**DEGRADAÇÃO DA MADEIRA DE GARAPA (***Apuleia leiocarpa***) EM TESTE DE CAMPO**

Letícia da Silva Moreira1; Letícia Alves Lima2; Gabriel de Sousa Silvério2; Antonio Francisco Oliveira dos Santos2; Fernando Nunes Gouveia3; Victor Hugo Pereira Moutinho4

1 Doutoranda em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

moreira.leticia94@gmail.com

2 Granduando em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

3 Doutor em Ciências Florestais. Laboratório de Produtos Florestais, Serviço Florestal Brasileiro (LPF/SFB)

4 Doutor em Recursos Florestais. Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

**RESUMO**

A durabilidade da madeira, especialmente em condições de uso externo e submetida a intempéries, consiste em um dos principais entraves para seu emprego na construção civil. O conhecimento da durabilidade da madeira é fundamental para seleção de espécies de madeira e seus potenciais usos. A avaliação da deterioração da madeira baseia-se principalmente em observações visuais e a perda de massa da madeira. No entanto, apesar da degradação pode está sendo detectada visualmente, podem estar ocorrendo reduções das propriedades mecânicas da madeira, fundamentais para o uso estrutural da madeira. O presente estudo teve como objetivo avaliar a degradação e propriedade mecânica da madeira de garapa (*Apuleia leiocarpa*) exposta em campo de degradação. Foram coletadas amostras em campo após o período de 60, 120, 210, 300 e 390 dias de exposição a degradação. Foram realizados acompanhamentos da perda de massa e ensaios mecânicos de flexão estática da madeira degradada e não-degradada. Verificou-se baixa suscetibilidade à deterioração para a madeira avaliada, com perda de massa abaixo de 10% ao longo de 390 dias de exposição. Por outro lado, a propriedade mecânica avaliada sofreu redução de 32% para o mesmo período de exposição. Estas observações permitem considerar o potencial de complementação das avaliações de durabilidade da madeira, por meio da determinação das propriedades mecânicas da madeira para maior precisão e confiabilidade estrutural.

**Palavras-chave:** Durabilidade da madeira. Construção sustentável. Estruturas de madeira

**Área de Interesse do Simpósio**: Recursos Florestais e Engenharia Florestal

**1. INTRODUÇÃO**

A durabilidade da madeira consiste em um dos principais entraves a serem considerados quando empregada para construção civil. Diante disto, a expansão do conhecimento sobre a degradação da madeira torna-se relevante para adequada seleção de espécies, além de subsidiar informações para implantação de projetos estruturais cada vez mais sustentáveis utilizando madeira como material de construção (Gouveia, 2021).

As espécies de madeira apresentam desempenhos diversificados quando expostas a condições de uso como em estruturas externas, pois possuem diferentes resistências a deterioração. O uso da madeira como componente de uma estrutura requer avaliação da sua durabilidade e conservação do desempenho mecânico em condições de exposição a intempéries e fatores bióticos. Estes fatores podem comprometer a segurança da estrutura e a atratividade do emprego de madeiras para projetos estruturais utilizando madeira em alternativa ao concreto e aço.

A durabilidade pode limitar o uso da madeira em diferentes condições de utilização, especialmente em regiões tropicais. As condições climáticas de alta temperatura e umidade do ar são propícias para o desenvolvimento fúngico e atuação drástica de organismos xilófagos, acelerando significativamente a deterioração deste biomaterial (Sundararaj et al., 2015). Geralmente, as propriedades mecânicas de flexão da madeira são consideradas parâmetros relevantes que representam perda de resistência causada pela degradação fúngica (Zabel e Morrel, 1992).

A região amazônica possui grande diversidade de essências florestais, sendo grande fornecedora de espécies de madeiras tropicais altamente valorizadas no mercado interno e externo (ITTO, 2023). Entre estas, encontra-se a espécie *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F., denominada pelo nome comum garapa. É uma madeira de média densidade, com densidade básica 0,66 g.cm-3 (Carneiro et al., 2009). Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a degradação da madeira de *Apuleia leiocarpa*, por meio do acompanhamento da perda de massa e testes mecânicos de flexão estática da madeira degradada exposta em teste de campo.

**2. MATERIAL E MÉTODOS**

2.1 Área de estudo

O experimento foi instalado em uma área de campo aberto medindo 22 m x 20 m, localizada na Universidade Federal do Oeste do Pará, no município de Santarém-PA (2°25'19.3"S, 54°44'29.1"W).

O clima na região é do tipo tropical quente e úmido, com temperatura média anual variando entre 25 e 28ºC e precipitação média anual de 1820 mm. Segundo a classificação de Köppen, a região enquadra-se no tipo climático Ami, ou seja, o clima é equatorial úmido, caracterizado pela presença de duas estações bem definidas: uma estação chuvosa com elevados índices pluviométricos (entre os meses de outubro a abril) e outra estação seca (entre os meses de maio a setembro).

2.2 Obtenção do material

Foram selecionadas peças de madeira de *A. leiocarpa* medindo 25 mm x 25 mm x 600 mm de espessura, largura e comprimento, respectivamente em um empreendimento industrial madeireiro no município de Santarém-PA.

Foram obtidas 25 peças de madeira livres de defeitos para exposição em campo e posterior realização dos ensaios de flexão estática e perda de massa. Além disso, foram separadas dez peças, as quais permaneceram no ambiente controlado, para análises da madeira não exposta à deterioração.

2.3 Instalação do experimento

O teste de campo teve início em abril de 2023 e foi instalado segundo a metodologia de Lepage (1970) adaptado. As amostras foram inseridas parcialmente no solo, para exposição a fatores bióticos e abióticos de degradação, e foram dispostas em campo com distância de 25 cm entre linhas e colunas. O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados com cinco blocos, contendo cinco estacas em cada bloco.

Foram selecionadas aleatoriamente e retiradas de campo uma estaca de cada bloco, totalizando cinco estacas por coleta. Após 60 e 90 dias foram realizadas a primeira e segunda retirada de estacas em campo. Posteriormente, foram realizadas coletas trimestrais, ou seja, após 210, 300 e 390 dias de exposição em campo, abrangendo o período seco e chuvoso na região.

2.4 Determinação da perda de massa

A degradação física da madeira foi analisada por meio da determinação da perda de massa das estacas após exposição em campo de degradação. Antes da exposição em campo, as estacas foram condicionadas em ambiente controlado (umidade relativa do ar = 65%; temperatura do ar = 20°C) até estabilização da massa. Nesta etapa, foi obtida a massa inicial de cada estaca (antes da degradação). Após a retirada da estaca do campo, estes foram condicionados novamente no mesmo ambiente controlado. Após retornar a 12% de teor de umidade, foi determinada a massa de cada estaca (após a degradação). A perda de massa foi determinada conforme a metodologia de Batista et al. (2022).

2.5 Testes mecânicos

Os corpos de prova foram condicionados em ambiente controlado (umidade relativa do ar = 65% e temperatura do ar = 20°C). Após estabilização da massa e alcance do teor de umidade de equilíbrio em torno de 12%, os corpos de prova foram submetidos a testes mecânicos de flexão estática, seguindo os procedimentos preconizados na norma ASTM D143 (2022), utilizando uma máquina universal de ensaios EMIC DL3000. Os corpos de prova foram produzidos com as dimensões de 25 mm x 25 mm x 410 mm, com a maior dimensão no comprimento.

2.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade, prosseguiu-se a realização da análise de variância (ANOVA) a um fator, seguidos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa Jamovi.

**3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados encontrados para o módulo de elasticidade (MOE) e percentual de perda de massa da madeira de *A. leiocarpa* estão apresentados na Tabela 1. Ao longo da exposição a perda de massa esteve abaixo de 1,4% até 210 dias. Observou-se tendência de aumento da perda de massa após 300 dias expostas, para 4,18%, aos 390 dias houve acréscimo significativo, atingindo 8,44% de perda de massa da madeira (Tabela 1).

Tabela 1 **–** Módulo de elasticidade na flexão estática e perda de massa da madeira de *A. leiocarpa* degradada em campo

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Tempo (dias)** | **Média** | **Mediana** | **Desvio-padrão** | **Mínimo** | **Máximo** |
|  | Testemunha | 16,19 ab | 15,93 | 1998 | 13,10 | 18,49 |
|  | 60 | 14,73 bc | 14,83 | 3269 | 9,62 | 20,58 |
|  | 120 | 14,51 bc | 13,99 | 2307 | 12,35 | 19,17 |
| MOE (GPa) | 210 | 15,40 b  | 15,69 | 2799 | 9,17 | 18,10 |
|  | 300 | 13,59 bc | 12,54 | 2044 | 11,13 | 16,09 |
|  | 390 | 10,95 c | 10,98 | 3959 | 3,67 | 15,80 |
|  | 60 | 0,78 a  | 0,13 | 1,57 | 0,01 | 4,54 |
|  | 120 | 0,96 a | 1,08 | 0,64 | 0,01 | 2,00 |
| Perda de massa (%) | 210 | 1,39 a | 1,23 | 0,92 | 0,41 | 3,12 |
|  | 300 | 4,18 bc | 3,62 | 2,44 | 1,43 | 8,90 |
|  | 390 | 8,44 c | 9,16 | 3,93 | 1,65 | 13,00 |

Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Verificou-se perda de massa da madeira incipiente (abaixo de 10%), o que permite classificar a espécie com baixa suscetibilidade à deterioração. A perda de massa verificada até o período de 300 dias (Tabela 1) permite classificar *A. leiocarpa* como espécie muito resistente, conforme classificação da norma D2017 (ASTM, 2005).

A perda de massa encontrada (Tabela 1) foi aproximada ao resultado verificado por Carneiro et al. (2009) para a mesma espécie em teste de laboratório durante 90 dias, o que permitiu ser classificada com alto potencial de resistência, parâmetro determinado pelo produto entre o teor de extrativos e densidade básica da madeira.

Wilcox (1968) discorre que a degradação da madeira nos estágios iniciais pode ser de difícil detecção visual com precisão, e este fato pode ser observado para *A. leiocarpa*, pois, apesar da perda de massa mínima (abaixo de 10%), foi detectada tendência de perda da propriedade de rigidez no esforço mecânico de flexão estática da madeira, conforme apresentado na Tabela 1.

Com o avanço da degradação, após aproximadamente um ano de exposição (390 dias), houve diminuição significativa do módulo de elasticidade da madeira em comparação à madeira não-exposta (Tabela 1), com redução de cerca de 32% em relação à madeira não-exposta. Este comportamento está alinhado a Wilcox (1978) ao relatar que as propriedades mecânicas diminuem acentuadamente no primeiro estágio de deterioração, com perdas de massa de 5 a 10%, podendo ocorrer perdas de 50-70% no módulo de ruptura e o módulo de elasticidade na flexão estática (Wilcox, 1978). O mesmo autor ressalta que as propriedades mecânicas da madeira não são igualmente afetadas pela deterioração incipiente. A resistência à flexão é a propriedade mais suscetível a degradação incipiente em comparação ao cisalhamento e compressão paralela às fibras.

Diante disso, há necessidade de estudos que abordem a possível variação da degradação e redução das diferentes propriedades mecânicas, especialmente por conta da degradação da madeira com perda de massa abaixo de 10% ser identificável apenas microscopicamente, enquanto as propriedades mecânicas já podem estar sofrendo perdas.

**4. CONCLUSÃO**

A perda de massa da madeira foi incipiente com valores abaixo de 10%. Já a propriedade mecânica analisada para madeira de *A. leiocarpa* sofreu perdas ao longo do processo de degradação, com diminuição do módulo de elasticidade da madeira degradada em relação à madeira não-degradada.

Apesar da redução da propriedade mecânica da madeira avaliada, a perda de massa observada foi mínima. Esta observação reflete a importância de avaliações adicionais como testes mecânicos para maior confiabilidade estrutural na avaliação da durabilidade da madeira.

**5. REFERÊNCIAS**

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2017: Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods**. 5p. Annual Book of ASTM Standards, 2005.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D143-22: Standard test methods for small clear specimens of timber**. Annual Book of ASTM Standards, 2022.

BATISTA, F. G.; MELO, R. R.; MEDEIROS, D. T. et al. Natural durability of five tropical wood species in field decay tests. **Maderas. Ciencia y tecnología,** v. 24, n. 51, p. 1-10, 2022.

CARNEIRO, J. S.; EMMERT, L.; STERNADT, G. H. et al. Decay susceptibility of Amazon wood species from Brazil against white rot and brown rot decay fungi. **Holzforschung**, v. 63, p. 767-772, 2009.

GOUVEIA, F. N.; DA SILVEIRA, M. F.; GARLET, A. Natural durability and improved resistance of 20 Amazonian wood species after 30 years in ground contact. **Holzforschung**, v. 75, n. 10, p. 892-899, 2021.

ITTO. International Tropical Timber Organization. **Criteria and indicators for the sustainable management of tropical forests**. ITTO Policy Development Series N. 2, 2023.

LEPAGE, E. S. Método sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira. **Preservação de Madeiras**, v. 1, p. 205-216, 1970.

SUNDARARAJ, R.; SHANBHAG, R. R.; NAGAVENI, H. C. et al. Natural durability of timbers under Indian environmental conditions - an overview. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 103, p. 196-214, 2015.

THE JAMOVI PROJECT (2022). JAMOVI. (Versão 2.3). Disponível em: https://www.jamovi.org

WILCOX, W. **Changes in wood microstructure through progressive stages of decay**. USDA Forest Service Research Paper FPL-70, 1968.

WILCOX, W. Review of literature on the effects of early stages of decay on wood strength. **Wood and Fiber**, v. 9, n. 4, p. 252-257, 1978.