâmetro dos vasos da madeira, em duas rotações, por posição longitudinal na árvore de dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 15. Valores médios das dimensões dos vasos, em função da posição da árvore e rotação

Posição da árvore	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Base				
Diâmetro dos vasos (µm)				
Médio	139,33 A¹b²	131,48 A a	117,76 A b	100,32 B a
Desvio-Padrão (µm)	23,33	22,04	24,44	24,45
Coefficiente de Variação (%)	16,74	16,76	20,75	24,37
Intermediária				
Diâmetro dos vasos (µm)				
Médio	130,91 B b	119,41 B a	120,96 A a	136,11 A b
Desvio-Padrão (µm)	26,39	25,48	27,04	24,69
Coefficiente de Variação (%)	20,16	21,34	22,35	15,14
Terceira tora				
Diâmetro dos vasos (µm)				
Médio	137,43 A b	133,15 A a	111,06 B a	131,16 A b
Desvio-Padrão (µm)	16,42	25,43	26,71	24,18
Coefficiente de Variação (%)	11,95	19,10	24,10	18,44

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula, dentro de uma mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste Tukey, com significância de 5%, entre posição da árvore.

² Médias seguidas de mesma letra minúscula, dentro de uma mesma linha, dentro de um mesmo clone por rotações, não diferem entre si, pela Análise de Variância, com significância de 5%, entre posição da árvore.

Os valores encontrados para o diâmetro médio dos vasos estão em conformidade com a literatura (ROCHA et al., 2004).

Considerando o diâmetro dos vasos da madeira de diferentes posições das toras ao longo do sentido longitudinal, observou-se que em ambos os clones

existem diferenças estatísticas entre as rotações, em todas as posições; estatisticamente, verificou-se que, nas duas rotações do clone 0182, as toras da base e terceira tora não diferiram entre si, mas ambas diferiram da tora intermediária. Os menores valores de diâmetro médio para o clone 0182 foram observados na segunda rotação; situação inversa foi observada para o clone 0296, à exceção da tora da base. No clone 0296, verificou-se que, na primeira rotação, as toras da base e intermediária não diferiram entre si, mas ambas diferiram da terceira tora; na segunda rotação do mesmo clone, as toras intermediária e terceira tora não diferiram estatisticamente entre si, mas as diferenças foram observadas entre estas toras e a tora da base. A tora intermediária apresentou os maiores valores médios; situação inversa foi observada no clone 0182.

A Tabela 16 apresenta os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação do diâmetro dos vasos da madeira, entre os clones, nas duas rotações, por posição longitudinal na árvore dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 16. Valores médios das dimensões dos vasos, por posição da árvore e rotação

Posição da árvore	1ª Rotação		2ª Rotação	
	Clone 0182	Clone 0296	Clone 0182	Clone 0296
Base				
Diâmetro dos vasos (μm)				
Médio	139,33 b¹	117,76 a	131,48 b	100,32 a
Desvio-Padrão (μm)	23,33	24,44	22,04	24,45
Coeficiente de Variação (%)	16,74	20,75	16,76	24,37
Intermediária				
Diâmetro dos vasos (μm)				
Médio	130,91 b	120,96 a	119,41 a	136,11 b
Desvio-Padrão (μm)	26,39	27,04	25,48	24,69
Coeficiente de Variação (%)	20,16	22,35	21,34	15,14
Terceira tora				
Diâmetro dos vasos (μm)				
Médio	137,43 b	111,06 a	133,15 a	131,16 a
Desvio-Padrão (μm)	16,42	26,71	25,43	24,18
Coeficiente de Variação (%)	11,95	24,10	19,10	18,44

¹ Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, entre clones, dentro de uma mesma rotação, pela Análise de Variância, com significância de 5%, entre posição da árvore.

Considerando os valores médios do diâmetro dos vasos, observou-se que existe diferença estatística, entre os clones, em ambas as rotações, em todas as posições longitudinais da árvore, exceto para a terceira tora da segunda rotação.

Os valores médios do clone 0182 em ambas as rotações foram superiores aos encontrados no clone 0296, à exceção da tora intermediária da segunda rotação.

A Tabela 17 apresenta os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação da frequência dos vasos da madeira, por clone, entre as rotações dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 17. Valores médios das frequências dos vasos dos clones naturais de *Eucalyptus urophylla*, separados por clone

Vasos	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Frequência (mm⁻²)				
Média	9,2 a¹	9,5 a	10,9 b	9,3 a
Desvio-Padrão (mm ⁻²)	2,4	2,6	2,9	2,3
Coeficiente de Variação (%)	26,1	27,4	26,6	24,7

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, entre rotações, dentro do mesmo clone, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Os resultados apresentados para frequência dos vasos estão em conformidade com os encontrados na literatura (EVANGELISTA, 2007).

Considerando os valores médios para a frequência dos vasos, somente se observou diferença significativa entre as rotações do clone 0296. O maior valor médio foi observado na primeira rotação do clone 0296. Não se observaram diferenças estatísticas entre as rotações do clone 0182, mas tais diferenças foram observadas no clone 0296.

A Tabela 18 apresenta os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação da frequência dos vasos da madeira, por rotação, entre clones dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 18. Valores médios da frequência dos vasos dos clones naturais de *Eucalyptus urophylla*, por rotação

Vasos	1ª. Rotação		2ª. Rotação	
	Clone 0182	Clone 0296	Clone 0182	Clone 0296
Frequência (mm⁻²)				
Média	9,2 a¹	10,9 b	9,5 a	9,3 a
Desvio-Padrão (mm ⁻²)	2,4	2,9	2,4	2,3
Coeficiente de Variação (%)	26,1	26,6	25,3	24,7

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, entre clones, dentro da mesma rotação, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Considerando os valores médios de frequência dos vasos, pode-se observar diferença estatística entre os clones analisados apenas para a primeira rotação, não sendo evidente na segunda rotação.

A Tabela 19 apresenta os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação da frequência dos vasos da madeira, entre as duas rotações, por posição longitudinal na árvore de dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 19. Valores médios da frequência dos vasos dos clones naturais de *Eucalyptus urophylla*, por rotação

Posição da árvore	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Base				
Frequência de vasos (mm⁻²)				
Médio	9,29 A¹ a²	8,90 A a	10,67A a	10,37 B a
Desvio-Padrão (mm ⁻²)	1,96	1,94	2,03	2,67
Coeficiente de Variação (%)	21,10	21,80	19,03	25,75
Intermediária				
Frequência de vasos (mm⁻²)				
Médio	9,35 A a	9,89 A a	9,44 A a	8,66 A a
Desvio-Padrão (mm ⁻²)	3,40	3,50	2,28	1,71
Coeficiente de Variação (%)	36,36	35,39	24,15	19,75
Terceira tora				
Frequência de vasos (mm⁻²)				
Médio	8,97 A a	9,63 A a	12,76 B b	9,01 AB a
Desvio-Padrão (mm ⁻²)	1,52	2,26	3,52	2,23
Coeficiente de Variação (%)	16,95	23,47	27,59	24,75

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula, dentro de uma mesma coluna, entre posições na árvore, não diferem entre si, pelo Teste Tukey, com significância de 5%,.

² Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre rotações, dentro do mesmo clone, não diferem entre si, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Os resultados obtidos no presente estudo se mostraram em conformidade aos encontrados na literatura (ROCHA et al., 2004).

Considerando a frequência dos vasos da madeira de diferentes posições das toras ao longo do sentido longitudinal, observou-se que em ambos os clones não existem diferenças estatísticas entre as rotações, à exceção do clone 0296, na terceira tora.

No clone 0182, verificou-se que não existem diferenças estatísticas entre os valores encontrados nas toras das duas rotações em diferentes posições ao longo do sentido longitudinal. No clone em questão, verificou-se um aumento na frequência dos vasos da primeira para a segunda rotação nas posições intermediária e terceira tora. O maior valor médio foi encontrado na tora intermediária da segunda rotação.

No clone 0296, na primeira rotação, não se observaram diferenças estatísticas entre as toras da base e intermediária, mas ambas diferem da terceira tora; na segunda rotação, verificou-se que a terceira tora não diferiu estatisticamente das toras da base e intermediária, mas as duas últimas diferiram

entre si. No clone em questão, verificou-se uma diminuição na frequência dos vasos da primeira para a segunda rotação em todas as posições ao longo do sentido longitudinal. O maior valor médio foi encontrado na terceira tora da primeira rotação.

Os menores valores médios da frequência dos vasos do clone 0296, em ambas as rotações, foram encontrados na tora intermediária; situação inversa foi observada no clone 0182.

A Tabela 20 apresenta os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação da frequência dos vasos da madeira, entre os clones, por posição longitudinal na árvore de dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*.

Tabela 20. Valores médios da frequência dos vasos dos clones naturais de *Eucalyptus urophylla*, por rotação

Posição da árvore	1ª Rotação		2ª Rotação	
	Clone 0182	Clone 0296	Clone 0182	Clone 0296
Base				
Frequência de vasos (mm⁻²)				
Médio	9,29 a¹	10,67b	8,90a	10,37b
Desvio-Padrão (mm ⁻²)	1,96	2,03	1,94	2,67
Coefficiente de Variação (%)	21,10	19,03	21,80	25,75
Intermediária				
Frequência de vasos (mm⁻²)				
Médio	9,35a	9,44a	9,89a	8,66a
Desvio-Padrão (mm ⁻²)	3,40	2,28	3,50	1,71
Coefficiente de Variação (%)	36,36	24,15	35,39	19,75
Terceira tora				
Frequência de vasos (mm⁻²)				
Médio	8,97a	12,76b	9,63a	9,01a
Desvio-Padrão (mm ⁻²)	1,52	3,52	2,26	2,23
Coefficiente de Variação (%)	16,95	27,59	23,47	24,75

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre clones, dentro de uma mesma rotação, não diferem entre si, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Considerando os valores médios de frequência dos vasos entre clones, observou-se diferença estatística entre os clones, na primeira rotação, para as toras da base e terceira tora. Verificou-se que o clone 0182 apresentou valores inferiores ao clone 0296 na primeira rotação em todas as posições ao longo do sentido longitudinal. Situação inversa foi observada na segunda rotação para os dois clones em questão, à exceção para a tora da base, que o clone 0182 apresentou menor frequência, diferindo do clone 0296.

5.4 Análise da Penetração do Preservativo CCA

Para a análise de penetração dos produtos na madeira, utilizou-se a solução cromo-azurol-S em toda região transversal da peça tratada. Ao detectar a presença de cobre, a madeira adquiriu uma coloração azul profundo, como resultado da reação do cromo da solução com o cobre do produto preservativo CCA.

A Figura 5 mostra a seção da madeira tratada e submetida à aplicação da solução. Em todos os tratamentos, verificou-se uma regularidade em toda a área da seção transversal, apresentando uma coloração azul intensa em toda a extensão do alburno, indicando a parte da madeira que recebeu os produtos, o resultado foi o desejado com penetração profunda e regular, para todas as toras analisadas. Os resultados confirmaram a eficiência do método e dos produtos utilizados; confirmaram, ainda, a parte permeável da madeira, correspondente principalmente à área do alburno. Borges (2008) estudando cruzetas de *Corymbia citriodora* verificou boa penetração do produto preservativo na madeira.

Na seção correspondente ao cerne, não ocorreu a formação da coloração azul, indicando que o produto não penetrou nesta parte da madeira, como consequência da impermeabilidade da seção da madeira correspondente ao cerne. A maior impermeabilidade do cerne se explica pelas alterações anatômicas, físicas ou químicas que ocorrem durante as transformações do alburno em cerne (HUNT & GARRATT,1953), sendo tais alterações acompanhadas pela morte da célula, acúmulo de substâncias e, ocasionalmente, desenvolvimento de tilos nos vasos (REIMÃO,1972; PANSHIN & DE ZEEUW, 1980; SANTINI, 1988).

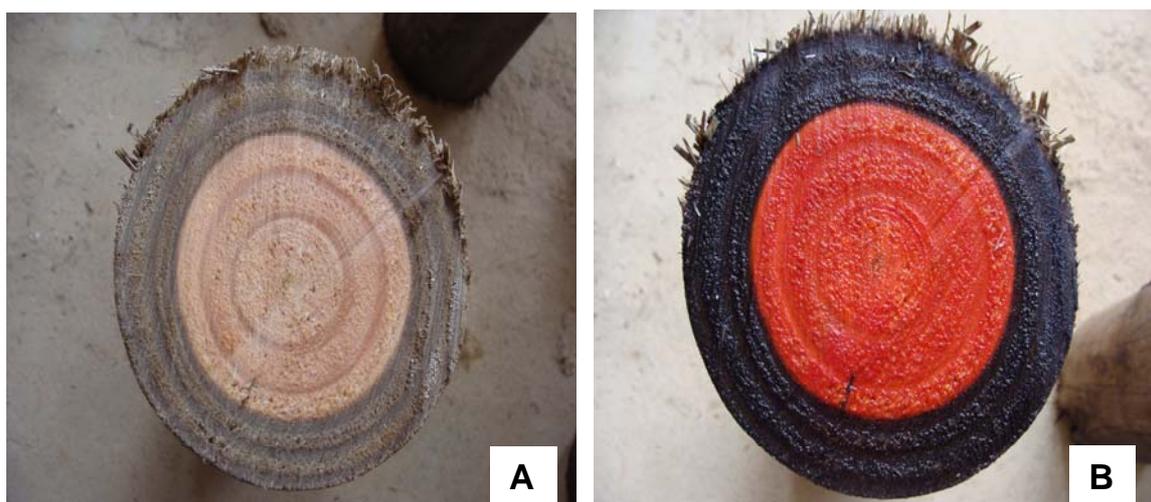


Figura 5. Teste de penetração do produto na madeira, através da aplicação de cromo-azul (madeira A –antes e madeira B - após a aplicação).

5.5 Análise de Retenção do Preservativo CCA

Os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação, da retenção do produto CCA, por clone, em dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* estão sumarizados na Tabela 21.

Tabela 21. Valores médios, da retenção do produto CCA, por clone, em dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*

Retenção (kg i.a./m ³)	Clone 0182		Clone 0296	
	1 ^a Rotação	2 ^a Rotação	1 ^a Rotação	2 ^a Rotação
Média	8,98 b¹	8,22 a	8,72 a	8,78 a
Desvio-Padrão	0,80	0,46	0,64	0,78
Coeficiente de Variação (%)	8,91	5,60	7,34	8,88

¹ Médias seguidas de mesma letra, entre rotações dentro do mesmo clone, não diferem entre si entre rotações dentro de clones, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Os dados médios de retenção apresentados na Tabela 21 atenderam à norma NBR 9480 (ABNT, 1986) que estabelece para moirões uma retenção mínima de 6,5 Kg de CCA por metro cúbico de madeira tratável, em condições de contato com o solo. Todos os valores de retenção encontrados nas rotações e clones foram superiores ao mínimo estabelecido pela norma.

Embora os valores médios estivessem muito próximos, estatisticamente somente se observaram diferenças entre as rotações no clone 0182. Nesse clone, na primeira rotação, foi encontrado o maior valor médio.

Campos-Sales et al (2003), estudando a retenção de produtos preservantes na madeira de pau-rainha (*Brosimum rubescens*), verificaram que a espécie em questão possui uma tratabilidade moderadamente difícil. Venkatasamy (2005; 2007), estudando madeira da espécie *Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii*, observou que a espécie de *Eucalyptus* possui uma retenção maior do que a Acácia, em ambos os estudos.

Os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação, da retenção do produto CCA, por rotação, em dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* estão sumarizados na Tabela 22.

Tabela 22. Valores médios da retenção do produto CCA, por rotação, em dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*

Retenção (kg i.a./m ³)	1ª Rotação		2ª rotação	
	Clone 0182	Clone 0296	Clone 0182	Clone 0296
Médio	8,98 a¹	8,72 a	8,22 a	8,78 b
Desvio-Padrão	0,80	0,64	0,46	0,78
Coeficiente de Variação (%)	8,91	7,34	5,60	8,88

¹ Médias seguidas de mesma não diferem entre si, entre clones dentro da mesma rotação, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Considerando os valores médios encontrados para a retenção do produto CCA observou-se diferença significativa entre os clones para a segunda rotação, tendo o clone 0296 a maior retenção.

Os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação, da retenção do produto CCA, por clone, nas posições longitudinais da árvore, dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* estão sumarizados na Tabela 22.

Tabela 23. Valores médios da retenção do produto CCA, por posição na árvore, em dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*

Posição da Árvore	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Base				
Retenção kg i.a./m³	8,46 A¹ a²	8,07A a	8,70 A a	8,94 A a
Desvio-Padrão	1,18	0,30	0,66	1,02
Coeficiente de Variação	13,95	3,72	7,58	11,41
Intermediária				
Retenção kg i.a./m³	8,9 1A b	7,95A a	8,79 A a	8,47 A a
Desvio-Padrão	0,22	0,49	0,86	0,36
Coeficiente de Variação	2,47	6,16	9,78	4,25
Terceira tora				
Retenção kg i.a./m³	9,58 A b	8,64A a	8,66 A a	8,93 A a
Desvio-Padrão	0,19	0,24	0,58	0,92
Coeficiente de Variação	1,98	2,78	6,70	10,30

¹ Médias seguidas de mesma letra maiúscula, dentro de uma mesma coluna, entre posições na árvore, não diferem entre si, pelo Teste Tukey, com significância de 5%.

² Médias seguidas de mesma letra minúscula, entre rotações, dentro do mesmo clone, não diferem entre si, pela Análise de Variância, com significância de 5%.

Avaliando os valores médios de retenção do produto na madeira nas diferentes posições das toras ao longo do sentido longitudinal, observou-se diferenças significativas entre as rotações, apenas no clone 0182 para as toras intermediária e terceira tora. Não se observaram diferenças significativas de retenção entre as três posições independente do clone e rotação. No clone 0182, os valores de retenção foram menores na segunda rotação; tendência inversa foi observada no clone 0296, à exceção da tora intermediária. No clone 0182, a maior retenção foi observada na terceira tora das duas rotações; no clone 0296, as maiores retenções foram observadas na tora intermediária da primeira rotação e na tora da base da segunda rotação.

Considerando os valores médios da retenção observou-se que os maiores valores foram encontrados na primeira rotação. Avaliando a diferença dentro de cada árvore, não se observa diferença de retenção para toras no sentido base-terceira tora em nenhum dos dois clones.

Na tora da base não se observou diferença estatística entre as rotações para nenhum dos dois clones estudados; na tora intermediária e na terceira tora houve diferença estatística para o clone 0182, o mesmo não sendo observado no clone 0296.

Os valores médios, desvio-padrão e coeficiente de variação, da retenção do produto CCA, por rotação, nas posições longitudinais da árvore, dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* estão sumarizados na Tabela 24.

Tabela 24. Valores médios da retenção do produto CCA, por posição na árvore, em dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla*

Posição da Árvore	1ª Rotação		2ª Rotação	
	Clone 0182	Clone 0296	Clone 0182	Clone 0296
Base				
Retenção kg i.a./m³	8,46 a¹	8,70 a	8,07 a	8,94 a
Desvio- Padrão	1,18	0,66	0,30	1,02
Coeficiente de Variação	13,95	7,58	3,72	11,41
Intermediária				
Retenção kg i.a./m³	8,91a	8,79 a	7,95a	8,47a
Desvio- Padrão	0,22	0,86	0,49	0,36
Coeficiente de Variação	2,47	9,78	6,16	4,25
Terceira tora				
Retenção kg i.a./m³	9,58 b	8,66 a	8,64a	8,93a
Desvio- Padrão	0,19	0,58	0,24	0,92
Coeficiente de Variação	1,98	6,70	2,78	10,30

¹ Médias seguidas de mesma não diferem entre si, entre clones dentro da rotação, pela Análise de Variância com significância de 5%, dentro de cada rotação.

Considerando os valores médios encontrados para retenção do produto CCA, somente se observou diferença estatística entre clones na terceira tora da madeira de primeira rotação.

5.6. Correlação entre parâmetros analisados neste trabalho

A madeira é uma combinação complexa de diversos fatores, incluindo a constituição anatômica, química e morfológica; a interação desses fatores gera efeitos interativos e torna quase impossível a sua análise de forma isolada.

A Tabela 25 apresenta os coeficientes de correlação entre a retenção e as propriedades estudadas da madeira.

Tabela 25. Coeficiente de correlação entre diversas propriedades da madeira de *Eucalyptus urophylla* e a retenção de produtos preservativos

Parâmetros	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Diâmetro da Tora				
Base	ns ¹	ns	ns	ns
Tora Intermediária	ns	ns	ns	ns
Terceira tora	ns	ns	ns	ns
% Alburno				
Base	ns	ns	ns	ns
Tora Intermediária	ns	ns	ns	ns
Terceira tora	ns	ns	ns	ns
% Cerne				
Base	ns	ns	ns	ns
Tora Intermediária	ns	ns	ns	ns
Terceira tora	ns	ns	ns	ns
Relação Cerne/Alburno				
Base	ns	ns	ns	ns
Tora Intermediária	ns	ns	ns	ns
Terceira tora	ns	ns	ns	ns
Massa Específica				
Base	ns	ns	ns	ns
Tora Intermediária	ns	ns	ns	ns
Terceira tora	ns	ns	ns	ns
Comprimento das Fibras				
Base	ns	ns	ns	ns
Tora Intermediária	0,98	ns	ns	ns
Terceira tora	ns	ns	ns	ns
Largura das Fibras				
Base	ns	ns	ns	ns
Tora Intermediária	ns	ns	ns	ns
Terceira tora	ns	ns	ns	-0,96
Diâmetro do Lume das Fibras				
Base	ns	ns	ns	ns
Tora Intermediária	ns	ns	ns	ns
Terceira tora	ns	ns	ns	ns
Espessura das Fibras				

Base	ns	ns	ns	ns
Tora Intermediária	ns	ns	ns	ns
Terceira tora	ns	ns	ns	ns
Diâmetro dos Vasos				
Base	ns	ns	ns	ns
Tora Intermediária	ns	ns	ns	ns
Terceira tora	ns	ns	ns	ns
Frequência dos Vasos				
Base	ns	ns	ns	ns
Tora Intermediária	ns	ns	ns	ns
Terceira tora	ns	ns	0,96	-0,96

¹ns = não significativo a 5% de significancia; s = significativo a 5% de significancia

Conforme pode ser observado na Tabela 25, não se observou correlação entre a retenção na madeira de primeira e segunda rotação dos dois clones e os parâmetros estudados; exceção foi observada no clone 0296, onde se observou correlação entre a retenção da madeira de primeira e segunda rotação e frequência dos vasos na terceira tora; no mesmo clone, tal correlação foi observada entre a retenção da madeira de segunda rotação e largura das fibras. No clone 0182, tal correlação somente foi observada entre a retenção da madeira de primeira rotação e o comprimento da fibra na tora intermediária.

Verificou-se que as correlações, apesar de significativas, não se mostraram lógicas em função dos conhecimentos e informações contidos na literatura. Tais correlações demonstram, ainda, que os parâmetros estudados não foram suficientes para explicar os resultados de retenção na madeira.

5.7 Questionamentos sobre a Norma NBR 9480

Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam que a retenção apresentou valores superiores a $6,5 \text{ kg/m}^3$, recomendados pela norma NBR 9480 (ABNT, 1986), independentemente de clone, rotação e posição ao longo do sentido longitudinal da árvore.

Possíveis questionamentos poderiam ser levantados em relação à norma atualmente utilizada:

a) Os valores de retenção seriam suficientes para proteger a madeira nas condições tropicais, de maneira a assegurar uma vida útil mínima de dez anos, conforme recomendação da referida norma?

b) Em função da variabilidade das madeiras, seria possível agrupá-las para se definir valores de retenção mínimos para assegurar a vida útil?

c) Em função da retenção mínima, seria possível rever os procedimentos quanto ao tempo de pressão, concentração do produto, vácuo inicial e final?

d) Quais retenções mínimas seriam recomendadas em função dos usos múltiplos da madeira tratada, como construção, civil, indústria moveleira etc?

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Analisando os parâmetros estabelecidos neste trabalho, pode-se concluir que:

- a) Existem diferenças entre clones, como consequência de diferentes composições e estruturas da madeira. No presente trabalho, as diferenças entre clones foram mais expressivas que as observadas entre as rotações ou ao longo do sentido longitudinal da árvore.
- b) A madeira de segunda rotação de ambos os clones utilizados de *Eucalyptus urophylla* apresentou maior diâmetro, porcentagem de cerne e relação cerne/alburno.
- c) Na madeira de primeira e segunda rotação e nos dois clones testados, observou-se diminuição do diâmetro, porcentagem de cerne e relação cerne/alburno da madeira ao longo do sentido longitudinal da árvore, no sentido base-topo.
- d) As madeiras de primeira e segunda rotação e de diferentes seções ao longo do sentido longitudinal da árvore, no sentido base-topo, apresentaram características muito semelhantes, em função da massa específica e propriedades anatômicas.
- e) O processo e o produto utilizados no tratamento preservativo da madeira foram eficientes dentro das condições propostas pelo trabalho e pela norma NBR 9480.
- f) Não existem restrições quanto ao aproveitamento das madeiras de primeira e segunda rotação para tratamento preservativo.

g) A madeira de eucalipto não é uma espécie refratária, sendo fácil de se preservar e de adequada retenção.

h) Não existiu correlação entre a retenção de CCA e as propriedades da madeira avaliadas no presente estudo.

Com base nas conclusões do presente trabalho, recomendam-se:

a) Avaliação de outras propriedades não estudadas nesse trabalho, tais como permeabilidade, composição química, estrutura anatômica através da microscopia eletrônica, visando ao melhor entendimento dos processos de retenção de CCA na madeira.

b) Envolver o estudo de outros parâmetros relacionados à madeira, como espécies, clones, idades, rotações, além de parâmetros relacionados ao processo, como produtos, concentrações, tempos de pressão, pressão de impregnação.

c) Realizar pré-testes para identificar a melhor combinação dos fatores envolvidos.

d) Desenvolver estudos de viabilidade técnico-econômica, visando criar alternativas para o setor produtivo.

e) Ampliar a base de informação sobre as possibilidades de utilização da madeira preservada, principalmente na construção civil e indústria moveleira.

f) Propor testes alternativos, confrontando-os com os estabelecidos pelas normas vigentes.

7. BIBLIOGRAFIA

ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF**. Brasília, 2008. 87 p.

ALFONSO, V.A. **Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus* L'Hérit cultivados no Brasil**, São Paulo, 1987. 188f. Tese (Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo).

ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, SP, n.68, p.87 – 95, ago. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Moirões de madeira preservada para cercas**: norma NBR-9480. Rio de Janeiro, 1986. 18p.

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

American Wood Preservers Association – A9-01. **Standard Method of Analysis of Treated Wood and Treating Solutions by X-Ray Spectroscopy**.

BARRICHELO, L.E.G. e BRITO, J. O. **A madeira das espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel**. Brasília: PRODEPEF, 1976, 145p. (Série de Divulgação, n. 13).

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. & NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: **Ed.Folha de Viçosa**. 1990. p.127-186.

BEHR, E. A. et al. Microscopic examination of pressure-treated wood. **Forest Production Journal**, v. 19, n. 8, p. 31-41, 1969.

BLAKE, T. J. Coppice systems for short-rotation intensive forestry: the influence of cultural, seasonal and plant factors. **Australian Forest Research**. v. 3, n. ¾, 1983. p. 279–291.

BORGES, C. C. **Potencialidade do uso de cruzetas de madeira tratada**. Curitiba, 2008. 105f Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2008.

BOTELHO, G. M. L.; SANTANA, M. A. E.; ALVES, M. V. S. Caracterização química, durabilidade natural e tratabilidade da madeira de seis espécies de eucaliptos plantadas no Distrito Federal. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 24, n.1, p. 115-121, 2000.

BRASIL, M. A. M.; VEIGA, R. A. A. Variação da densidade básica da madeira de progênies de *Eucalyptus urophylla* em dois locais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 167-174, 1994.

BROWN, C.J. and EATON, R.A. 2001. Leaching of copper chrome arsenic (CCA) wood preservative in sea water. **Material und Organismen** 33: 213-231.

CAMPOS-SALES, C.; VIANEZ, B. F.; MENDONÇA, M. S. Estudo da variabilidade da retenção do preservante CCA Tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae – (Pau-Rainha) uma espécie madeireira da região amazônica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 6, p. 845-853, 2003.

CARPIM, M. A.; BARRICHELO, L.E.G. Influência da procedência e classe de diâmetro sobre as características da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 17, 1984, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1984. p.411- 422.

CARVALHO, H. G. **Efeito da idade de corte da madeira e de variáveis de refino nas propriedades da celulose kraft branqueada de eucalipto**. Viçosa (MG), 1997, 104f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa).

CAVICHIOLO, S.R.; DEDECEK, R.A.; GAVA, J.L. Preparo do solo e o estado nutricional da rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Scientia Forestalis**, v.66, p.120-127, 2004.

COPANT – Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas. **COPANT**, v. 30, p. 1-19, 1974.

COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CORADIN, V. T. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. 1ª Ed. Viçosa: UFV, 2003. cap. 5, p. 129-154.

CÔTÉ, W. Structural factors affecting the permeability of wood. **Journal Polymer Science**, v. 2, p. 231-242, 1963.

COUTO, H. T. Z.; MELLO, H. A.; SIMÕES, J. W.; VENCOVSKY, R. Condução da brotação de *Eucalyptus saligna* SMITH. **IPEF** n.7, p.115-123, 1973.

DADSWELL, H. E. The anatomy of eucalypt wood. Melbourne. **Forest Products Laboratory**, CSIRO, n. 66, p. 1-28. 1972.

D'ALMEIDA, M. L. O. Composição química dos materiais lignocelulósicos. In: Celulose e Papel – Tecnologia de fabricação da pasta celulósica. **IPT**, v. 1. 1988, p. 45-106.

DAHLGREN, S. E. The course of fixation of Cu-Cr-As Wood preservatives. Rec. Ann. Conv. Brit. **Wood Preservers Assc.** p.19. 1972.

EVANGELISTA, W.V. **CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE CLONES DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. E *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, ORIUNDA DE CONSÓRCIO AGROSSILVIPASTORIL.** 2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

EVANS, J. **Plantation forestry in the tropics.** 2.ed: Oxford, Clarendon Press, 1992. 403p.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LIMA, J. C. E TEIXEIRA, J. L. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.5, setembro/outubro 2002.

FAO, 1966 - **El eucalipto en la repoblacion forestal.** Roma

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook:** wood as engineering material. Madison, Wisconsin: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. 463 p.

FREITAS, V.P. **Variações na retenção de CCA-A em estacas de *Pinus* após 21 anos de exposição em campo de apodrecimento.** Piracicaba (SP), 2002, 76f. Dissertação (Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São).

GALVÃO, A. P. M.; BARBIN, D.; CARVALHO, C. M. Contribuição ao estudo da eficiência dos processos de difusão simples e dupla no tratamento de eucalipto, através da análise química. **Silvicultura em São Paulo**, n.6, p.301-324, 1967.

GERALDO, F. C.; NAVAJAS, E. M. C. **Biodeterioração e preservação de madeiras.** In: Simpósio Florestal do Rio Grande do Sul-Tecnologia da Madeira, 2. Esteio, UFSM/ARGEFLOR/CEPEF/FATEC, 1992. P.84-133.

GREAVES, H. Structural distribution of chemical components in preservative treated wood by energy dispersion X- Ray analyses. **Mat. U. Organismen**, v. 7, p. 277-285, 1972.

GREAVES, H. X-ray analyses of selected anatomical structure in Copper-Chrome-Arsenic treated wood. Finland: **International Research Group on Wood Press**. 1973. (IRG/WP320).

GONÇALEZ, J. C. **Estudos tecnológicos de brotações de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden para produção de celulose Kraft**. 1983. 47f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1983.

HIGA, R. C. V.; STURION, J. A. Avaliação da brotação de treze espécies de *Eucalyptus* na região de Uberaba-MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 22/23, p.79-86, jan./dez. 1991.

HILLIS, W. E. Wood quality and utilization. In.: HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production**. Australia: CSIRO, 1978. p. 6-65.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. Eucalyptus for wood production. Melbourne: **CSIRO**, 1978, 434p.

HUNT, G. M.; GARRATT, G. A. **Wood preservation** 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1953. 417p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. IPT. **Métodos de ensaios e análise em preservação de madeira: ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes*** (Fam. Kalotermitidae). São Paulo: 1980. 1 p. (Publicação IPT, 1157).

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin** n.s., v. 10, n. 3, 1989. p. 221-332

JACOBS, M. R. Growth habitats of the eucalypts. Canberra: **Forestry and Timber Bureau**, 1955. 262p.

KABEYA, D.; SAKAI, S. The relative importance of carbohydrate and nitrogen for the resprouting ability of *Quercus crispula* seedlings. **Annals of Botany**, v.96, p.479-488, 2005.

KAUPPI, A.; KIVINIITTY, M.; FERM, A. Growth habits and crown architecture of *Betula pubescens* Ehrh. of seed and sprout origin. **Canadian Journal of Forest Research**, v.18, p.1603-1613, 1988.

KOKUREK, M. J.; STEVENS, F. **Properties of fibrous raw materials and their preparation of pulping**. 3^a. ed. 1983 . 174p. (Pulp and Paper Manufacture, 1).

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlim: Springer-Verlag, v. 1, 1968. 592 p.

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos. Eschborn: GTZ, 1990. 343p.

LEPAGE, E. S. Preservativos e sistemas preservativos. In: **Manual de Preservação de Madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. p. 279-342.

LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; CARNEIRO, A. C. C. Características anatômicas e químicas da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua influencia na colagem. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 123-129, abr./jun. 2007.

LOPES, M.C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. 2003. 93 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

LUCKHOFF, H.A. The establishment and regeneration of *Eucalyptus saligna* plantations in the coastal belt of Zululand. *South African Forest Journal*, v.22, p. 15-20, 1955.

MATTHEWS, J.D. *Silvicultural systems*. **Oxford: Clarendon Press**, 1994. 283p.

MIRANDA, G. A. et al. Produtividade de povoamentos de eucalipto em regime de talhadia, em função da adubação parcelada, no Vale do Jequitinhonha-MG. **Revista Árvore**, v.22, n.1, p.51-60, 1998.

MIGLIORINI, A.J.; BARRICHELO, L.E.G.; KAGEYAMA, P. Y.; CAMARGO, F.R.A. Variação da densidade básica da madeira de *E. grandis* em função de diferentes níveis da floresta. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 21., 1988, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1988. 12 p.

MOURA, V. P. G. O. GERMOPLASMA DO *EUCALYPTUS UROPHYLLA* S. T. BLAKE NO BRASIL. **Comunicado Técnico 111**, ISSN 9192-0099. dez. 2004.

NICHOLAS, D. D.; SIAU, J. F. Factors influencing the treatability of wood. In: NICHOLAS, D.D. **Wood deterioration and its prevention by preservative treatments**. 1ª Ed. Syracuse: Syracuse University Press. 1973. 2º vol., cap. 4, p. 299-343.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 2 v., 429f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1997.

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.

OSBORNE, P.D. and R.F. Fox. 1995. CCA type C depletion of southern yellow pine utility poles. Doc. No. IRG/WP 95-50049. Inter. Res. Group on Wood Preservation, **IRG Secretariat**, Stockholm, Sweden.

PAIVA, H.N. de; PAULA NETO, F. de; BRANDI, R.M.; VALE, A.B. do. Influência das idades de corte e de desbrota e do número de brotos sobre o

desenvolvimento da brotação de cepas de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.7, p.1-10, 1983.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4. ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722 p.

PIZZI, A., 1982. Pine tannin adhesives for particleboard. *Holz Roh Werks*. **40**: 293-301.

PULKKI, R. Literature synthesis on the effects of Wood quality in the manufacture of pulpe and paper. **Fabric Technical Note**, New York, n. 171, p. 1-8, 1991.

REIMÃO, D.S.C. Impregnação de madeiras pelo processo de ascensão de soluções salinas. Nova Lisboa: **Instituto de Investigação Agronômica de Angola**, 1972 . 18p. (Série Técnica, 28).

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas relações hídricas. **IPEF Série Técnica**, v. 11, n. 30, p.9 – 22, maio, 1997.

REIS, M.G.F.; KIMMINS, J.P. Importância do sistema radicular no crescimento inicial de brotos de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.10, p.112-125, 1986.

RICHARDSON, B. A. **Wood preservation**. The Construction Press, London, 1978.

ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-55, jun. 2004.

RUDMAN, P. Fine structure of wood. **Nature**, v. 208, p. 55-56, 1965.

RUY, O. F. **Variação da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésias**. 1998. 69f. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1998.

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

SANTOS, Z. M. **Avaliação da Durabilidade Natural de *Eucalyptus grandis* W. Hill: Maiden em Ensaios de Laboratório**. 1992. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1992.

SBS, 2007. Fatos e Números do Brasil Florestal.

SCANAVACA JUNIOR, L. **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake de seu potencial para utilização em serraria**. 2001. 108f. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2001.

SGAI, R. D. **Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras.** 2000. 122f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP, 2000.

SIAU, J. F. **Transport processes in wood.** Berlim; Heidelberg; New York : Springer-verlag, 1984. 245p.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de Diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** Curitiba, 2002, 179p. (Tese de Doutorado – Universidade Federal do Paraná)

SILVA, J. C. **Métodos práticos de tratamento de madeira na propriedade rural.** Viçosa-MG: UFV, PEC, Núcleo de difusão e tecnologia, 2006. 40p. (Boletim de extensão nº. 49).

SILVA, J. C. **Impactos tecnológicos na qualificação da madeira de eucalipto para a produção de móveis.** Viçosa, 2007. 204 p. (não publicado).

SILVA, J. C. **Deterioração, durabilidade e preservação de madeiras.** Viçosa, UFV. Apostila da disciplina ENF 362 – Preservação da Madeira. 2008. 160p.

SILVA, J. C.; CASTRO, V. R.; XAVIER, B. A. **Eucalipto: manual prático do fazendeiro florestal.** Produzindo madeira com qualidade. 2. ed. Viçosa, 2008. 72p.

SIMÕES, J.W.; COUTO, N.A.S. Efeito do número de brotos e da fertilização mineral sobre o crescimento da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith, em segunda rotação. **IPEF**, v.31, p.23-32, 1985.

SOUSA JÚNIOR, W. P. **Propriedades físicas, mecânicas e anatômicas das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* e de *Eucalyptus urophylla* oriundas dos municípios de turmalina e de Paraopeba (MG).** 2004. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

SOUZA, V.R.; CARPIM, M.A.; BARRICHELO, L.E.G. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **IPEF**, Piracicaba, n.33, p.65-72, 1986.

STAPE J. L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. Serie Tecnica, **IPEF**. 11, n.30, p.51-62, mai. 1997.

SMITH, D. N. R.; WILLIAMS, A. I. The effect os composition on the effectiveness and fixation of copper-chrome-arsenic and copper-chrome preservatives. Part 1: effectiveness. **Wood Science and Technology**, v. 7, p.60-76, 1973.

TAMBLYN, N. E. Preservation and preserved wood. In: HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalyptus for wood production.** Australia: CSIRO, 1978. p. 343-352.

TEIXEIRA, P.C.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. de; NEVES, J.C.L.; TEIXEIRA, J.L. *Eucalyptus urophylla* root growth, stem sprouting and nutrient supply from the roots and soil. **Forest Ecology and Management**, v.160, p.263-271, 2002.

TEWARI, S.K.; KATIYAR, R.S.; BALAK RAM, P.N.M. Effect of age and season of harvesting on the growth, coppicing characteristics and biomass productivity of *Leucaena leucocephala* and *Vitex negundo*. **Biomass and Bioenergy**, v.26, p.229-234, 2004.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, SP, n.29, p.37-45, abr.1985.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: Structure, properties and utilization**. New York: Van Nostrand Reinold, 1991. 494 p.

WALTERS, J.R.; BELL, T.L.; READ, S. Intra-specific variation in carbohydrate reserves and sprouting ability in *Eucalyptus obliqua* seedlings. **Australian Journal of Botany**, v.53, p.195-203, 2005.

WARDROP, A. B.; DAVIES G. W. Morphological factors relating to the penetration of liquids into wood. **Holzforschung**, v. 15, n. 5, p.129-141, 1961.

WILLIAMS, G. R.; CORNFIELD. J.A.; ANDERSON, D. G. Waterbased fixed preservatives. In: THOMPSON, R. (Ed.) **The chemistry of wood preservation**, Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1991. p.323.

VENKATASAMY, R. Differential retention and leaching of CCA (C) in sapwood and heartwood of Kenyan-grown blue gum (*Eucalyptus saligna*) and black wattle (*Acacia mearnsii*). In: ANNUAL MEETING OF IRG - WP (INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON WOOD PROTECTION), 36, 2005, Bangalore-India. **Proceedings...** 2005. 13p. IRG/WP 05-30371.

VENKATASAMY, R. Influence of grain direction on penetration, retention, and leaching of CCA(C) in sapwood and heartwood of Kenyan-grown *Eucalyptus saligna* and *Acacia mearnsii* In: ANNUAL MEETING OF IRG - WP (INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON WOOD PROTECTION), 38, 2007, Jackson Lake Lodge, Wyoming, USA. **Proceedings...** 2007. 14p. IRG/WP 05-30371.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: SIF, 1984. 21 p. (Boletim técnico, 1).

ZAVITKOVSKI, J. Juvenile coppice growth and production of several hybrid poplars in Northern Wisconsin. In: **North am. poplar council meeting**, Rhinelander, Wisconsin, July 20-22, 1982. Proceedings. Manhattan, Kansas State University, 1982.

APÉNDICE

Apêndice A: Disposição dos tratamentos realizados

Convenções para entendimento da disposição dos tratamentos:

1º número significa o número do clone (1=Clone 0182 e 2=Clone 0296)

2º número significa o número da árvore (4 árvores)

Letras significam as rotações (A=1ª Rotação e B=2ª Rotação)

3º número significa a posição da árvore (1=tora da base; 2=tora intermediária; e 3=terceira tora)

Como exemplo: 2.4B.2

2 = Clone 0296

4 = quarta árvore

B = segunda rotação

2 = tora intermediária

1º Tratamento:

Tabela 3: Toras colocadas no 1º tratamento.

2.4B.2	1.4A.1	2.4B.3	1.4A.3	2.4A.1	1.4B.2
2.4B.1	2.4A.3	1.4B.1	2.4A.2	1.4A.2	1.4B.3

2º Tratamento

Tabela 4: Toras colocadas no 2º tratamento.

2.1B.2	1.1A.1	2.1B.3	1.1A.3	2.1A.1	1.1B.2
2.1B.1	2.1A.3	1.1B.1	2.1A.2	1.1A.2	1.1B.3

3º Tratamento

Tabela 5: Toras colocadas no 3º tratamento.

2.3B.2	1.3A.1	2.3B.3	1.3A.3	2.3A.1	1.3B.2
2.3B.1	2.3A.3	1.3B.1	2.3A.2	1.3A.2	1.3B.3

4º Tratamento

Tabela 6: Toras colocadas no 4º tratamento.

2.2B.2	1.2A.1	2.2B.3	1.2A.3	2.2A.1	1.2B.2
2.2B.1	2.2A.3	1.2B.1	2.2A.2	1.2A.2	1.2B.3

Apêndice B: Resultados obtidos na análise de retenção

Amostras	Leitura Raio-X			Retenção kg i.a./m ³				Balanço (especificação)			Total
								41,8-53,2	15,2-22,8	27,3-40,7	
1	CrO ₃	CuO	As ₂ O ₃	CrO ₃	CuO	As ₂ O ₅	I.A.	CrO ₃	CuO	As ₂ O ₃	
1/1A/1	0,661	0,318	0,434	3,14	1,51	2,06	6,72	46,78	22,51	30,71	100,00
1/1A/2	0,683	0,312	0,434	4,39	2,00	2,79	9,18	47,80	21,83	30,37	100,00
1/1A/3	0,682	0,295	0,445	4,50	1,95	2,94	9,38	47,96	20,75	31,29	100,00
1/2A/1	0,741	0,337	0,431	4,49	2,04	2,61	9,14	49,11	22,33	28,56	100,00
1/2A/2	0,691	0,286	0,373	4,51	1,87	2,43	8,81	51,19	21,19	27,63	100,00
1/2A/3	0,741	0,289	0,385	5,00	1,95	2,60	9,56	52,37	20,42	27,21	100,00
1/3A/1	0,663	0,293	0,381	4,32	1,91	2,48	8,72	49,59	21,91	28,50	100,00
1/3A/2	0,631	0,296	0,375	4,21	1,97	2,50	8,68	48,46	22,73	28,80	100,00
1/3A/3	0,681	0,313	0,415	4,75	2,18	2,90	9,83	48,33	22,21	29,45	100,00
1/4A/1	0,69	0,311	0,442	4,43	2,00	2,84	9,26	47,82	21,55	30,63	100,00
1/4A/2	0,684	0,306	0,412	4,38	1,96	2,64	8,99	48,79	21,83	29,39	100,00
1/4A/3	0,678	0,316	0,437	4,52	2,11	2,92	9,55	47,38	22,08	30,54	100,00
1/1B/1	0,583	0,270	0,359	4,03	1,86	2,48	8,37	48,10	22,28	29,62	100,00
1/1B/2	0,584	0,246	0,326	4,17	1,76	2,33	8,26	50,52	21,28	28,20	100,00
1/1B/3	0,588	0,28	0,376	4,21	2,00	2,69	8,91	47,27	22,51	30,23	100,00
1/2B/1	0,602	0,265	0,345	4,10	1,80	2,35	8,25	49,67	21,86	28,47	100,00
1/2B/2	0,585	0,255	0,353	4,00	1,74	2,41	8,16	49,04	21,37	29,59	100,00
1/2B/3	0,565	0,262	0,338	4,11	1,90	2,46	8,47	48,50	22,49	29,01	100,00
1/3B/1	0,56	0,246	0,319	3,83	1,68	2,18	7,69	49,78	21,87	28,36	100,00
1/3B/2	0,59	0,267	0,356	3,97	1,80	2,39	8,16	48,64	22,01	29,35	100,00
1/3B/3	0,637	0,259	0,365	4,44	1,81	2,54	8,79	50,52	20,54	28,95	100,00
1/4B/1	0,574	0,249	0,331	3,97	1,72	2,29	7,99	49,74	21,58	28,68	100,00
1/4B/2	0,515	0,216	0,285	3,66	1,53	2,02	7,21	50,69	21,26	28,05	100,00
1/4B/3	0,575	0,254	0,367	4,05	1,79	2,58	8,41	48,08	21,24	30,69	100,00
2/1A/1	0,638	0,276	0,384	4,35	1,88	2,62	8,85	49,15	21,26	29,58	100,00
2/1A/2	0,607	0,267	0,336	4,22	1,85	2,33	8,40	50,17	22,07	27,77	100,00
2/1A/3	0,694	0,289	0,377	4,61	1,92	2,50	9,03	51,03	21,25	27,72	100,00
2/2A/1	0,627	0,243	0,289	4,26	1,65	1,96	7,87	54,10	20,97	24,94	100,00
2/2A/2	0,623	0,26	0,31	4,53	1,89	2,26	8,68	52,22	21,79	25,98	100,00

Continua

Continuação

2/2A/3	0,642	0,244	0,288	4,40	1,67	1,97	8,05	54,68	20,78	24,53	100,00
2/3A/1	0,67	0,267	0,341	4,52	1,80	2,30	8,61	52,43	20,89	26,68	100,00
2/3A/2	0,638	0,257	0,32	4,23	1,70	2,12	8,05	52,51	21,15	26,34	100,00
2/3A/3	0,667	0,253	0,309	4,50	1,71	2,09	8,30	54,27	20,59	25,14	100,00
2/4A/1	0,717	0,285	0,4	4,85	1,93	2,70	9,48	51,14	20,33	28,53	100,00
2/4A/2	0,681	0,318	0,45	4,71	2,20	3,11	10,01	47,00	21,95	31,06	100,00
2/4A/3	0,701	0,304	0,39	4,65	2,02	2,59	9,25	50,25	21,79	27,96	100,00
2/1B/1	0,731	0,299	0,381	4,66	1,90	2,43	8,99	51,81	21,19	27,00	100,00
2/1B/2	0,686	0,293	0,372	4,29	1,83	2,33	8,45	50,78	21,69	27,54	100,00
2/1B/3	0,747	0,325	0,435	4,70	2,05	2,74	9,49	49,57	21,57	28,87	100,00
2/2B/1	0,612	0,233	0,276	4,18	1,59	1,89	7,66	54,59	20,79	24,62	100,00
2/2B/2	0,693	0,281	0,342	4,51	1,83	2,23	8,56	52,66	21,35	25,99	100,00
2/2B/3	0,687	0,26	0,312	4,52	1,71	2,05	8,29	54,57	20,65	24,78	100,00
2/3B/1	0,708	0,279	0,357	4,73	1,86	2,38	8,98	52,68	20,76	26,56	100,00
2/3B/2	0,679	0,297	0,38	4,44	1,94	2,49	8,87	50,07	21,90	28,02	100,00
2/3B/3	0,65	0,264	0,327	4,20	1,71	2,12	8,03	52,38	21,27	26,35	100,00
2/4B/1	0,733	0,316	0,448	4,97	2,14	3,04	10,15	48,96	21,11	29,93	100,00
2/4B/2	0,568	0,25	0,342	3,91	1,72	2,36	7,99	48,97	21,55	29,48	100,00
2/4B/3	0,658	0,3	0,409	4,78	2,18	2,97	9,92	48,13	21,95	29,92	100,00

¹1/1A/1: Clone 0182, Árvore 1 da primeira rotação, tora da base; 1/1A/ 2: Clone 0182, Árvore 1 da primeira rotação, tora intermediária; 1/1A/3: Clone 0182, Árvore 1 da primeira rotação, terceira tora. 1/2A/1: Clone 0182, Árvore 2 da primeira rotação, tora da base; 1/2A/2: Clone 0182, Árvore 2 da primeira rotação, tora intermediária; 1/2A/3: Clone 0182, Árvore 2 da primeira rotação, terceira tora....1/1B/1: Clone 0182, Árvore 1 da segunda rotação, tora da base; 1/1B/2: Clone 0182, Árvore 1 da segunda rotação, tora intermediária; 1/1B/3: Clone 0182; Árvore 1 da segunda rotação, terceira tora....2/1A/1: Clone 0296, Árvore 1 da primeira rotação, tora da base; 2/1A/2: Clone 0296, Árvore 2 da primeira rotação, tora intermediária; 2/1A/3: Clone 0296, Árvore 1 da primeira rotação da terceira tora....2/1B/1: Clone 0296, Árvore 1 da segunda rotação, tora da base; 2/1B/2: Clone 0296, Árvore 0296 da segunda rotação, da tora intermediária; 2/1B/3: Clone 0296, Árvore 1 da segunda rotação, terceira tora....2/4B/3: Clone 0296, Árvore 4 da segunda rotação, terceira tora.

Apêndice C: Correlações de retenção com os parâmetros avaliados, agrupados por espécie.

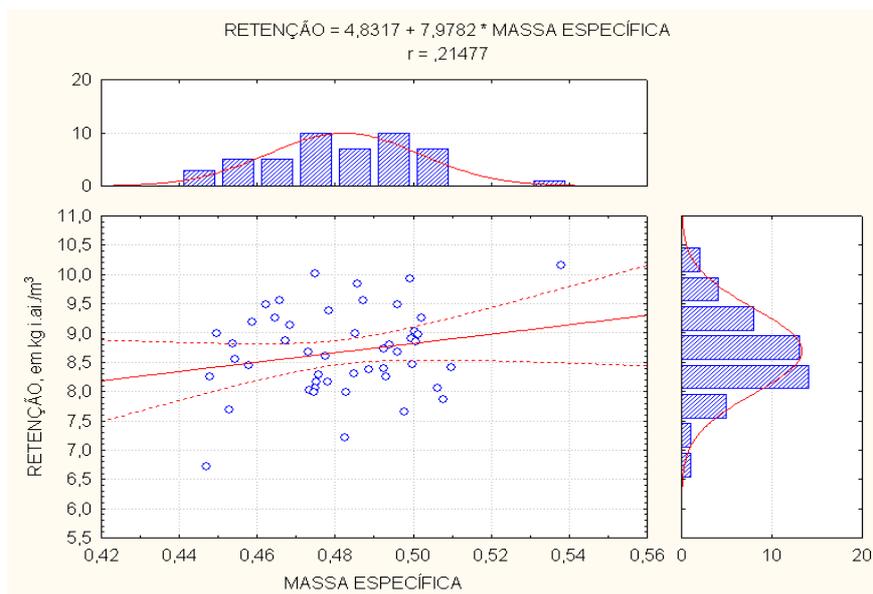


Figura 1. Retenção do preservativo CCA e sua relação com a massa específica da madeira.

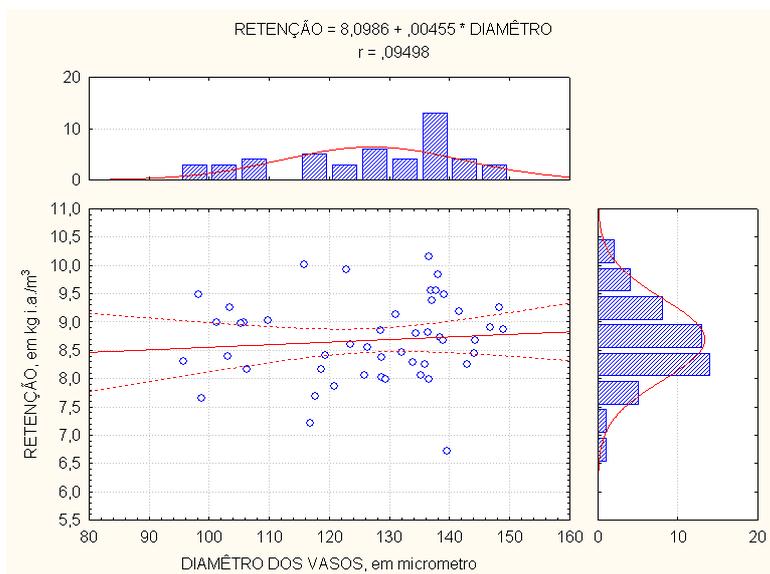


Figura 2: Retenção do produto CCA como função do diâmetro dos vasos.

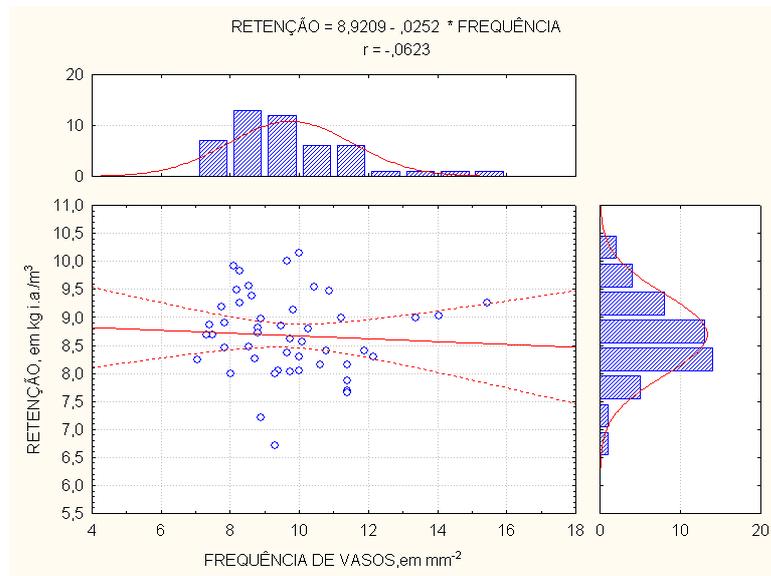


Figura 3: Retenção de CCA em função da frequência dos vasos.

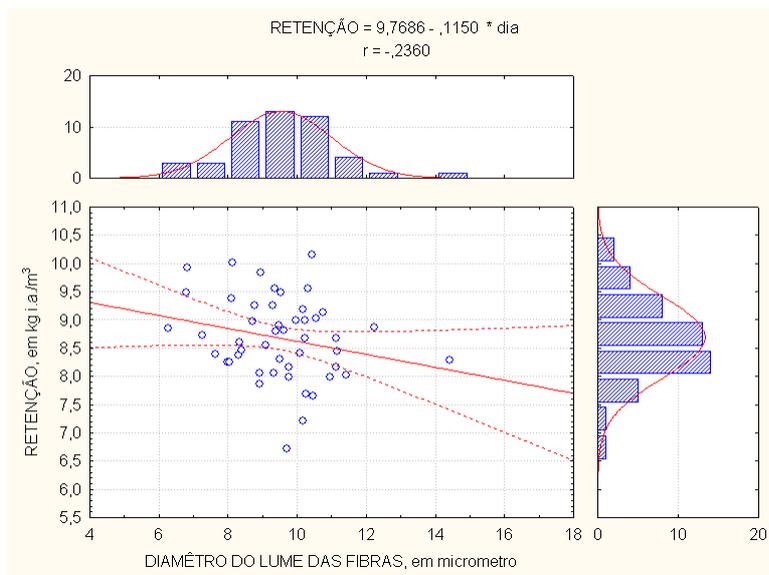


Figura 4: Retenção do produto CCA em função do diâmetro do lume das fibras.

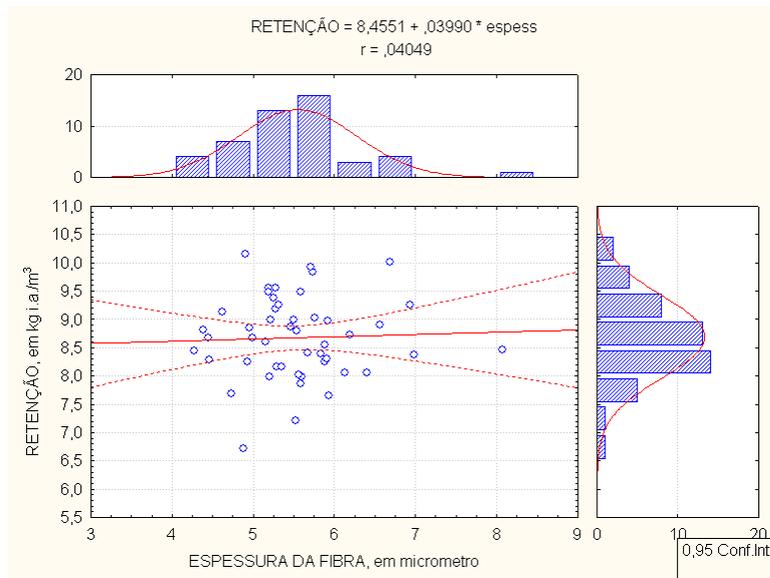


Figura 5: Retenção do produto CCA em relação à espessura das fibras

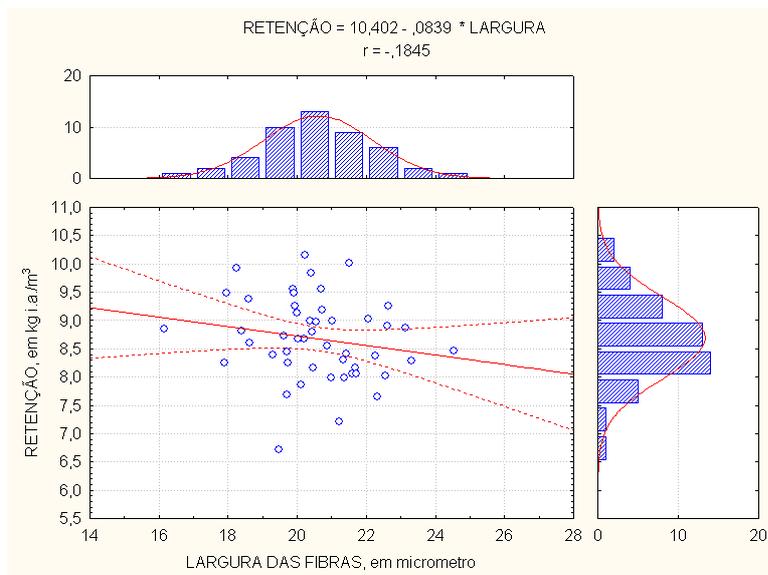


Figura 6: Retenção do produto CCA em relação à largura das fibras.

ANEXO

Anexo A: Dados da temperatura em Itamarandiba – MG durante 20 anos, 1988-2008.

ANO	JAN		FEV		MAR		ABR		MAI		JUN		JUL		AGO		SET		OUT		NOV		DEZ		MÉDIA		MÉDIA
	MAX	MIN	ANUAL																								
1988	28,7	17,2	28,2	17,0	26,1	16,8	26,1	15,7	25,9	14,5	22,6	12,0	19,4	9,9	20,9	10,3	26,5	12,6	24,8	15,2	23,6	15,2	24,1	15,4	24,7	14,3	19,53
1989	27,8	15,9	28,5	16,5	26,9	16,3	26,6	15,2	23,5	12,5	23,1	11,3	23,3	9,9	23,7	11,1	27,3	14,1	23,8	14,7	25,0	15,9	21,9	15,6	25,1	14,1	19,60
1990	28,4	16,1	30,8	15,7	28,4	15,9	27,5	15,6	24,3	13,8	23,3	12,1	22,0	11,0	21,2	12,1	23,2	12,3	25,7	14,5	27,7	15,8	26,3	15,9	25,7	14,2	19,98
1991	23,7	16,6	25,3	17,2	23,8	15,6	23,4	15,6	21,4	14,0	22,4	12,1	21,4	11,4	21,5	10,5	23,4	12,7	25,2	15,2	25,0	16,5	26,4	17,0	23,6	14,5	19,05
1992	22,0	16,7	22,1	15,6	24,7	15,2	27,2	15,8	25,6	14,5	23,0	12,3	22,1	11,1	22,7	12,3	23,3	13,6	23,5	14,8	23,8	15,4	22,3	15,6	23,5	14,4	18,97
1993	25,5	15,8	24,4	15,6	27,2	15,4	23,5	15,3	21,5	12,5	20,6	11,2	23,1	11,6	22,7	11,7	26,7	13,9	25,1	14,4	25,9	15,7	24,9	16,6	24,3	14,1	19,20
1994	24,5	16,1	25,9	15,2	23,5	16,3	22,4	14,8	22,5	13,7	21,0	11,7	20,5	11,4	22,2	9,6	23,4	11,6	25,5	14,0	23,3	14,6	24,1	16,0	23,2	13,8	18,49
1995	27,2	16,9	25,4	16,4	25,5	15,9	22,9	14,9	23,3	14,3	22,2	11,6	21,4	12,3	23,7	11,2	24,3	12,4	25,7	14,9	22,8	14,2	23,3	16,3	24,0	14,3	19,13
1996	26,2	15,7	26,5	16,2	27,5	16,6	25,0	14,4	23,2	11,5	21,9	11,3	23,1	10,7	23,2	11,3	26,6	15,9	26,9	17,4	24,1	17,6	26,6	18,5	25,1	14,8	19,91
1997	26,5	18,7	27,7	17,6	25,8	17,2	26,6	15,9	24,6	14,5	24,4	13,9	25,4	13,1	27,4	13,3	30,6	18,2	29,9	20,9	32,5	19,5	29,5	19,9	27,6	16,9	22,23
1998	30,5	19,5	31,4	20,0	31,0	19,2	30,2	18,5	28,7	16,3	26,1	14,0	27,2	14,1	29,5	15,4	30,6	15,7	28,5	17,4	26,2	17,6	28,8	18,6	29,1	17,2	23,13
1999	28,3	19,8	28,7	21,1	26,5	18,5	26,7	16,9	25,3	14,7	25,0	14,1	24,5	13,6	24,9	11,9	26,4	14,6	27,5	16,6	25,3	16,8	26,7	17,8	26,3	16,4	21,34
2000	26,6	18,7	26,9	20,4	25,6	20,7	25,9	20,1	23,5	15,8	24,3	14,2	22,5	11,8	24,4	14,0	23,7	14,7	29,0	16,5	24,8	16,7	26,5	19,1	25,3	16,9	21,10
2001	28,1	19,3	31,6	19,1	29,1	19,2	27,8	16,9	25,9	15,1	24,4	14,2	25,7	13,8	24,7	14,2	26,2	15,8	25,8	17,5	26,6	18,2	27,8	18,7	27,0	16,8	21,90
2002	27,9	19,1	28,4	20,0	29,0	20,5	28,6	19,4	25,5	16,3	25,4	14,3	23,8	15,0	26,8	14,3	25,8	15,9	30,6	17,1	28,7	17,9	28,0	19,6	27,4	17,5	22,41
2003	29,2	19,8	28,3	19,8	28,8	19,0	27,6	18,5	25,3	15,9	26,2	15,1	24,3	13,2	25,7	13,3	27,8	14,4	30,6	15,5	28,7	16,1	30,5	18,7	27,8	16,6	22,18
2004	27,3	19,5	27,9	18,3	27,4	17,9	26,8	17,6	26,3	17,4	24,0	14,0	21,8	13,0	25,3	13,5	27,9	14,3	28,9	17,2	28,2	18,1	27,7	19,6	26,6	16,7	21,66
2005	28,7	20,1	27,8	19,0	28,1	19,8	27,1	18,0	24,0	16,5	22,4	15,3	22,4	14,0	24,5	14,8	26,3	16,6	29,8	17,6	24,4	18,5	26,5	18,7	26,0	17,4	21,70
2006	28,5	18,5	30,6	20,4	27,4	19,9	26,0	17,9	24,7	14,9	22,3	13,9	23,5	12,8	25,6	14,7	25,5	14,7	25,5	18,1	25,6	18,2	27,3	19,1	26,0	16,9	21,48
2007	28,2	19,9	24,4	19,1	28,4	18,4	27,0	18,5	25,5	15,1	25,0	13,6	24,6	14,1	24,3	12,5	25,8	14,2	29,9	15,8	30,4	17,6	29,2	18,8	26,9	16,5	21,68
2008	28,0	17,9	29,3	17,8	28,7	17,8	29,0	17,6	26,4	14,2	25,1	12,6	23,9	11,4	26,4	12,6									27,1	15,2	21,17
MÉDIA	27,2	18,0	27,6	18,0	27,1	17,7	26,4	16,8	24,6	14,7	23,6	13,1	23,1	12,3	24,3	12,6	26,1	14,4	27,1	16,3	26,1	16,8	26,4	17,8	25,8	15,7	20,76

Fonte: Antenor Resende Pereira

Anexo B: Dados da Umidade Relativa do Ar de Itamarandiba – MG.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
2001	68,19	59,89	68,87	61,33	68,26	71,37	65,45	65,35	64,70	71,87	77,57	75,03	68,16
2002	80,13	69,61	67,48	65,83	67,90	63,87	71,81	61,58	67,70	57,52	65,93	77,24	68,05
2003	71,87	67,29	65,47	65,77	66,94	64,60	63,35	66,83	61,86	56,87	61,63	69,19	65,14
2004	76,58	76,71	74,03	73,24	72,75	73,07	77,81	64,48	59,50	66,13	72,10	74,00	71,70
2005	72,35	69,54	72,03	66,97	71,29	71,60	66,84	62,42	66,03	57,94	82,20	76,19	69,62
2006	63,71	61,18	74,61	71,70	67,37	73,43	64,19	63,52	69,33	75,74	78,43	74,61	69,82
2007	72,68	75,07	64,42	71,57	66,10	66,20	66,13	60,68	62,13	59,45	66,3	68,00	66,56
2008	72,90	69,69	73,03	66,57	66,10	68,20	62,94	61,45					67,61
MÉDIA	72,30	68,62	69,99	67,87	68,34	69,04	67,32	63,29	64,46	63,65	72,02	73,47	68,43

Fonte: Antenor Resende Pereira

Anexo C: Dados Meteorológicos – Itamarandiba – MG Precipitação anual (mm) – 1975-2008

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1975	234,6	100,1	53,0	177,4	18,6	0,0	7,3	2,8	0,1	249,6	212,0	43,6	1099,1
1976	0,6	62,1	15,4	0,9	19,0	0,0	3,7	11,2	127,1	91,1	294,1	264,0	889,2
1977	337,1	36,4	3,6	105,7	29,5	0,0	2,5	8,4	29,7	92,6	271,5	102,1	1019,1
1978	269,7	301,2	77,0	75,9	88,1	26,9	91,3	1,1	0,0	66,1	128,5	253,4	1379,2
1979	571,1	376,5	159,6	43,3	0,0	0,0	2,2	22,1	4,6	139,4	196,4	278,6	1793,8
1980	450,6	208,2	59,6	76,4	17,1	5,8	1,5	2,2	31,0	33,9	63,8	331,4	1281,5
1981	22,9	17,4	428,7	15,3	12,0	9,1	1,0	6,8	1,4	171,5	263,7	46,3	996,1
1982	385,6	75,1	153,0	99,0	9,2	0,0	7,0	0,0	24,0	82,7	85,0	71,2	991,8
1983	316,5	210,7	201,2	64,2	4,4	0,0	11,0	0,0	23,0	69,0	287,6	310,2	1497,8
1984	88,3	43,2	96,4	0	0,0	0,0	0,0	32,2	59,3	86,9	208,5	209,3	824,1
1985	625,7	56,2	181,0	7,0	0,0	0,0	0,0	9,4	141,3	109,7	158,2	172,5	1461,0
1986	405,8	68,3	3,0	27,6	0,0	4,0	18,0	36,5	3,0	34,8	163,0	264,1	1028,1
1987	120,3	20,1	199,9	37,7	3,4	2,0	1,4	0,0	24,8	71,1	232,0	394,9	1107,6
1988	106,4	77,2	121,0	142,0	2,4	7,0	2,0	1,4	0,0	112,0	164,0	178,4	913,8
1989	33,0	171,0	84,5	3,0	5,0	36,0	3,0	19,1	69,0	104,0	157,2	482,6	1167,4
1990	31,0	141,0	11,0	7,0	42,0	0,0	58,0	27,0	33,0	39,0	134,0	50,0	573,0
1991	277,0	266,2	139,5	12,7	58,0	0,0	26,0	10,0	132,0	36,0	264,0	187,0	1408,4
1992	608,0	351,3	40,4	58,0	3,0	8,0	0,0	7,0	6,0	185,0	243,0	458,0	1967,7
1993	90,9	53,3	10,7	106,5	11,8	6,7	0,0	6,0	37,8	125,5	81,5	220,0	750,7
1994	168,3	9,5	281,9	43,5	27,0	9,0	0,0	0,0	0,0	46,0	269,5	222,0	1076,7
1995	16,0	125,0	236,0	89,9	25,2	3,5	8,3	0,0	0,0	228,4	270,5	268,7	1271,5
1996	105,0	103,3	13,3	70,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	105,5	179,0	199,0	776,1
1997	359,0	56,0	246,0	73,0	7,5	5,0	1,3	0,0	33,0	77,0	147,5	428,0	1433,3
1998	110,0	93,0	20,0	11,0	4,0	0,0	0,0	18,0	3,0	110,0	493,0	161,0	1023,0
1999	92,0	88,0	138,5	16,0	0,0	3,0	2,0	6,0	3,0	48,0	348,0	261,0	1005,5
2000	228,0	280,0	277,0	34,0	7,0	1,0	8,0	15,0	40,0	103,0	344,5	361,0	1698,5
2001	65,0	78,0	81,0	0,0	16,0	28,0	8,0	23,0	3,0	101,0	404,0	209,0	1016,0
2002	224,0	237,0	27,0	11,5	8,5	1,0	14,0	11,0	69,0	43,0	151,0	427,0	1224,0
2003	166,0	61,0	129,0	20,0	6,0	0,0	6,0	24,0	16,0	20,0	23,0	273,0	744,0
2004	266,0	283,5	146,0	194,0	8,8	24,6	38,4	2,0	0,0	84,4	166,4	289,6	1503,7
2005	200,3	166,5	143,2	10,2	19,0	9,8	2,6	4,6	14,8	69,4	300,6	296,6	1237,6
2006	45,0	71,8	267,4	62,4	10,2	1,8	0,0	1,0	67,0	156,2	337,6	355,1	1375,5
2007	122,4	223,8	42,8	28,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	98,8	116,1	638,1
2008	121,0	199,0	84,8	47,2	39,6	1,6	0,0	4,0					497,2
MÉDIA	213,62	138,56	122,72	52,07	14,80	5,70	9,54	9,17	30,27	93,78	216,41	248,02	1156,75

Fonte: Antenor Resende Pereira