



Brocas marinhas e a biodeterioração da madeira no Brasil: uma revisão sistemática

Tarcila Rosa da Silva LINS^{1*}, Thiago Cardoso SILVA¹,
Emmanoella Costa Guaraná ARAUJO², Márcio Pereira da ROCHA¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

²Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, RO, Brasil.

*E-mail: lins.tarcila@gmail.com

(ORCID: 0000-0002-5809-6741; 0000-0001-6553-4204; 0000-0002-4493-904X; 0000-0002-5420-8478)

Submetido em 27/06/2022; Aceito em 27/10/2022; Publicado em 01/11/2022.

RESUMO: Esse artigo objetivou realizar a compilação das publicações relacionadas a biodeterioração da madeira em ambiente marinho no Brasil até 2019, apresentando uma revisão bibliométrica e o estado da arte sobre este tema. A pesquisa foi realizada utilizando três bases de dados: *Scielo*, *Web of Science* e *Scopus*. Os artigos passaram por uma triagem resultando em 17 documentos. Os principais parâmetros de avaliação foram as instituições que contribuíram para a pesquisa; distribuição das publicações ao longo dos anos; objetivo da pesquisa; e se o tema tecnologia da madeira foi abordado. O primeiro registro de publicações com brocas marinhas no Brasil foi na década de 1980, mas não houve um aumento de produção científica ao longo dos anos. Além disso, nenhum dos estudos avaliados teve a biodeterioração e preservação da madeira como foco, sendo mais direcionados para tópicos como ecologia, fisiologia e taxonomia dos xilófagos marinhos. Existe a necessidade estimular pesquisas voltadas para a biodeterioração e preservação da madeira relacionadas a brocas marinhas, tendo em vista a lacuna de estudos com esse tema, bem como a importância desses organismos no âmbito ambiental e econômico.

Palavras-chave: xilófagos marinhos; preservação da madeira; moluscos; crustáceos.

Marine borers and wood biodeterioration in Brazil: a systematic review

ABSTRACT: This paper aims to carry out a compilation of publications on wood biodeterioration by marine borers in Brazil until 2019. It presents a bibliometric review and offers the state of the art on the subject. The research was carried out in three databases: *Scielo*, *Web of Science* and *Scopus*. The articles were screened resulting in 17 documents. The main evaluation parameters were the institutions that contributed to the research; distribution of publications over the years; aims; and if the subject wood technology was addressed. The analysis suggests that the first record on the subject dates from the 1980s, but there is no increase of studies published over the years. In addition, none of the studies focus on wood biodeterioration and preservation, being more directed towards topics such as ecology, physiology, and taxonomy of marine xylophages. There is a need to encourage research focused on wood biodeterioration and preservation related to marine borers, given the lack of studies on this topic, as well as the importance of these organisms in the environmental and economic sphere.

Keywords: marine xylophages; wood preservation; molluscs; crustaceans.

1. INTRODUÇÃO

Por ser um material biológico, a madeira está sujeita ao processo de biodeterioração. Isto pode acontecer tanto em ambiente terrestre quanto em ambiente marinho, porém cada organismo tem sua forma de ação. Em ambiente marinho, a madeira é deteriorada por indivíduos popularmente conhecidos como brocas marinhas, que têm como representantes espécies de moluscos e crustáceos (WALKER, 2006).

Os danos causados pelas brocas marinhas estão relacionados ao apodrecimento e perda de área em madeira que a estrutura sofre. Os moluscos penetram na madeira e abrem túneis no interior dela, o que em casos mais avançados, compromete o bom funcionamento do material, levando ao colapso ou quebra (LINS et al., 2021). Por outro lado, os crustáceos causam danos de uma maneira diferente, mas que também levam ao apodrecimento e perda de área em

madeira, a ponto de enfraquecer a estrutura. Sua forma de ação se dá em conjunto, no sentido de fora para dentro da madeira, ocasionando a erosão da porção deteriorada (CLAUSEN, 2010).

Os moluscos xilófagos são de grande interesse para estudos devido à algumas características como a sua capacidade de degradar materiais lignocelulósicos, a importante função no ciclo de carbono marinho (DISTEL et al., 2011). Apesar desta influência ecológica fundamental para a ciclagem de nutrientes no ambiente marinho, estão constantemente relacionados a prejuízos financeiros devido aos danos causados em estruturas de madeira (VAROTTO; BARRETO, 1998; BORGES, 2014).

Segundo Distel et al. (2011), os prejuízos associados aos moluscos somam mais de um bilhão de dólares quando se consideram os danos em estruturas fixas, navios e equipamentos de pesca, sendo os principais degradadores de

madeira em águas rasas, sejam elas tropicais ou temperadas. Em relação aos crustáceos, a família Limnoriidae é a mais associada ao impacto econômico. Os autores Borges et al. (2014) mencionam esta família e destacam as espécies *Limnoria lignorum* (Rathke), *L. quadripunctata* Holthuis e *L. tripunctata* Menzies como as mais expressivas. Não foram encontradas informações que mencionem o levantamento dos danos causados por esses xilófagos no Brasil.

Em países da Europa (como Alemanha e Portugal), Reino Unido e nos Estados Unidos, existe uma maior quantidade de estudos voltados para a proteção da madeira em ambiente marinho com enfoque na resistência da madeira contra a ação das brocas marinhas (ERIKSEN et al., 2014; CHARLES et al., 2016), bem como em testar a eficácia de produtos preservativos (BORGES, 2014; KLÜPPEL et al., 2015). Por outro lado, no Brasil, as pesquisas desenvolvidas com xilófagos marinhas têm um foco maior no viés ecológico destes organismos (JUNQUEIRA et al., 1989; LOPES; NARCHI, 1997). Nestes trabalhos, a madeira é utilizada apenas como substrato para a captura destes animais, seja na sua forma sólida (SANTOS FILHO et al., 2008; ANDRADE et al., 2013) ou como painéis reconstituídos (BARRETO et al., 2000; MALDONADO; SKINNER, 2016).

Sendo assim, apesar da importância dessas pesquisas direcionadas para a biodeterioração e preservação da madeira, essas informações ainda são insuficientes no Brasil. Até o presente momento no Brasil, apenas duas dissertações foram feitas com enfoque na tecnologia da madeira. Serpa (1978) verificou a resistência natural de madeiras de diferentes espécies de madeira contra a ação de brocas marinhas em Recife (PE) e sugeriu que a presença da sílica pode fornecer maior resistência à madeira. Lins (2020) testou diferentes tratamentos alternativos no litoral paranaense e os que apresentaram melhores desempenhos foram os de borracha impermeabilizante com e sem a adição de sílica. Além destes, outras pesquisas foram desenvolvidas para estudo da preservação da madeira (SERPA, 1980) e para o desenvolvimento de uma metodologia de quantificação da perda de área causada por brocas marinhas (LINS et al. 2021).

Considerando a escassez de material bibliográfico sobre a ação das brocas marinhas na madeira, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma pesquisa bibliográfica sobre biodeterioração da madeira causadas por brocas marinhas no Brasil, com dados obtidos até o ano de 2019. A pesquisa também buscou apresentar uma revisão bibliométrica e o estado da arte do tema.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Revisão bibliométrica

Para realizar a revisão bibliométrica sobre biodeterioração por organismos xilófagos marinhas no Brasil, foram analisadas as publicações realizadas sobre o tema, indexadas nas bases de dados *Scopus*, *Scielo* e *Web of Science*. Para tanto, foram utilizados os termos “*brocas marinhas*”, “*marine borer*”, “*shipworm*”, “*marine drills*”, “*Teredinidae*”, “*Limnoriidae*”, “*Teredo*”, “*Pholadidae*”, seguidos dos estados do Brasil, bem como o termo “*Brazil*”, em títulos, resumos e palavras-chave.

A sequência de termos utilizada na pesquisa foi: TITLE-ABS-KEY(“*brocas marinhas*” OR “*marine borer*” OR “*shipworm*” OR “*marine drills*” OR “*Teredinidae*” OR

“*Limnoriidae*” OR “*Teredo*” OR “*Pholadidae*”) AND TITLE-ABS-KEY (acre OR alagoas OR amapá OR amapa OR amazonas OR bahia OR ceará OR ceara OR “Distrito Federal” OR “Espírito Santo” OR “Espírito Santo” OR goiás OR goias OR maranhão OR maranhao OR “Mato Grosso” OR “Mato Grosso do Sul” OR “Minas Gerais” OR pará OR para OR paraná OR parana OR paraíba OR paraiba OR pernambuco OR piauí OR piaui OR “Rio de Janeiro” OR “Rio Grande do Norte” OR “Rio Grande do sul” OR Rondônia OR Rondonia OR Roraima OR “Santa Catarina” OR “São Paulo” OR “Sao Paulo” OR Sergipe OR Tocantins OR Brasil OR Brazil). Com o objetivo de realizar caracterização por décadas, foram avaliados todos os trabalhos com publicação até o ano de 2019.

Todos os trabalhos foram acessados pelo respectivo portal de indexação e lidos integralmente, com o intuito de identificar os textos que de fato estavam relacionados com o tema. Além disso, esta revisão busca a realização de uma amostragem das pesquisas publicadas, não um senso de todos os trabalhos publicados do princípio até os dias atuais, visto que pode haver periódicos sem indexação ou que façam parte de outras bases de dados. Além disso, no Brasil os periódicos selecionados para esta revisão fazem parte do sistema de classificação de agências de pesquisas, principalmente dos Programas de Pós-Graduação.

Os critérios de seleção foram: (1) trabalhos realizados em território brasileiro; (2) pesquisas relacionadas aos organismos xilófagos. Apenas os trabalhos que atenderam aos critérios foram selecionados para as análises seguintes. Após classificação foram identificados os seguintes pontos: (a) ano de publicação; (b) instituição de afiliação e nacionalidade dos autores; (c) agências e instituições de fomento dos trabalhos; (d) periódicos das publicações; (e) tipo de publicação por documento. Estes dados foram tabulados para confecção dos gráficos referentes a cada parâmetro.

2.2. Estado da arte

Após a seleção dos documentos, foi realizada uma revisão sistemática para confecção do estado da arte, gerando um banco de dados sobre o foco do estudo, tipo de coleta, espécies mais estudadas, profundidade da coleta, salinidade e temperatura da água. Para tanto foi realizada uma análise bibliométrica para julgamento quantitativo das informações. Os dados foram agrupados por indicadores bibliométricos, e apresentados em forma de gráficos e Tabelas.

3. RESULTADOS

3.1. Revisão bibliométrica

A partir da pesquisa realizada utilizando os termos escolhidos, o *Scopus* retornou como resultado 18 publicações, a plataforma *Scielo* retornou 15 trabalhos e *Web of Science* com 17 publicações. Depois de classificadas a partir dos critérios utilizados nesta revisão, a quantidade de publicações que passaram a ser o objeto de estudo foram de 12 para a plataforma *Scopus*, 11 na *Scielo* e 14 na *Web of Science*. Considerando que alguns trabalhos apareceram em mais de uma plataforma, foram selecionadas 17 publicações sem repetições (Tabela 1).

Tabela 1. Lista de publicações relacionadas ao tema “brocas marinhas no Brasil” nas bases de dados *Scopus*, *Scielo* e *Web of Science*, até 2019.
Table 1. List of publications related to the theme “marine borers in Brazil” in *Scopus*, *Scielo* and *Web of Science* databases, until 2019.

Título	Referência	Tipo
Distribuição vertical de Teredinidae (Mollusca, Bivalvia) em Portogallo, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brasil	Silva et al. (1988)	Artigo científico
Avaliação da infestação e diversidade de Teredinidae (Mollusca - Bivalvia) ao longo da costa do estado do Rio de Janeiro, Brasil	Junqueira et al. (1989)	Artigo científico
A comparative study of the methods used to evaluate the activity of Teredinidae molluscs	Junqueira et al. (1991)	Artigo científico
Ascomycetous yeast communities of marine invertebrates in a Southeast Brazilian mangrove ecosystem	Araujo et al. (1995)	Artigo científico
Recrutamento larval e crescimento de Teredinidae (mollusca-bivalvia) em região entremarés de manguezais	Lopes e Narchi (1997)	Artigo científico
Colonization of artificial substrata by teredinid larvae released from a previously infested focus at Ilha Grande Bay, RJ	Varotto; Barreto, (1998)	Artigo científico
The effect of low salinity on teredinids	Barreto et al. (2000)	Artigo científico
Distribution of wood-boring bivalves in the Mamanguape River estuary, Paraíba, Brazil	Leonel et al. (2002)	Artigo científico
Taxonomic implications of molecular studies on Northern Brazilian Teredinidae (Mollusca: Bivalvia) specimens	Santos et al. (2005)	Revisão de literatura
The interference of methods in the collection of teredinids (Mollusca, Bivalvia) in mangrove habitats	Leonel et al. (2006)	Artigo científico
Seasonal abundance of the shipworm <i>Neoteredo reynei</i> (Bivalvia, Teredinidae) in mangrove driftwood from a northern Brazilian beach	Santos Filho et al. (2008)	Artigo científico
Functional anatomy of <i>Bankia fimbriatula</i> Moll & Roch, 1931 (Bivalvia: Teredinidae)	Martins-Silva; Narchi, (2008)	Artigo científico
Physiological traits of the symbiotic bacterium <i>Teredinibacter turnerae</i> isolated from the mangrove shipworm <i>Neoteredo reynei</i>	Trindade-Silva et al. (2009)	Artigo científico
A comparative study of the Bivalvia (Mollusca) from the continental shelves of Antarctica and Brazil	Passos; Magalhães, (2011)	Revisão de literatura
Spatial and temporal variation in the abundance and taxonomic composition of estuarine and terrestrial macrofauna associated with mangrove logs	Andrade et al. (2013)	Artigo científico
Ocorrência e recrutamento larval de Teredinidae (Mollusca, Bivalvia) na região do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil	Moraes et al. (2015)	Artigo científico
Differences in the distribution and abundance of Teredinidae (Mollusca: Bivalvia) along the coast of Rio de Janeiro state, Brazil	Maldonado; Skinner, (2016)	Artigo científico

De acordo com as informações presentes na Tabela 1 em relação ao tipo de publicação sobre o tema, a maior parte é composta por artigos científicos (94,11%), sendo também registrada a ocorrência de publicações do tipo revisão de literatura (5,88%). Os primeiros registros de publicações que constam nas bases de dados são dos anos 1988, 1989 e 1991, todos produzidos por pesquisadores vinculados ao Departamento de Biologia Marinha da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Foi observado que não houve continuidade entre os anos de publicação, com intervalos irregulares entre os trabalhos (Figura 1A). Considerando a distribuição destas publicações por décadas (Figura 1B), observa-se um crescimento entre os

registros na década de 1990, que apresentou o dobro da quantidade das publicações dos anos 1980; já entre 2000 e 2010, foi observado o maior número de publicações dentre as quatro décadas analisadas. Na década seguinte, a quantidade de publicações reduziu mais de 40%.

Foram identificadas 10 instituições as quais os autores estão vinculados (Figura 2), sendo todas elas nacionais e distribuídas nas cinco regiões do Brasil. Entretanto, a maior concentração está situada na região Sudeste, mais precisamente no eixo Rio-São Paulo, com quatro representantes. Nestas publicações foi registrada a participação de 36 autores (Figura 3), sendo seis deles os que mais contribuíram com mais de três manuscritos.

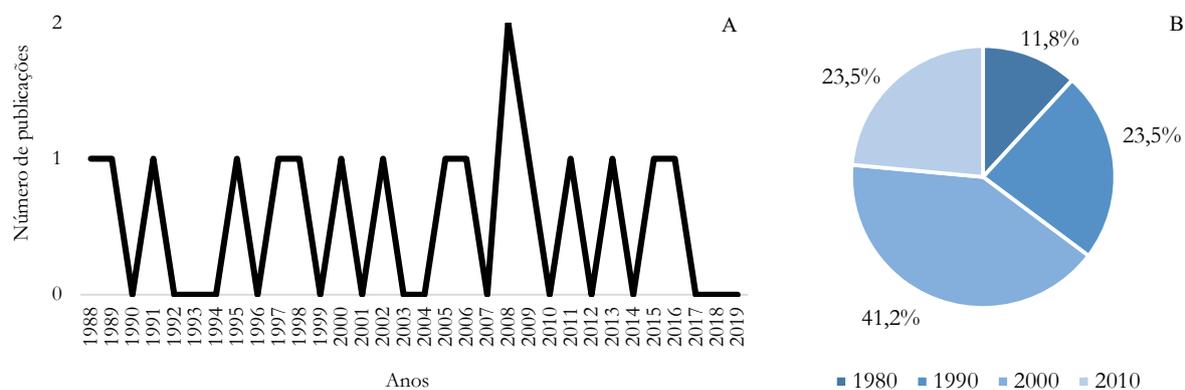


Figura 1. Número de publicações sobre organismos xilófagos marinhos no Brasil até 2019; A: por ano; B: por década.
Figure 1. Number of publications on marine xylophagous organisms in Brazil until 2019; A: per year; B: per decade.



Figura 2. Instituições de afiliação dos autores das publicações sobre organismos xilófagos marinhos no Brasil até 2019.
 Figure 2. Institutions of affiliation of authors of publications on marine xylophagous organisms in Brazil until 2019.

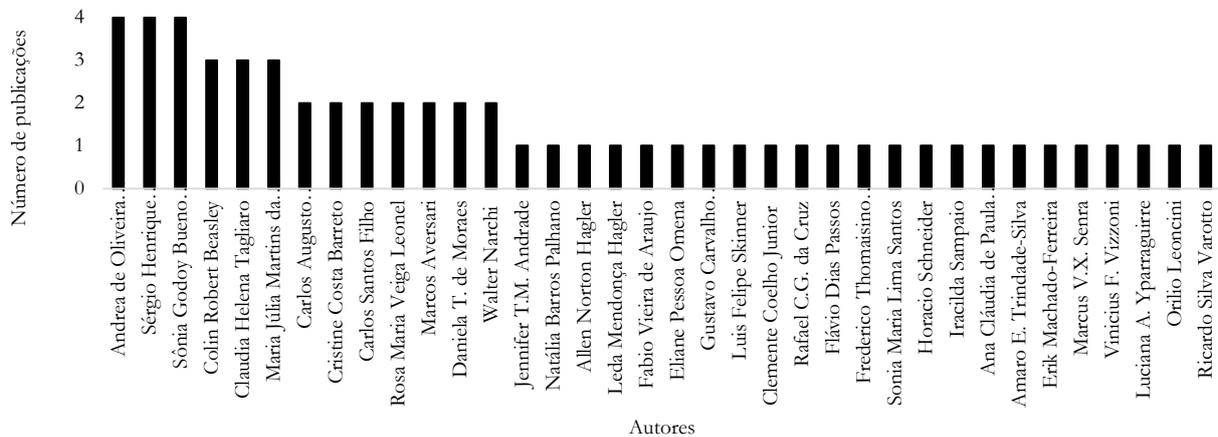


Figura 3. Autores das publicações sobre organismos xilófagos marinhos no Brasil até 2019.
 Figure 3. Authors of publications on marine xylophagous organisms in Brazil until 2019.

Ao todo, foram identificadas oito instituições e agências financiadoras das publicações avaliadas, contribuindo 22 vezes com o fomento dessas pesquisas (Figura 4). Destas, 87,5% são brasileiras e apenas 12,5% internacionais. Vale ressaltar que cinco publicações não mencionaram se houve algum auxílio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

A partir do escopo dos periódicos, observou-se o enfoque geral em Biologia, sendo alguns mais específicos para subáreas como Oceanografia, Biologia Marinha e Zoologia. Na figura 5 estão listados todos os periódicos presentes nesta revisão, destacando a revista Iheringia com maior quantidade de pesquisas publicadas (3).

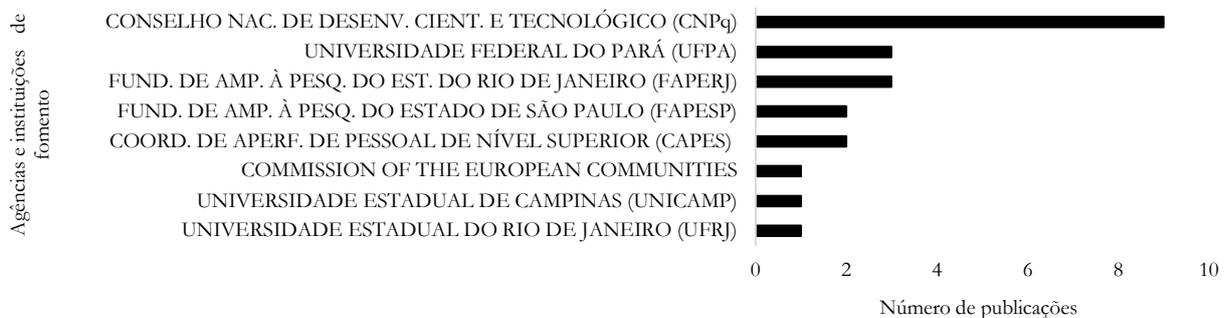


Figura 4. Agências e instituições que fomentaram pesquisas sobre organismos xilófagos marinhos no Brasil até 2019.
 Figure 4. Funding sponsor agencies and institutions of research on marine xylophagous organisms in Brazil until 2019.



Figura 5. Periódicos de publicações e áreas de pesquisa sobre organismos xilófagos marinhos no Brasil até 2019.
Figure 5. Journals of publications and search areas on marine xylophagous organisms in Brazil until 2019.

Foi identificado que estes documentos foram publicados em 11 periódicos distintos, observando-se que apesar de poucos trabalhos encontrados, a distribuição da informação não se encontra concentrada em um único periódico. Em relação à nacionalidade das revistas onde os trabalhos foram publicados, 63,4% são brasileiras (Figura 6), apesar disso, a maior parte das produções (76,47%) foram publicadas na língua inglesa.

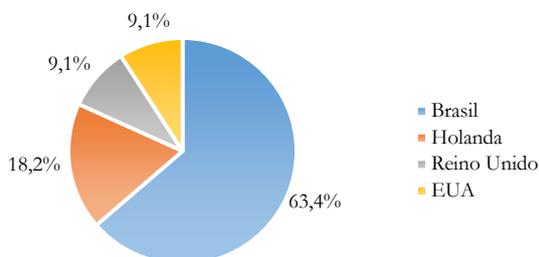


Figura 6. Nacionalidades dos periódicos de publicações sobre organismos xilófagos marinhos no Brasil até 2019.
Figure 6. Nationalities of journals of publications on marine xylophagous organisms in Brazil until 2019.

3.2. Estado da arte

Foi observado que todos os periódicos estão dentro das grandes áreas da Biologia e Oceanografia, com relação direta às subáreas como da Biologia Marinha e Ecologia Marinha. A Figura 7 apresenta de forma detalhada quais foram os principais focos dos estudos, observando-se que a maior parte dos periódicos analisados abordam temas relacionados à Ecologia Marinha.

Em relação à ocorrência dos xilófagos, a maior quantidade de espécies encontradas pertence à família Terediniidae (16), cuja espécie mais citada em publicações foi *Bankia fimbriatula* (Tabela 1). As outras famílias que aparecem nos trabalhos são as Pholadidae e Limnoriidae, porém com pouca expressão.



Figura 7. Temas abordados nas publicações sobre xilófagos marinhos no Brasil até 2019.
Figure 7. Topics covered on publications on marine xylophagous organisms in Brazil until 2019.

Tabela 2. Espécies de xilófagos marinhos encontradas nos trabalhos analisados sobre brocas marinhas no Brasil até 2019.
Table 2. Species of marine xylophages found in the analyzed works on marine borers in Brazil until 2019.

Família	Espécies	N.
Terediniidae	<i>Bankia fimbriatula</i>	10
	<i>Lyrodus floridanus</i>	7
	<i>Bankia gouldi</i>	7
	<i>Neoteredo reynei</i>	7
	<i>Teredo furcifera</i>	6
	<i>Teredo bartschi</i>	5
	<i>Nausitora justicula</i>	5
	<i>Nototeredo knoxi</i>	4
	<i>Lyrodus massa</i>	3
	<i>Bankia carinata</i>	3
	<i>Teredo navalis</i>	3
	<i>Bankia destructa</i>	2
	<i>Psiloteredo healdi</i>	2
	<i>Bankia campanellata</i>	2
	<i>Lyrodus affinis</i>	1
	<i>Bankia rochi</i>	1
Pholadidae	<i>Martesia striata</i>	1
Limnoriidae	<i>Limnoria tripunctata</i>	1

N. – Número de publicações em que a espécie foi citada.

Quanto às metodologias utilizadas pelos autores, foram observadas nesta revisão características como os tipos dos coletores (iscas), as espécies florestais utilizadas para produzi-los; o tempo de duração de cada experimento e a profundidade determinada para a avaliação. A partir dessas informações, foi possível entender a finalidade da madeira nos estudos realizados.

Os tipos de coletores mais utilizados foram os de painéis reconstruídos, estando presentes em 29,41% das metodologias. Nenhum dos autores relatou a presença de adesivos ou qualquer outro tipo de substância na montagem desses painéis, sendo majoritariamente formado apenas pelas lâminas de madeira, fixadas por braçadeiras (SILVA et al., 1988; JUNQUEIRA et al., 1989; JUNQUEIRA et al., 1991; LOPES; NARCHI, 1997; BARRETO et al., 2000), parafusos (VAROTTO; BARRETO, 1988) ou pressionadas entre placas de acrílico (MORAES et al., 2015) ou plástico (MALDONADO; SKINNER, 2016). Os experimentos utilizando madeira sólida e a sua combinação com o uso de painéis, tiveram o mesmo percentual de ocorrência nos trabalhos, sendo 17,65% em ambos os casos. As madeiras mais utilizadas como coletores foram as próprias espécies do mangue (*Avicennia schaueriana*, *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*) presentes na área de coleta (35,29%), seguido por *Araucaria* sp. (29,41%). Em relação ao tempo de exposição, houve uma variação nos períodos utilizados, sendo os mais recorrentes: 12 meses (23,53%), 24 meses (11,76%) e 3 meses (11,76%).

4. DISCUSSÃO

4.1. Revisão bibliométrica

Observa-se a predominância de autores vinculados a Universidades públicas de ensino, pesquisa e extensão estaduais e federais. Além disso, foram identificados que parte desses autores também estão vinculados a institutos de pesquisas pertencentes às Universidades públicas, o que ressalta a importância destas na contribuição científica, sendo eles: Instituto de Estudos Costeiros (UFPA), Instituto de Microbiologia (UFRJ), Instituto de Biologia (UFRJ), Instituto de Biociências (USP), Instituto de Ciências Biológicas (UFPE) e Instituto de Biologia (UNICAMP). Como já discutido anteriormente, a maior parte destes institutos pertence ao Eixo Rio-São Paulo, contribuindo com a maior quantidade de publicações. A presença destes centros de pesquisa colabora com o estudo dos ecossistemas marinhos, cujos trabalhos avaliados têm como objetivos observar o comportamento, a fisiologia, a ecologia, a distribuição e a taxonomia do xilófagos marinhos.

A maior concentração de manuscritos veio da região Sudeste, mais precisamente do Polo Rio-São Paulo, o que pode estar associado ao maior número de institutos de pesquisa localizados nessa região. Esse maior número de publicações também pode estar relacionado aos autores que mais publicaram (Figura 3), uma vez que três daqueles com maior número de publicações estão vinculados às instituições UFRJ e USP, ambas localizadas na região Sudeste do Brasil. Vale ressaltar ainda que o estímulo financeiro também teve destaque na região Sudeste, tendo a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) como uma das que mais contribuiu para custear pesquisas entre os manuscritos analisados neste trabalho, além do CNPq que atua a nível nacional, consequentemente, contemplando a região Sudeste.

A princípio, a produção de moluscos no Brasil era predominante principalmente nas regiões Sul e Sudeste, o que pode ter sido um dos principais motivos para a quantidade de pesquisas desenvolvidas na região Sudeste e contribuído para a concentração maior de publicações vinculadas a essa região. O cultivo de moluscos como atividade econômica teve início na década de 1990, mas mesmo após todos esses anos, a região Sul apresenta o maior percentual da produção nacional, seguida pela região Sudeste (CAVALLI; FERREIRA, 2010).

Como essa atividade teve início na década de 1990, o efeito do impacto surgiu nos anos seguintes, pois por se tratar de algo novo, ainda não havia diretrizes para gerir esse setor produtivo. Segundo Galvão et al. (2009), muitos pesquisadores estiveram envolvidos em atividades de monitoramento, principalmente para avaliar a qualidade da água e dos peixes. Assim, foi necessário realizar estudos para avaliar esses impactos, o que pode explicar o aumento significativo de publicações relacionadas ao tema na década de 2000.

A criação de legislação adequada para direcionar a produção de moluscos é outro marco importante, que pode ter estimulado ainda mais a produção científica nesse campo de pesquisa. No período compreendido entre as décadas de 1990 e 2000, foi sancionada a Portaria do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) nº 1.747 para regulamentar a coleta de sementes de moluscos bivalves (BRASIL, 1996); Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 237/97 sobre licenciamento ambiental (BRASIL, 1997b); Lei 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997a); Portaria IBAMA nº 136 que estabelece as diretrizes para a regulamentação da aquicultura (BRASIL, 1998b) e Lei nº 9.605/98 que dispõe sobre sanções penais e administrativas para crimes ambientais (BRASIL, 1998a). Além dessas, também foram sancionadas diretrizes específicas para a gestão de corpos d'água, como o Decreto nº 4.895, que determina o que é necessário para a autorização do uso de corpos d'água (BRASIL, 2003) e a Norma Interministerial nº 06, que complementa o Decreto nº 4.895 (BRASIL, 2003).

Quanto ao apoio financeiro, o maior percentual de investimento veio de agências nacionais, reafirmando a importância da contribuição para o desenvolvimento de trabalhos científico no território brasileiro. As três agências que mais contribuíram com os trabalhos foram o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e a Universidade Federal do Pará (UFPA). Estas agências são de grande importância para a pesquisa nacional, uma vez que financiam projetos de ensino, pesquisa e extensão para alunos de graduação, bem como a concessão de bolsas de estudos para a realização de projetos de pós-graduação, nos níveis de mestrado, doutorado e pós-doutorado. Apesar disso, o CNPq apresentou uma quantidade consideravelmente maior de contribuições em publicações quando comparada às outras duas, possivelmente por estar vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações em nível nacional, enquanto as demais atuam em seus respectivos estados.

As primeiras iniciativas nacionais e internacionais com interesse na proteção do meio ambiente e da zona costeira no Brasil surgiram na década de 1970, com a instituição da

Comissão Interministerial para os Recursos do Mar - CIRM (SCHERER et al., 2010). Os mesmos autores ressaltam que essa comissão foi composta por representantes de oito ministérios, além da Secretaria de Planejamento e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Assim, esse vínculo entre o CNPq e a Comissão também pode ter influenciado o CNPq a ter contribuído para um maior número de publicações em relação aos demais presentes na Figura 4 apresentada nos resultados.

Além disso, também foi observado que a maior parte dos periódicos onde os artigos desta revisão foram publicados eram brasileiros, o que pode ser um reflexo da especificidade geográfica dos resultados obtidos, uma vez que muitos desses estudos descrevem o comportamento das espécies ao longo da costa brasileira. Apesar disso, a 76,47% dessas produções foram divulgadas em inglês, o que pode contribuir para alcançar uma quantidade maior de leitores, principalmente de países estrangeiros, uma vez que o idioma português não é predominante em tantos países como o inglês.

4.2. Estado da arte

Considerando os artigos encontrados nas plataformas utilizadas por este estudo, foi observado que nenhum deles se encaixava diretamente na linha de pesquisa de Tecnologia de Produtos Florestais com enfoque na biodeterioração madeira, sendo todos voltados para o estudo da Ecologia. Embora sejam poucos, existem estudos que abordam a temática no Brasil relacionando-a com a tecnologia da madeira, como o de Serpa (1980), indexado em outra base de dados. Por ser um trabalho com mais de 40 anos, fica explícita a necessidade de realização de novas pesquisas que avaliem os danos causados por brocas marinhas, bem como métodos de preservação das madeiras.

Há uma razão que pode explicar por que os estudos voltados à ecologia marinha são mais expressivos, principalmente na região Sudeste. Essa região se destaca na produção pesqueira marinha, mas também sofre com a grande carga de efluentes tóxicos da atividade industrial, como na Baía de Guanabara (RJ), onde estão localizadas mais de 6.000 indústrias (SCHERER et al., 2010). Ainda segundo Scherer et al. (2010), em janeiro de 2000 a Baía de Guanabara sofreu grande impacto devido a um derramamento de mais de 1,34 milhão de litros de óleo em sua extensão. Além disso, como os moluscos são agentes filtrantes no ambiente marinho, estão diretamente relacionados ao monitoramento da qualidade da água (GALVÃO et al., 2009).

Quando se compara com a quantidade de informação obtida sobre outros organismos xilófagos, percebe-se o quanto o nicho das brocas marinhas dentro da biodeterioração da madeira está desatualizado. Atualmente os pesquisadores já possuem as informações necessárias para realizar testes em condições de laboratório sobre fungos e insetos, principalmente fungos apodrecedores e cupins (FREITAS et al., 2020; WIEJAK; FRANCKE, 2021; HADI et al., 2022). Essas informações podem facilitar no desenvolvimento de produtos preservativos e na comprovação de sua eficácia. No entanto, não foram encontrados registros de estudos semelhantes com brocas marinhas no Brasil, mas esses testes já são realizados em outros países (BORGES et al., 2009; SIVRIKAYA et al., 2009).

Pesquisas relacionadas à resistência natural da madeira e o uso de produtos conservantes e técnicas construtivas para

aumentar sua durabilidade são de grande importância, pois contribuem para avanços tecnológicos na preservação da madeira. A obtenção dessas informações ajuda a aumentar a vida útil do material em serviço, evitando acidentes súbitos por deterioração da estrutura, bem como as perdas financeiras associadas. Além disso, a melhoria da qualidade da madeira por meio de métodos e produtos preservativos pode incentivar o uso do material para construções marítimas, que muitas vezes acaba sendo rejeitado devido à sua baixa resistência à ação de xilófagos em relação a materiais como aço e concreto (BORGES, 2014).

Até o momento, não existe nenhuma norma nacional que determine as direções para desenvolver pesquisas com brocas marinhas no Brasil, sendo a EN 275 (1992) a única fonte de informações deste tipo. A necessidade de uma norma brasileira é de grande importância, uma vez que boa parte das pesquisas são realizadas em condições de campo, com grande influência das condições do local. Por este motivo, não é possível seguir completamente a norma europeia, uma vez que os dois continentes apresentam condições ambientais completamente diferentes no que diz respeito à temperatura da água. Que é um fator determinante para a atividade e ocorrência dos xilófagos marinhos (BASTIDA; TORTI, 1972; STEINMAYER; TURFA, 1996).

A escassez de trabalhos se mostra mais evidente quando o Brasil é comparado com o resto do mundo. Quando os termos que remetem ao Brasil são removidos, a quantidade de trabalhos aumenta em 56 vezes na plataforma Scopus, sem a realização da triagem. Estes dados podem ser justificados pelos avanços das pesquisas em outros países, como os pertencentes ao continente Europeu. Neste continente, destacam-se os pesquisadores da Alemanha (KLÜPPEL et al., 2015; EMMERICH et al., 2020), da França (CHARLES et al., 2016), do Reino Unido e de Portugal (BORGES et al., 2009; BORGES, 2014).

Além da falta de pesquisas para aumentar a durabilidade da madeira, percebe-se também que não são produzidos artigos que quantifiquem financeiramente as perdas ligadas à ação das brocas marinhas na costa brasileira. Muito dinheiro é gasto tentando evitar o ataque desses organismos, através do uso de métodos de preservação, mas também para realizar reparos nas estruturas (FODERARO, 2011; HU, 2019). Em outros países, ocasionalmente são divulgadas informações ao longo dos anos, o que ajuda a dar uma ideia da magnitude dos gastos gerados. Um exemplo disso são situações que ocorreram nos EUA, Milwee Jr; Aichele, (1985) categorizaram a deterioração como um dos principais tipos de danos às estruturas marinhas, além de citar as brocas marinhas como o principal problema relacionado às estruturas de madeira. Os autores também mencionaram que, no período em que seu estudo foi realizado, os danos às estruturas de madeira geravam um prejuízo de cerca de US\$ 500 milhões anuais e sugeriram investir na preservação da madeira para tentar melhorar esse cenário.

Atualmente, os casos relatados sobre o assunto nos EUA ocorreram mais precisamente nas cidades de Nova York e Nova Jersey, nas quais o jornal The New York Times noticiou os gastos nos anos de 2011 e 2019. As reportagens destacaram o custo de US\$ 65 milhões para substituir 14.000 estacas de madeira localizadas no East River Park, mais de US\$ 200 milhões para cobrir 12.000 estacas no Brooklyn Bridge Park e US\$ 6,2 milhões para o revestimento de 300 estacas localizadas em portos (FODERARO, 2011; HU, 2019).

No Reino Unido, na década de 2000, os autores Williams et al. (2005) afirmam que os gastos com proteção contra inundações na região costeira da Inglaterra e País de Gales chegam a cerca de £ 500 milhões por ano, com £ 10 milhões por ano destinados apenas a estruturas de madeira. Williams et al. (2005) ainda afirmam que se o setor portuário e marítimo for considerado, estimasse que os gastos com estruturas de madeira na engenharia naval possam ultrapassar £20 milhões por ano.

De forma geral, nos estudos que foram avaliados nesta revisão, a madeira funciona apenas como uma isca para coletar os organismos xilófagos de interesse. Foi observado que o tipo de coletor varia entre painéis de madeira (MALDONATO; SKINNER, 2016; SILVA et al., 1988; BARRETO et al., 2000) e corpos de prova de madeira sólida (LEONEL et al., 2006; ANDRADE et al., 2013). Entretanto, quanto à madeira sólida, foi mais comum o aproveitamento de troncos pré-existentes de espécies do mangue (MORAES et al., 2015; TRINDADE-SILVA et al., 2009; SANTOS FILHO et al., 2008; ARAUJO et al., 1995; JUNQUEIRA et al., 1989). Em alguns casos, os autores utilizaram mais de um tipo de coletor, utilizando como iscas madeira sólida e painéis (JUNQUEIRA et al., 1991; LOPES; NARCHI, 1997; VAROTTO; BARRETO, 1998; LEONEL et al., 2002). Apenas no trabalho de Martins-Silva; Narchi, (2008) não foi informado o tipo de coletor para captura dos xilófagos, bem como nos trabalhos que abordaram o tema por meio de revisão bibliográfica (PASSOS; MAGALHÃES, 2011; SANTOS et al., 2005).

Como citado anteriormente, as espécies florestais mais utilizadas como iscas foram as espécies pré-existentes do mangue (*Avicennia schaueriana*, *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*) e *Araucaria* sp. e os tipos de coletores mais frequentes foram os painéis de madeira e os troncos apodrecidos das espécies pré-existentes do mangue. Para espécies de ocorrência em área de mangue, Lopes; Narchi, (1997) justificaram o uso das espécies do mangue baseados em outros autores e ressaltaram a escolha da *L. racemosa* para a produção de painéis, por ser a mais abundante dentre as espécies existentes no local. Santos Filho et al. (2008) também justificaram a escolha baseados em outros trabalhos consultados pelos autores.

Quanto à escolha de *Araucaria* sp., os autores Silva et al. (1988) justificaram seu uso pelo baixo custo e por classificarem a espécie como facilmente atacável. Leonel et al. (2002), justificaram o uso de madeira do gênero com base na literatura consultada pelos autores. Apesar de não utilizarem esse gênero na metodologia, Lopes; Narchi, (1997) mencionaram que muitos trabalhos consultados por eles também utilizaram coletores produzidos a partir de *Araucaria* sp.

As espécies do gênero *Pinus* têm sido as mais indicadas para esta finalidade, sendo amplamente utilizadas em estudos com o interesse em avaliar a deterioração por fungos, insetos ou fatores ambientais (PAES et al., 2009). Para estudos com brocas marinhas, a norma EN 275 (1992) indica as madeiras desse gênero por serem de baixa durabilidade. Apesar disso, nenhuma das pesquisas utilizou a norma como base, possivelmente por se tratarem de trabalhos voltados para o campo das Ciências Biológicas, e não Tecnologia de Produtos Florestais com ênfase em madeiras.

Dentre os trabalhos avaliados nesta revisão, apenas Maldonado; Skinner, (2016) afirmaram fazer uso da espécie *Pinus elliotti*, o que pode ser justificado por se tratar de uma

publicação mais atual. Percebe-se que todos os experimentos utilizando *A. angustifolia* foram das décadas de 1980 e 1990, quando ainda não existia uma legislação para controlar o corte e exploração de espécies nativas da Mata Atlântica, bioma o qual a espécie pertence. Porém na década seguinte, a lei n. 11.428 (BRASIL, 2006) foi sancionada, determinando o regime de uso e proteção do bioma, sem contar com as legislações específicas para cada estado, como a lei n. 20.223/2020 do estado do Paraná (PARANÁ, 2020). Embora exista a possibilidade de obtenção de madeira de araucária a partir de florestas plantadas, esta espécie vem sendo substituída por outras do gênero *Pinus*, comumente plantadas em larga escala no Brasil para fins comerciais.

Em relação aos tipos de coletores mais utilizados, percebe-se uma maior preferência pelo uso de painéis de madeira. Isto é coerente com o enfoque dos trabalhos, uma vez que a maior parte dos artigos analisados tem interesse em estudar os xilófagos presentes nesse material. Sendo assim, a escolha desses métodos pode ser devido à facilidade de coletar os organismos que possuem corpos muito frágeis (MALDONADO; SKINNER, 2016). Desta forma, o coletor oferecerá menos resistência, diminuindo as chances de danificar o material biológico.

Por outro lado, em algumas situações quando se tem o interesse de realizar um experimento com maior tempo de duração, os pesquisadores tendem a escolher corpos de prova de madeira sólida como isca. Santos Filho et al. (2008) optaram pelo uso de troncos de espécies pré-existentes do mangue para produzir os seus coletores para um experimento com 11 meses de duração. Os autores afirmam que, segundo a sua revisão bibliográfica, existem trabalhos que indicam a maior durabilidade deste tipo de iscas em comparação aos painéis, que tendem a serem destruídos em cerca de seis meses.

Além desses tipos de direcionamento, também foram encontrados trabalhos que utilizassem os dois tipos de coletor. Essa característica normalmente ocorre em trabalhos com o interesse em analisar metodologias, como o de Junqueira et al. (1991), que tinham como objetivo verificar a influência do método de coleta para estudos focados em diversidade, densidade e composição das espécies, ressaltando a falta de padronização nos métodos utilizados pelos trabalhos consultados.

O estudo desenvolvido por Leonel et al. (2006), observou a interferência do método de coleta para a ocorrência dos organismos, identificando o mais adequado dentre eles. Apesar do direcionamento ser focado para a coleta de organismos, é possível obter informações sobre a preferência alimentar dos indivíduos observados. Os autores utilizaram amostras de três espécies do mangue (*Avicennia schaueriana*, *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*) e constataram que houve diferença na aceitação das espécies de moluscos ao tipo de substrato fornecido. A espécie *Bankia fimbriatula*, por exemplo, é conhecida pela sua abundância no local estudado, porém não mostrou preferência a nenhum dos substratos; a espécie *Nausitora justicula* demonstrou preferência pelas amostras de *A. schaueriana*, uma vez que a espécie esteve presente em todas as amostras, independente da salinidade e profundidade em que esteve fixada (LEONEL et al., 2006).

Leonel et al. (2006) destacam ainda a importância de conhecer a preferência alimentar das espécies, para escolher os coletores que poderão apresentar melhor desempenho. Apesar do objetivo ser o inverso do que interessa à tecnologia da madeira, fornece informações que podem ajudar a

entender o que pode ser atrativo na madeira para estes organismos. Desta forma, podem ser propostos trabalhos que avaliem quais componentes são menos atrativos aos organismos, de forma que possam desenvolver produtos preservativos com os componentes, e assim testar a sua eficácia para a proteção da madeira em ambiente marinho.

Em relação às espécies de brocas marinhas encontradas nos estudos, observa-se que teve representação de ambos os grupos de moluscos e crustáceos, apesar de que a maior diversidade de espécies pertence aos moluscos. A espécie *B. fimbriatula* foi a espécie presente em um maior número de publicações, o que pode ser explicado por ser uma espécie de ampla ocorrência no litoral brasileiro (MÜLLER; LANA, 2004). Entretanto, *L. floridanus*, *B. gouldi* e *N. reynei* também se destacaram entre as demais. A espécie *B. fimbriatula* juntamente com *L. floridanus* foram identificadas como as mais dominantes nas Baías de Sepetiba e Ilha Grande (JUNQUEIRA et al., 1989). Em um estudo realizado em São Paulo, as espécies de maior destaque foram *B. fimbriatula*, *L. floridanus* e *B. gouldi* (MORAES et al., 2015). Quanto a *N. reynei*, foi a espécie de maior abundância encontrada por Beasley et al. (2005) em Ajuruteua (PA), além de ser a única encontrada por Santos Filho et al. (2008) em um estudo realizado no mesmo local.

O estudo de Santos Filho et al. (2008) avaliou a abundância sazonal de Terebinidae nos manguezais, relacionando a sua ocorrência e desenvolvimento com as estações secas ou chuvosas no Pará. Porém, o seu estudo pode ainda ser relacionado com a biodeterioração da madeira em ambiente marinho, uma vez que os mesmos autores estudaram também a efetividade destes organismos para atacar a madeira à deriva e a sua contribuição para exportar nutrientes do manguezal para as áreas costeiras adjacentes.

É importante salientar que, apesar destes organismos serem muito associados a danos em estruturas e prejuízos financeiros, sem eles o processo de deterioração da madeira nestes ambientes seria muito mais demorado e dependeria apenas da degradação física. Estes organismos são capazes de acelerar o processo de reciclagem da matéria orgânica, por meio da fragmentação e digestão das partículas de madeira (MÜLLER; LANA, 2004). Desta forma, as brocas marinhas contribuem para reduzir a quantidade de rejeitos de madeira presentes nestes ambientes, sendo muitas vezes mais efetivos para a ciclagem de nutrientes quando comparados aos organismos de ambiente terrestre (LOPES; NARCHI, 1997).

5. CONCLUSÕES

Diante do exposto, verifica-se a importância de desenvolver estudos na área de tecnologia dos produtos florestais, com ênfase em biodeterioração e proteção da madeira, para melhor compreensão da relação entre madeira e as brocas marinhas. Observou-se ainda a importância da existência de pesquisas que realizem os experimentos em locais de clima tropical, uma vez que boa parte do material disponível foi desenvolvido em países de clima temperado, com condições completamente distintas do Brasil. Fomentar estas pesquisas é essencial para a construção do conhecimento sobre o tema e atualização das informações.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (CNPq); e Coordenação de Aperfeiçoamento de

Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

7. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. T. M. PALHANO, N. B.; TAGLIARO, C. H.; BEASLEY, C. R. Spatial and temporal variation in the abundance and taxonomic composition of estuarine and terrestrial macrofauna associated with mangrove logs. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 94, n. 1, p. 1-8, 2013. <https://doi.org/10.1017/S0025315413001215>
- ARAUJO, F. V.; SOARES, C. A. G.; HAGLER, A. N.; MENDONÇA-HAGLER, L. C. Ascomycetous yeast communities of marine invertebrates in a Southeast Brazilian mangrove ecosystem. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 68, p. 91-99, 1995. <https://doi.org/10.1007/BF00873096>
- BARRETO, C. C.; JUNQUEIRA, A. O. R.; SILVA, S. H. G. The effect of low salinity on terebinids. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 43, n. 4, 9p, 2000. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132000000400008>
- BASTIDA, R.; TORTI, M. R. Organismos perforantes de las costas argentinas II. La presencia de *Limnoria* (*Limnoria*) *tripunctata* Menzies, 1951 (Isopoda, Limnoriidae) en el Puerto de Mar del Plata. **Physis**, v. 31, p. 143-153, 1972.
- BEASLEY, C. R.; FERNANDES, C. M.; GOMES, C. P.; BRITO, B. A.; SANTOS, S. M. L.; TAGLIARO, C. H. Molluscan Diversity and Abundance Among Coastal Habitats of Northern Brazil. **Ecotropica**, v. 11, n. 1, p. 9-20, 2005.
- BRASIL. **Instrução Normativa Nº 6, de 9 de março de 2004**. 2004. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/saude-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/saude-suidea/legislacao-suideos/2004IN06PSC.pdf/view>>. Acesso em: 26 jun 2021.
- BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. 1997a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 26 jun 2021.
- BRASIL. **Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. 1998b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm>. Acesso em: 26 jun 2021.
- BRASIL. **Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm>. Acesso em: 26 jun 2021.
- BRASIL. **Portaria IBAMA Nº136-N, de 14 de outubro de 1998**. 1998a. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1998/p_iba_ma_136_n_1998_registroaquicultor_pesquepague_revog_a_p_ibama_95_1993_116_1998.pdf>. Acesso em: 26 jun 2021.
- BRASIL. **Portaria IBAMA Nº 1.747, 22 de outubro de 1996**. 1996. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1996/p_ibama_1747_1996_revogada_mexilhaov_revogada_p_ibama_09_2003.pdf>. Acesso em: 26 jun 2021.

- BRASIL. Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. 1997b. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf>. Acesso em: 26 jun 2021.
- BORGES, L. M. S. Biodegradation of wood exposed in the marine environment: Evaluation of the hazard posed by marine wood-borers in fifteen European sites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 96, p. 97-104, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.10.003>
- BORGES, L. M. S.; CRAGG, S. M.; BUSCH, S. A laboratory assay for measuring feeding and mortality of the marine wood borer *Limnoria* under forced feeding conditions: A basis for a standard test method. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 63, n. 3, p. 289-296, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2008.10.007>
- BORGES, L. M. S.; MERCKELBACH, L. M.; CRAGG, S. M. Biogeography of wood-boring crustaceans (Isopoda: Limnoriidae) established in European coastal waters. **PlosOne**, v. 9, p. 1-9, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109593>
- BRITISH STANDARD. EN 275 (1992): Wood Preservatives. Determination of the Protective Effectiveness Against Marine Borers, 16. 1992.
- CAVALLI, R. O.; FERREIRA, J. F. O futuro da pesca e da aquicultura marinha no brasil: A maricultura. **Ciência e Cultura**, v. 62, p. 38-39, 2010.
- CHARLES, F.; COSTON-GUARINI, J.; MARCGUARINI, J.; FANFARD, S. Wood decay at sea. **Journal of Sea Research**, v. 114, p. 22-25, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seares.2016.05.002>
- LAUSEN, C.A. Biodeterioration of wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook: Wood as an engineering material**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 2010. p. 1-16.
- DISTEL, D. L. Molecular phylogeny of Pholadoidea Lamarck, 1809 supports a single origin for xylophagy (wood feeding) and xylophagous bacterial endosymbiosis in Bivalvia. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 61, p. 245-254, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2011.05.019>
- EMMERICH, L.; MILITZ, H.; BRISCHKE, C. Long-term performance of DMDHEU-treated wood installed in different test set-ups in ground, above ground and in the marine environment. **International Wood Products Journal**, v. 11, p. 27-37, 2020. <https://doi.org/10.1080/20426445.2020.1715553>
- ERIKSEN, A. M.; GREGORY, D. J.; BOTFELDT, K. The survival of *Teredo navalis* L. in timber wrapped in TERRAM4000 and a plastic membrane. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 86, p. 96-101, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.06.021>
- FODERARO, L. W. Cleaner Harbor has a downside: Pests that plague park construction. **The New York Times**, New York, 2011. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2011/08/24/nyregion/cleaner-new-york-harbor-brings-pests-that-plague-park-projects.html>; Acesso em: 11/06/2021.
- FREITAS, D. L.; CARVALHO, D. E.; HASELEIN, C. R.; PEDRAZZI, C.; COLDEBELLA, R.; COSTA, H. W. D.; MACHADO, S. F. Biodeterioração e propriedades colorimétricas da madeira de *Maclura tinctoria*. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 3, p. 1139-1146, 2020. <https://doi.org/10.34062/afs.v7i3.10325>
- GALVÃO, P. M. A.; REBELO, M. F.; TORRES, J. P. M.; GUIMARÃES, J. R. D.; MALM, O. Bioacumulação de metais pesados em moluscos bivalves: aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 2, p. 59-66, 2009. <https://doi.org/10.14210/bjast.v13n2.p59-66>
- HADI, Y. S.; HERMAWAN, D.; ABDILLAH, I. B.; MUBAROK, M.; ARSYAD, W. O. M.; PARI, R. Polystyrene-Impregnated Glulam Resistance to Subterranean Termite Attacks in a Laboratory Test. **Polymers**, v. 14, n. 19, p. 1-11, 2022. <https://doi.org/10.3390/polym14194003>
- HU, W. The critters doing \$114 million in damage to Brooklyn's piers. **The New York Times**, New York, 2019. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2019/09/13/nyregion/ny-harbor-wood-eating-shipworms.html>; Acesso em: 11/06/2021.
- JUNQUEIRA, A. O. R.; OMENA, E. P.; SILVA, S. H. G. A comparative study of the methods used to evaluate the activity of Teredinidae molluscs. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 150, n. 1, p. 107-115, 1991. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(91\)90109-A](https://doi.org/10.1016/0022-0981(91)90109-A)
- JUNQUEIRA, A. O. R.; SILVA, S. H. G.; SILVA, M. J. M. Avaliação da infestação e diversidade de Teredinidae (Mollusca - Bivalvia) ao longo da costa do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 84, supl. IV, p. 275-280, 1989. <https://doi.org/10.1590/S0074-02761989000800048>
- KLÜPPEL, A.; CRAGG, S. M.; MILITZ, H.; MAI, C. Resistance of modified wood to marine borers. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 104, p. 8-14, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.05.013>
- LEONEL, R. M. V.; LOPES, S. G. B. C.; AVERSARI, M. Distribution of wood-boring bivalves in the Mamanguape River estuary, Paraíba, Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 82, n. 6, p. 1039-1040, 2002. <https://doi.org/10.1017/S002531540200663X>
- LEONEL, R. M. V.; LOPES, S. G. B. C.; MORAES, D. T.; AVERSARI, M. The interference of methods in the collection of teredinids (Mollusca, Bivalvia) in mangrove habitats. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 96, n. 1, p. 25-30, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212006000100004>
- LINS, T. R. S. Métodos de proteção da madeira para controle de brocas marinhas. 2020. 95 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- LINS, T. R. L.; MOURA, M. M.; MÜLLER, A. C. P.; LANA, P. C.; ROCHA, M. P. Use of X-Rays and QGIS® Software to Evaluate deteriorated Wood in Marine Environments. **Floresta**, v. 51, n. 4, p. 946-953, 2021. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v51i4.74582>
- LOPES, S. G. B. C.; NARCHI, W. Recrutamento larval e crescimento de Teredinidae (Mollusca-Bivalvia) em região entremarés de manguezais. *Revista Brasileira de*

- Oceanografia**, v. 45, n. 1-2, p. 77-88, 1997. <https://doi.org/10.1590/S1413-77391997000100008>
- MALDONADO, G. C.; SKINNER, L. F. Differences in the distribution and abundance of Teredinidae (Mollusca: Bivalvia) along the coast of Rio de Janeiro state, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. 4, p. 83-94, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592016127806404>
- MARTINS-SILVA, M. J.; NARCHI, W. Functional Anatomy of *Bankia jimbriatula* Moll & Roch, 1931 (Bivalvia: Teredinidae). **The Veliger**, v. 50, p. 309-325, 2008.
- MILWEE JR, W. I.; AICHELE, W. F. Restoration and preservation of marine structures by divers. In: OCEANS '85 - Ocean Engineering and the Environment. **Annals...** San Diego: IEEE., 1985. <http://dx.doi.org/10.1109/OCEANS.1985.1160144>
- MORAES, D. T.; COELHO JR., C.; CRUZ, R. C. G.; LOPES, S. G. B. C. Ocorrência e recrutamento larval de Teredinidae (Mollusca, Bivalvia) na região do Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 105, n. 1, p. 28-34, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4766201510512834>
- MÜLLER, A. C. P.; LANA, P. C. **Manual de identificação de moluscos bivalves da família dos teredinídeos encontrados no litoral brasileiro**. 1. ed. Curitiba: UFPR, 2004. 146p.
- PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R.; SANTOS, G. J. C. Resistência Natural de Nove Madeiras do Semiárido Brasileiro a Fungos Xilófagos em Simuladores de Campo. **Árvore**, v. 33, n. 3, p. 511-520, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000300013>
- PARANÁ. **Decreto Nº 4895, de 31 de maio de 2003**. 2003. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/98157/decreto-4895-03>; Acesso em: 26/06/2021.
- PARANÁ. **Lei Nº 20223, de 26 de maio de 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=396116>; Acesso em: 26/06/2021.
- PASSOS, F. D.; MAGALHÃES, F. T. A comparative study of the Bivalvia (Mollusca) from the continental shelves of Antarctica and Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 143-155, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000100014>
- SANTOS FILHO, C.; TAGLIARO, C. H.; BEASLEY, C. R. Seasonal abundance of the shipworm *Neoteredo reynei* (Bivalvia, Teredinidae) in mangrove driftwood from a northern Brazilian beach. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 98, n. 1, p. 17-23, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000100002>
- SANTOS, S. M. L.; TAGLIARO, C. H.; BEASLEY, C. R.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I.; SANTOS FILHO, C.; MÜLLER, A. C. P. Taxonomic implications of molecular studies on Northern Brazilian Teredinidae (Mollusca: Bivalvia) specimens. **Genetics and Molecular Biology**, v. 28, n. 1, p. 175-179, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572005000100031>
- SCHERER, M.; SANCHES, M.; NEGREIROS, D. H. Gestão das zonas costeiras e as políticas públicas no Brasil: Um diagnóstico. In: BARRAGÁN MUÑOZ, J. M. (coord.). **Manejo costero integrado y política pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de Cambio**. Cádiz: IBERMAR, 2010. p. 293-329, 2013. DOI: 10.5894/rgci425
- SERPA, F. G. **Resistência natural de oito espécies de madeiras do Norte e Nordeste do Brasil aos xilófagos marinhos**. 1978. 81 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SERPA, F. G. Laboratory tests of wood impregnated with sodium silicate against the attack of "*Limnoria tripunctata*" Menzies. **Revista Floresta**, v. 11, p. 42-44, 1980.
- SILVA, M. J. M.; SILVA, S. H. G.; JUNQUEIRA, A. O. R. Distribuição vertical de Teredinidae (Mollusca, Bivalvia) em Portugal, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 5, n. 1, p. 155-165, 1988. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751988000100011>
- SIVRIKAYA, H.; CRAGG, S. M.; BORGES, L. M. S. Variation in resistance to marine borers in commercial timbers from Turkey, as assessed by marine trial and laboratory screening. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 33, n. 6, p. 569-576, 2009. <https://doi.org/10.3906/tar-0902-28>
- STEINMAYER, A. G.; TURFA, J. M. I. Effects of shipworm on the performance of ancient Mediterranean warships. **International Journal of Nautical Archaeology**, v. 25, n. 2, p. 104-118, 1996.
- TRINDADE SILVA, A. E. Physiological traits of the symbiotic bacterium *Teredinibacter turnerae* isolated from the mangrove shipworm *Neoteredo reynei*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 32, n. 3, p. 572-581, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-475720090005000061>
- VAROTTO, R. S.; BARRETO, C. C. Colonization of artificial substrata by teredinid larvae released from a previously infested focus at Ilha Grande Bay, RJ. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 41, n. 4, p. 391-400, 1998. <https://doi.org/10.1590/S1516-89131998000400002>
- WALKER, J. C. F. **Primary wood processing: Principles and practice**. 2. ed. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2006. 596p.
- WIEJAK, A.; FRANCKE, B. Testing and Assessing Method for the Resistance of Wood-Plastic Composites to the Action of Destroying Fungi. **Materials**, v. 14, n. 3, p. 1-14, 2021. <https://doi.org/10.3390/ma14030697>
- WILLIAMS, J. R.; SAWYER, G. S.; CRAGG, S. M.; SIMM, J. A questionnaire survey to establish the perceptions of UK specifiers concerning the key material attributes of timber for use in marine and fresh water engineering. **Journal of the Institute of Wood science**, v. 17, n. 1, p. 41-50, 2005. <https://doi.org/10.1179/wsc.2005.17.1.41>