

## Degradação biológica e a durabilidade natural de espécies florestais da Amazônia em campo de apodrecimento no Acre

Biological degradation and the natural durability of amazon forest species in a rotting field in Acre

Degradación biológica y la durabilidad natural de las especies forestales amazónicas en un campo podrido en Acre

Recebido: 12/03/2023 | Revisado: 26/03/2023 | Aceitado: 27/03/2023 | Publicado: 01/04/2023

### **Suelem Marina de Araújo Pontes Farias**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4777-878X>  
Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, Brasil  
E-mail: [suelem.pontesfarias@gmail.com](mailto:suelem.pontesfarias@gmail.com)

### **Amauri Siviero**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3037-7744>  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Acre, Brasil  
E-mail: [amauri.siviero@embrapa.br](mailto:amauri.siviero@embrapa.br)

### **Keiti Roseani Mendes Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0241-4832>  
Universidade Federal do Acre, Brasil  
Email: [keiti.pereira@ufac.br](mailto:keiti.pereira@ufac.br)

### **Paulo Eduardo França de Macedo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6681-2050>  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Acre, Brasil  
Email: [paulo.macedo@embrapa.br](mailto:paulo.macedo@embrapa.br)

### **Rodrigo Souza Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0879-0049>  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Acre, Brasil  
Email: [rodrigo.s.santos@embrapa.br](mailto:rodrigo.s.santos@embrapa.br)

### **José Raimundo de Souza Passos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6977-642X>  
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil  
Email: [jr.passos@unesp.br](mailto:jr.passos@unesp.br)

### **Edson Luís Furtado**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6924-835X>  
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil  
Email: [jr.passos@unesp.br](mailto:jr.passos@unesp.br)

### **Resumo**

Este trabalho teve como objetivo avaliar a degradação biológica e a durabilidade natural de espécies florestais da Amazônia em campo de apodrecimento em Rio Branco no Estado do Acre. O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Acre entre 2015 e 2022. As estacas medindo 0,05 x 0,05 x 0,50 metros, foram distribuídas e enterradas aleatoriamente no campo de apodrecimento a 0,25 m de profundidade. As avaliações de campo foram realizadas trimestralmente registrando-se a incidência de fungos xilófagos e cupins e os danos provocados em estacas de 36 espécies florestais. As espécies de fungos e cupins foram coletados e mantidos nos Laboratórios de Fitopatologia e Entomologia da Embrapa Acre e identificados em diversos laboratórios especializados no Brasil. A degradação das estacas foi realizada com a metodologia proposta por Lepage (1970), atribuindo notas de zero a quatro conforme a percentagem de degradação variando. Os fungos manchadores de madeiras identificados nesta pesquisa foram: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Nigospora*, *Lasodiploidia*, *Cladosporium* e *Curvularia*. Os fungos apodrecedores de madeiras que ocorreram nas estacas foram: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Trametes* e *Picnoporus*. Foram identificadas 11 espécies de térmitas; A principal espécie de cupim *T. teneus* foi responsável por 91,6% das ocorrências. A espécie mais atacada *H. tenuis* foi o cedro rosa e aquela menos atacada foi o angelim-da-mata. As espécies canelão, feijó e a imbiridiba-amarela não foram infestadas por cupins. As espécies madeireiras que obtiveram o maior índice de degradação foram o mulungu duro, louro Itaúba, mulateiro, marupá preto.

**Palavras-chave:** Deterioração; Fungos xilófagos; Térmitas; Madeira Amazônica.

### **Abstract**

This work aimed to evaluate the biological degradation and natural durability of forest species from the Amazon in a decay field in Acre. The work was carried out in the experimental field of Embrapa Acre between 2015 and 2022. The

stakes measuring 0.05 x 0.05 x 0.50 meters were randomly distributed and buried in the rotting field at 0.25 m deep in. Field evaluations were carried out quarterly, registering the incidence of xylophagous fungi and termites and the damage caused to cuttings of 36 forest species. The species of fungi and termites were collected and maintained at Embrapa Acre's Phytopathology and Entomology Laboratories and identified in several specialized laboratories in Brazil. The degradation of the piles was carried out assigning scores from zero to four according to the varying percentage of degradation. The wood staining fungi identified in this research were: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Nigospora*, *Lasodiploidia*, *Cladosporium* and *Curvularia*. The wood rotting fungi that occurred in the cuttings were: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Tramets* and *Picnoporus*. Eleven species of termites were identified; The main termite species *T. tenuis* was responsible for 91.6% of occurrences. The species most attacked by *H. tenuis* was the pink cedar (*Cedrela odorata*) and the least attacked was the angelim-da-mata. The canelão, freijó and yellow imbiridiba species were not infested by termites. The wood species that had the highest rate of degradation were the hard mulungu, Blond Itaúba, mulateiro, Black Marupá.

**Keywords:** Decay; Xylophagous fungi; Termites; Amazon wood.

### Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la degradación biológica y la durabilidad natural de las especies forestales amazónicas en un campo podrido en Rio Branco, estado de Acre. El trabajo fue desarrollado en el campo experimental de Embrapa Acre entre 2015 y 2022. Las pilas que miden 0,05 x 0,05 x 0,50 metros se distribuyeron aleatoriamente y se enterraron en el campo podrido a 0,25 m de profundidad. Se realizaron evaluaciones de campo trimestralmente registrando la incidencia de hongos xilófagos y termitas y el daño causado en esquejes de 36 especies forestales. Las especies de hongos y termitas fueron recolectadas y mantenidas en los Laboratorios de Fitopatología y Entomología de Embrapa Acre e identificadas en varios laboratorios especializados en Brasil. La degradación de los esquejes se llevó a cabo con la metodología propuesta por Lepage (1970), asignando puntuaciones de cero a cuatro según el porcentaje de degradación variable. Los hongos tintores de madera identificados en esta investigación fueron: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Nigospora*, *Lasodiploidia*, *Cladosporium* y *Curvularia*. Los hongos de madera podrida que se produjeron en los esquejes fueron *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Tramets* y *Picnoporus*. Se identificaron 11 especies de termitas; La principal especie de termita *T. tenuis* fue responsable del 91,6% de la ocurrencia. La especie más atacada *H. tenuis* fue el cedro rosado y la menos atacada fue el angelim del bosque. Las especies canelão, freijó e imbiridiba-amarela no fueron infestadas por termitas. Las especies maderables que obtuvieron la mayor tasa de degradación fueron el mulungu duro, la bahía de Itaúba, mulateiro, Marupá preto.

**Palabras clave:** Deterioro; Hongos xilófagos; Térmitas; Madera amazónica.

## 1. Introdução

A madeira quando utilizada em ambientes externos ficam exposta a processos de deterioração mecânica, química e biológica. As peças de madeira usadas em contato direto com o solo em ambientes tropicais tornam-se ainda mais suscetível ao ataque de organismos degradadores como os térmitas e os fungos xilófagos. Em decorrência desses processos, a madeira tende a reduzir sua integridade e o tempo de serviço. A velocidade com que ocorre essa degradação da madeira depende de fatores como: suas propriedades anatômicas, composição química e dos tratamentos preservativos, caso ocorra e das condições de clima e solo onde estarão expostas. (Mattos *et al.*, 2013 e Araújo *et al.*, 2012).

O uso externo da madeira em ambientes sempre úmidos potencializa a degradação biológica submetendo os biopolímeros constitutivos da madeira como a celulose, lignina e a hemicelulose a intensos e progressivos processos de degradação oxidativa que afetam a durabilidade natural. Este processo provoca a ocorrência de significativas alterações estruturais e de cor, juntamente com uma alteração negativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira (Teacã *et al.*, 2019).

Desta forma Batista (2020), salienta que para o melhor aproveitamento da madeira, é necessário o conhecimento das etapas envolvidas na sua deterioração visando gerar informações para o melhor uso e durabilidade natural. O conhecimento do grau de durabilidade natural de uma determinada espécie madeireira é revelado através da realização de ensaios em laboratório e no campo que submetam madeiras a riscos de deterioração (Stangerlin *et al.*, 2013).

Nos ensaios de campo o principal parâmetro utilizado para o monitoramento da resistência natural da madeira é o índice de deterioração que considera o conjunto de fatores bióticos e abióticos envolvidos no processo de degradação de

madeira exposta como: físicos, químicos e atmosféricos (Costa *et al.*, 2005). Os principais agentes bióticos que atacam a madeira em geral são: bactérias, fungos, insetos e os perfuradores marinhos. Os organismos envolvidos na degradação biológica da madeira enterrada no solo são os cupins e os fungos xilófagos. A identificação destes e os danos provocados possibilita a estimativa de vida média em serviço de cada espécie madeireira (Lopez & Milano, 1986; Castro *et al.*, 2018).

Na Amazônia a comunidade decompositora xilófaga é diversa. O ambiente tropical amazônico apresenta altas temperatura e umidade com baixa variação durante o ano o que torna essa condição ideal para o desenvolvimento dos organismos xilófagos, especialmente os fungos e cupins de solo (Jesus *et al.*, 1998). Os térmitas ou cupins são frequentemente agrupados de acordo com seus hábitos de formação de ninhos. Os cupins de solo são aqueles que a colônia cresce em contato com o solo e matéria orgânica. Os cupins subterrâneos representam um grande risco às estacas de madeira enterradas no solo usadas na construção cercas em pastagens.

A degradação biológica causada por fungos nas estacas de madeira está intimamente ligada à presença de água ou de umidade no solo. O enterrio de peças de madeira diretamente no solo sem tratamento gera um ambiente favorável para os fungos permitindo que ataquem as estacas de madeira que também serve como ponto de acesso de cupins à madeira.

Algumas espécies florestais possuem alta durabilidade natural e são capazes de resistir por muitos anos no campo em boas condições de uso em ambientes muito adversos. O conhecimento sobre a degradação da madeira é de fundamental importância para classificar o seu uso final em acordo com a durabilidade natural de cada espécie. Desta forma é de fundamental importância conhecer o comportamento de cada espécie madeireira quando exposta às condições propícias à degradação por organismos xilófagos que atacam a madeira, notadamente, os fungos manchadores e os apodrecedores que ocorrem na Amazônia. Escassos são os estudos associados aos principais agentes envolvidos na degradação biológica de madeiras amazônicas em campo de apodrecimento e sua durabilidade natural. Nesse contexto, o presente trabalho teve o objetivo avaliar degradação biológica e a durabilidade natural de espécies florestais da Amazônia em campo de apodrecimento no Acre.

## 2. Metodologia

O estudo foi realizado no Campo Experimental do Centro de Pesquisas Agroflorestais do Acre, vinculado à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Acre situado em Rio Branco, com coordenadas geográficas S10°01'31.5" e W67°42'25.5". A temperatura média anual do município é de 25°C e a média de precipitação anual é de 2.022 mm de chuva. A estação chuvosa estende-se de outubro a abril e estação a seca ocorre entre maio e setembro (Santos, 2022). A área que compreende o campo de apodrecimento de madeiras apresenta topografia plana, incidência de luz solar plena. O solo tem boa drenagem, distrófico, alto teor de argila e vegetação composta por gramíneas forrageiras

O campo de apodrecimento foi composto por corpos de prova obtidos de 36 espécies florestais amazônicas ocorrentes no Acre provenientes de árvores mortas da Reserva Legal da Embrapa Acre após autorização oficial do Instituto do Meio Ambiente do Acre. As estacas apresentavam dimensões de 5,0 cm de largura; 5,0 cm de espessura e 50,0 cm de comprimento, as mesmas foram cortadas a partir do cerne de peças de madeira isentas de partes do alborno e sem manchas e injúrias mecânicas visíveis ao olho nu. Os cortes foram realizados com orientação no sentido longitudinal às fibras da madeira, seguindo orientações específicas para testes de durabilidade natural de madeiras conforme Lepage (1970), e logo após enterradas numa área medindo aproximadamente 1.200 m<sup>2</sup>.

O nome comum, nome científico, família botânica, densidade e o número de estacas testadas das 36 espécies madeireiras testadas estão demonstrados no Quadro 1. Os dados de densidade das madeiras foram extraídos da literatura especializada (Serviço florestal Brasileiro, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT e Fundação de Tecnologia do Estado do Acre - FUNTAC) (Quadro 1).

**Quadro 1** - Nome comum, nome científico, família botânica, densidade e o número de estacas das 36 espécies madeiras do campo de apodrecimento instalado em Rio Branco, Acre.

Nº	Nome vulgar	Nome científico	Família	Densidade	Nº Amostras
1	Abiurana preta	<i>Planchonella oblanceolata</i> Pires.	Sapotaceae	0,73	8
2	Amarelão	<i>Aspidosperma vargasii</i> A.DC.	Apocynaceae	0,88	18
3	Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae	0,59	21
4	Angelim da mata	<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Fabaceae	0,59	8
5	Aroeira	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Anacardiaceae	0,81	23
6	Bálsamo	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	Fabaceae	0,78	31
7	Breu vermelho	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze.	Burseraceae	0,77	21
8	Canelão	<i>Aniba canelilla</i> (H. B. K.) Mez.	Lauraceae	0,92	4
9	Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Lecythidaceae	0,63	4
10	Cedro rosa	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	0,44	20
11	Cerejeira	<i>Amburana acreana</i> (Ducke) A.C.Sm.	Fabaceae	0,47	24
12	Copaíba I	<i>Copaifera duckei</i> Dwyer	Fabaceae	0,62	4
13	Copaíba II	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	Fabaceae	0,50	4
14	Copaíba III	<i>Copaifera reticulata</i> Ducke	Fabaceae	0,62	4
15	Cumaru cetim	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Fabaceae	0,98	12
16	Cumaru ferro	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Fabaceae	0,91	4
17	Fava orelhinha	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Fabaceae	0,69	4
18	Freijó	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Boraginaceae	0,80	9
19	Guaribeiro	<i>Barnebydendron riedelii</i> (Tul.) J.H.Kirkbr.	Fabaceae	0,54	16
20	Guariúba	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Moraceae	0,60	10
21	Imbiridiba amarela	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	Combretaceae	0,80	4
22	Ipê roxo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Bignoniaceae	0,89	20
23	Jutaí	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	0,80	13
24	Louro itaúba	<i>Nectandra</i> sp.	Lauraceae	0,55	10
25	Maçaranduba I	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A.Chev.	Sapotaceae	0,87	29
26	Maçaranduba II	<i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.) A.Chev.	Sapotaceae	0,83	4
27	Manitê	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	0,74	16
28	Marupá preto	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	Bignoniaceae	0,31	4
29	Matamatá	<i>Allantoma</i> sp.	Lecythidaceae	0,63	16
30	Mulateiro	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) K.Schum.	Rubiaceae	0,85	5
31	Mulungu duro	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F.Cook	Fabaceae	0,22	14
32	Pororoca	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Fabaceae	0,88	22
33	Samaúma	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	0,29	8
34	Sucupira preta	<i>Diptotropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Fabaceae	0,78	4
35	Tauarí	<i>Couratari pulchra</i> Sandwith	Lecythidaceae	0,50	20
36	Violeta	<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	Fabaceae	0,86	25

Fonte: Autoria Própria (2023).

A identificação das espécies florestais selecionadas para este estudo foi realizada em três instituições: Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro (Brasília, DF), Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Manaus, AM) e Coleção de referência da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre – FUNTAC (Rio Branco, AC). Todos os laboratórios de identificação emitiram certificados atestando gênero, espécie e família botânica atualizada baseada na anatomia macroscópica das madeiras analisadas.

A distribuição das estacas no campo de apodrecimento foi realizada em 14 linhas de 30 metros espaçadas entre si por 2,50 metros. As estacas devidamente identificadas por códigos foram enterradas verticalmente no solo com etiqueta voltada para o norte a 1,0 m de distância e a uma profundidade de 0,25 m dentro de cada linha. O número de estacas de cada espécie florestal estudada variou de quatro a 32 estacas, totalizando 463 estacas avaliadas. Foram realizadas operações de limpeza mecânica da vegetação do local na ocasião de todas as avaliações de campo.

A metodologia empregada para realização de testes de campo com estacas de madeira em contato com o solo foi baseada nos trabalhos de Jesus *et al.*, (1998) e Araújo *et al.*, (2012) desenvolvidos na Amazonia. As avaliações de campo foram realizadas trimestralmente registrando-se a incidência de fungos xilófagos e cupins e os danos provocados em estacas de 36 espécies florestais entre 2015 e 2018 abrangendo períodos secos e chuvosos na região. As avaliações foram realizadas promovendo o desenterro cuidadoso individual de cada estaca fazendo registros dos organismos ocorrentes, análise visual das injúrias no colo, acima e abaixo do solo, coleta de fungos e cupins para análises em laboratório específico visando a diagnose dos agentes.

Em relação à coleta e identificação de fungos xilófagos e térmitas, as estruturas vegetativas e reprodutivas dos fungos foram coletadas com auxílio da pinça e bisturi flambados usados na raspagem superficial das estacas de madeiras infestadas no campo. Os fungos coletados foram transportados para o Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Acre para isolamento, cultivo e conservação. Os espécimes após crescimento e esporulação em meio de cultura foram observados em microscópio ótico com lentes de 4x, 10x, 20x e 40x de aumento visando à identificação dos organismos com auxílio de chaves de identificação específicas de fungos xilófagos.

Uma parte dos fragmentos fúngicos foram depositados diretamente em placas de Petri contendo meio agar-agar, enquanto os outros fragmentos coletados foram submetidos a uma desinfestação superficial em álcool 70% por um minuto, NaOH a 2% por 3 minutos retirando-se o excesso de água. Posteriormente o material foi isolado em meio de cultura em câmara de fluxo laminar e plaqueado. Os fragmentos após um período de uma semana de crescimento os fungos foram mantidos em armazenamento até a identificação.

No processo de identificação dos fungos foram analisadas as características macro e micromorfológicas das colônias e estruturas fúngicas como coloração, relevo, bordas, tamanho, textura e produção de pigmentos e, aspectos micromorfológicos de estruturas vegetativas e reprodutivas como hifas, corpos de frutificação e esporos. No caso específico dos fungos xilófagos produtores de basidiomas ou fragmentos dos corpos de frutificação coletados em campo no Acre foram individualmente desidratados em estufa a 50° C e embalados e conservados em caixas de papel.

No processo de identificação foi realizada a descrição da parte visível a olho nú registrando-se as características do basidioma como: píleo, lâmina, haste, coloração, forma, tamanho, modo de fixação e de impressão de esporos a partir do píleo do fungo em folha de papel. A confirmação do diagnóstico dos fungos associados à degradação das estacas foi feita através da identificação taxonômica realizada junto ao Laboratório de Micologia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

A avaliação dos cupins no campo de apodrecimento foi realizada simultaneamente às avaliações da ocorrência dos fungos. A presença de cupins xilófagos nas estacas foi feita pelo método visual registrando-se o ataque de cupins de cada estaca empregando metodologia usada por Corassa *et al.*, (2014). A avaliação de cupins foi realizada após o desenterro das estacas individualmente, registrando-se os danos na parte subterrânea e aérea. Em campo os cupins ocorrentes em cada estaca

foram coletados com auxílio de pinça e/ou aspirador entomológico e conservados em frascos de vidro contendo álcool etílico a 80% no Laboratório de Entomologia da Embrapa Acre. Posteriormente as amostras de cupins foram enviadas ao Laboratório de Termitologia da Universidade de Brasília - UnB para identificação das espécies usando através de microscópio estereoscópio e consulta junto à literatura especializada.

As avaliações do grau de degradação das estacas de madeira no campo, quantificando a durabilidade natural da madeira foram realizadas através da inspeção visual e tátil, foram realizadas aos 36 e 72 meses após a implantação do campo de apodrecimento adotando a metodologia proposta por Lepage (1970). Nessa avaliação foram atribuídas notas individuais de zero a quatro conforme a percentagem de degradação visual apresentada para cada estaca conforme Tabela 1.

**Tabela 1** - Estado geral, nota e índice de preservação estimado usado na avaliação do ataque de organismos xilófagos de estacas de madeiras em campo.

Estado	Nota	Índice de preservação em %
Sadio, nenhum ataque	0	100
Ataque leve ou superficial de fungos e cupins	1	90
Ataque evidente, mas moderado de fungos e cupins	2	70
Apodrecimento intenso ou ataque intenso de cupins	3	40
Quebra, perda quase total de resistência	4	0

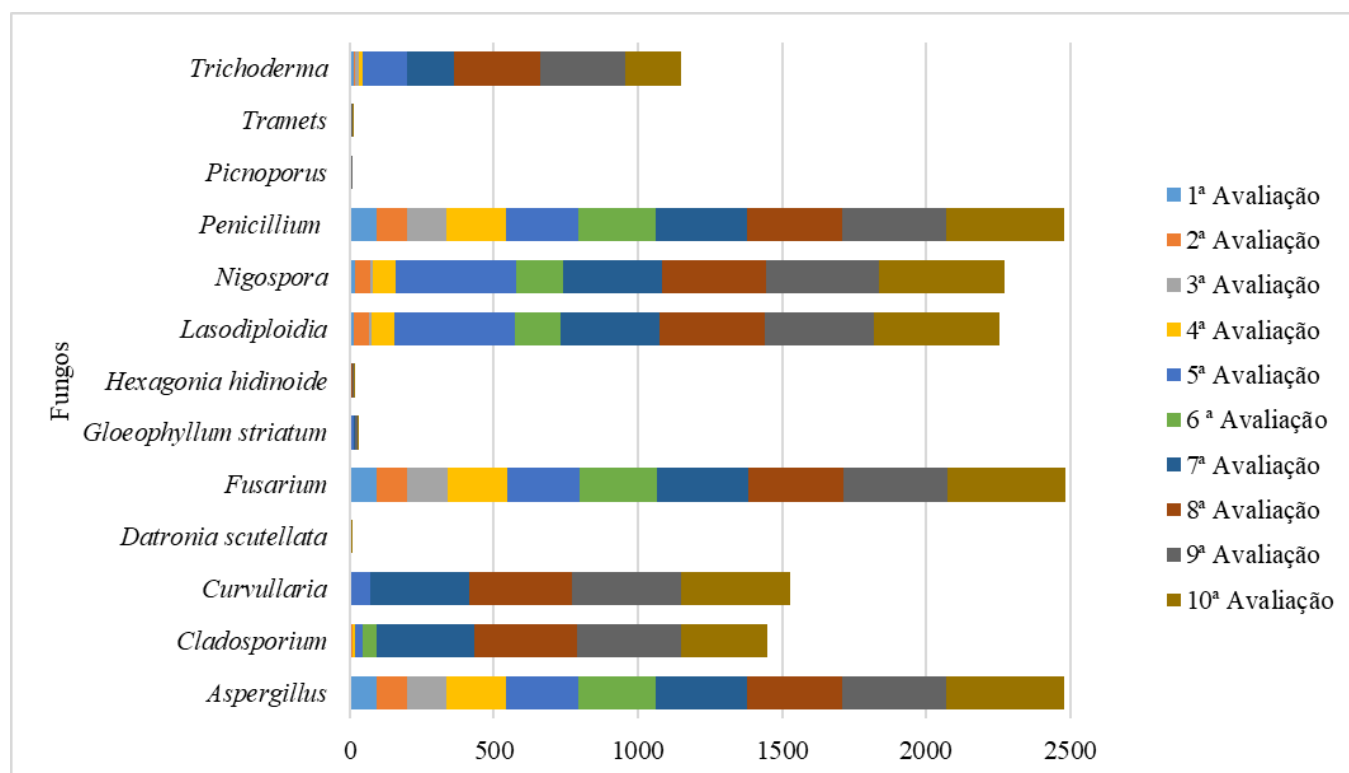
Fonte: Aatoria Própria (2023).

Para análise estatística, as avaliações geraram um banco de dados em planilha Excel e foram tabulados para o estudo de tempo até a degradação das estacas, utilizando-se a técnica de análise de sobrevivência (Lawless, 2002). Foram utilizados os estimadores produtos-limite de Kaplan-Meier (Lee, 1992), para estimar as curvas de sobrevida de cada espécie de madeira e o Teste Log-Rank ajustado pelo Teste de Sidak para as comparações entre as curvas de sobrevivência. Os ajustes dos estimadores produtos-limite de Kaplan-Meier foram feitos pelo procedimento lifetest do programa estatístico SAS – Free Statistical Statistical Software, SAS University Edition. Foram determinados também os percentuais de degradação por espécie de madeira, utilizando o procedimento freq do mesmo programa estatístico anteriormente descrito.

### 3. Resultados e Discussão

Foram identificados oito fungos xilófagos ocorrentes nas espécies madeireiras em campo classificados como fungos manchadores ou emboloradores que foram: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Nigospora*, *Lasodiploidia*, *Cladosporium* e *Curvullaria*. Os cinco fungos classificados como xilófagos degradadores de ligninas pertencentes aos basidiomycetos foram: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Tramets* e *Picnoporus*. A incidência de cada espécie de fungo e sua distribuição temporal após dez avaliações de campo está demonstrada na Figura 1.

**Figura 1** - Incidência acumulada de fungos em estacas de madeira no campo em dez avaliações.



Fonte: Autoria Própria (2023).

As espécies fúngicas com maior incidência encontrada no presente trabalho foram os fungos manchadores. Estas espécies foram as pioneiras a serem identificadas nos processos de infecção e colonização das estacas. O fungo *Lasiodiplodia* sp. foi uma das espécies fúngicas mais frequentes associadas às espécies madeireiras em campo. Saccoman *et al.* (2016) em estudo realizado em Alta Floresta - MT, relataram a ocorrência de treze fungos sendo seis deles de gêneros comuns identificados neste trabalho como: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Lasiodiplodia*, *Penicillium* e *Trichoderma*. *Lasiodiplodia* sp. Furtado (2000) relata que esses gêneros supracitados são responsáveis pelo manchamento interno de madeiras de espécies amazônicas. Canto *et al.*, (2020), relataram a ocorrência dos fungos *Curvularia* e *Cladosporium* atacando madeiras submersas em água no Pará e outras espécimes fúngicas detectadas.

As espécies fúngicas com menor incidência identificada nesta pesquisa foram os fungos xilófagos apodrecedores, como: *Gloeophyllum striatum*, *Hexagonia hidinoide*, *Datronia scutellata*, *Trametes* sp. e *Picnoporus* sp. Estes fungos são geralmente pertencentes à divisão Basidiomycetes que formam basidiocarpos e possuem habilidade de degradar a lignina. Os fungos *Gloeophyllum striatum* e *Hexagonia hidinoide* foram encontrados em maior frequência nas estacas das espécies de manité e amarelão e com surgem com maior frequência no período chuvoso local. Corroborando com essa afirmação, Costa (2011), que a presença de fungos dos gêneros *Pycnoporus sanguineus*, *Hexagonia hydnoides*, *Trametes* sp. foram identificados na Bahia sendo coletados em povoamentos de eucalipto e apresentando maior densidade observada no período de inverno e em povoamentos de um a sete anos de idade.

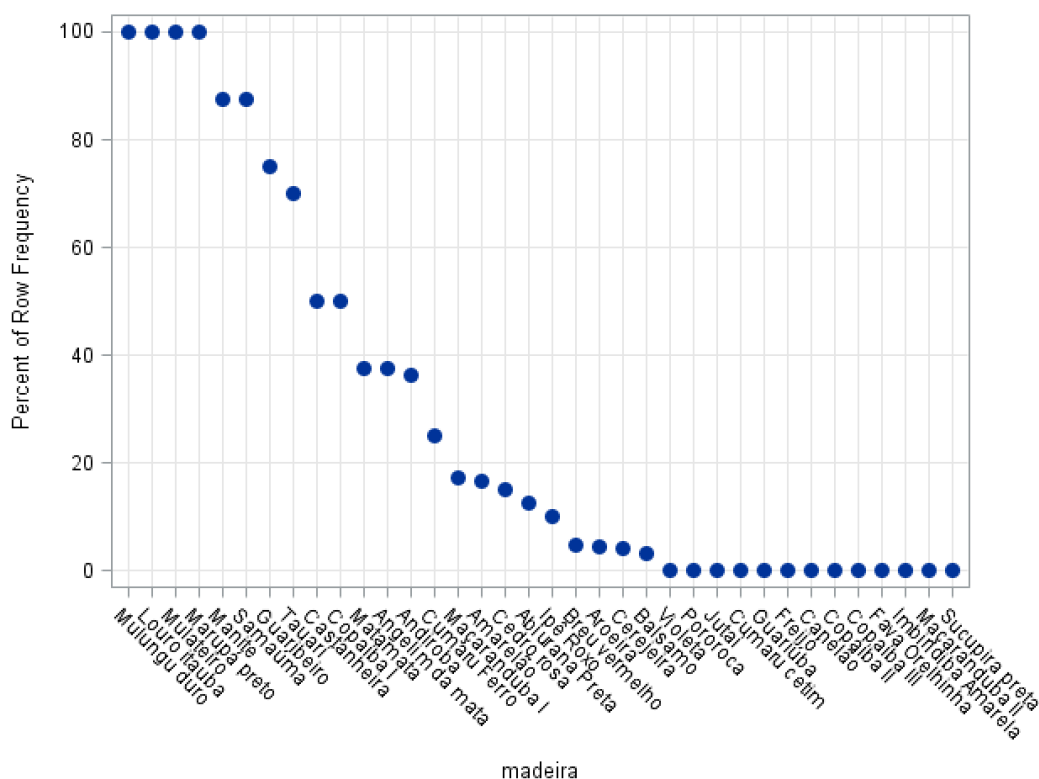
Silva *et al.*, (2014), avaliou a resistência natural de espécies de madeira da Caatinga usando o método de teste laboratorial acelerado de resistência à deterioração de madeiras. Os fungos mais agressivos neste teste foram *Postia placenta*, *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*. No experimento o fungo *Gloeophyllum trabeum*, dentro dos fungos considerados apodrecedores, foi o que teve maior ocorrência nas espécies do estudo.

Em relação aos térmitas foram identificadas 11 espécies de cupins de hábito subterrâneo nas coletas de campo. A

espécie de cupim *Heterotermes tenuis* apresentou maior ocorrência no campo de apodrecimento sendo registrada em 91,6% das espécies madeireiras avaliadas. A espécie madeireira mais atacada por *H. tenuis* foi o cedro rosa (*Cedrela odorata*) e a menos atacada foi o angelim-da-mata (*Hymenolobium petraeum*). As espécies canelão (*Aniba canelilla*), freijó (*Cordia trichotoma*) e a imbiridiba-amarela (*Terminalia amazonica*) não foram infestadas por cupins. As espécies são classificadas como madeiras de alta densidade, o que corrobora com a afirmação de Bodig & Jayne (1992), que dizem que com o aumento da densidade, proporcionalmente ocorre o aumento da resistência da madeira.

Na análise de sobrevivência e degradação das espécies podemos observar nos gráficos abaixo os índices de deterioração ao longo de 3 e 7 anos.

**Figura 2 - Índice de deterioração aos 3 anos.**



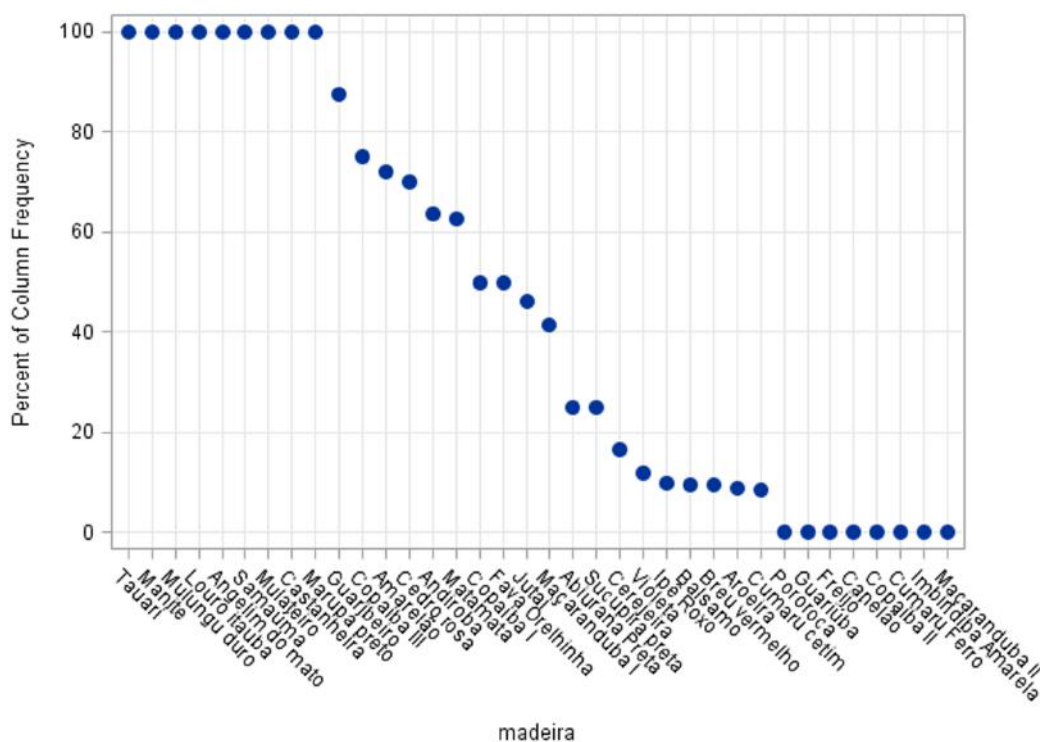
Fonte: Autoria Própria (2023).

Após avaliação ao longo do 3º ano, pode-se observar que as espécies que obtiveram o maior índice de degradação foram o mulungu duro (*Erythrina poeppigiana*), louro Itaúba (*Nectandra* sp.), mulateiro (*Calycophyllum spruceanum*), marupá preto (*Jacaranda copaia*). As quatro espécies obtiveram perda de 100% das amostras em campo de apodrecimento ao final do terceiro ano do experimento. Enquanto algumas espécies não apresentaram degradação ao final do terceiro ano, sendo elas: Violeta, Pororoca, Jutaí, Cumarú cetim, Guariúba, Freijó, Canelão, Copaíba II, Copaíba III, Fava Orelhinha, Imbiridiba Amarela, Maçaranduba II e Sucupira preta.

Já ao final do 7º ano, foi realizada uma nova avaliação e foi possível observar que as espécies que obtiveram degradação total foram Angelim da mata, Castanheira, Tauari, Manite, Samaúma. Já as espécies que não degradaram ao final do 7º ano foram: Pororoca, Guariúba, Freijó, Canelão, Copaíba II, Cumarú Ferro, Imbiridiba Amarela e Maçaranduba II.



**Figura 3 - Índice de deterioração aos 7 anos.**



Fonte: Autoria Própria (2023).

Foi possível observar que as espécies que apresentam as maiores massas específicas foram as espécies mais resistentes à degradação biológica em campo. Na análise da degradação das estacas verificou-se que as espécies madeireiras pertencentes ao grupo de alta massa específica e que apresentam coloração mais escura apresentaram menor degradação biológica o que pode estar associado à quantidade e ao tipo de extrativos presentes nessas espécies.

A densidade é um dos parâmetros que mais influenciam a durabilidade natural das madeiras tropicais, no entanto não há relação direta entre densidade e a resistência natural de algumas espécies tropicais. De acordo com Paes *et al.* (2007), ao testarem a resistência natural de sete espécies de madeiras a fungos xilófagos, chegaram a conclusão de que as madeiras de maior densidade foram as mais resistentes ao apodrecimento. No entanto a resistência natural dentro de uma mesma espécie, nem sempre está associada à densidade da madeira.

#### 4. Conclusão

Os fungos manchadores ocorreram em maior frequência em relação aos fungos apodrecedores. A intensidade de ataque dos fungos e cupins variou entre as espécies florestais estudadas. As espécies canelão (*Aniba canelilla*), freijó (*Cordia trichotoma*) e a imbiridiba-amarela (*Terminalia amazonica*) foram classificadas como altamente resistentes em relação ao ataque de fungos e cupins. As espécies madeireiras que apresentaram maior índice de degradação de estacas no campo, portanto uma menor durabilidade natural foram: Angelim do mato, Castanheira, Tauari, Manite, Samaúma, Louro itaúba, Marupá preto, Mulateiro e Mulungu duro. O estudo demonstrou ainda que a densidade das espécies madeireiras estudadas está diretamente relacionada com a sua resistência aos organismos de degradação biológica e durabilidade natural.

## Referências

- Araújo, H. J. B., Magalhães, W. L. E. & Oliveira, L. C. (2012). Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. *Acta Amazônica*, 42(1), 49-58. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100006>.
- Batista, F. G. (2020). *Resistência natural de madeiras de cinco espécies do bioma Caatinga em ensaio de campo*. 77f.: il. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Macaíba, RN.
- Bodig, J., & Jayne & B. A. (1992). *Mechanics of Wood and Wood Composites*. New York. Van Nostrand Reinhold Company Inc. 712 p.
- Canto, E. S. M., Cortez, A. C. A., Monteiro, J. S., Barbosa, F. R., Zelski, S. & Souza, J. V. B. (2020). Composition and diversity of fungal decomposers of submerged wood in two lakes in the Brazilian Amazon State of Pará. *International Journal of Microbiology* (PRINT), 1-9.
- Castro, V. G. DE., Guimarães, P. P., Carvalho, D. E., Souza, G. O. DE., Brochini, G. G., Azambuja, R. DA R., Rosa, T. S. DA., Rocha, M. P. DA., Loiola, P. L., Dias, P. C. & Pereira. K. T. O. (2018) *Deterioração e preservação da madeira*. Mossoró: EdUFERSA213p.
- Corassa, J. N., Pires, E. M., Andrade Neto, V. R. & Tariga, T. C. (2014) Térmitas associados à degradação de cinco espécies florestais em campo de apodrecimento. *Revista Floresta e Ambiente*, 21: 135-142.
- Costa, A. F. da., Vale, A. T. do., Gonzalez, J. C. & Souza, F. D. M. de. (2005). Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento. *Revista Floresta e Ambiente*. 12(1), 07 - 14.
- Costa, A. C. F., Marino, R. H., Silva, G. A., Almeida, T. A., Nascimento, K. S. D. & Mesquita, J. B. (2011). Ocorrência de fungos macroscópicos em povoamentos de eucalipto. *Natural Resources*, 1(1).
- Furtado, E. L. (2000). Microrganismos manchadores da madeira. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, 13(33), 91-96
- Jesus, M. A., Morais, J. W., Abreu, R. L. S & Cardias, M. F. C. (1998) Durabilidade natural de 46 espécies de madeiras amazônicas em contato com o solo em ambiente florestal. *Scientia Forestalis*, 54(1), 81-91.
- Lawless, J.F. (2002). *Statistical models and methods for time data*. John Wiley and Sons. 580p.
- Lee, E. T. (1992) *Statistical Methods for Survival Data Analysis*, Second Edition, John Wiley e Sons.
- Lepage, E. S. (1970). Método sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira. *Preservação de Madeiras*, 1, 205-216.
- Lopez, G. A. C., & Milano, S. Avaliação da durabilidade natural da madeira de produtos usados na sua proteção. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). *Manual de preservação de madeiras*. v. II. São Paulo: IPT. 1986. p. 45-49.
- Mattos, B. D., Gatto, D. A., Cademartori, P. H. G., Stangerlin, D. M. & Beltrame, R. (2013). Durabilidade a campo da madeira de três espécies de *Eucalyptus* tratadas por imersão simples. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8(4):648-655. 10.5039/ agraria. v8i4a3050.
- Paes, J. B., Melo, R. R. de. & Lima, C. R. de. (2007). Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. *Revista Cerne*, 13(2), 160-169.
- Santos, R. S. (2022). *Heterotermes tenuis* (Hagen) (Blattodea: Rhinotermitidae): Principal térmita associado a espécies florestais, em campo de apodrecimento de madeiras, em Rio Branco, Acre, Brasil. *Nativa*, 10, 327-332.
- Silva, L. F. da., Paes, J. B., Jesus Junior, W. C. de., Oliveira, J. T. da S., Furtado, E. L. & Alves, F. R., (2014). Deterioração da madeira de *Eucalyptus* spp. por fungos xilófagos. *Revista Cerne*.
- Stangerlin, D. M., Costa, A. F. da., Garlet, A. & Pastore, T. C. M. (2013). Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. *Revista Ciência da Madeira*, 4(1), 15-32.
- Teacă, Carmen-Alice., Mustață, D. R., Mustață, F., Rusu, T., Roșu, L., Roșca, I. & Varganici, Cristian-Dragoș. (2019). Natural Bio-Based Products for Wood Coating and Protection against Degradation: A Review. *BioResources*.