

Eficiência do óleo de soja reutilizado enriquecido com iodo na resistência da madeira contra fungos xilófagos

Aline Costa Peçanha¹; Juarez Benigno Paes¹; Victor Fassina Brocco²; Flávia Maria Silva Brito¹; Rodolpho Stephan Santos Braga¹; Glaucileide Ferreira¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Jerônimo Monteiro/ES, Brasil – faengflorestal@gmail.com;

² Universidade Estadual do Amazonas – UEA, Itacoatiara/AM, Brasil.

Resumo: A tecnologia de produtos florestais vem se potencializando com propostas socioeconômicas, que envolvem a sustentabilidade e incentivo aos reflorestamentos. A madeira, como aquelas de *Pinus*, tem baixa durabilidade quando exposta aos fatores externos e a organismos xilófagos, o que causa transtornos ao setor industrial madeireiro. Dessa forma, há a necessidade do uso de substâncias preservativas para sua proteção. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência do óleo de soja reutilizado, enriquecido com iodo, contra fungos xilófagos. Para tanto, foram utilizados diferentes teores de iodo sublimado (0,5%, 1% e 2%) na impregnação da madeira de *Pinus elliottii* e avaliada a resistência aos fungos *Rhodonía placenta*, *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor*. Constatou-se que o óleo de soja inibiu o ataque dos fungos quando comparado às amostras controle, e a solução de óleo com 2% de iodo promoveu o melhor resultado na resistência da madeira de *Pinus elliottii* contra fungos xilófagos.

Palavras-chave: Tratamento da madeira, Óleo vegetal, Ensaio biológico.

Efficiency of reused soybean oil enriched with iodine in the resistance of wood against xylophagous fungi

Abstract: Forest product technology has been enhanced with socioeconomic proposals, which involve sustainability and incentives for reforestation. Wood, like that of Pine, has low durability when exposed to external factors and xylophagous organisms, which causes disruption to the timber industrial sector. Therefore, there is a need to use preservative substances for their protection. Thus, the objective of this work was to verify the efficiency of reused soybean oil, enriched with iodine, against xylophagous fungi. To this end, different levels of sublimated iodine (0.5%, 1% and 2%) were used to impregnate *Pinus elliottii* wood and resistance to the fungi *Rhodonía placenta*, *Gloeophyllum trabeum* and *Trametes versicolor* were evaluated. It was found that soybean oil inhibited fungal attack when compared to control samples, and the oil solution with 2% iodine promoted the best result in the resistance of *Pinus elliottii* wood against xylophagous fungi.

Keywords: Wood treatment, Vegetable oil, Biological testing.

1. INTRODUÇÃO



Engenharia
Industrial
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA MADEIRA

É interessante o uso de óleos e extratos vegetais como produtos para proteger a madeira da ação de agentes deterioradores, como demonstrado em

diversas pesquisas (Paes *et al.*, 2012, Teixeira *et al.*, 2015; Medeiros *et al.*, 2016; Sousa *et al.*, 2019; Brocco *et al.*, 2017; 2020). Há tempos eles são utilizados para proteger madeiras da decomposição causada por fungos e térmitas, bem como para reduzir sua acessibilidade à umidade e não toxidez ao homem e ao ambiente (Yingprasert *et al.*, 2015). Podem ser aplicados diretamente à superfície da madeira, mas também servir para a síntese da matriz de revestimento de base biológica (Calovi; Rossi, 2024).

Como a madeira de pinus possui baixa resistência biológica, ela deve ser impregnada com substância protetora para garantir sua aplicabilidade para os diversos fins a que se destina. Assim torna-se interessante a pesquisa com óleos vegetais para o tratamento da madeira, principalmente com o óleo de soja, por estar entre os mais utilizados e ter baixo custo de obtenção, podendo ser reaproveitado por vários tipos de indústrias, principalmente a alimentícia. Além disso, o iodo possui baixa toxicidade a humanos e meio ambiente (Some *et al.*, 2016), associado à baixa solubilidade em água (Song *et al.*, 2013), que o mantém fixo na madeira. O objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência do óleo de soja reutilizado, enriquecido com iodo, contra fungos xilófagos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção do óleo de soja e preparo das soluções

O óleo de soja usado foi cedido pelo Restaurante Universitário, Universidade Federal do Espírito Santo, situado em Jerônimo Monteiro, ES. Este foi utilizado à temperatura ambiente (25-30°C) e enriquecido com iodo sublimado (I₂), para atender aos tratamentos propostos (Tabela 1).

Tabela 1. Soluções preparadas com óleo de soja reutilizado e iodo sublimado.

| Tratamentos | Discriminações |
|-------------|-------------------------------|
| T1 | Controle |
| T2 | Óleo (puro) |
| T3 | Óleo (0,5% de iodo sublimado) |
| T4 | Óleo (1,0% de iodo sublimado) |
| T5 | Óleo (2,0% de iodo sublimado) |



Engenharia
Industrial
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA MADEIRA

2.1 **Preparo e impregnação da madeira de *Pinus elliottii***

A madeira de *Pinus elliottii* (tábuas) foi proveniente de árvores com idade de 15 anos, obtida na serraria pertencente ao Complexo Agroindustrial Pindobas Ltda., localizada em Venda Nova do Imigrante, ES. Essas foram transformadas em amostras cúbicas de 1,9 cm. Foram selecionadas aquelas sem defeitos e identificadas com numeração correspondente ao fungo, tratamento e repetição.

As amostras foram secas ($103 \pm 2^{\circ}\text{C}$) até adquirirem massa constante, pesadas e tiveram seus volumes medidos por imersão em mercúrio. Os valores foram utilizados para o cálculo de retenção (kg m^{-3}) das soluções na madeira e da perda de massa causada pelos fungos. Para a impregnação, as amostras foram imersas nas soluções até atingirem retenção nominal entre 54,24 e 56,53 kg m^{-3} . Retirou-se o excesso de material absorvido da superfície das amostras com papel toalha e elas foram esterilizadas (103 kPa a 121°C por 30 minutos).

Esta retenção foi embasada em outros trabalhos, citados por Sousa *et al.* (2019), porém com maior retenção por causa da madeira de pinus ter alta capacidade de absorção (Henz; Cardoso, 2005). As retenções foram determinadas a partir da diferença de massas das amostras (antes e depois da impregnação) dividida pelo seu volume seco inicial.

2.3 **Preparo dos recipientes para ensaios de resistência a fungos xilófagos**

Foram utilizados frascos de vidros com capacidade de 600 mL, tampas metálicas rosqueáveis, e o ensaio foi realizado conforme American Wood Protection Association - AWP A E10-22 (2022). Para tanto, foram utilizados 300 g de solo (capacidade de retenção de água de 25,6%) e umedecido com 114 mL de água destilada, para ajuste da umidade. Aos frascos foram adicionadas duas placas de alimentação de *Pinus* sp. e esterilizadas sob as condições já citadas. Para o ensaio, foram utilizados os fungos *Rhodonia placenta* e *Gloeophyllum trabeum* (podridão parda) e *Trametes versicolor* (podridão branca).

Após o desenvolvimento dos fungos nos frascos, as amostras foram

adicionadas, sendo utilizadas 10 repetições para cada situação. Os frascos preparados foram mantidos em sala climatizada ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa - UR) durante 12 semanas. Depois disto, as amostras foram retiradas dos frascos e removeu-se o micélio dos fungos com uma escova de cerdas macias. Foram secas, pesadas, e a perda de massa calculada e corrigida com base na perda de massa operacional (AWPA E10-22, 2022). Os resultados obtidos foram comparados com a classificação de perda de massa da AWPA E30-22 (2022).

Assim, para avaliar a eficiência das soluções preparadas foram empregados três fungos, quatro tratamentos, mais a testemunha (Tabela 1), com 10 repetições para cada situação, totalizando 150 amostras. Para avaliação dos resultados, foram empregadas estatísticas descritivas (médias e coeficiente de variação), análise de variância com teste F e análises de regressão para a comparação dos efeitos das concentrações de iodo no óleo (0; 0,5; 1 e 2%) para cada fungo testado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média das retenções dos tratamentos para os três fungos testados foi de 55 kg m^{-3} . Os tratamentos com óleo enriquecido com 1 e 2% de iodo (T4 e T5, respectivamente) promoveram menores perdas de massa para os fungos *R. placenta* e *T. versicolor*. Nota-se também que a madeira não tratada, para os três fungos testados, foi menos resistente que à submetida aos demais tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação entre as médias de perda de massa para fungos xilófagos e tratamentos testados

| Tratamentos | Perda de Massa (%) / Fungos | | |
|-------------|-----------------------------|-------------------|----------------------|
| | <i>P. placenta</i> | <i>G. trabeum</i> | <i>T. versicolor</i> |
| T1 | 57,89 NR a | 33,35 MR a | 16,81 R a |
| T2 | 40,74 MR b | 21,40 R c | 12,15 R a |
| T3 | 42,36 MR b | 27,81 MR b | 7,65 AR b |
| T4 | 34,68 MR c | 24,64 R b | 4,10 AR c |
| T5 | 29,91 MR d | 20,78 R c | 2,22 AR d |

Em que: NR; MR; R; e AR. Não resistente; moderadamente resistente; resistente; e altamente resistente - AWPA E 30-22 (2022). Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem (Fisher, $p > 0,05$).

Observa-se (Tabela 2) que a análise de variância indicou diferença entre as médias das amostras controle e do tratamento de maior concentração de iodo na solução, e apresentou aumento de resistência para os fungos *R. placenta*, *G. trabeum* e *T. versicolor* em média de 50,06, 37,69 e 86,79%, respectivamente. Mesmo com o maior valor numérico do aumento de resistência para o *T. versicolor*, os dados de perda de massa para o *R. placenta* foram significativos diante da mudança de classificação de não resistente para moderadamente resistente, quando aumentada a concentração de iodo na solução.

Quando a madeira de *Pinus elliottii* foi submetida ao ataque de fungo *R. placenta*, as amostras controle (T1) perderam maior quantidade de massa. Para o óleo puro (T2), observou-se que as amostras tinham perda de massa mais baixa quando comparado às amostras controle, diferindo e sendo classificadas como moderadamente resistente (AWPA E30-22, 2022). No gráfico de regressão relacionado ao *R. placenta* (Figura 1), para comparação dos efeitos da concentração, foi observado que a mistura do óleo com 0,5% de I₂, não apresentou diferença significativa, quando comparado ao tratamento com óleo puro. Entretanto, com relação ao controle, observou-se melhora quanto à proteção da madeira. Mesmo não havendo grande entre óleo puro e com 0,5% de I₂, pode-se observar que com o uso do iodo, as amostras obtiveram dados numéricos de perda de massa mais próximos.

Figura 1. Perda de massa (%) causada pelo fungo *Rhodonia placenta* para as concentrações de iodo no óleo de soja.

As soluções de óleo com 1 e 2% de I₂ (T4 e T5) proporcionaram um ganho de resistência em 14,87 e 29,04% respectivamente, quando comparados às amostras

submetidas ao tratamento com óleo puro, tendo seus valores na classe de resistência de moderadamente resistente. Assim, de modo geral, para a madeira de *Pinus elliottii*, em relação ao fungo *R. placenta*, observa-se a tendência de melhoria dos efeitos de proteção quando aumentado a concentração de iodo no óleo de soja reutilizado, tendo os melhores resultados numéricos com a concentração de 2% de I₂. Em relação ao fungo *G. trabeum*, as amostras controle obtiveram resistência moderada, e o mesmo não pôde ser observado nos demais casos.

Os tratamentos com a solução da mistura de óleo com 0,5 e 1% de iodo atingiram valores numéricos dentro da classe de moderadamente resistente a resistente (AWPA E30-22, 2022). Com o tratamento T5, constituído de óleo com 2% de iodo (Figura 2), todas as amostras da madeira de pinus alcançaram resultados próximos numericamente, estando dentro da classe de resistente, assim como as submetidas ao óleo puro que apresentou classificação como resistente e redução dos valores de perdas de massa comparados às amostras controle.

Figura 2. Perda de massa (%) causada pelo fungo *Gloeophyllum trabeum* para as concentrações de iodo no óleo de soja.

O resultado do T2 sobre as amostras pode ser explicado uma vez que o óleo puro agiu positivamente quanto às menores perdas de massa, porém para melhores resultados pode-se testar uma menor retenção de óleo para proteção da madeira. Uma vez que o uso do iodo aumentou da resistência biológica da madeira, pela maior precisão dos dados, quando comparado ao controle e ao óleo puro, verificou-se que houve eficiência do uso de maior concentração de I₂ no óleo de soja (Figura 3).

Figura 3. Perda de massa (%) causada pelo fungo *Trametes versicolor* para as concentrações de iodo no óleo de soja.

As perdas de massa da madeira de *Pinus elliottii* submetidas ao ataque do fungo *T. versicolor* foram menores quando comparada aos demais testados, sendo classificada como resistente (AWPA E30-22, 2022). Para este caso, com o aumento das concentrações de iodo, obteve-se resultado significativo

proporcionando ganho de resistência para o óleo com 2% de iodo (T5) de 86,79% quando comparado às amostras controle, sendo classificado como altamente resistente.

Para todas as situações analisadas em cada fungo, as amostras tratadas adquiriram menor perda de massa, quando comparada ao controle, enfatizando a importância da proteção da madeira de *Pinus elliottii*, por ser de baixa resistência natural a organismos xilófagos. O óleo de soja diminuiu a ação das enzimas liberadas pelos fungos que reagem com os constituintes da parede celular (Gutiérrez-Sánchez *et al.*, 2023) evitando assim maior deterioração da madeira.

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, pode concluir que:

- O óleo de soja conferiu melhorias na resistência da madeira de *Pinus elliottii* inibindo o crescimento dos fungos xilófagos, quando comparada às amostras controle, sendo uma alternativa para incrementar a resistência biológica da madeira.
- Com a adição de iodo, houve uma tendência de melhoria da proteção da madeira aos fungos xilófagos testados. Tendo a solução de óleo de soja com 2% de iodo apresentado os melhores resultados, sendo o melhor tratamento utilizado.
- Os tratamentos realizados foram mais eficazes contra o fungo *Rhodonía placenta* pelo melhor ganho de resistência, contribuindo positivamente para a proteção das amostras testadas.

5. REFERÊNCIAS

AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION. **AWPA E30-22**: Standard method for evaluating natural decay resistance of woods using laboratory decay tests. Birmingham: AWPA, 2022.

AMERICAN WOOD PROTECTION ASSOCIATION. **AWPA E10-22**: Laboratory method for evaluating the decay resistance of wood-based materials against pure basidiomycete cultures. **Soil/block test**. Birmingham: AWPA, 2022.

BROCCO, V. F.; PAES, J. B.; COSTA, L. G. *et al.* Potential of teak heartwood

extracts as a natural wood preservative. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, n. 4., p. 2093-2099, 2017.

BROCCO, V. F.; PAES, J. B.; COSTA, L. G. *et al.* Wood color changes and termiticidal properties of teak heartwood extract used as a wood preservative. **Holzforschung**, v. 74, n. 1., p. 233-245, 2020.

CALOVI, M.; ZANARDI, A.; ROSSI, S. Recent Advances in Bio-Based Wood Protective Systems: A Comprehensive Review. **Applied Sciences**, v. 14, n. 2, 736, 2024.

GUTIÉRREZ-SÁNCHEZ, A.; PLASENCIA, J.; MONRIBOT-VILLANUEVA, J. L. *et al.* Virulence factors of the genus *Fusarium* with targets in plants. **Microbiological Research**, v. 277, p. 127506, 2023.

HENZ, G. P.; CARDOSO, F. B. Absorção de água e proliferação de fungos em madeira de Pinus usada como embalagem para hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 138-142, 2005.

MEDEIROS, F. C. M.; GOUVEIA, F. N.; BIZZO, H. R. *et al.* Fungicidal activity of essential oils from Brazilian Cerrado species against wood decay fungi. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 114, p. 87-93, 2016.

PAES, J. B.; SOUZA, A. D.; LIMA, C. R. *et al.* Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e mamona (*Ricinus communis*) na resistência da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) a fungos xilófagos em simuladores de campo. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 617-624, 2012.

SOME, S.; SOHN, J. S.; KIM, J. *et al.* Graphene-iodine nanocomposites: highly potent bacterial inhibitors that are bio-compatible with human cells. **Scientific Reports**, v. 6, p. 20015, 2016.

SONG, H.; ISHII, Y.; AL-ZUBAIDI, A. *et al.* Temperature-dependent water solubility of iodine-doped single-walled carbon nanotubes prepared using an electrochemical method. **Physical Chemistry Chemical Physics**, v. 15, p. 5767-5770, 2013.

SOUSA, S. F., PAES, J.B., ARANTES, M. D.C. *et al.* Efficiency of vegetable oils in wood resistance to *cryptotermes brevis* termites. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, p. e20170780, 2019.

TEIXEIRA, J. G.; LATORRACA, J. V. F.; TREVISAN, H. *et al.* Eficiência do óleo de neem e dos resíduos de candeia sobre a inibição do desenvolvimento de fungos xilófagos. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 106, p. 417-426, 2015.

YINGPRASERT, W.; MATAN, N.; CHAOWANA, P. *et al.* Fungal resistance and physico-mechanical properties of cinnamon oil and clove oil-treated rubberwood particleboards. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 27, p. 69 - 79, 2015.