

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 07/05/2028.

**PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS
E MEIO AMBIENTE**

**Variação espacial e decadal nas assinaturas
tafonômicas de acumulações bioclásticas de
Bouchardia rosea no Embaiamento de São Paulo**

ANA MARIA SFORCIN

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

Rio Claro - SP
2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

ANA MARIA SFORCIN

**VARIAÇÃO ESPACIAL E DECADAL NAS ASSINATURAS
TAFONÔMICAS DE ACUMULAÇÕES BIOCLÁSTICAS DE
BOUCHARDIA ROSEA NO EMBAIAMENTO DE SÃO PAULO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Geociências e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Marcello Guimarães Simões

Rio Claro, SP
2026

S523v Sforcin, Ana Maria
Variação espacial e decadal nas assinaturas tafonômicas de
acumulações bioclásticas de Bouchardia rosea no Embaiamento de
São Paulo / Ana Maria Sforcin. -- , 2026
111 f.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro,
Orientador: Marcello Guimarães Simões

1. Paleontologia. 2. Tafonomia. 3. Braquiópode. 4. Período
Quaternário. 5. Embaiamento de São Paulo. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa poderá ampliar o uso de acumulações de conchas como arquivos ambientais do passado geológico recente, ao determinar como mudanças costeiras, retrabalhamento, transporte e mistura temporal afetam sua formação e preservação. Os resultados oferecem bases para a Paleobiologia da Conservação e reconstruções paleoambientais confiáveis.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research may expand the use of shell accumulations as environmental archives of the recent geological past by determining how coastal change, reworking, transport, and time averaging affect their formation and preservation. The results provide a basis for Conservation Paleobiology and reliable paleoenvironmental reconstructions.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

ANA MARIA SFORCIN

**VARIAÇÃO ESPACIAL E DECADAL NAS ASSINATURAS
TAFONÔMICAS DE ACUMULAÇÕES BIOCLÁSTICAS DE
BOUCHARDIA ROSEA NO EMBAIAMENTO DE SÃO PAULO**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. MARCELLO GUIMARÃES SIMÕES (orientador)
IBB / Universidade Estadual Paulista / Botucatu – São Paulo – Brasil

Prof. Dr. FERNANDO ERTHAL
IGEO / Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil

Prof. Dr. HERMÍNIO ISMAEL DO ARAÚJO JÚNIOR
DEPA / Universidade Estadual do Rio de Janeiro / Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – Brasil

Prof. Dr. MATIAS DO NASCIMENTO RITTER
CECLIMAR / Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Imbé – Rio Grande do Sul – Brasil

Prof. Dr. SERGIO AGUSTÍN MARTÍNEZ CHIAPARRA
Facultad de Ciencias / Universidad de la República / Montevideo – Uruguay

Conceito: Aprovada.

Rio Claro – SP, 07 de maio de 2026.

AGRADECIMENTOS

A execução desta tese só se tornou possível com o apoio e colaboração de diversas pessoas e instituições, às quais faço meus agradecimentos.

Primeiramente, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão da bolsa de doutorado (140199/2022-5) e pelo auxílio financeiro na execução da pesquisa (303735/2022-8); e ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente (IGCE/UNESP), pelo apoio acadêmico e financeiro nas etapas de campo.

Ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE/UNESP) e ao Instituto de Biociências de Botucatu (IBB/UNESP) pelo apoio institucional, uso da infraestrutura e acesso a coleções científicas.

Ao meu orientador, Prof. Marcello Guimarães Simões, pela paciência, apoio, discussões e por ter me confiado o retorno dos estudos com *Bouchardia rosea* mais de duas décadas depois dos primeiros projetos. Obrigada por todo ensinamento compartilhado e pela confiança depositada em mim e no projeto.

Ao Prof. Antonio Carlos Marques, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências/USP, por facultar o acesso aos exemplares de *Bouchardia rosea* coletados em Cananéia, SP.

Ao Prof. Matias do Nascimento Ritter, pelas discussões, sugestões, disponibilidade e direcionamento da parte estatística. Também à Prof. Sabrina Coelho Rodrigues, pela disponibilidade, atenção, sugestões e discussões.

Ao Prof. George Luiz Luvizotto e ao técnico Daniel do Departamento de Geologia (IGCE/UNESP), pela disponibilidade, atenção e assistência no uso da microsonda eletrônica e do MEV/EDS.

Ao UNESPetro, especialmente ao técnico Hermes, pela realização das análises em MEV/EDS.

Ao LABSED (IGC/USP), principalmente nas figuras do Prof. Paulo Fonseca Giannini e Jesús Rangel, pelas realização das análises granulométricas.

Aos meu pais, Fernando e Silvia, por todo amor, colo, por nunca terem deixado de ouvir minha lamentações e por compartilharem minhas alegrias e conquistas. Vocês são meus exemplos, meus maiores apoiadores e sem vocês nada disso seria possível.

Ao meu tio, Prof. José Maurício Sforcin, por todo apoio e orientações nesse mundo acadêmico, por todas as nossas conversas, almoços, cafés e vinhos compartilhados. Você é minha inspiração.

Às minhas amigas de vida, Maria Beatriz Domingues, Andressa Batista, Marcela Bongiovani, Amanda Satolli, Mariana Rampanelli e Daiane Münch, pelas conversas, alegrias e choros compartilhados. Sem vocês toda minha jornada teria sido infinitamente mais difícil.

Ao Hugo Queiroz, pela ajuda de laboratório e na elaboração de figuras.

Aos docentes que participaram da banca de qualificação, Matias do Nascimento Ritter e Sabrina Coelho Rodrigues, e da banca de defesa, Fernando Erthal, Hermínio Ismael do Araújo Junior, Matias do Nascimento Ritter e Sergio Agustín Martínez Chiaparra, pela disponibilidade, atenção e paciência na leitura dos documentos, pelas valiosas sugestões e discussões que enriqueceram esta tese.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desta tese.

RESUMO

Assinaturas tafonômicas têm sido amplamente empregadas na interpretação de ambientes deposicionais, embora sua resposta a gradientes ambientais e à dinâmica temporal nem sempre seja consistente, especialmente em sistemas onde conchas de braquiópodes são dominantes. Esta tese investiga a variação espacial e decadal das assinaturas tafonômicas em acumulações de *Bouchardia rosea* no Embaiamento de São Paulo, sudeste do Brasil. O estudo baseia-se em três manuscritos em preparação, que abordam (i) a variação espacial das assinaturas tafonômicas em diferentes ambientes costeiros, (ii) a persistência decadal desses padrões em depósitos praias e (iii) a variação na coloração das conchas de *B. rosea*. A análise espacial abrange acumulações provenientes de distintos contextos deposicionais, incluindo uma baía semi-abrigada, Baía de Caraguatatuba, um ambiente de plataforma interna aberta, Cananéia, áreas subtidais, Baía de Ubatuba e depósitos praias (Praia de Itamambuca). As assinaturas tafonômicas foram caracterizadas a partir de um conjunto padronizado de variáveis incluindo a articulação, tipo de valva, fragmentação e diferentes formas de modificação superficial das conchas, sendo posteriormente avaliadas por meio de abordagens univariadas e multivariadas. No total 2.673 conchas foram individualmente examinadas. Os padrões de preservação variam entre os ambientes. Em Caraguatatuba, predominam conchas fragmentadas, com maior frequência de valvas braquiai e intenso grau de modificação superficial. Em Cananéia, as acumulações apresentam baixa fragmentação, proporções mais equilibradas entre os tipos de valva e a presença de conchas articuladas e desarticuladas. Os depósitos praias de Itamambuca caracterizam-se por elevados níveis de abrasão e modificação superficial, enquanto as assembleias subtidais de Ubatuba exibem maior variabilidade entre estações. Atributos como corrosão, bioerosão e alteração da textura superficial ocorrem com alta frequência em todos os ambientes, resultando em ampla sobreposição entre as assembleias e apenas uma separação parcial no espaço multivariado. A componente temporal concentra-se nas acumulações praias de Itamambuca, com base na comparação de amostras coletadas em 2003, 2022, 2024 e 2025, as quais são dominadas por valvas pediculares desarticuladas e apresentam altas frequências de abrasão, alteração da textura superficial, bioerosão, incrustação e alteração de cor, enquanto a fragmentação permanece baixa. Apesar de diferenças estatisticamente significativas entre os anos amostrados, a estrutura geral das assembleias mantém-se estável ao longo do tempo. Essa persistência reflete exposição prolongada, retrabalhamento recorrente e aporte contínuo de conchas provenientes de áreas offshore, mais do que variações ecológicas de curto prazo. Dados geocronológicos indicam que a mistura temporal varia entre os ambientes do embaiamento de São Paulo. Embora baseados em um número limitado de conchas datadas, os resultados são consistentes com padrões regionais descritos na literatura, que apontam intervalos temporais da ordem de 10^2 a 10^4 anos para acumulações de *Bouchardia rosea*. Nesse contexto, as acumulações reliquiais de Caraguatatuba registram intervalos temporais mais amplos, abrangendo desde idades modernas até o Holoceno médio, enquanto aquelas de Cananéia são restritas a conchas mais jovens, geralmente dentro dos últimos ~120 anos. Em conjunto, os resultados indicam que as assinaturas tafonômicas de *Bouchardia rosea* variam entre os ambientes analisados, mas não configuram grupos discretos. As assembleias ocupam regiões parcialmente sobrepostas, definidas por diferentes combinações de atributos tafonômicos. As diferenças observadas decorrem da distribuição conjunta de múltiplas variáveis, enquanto atributos individuais apresentam respostas limitadas e inconsistentes aos gradientes ambientais. Além disso, a mistura temporal e o retrabalhamento sucessivo influenciam a expressão dessas assinaturas, contribuindo para sua persistência e sobreposição. Esses resultados reforçam a importância de abordagens multivariadas e da consideração explícita da mistura temporal na interpretação de acumulações conchíferas ricas em braquiópodes.

PALAVRAS-CHAVE: Tafonomia, *Bouchardia rosea*, Embaiamento de São Paulo.

ABSTRACT

Taphonomic signatures have long been used in the interpretation of depositional settings, but their response to environmental gradients and temporal dynamics is not always consistent, particularly in brachiopod-dominated systems. This thesis examines spatial and decadal variation in the taphonomic signatures of *Bouchardia rosea* shell accumulations across the São Paulo Bight, southeastern Brazil, and is based on three manuscripts in preparation addressing (i) spatial variation in taphonomic signatures across coastal environments, (ii) decadal persistence of taphonomic patterns in beach assemblages, and (iii) variation in shell color in *B. rosea*. The spatial component is based on the analysis of shell accumulations from distinct coastal environments within the São Paulo embayment, including a semi-enclosed bay, Caraguatatuba Bay, an open inner-shelf setting, Cananéia, subtidal environments, Ubatuba Bay, and beach deposits Itamambuca Beach. Taphonomic signatures were described using a standardized set of variables related to articulation, valve representation, fragmentation, and different types of shell surface modifications, and were analyzed through univariate and multivariate approaches. A total of 2,673 shells were individually examined. Preservation patterns vary among environments. Assemblages from Caraguatatuba display high fragmentation, predominance of brachial valves, and extensive surface alteration, whereas those from Cananéia are characterized by low fragmentation and more balanced valve proportions, as well as the presence of both articulated and disarticulated shells. Beach assemblages from Itamambuca consistently show high levels of abrasion and surface modification, while subtidal assemblages from Ubatuba exhibit marked variability among stations. At the same time, several attributes, such as corrosion, bioerosion, and surface texture alteration, are frequent across all environments, leading to substantial overlap among assemblages and only partial separation in multivariate space. The temporal component of this research examines beach assemblages from Itamambuca Beach, comparing samples collected in 2003, 2022, 2024, and 2025. These assemblages are consistently dominated by disarticulated pedical valves and show high frequencies of abrasion, surface texture alteration, bioerosion, encrustation, and color alteration, whereas fragmentation remains low. Despite statistically significant differences among years, the overall structure of the assemblage remains stable through time. This persistence reflects prolonged exposure, repeated reworking, and continued transport of shells from offshore sources, rather than short-term ecological variation. Geochronological data indicate that time-averaging varies among environments within the São Paulo Bight. Although based on a limited number of dated specimens, these results are consistent with published data for the region, which indicate temporal ranges on the order of 10^2 to 10^4 years for *Bouchardia rosea* shell accumulations. Within this context, relict shell accumulations from Caraguatatuba record longer temporal intervals, spanning from modern to mid-Holocene ages, whereas those from Cananéia are restricted to younger shells, generally within the last ~120 years. Collectively, these results show that taphonomic signatures of *Bouchardia rosea* vary across the studied environments but do not define discrete groups. Instead, assemblages occupy partially overlapping regions defined by different combinations of attributes. Differences among assemblages arise from the combined distribution of multiple attributes, including fragmentation, valve type, articulation, and shell surface modification, whereas individual variables show limited and inconsistent responses to environmental gradients. In addition, temporal mixing and repeated reworking further influence the expression of these signatures, contributing to the persistence and overlap observed among assemblages. These results highlight the importance of multivariate approaches and of explicitly considering time-averaging in the interpretation of brachiopod-rich shell accumulations.

KEY WORDS: Taphonomy, *Bouchardia rosea*, São Paulo Bight.

ORGANIZAÇÃO DA TESE

Esta tese apresenta os resultados e suas implicações relacionadas aos objetivos do projeto de pesquisa proposto junto ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), da Universidade Estadual Paulista, campus Rio Claro. Os resultados e discussões foram organizados na forma de artigos científicos redigidos em língua inglesa (**Capítulos 5 e 6**).

No **Capítulo 1** se encontram as considerações iniciais, introdução ao tema, problemáticas envolvidas e objetivos do estudo e sua relevância.

O **Capítulo 2** apresenta a contextualização e estado da arte das áreas estudadas.

No **Capítulo 3** estão os materiais e metodologias empregados, como técnicas de amostragem e protocolo tafonômico utilizado.

O **Capítulo 4** introduz o formato que os resultados e discussões da tese estão descritos.

O **Capítulo 5** apresenta o artigo intitulado “*Continuity despite change: decadal persistence of taphonomic signatures in beach-derived brachiopod-rich assemblages from Itamambuca Beach, SE Brazil*”, ainda a ser submetido. Nele tratamos sobre a acumulação de *Bouchardia rosea* na Praia de Itamambuca (Ubatuba-SP), revisitando essa tanatocenose mais de duas décadas depois da pesquisa original e testando a hipótese de que um declínio a longo prazo na população da plataforma continental poderia resultar em uma menor quantidade de conchas e maior intensidade das assinaturas tafonômicas típicas de retrabalhamento em ambiente praias.

O **Capítulo 6** apresenta o segundo artigo elaborado, denominado “*Taphonomic signatures of Bouchardia rosea across coastal environments: overlap, variability, and temporal-mixing*”, também ainda não submetido. Nele discutimos sobre a tafonomia de *Bouchardia rosea* em diferentes ambientes costeiros contrastantes ao longo da margem sudeste brasileira, no estado de São Paulo, incluindo uma baía semi-fechada (baía de Caraguatatuba), um ambiente de plataforma interna aberta (Cananéia), e dados comparativos de ambientes subtidais (baía de Ubatuba) e praias (praia de Itamambuca).

No **Capítulo 7** trazemos as conclusões e considerações finais desta tese, e, no **Capítulo 8**, estão as referências bibliográficas utilizadas neste documento. Finalmente, no **Anexo I**, são

apresentados os dados referentes ao estudo em andamento sobre a variação da cor das conchas *B. rosea* como importante potencial atributo tafonômico em análises (paleo)ambientais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de localização do Embaimento de São Paulo, com destaque para as áreas de estudo.....	22
Figura 02: Mapa de localização das estações de coleta no litoral norte do Estado de São Paulo.....	24
Figura 03: Mapa de localização da estação de coleta no litoral sul do Estado de São Paulo..	25
Figura 04: A-B) Valva ventral (ou pedicular); C-D) Valva dorsal (ou braquial). O eixo indicado pela letra “a” mostra o sentido usado para medir o comprimento das conchas. Escala gráfica = 2 mm. Retirado de Simões et al. (2005).....	28
Figura 05: Diferentes escalas de abrasão. A-D) Vista interna das valvas pediculares, A) Abrasão nível 0, B) Abrasão nível 1, C) Abrasão nível 2, D) Abrasão nível 3; E-H) Vista interna das valvas braquiais, E) Abrasão nível 0, F) Abrasão nível 1, G) Abrasão nível 2, H) Abrasão nível 3. Escala gráfica = 5 mm. Modificado de Simões et al. (2007a).	29
Figura 06: Textura superficial do braquiópode <i>Bouchardia rosea</i> . A-B) Textura natural; C-D) Textura de galeria; E-F) Textura de crateras; G-H) Textura perfurada; I-J) Esbraquiçamento; K-L) Textura granular; M-N) Textura esfoliada; O-P) Textura palimpsesto (nesse caso, textura granular e esfoliada). Escala gráfica = 1 mm. Modificado de Rodrigues & Simões (2010).	30
Figura 07: Gráficos de análise granulométrica com estatística da distribuição granulométrica (Pearson) baseada na escala phi (incluso material pelítico) e proporções em massa de carbono orgânico e carbonato. A) Trincheira paralela ao Rio Itamambuca; B) Trincheira paralela à costa.	32
Figura 08: Resultados da análise EDS na superfície dos bioclastos, mostrando os principais elementos presentes na matriz. A) Cinza; B) Marrom.	106
Figura 09: Resultados da análise EDS no interior dos bioclastos, mostrando os principais elementos presentes na matriz. A) Cinza; B) Marrom.	107
Figura 10: Resultados da análise e mapeamento composicional com MEV/EDS no bioclasto de coloração marrom, realizados na superfície da concha.	108

Figura 11: Mapas composicionais realizados com EDS acoplado a microsonda eletrônica.

..... 109

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO E CONTEXTO DA TESE	16
1. INTRODUÇÃO	18
1.1. Fundamentos Paleontológicos e Geológicos da Tese	18
1.2. Braquiópodes vivos da margem continental brasileira: relevância de <i>Bouchardia rosea</i> (Mawe) e de suas acumulações bioclásticas	19
1.3. Objetivos	20
1.3.1. Objetivos específicos	20
1.4. Hipóteses	21
2. ÁREA DE ESTUDO	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Amostragem	27
3.2. Protocolo para Análise Tafonômica	27
3.3. Análise Granulométrica	31
3.4. Análise Composicional	32
3.5. Análise Estatística	32
3.6. Datação C14 AMS	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5. CONTINUITY DESPITE CHANGE: DECADEAL PERSISTENCE OF TAPHONOMIC SIGNATURES IN BEACH-DERIVED BRACHIOPOD-RICH ASSEMBLAGES FROM ITAMAMBUCA BEACH, SE BRAZIL.....	35
Abstract	35
5.1. Introduction	36
5.2. Study area	39
5.3. Methods	40
5.3.1. Study organism	40
5.3.2. Sampling design	41
5.3.3. Taphonomic variables	41

5.3.4. Statistical analyses	42
5.4. Results	43
5.4.1. Shell size distribution.....	43
5.4.2. Valve representation	44
5.4.3. Overall taphonomic patterns	44
5.4.4. Temporal variation.....	44
5.5. Discussion	45
5.5.1. Source and transport pathways	46
5.5.2. Temporal persistence of the taphonomic attributes	46
5.5.3. Shell size and fidelity of shell supply	47
5.5.4. Taphonomic overprinting: signals from the beach and the shelf	48
5.5.5. Decadal variation and stability of the taphofacies	48
5.5.6. Implications for shell supply and initial hypothesis testing.....	49
5.6. Conclusion.....	49
References	51

6. TAPHONOMIC SIGNATURES OF *BOUCHARDIA ROSEA* ACROSS COASTAL ENVIRONMENTS: OVERLAP, VARIABILITY, AND TEMPORAL-MIXING66

Abstract	66
6.1. Introduction	68
6.2. Study area	69
6.3. Material and methods	71
6.3.1. Sampling	71
6.3.2. Taphonomic features.....	72
6.3.3. Statistical analysis.....	72
6.3.4. Radiocarbon dating	73
6.4. Results	73
6.4.1. Bioclast size differs between localities	73
6.4.2. Taphonomic signatures.	74
6.4.3. Color alteration and shell surface texture	75

6.5. Discussion.....	75
6.5.1. Variation of taphonomic signatures across environments	75
6.5.2. Multivariate patterns and environmental differentiation	76
6.5.3. Within-environment variability	77
6.5.4. Behavior of individual taphonomic attributes.....	78
6.5.5. Combined expression of taphonomic signatures	78
6.5.6. Time-averaging and temporal mixing.....	78
6.5.6. Implications for taphofacies recognition	80
6.6. Conclusions.....	81
References	83
7. CONCLUSÕES.....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXO I.....	105

APRESENTAÇÃO E CONTEXTO DA TESE

A pesquisa relaciona-se aos projetos “*Brachiopod and bivalve taphonomy in subtropical siliciclastic settings of northern coast of São Paulo State: environmental variation in taphonomic signatures, biostratinomic style and time-averaging among death assemblages*” (FAPESP, 00/12659-7) e “*Iniciativas geológicas/paleontológicas para implantação da linha de pesquisa em Paleobiologia da conservação: o caso de Bouchardia rosea (Brachiopoda, Rhynchonelliformea) na plataforma Sudeste do Brasil*” (FAPESP, 06/59416-8), coordenados pelo orientador, Prof. Dr. Marcello Guimarães Simões, no início dos anos 2000. Durante esses projetos, informalmente vinculados ao programa Biota FAPESP, realizou-se ampla agenda científica, com diversas campanhas de campo na plataforma continental (São Paulo Bight), ao norte do Estado de São Paulo, especialmente nas baías de Ubatuba, Caraguatatuba e São Sebastião. Sedimentos de fundo dessas baías foram amostrados continuamente por três anos, por diferentes métodos. Mas por que esses sedimentos e suas acumulações bioclásticas são relevantes? Os projetos de pesquisa acima buscavam compreender a formação de acumulações densas de material bioclástico (i.e., conchas de invertebrados marinhos), incluindo os fatores que controlam a abundância de restos esqueléticos, a mistura temporal (time averaging) associada a essas acumulações e o grau em que a composição e a estrutura das comunidades bentônicas são registradas nos acúmulos de conchas. Buscava-se também avaliar até que ponto essas informações são distorcidas pela durabilidade *post-mortem* dos bioclastos e pelo transporte lateral (i.e., para fora do habitat original), decorrente da dinâmica oceanográfica local.

Neste contexto, dados sedimentológicos, tafonômicos e geocronológicos prévios (Kowalewski et al., 2002; Carroll et al., 2003; Simões et al., 2004, 2007a, 2007b, 2009; Barbour-Wood et al., 2006; Krause et al., 2010; Rodrigues & Simões, 2010; Dexter et al., 2014) indicaram uma história de acumulação complexa, com ampla aplicação no registro estratigráfico, sendo fundamentais para reconstruções paleoambientais e paleoecológicas.

Na presente tese de doutoramento, busca-se ampliar o escopo de abordagens daqueles dois projetos, extraindo informações (paleo)ambientais em escala decadal, a partir dos acúmulos de conchas da Praia de Itamambuca, Ubatuba, SP. Embora motivado, em grande parte, pela necessidade de resolver um problema identificado em Simões et al. (2009), agora sob uma perspectiva decadal, o projeto também explora acumulações inéditas na Baía de Caraguatatuba e na plataforma interna em Cananéia, SP. Conforme poderá ser constatado na

seção de resultados, os dados obtidos são relevantes para o uso e interpretação da gênese de acumulações densas de conchas de braquiópodes no registro fóssil.

1. INTRODUÇÃO

A presente tese aborda a sedimentologia, tafonomia e geoquímica de acumulações densas, ou tanatocenoses, ricas em conchas de braquiópodes (*Bouchardia rosea*), em ambientes marinhos rasos (não ultrapassando ~50 m de profundidade), associados a fundos siliciclásticos/carbonáticos no Embaiamento do Estado de São Paulo. Essas acumulações bioclásticas, caracterizadas pela alta proporção de conchas de *Bouchardia rosea* (Kowalewski et al., 2002; Carroll et al., 2003; Simões et al., 2004, 2007a, 2007b, 2009; Rodrigues & Simões, 2010), constituem um objeto de estudo relevante sob os pontos de vista paleontológico e geológico, conforme discutido a seguir.

1.1. Fundamentos Paleontológicos e Geológicos da Tese

A despeito de sua importância ecológica e geológica, tanto no Recente quanto no registro geológico cenozoico, dados tafonômicos sobre acumulações bioclásticas formadas em ambientes marinhos de fundo siliciclástico ou misto, em regiões subtropicais, especialmente na margem continental brasileira, ainda são escassos. Além disso, a literatura concentra-se sobretudo em tanatocenoses dominadas por moluscos bivalves/gastrópodes, devido à abundância desse grupo nos ambientes marinhos tropicais atuais. Em contraste, pouco se conhece sobre a tafonomia de acumulações dominadas por conchas de braquiópodes viventes e subfósseis, apesar dos avanços em Rodrigues (2006) e Rodrigues & Simões (2010) e de sua relevância como formadoras de rochas no Paleozoico.

Nesse contexto, este projeto foca em acumulações bioclásticas com alta proporção de conchas de braquiópodes da Subfamília Bouchardiinae (sensu Allan, 1940), ainda não exhaustivamente exploradas, embora sua história geológica no Cenozoico da América do Sul esteja bem documentada, por exemplo, no Neógeno da Bacia de Pelotas (Simões et al., 2008) e em diversas unidades paleógenas e neógenas da Argentina, Uruguai e Antártica (Manceñido & Griffin, 1988).

Adicionalmente, a tese foi desenvolvida na plataforma continental brasileira, região ainda pouco investigada sob a ótica da tafonomia de braquiópodes, excetuando-se estudos conduzidos pelo orientador com colaboradores do exterior nos anos 2000, retomados nesta pesquisa. Tais tanatocenoses dominadas por conchas de braquiópodes são comuns e podem ser

amostradas com relativa facilidade, de modo semelhante às ocorrências clássicas da Nova Zelândia, Austrália, Escócia, Canadá e Antártica. Além disso, esses organismos e suas acumulações não são apenas frequentes no Recente, mas também marcantes no registro cenozoico da América do Sul, como evidenciam as “*Bouchardia beds*” da Formação Camacho (Mioceno), no Uruguai e na Patagônia (Manceñido & Griffin, 1988).

1.2. Braquiópodes vivos da margem continental brasileira: relevância de *Bouchardia rosea* (Mawe) e de suas acumulações bioclásticas

Conforme mencionado, esta tese trata de tanatocenoses parcialmente dominadas por conchas de braquiópodes rhynchonelliformes na plataforma continental no Estado de São Paulo, isso é no Embaíamento de São Paulo (São Paulo Bight). Embora os estudos de Kowalewski et al. (2002) e Simões et al. (2004) tenham demonstrado que a fauna de braquiópodes do Brasil era mais diversa do que se supunha, nas águas rasas (< 200 m) as concentrações bioclásticas são dominadas por conchas de *Bouchardia rosea* (Mawe), ou seja, a espécie mais comum da Subfamília Bouchardiinae (Allan, 1940) e de grande relevância biológica e geológica.

Bouchardia rosea é um pequeno braquiópode de concha calcítica (~15 mm), de coloração rósea, por vezes com listras brancas, típico da macrofauna bentônica de águas rasas ao longo das costas de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo (Tommasi, 1967, 1970a, b; Nonato & Petti, 1996; Nonato, 1999; Kowalewski et al., 2002; Simões et al., 2004). Do ponto de vista tafonômico, destaca-se por pertencer à ordem Terebratulida, com registro desde o Devoniano (Muir-Wood et al., 1965), e por apresentar valvas pontuadas (punctae), com baixa porcentagem de calcita magnesiana e concha com camada primária fina e camada secundária espessa de fábrica fibrosa, sem terceira camada (Carroll et al., 2003). Essa fábrica fibrosa é típica de Rhynchonellida e Terebratulida, incluindo formas paleozoicas (e.g., *Mutationella*, Devoniano, e *Rostricellula*, Ordoviciano; Williams et al., 1997), sendo também característica de braquiópodes pentamerídeos e orthídeos (Williams, 1965), e representa o padrão dominante entre braquiópodes rhynchonelliformes ao longo do Fanerozoico, exceto possivelmente no Permo-Carbonífero (Williams et al., 1997).

Além disso, trata-se de um braquiópode de epifauna com pedículo não cimentado ao fundo, que coloniza preferencialmente substratos com 40–70% de carbonato de cálcio (Simões et al., 2000; Kowalewski et al., 2002). Esse modo de vida, isto é, de epifauna livre (Richardson,

1981; Brunton, 1996; Simões et al., 2000; Kowalewski et al., 2002), pode refletir estratégias comuns em formas adultas de braquiópodes paleozoicos (Rudwick, 1970, p. 87, 166). Concentrações fossilíferas dominadas por *Bouchardia* também ocorrem no Paleogeno e Neogeno da América do Sul (Manceñido & Griffin, 1988; Martinez, 1994), permitindo comparações tafonômicas entre acumulações recentes e as do registro cenozoico. Assim sendo, o estudo tafonômico de *Bouchardia rosea* fornece dados geológicos e actuopaleontológicos relevantes para a interpretação do registro geológico cenozoico, conforme discutido ao longo desta tese.

7. CONCLUSÕES

i- Os resultados da presente tese mostram que as assinaturas tafonômicas em conchas de *Bouchardia rosea* variam entre os ambientes costeiros investigados, com diferenças consistentes entre Caraguatatuba e Cananéia, evidentes em análises univariadas e multivariadas. Essas diferenças envolvem fragmentação, representação de valvas e modificações superficiais. Ainda assim, há ampla sobreposição no espaço multivariado, indicando que as assembleias não formam grupos discretos. Dados de Ubatuba e da Praia de Itamambuca reforçam esse padrão. A geocronologia indica mistura temporal mais ampla em Caraguatatuba (incluindo o Holoceno médio) e mais restrita em Cananéia, padrão também observado em Ubatuba e relevante para a distribuição das assinaturas tafonômicas. Esse conjunto de evidências indica que as diferenças ambientais são parcialmente mascaradas pela mistura temporal e pelo retrabalhamento e/ou prolongada residência na zona tafonomicamente ativa, limitando a separação tafonômica entre assembleias;

ii- As diferenças entre ambientes são detectáveis, mas não geram separação clara. Atributos isolados têm resposta variável e não distinguem consistentemente os ambientes. A interpretação mais robusta decorre da análise integrada: a fragmentação diferencia Caraguatatuba (alta) de Cananéia (baixa), enquanto corrosão e alteração de textura são semelhantes; a proporção de valvas também varia, mas, isoladamente, não explica a estrutura das assembleias. Isso reforça que interpretações fundamentadas em variáveis únicas são limitadas e que a estrutura tafonômica só é adequadamente compreendida de forma multivariada;

iii- Em Itamambuca, mais de duas décadas após Simões et al. (2007a), a estrutura tafonômica permanece estável. Altas frequências de abrasão, bioerosão, incrustação e alteração superficial persistem, enquanto a fragmentação se mantém baixa, indicando retrabalhamento contínuo e

atuação de um filtro tafonômico eficiente. Esse padrão evidencia a persistência dos processos tafonômicos ao longo do tempo e a estabilidade do regime de formação dessas acumulações praias em escala decadal;

iv- Ainda no caso das acumulações na Praia de Itamambuca, as diferenças temporais refletem variações na intensidade de processos recorrentes, não mudanças de regime. As assembleias recentes são semelhantes entre si e dominadas por material com longa permanência na zona tafonomicamente ativa. As distribuições de tamanho variam pouco e sem tendência direcional, indicando que as assembleias integram sinais ao longo do tempo, sem responder diretamente a variações de curto prazo no aporte de conchas. Esse resultado indica que o sinal ecológico é fortemente atenuado por processos tafonômicos e temporais;

v- Assim, os resultados oferecem suporte parcial à hipótese inicial. Há evidência de transporte e retrabalhamento prolongado, mas não de redução no aporte de conchas. As acumulações comportam-se como sistemas temporalmente integrados, nos quais a persistência e reciclagem das conchas atenuam os sinais populacionais e desacoplam o registro preservado das dinâmicas ecológicas de curto prazo. Isso sugere que mudanças ecológicas recentes podem não ser prontamente registradas no acúmulo bioclástico preservado;

vi- Em síntese, as acumulações de *Bouchardia rosea* na margem continental sudeste do Brasil resultam da interação entre processos tafonômicos, sedimentares e temporais. As diferenças entre ambientes existem, mas se expressam como padrões sobrepostos, controlados por mistura temporal, transporte/retrabalhamento e permanência na zona tafonomicamente ativa. Portanto, o registro preservado reflete principalmente a integração de sinais ao longo do tempo, reforçando o caráter complexo dessas acumulações como arquivos (paleo)ambientais. Assim,

sua análise e interpretação exigem uma abordagem integrada, capaz de considerar, de forma simultânea, os diferentes processos e as distintas escalas temporais envolvidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, R. S. 1940. Studies on the recent and tertiary brachiopoda of Australia and New Zealand. Part II. **Records of the Canterbury Museum**, v. 4, p. 277-298.
- Almeida, F. F. M.; Carneiro, C. D. R. 1988. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, p. 135-150.
- Barbour-Wood, S. L.; Krause, R. A.; Kowalewski, M.; Wehmiller, J.; Simões, M. G. 2006. Aspartic acid racemization dating of Holocene brachiopods and bivalves from the southern Brazilian shelf, South Atlantic. **Quaternary Research**, v. 66, p. 323-331. doi:10.1016/j.yqres.2006.04.001
- Brunton, C. H. C. 1996. The functional morphology of the recent brachiopod *Bouchardia rosea*. **Acta Zoologica**, v. 77, p. 233-240. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6395.1996.tb01267.x>
- Carroll, M.; Kowalewski, M.; Simões, M. G.; Goodfriend, G. A. 2003. Quantitative estimates of time-averaging in terebratulid brachiopod shell accumulations from a modern tropical shelf. **Paleobiology**, v. 29, p. 381-402. doi:10.1666/0094-8373(2003)029<0381:QEOTIT>2.0.CO;2
- Corrêa, I. C. S.; Elias, A. R. D. 2001. Minerais pesados dos sedimentos do fundo da Enseada de Caraguatatuba, São Paulo, Brasil. **Pesquisa em Geociências**, v. 28, p. 37-47.
- Denadai, M. R.; Amaral, C. Z.; Turra, A. 2005. Along- and across-shore components of the spatial distribution of the clam *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalve, Veneridae). **Journal of Natural History**, v. 39, p. 3275-3295. <https://doi.org/10.1080/00222930500126156>
- Dexter, T. A.; Kaufman, D. S.; Krause, R. A.; Babour-Wood, S. L.; Simões, M. G.; Huntley, J. W.; Yanes, Y.; Romanek, C. S.; Kowalewski, M. 2014. A continuous multi-millennial record of surficial bivalve mollusk shells from the São Paulo Bight, Brazilian shelf. **Quaternary Research**, v. 81, p. 274-283. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2013.12.007>
- Dominguez, J. M. L. 1983. **Evolução quaternária da planície costeira associada à foz do Rio Jequitinhonha (BA): influência das variações do nível do mar e da deriva**

litorânea de sedimentos. 1983. 73 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador.

Fonzar, B. C. 1994. A circulação atmosférica na América do Sul: os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente: localização e trajetória. **Cadernos de Geociências**, v. 11, p. 11-33.

Giannini, P. C. F.; Guedes, C. C. F.; Nascimento Jr, D. R.; Tanaka, A. P. B.; Angulo, R. J.; Assine, M. L.; Souza, M. C. 2009. Sedimentology and morphological evolution of the Ilha Comprida Barrier System, southern São Paulo coast. In: DILLENBURG, S. R.; HESP, P. A. (Ed.) **Geology and geomorphology of Holocene coastal barriers of Brazil**. Lectures notes in earth sciences, v. 107, p. 177-224. https://doi.org/10.1007/978-3-540-44771-9_6

Kowalewski, M., Simões, M. G.; Carrol, M., Rodland, D. L. 2002. Abundant Brachiopods on a tropical, upwelling-influenced shelf (Southeast Brazilian Bight, South Atlantic). **Palaios**, v. 17, p. 277-286. [https://doi.org/10.1669/0883-1351\(2002\)017<0277:ABOATU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1669/0883-1351(2002)017<0277:ABOATU>2.0.CO;2)

Krause, R. A.; Barbour, S. L.; Kowalewski, M.; Kaufman, D. S.; Romanek, C. S.; Simões, M. G.; Wehmiller, J. F. 2010. Quantitative comparisons and models of time-averaging in bivalve and brachiopod shell accumulations. **Paleobiology**, v. 36, p. 428-452. [doi:10.1666/08072.1](https://doi.org/10.1666/08072.1)

Mahiques, M. M. 1987. **Considerações sobre os sedimentos de superfície de fundo da Baía da ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro.** 1987. 158 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo.

Mahiques, M. M.; Tessler, M. G.; Furtado, V. V. 1998. Characterization of energy gradient in enclosed bays of Ubatuba region, Southeastern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 47, p. 431-446. <https://doi.org/10.1006/ecss.1998.0368>

Mahiques, M. M.; Tessler, M. G.; Ciotti, A. M.; Silveira, I. C. A.; Sousa, S. H. M.; Figueira, R. C. L.; Tassinari, C. C. G.; Furtado, V. V.; Passos, R. F. 2004. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope of Southeast Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 24, p. 1685-1697. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2004.05.013>

- Manceñido, M. O.; Griffin, M. 1988. Distribution and palaeoenvironmental significance of the genus *Bouchardia* (Brachiopoda, Terebratellidina): it's bearing on the Cenozoic evolution of the South Atlantic. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 18, p. 201-211.
- Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J. M.; Dominguez, J. M. L.; Azevedo, A. E. G. 1984. Evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul (RJ) durante o Quaternário: influência das flutuações do nível do mar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, p. 84-97.
- Martinez, S. A. 1994. **Bioestratigrafía (invertebrados) de la Formación Camacho (Mioceno, Uruguay)**. 1994. 340 f. Tese (Doutorado) – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Buenos Aires.
- Meisling, K. E.; Cobbold, P. R.; Mount, V. S. 2001. Segmentation of an obliquely rifted margin, Campos and Santos basins, southeastern Brazil. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 85, p. 1903-1924. <https://doi.org/10.1306/8626D0A9-173B-11D7-8645000102C1865D>
- Muir-Wood, H. M.; Elliott, G. F.; Hatai, K. 1965. Mesozoic and Cenozoic Terebratellidina. In: Moore, R. C. (Ed). **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda 2**. University Kansas Press, p. 728-857.
- Nagai, R. H.; Sousa, S. H. M.; Mahiques, M. M. 2014. The Southern Brazilian shelf. **Geological Society of London, Memoirs**, v. 41, p. 47-54. <https://doi.org/10.1144/m41.5>
- Nonato, E. F. 1999. Filo Brachiopoda. In: Migotto, A. E.; Tiago, C. G. (Eds). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX, Volume 3: Invertebrados Marinhos**. FAPESP, São Paulo, p. 255-257.
- Nonato, E. F.; Petti, M. A. V. 1996. Macrofauna bentônica das enseadas de Picinguaba e Ubatimirim: ocorrência de espécies raras e descrição de novas espécies. In: SIMPÓSIO SOBRE OCEANOGRÁFIA, 3. **Resumos...** São Paulo: USP, p. 219.
- Pires-Vanin, A. M. S. 1993. A macrofauna bêmica da plataforma continental do largo de Ubatuba, São Paulo, Brasil. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**, v. 10, p. 137-158.

- Ponçano, W. L. 1985. **Sedimentação atual aplicada a portos no Brasil**. 1985. 290 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo.
- R Core Team. 2025. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Richardson, J. R. 1981. Distribution and orientation of six articulate brachiopod species from New Zealand. **New Zealand Journal of Zoology**, v. 8, p. 189-196. <https://doi.org/10.1080/03014223.1981.10427961>
- Rodrigues, S. C. 2006. **Tafonomia de moluscos bivalves e braquiópodes das enseadas de Ubatuba e Picinguaba, norte do estado de São Paulo: implicações do uso de assinaturas tafonômicas no reconhecimento de gradientes ambientais**. 216 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo.
- Rodrigues, S. C.; Simões, M. G. 2010. Taphonomy of *Bouchardia rosea* (Rhynchonelliformea Brachiopoda) shells from Ubatuba Bay, Brazil: implications for the use of taphonomic signatures in (paleo)environmental analysis. **Ameghiniana**, v. 47, p. 373-386.
- Rudwick, M. J. S. 1970. **Living and fossil brachiopods**. Hutchinson, London. 159 p.
- Simões, M. G.; Kowalewski, T., F. F.; Ghilardi, R. P. 2000. Early onset of Modern-Style shell beds in the Permian sequences of the Paraná basin: implication for the Phanerozoic trend in bioclastic accumulations. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, p. 499-503.
- Simões, M. G., Kowalewski, M., Mello, L. H. C.; Rodland, D. L.; Carrol, M. 2004. Recent brachiopods from the southern Brazilian shelf: palaeontological and biogeographical implications. **Palaeontology**, v. 47, p. 515-533. <https://doi.org/10.1111/j.0031-0239.2004.00383.x>
- Simões, M. G.; Rodrigues, S.C.; Leme, J. M.; Júnior, M. C. B. 2005. The setting pattern of brachiopod shells: stratigraphic and taphonomic implications to shell bed formation and paleoecology. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, p. 383-391.

- Simões, M. G.; Rodrigues, S. C.; Leme, J. M., Pires-Domingues, R. A. 2007a. Brachiopod shells on the beach: taphonomic overprinting in a fair-weather shell accumulation. **Journal of Taphonomy**, v. 5, p. 205-225.
- Simões, M. G.; Rodrigues, S. C.; Kowalewski, M. 2007b. Comparative analysis of drilling frequencies in recente brachiopod-mollusk associations from the Southern Brazilian Shelf. **Palaio**, v. 22, p. 143-154. <https://doi.org/10.2110/palo.2006.p06-040r>
- Simões, M. G.; Silva, S. M.; Rodrigues, S. C.; Coimbra, J. C. 2008. Braquiópodes (Rhynchonelliformea, Bouchardioidea) neógenos da Bacia de Pelotas (RS) e seu significado paleoambiental. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, p. 676-685.
- Simões, M. G.; Rodrigues, S. C.; Kowalewski, M. 2009. *Bouchardia rosea*, a vanishing brachiopod species of the Brazilian platform: taphonomy, historical ecology and conservation paleobiology. **Historical Biology**, v. 21, p. 123-137. <https://doi.org/10.1080/08912960903315559>
- Souza, C. R. G. 1997. **As células de deriva litorânea e a erosão no Estado de São Paulo**. 358 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo.
- Suguio, K.; Martin, L. 1976. Mecanismos de gênese das planícies sedimentares quaternárias do litoral do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29. **Anais...** Ouro Preto: SBG, v. 1, p. 295-305.
- Suguio, K. Martin, L. 1981. Significance of quaternary sea-level fluctuations for delta construction along the Brazilian coast. **Geo-marine Letters**, v. 1, p. 181-185. <https://doi.org/10.1007/BF02462431>
- Tessler, M. G. 1988. **Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista**. 296 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo.
- Tessler, M. G.; Mahiques, M. M. 1994. Transporte de sedimentos arenosos finos na plataforma interna do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38. **Boletim de resumos expandidos...** Balneário Camboriú: SBG, v. 1, p. 382-383.

- Tessler, M. G.; Goya, S. C. Y.; Yoshikawa, P. S.; Hurtado, S. N. 2006. Erosão e progradação do litoral do Estado de São Paulo. In: Muehe, D. (Ed.) **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. MMA, Brasília.
- Tommasi, L. R. 1967. Observações preliminares sobre a fauna bêntica de sedimentos moles da Baía de Santos e regiões vizinhas. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 16, p. 43-65. <https://doi.org/10.1590/S0373-55241967000100005>
- Tommasi, L. R. 1970a. Sobre o braquiópode *Bouchardia rosea* (Mawe, 1823). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 19, p. 33-42. <https://doi.org/10.1590/S0373-55241970000100002>
- Tommasi, L. R. 1970b. Observações preliminares sobre a fauna bêntica do Complexo Estuarino-Lagunar de Cananéia (SP). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 19, p. 43-56. <https://doi.org/10.1590/S0373-55241970000100003>
- Vicalvi, M. A.; Costa, M. P. A.; Kowsmann, R. O. 1978. Depressão de Abrolhos: uma paleolaguna holocênica na plataforma continental leste brasileira. **Boletim Técnico da Petrobras**, v. 21, p. 279-286.
- Williams, A. 1965. **Treatise on invertebrate paleontology, Part H, Brachiopoda 1-2**. University Kansas Press. 927 p.
- Williams, A.; James, M. A.; Emig, C. C.; Mackay, S.; Rhodes, M. C.; Cohen, B. L.; Gawthrop, A. B.; Peck, L. S.; Curry, G. B.; Ansell, A. D.; Cusack, M.; Walton, D.; Brunton, C. H. C.; Mackinnon, D. I.; Richardson, J. R. 1997. Brachiopoda. In: Kaesler, R. L. (Ed). **Treatise on invertebrate paleontology, Part H (revised), Brachiopoda**. University Kansas Press. 539 p.
- Zembrusky, S. G. 1979. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In: CHAVES, H. A. F. (Ed). **Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes**. PETROBRAS-DNPM-CPRM-DHN-CNPq, Rio de Janeiro, p. 129-177.