

AVALIAÇÃO DE PRODUTOS PARA IMPERMEABILIZAÇÃO DA MADEIRA

Aline Maria Faria Cerchiari¹, Maristela Gava², José Nivaldo Garcia³

RESUMO: Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a absorção de água, com o tempo de imersão, por corpos-de-prova de madeira de *Eucalyptus* sp. tratados com produtos impermeabilizantes. Foram utilizados 33 corpos-de-prova cúbicos de (3 x 3 x 3) cm, obtidos nas direções axial, radial e tangencial às fibras da madeira. Foram tomadas 3 repetições nos 11 tratamentos que compreenderam a testemunha (T, sem impermeabilizante), seladora nitrocelulose, 1, 2 e 3 demãos (S1, S2, S3); impermeabilizante para placa cimentícia Adespec, 1, 2 e 3 demãos (I1, I2, I3); fundo preparador para placa cimentícia Adespec, 1, 2 e 3 demãos (F1, F2, F3) e cera (C). A absorção de água foi avaliada pela variação de massa dos corpos-de-prova, utilizando-se o método gravimétrico nos tempos 45 minutos, 24 horas, 168 horas e 241 horas e 45 minutos de imersão em água. Na análise estatística, inteiramente casualizada segundo o esquema fatorial 11x4, observaram-se diferenças significativas entre tratamentos impermeabilizantes e tempo de imersão, permitindo concluir que o tratamento F3 foi o mais eficiente. Os tratamentos F2, S2, S3, I2 e I3 também foram considerados aptos para esse tipo de aplicação, mas foram significativamente menos eficientes. Os tratamentos S1, I1, F1, C e T não foram diferentes entre si e não foram suficientes para evitar a absorção de grande quantidade de água pela madeira. A interação tratamento x tempo foi significativa, indicando que os tratamentos apresentaram respostas diferentes ao longo do tempo. Os tratamentos foram iguais para os menores tempos de imersão testados, mas as diferenças entre eles se acentuaram com o decorrer do tempo.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, impermeabilizante, absorção de água, imersão.

EVALUATION OF PRODUCTS FOR WOOD WATERPROOFING

ABSTRACT: The objective of this work was to study the water absorption through time by specimens of *Eucalyptus* sp., treated with waterproofing products. The study was done in 33 cubics (3 x 3 x 3cm) specimens obtained in the axial, radial and tangential directions. Three replications were taken from 11 treatments: control (T, no sealer); nitrocellulose sealer 1, 2 and 3 layers (S1, S2, S3); waterproofing for cementitious board Adespec 1, 2 and 3 layers (I1, I2, I3); primer for cementitious board Adespec 1, 2 and 3 layers (F1, F2, F3) and wax (C). Water absorption was evaluated by specimens mass changing through gravimetric method at the times 45 min, 24 h, 168 h and 241 h: 45 min of water immersion. The statistical analysis, by completely random factorial 11x4, showed significant differences among treatments of waterproofing and among immersion time allowing to conclude that the treatment F3 was the most efficient. Treatments F2, S2, S3, I2 and I3 were also considered suitable for this application, but were significantly less efficient. Treatments S1, I1, F1, C and T were not different from each other and were not sufficient to prevent the absorption of large amounts of water by the wood. The treatment x time interaction was significant indicating that the treatments had different responses over time. The effects of the treatments were the same for short immersion time, but the differences among them increased along the time.

Key words: *Eucalyptus*, waterproofing, water absorption, immersion.

1 INTRODUÇÃO

A árvore, quando viva, contém um determinado teor de água que possibilita o transporte e o armazenamento de compostos essenciais à formação de sua estrutura tridimensional, conhecida como umidade natural da madeira (LOPES, 2000; LOPES; GARCIA, 2002). Após a derrubada da árvore, a madeira começa, imediatamente, a perder água, em princípio pela evaporação da chamada água livre ou água de capilaridade, localizada nos vasos, canais e lumes

das células, até atingir o ponto de saturação das fibras (PSF), geralmente contido no intervalo de 20% a 30% de umidade. A partir daí, permanecem na madeira apenas as moléculas de água localizadas no interior das paredes celulares, que compõem a denominada água de impregnação ou água de adesão (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968). A evaporação dessa água se processa de forma mais lenta, até atingir a umidade de equilíbrio higroscópico (UEH), definida por Peña e Peris (2000) como o percentual de umidade que a madeira atingiria ao longo do tempo,

¹Engenheira Química, pesquisadora do Laboratório de Engenharia e Máquinas para Madeira – LEM – Departamento de Ciências Florestais/LCF – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo – ESALQ/USP – Cx. P. 9 – 13418-900 – Piracicaba, SP – alinem_faria@yahoo.com.br

²Arquiteta Urbanista, Professora Dra. em Recursos Florestais – Departamento de Engenharia Rural/DER – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – FCAV/UNESP – Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellani, s/n – 14884-900 – Jaboticabal, SP – marihgava@gmail.com

³Engenheiro Florestal e Engenheiro Civil, Professor Dr. em Engenharia de Estruturas – Departamento de Ciências Florestais/LCF – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo – ESALQ/USP – Cx. P. 9 – 13418-900 – Piracicaba, SP – jngarcia@esalq.usp.br

submetida às condições de temperatura e umidade relativa do ambiente.

Por ser um material altamente higroscópico, a madeira está sujeita a constantes trocas de umidade com o ambiente, de modo que a UEH varia, em função das condições do ambiente e da espécie considerada. Conforme perde ou ganha umidade, a madeira retrai ou incha e, em função das tensões internas geradas, surge uma série de defeitos, como rachaduras e empenamentos, que podem inviabilizar seu uso ou prejudicar o funcionamento dos artefatos compostos por peças de madeira, como, por exemplo, as esquadrias e as peças estruturais de uma edificação. Em condições de umidade, a madeira está sujeita ao ataque de fungos xilófagos, que causam seu apodrecimento.

As alternativas correntes para controlar os efeitos da variação dimensional consequente da variação do teor de umidade da madeira compreendem métodos essencialmente mecânicos, como a superposição de camadas finas orientadas ortogonalmente entre si (chapas compensadas) e métodos químicos impermeabilizantes com a utilização de produtos compostos de resinas naturais ou sintéticas, como tintas, vernizes, seladoras e ceras, além de soluções ou emulsões hidrorrepelentes ou hidrofugantes.

As resinas naturais, como a nitrocelulósica, por exemplo, são monocomponentes e sua cura ocorre pela evaporação do solvente. São consideradas reversíveis, pois podem retornar ao estado líquido depois de curadas. A seladora nitrocelulose, comumente utilizada em marcenaria para acabamento de móveis, é um preparado à base de solventes aromáticos, álcoois, éster, éter glicólico, resina alquídica e nitrocelulose. É um produto tóxico, inflamável, insolúvel em água, incolor e com odor característico. As resinas sintéticas como a poliuretânica (PU) e a poliéster são formadas por dois componentes que reagem entre si, dos quais um contém grupos reativos (catalisador). A cura ocorre pela evaporação do solvente e pela reação química entre os componentes e é irreversível. Possuem a desvantagem de serem produtos tóxicos, caros e exigirem mão-de-obra especializada para aplicação (SOUZA, 2007).

As ceras em pasta são utilizadas com o objetivo de proteger e lustrear a madeira. É um produto à base de solventes, parafinas e algumas ceras naturais e sintéticas. Devido às suas características físico-químicas, são consideradas polimentáveis, ou seja, não têm brilho próprio, necessitando que se efetue o polimento após seca para

que o brilho possa realçar na superfície aplicada (DUPAR, 2010).

Apesar de serem amplamente utilizados na indústria mobiliária e considerados de excelente desempenho na proteção da madeira, alguns desses produtos utilizam como solventes substâncias orgânicas voláteis tóxicas (*volatile organic compounds* ou VOC), cujo emprego sofre restrições governamentais em vários países. Produtos menos nocivos à saúde e ambientalmente mais amigáveis têm sido desenvolvidos, mas foram encontrados poucos relatos científicos a respeito de testes que demonstrem sua eficiência, quando utilizados como impermeabilizantes para a madeira.

Nogueira et al. (2002) testaram a capacidade de impregnação da madeira de figueira branca (*Ficus monckii*) com resina natural de jatobá (*Hymenaea courbaril*), por meio de ensaios de estabilidade dimensional e verificaram que a madeira impregnada apresentou menores valores de retração e inchamento, concluindo que a resina de jatobá pode ser utilizada como alternativa de impermeabilização da madeira, utilizando-se produtos naturais. Porém, como toda resina, a resina natural de jatobá não é solúvel em água.

Em outros trabalhos encontrados há relatos de testes realizados com o objetivo de verificar nessas produtos propriedades de acabamento para madeira, como no trabalho de Souza (2007), que verificou a aderência do verniz nitrocelulose, verniz poliuretano, tingidor com complemento de verniz poliuretano e cera de carnaúba em corpos-de-prova de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnn e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Esta autora concluiu que a aderência foi satisfatória quando utilizados produtos sintéticos, tendo o clone de *E. camaldulensis* apresentado melhor desempenho na aplicação dos vernizes e o clone de *E. urophylla* na aplicação do tingidor. Em relação à cera de carnaúba, não foram encontrados resultados satisfatórios, segundo a autora.

Tendo em vista os poucos relatos encontrados, este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a absorção de água ao longo do tempo por corpos-de-prova de madeira de *Eucalyptus* sp., submetidos a dois tratamentos impermeabilizantes comumente utilizados pela indústria moveleira, a seladora nitrocelulose e a cera em pasta, e dois outros tratamentos ainda não testados, o fundo preparador para placa cimentícia e impermeabilizante para placa cimentícia, ambos fabricados pela empresa ADESPEC.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 33 corpos-de-prova cúbicos de (3 x 3 x 3) cm de *Eucalyptus sp.*, serrado nas direções axial, radial e tangencial às fibras da madeira e obtidos de forma aleatória em lotes existentes no Laboratório de Engenharia e Máquinas para Madeira (LEM) e nos quais testaram-se quatro impermeabilizantes (Figura 1): (i) fundo preparador para placa cimentícia Adespec, (ii) seladora nitrocelulose, (iii) impermeabilizante para placa cimentícia Adespec e (iv) cera em pasta.

De acordo com o fabricante, o fundo preparador para placa cimentícia é um composto monocomponente à base de elastômeros de alto desempenho, desenvolvido para aumentar a eficiência do tratamento das juntas de placas cimentícias, podendo ser utilizado como adesivo e também como impermeabilizante (ADESPEC ADESIVOS ESPECIAIS, 2009a). Dentre as suas características, destacam-se o fato de ser resistente à umidade após a cura, inodoro, não inflamável e resistente à intempérie. Já

o impermeabilizante para placa cimentícia foi desenvolvido para o tratamento de placas cimentícias, com o objetivo de reduzir suas variações dimensionais, devido às trocas de umidade com o ambiente. É composto por elastômeros, emulsificantes, coalescentes, plastificantes, tensoativos e água (ADESPEC ADESIVOS ESPECIAIS, 2009b). Tanto o fundo preparador como o impermeabilizante para placa cimentícia ADESPEC são solúveis em água.

Os impermeabilizantes foram aplicados por pincelamento, exceto a cera, que foi aplicada com um pano. Após a secagem completa segundo os tempos mínimos recomendados pelos fabricantes, os corpos-de-prova foram imersos em água. A análise da absorção de água foi feita pelo estudo do teor de massa de água absorvido pelos corpos-de-prova, utilizando-se o método gravimétrico. Os corpos-de-prova foram pesados numa balança digital com precisão de 0,01 g e medidos nas direções radial, tangencial e longitudinal, antes e depois da aplicação dos impermeabilizantes. As pesagens ocorreram, inicialmente,

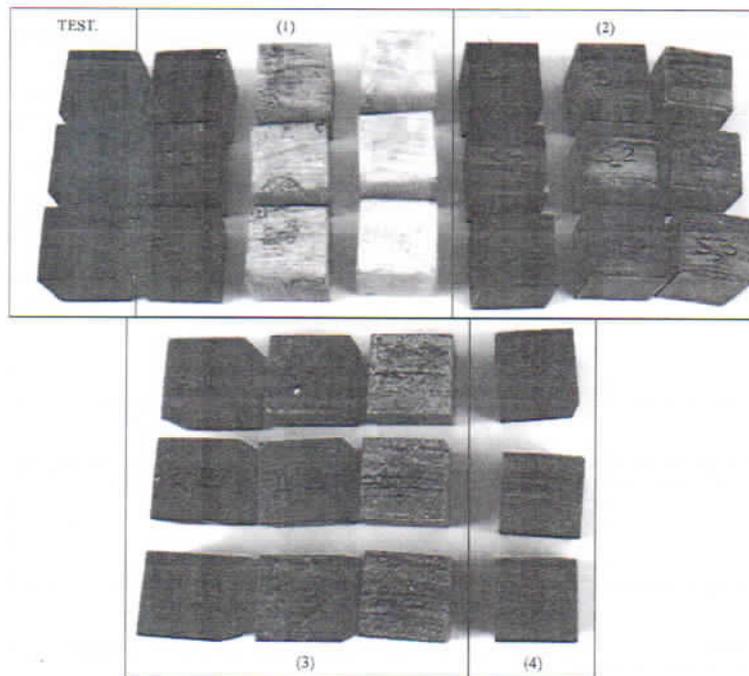


Figura 1 – Corpos-de-prova utilizados no teste de impermeabilização: testemunhas (TEST.); fundo preparador para placa cimentícia Adespec (1); seladora nitrocelulose (2); impermeabilizante para placa cimentícia Adespec (3) e cera em pasta (4).

Figure 1 – Specimens used in waterproofing test: control (T, no sealer), primer for cementitious board Adespec (1); nitrocellulose sealer (2), waterproofing cementitious board Adespec (3) and wax (4).

após 45 minutos de imersão e depois a cada hora, nas primeiras 4 horas e, em seguida, a cada 24 horas. O ensaio foi considerado finalizado com a estabilização do tratamento que absorveu umidade mais lentamente, dada pela diferença de 0,5% entre duas leituras consecutivas de massa. O teor de massa de água absorvido foi calculado segundo a Equação 1, para os instantes T1=45min; T2=24h; T3=168h e T4=241h45min de imersão na água.

$$T_{H_2O} = \frac{m_f - m_i}{m_i} \times 100 \quad (1)$$

T_{H_2O} = teor de água absorvido (%);

m_f = massa final do corpo-de-prova no instante analisado (g);

m_i = massa inicial, considerada a massa do corpo-de-prova à umidade de equilíbrio, após a aplicação do selante (g).

O delineamento estatístico escolhido foi o inteiramente casualizado, com 3 repetições e 11 tratamentos para cada instante avaliado: sem impermeabilizante (testemunha) (T); seladora nitrocelulose, com 1, 2 ou 3 demãos (S1; S2 e S3); impermeabilizante para placa cimentícia Adespec, com 1, 2 ou 3 demãos (I1; I2 e I3); fundo preparador para placa cimentícia Adespec, com 1, 2 e 3 demãos (F1; F2 e F3) e cera em pasta (C). Empregou-se o teste de Hartley para verificar a homogeneidade de variância e o teste F para análise de variância, segundo o esquema fatorial 11x4 (tratamento impermeabilizante x tempo de imersão). Foi aplicado o teste de Tukey, sempre que observadas diferenças significativas no teste F, para algum tratamento.

A eficácia do impermeabilizante também foi avaliada pelo estudo da variação da taxa de absorção de água (TA_{H_2O}) ao longo do tempo, dada pela massa de água absorvida por hora de imersão, calculada de acordo com a Equação 2, para todos os instantes de medição.

$$TA_{H_2O} = \frac{m_f - m_i}{t_f - t_i} \quad (2)$$

TA_{H_2O} = taxa de absorção de água (g/h);

m_f = massa final do corpo-de-prova no instante analisado (g);

m_i = massa inicial, considerada a massa do corpo-de-prova à umidade de equilíbrio, após a aplicação do selante (g);

t_f = instante final (h);

t_i = instante inicial (h).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou diferenças significativas entre os tratamentos e na interação entre tratamento e tempo de imersão, significando que os tratamentos apresentaram respostas diferentes ao longo do tempo.

Verificou-se que a impermeabilização com o fundo preparador para placa cimentícia Adespec, com três demãos (F3), foi o tratamento mais eficiente, enquanto os tratamentos com cera (C), fundo preparador para placa cimentícia Adespec com uma demão (F1) e o impermeabilizante para placa cimentícia Adespec com uma demão (I1), foram os menos eficientes e não contribuíram para evitar a absorção de grande quantidade de água pela madeira.

De acordo com o gráfico da Figura 2, observa-se que, nos tratamentos F1, I1 e C, a média do teor de massa de água absorvida pelos corpos-de-prova, em todos os intervalos, foi semelhante à média das testemunhas (T). Para o tratamento F3, nos instantes T3 e T4, essa média correspondeu a, aproximadamente, 17% da média das testemunhas. O tratamento S1, embora um pouco mais eficiente do que a testemunha, apresentou absorção média de 74% da média da testemunha. Os tratamentos S2, S3, F2, I2 e I3 apresentaram respostas semelhantes, podendo ser agrupados como impermeabilizantes de média eficiência e considerados aptos para aplicação na madeira. A média do teor de água absorvido pelos corpos-de-prova nesses tratamentos variou entre 36% e 53% da média das testemunhas no instante T3 e entre 42% e 58%, no instante T4.

A análise estatística mostrou também que, no primeiro instante de medição, todos os corpos-de-prova absorveram praticamente a mesma massa de água, mas, ao longo do tempo, as diferenças entre os tratamentos foram se acentuando. Observa-se, no gráfico da Figura 3, pela inclinação das retas nos intervalos de tempo, que, até as primeiras 24 horas de imersão, os tratamentos F3, F2, S3, I3, I2 e S2 apresentaram respostas semelhantes, o que foi confirmado pela análise estatística, visto que, para o tempo T2, tais tratamentos não apresentaram diferenças significativas, a 5% de probabilidade. A partir daí, o tratamento F3 se destacou como o mais eficiente, visto que a absorção de massa de água foi menor. Já os tratamentos F1, T, C e I1 não apresentaram diferenças estatísticas nos quatro instantes avaliados, assim como os tratamentos F2, S2, S3, I2 e I3, que também podem ser reunidos em um mesmo grupo. O tratamento S1, embora aparentemente destacado dos demais, pode ser classificado no mesmo grupo dos tratamentos F1, T, C e I1.

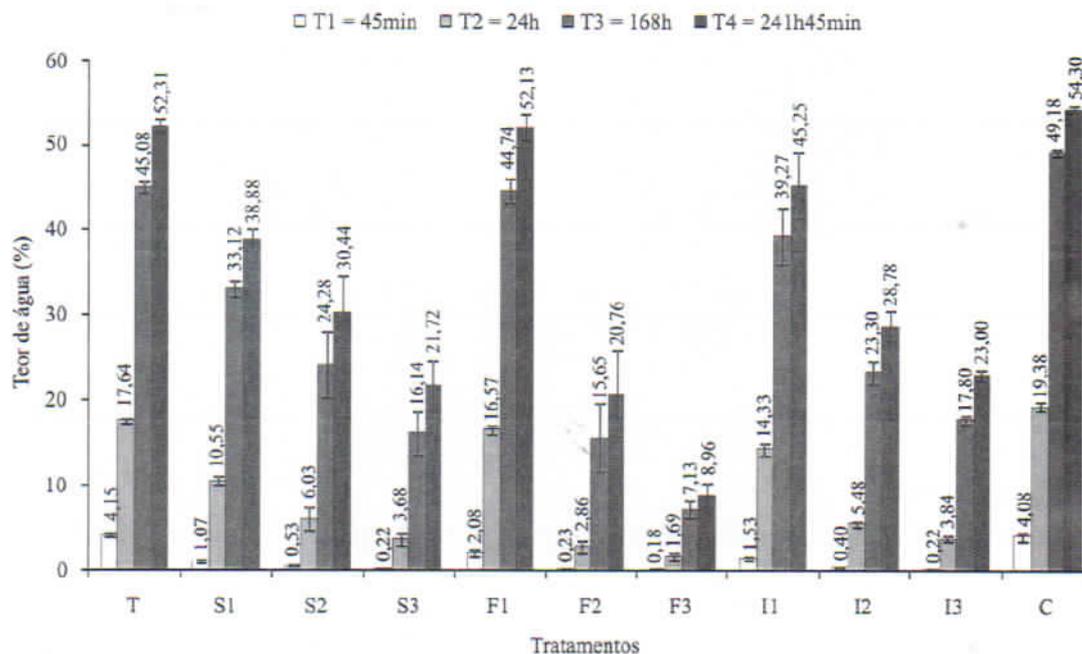


Figura 2 – Massa de água absorvida pelos corpos-de-prova, segundo o tratamento e o tempo de imersão.

Figure 2 – Mass of water absorbed by the specimens according to treatment and immersion time.

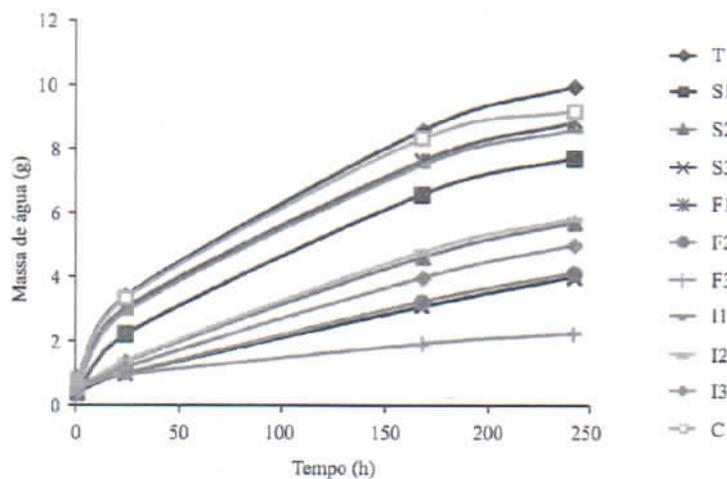


Figura 3 – Variação da absorção de massa de água nos intervalos de tempo analisados.

Figure 3 – Variation in mass of water absorption at time intervals.

Na análise da taxa de absorção de água (TA_{H_2O}) (Figura 4), observou-se que, nos tratamentos T e C, houve rápida absorção de água, nos 45 minutos iniciais. Logo em seguida, essa taxa decresceu e a absorção de água se

processou de forma mais lenta. Já nos corpos-de-prova submetidos aos tratamentos com seladora (S), impermeabilizante para placa cimentícia Adespec (I) e fundo preparador para placa cimentícia Adespec (F), esse

comportamento só foi observado nos corpos-de-prova que receberam apenas uma demão. Nos corpos-de-prova que receberam duas e três demãos, a taxa de absorção de água manteve-se mais constante, tendo a absorção ocorrido de forma mais lenta, o que já demonstra

maior eficiência desses impermeabilizantes. Nas horas seguintes, as taxas de absorção de água pelos corpos-de-prova foram mínimas, variando entre 0 e 0,2g/h, em todos os tratamentos, como pode ser observado na Figura 5.

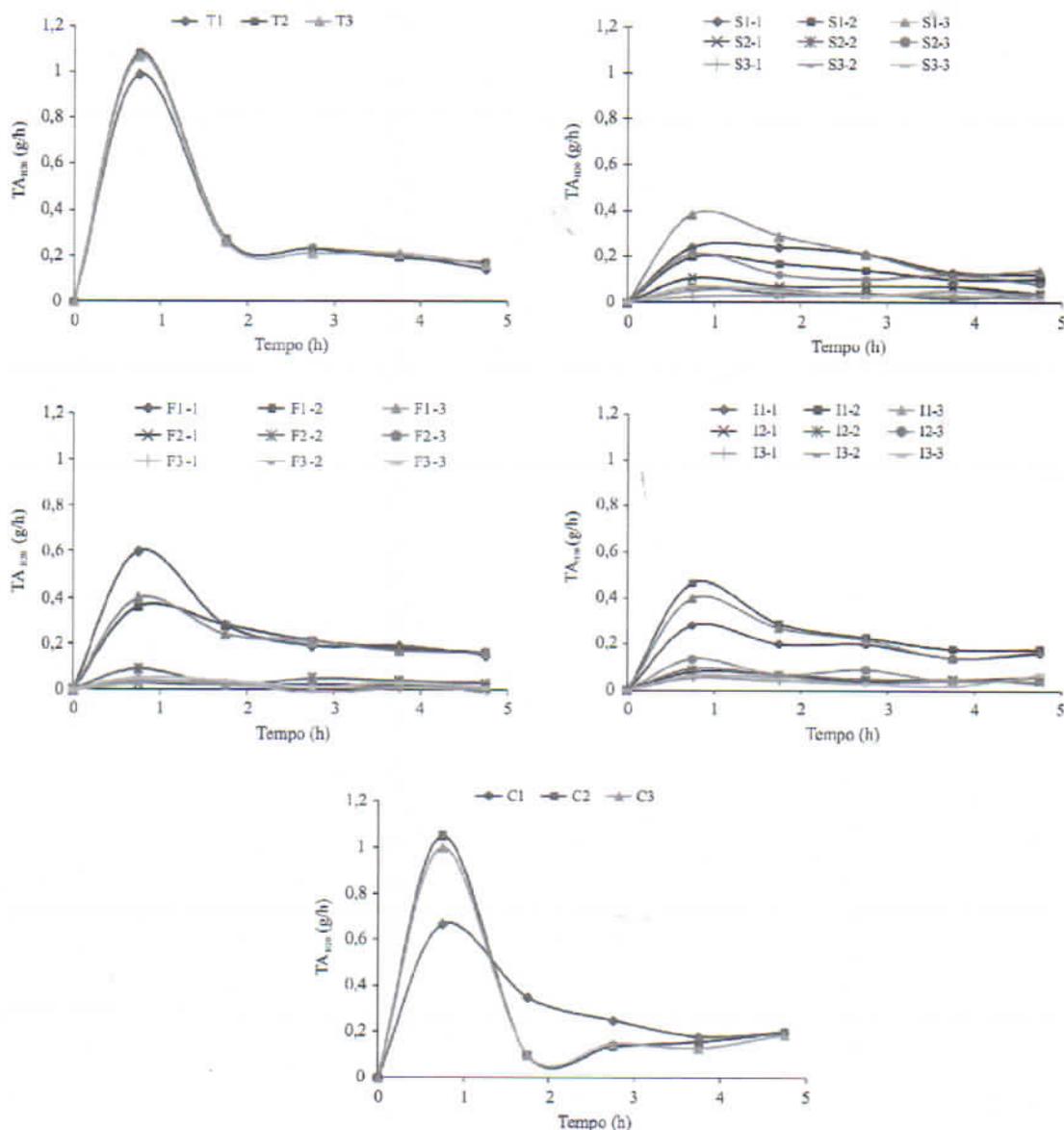


Figura 4 – Taxa de absorção de água (TA_{H_2O}), no início e até 4h45min do ensaio de imersão completa.

Figure 4 – Water absorption rate (TA_{H_2O}), from the beginning to 04:45 hours of the full immersion test.

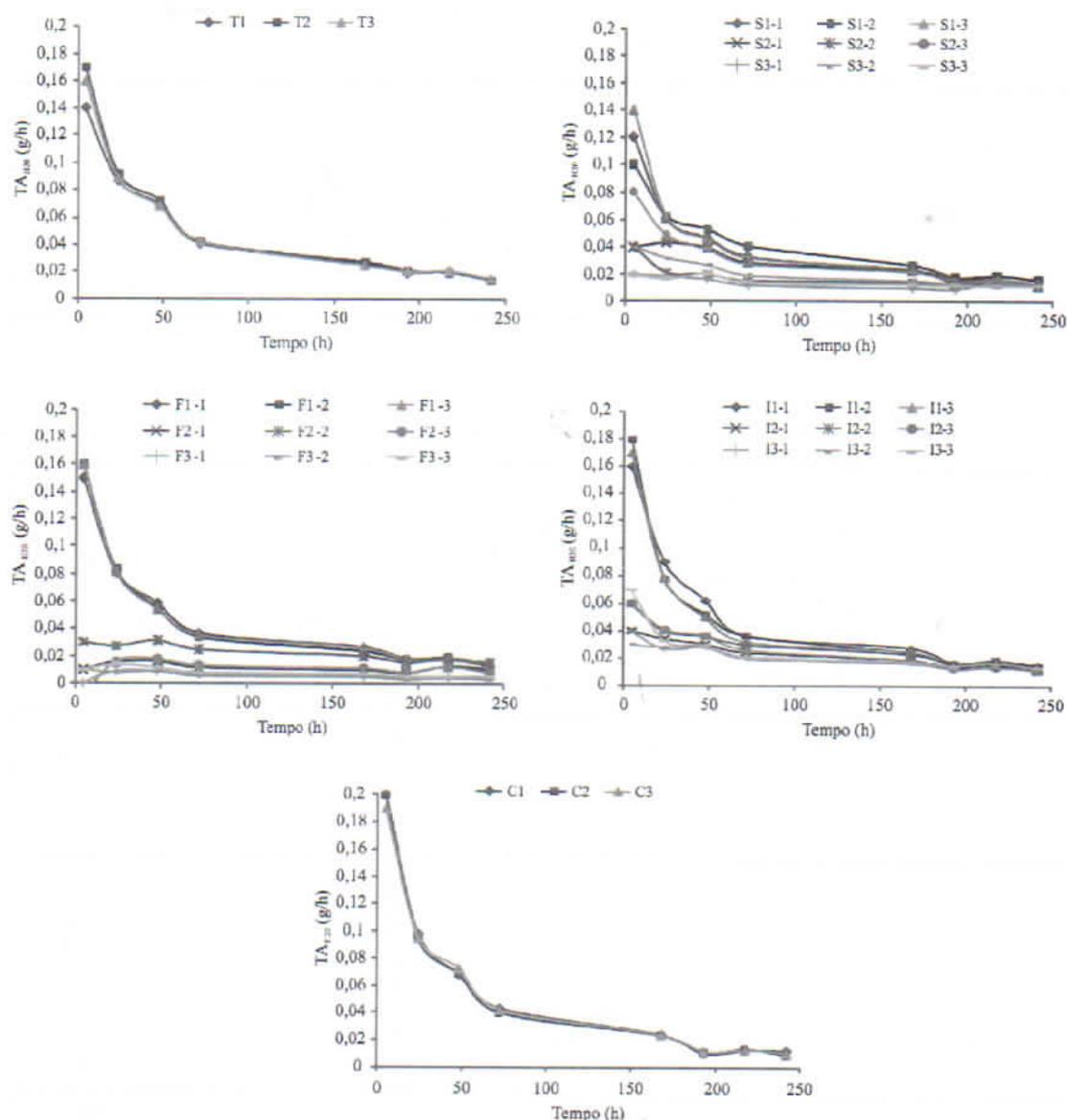


Figura 5 – Taxa de absorção de água (TA_{H_2O}) no intervalo entre 4h45min e 24h45min de imersão completa.

Figure 5 – Water absorption rate (TA_{H_2O}), between 04:45 and 24:45 hours of the full immersion test.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com o teste de impermeabilização de corpos-de-prova de *Eucalyptus* sp. possibilitaram concluir que, dentre os impermeabilizantes testados, o fundo preparador para placa cimentícia Adespec é o mais eficiente, mas são necessárias, no mínimo, duas

demãos do produto, para garantir o desempenho adequado.

A impermeabilização com seladora nitrocelulose e com o impermeabilizante para placa cimentícia Adespec pode ser utilizada também para a impermeabilização da madeira, com boa eficiência, desde que aplicados em duas ou três demãos.

Os tratamentos com cera e com uma só demão de impermeabilizante não são suficientes para evitar a absorção de água pela madeira. No caso da seladora, do impermeabilizante e do fundo preparador, a aplicação de uma só demão, por pincelamento, não é suficiente para cobrir a superfície da madeira de forma homogênea. É possível também que parte do impermeabilizante aplicado na primeira demão tenha sido absorvido pela madeira e, assim, nos corpos-de-prova que receberam mais de uma demão, as camadas subsequentes de impermeabilizante puderam compensar as eventuais falhas ocorridas na primeira camada.

5 AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

6 REFERÊNCIAS

- ADESPEC ADESIVOS ESPECIAIS. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos:** fundo preparador. São Paulo, 2009a. Disponível em: <<http://www.adespec.com.br/produtos/FISPQ/Fundo%20Preparador.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2010.
- ADESPEC ADESIVOS ESPECIAIS. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos:** selante impermeabilizante. São Paulo, 2009b. Disponível em: <<http://www.adespec.com.br/produtos/FISPQ/Selante%20Impermeabilizante.pdf>>. Acesso em: 23 de março de 2010.
- COUTINHO, F. M. B.; DELPECH, M. C. Poliuretanos como materiais de revestimento de superfície. **Polímeros: ciência e tecnologia**, São Carlos, v. 9, n. 1/2, p. 41-48, jan./mar. 1999.
- DUPAR. **Ceras em pasta**. Lages, 2010. Disponível em: <<http://www.dupar.com.br/produtos/empasta.html>>. Acesso em: 22 mar. 2010.
- KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592p.
- LOPES, G. A. **Qualidade da Madeira de *Eucalyptus saligna* smith, de Itatinga, associada aos padrões de casca apresentados pela população**. 2000. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.
- LOPES, G. A.; GARCIA, J. N. Densidade básica e umidade natural da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associadas aos padrões de casca apresentados pela população. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p.13-23, dez. 2002.
- NOGUEIRA, J. S.; LAHR, F. A. R.; PRIANTE FILHO, N.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Impregnação com resina natural na figueira branca como forma alternativa de impermeabilização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 321-324, 2002.
- PEÑA, S. V.; PERIS, F. J. J. **Tecnología de la madera**. Madrid: Mundi-prensa, 2000.
- SOUZA, M. O. A. **Madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnn e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake visando seu uso na indústria moveleira**. 2007. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.