

Degradação e rigidez da madeira de *Bagassa guianensis* submetida a ensaio de campo

Letícia Alves Lima¹; Letícia da Silva Moreira¹; Antonio Francisco Oliveira dos Santos¹;
Gabriel de Sousa Silvério¹; Victor Hugo Pereira Moutinho¹

¹ Instituto de Biodiversidade e Florestas (IBEF), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Santarém/PA, Brasil – leticiaeva80@gmail.com

Resumo: O presente estudo teve como objetivo avaliar a degradação e rigidez da madeira de *Bagassa guianensis* Aubl. submetida a teste de campo. Foi realizada avaliação periódica de parâmetros de perda de massa e testes mecânicos de flexão estática da madeira após a exposição em campo. Os resultados indicaram que a perda de massa foi baixa e mais acentuada nos últimos meses de exposição. O módulo de elasticidade verificado no teste de flexão estática apresentou redução significativa a partir de 210 dias, sugerindo diminuição na rigidez da madeira, apesar da perda de massa mínima e aparente degradação incipiente. Apesar da baixa suscetibilidade à deterioração, a madeira da espécie avaliada apresentou redução na sua resistência mecânica após exposição externa.

Palavras-chave: Tatajuba, Perda de massa, Estrutura de madeira, Durabilidade da madeira, Flexão estática

Degradation and stiffness of *Bagassa guianensis* wood species after exposure in field decay test

Abstract: The present study aimed to evaluate the degradation and stiffness of *Bagassa guianensis* wood species exposed to field test. Periodic evaluation of mass loss parameters and static bending tests of wood were carried out after exposure in the field. The results indicated that mass loss was low and more pronounced in the last months of exposure. The modulus of elasticity verified in the static bending test showed a significant reduction after 210 days, suggesting a decrease in the stiffness of the wood, despite the minimum loss of mass and apparent incipient degradation. Despite the low susceptibility to deterioration, the evaluated wood species showed reduction in its mechanical resistance after outdoor exposure.

Keywords: Tatajuba, Mass loss, Wood structure, Wood durability, Static bending

1. INTRODUÇÃO

O uso da madeira na construção civil voltou a crescer nas décadas recentes. Este material biológico apresenta vantagens tais como potencial renovável, fácil trabalhabilidade e relação custo-benefício favorável quando comparada a materiais como aço e concreto. Por conta da sua natureza como material biológico, a



durabilidade da madeira consiste em um dos principais entraves em relação ao seu emprego na construção civil (Paes *et al.*, 2015).

As madeiras são suscetíveis a danos causados por ataques de organismos xilófagos e por fatores abióticos, que podem alterar suas propriedades mecânicas (Goodell *et al.*, 2020). Neste contexto, o conhecimento sobre o comportamento mecânico da madeira sob condições adversas em usos externos permite a seleção de espécies com aptidão para aplicações sujeitas a intempéries (Costa, 2014). Ressalta-se que a durabilidade da madeira varia conforme condições do ambiente a que estão expostas como contato com o solo, radiação solar, chuva, além da presença de agentes bióticos de deterioração (Carvalho *et al.*, 2015).

A região amazônica abriga rica biodiversidade, especialmente no que se refere a essências florestais, onde diversas espécies são altamente valorizadas no mercado de madeiras tropicais (ITTO, 2019). A madeira de *Bagassa guianensis* Aubl., de nome comum tatajuba, é uma espécie comercial classificado com média densidade e resistente ao ataque de fungos (IPT, 1989).

Compreender o desempenho mecânico das espécies de madeira possibilita a mitigação de problemas relacionados à segurança e possíveis custos para reposição de peças estruturais. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a degradação e rigidez da madeira de *Bagassa guianensis* Aubl. submetida a teste de campo de curta duração.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O experimento está 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 ($2^{\circ}25'19.3"S$, $54^{\circ}44'29.1"W$).

O clima na região é do tipo tropical quente e úmido, com temperatura média anual variando entre 25 e 28°C 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 *Bagassa guianensis* medindo 2,5 cm x 10 cm x 200 cm de espessura, largura e comprimento, respectivamente, em um empreendimento industrial madeireiro no município de Santarém-PA. As tábuas foram seccionadas em serra circular para confecção de corpos de prova com dimensões de 25 mm x 25 mm x 600 mm de espessura, largura e comprimento, respectivamente.

Foram obtidos 40 corpos de prova livres de defeitos para exposição em campo e posterior realização dos ensaios de flexão estática e perda de massa. Além de 10 amostras as quais permaneceram no ambiente controlado de aclimatação, sendo utilizados como material testemunha ou controle, ou seja, madeira não exposta a deterioração.

2.3 *Instalação do teste de campo*

O teste de campo teve início em abril de 2023 e foi instalado segundo a metodologia de Lepage (1970) adaptado. O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados com o total de oito blocos. Em cada bloco, foram distribuídas aleatoriamente quatro amostras com distância de 25 cm entre linhas e colunas.

As coletas ocorreram nos primeiros 60 dias, seguidas de intervalos de 90 dias, totalizando quatro coletas ao longo de 300 dias de exposição em campo, abrangendo tanto períodos secos quanto chuvosos. Em cada coleta, uma amostra foi retirada de cada bloco, resultando em oito repetições por coleta.

2.4 *Ensaios mecânicos*

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.

2.5 *Perda de massa*



A degradação física da madeira foi analisada por meio da determinação da perda de massa das amostras após a exposição em campo. Este parâmetro foi determinado conforme Batista *et al.* (2022). Os corpos de prova foram condicionados em ambiente controlado (umidade relativa do ar = 60% e temperatura do ar = 20°C) até estabilização da massa, ou seja, atingir em torno de 12% de umidade. Após a retirada do corpo de prova do campo, estes retornaram ao mesmo ambiente controlado para retornar a 12% de teor de umidade.

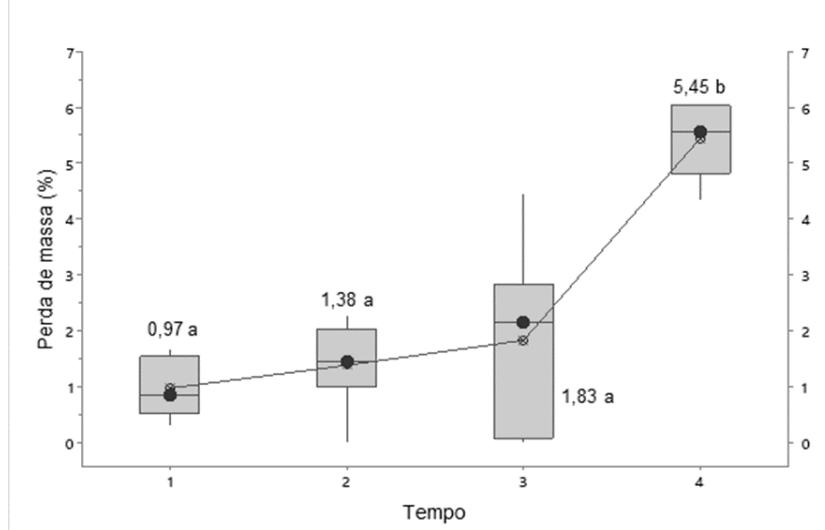
2.6. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk e, uma vez detectada normalidade para todos os parâmetros, prosseguiu-se a realização da análise de variância (ANOVA). Após verificação de significância na ANOVA ($p<0,05$), foi realizada comparação das médias utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico Jamovi.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes à perda de massa verificada para a madeira da espécie *Bagassa guianensis*, assim como a dispersão dos dados encontrados estão apresentados na Figura 1.

Figura 1. Distribuição dos dados de perda de massa da madeira de *B. guianensis* exposta em teste de campo





Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre utilizando teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro; Tempo 1 = 60 dias; 2 = 120 dias; 3 = 210 dias; 4 = 300 dias

Durante os primeiros períodos de teste, correspondente a 60, 120 e 210 dias, as perdas de massa médias foram baixas, correspondendo a 0,97, 1,38 e 1,83%, respectivamente, as quais não apresentaram diferenças significativas entre si. No entanto, no Tempo 4, referente a 300 dias, a perda de massa aumentou significativamente para 5,45% (Figura 1). Após este período de tempo de exposição, a madeira foi submetida às intempéries tanto no período chuvoso, com alta temperatura e umidade do solo, quanto no período seco, com condições drásticas de alta insolação e umidade do ar. Estas condições permitem que a ocorrência e decomposição da madeira pelos organismos e microbiota do solo potencialmente cresçam.

Com base na perda de massa verificada até o período de 300 dias (Figura 1), *B. guianensis* pode ser considerada madeira muito resistente, conforme classificação da norma D2017 (ASTM, 2005). A perda de massa encontrada entre 60 e 90 dias de exposição estão aproximadas aos resultados obtidos por Carneiro *et al.* (2009), ao avaliar a mesma espécie, em ensaio de laboratório durante 90 dias. Esta avaliação permitiu classificar a espécie com alto potencial de resistência, um parâmetro determinado pelo produto entre o teor de extrativos e densidade da madeira.

Conforme apresentado na Figura 1, houve aumento gradual da perda de massa de *Bagassa guianensis* no decorrer do tempo, o que indica atenuado avanço do processo de degradação da espécie. A partir de 210 dias, observou-se maior dispersão dos resultados encontrados no período de 210 dias, onde após ser submetida ao período chuvoso, com alta umidade do solo e atividade fúngica.

Em relação ao desempenho mecânico da madeira de *B. guianensis* após submetidas a campo de degradação, observou-se módulo de elasticidade (MOE) no ensaio de flexão estática até 210 dias de exposição semelhantes àqueles encontrados para a madeira não-degradada (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados médios e desvio padrão encontrados para o módulo de elasticidade na flexão estática da madeira de *Bagassa guianensis* submetida a teste de campo

Tempo	Média (MPa)	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
0	14537 a	1458	10,03
2	13400 a	2004	14,96



1	13385 a	2163	16,16
3	12543 ab	2418	19,28
4	10356 b	1976	19,08

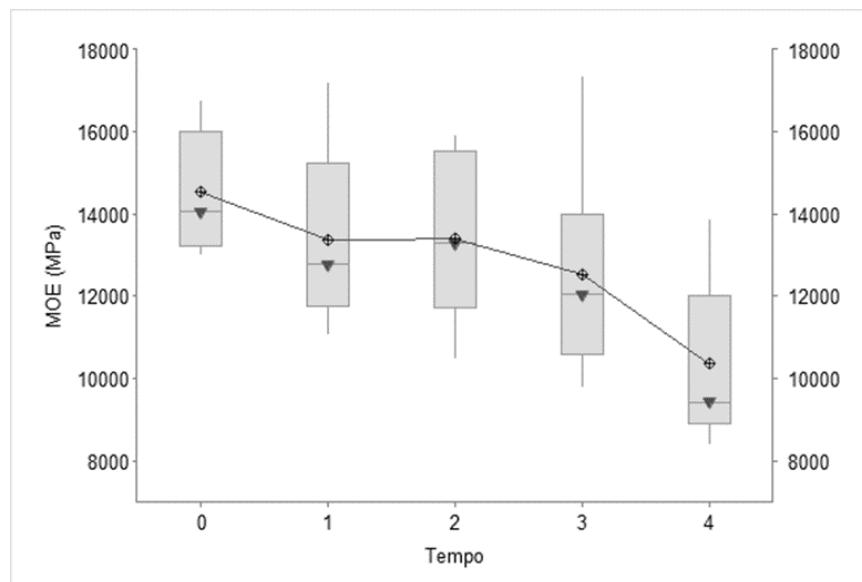
Tempo 0 = madeira não-degradada (testemunha); 1 = 60 dias; 2 = 120 dias; 3 = 210 dias; 4 = 300 dias. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre utilizando teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

É possível observar tendência de diminuição progressiva no módulo de elasticidade da madeira *Bagassa guianensis* ao longo do tempo em condições de degradação em campo. Ao analisar o comportamento entre os 60 dias (Tempo 1) e 120 dias (Tempo 2), verificou-se valores médios de módulo de elasticidade aproximados, com 13385 MPa e 13400 MPa, respectivamente, conforme mostrado na Tabela 1.

Segundo IPT (1989), o módulo de elasticidade na flexão estática de *B. guianensis* equivale a 15857 MPa, valor próximo ao encontrado para a madeira não-degradada. A partir de dez meses de exposição à degradação, houve redução significativa do módulo de elasticidade da madeira em torno de 28% em comparação à madeira não-degradada (Tabela 1), apesar da baixa perda de massa da madeira aos 300 dias de exposição (Figura 1). Comportamento semelhante foi relatado por Stangerlin (2012) para a mesma espécie, que, por sua vez, avaliou perda relevante da resistência mecânica, com reduções de aproximadamente 81,69% no módulo de ruptura e 58,93% no módulo de elasticidade.

Na Figura 2 observa-se que os resultados obtidos para as diferentes etapas do processo de degradação apresentaram tendência de dispersão similar, com dispersão relativamente maior no período de 210 dias.

Figura 2. Dispersão dos resultados encontrados em formato boxplot para o módulo de elasticidade na flexão estática da madeira de *Bagassa guianensis* exposta em ensaio de campo de degradação



MOE = Módulo de elasticidade; Tempo 0 = madeira não-degradada (testemunha); 1 = 60 dias; 2 = 120 dias; 3 = 210 dias; 4 = 300 dias

O módulo de elasticidade na flexão estática observado para *B. guianensis* após submetida a degradação indica que a propriedade de rigidez da madeira diminuiu ao longo do tempo, principalmente após decorrido 210 dias. Isso sugere que a madeira se tornou menos resistente à flexão quando exposta aos fatores bióticos em condição subterrânea.

Este comportamento está alinhado ao que a literatura discorre sobre a relação da decomposição da madeira e propriedades mecânicas. Brito (2014) afirma que a significativa redução na resistência e rigidez da madeira indica degradação potencialmente acelerada por ataque de organismos xilófagos, como insetos e fungos, os quais deterioram as fibras da madeira e comprometem sua capacidade de sustentação.

4. CONCLUSÃO

A madeira de *Bagassa guianensis* apresentou baixa suscetibilidade à degradação quando exposta a condições de campo.

A degradação representada pela perda de massa da madeira foi incipiente nos estágios iniciais do processo, no entanto ocorreu diminuição substancial da rigidez da madeira.



5. REFERÊNCIAS

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D143-22: Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.** 2022.

BRITO, L. D. **Patologia em estruturas de madeira: metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação.** 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

CARVALHO, D. E.; SANTINI, E. J.; GOUVEIA, F. N. et al. Resistência natural de quatro espécies florestais submetidas a ensaio com fungos apodrecedores. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 271-276, 2015.

COSTA, A. I. **A Madeira na arquitectura práticas construtivas entre finais de oitocentos e finais do Século XX.** 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universidade do Porto, 2014.

GOODELL, B.; WINANDY, J. E.; MORRELL, J. J. Fungal degradation of wood: Emerging data, new insights and changing perceptions. **Coatings**, v. 10, n. 12, p. 1210, 2020.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS. **Informações sobre madeiras: Tatajuba.** 2023. Disponível em: <https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/component/madeirasbrasileiras/especieestudada?especieestudadaid=24&Itemid>. Acesso em: 7 ago. 2024.

ITTO. International Tropical Timber Organization. **Criteria and indicators for the sustainable management of tropical forests.** ITTO Policy Development Series No. 21. International Tropical Timber Organization, Yokohama, Japan, 2019.

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

PAES, J. B.; SEGUNDINHO, P. G. D. A.; EUFLOSINO, A. E. R.; SILVIA, M. R. D.; CALIL JUNIOR, C.; OLIVEIRA, J. G. L. D. Resistência de madeiras tratadas termicamente a *Nasutitermes corniger* em um teste de preferência alimentar. **Madera y bosques**, v. 21, n. 1, p. 157-164, 2015.

STANGERLIN, D. M.; CORASSA, J. D. N.; GATTO, D. A.; PEREIRA, R. L.; CASTELO, P. A. R. Caracterização mecânica de madeiras deterioradas em campo por meio de ultrassom e flexão estática. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 3, p. 365-372, 2015.