

RESISTÊNCIA DA MADEIRA TRATADA DE *Pinus elliottii* EM ENSAIO DE APODRECIMENTO ACELERADO

PAULA ZANATTA¹; DARCI ALBERTO GATTO²; MARÍLIA LAZAROTTO²; MÁRIO LÚCIO MOREIRA³

¹Universidade Federal de Pelotas – zanatta_paula@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – darcigatto@yahoo.com

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul – lilalazarotto@yahoo.com.br

³Universidade Federal de Pelotas – mlucio3001@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Por a madeira ser um material de origem orgânica, está propensa a deterioração causada por agentes degradadores, como os fungos. Nesse sentido pode apresentar limitações quanto à sua aplicação, principalmente quando em seu estado natural. Esse fator desfavorável pode induzir a substituição da madeira por outros materiais, nem sempre mais econômicos, de melhor qualidade e/ou de produção sustentável.

Visando melhorar a durabilidade natural da madeira ao ataque de agentes degradadores e agregar valor para o material, novas técnicas e processos foram e estão sendo estudados e desenvolvidos atualmente. Para encontrar soluções que buscam melhorar esta propriedade, toda atenção está voltada à métodos que propiciem um menor impacto ambiental (BRAND et al., 2006), visto que os produtos comerciais mais utilizados na indústria para tratar a madeira contém produtos altamente tóxicos, como por exemplo, CCA (a base de cobre, cromo e arsênio) e CCB (a base de cobre, cromo e boro), e por isso vêm passando por restrições.

Nesse sentido, visando novas alternativas que causem menor impacto e melhore a qualidade das propriedades tecnológicas da madeira, ressalta-se o amplo desenvolvimento de técnicas e métodos relacionados à nanotecnologia, neste caso, a pós-cerâmicos em escala nanométrica (SALLA et al., 2012; FILPO et al., 2013; MAHR et al., 2013; FUFA et al., 2013).

Entre as cerâmicas com grande utilização mercantil e científica cita-se o dióxido de titânio (TiO_2), recentemente explorada nesta linha de pesquisa, que se caracteriza por ser estável, ter baixa toxicidade, ter ação bactericida e fungicida, bem como possível viabilidade econômica (HUANG et al., 2000; FILPO et al., 2013; GHARAGOZLOU e BAYATI, 2015;).

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é verificar a resistência da madeira de *Pinus elliottii* tratada com TiO_2 e CCB em ensaio de apodrecimento acelerado.

2. METODOLOGIA

2.1 Impregnação do TiO_2 e CCB na madeira de *Pinus elliottii*

Preparou-se uma solução impregnante com água destilada em uma concentração de aproximadamente 700 $\mu\text{g/ml}$ de TiO_2 , o qual foi produzido pelo método hidrotermal assistido por microondas. Para o CCB, fez-se uma solução com 3,5% de ingredientes ativos, composta por sulfato de cobre (26%), dicromato de sódio (63,5%) e ácido bórico (10,5%) também em água destilada.

Para o tratamento da madeira os corpos de prova foram tratados dentro de uma autoclave, recebendo vácuo inicial de 600 a 700 mmHg por 30 minutos, pressão de 8 bar com solução impregnante por 1 hora e 30 minutos e vácuo final de 15 minutos.

Após o tratamento realizado, as amostras foram colocadas em câmara climatizada (20°C e 65% de umidade) para estabilização do teor de umidade a 12%.

2.2 Ensaio de apodrecimento acelerado

Para o ensaio de apodrecimento acelerado, utilizou-se uma colônia do fungo de podridão-branca *Ganoderma applanatum*, o qual foi realizado conforme a norma ASTM (2005).

Para isso, foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 0,9 x 2,5 x 2,5 cm. Preparou-se frascos com 100 gramas de solo com pH 6,0 e capacidade de retenção de água de 40%. Após a determinação do teor de umidade do solo, ajustou-se para 130% de sua capacidade de retenção. Cada frasco recebeu uma placa suporte com alburno da espécie *Pinus elliottii*, para o estabelecimento inicial da colônia fúngica. Posteriormente, os frascos foram auto-clavados duas vezes, a 120°C com pressão de 1 atm, por 40 minutos.

Amostras da colônia de fungo crescida em meio BOD foram transferidas assepticamente para os frascos com solo e placa suporte e permaneceram por um período de 30 dias.

As amostras tratadas e não tratadas foram secas em estufa a uma temperatura de 50°C até peso constante e auto-clavadas por 1 h a 120°C. Após este procedimento, foram introduzidos nos frascos e postos em contato com a placa suporte completamente colonizada pelo fungo, permanecendo nessa condição por um período de 16 semanas, sem luminosidade.

Passado o período destinado ao ataque fúngico, as amostras foram retiradas dos frascos para remoção dos micélios, e novamente postas a secar em estufa para obtenção de suas massas finais. Este dado serviu como base para classificar a madeira quanto a sua resistência ao fungo testado, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de resistência da madeira a fungos xilófagos (ASTM, 2005)

Classe de resistência	Perda de massa (%)	Massa residual (%)
Altamente resistente	0 – 10	90 – 100
Resistente	11 – 24	76 – 89
Resistência moderada	25 – 44	56 – 75
Não-resistente	≥ 45	≤ 55

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaio de apodrecimento acelerado

A madeira de *Pinus elliottii* submetida a diferentes tratamentos, se comportou de maneira distinta quanto a sua resistência referente à perda de massa, após as 16 semanas de ataque fúngico. Os corpos de prova que não receberam nenhum tratamento preservativo obtiveram uma maior deterioração na sua estrutura, apresentando à madeira uma resistência moderada. A madeira com tratamento TiO₂ foi classificada como resistente, embora a média de perda de massa obtida não tenha diferido estatisticamente para os corpos de prova altamente resistentes, como é o caso do CCB utilizado em escala comercial, se mostrando eficaz na proteção contra fungos apodrecedores de podridão-branca, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios para massa específica antes e após ataque, perda de massa e classificação de resistência da madeira de *Pinus elliottii* submetida a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Me antes do ataque	Me após o ataque	Perda de massa (%)	Classificação
1 – TiO ₂	0.6812 a*	0.5905 a*	12.216 b*	Resistente
2 – CCB	0.7018 a	0.6634 a	5.474 b	Altamente resistente
3 – Controle	0.6257 a	0.4604 b	26.532 a	Resistência moderada

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Me: Massa específica em g/cm³.

Segundo alguns autores, a ação fungicida do TiO₂ pode estar relacionada com: um processo fotocatalítico, redução do tamanho dos poros da parede celular da madeira e/ou também por diminuir a capacidade de absorção de umidade da mesma (WEIGENAND et al., 2008; CHEN et al., 2009; FILPO et al., 2013).

Vale salientar que o ensaio de apodrecimento acelerado foi executado sem incidência de luz UV, luz solar ou luz fluorescente, conforme norma. Assim o processo fotocatalítico está excluído neste primeiro ensaio. Esses resultados obtidos, podem ser atribuídos à barreira física que TiO₂ proporcionou entre a madeira e o fungo, pois as enzimas digestivas liberadas por este, não tem capacidade de degradar este composto inorgânico utilizado. Outro fator a ser considerado é a capacidade que o TiO₂ tem de tornar a superfície hidrofóbica, quando ausente de luz (NETO, 2013). Sendo assim, sob condição de escuro, as nanopartículas de TiO₂ diminuem a capacidade de absorção de água do meio, dificultando a colonização fúngica (MAHR et al. 2013), já que estes organismos precisam de umidade para seu desenvolvimento e costumam atacar madeira quando a umidade é superior a 20%.

Ainda, novas amostras foram tratadas e submetidas ao mesmo fungo, permanecendo 12 horas na luz (fluorescente) e 12 horas no escuro, por 16 semanas, simulando uma situação mais próxima do real. Esta adaptação advém do argumento usado por SZCZUPAK, (2011) e FOSTER, et al., (2011) sobre a ação fungicida do TiO₂ estar relacionada com a ação fotocatalítica.

Os resultados oriundos da norma adaptada demonstraram uma perda de massa de 6,5%, após o ataque, mudando a classificação de madeira tratada de resistente para altamente resistente, segundo a ASTM (2005). CHEN et al., (2009) e FILPO et al., (2013) em seus estudos, atribuíram a atividade fotocatalítica do produto como a propriedade que impediu totalmente a colonização fúngica nas amostras.

A redução significativa nos valores médios de perda de massa das amostras tratadas, tanto com CCB quanto com TiO₂, foram visíveis no decorrer do teste de apodrecimento acelerado, quando comparados com o tratamento controle, que demonstrou intenso crescimento micelial do fungo. Portanto, os tratamentos aplicados demonstram eficiência em inibir o ataque de micro-organismos, quando comparados a madeira não tratada. Logo este resultado torna-se mais expressivo, pois vale salientar que a impregnação não ocorreu de forma homogênea. Assim ao otimizar o processo de impregnação estes resultados podem ser ainda melhores.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que todos os tratamentos aplicados proporcionam maior durabilidade à madeira contra fungo de podridão-branca *Gonoderam applanatum*, com presença ou ausência de luminosidade. Quanto ao TiO_2 , a ação fungicida pode ser atribuída a: barreira física que este impõe entre o fungo e a parede celular da madeira e/ou atividade fotocatalítica do óxido, sob luz ultravioleta. Sendo assim, nanocerâmicas, recentemente estudadas nesta linha de pesquisa, podem ser consideradas promissoras para o desenvolvimento de novos tratamentos de madeira que visam melhorias na qualidade das propriedades tecnológicas do material, bem como exijam baixo impacto ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2017**. Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Philadelphia, 2005.

BRAND, M. A.; ANZALDO, J.; MORESCHI, J. C.; Novos Produtos Para o Tratamento Preservante da Madeira. Perspectivas, Pesquisa e Utilização. **Floresta**, v. 36, 2006.

CHEN, F.; YANG, X.; WU, Q. Antifungal capability of TiO_2 coated film on moist Wood. **Building and Environment**. v. 44, p. 1088–1093, 2009.

FILPO, G. De.; PALERMO, A. M.; RACHIELE, F.; NICOLETTA, F. P. Preventing fungal growth in wood by titanium dioxide nanoparticles. **International Biodeterioration & Biodegradation**. v. 85, p. 217–222, 2013.

FOSTER, H. A.; DITTA, I. B.; VARGHESE, S.; STEELE, A. Photocatalytic disinfection using titanium dioxide: spectrum and mechanism of antimicrobial activity. **Appl Microbiol Biotechnol**. v. 90, p. 1847–1868, 2011.

HUANG, Z.; MANESS, P. C.; BLAKE, D. M.; WOIFRIUM, F. J.; SMAI INKSI, S. I.; JACOBY, W. A. Bactericidal mode of titanium dioxide photocatalysis. **Journal of Photochemistry and Photobiology**. v. 3, 2000.

FUFA, S. M.; JELLE, B. P.; HOVDE, P. J. Effects of TiO_2 and clay nanoparticles loading on weathering performance of coated Wood. **Progress in Organic Coatings**. v. 76, 2013.

GHARAGOZLOU, M.; BAYATI, R.; Photocatalytic characteristics of single phase Fe-doped anatase TiO_2 nanoparticles sensitized with vitamin B12. **Materials Research Bulletin**, v. 61, 2015.

MAHR, M. S.; HUBERT, T.; MILITZ, H. Decay protection of wood against brown-rot fungi by titanium alkoxide impregnations. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 77, 2013.

NETO, J. T. S. **Propriedades ópticas e estruturais de filmes finos de TiO_2 produzidos pelo processo sol-gel**. Dissertação (Mestrado), Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SALLA, J.; PANDEY, K. K.; SRINIVAS, K. Improvement of UV resistance of wood surfaces using ZnO nanoparticles. **Polymer Degradation and Stability**. v. 97, 2012.

SZCZUPAKA, A. M.; ULFIG, K.; MORAWSKI, A. W.; The application of titanium dioxide for deactivation of bioparticulates: An overview. **Catalysis Today**. v. 169, p. 249–257, 2011.

WEIGENAND, O.; HUMAR, M.; DANIEL, G.; MILITZ, H.; MAI, C. Decay resistance of wood treated with amino silicon compounds. **Holzforschung**, v. 62, 2008.