

**RETENÇÃO E PENETRAÇÃO DE CCA EM MADEIRA DE PRIMEIRA E SEGUNDA
ROTAÇÃO DE *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**

RETENTION AND PENETRATION OF CCA IN WOOD OF FIRST AND SECOND ROTATION OF
Eucalyptus urophylla S.T. Blake

Mara Lúcia Agostini Valle¹ José de Castro Silva² Ricardo Marius Della Lucia²
Wescley Viana Evangelista³

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a retenção e penetração de arseniato de cobre cromatado (CCA tipo C), bem como algumas propriedades da madeira em duas rotações de dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, visando a sua utilização como madeira tratada. O estudo foi realizado com material proveniente de plantações comerciais, com 63 meses de idade. Para a caracterização da madeira, avaliaram-se a relação cerne-alburno, a massa específica básica e as dimensões de fibras e vasos. Para a avaliação da madeira tratada, determinaram-se a penetração e a retenção de arseniato de cobre cromatado (CCA tipo C). Utilizaram-se quatro árvores por rotação e material genético, que, posteriormente, foram seccionadas em três toras, totalizando 12 toras para cada tratamento. O tratamento preservativo foi realizado através do processo célula cheia, em autoclave, utilizando solução de CCA com concentração de 2 % de ingredientes ativos. O processo de tratamento utilizado foi eficiente dentro das condições exigidas pela norma NBR 9480, apresentando valores de retenção superiores aos mínimos exigidos pela norma, que é de 6,5 kg/m³ de CCA por madeira tratada, além de proporcionar a penetração profunda e regular do preservativo no alburno de todas as toras tratadas. Não existem restrições quanto ao aproveitamento das madeiras de primeira e segunda rotação para tratamento preservativo, com base nas propriedades avaliadas. Não existiu correlação entre a retenção de CCA tipo C e as propriedades da madeira avaliadas.

Palavras-chave: CCA; eucalipto; preservação da madeira; rotação.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the retention and penetration of copper chrome arsenate (CCA type C) as well as some wood properties of two rotations of two natural hybrid of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, aiming their use as treated wood. The study was conducted with material from commercial plantations, with 63 months of age. For the wood characterization, the relationship sapwood-heartwood, the basic density and the size of fibers and vessels were evaluated. For the evaluation of treated wood, the penetration and retention of copper chrome arsenate (CCA type C) were determined. Four trees per rotation and genetic material were used, which subsequently were split into three logs, in a total of 12 logs for each treatment. The preservative treatment was performed using the full cell process in autoclave using CCA solution with 2 % concentration of active ingredients. The treatment process used was effective under the conditions required by the NBR 9480, with retention values higher than the minimum required by the standard, which is 6.5 kg/m³ of CCA per treated wood, and in addition, provided deep penetration and regular condom in sapwood of all timber treated. There are no restrictions on the use of wood from the first and second rotation for preservative treatment, based on the properties evaluated. There was no correlation between the type C CCA retention and wood properties evaluated.

Keywords: CCA; eucalyptus; wood preservation; rotation.

1. Engenharia Florestal, MSc., Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP: 37200-000, Lavras (MG). maraagostini@yahoo.com.br
2. Engenharia Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs, s/n, CEP 36570-000, Viçosa (MG). jcastro@ufv.br / rdlucia@ufv.br
3. Engenharia Florestal, Dr. em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs, s/n, CEP 36570-000, Viçosa (MG). wescleyviana@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 9/07/2010 e aceito em 5/12/2011

INTRODUÇÃO

No Brasil, as madeiras oriundas de reflorestamento, principalmente dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, representam uma matéria-prima de extrema importância para o setor florestal, pois são utilizadas em vários segmentos industriais, principalmente na fabricação de celulose, carvão vegetal e painéis reconstituídos. As propriedades químicas e físico-mecânicas dessas madeiras tornam-nas versáteis e estratégicas para os setores citados, podendo ser utilizadas em vários outros setores, tais como na construção civil e fabricação de móveis.

Apesar de inúmeras vantagens, a madeira apresenta alterações indesejáveis em sua estrutura e propriedades, devido à ação de agentes físicos, químicos e em especial dos biológicos, principalmente quando é utilizada em contato direto com o solo ou com a água. Por ser um material de natureza orgânica e no estado em que é normalmente utilizada, a madeira já não apresenta vida, estando sujeita à deterioração. Os agentes físicos, químicos e biológicos, atuando em conjunto ou separadamente na madeira, aceleram seu processo de deterioração. Esse problema pode ser atenuado quando se realiza o tratamento preservativo na madeira.

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 xilófagos marinhos. No Brasil, o CCA, sob pressão, é muito utilizado no tratamento industrial, de moirões, postes de eletrificação e dormentes para ferrovias, não apresentando nenhuma restrição quanto ao seu uso, como já acontece em alguns países da Europa e nos Estados Unidos.

Galvão et al. (1967) e Santini (1988) descrevem que o controle de qualidade em madeira tratada é feito, normalmente, por meio da avaliação da retenção e penetração do preservativo na madeira e são influenciadas por características relacionadas à madeira e ao processo de tratamento utilizado. No Brasil, o tratamento de moirões roliços de eucalipto é normatizado pela NBR 9480 (ABNT, 1986), que fixa a retenção mínima de 6,5 kg de ingredientes ativos por metro cúbico de madeira tratada para os preservativos hidrossolúveis, além de propor uma penetração total e uniforme do preservativo em todo o alburno da madeira.

Apesar do reconhecimento da importância de se fazer o tratamento preservativo da madeira,

principalmente daquelas oriundas de reflorestamentos, como *Eucalyptus* e *Pinus*, que são reconhecidas de baixa durabilidade natural e de aproveitar as madeiras de várias rotações, assim como não se encontraram na literatura informações sobre as características e propriedades das madeiras de diferentes rotações, bem como o seu comportamento no tratamento preservativo, que pudessem subsidiar a tomada de decisões sobre o uso da madeira nesse setor industrial.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a retenção e penetração de arseniato de cobre cromatado (CCA tipo C) na madeira de primeira e segunda rotação de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, bem como algumas propriedades físicas e anatômicas dessas madeiras. A descrição tipo C do CCA, está relacionada com a proporção de cada ingrediente ativo presente na formulação do CCA, ou seja, quantidade de cromo, cobre e arsênio presente na formulação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com material proveniente de plantações comerciais de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, localizado do município de Itamarandiba, região noroeste do Estado de Minas Gerais. Utilizaram-se dois híbridos naturais e distintos de *Eucalyptus urophylla*, de primeira e segunda rotação, com cerca de sessenta e três meses de idade (5 anos e 3 meses), crescendo no mesmo local e com tratos culturais semelhantes. A identificação e as características do local de plantio das árvores utilizadas podem ser visualizadas na Tabela 1.

Utilizaram-se quatro árvores de cada clone e rotação, num total de 16 árvores. Após a seleção, as árvores foram cortadas e seccionadas em toras de três metros, utilizando-se somente as três primeiras da parte basal, totalizando 48 toras. Em seguida, as toras foram descascadas e transportadas para o Laboratório de Propriedades da Madeira (LPM), do Departamento de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. No pátio de secagem, as toras foram empilhadas em sistema de gradeamento e deixadas para secagem natural, por um período de três meses.

Avaliação da Porcentagem de Cerne e Alburno

Para a caracterização da madeira foram determinados o diâmetro e os teores de cerne, alburno, bem como a relação cerne/alburno. Nas extremidades de cada tora, mediram-se os diâmetros e a es-

TABELA 1: Dados do local de plantio das árvores de *Eucalyptus urophylla*.TABLE 1: Data from the local planting of *Eucalyptus urophylla* trees.

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

* Código do clone

peçura do albúrnio, através de uma fita métrica de precisão de 0,1 cm. A partir dessas medições determinou-se o volume das toras individuais, a porcentagem de cerne, albúrnio e a relação cerne/albúrnio.

Massa específica básica e anatomia da madeira

Para a determinação da massa específica básica e das dimensões de fibras e vasos da madeira, retirou-se um disco, com 3 centímetros de espessura, a 30 cm da base de cada tora, totalizando 48. Para a determinação da massa específica básica, retiraram-se duas cunhas diametralmente opostas, correspondendo cada uma a 1/6 do disco. A massa específica básica foi determinada de acordo com os procedimentos propostos pela norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

Para a determinação das dimensões de fibras e vasos da madeira, após a retirada das duas cunhas utilizadas na determinação da massa específica básica, do disco restante confeccionou-se um bloco com material exclusivo da região do albúrnio, com formato retangular, apresentando dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm, sendo a última no sentido lon-

gitudinal. De cada bloco, foram retirados da região mais superficial, ao longo dos raios da madeira, pequenos fragmentos (palitos finos) e colocados num tubo de ensaio, com solução de peróxido de hidrogênio, segundo método preconizado por Dadswell (1972). Após a individualização das fibras, montaram-se lâminas temporárias e mediram-se 30 fibras, individualmente, determinando-lhes o comprimento, largura e o diâmetro do lume. A espessura da parede foi estimada pela metade da diferença entre a largura e diâmetro do lume. Após a retirada dos fragmentos para confecção do macerado, o bloco de madeira resultante foi amolecido em água para retirada de finas seções no plano transversal para a determinação do diâmetro e frequência dos vasos. Montaram-se lâminas permanentes, sendo medido, em cada lâmina, o diâmetro de 50 vasos e a sua frequência em 5 imagens diferentes e de área conhecida. O software utilizado para medições das fibras e vasos foi o Axio-vision versão 4.3..

O esquema de retirada das amostras pode ser observado na Figura 1.

Tratamento preservativo com CCA

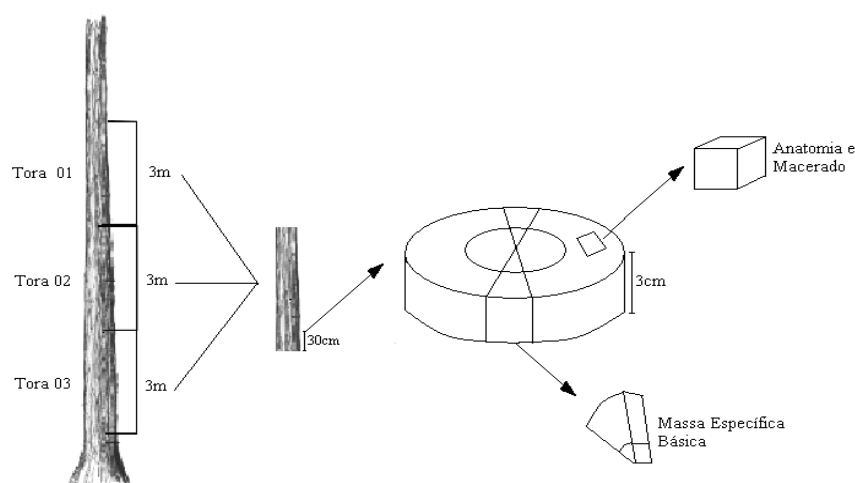


FIGURA 1: Esquema de retirada de corpos de prova das toras para massa específica e anatomia.

FIGURE 1: Withdrawal scheme of specimens of logs for density and anatomy.

Para o tratamento preservativo, todas as toras de madeiras foram cortadas a um comprimento de 2,20 m, dentro das medidas comerciais para moirões e eliminando possíveis defeitos e rachaduras das extremidades. Posteriormente, foram empilhadas no pátio para que secassem ao ar livre, até atingir uma umidade do alburno inferior a 30 %.

O tratamento foi feito em autoclave industrial, com diâmetro de 0,80 m e comprimento de 3,00 m, através do método de célula cheia, com sistema duplo-vácuo. O preservativo usado foi o arseniato de cobre cromatado (CCA tipo C), de ação fungicida e inseticida, na concentração de 2 % de ingredientes ativos.

O processo de tratamento de madeira consistiu de um vácuo inicial de 30 minutos a 560 mmHg, seguido de 90 minutos de pressão de impregnação do produto a 12 kgf/cm², seguido de um vácuo final de 15 minutos a 560 mmHg. Em cada tratamento preservativo foram utilizadas 12 toras, correspondendo a três toras por clone e rotação. Foram adotadas quatro repetições. A representação esquemática do processo de tratamento utilizado está na Figura 2.

Análise de retenção e penetração de CCA na madeira

Para a análise de retenção, após o tratamento preservativo, retiraram-se cinco baguetas, ao longo de toda a seção circular da madeira tratada, a 50 cm acima da base, próximas à zona de afloramento das toras quando em contato com o solo, utilizando uma broca extratora especial, com aproximadamente 53 mm de comprimento e diâmetro interno de 13 mm. As baguetas foram retiradas 3 dias após o

tratamento, depois da fixação primária do CCA na madeira, que para a temperatura ambiente são de 3 dias. Após a retirada das baguetas, separou-se cuidadosamente a região tratada da região não tratada com CCA. Em seguida, determinou-se a massa de madeira da região tratada, numa balança digital, com precisão de 0,01 g, e o volume com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, para posterior cálculo da densidade aparente da bagueta. Posteriormente, colocou-se o material em estufa a uma temperatura de 103± 2 °C, durante seis horas para secagem, até peso constante a 0 % de umidade. Logo após, as amostras foram climatizadas em dessecador e levadas para o moinho tipo Willey 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 da análise da retenção do preservativo. Para leitura e análise, utilizou-se o espectrômetro de Raio-X. A análise de retenção foi expressa em kg/m³, correspondendo ao somatório da retenção dos teores de cobre, cromo e arsênio na madeira após o seu tratamento preservativo.

Para o cálculo da retenção utilizou-se da seguinte fórmula apresentado na equação 1:

$$R = LE * D * 10$$

Em que: R = Retenção, em Kg/m³; LE = Resultado da leitura do elemento químico no equipamento; e

D = Densidade da bagueta, em g/cm³.

Na análise de penetração dos produtos preservativos na madeira, utilizou-se a solução cromo-

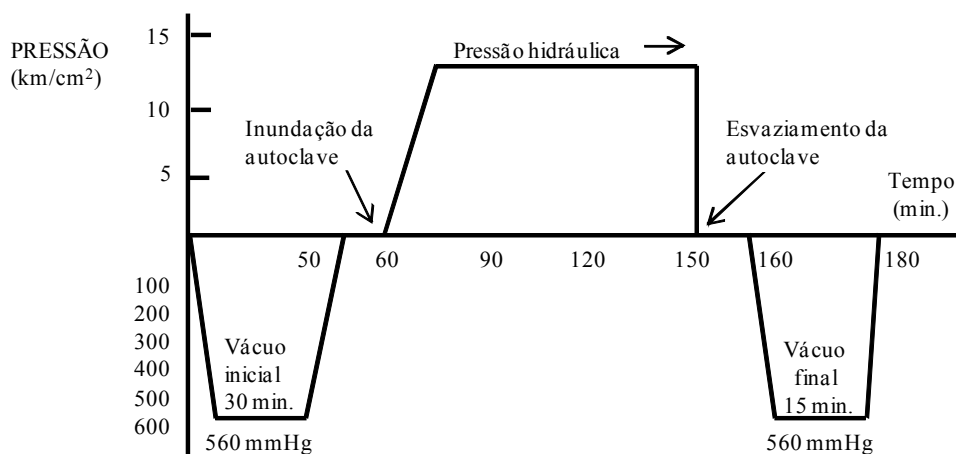


FIGURA 2: Representação gráfica do processo de tratamento sob pressão célula cheia utilizado nos testes.
FIGURE 2: Graphical representation of the processing pressure used in the full cell tests.

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

-azurol-S, aplicada em toda região transversal da tora de madeira tratada, que foi retirada a 60 cm da base de cada peça tratada. Após a aplicação do cromo-azurol-S, o CCA foi detectado pela presença de cobre, por meio de uma reação do cromo, fazendo com que a madeira adquirisse uma coloração azul- escura na região que recebeu o tratamento. A região da madeira que não recebeu tratamento preservativo adquiria coloração avermelhada.

Análise Estatística

Para análise dos dados do experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial duplo (2 x 2), tendo como fontes de variação o clone e a rotação e quatro repetições. Utilizou-se o Teste de Tukey a 5 % de significância para comparação múltipla de médias. As análises foram feitas utilizando-se o *software* R 2.11.1 (R Development Core Team 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

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 e dos dois híbridos naturais de *Eucalyptus urophylla* estão sumarizados na Tabela 2.

Comparando-se os valores obtidos entre rotações, verificou-se que os dois híbridos apresentaram maior diâmetro das toras e porcentagem de cerne

e relação cerne/alburno na madeira de segunda rotação. Os resultados observados estão de acordo com a literatura, uma vez que Ferrari et al. (2005) afirmam que, se o povoamento for raleado para dois ou apenas um broto, tem-se a obtenção de troncos mais retos e de maior valor, tendo também a possibilidade de se obter toras de maiores diâmetros, peças mais adequadas para moirões, estacas e celulose. Estes resultados 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 pela possibilidade da maior absorção de nutrientes. Tal situação pode resultar em antecipação da produtividade máxima, segundo relatado por Kauppi et al. (1988) e Tewari et al. (2004).

Características avaliadas nos trabalhos

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises de variância para a densidade básica da madeira e a retenção do produto preservante na madeira dos clones estudados. Nota-se que, para estas características, não houve interação significativa entre clone e rotação. Analisando os efeitos simples nota-se que o efeito do clone e o da rotação também não foram significativos em ambas as características. Dessa forma, os clones de primeira e segunda rotação, para a densidade básica e retenção do produto preservantes na madeira, são estatisticamente iguais.

TABELA 2: Valores médios do diâmetro, porcentagem de cerne e alburno e relação cerne/alburno da madeira, em função dos clones.

TABLE 2: Mean values of diameter, percentage of heartwood and sapwood and heartwood ratio/sapwood of wood, depending on the clones.

	Clone 0182		Clone 0296	
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a
	Rotação	Rotação	Rotação	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

TABELA 3: Resumo das análises de variância para densidade básica e retenção do produto preservante (CCA) na madeira dos clones de *Eucalyptus urophylla*.

TABLE 3: Summary of analysis of variance for basic density and retention of the preservative product (CCA) in wood of *Eucalyptus urophylla* clones.

FV	GL	Quadrado Médio	
		DB	Rt
Clone	1	0,000506 ^{ns}	0,085410 ^{ns}
Rotação	1	0,000020 ^{ns}	0,486158 ^{ns}
Clone*Rotação	1	0,000650 ^{ns}	0,687656 ^{ns}
Erro	12	0,000146	0,214938
	CV	2,51	5,34

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação em porcentagem; DB: densidade básica (g/cm³); Rt: retenção do produto preservante na madeira (kg i. a./m³); *: significativo a 5 % pelo Teste F; ns: não significativo a 5 % pelo Teste F.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados das análises de variância para as características anatômicas da madeira dos clones estudados neste trabalho. Observa-se que o efeito da interação clone x rotação foi não significativa para a maioria das características, sendo significativa apenas para o diâmetro do lume das fibras e espessura da parede das fibras, indicando que apenas elas têm dependência entre os fatores clone e rotação. Assim, para o diâmetro do lume das fibras e para a espessura da parede das fibras fez-se o desdobramento e a avaliação da rotação dentro de cada clone, como objetivo proposto pelo trabalho. Para o comprimento das fibras e diâmetro dos vasos, foi significativo apenas o efeito clone e para a largura das fibras e o diâmetro do lume das fibras o efeito rotação.

Nota-se que foram encontrados baixos coeficientes de variação, para todas as características avaliadas neste trabalho, o que indica elevada precisão das análises de variância dos ensaios realizados (Pimentel-Gomes, 2009).

Na Tabela 5, são visualizados os valores médios encontrados, considerando os desdobramentos da interação e avaliação do efeito rotação dentro de cada clone, com os testes de comparação múltipla realizados para diâmetro do lume das fibras e espessura da parede das fibras. Nota-se que, para o clone 0182, não se observaram diferenças significativas entre as rotações, para diâmetro do lume, o que não ocorre para o clone 0296, onde o diâmetro do lume da segunda rotação é superior ao da primeira rotação. Já para espessura da parede ocorre o inverso, no clone 0182 existe diferença significativa, onde a segunda rotação apresenta valor superior ao da primeira e no clone 0296 as rotações se mostram estatisticamente iguais. Essas

diferenças podem, talvez, ser explicadas pelos diferentes tratamentos culturais que cada clone e rotação obtiveram, uma vez que segundo Zobel (1992), citado por Gonçalves et al. (2009), práticas silviculturais também podem proporcionar alterações na madeira a ponto de influenciar a qualidade do produto final.

As médias encontradas para diâmetro do lume das fibras estão abaixo dos encontrados por Evangelista et al. (2010), estudando madeiras de *Eucalyptus urophylla* aos 6 anos de idade, e a para a espessura da parede das fibras foram encontrados valores superiores, pode-se sugerir que, quando se tem uma espessura de parede maior faz com que se tenha um diâmetro do lume menor, já para o clone de *Eucalyptus urophylla* aos 8 anos de idade, eles encontraram diâmetro e espessura menor do que aqui encontrados. Já, Lima et al. (2007) encontraram valores superiores para estas características, porém, estudando árvores de 14 anos de idade. Espessuras de parede superiores podem influenciar na densidade da madeira tornando-a mais densa, com isso limitando seus usos, dependendo do objetivo final.

Na Tabela 6 são apresentadas as médias dos clones encontradas para as características que não obtiveram interação significativa entre os efeitos clone e rotação. Observa-se, porém, que para o comprimento da fibra e o diâmetro do vaso, para o efeito clone, foram estatisticamente diferentes. Como o objetivo do trabalho não foi o de avaliar a diferença entre os clones, a tabela será apenas para visualização e conhecimento das médias encontradas para as características analisadas neste trabalho. Já na Tabela 7 estão apresentadas as médias das rotações encontradas, nela observa-se que apenas teve efeito significativo a largura das fibras.

TABELA 4: Resumo das análises de variância para dimensões de fibras e vasos dos clones de *Eucalyptus urophylla*.

TABLE 4: Summary of analysis of variance for dimensions of fibers and vessels of *Eucalyptus urophylla* clones.

FV	GL	Quadrado Médio					
		CF	LF	DF	EF**	DVa	FVa
Clone	1	0,006931*	0,170156 ^{ns}	0,078961 ^{ns}	0,005738 ^{ns}	614,084332*	4,846162 ^{ns}
Rotação	1	0,000248 ^{ns}	4,272489*	2,820720*	0,040100 ^{ns}	3,754003 ^{ns}	0,575246 ^{ns}
Clone*Rotação	1	0,000176 ^{ns}	0,137270 ^{ns}	3,405870*	1,205055*	190,950251 ^{ns}	1,701459 ^{ns}
Erro	12	0,000712	0,617773	0,517244	0,181405	64,361639	1,057915
	CV	2,47	3,82	7,57	7,69	6,38	10,40

Em que: FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação em porcentagem; CF: comprimento da fibra (mm); LF: largura da fibra (μm); DF, diâmetro do lume da fibra (μm); EF: espessura da parede da fibra (μm); DVa: diâmetro dos vasos (μm); FVa: frequência de vasos (vasos/mm²); *: significativo a 5 % pelo Teste F; ns: não significativo a 5 % pelo Teste F; **: para a espessura da parede da fibra o nível de significância foi de 10 % pelo Teste F.

TABELA 5: Análises dos desdobramentos e testes de comparação múltipla realizados para diâmetro do lume das fibras e espessura da parede das fibras.

TABLE 5: Analysis of developments and multiple comparison tests performed to fiber diameter heat and the wall thickness of fibers.

Variáveis	Clone 0182		Clone 0296	
	1ª Rotação	2ª Rotação	1ª Rotação	2ª Rotação
Diâmetro do lume das fibras (μm)*	9,39 a	9,47 a	8,69 a	10,45 b
Espessura da parede das fibras (μm)**	5,19 a	5,84 b	5,33 a	5,78 a

Médias seguidas da mesma letra, entre rotações dentro de cada clone, não diferem entre si pelo Teste Tukey a *5 % e **10 % de significância.

TABELA 6: Médias dos clones das características analisadas onde não houve interação significativa.

TABLE 6: Averages of the characteristics of the clones analyzed where there was no significant interaction.

Variáveis	Clone 0182	Clone 0296
Densidade Básica (g/cm^3)	0,476250 a	0,487500 a
Retenção ($\text{kg i.a.}/\text{m}^3$)	8,603125 a	8,749250 a
Comprimento da fibra (mm)	1,060500 a	1,102125 b
Largura da fibra (μm)	20,469375 a	20,675625 a
Diâmetro dos vasos (μm)	131,952900 b	119,562538 a
Frequência dos vasos (vasos/mm^2)	9,339062 a	10,439762 a

Médias seguidas da mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5 % de significância.

Os valores encontrados para densidade básica neste trabalho estão de acordo com o trabalho realizado por Brasil e Veiga (1994) que, estudando *Eucalyptus urophylla*, obtiveram resultados semelhantes aos encontrados neste estudo, com massa específica variando de 0,45 a 0,49 g/cm^3 . Já, Evangelista et al. (2010) encontraram maior ampli-

TABELA 7: Médias das rotações das características analisadas onde não houve interação significativa.

TABLE 7: Means of rotations of the examined characteristics where there was no significant interaction.

Variáveis	1ª Rotação	2ª Rotação
Densidade Básica (g/cm^3)	0,480750 a	0,483000 a
Retenção ($\text{kg i.a.}/\text{m}^3$)	8,850500 a	8,501875 a
Comprimento da fibra (mm)	1,077375 a	1,085250 a
Largura da fibra (μm)	20,055750 a	21,089250 b
Diâmetro dos vasos (μm)	126,242100 a	125,273337 a
Frequência dos vasos (vasos/mm^2)	10,079025 a	9,699800 a

Médias seguidas da mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5 % de significância.

tude para a mesma espécie de 6 a 8 anos, com valores de 0,45 e 0,54 g/cm^3 .

Gonçalves et al. (2009), estudando híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis* em sistema de talhadia, concluíram que há uma tendência de aumento na densidade básica da madeira em sistemas com talhadia e desbaste precoce a partir da segunda tora, o que não foi evidenciado neste estudo, uma vez que não houve diferenças estatísticas entre rotações.

Para a retenção do produto preservante (CCA) na madeira, os resultados médios de retenção observados nas Tabelas 6 e 7 atenderam às recomendações da norma NBR 9480 (ABNT, 1986), que estabelece para moirões de eucalipto, em contato com o solo, uma retenção mínima de 6,5 Kg de CCA por metro cúbico de madeira tratável. Todos os valores de retenção encontrados foram superiores ao mínimo estabelecido pela referida norma. Também foi observado que não houve diferenças estatísticas significativas entre as rotações, com isso verifica-se que a madeira de primeira e segunda rotação não apresentam restrições quanto ao seu uso como madeira tratada em contato com o solo.

Os valores observados para as dimensões das fibras quanto ao comprimento nos valores encontrados por Evangelista et al. (2010) estão abaixo

do que os daqui encontrados, já, Lima et al. (2007) e Sousa Junior (2004) obtiveram valores próximos, para Tomazello (1987), o aumento do comprimento das fibras, em função da idade, é resultado do aumento do comprimento das células que as originam, denominadas fusiformes iniciais. Para a largura das fibras os valores estão em conformidade com aqueles encontrados na literatura (SOUSA JUNIOR, 2004; LIMA et al., 2007; EVANGELISTA, 2010). Segundo Sousa Junior (2004), a largura das células está relacionada, além dos fatores genéticos e ambientais, também com o crescimento sazonal, sendo os maiores aumentos verificados na primavera e verão, quando a árvore produz uma maior quantidade de hormônios. Oliveira (1997), citado por Sousa Junior (2004), verificou que existe uma elevada variação entre as dimensões das fibras, tanto entre espécies, como entre árvores de mesma espécie, bem como entre diferentes partes da árvore. Para o diâmetro dos vasos, foram encontrados valores superiores aos encontrados na literatura (SOUSA JUNIOR, 2004; LIMA et al., 2007; EVANGELISTA et al. 2010) e para frequência dos vasos, os valores encontrados estão em conformidade com Sousa Junior (2004) e Evangelista et al. (2010), e superiores aos encontrados por Lima et al. (2007). Essas diferenças entre diâmetro e frequência dos vasos estão relacionadas com as necessidades da planta e local de plantio, pois, segundo Tomazello (1987), sob o aspecto fisiológico, as alterações no número, diâ-

metro e disposição dos vasos são interpretadas pela necessidade das plantas aumentarem sua capacidade de transporte de água e sais minerais, no sentido ascendente, à medida que se processa o seu crescimento e consequente aumento de suas dimensões.

Penetração de CCA

Na Figura 3 pode ser observada a seção transversal da madeira tratada antes e após a aplicação do cromo-azurol-S. Em todas as 48 toras tratadas com CCA, verificou-se uma regularidade da distribuição do preservativo em toda a área da seção transversal, apresentando uma coloração azul intensa em todo o alburno, obtendo-se uma penetração do tipo profunda e regular, indicando a parte tratável da madeira que recebeu os produtos, tendo assim o resultado desejado, para todas as toras analisadas. A penetração profunda é indicada pela coloração azul intensa desde a periferia da região do alburno até a região de transição cerne/alburno; a penetração regular corresponde a toda região do alburno tratado com CCA tipo C, sem nenhuma falha. A partir dos resultados observados, verificou-se que a madeira de *Eucalyptus urophylla* não é uma madeira “refratária”, ou seja, apresenta alburno permeável e passível de recebimento de soluções preservativas.

Os resultados confirmaram a eficiência do método e dos produtos utilizados com a parte permeável da madeira correspondendo principalmente à área do alburno. Borges (2008), utilizando a

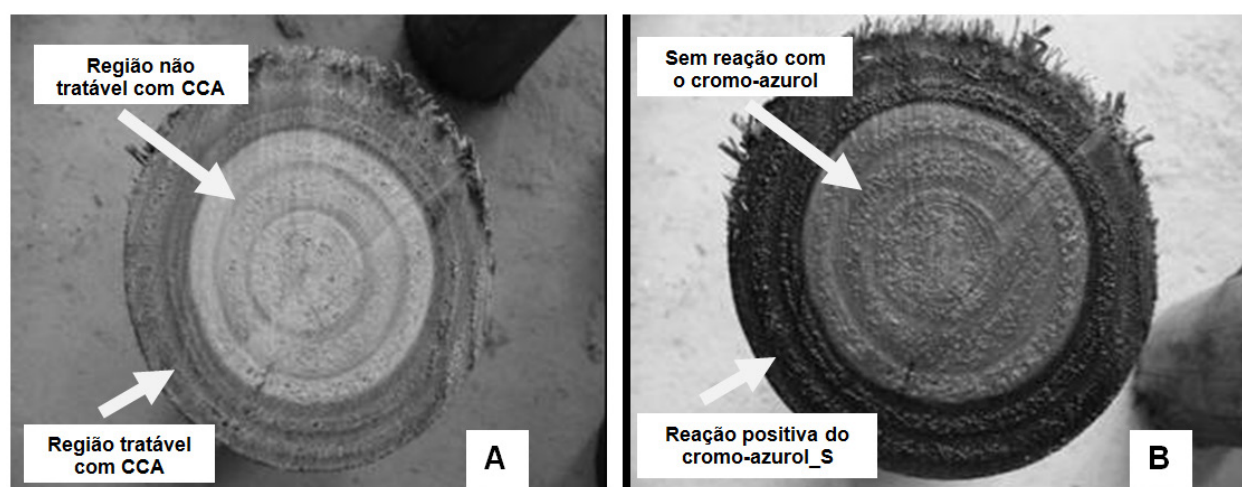


FIGURA 3: Teste de penetração do produto na madeira, através da aplicação de cromo-azurol-S (Figura 3A: madeira tratada sem aplicação do cromo-azurol-S; Figura 3B: madeira tratada após aplicação do cromo-azurol-S).

FIGURE 3: Penetration testing product in the timber, through the application of cromo-azurol-S (Figure 3A: wood treated without application of cromo-azurol-S; Figure 3B: treated wood after application of cromo-azurol-S).

TABELA 8: Coeficiente de correlação entre diversas propriedades da madeira de *Eucalyptus urophylla* e a retenção de produtos preservativos.

TABLE 8: Coefficient of correlation between various properties of *Eucalyptus urophylla* and the retention of condom products.

Parâmetros	Clone 0182		Clone 0296	
	1 ^a Rotação	2 ^a Rotação	1 ^a Rotação	2 ^a Rotação
Diâmetro da tora	ns	ns	ns	ns
% Alburno	ns	ns	ns	ns
% Cerne	ns	ns	ns	ns
Relação cerne/alburno	ns	ns	ns	ns
Massa específica	ns	ns	ns	ns
Comprimento das fibras	ns	ns	ns	ns
Largura das Fibras	ns	ns	ns	s = -0,65*
Diâmetro do lume das fibras	ns	ns	ns	ns
Espessura das fibras	ns	ns	ns	ns
Diâmetro dos vasos	ns	ns	ns	ns
Frequência dos vasos	ns	ns	ns	ns

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

mesma metodologia para avaliação da penetração do produto preservativo, em cruzetas de *Corymbia citriodora*, verificou boa penetração do produto preservativo na madeira.

Na seção correspondente ao cerne, não ocorreu 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 e GARRATT, 1953), sendo tais alterações acompanhadas pela morte das células lenhosas, acúmulo de substâncias e, ocasionalmente, desenvolvimento de tilos nos vasos (REIMÃO, 1972; PANSIN e DE

ZEEUW, 1980; SANTINI, 1988).

Correlação entre parâmetros analisados neste trabalho

Somente a largura das fibras da madeira de segunda rotação do clone 0296 apresentou correlação significativa com a retenção. Apesar do conhecimento da influência das propriedades da madeira sobre o seu tratamento preservativo, em geral não são observadas correlações estatísticas dessas propriedades com a retenção de produtos.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesse trabalho, pode-se concluir que:

a) A madeira de segunda rotação de ambos os híbridos de *Eucalyptus urophylla* apresentou maior diâmetro, porcentagem de cerne e relação cerne/alburno;

b) As características aqui estudadas para madeiras de primeira e segunda rotação são estatisticamente iguais, exceto para diâmetro do lume e espessura da parede das fibras;

c) Não existem restrições quanto ao aproveitamento das madeiras de primeira e segunda rotação para tratamento preservativo, tomando-se como base as propriedades da madeira avaliadas, bem como os parâmetros de tratamento da madeira;

d) A madeira de *Eucalyptus urophylla* mostrou-se ser de fácil tratamento e penetração de produtos;

e) O processo e o produto utilizados no tratamento preservativo da madeira foram eficientes dentro das condições exigidas pela norma NBR 9480.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro ao trabalho, a Aperam Bioenergia Ltda., pela doação da madeira, e à Montana Química S/A.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

- TÉCNICAS. Moirões de madeira preservada para cercas:** norma NBR-9480. Rio de Janeiro, 1986. 18 p.
- BORGES, C. C. **Potencialidade do uso de cruzetas de madeira tratada.** Curitiba, 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- 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.
- 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, v. 27, n. 6, p. 845-853, 2003.
- DADSWELL, H. E. The anatomy of eucalypt wood. **Forest Products Laboratory**, Melbourne, n. 66, p. 1-28. 1972.
- EVANGELISTA, W.V. et al. Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 273-284, jun. 2010.
- FERRARI, M. P.; FERRARI, C. A.; SILVA, H. D. Condução de plantios de *Eucalyptus* em sistema de talhadia. **Embrapa Floresta**, Colombo, 28 p., 2005. (Documentos /Embrapa Florestas).
- 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.
- GONÇALES, F. G. et al. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, mar./abr. 2009.
- HUNT, G.M.; GARRATT, G.A. **Wood preservation** 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1953. 417 p.
- 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.
- LIMA, C. K. P. et al. 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.
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4th ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722 p.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.
- R Development Core Team (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- REIMÃO, D. S. C. **Impregnação de madeiras pelo processo de ascensão de soluções salinas.** Nova Lisboa: Instituto de Investigação Agronômica de Angola, 1972. 18 p. (Série Técnica, 28).
- SANTINI, E. J. **Biodeterioração e preservação da madeira.** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1988. 125 p.
- 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, 2004.
- 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 em estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenioides*. Piracicaba, **IPEF**, n. 36, p. 35-42, ago. 1987.