

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**PESQUISADORES DO PASSADO: IMPLICAÇÕES DO USO
DE MOLUSCOS DE SAMBAQUIS NA PALEOBIOLOGIA DA
CONSERVAÇÃO**

ANNA CLARA ARBOITTE DE ASSUMPÇÃO

ORIENTADOR – Prof. Dr. Matias do Nascimento Ritter

Porto Alegre, 2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**PESQUISADORES DO PASSADO: IMPLICAÇÕES DO USO
DE MOLUSCOS DE SAMBAQUIS NA PALEOBIOLOGIA DA
CONSERVAÇÃO**

ANNA CLARA ARBOITTE DE ASSUMPÇÃO

ORIENTADOR – Prof. Dr. Matias do Nascimento Ritter

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando M. Archuby – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Rodrigo Scalise Horodyski – Universidade do Vale do Sinos, Brasil

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Geociências (Paleontologia).

Porto Alegre, 2022

CIP - Catalogação na Publicação

Assumpção, Anna Clara Arboitte de
Pesquisadores do Passado: implicações do uso de
moluscos de sambaquis na Paleobiologia da Conservação
/ Anna Clara Arboitte de Assumpção. -- 2022.
60 f.
Orientador: Matias do Nascimento Ritter.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa
de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, BR-RS,
2022.

1. Tafonomia. 2. pescadores-coletores. 3. bivalves.
4. construção arqueológica. I. Ritter, Matias do
Nascimento, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial:

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e ao Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos (CECLIMAR) pela estrutura e auxílio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo 422766/2018-6), que financiou o projeto.

À toda minha família pelo suporte e incentivo, em especial aos meus pais Luiz e Marcia e meu irmão Angelo.

Ao meu orientador, Professor Matias do Nascimento Ritter, por toda paciência e confiança.

Aos professores que tive oportunidade de ser aluna.

Ao pesquisador Raphael Mathias Pinotti, e aos professores Felipe Caron, Fernando Erthal e Eduardo Guimarães Barboza, por toda ajuda na pesquisa.

À banca, por se disponibilizarem a olhar esta dissertação criticamente e ajudar a melhorá-la.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram e fazem parte dessa minha jornada.

Ao Thales José Paz, por ficar comigo em todos os momentos e por me fazer muito feliz. Obrigada por tudo.

A todos os animais não-humanos que alegraram minha vida. Principalmente a Princesa e a Bonnie.

RESUMO

A Paleobiologia da Conservação é uma área da Paleontologia derivada principalmente da Tafonomia, que visa auxiliar problemas de conservação através de dados com uma escala temporal mais longa. Para isso, utiliza dados de fósseis, registros históricos e construções arqueológicas, como os sambaquis. Porém, o estudo de sambaquis (montes de conchas antigos) na Paleobiologia da Conservação é uma tarefa complexa, especificamente na comparação de tamanho corporal de valvas de moluscos recentes e antigos para observar possíveis mudanças. Isso se deve à falta de informação de como os pescadores-jardineiros coletavam essas conchas e saber que testes de hipótese e dados podem ser usados para comparar o tamanho corporal de valvas antigas e recentes. Foram utilizadas ferramentas e metodologias da Tafonomia para acessar e propor alternativas a essas dificuldades. Os testes Teste-t (tt) e Mann-Whitney (mw), bem como técnicas de *Bootstrap* (bt) foram utilizados para comparar diferentes cenários de dados para o tamanho corporal das valvas do marisco-branco (*Amarilladesma mactroides*) de dois sambaquis e dois transectos nas praias do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. A pesquisa mostra que a média de tamanho corporal de indivíduos adultos de *Amarilladesma mactroides* é maior nos sambaquis do que nas valvas atuais em todos os testes (tt, $p = 0.0005$; mw, $p = 0.006$; bt, $p = 0.04$), mesmo reduzindo o número amostral. Porém, quando a comparação é só entre valvas maiores que a média, isso não é verdadeiro para dois testes estatísticos (tt, $p = 0.24$; mw, $p = 0.04$; bt, $p = 0.25$). Refinando a comparação para valvas de diferentes níveis da zona de *swash* (níveis superior, médio e inferior) com as valvas de sambaquis, o tamanho corporal difere apenas no nível médio (tt, $p = 0.004$; mw, $p = 0.004$; bt, $p = 0.005$), onde normalmente são encontrados adultos pequenos, recrutas e juvenis. Esse resultado pode indicar que os pescadores-jardineiros coletavam organismos grandes em níveis distintos dependendo da estação (i.e., adultos são coletados no nível superior durante o verão e no nível inferior durante o inverno), e que os dados de tamanho corporal devem ser utilizados com cautela, dependendo do tipo de estudo a ser feito. Portanto, esta pesquisa contribui tanto à Arqueologia, quanto à Paleontologia, além de demonstrar a importância da preservação dos sambaquis – geoarquivos de pesquisadores do passado.

Palavras-chave: Tafonomia, pescadores-jardineiros, bivalves, construção arqueológica.

ABSTRACT

The Conservation Paleobiology is a field of Paleontology mainly derived from Taphonomy, which aims to help conservation problems through data with a longer time scale. Thereunto, it uses data from fossils, historical records and archaeological constructions. However, the study of *sambaquis* (shell mounds) in Conservation Paleobiology is a complicated subject, specifically when comparing body size of current and past mollusk valves to observe possible changes. This is due to a lack of information regarding how ancient fisher-gardeners collected these shellfish and regarding which hypothesis tests and data can be used to compare current and past body sizes. Approaches and methodologies from Taphonomy were used to access and propose alternatives to these difficulties. The Mann-Whitney (mw) and t-test (tt) statistical tests, as well as techniques from *Bootstrap* (bt) were employed to compare a sort of data scenarios for yellow clam (*Amarilladesma mactroides*) shells from two *sambaquis* units, and from two transects along the beaches of Rio Grande do Sul in southern Brazil. The study finds that the average body size of an *Amarilladesma mactroides* adult specimen is greater in *sambaquis* than the current valves across all tests (tt, $p = 0.0005$; mw, $p = 0.006$; bt, $p = 0.04$), even after reducing the sample number. However, when the comparison is only between valves that are larger than average, this does not hold true for the two statistics (tt, $p = 0.24$; mw, $p = 0.04$; bt, $p = 0.25$). By refining the comparison for recent valves from different levels in the swash zone (upper, middle, and lower levels) with the past valves, the body sizes only differ at the middle level (tt, $p = 0.004$; mw, $p = 0.004$; bt, $p = 0.005$), where are usually found smaller adults, recruits, and juveniles. This result could indicate that fisher-gardeners collected large organisms at distinct levels depending on the season (i.e., adults are collected in the upper level during summer and in the lower level during winter), and that the body size from *sambaquis* are biased and must be used with precaution. Therefore, this research contributes for both Archaeology and Paleontology, besides demonstrate the importance to protect the *sambaquis* – geoarchives from ancient researchers.

Keywords: Taphonomy, fisher-gardeners, bivalves, archaeological constructs.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Considerações iniciais	9
1.2 Objetivos	11
1.3 Estado da arte	12
1.3.1 Um olhar paleontológico dos sambaquis	12
1.3.2 A espécie alvo: <i>Amarilladesma mactroides</i>	13
1.3.3 Tamanho importa? Considerações sobre o tamanho corporal	15
1.4 Material e Métodos	17
1.5 Localização e caracterização da área de estudo	21
1.6 Resultados e discussão	22
1.7 Conclusões	24
REFERÊNCIAS	26
2 ARTIGO PUBLICADO	35
ANEXOS	60
ANEXO A – CARTA DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO	60

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado está estruturada em torno de um artigo publicado em periódico classificado no estrato Qualis-CAPES A2. A sua organização compreende as seguintes partes principais:

TEXTO INTEGRADOR:

Texto integrador composto pelos seguintes capítulos: a) introdução compreendendo considerações iniciais e a justificativa da pesquisa; b) objetivos gerais e específicos; c) descrição do estado da arte, no que diz respeito à um olhar paleontológico dos sambaquis, à espécie alvo e ao tamanho corporal; d) os materiais e métodos utilizados; e) a área de estudo e seu contexto geológico; f) resumo dos principais resultados e discussão integradora; g) conclusões; h) referências utilizadas.

ARTIGO:

Corpo Principal da Dissertação/Tese, constituído do artigo publicado no periódico *Frontiers in Ecology and Evolution*, intitulado “**The tricky task of fisher-gardener research in Conservation Paleobiology**”.

COMPLEMENTO:

Anexo compreendendo a carta de publicação do artigo.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

A Paleobiologia da Conservação é uma área derivada majoritariamente da Tafonomia (especialmente Atualística) que está em franco crescimento, visto a urgente busca por linhas de base em condições no qual os ambientes eram prístinos ou com menos impactos do que atualmente (Dietl & Flessa, 2009, 2011; Conservation Paleobiology Workshop, 2012; Monsarrat et al., 2019). Dessa forma, com uma escala de tempo maior é possível entender melhor como o ambiente era, que espécies existiam nele e como responderam a variações desde então (e.g., Kowalewski et al., 2000; Willis & Birks, 2006; Dietl & Flessa, 2009, 2011; Kowalewski, 2017; Kusnerik et al., 2018, 2022; Dietl, 2019; Albano et al., 2020). Assim, é possível o auxílio em problemas de conservação, restauração da biodiversidade e serviços ecossistêmicos através de dados mais robustos e precisos (Monsarrat et al., 2019). Para que isso ocorra, a Paleobiologia da Conservação faz uso de técnicas e teorias da Paleontologia utilizando dados de fósseis, registros históricos e construções arqueológicas (e.g., Mannino & Thomas, 2002; Cannarozzi & Kowalewski, 2019; Fossile et al., 2019; Mendes et al., 2019).

Um tipo de construção arqueológica com elevado potencial para ser estudado com o olhar da Paleobiologia da Conservação são os amontoados de conchas em regiões costeiras do Brasil, chamados de sambaquis (do tupi-guarani, *tamba* = concha, *ki* = amontoado). Eles foram construídos em áreas emersas e pouco alagáveis entre cerca de 10.000 e 1.000 anos atrás por grupos de pescadores-jardineiros (seguindo a terminologia de Killion, 2013; e Scheel-Ybert & Boyadjian, 2020) (Lima, 1999; Schmitz, 2006; Giannini et al., 2010), e distribuem-se no litoral norte do Brasil nos estados do Pará e Maranhão e no leste desde a Bahia até o Rio Grande do Sul – com maior expressividade entre Espírito Santo e Rio Grande do Sul (Ferrasso et al., 2016; Silva et al., 2017). A composição dos sambaquis é predominante de conchas, mas também são encontrados ossos de vertebrados (inclusive de humanos), artefatos e invertebrados diversos (Lima, 1999; Figuti, 2005; Schmitz, 2006; Wagner, 2009; Ferrasso et al., 2016; Silva et al., 2017; Scheel-Ybert & Boyadjian, 2020). Durante muito tempo (até o final da década de 90) os sambaquis eram considerados vestígios do resto de cozinha dos povos sambaquieiros, porém

hoje já é sabido que esses amontoados de conchas eram monumentos funerários, um espaço de cerimônia em que ocorriam banquetes e enterro de pessoas do grupo (DeBlasis et al., 1998, 2017; Klokler et al., 2018; Scheel-Ybert & Boyadjian, 2020). Apesar da importância dos sambaquis para a história brasileira, eles ainda sofrem com destruição e depredação por retirada de material como souvenir, por tráfego de veículos *off-road* e por construções imobiliárias, sendo necessárias medidas mais protetivas (Lima, 1999; Wagner, 2009).

O uso dos sambaquis na Paleobiologia da Conservação está associado ao fato de que neles são encontrados organismos e sedimentos que existiam no tempo de sua criação, servindo como excelentes indicadores paleoambientais relacionados ao ambiente em que viviam, à biodiversidade, à biogeografia, à introdução de espécies exóticas e de como mudanças climáticas e a antropização podem afetar os organismos (Didham et al., 2005; Froyd & Willis, 2008; Villagran & Giannini, 2014; Ferrasso et al., 2016; Afonso, 2017; Colonese et al., 2017; Silva, 2017; Fossile et al., 2019; Mendes et al., 2019; Toso et al., 2022). Com essas informações é possível estabelecer uma linha de base para quando a atividade humana era menor, o que ajuda na conservação de ambientes hoje (Fossile et al., 2019; Mendes et al., 2019). Então, os pescadores-jardineiros sem querer atuaram como pesquisadores do passado ao construir esses geoarquivos (sambaquis), apesar de não terem métodos científicos claros.

Uma análise que poderia ser feita com dados de sambaquis é a de fidelidade composicional através da comparação do tamanho corporal de valvas de moluscos encontrados nessas construções arqueológicas e na praia atual, para avaliar se a espécie sofreu alguma variação de tamanho no tempo e auxiliar na Paleobiologia da Conservação. Porém, essa é uma tarefa difícil: apesar do tamanho corporal prover informações relevantes de como o ambiente era (por ser controlado por fatores abióticos e bióticos) (Campbell, 2008), há vieses que estão envolvidos nos dados das valvas presentes nos sambaquis. Isso porque eles foram construídos por humanos e existiam preferências culturais, tabus alimentares e materiais descartados que afetam a seletividade das conchas presentes nos sambaquis (Silva et al., 2017; Mendes et al., 2019).

Além do possível viés do tamanho corporal, há outras questões a serem sanadas para esse tipo de estudo, como que tipo de dados e testes estatísticos são

mais apropriados para as comparações. Dependendo da normalidade e uniformidade dos dados que se deseja comparar, há testes que são mais adequados que outros: para dados sem normalidade utiliza-se testes não-paramétricos (e.g. Man-Whitney, Kruskal-Wallis e Wilcoxon), em que os resultados são provenientes de ordenações e há uma perda de poder estatístico (Freidlin et al., 2003; Wasserman, 2005; Kowalewski & Novack-Gottshall, 2010); para dados com normalidade e uniformidade são usados testes paramétricos (e.g. qui-quadrado, Teste-t e ANOVA), que são mais eficientes e menos prováveis a ter erros; já quando se tem dados mistos (com e sem normalidade), ou se quer ter mais robustez com dados não-normais, pode-se usar o método computacional *Bootstrap*, que reamostra os dados e geralmente forma uma distribuição Gaussiana.

Visto tudo isso, com a utilização de ferramentas e pensamentos originários da Tafonomia (e.g., Paleobiologia da Conservação e fidelidade composicional), avalia-se esses problemas referentes a comparação do tamanho corporal de valvas encontradas nos sambaquis e na costa atual do Rio Grande do Sul, Brasil. Então, nossa hipótese é de que utilizando técnicas tafonômicas consegue-se comprovar o viés de tamanho corporal nos sambaquis, em que as conchas são maiores pela seletividade, e que o melhor teste estatístico para a comparação deva aceitar não-normalidade, mas continuar robusto com os resultados. Além disso, é levantada a hipótese de que os pescadores-jardineiros coletavam moluscos na parte da zona de *swash* (área de praia que alterna entre coberta e exposta pelo *uprush* e *backwash* da água) (Masselink & Puleo, 2006; Hughes & Baldock, 2020) em que estão os organismos maiores. Assim, consolida-se o emprego da Paleobiologia da Conservação numa escala ampla e interdisciplinar e espera-se que os sambaquis obtenham mais atenção e proteção, para que não ocorra mais destruição principalmente por construções imobiliárias.

1.2 Objetivos

O principal objetivo dessa pesquisa é utilizar técnicas e métodos da Paleobiologia da Conservação para confirmar e solucionar problemas encontrados na comparação de tamanho corporal de valvas presentes em sambaquis e na costa atual do Rio Grande do Sul, Brasil, que são: viés no tamanho corporal das valvas de

sambaquis e qual o teste é mais indicado para a comparação. Para isso, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- i. Identificar diferenças no tamanho corporal entre valvas de *Amarilladesma mactroides* (Reeve, 1854) nos sambaquis e em dois transectos no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil, utilizando diferentes cenários amostrais;
- ii. Analisar a eficiência de teste paramétrico (Teste t, tt), não-paramétrico (Teste de Mann-Whitney, mw) e técnicas de *Bootstrap* (bt) nas comparações do tamanho corporal de valvas;
- iii. Identificar a provável parte da zona de *swash* (níveis superior, médio e inferior) em que os pescadores-jardineiros provavelmente coletavam as conchas para construção dos sambaquis.

1.3 Estado da arte

1.3.1 Um olhar paleontológico dos sambaquis

A Tafonomia é uma área da Paleontologia complexa e interdisciplinar que estuda a qualidade do registro fóssil, com o objetivo de interpretar fenômenos que ocorrem com restos biológicos até a exposição do fóssil num afloramento (Kidwell & Flessa, 1996; Behrensmeyer et al., 2000). Também lida com questões sobre o que o fóssil pode ilustrar sobre uma espécie, população ou comunidade pretérita, podendo utilizar os ambientes modernos para entender a formação do registro fóssil (Kidwell & Flessa, 1996; Behrensmeyer et al., 2000; Erthal et al., 2011; Kidwell, 2013; Erthal et al., 2017). Sendo assim, é a principal conexão entre o significado biológico do fóssil, o ambiente onde o resto estava e onde foi soterrado e preservado (Erthal et al., 2017).

Dentro da Tafonomia se consolidou uma área chamada Paleobiologia da Conservação que, utilizando registros geo-históricos, auxilia nos problemas de conservação, restauração da biodiversidade e serviços ecossistêmicos com dados mais robustos e precisos (Willis & Birks, 2006; Dietl & Flessa, 2009, 2011; Conservation Paleobiology Workshop, 2012; Kowalewski, 2017; Kusnerik et al., 2018; Dietl, 2019; Monsarrat et al., 2019; Albano et al., 2020). A partir disso, e através da comparação de atributos da associação viva com a associação morta e/ou fóssil

(derivado da fidelidade composicional), estudos já foram feitos utilizando os sambaquis, como o de Mendes et al. (2019) e o de Fossile et al. (2019).

No primeiro estudo (Mendes et al., 2019) é confirmada a hipótese de que o inventário ictiológico zooarqueológico dos sambaquis, nos estados de Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo, não difere estatisticamente da diversidade ictiológica recente utilizando os índices de fidelidade composicional F1, F2 e F3 (de Kidwell & Bosence, 1991, não mais recomendado, pois desconsidera o efeito do tamanho amostral; Ritter & Erthal, 2013). Assim, os sambaquis conteriam registros da composição de espécies de peixes passadas e da biodiversidade do Holoceno, sendo recomendados para estudos ecológicos e de grande escala temporal (Mendes et al., 2019). Já no segundo estudo (Fossile et al., 2019), são revisados registros de restos faunísticos de vertebrados e invertebrados em sambaquis localizados na Baía de Babitonga, Santa Catarina, e compara-se com os registros atuais de fauna. Dessa forma, fornece um retrato da biodiversidade passada, mostrando que doze espécies de animais encontradas nos sambaquis já não são registradas atualmente e contribuindo para a conservação biológica da região (Fossile et al., 2019).

No entanto, nenhum estudo até o presente resolveu comparar estatisticamente o tamanho corporal das valvas de moluscos encontrados nos sambaquis brasileiros com as valvas atuais para observar a variação desse parâmetro ao longo do tempo e inferir o que causou isso (e.g., Álvares-Fernandez et al., 2011; Klein e Steele, 2013), ou com a finalidade de estabelecer uma linha de base para conservação de espécies (e.g., Kusnerik et al., 2018). Apesar de essa questão de comparação de tamanhos de valvas de sambaquis e recentes ser um pensamento recorrente dentro do meio arqueológico e paleontológico, ele não se torna real justamente pelo viés da coleta dos pescadores-jardineiros que comprovamos aqui com técnicas tafonômicas, mas que antes já era especulado. Assim, realmente os dados morfométricos das valvas de moluscos dos sambaquis devem ser utilizados com cautela, através de técnicas e testes adequados, para comparação com valvas atuais. Portanto, é inegável que os sambaquis são plenamente aptos para serem utilizados em diferentes estudos dentro da área da Paleobiologia da Conservação, por serem uma biblioteca geo-biológica.

1.3.2 A espécie alvo: *Amarilladesma mactroides*

Os sambaquis do Litoral Norte do Rio Grande do Sul são majoritariamente formados por uma espécie de molusco, dominante em abundância, que é a *Amarilladesma mactroides* (Reeve, 1854) (Fig. 1), conhecida popularmente como marisco-branco. A distribuição da espécie se dá em praias dissipativas arenosas na região Atlântica da América do Sul, entre a Baía de Santos, Brasil (24° S), e Rio Negro, Argentina (41° S) (Defeo et al., 1993), sendo que sua maior abundância está no meio de sua distribuição (Barra del Chuy, Uruguai e Cassino, Brasil) (Fiori & Defeo, 2006).



Figura 1. Valva direita de *Amarilladesma mactroides* coletada no Sambaqui Ibicuí, Arroio do Sal – Brasil. Escala: 1 cm.

O marisco-branco apresenta um corpo comprimido lateralmente com duas valvas de coloração branca-amarelada. É um bivalve que filtra o material suspenso na água, ou alimenta-se de detritos nos sedimentos (caso se tenha escassez de alimento suspenso) (Defeo & Scarabino, 1990), e tem hábito infaunal, enterrando-se na areia pela contração de seu pé muscular. Na praia, localiza-se no mesolitoral, em que os recrutas (de até 1 cm de comprimento) habitam preferencialmente o limite supralitoral-mesolitoral (nível superior da zona de *swash*), os juvenis (de 1 cm a 4,3 cm de comprimento) distribuem-se por toda extensão (níveis superior, médio e inferior da zona de *swash*) e os adultos (maiores que 4,3 cm de comprimento) vivem no inverno entre mesolitoral-infralitoral (nível inferior da zona de *swash*), e no verão na parte supralitoral (nível superior da zona de *swash*) (McLachlan et al., 1996; Bergonci & Thomé, 2008); ou seja, a espécie é migrante sazonal.

A espécie *Amarilladesma mactroides* tem um papel ecológico importante nas praias dissipativas, sendo um dos maiores recursos malacológicos da costa atlântica da América do Sul. Uma gama de animais da zona costeira alimentam-se do marisco-branco, como o caranguejo *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) e a ave *Haematopus*

palliatum Temminck 1820, que é o maior predador da espécie (Gianuca, 1983; Defeo et al., 1992; Bergonci, 2005; Pinotti, 2014). Além disso, a população humana a utiliza para culinária e como isca de pesca, tanto que chegou a causar um declínio populacional de marisco-branco no ano de 1953, levando a medidas de restrição de coleta e manejo (Defeo, 1996; Ortega et al., 2012)

Outro grande declínio populacional de *Amarilladesma mactroides* foi entre os anos de 1993 e 1995, em que mais de 80% da população morreu. Isso levou os pesquisadores Fiori e Cazzaniga (1999) concluírem que a espécie estava ameaçada, sendo que seu status na lista da fauna vermelha da IUCN chegou a ser considerado em perigo nesta época. Desde então o marisco-branco vem sofrendo com eventos de mortalidade de causas diversas, como danos antropogênicos (contaminação por metais pesados e qualidade ruim da água), mudança de temperatura da água, parasitismo, florações algais, bactérias e vírus (Vázquez et al., 2016). Assim como a provável tendência de diminuição tamanho médio das valvas de *A. mactroides* devido às atividades antrópicas mais diretas (remoção de dunas, tráfego de carros pela praia, turismo e construções) (Fiori & Cazzaniga, 2004), essas mortandades podem ter influenciado no tamanho corporal da espécie (Fiori et al., 2019), mas também pode ser que isso tenha ocorrido outras vezes ao longo do tempo.

1.3.3 Tamanho importa? Considerações sobre o tamanho corporal

O tamanho corporal é uma das principais características biológicas de todos os organismos. Ele é relacionado com a fisiologia, modo de vida, atividades reprodutivas, desenvolvimento, progresso evolutivo e ecologia dos organismos, que determinam a estrutura e funcionalidade de ecossistemas (Bonner, 1965; Peters, 1983; Woodwark et al., 2005; Nawrot et al., 2017). Ainda, esse parâmetro é controlado por fatores abióticos (e.g. ação das ondas, temperatura, estação do ano, salinidade, turbidez) e bióticos, como a relação intraespecífica e pressão dos predadores (Campbell, 2008).

Dentro da parte biótica, a espécie humana afeta tanto diretamente quanto indiretamente no tamanho corporal das espécies-alvo. Isso porque contribuimos para mudanças climáticas, introdução de espécies exóticas, modificações no ambiente natural, bem como utilizamos muitas espécies de moluscos em nossa alimentação, o que pode acarretar um efeito de diminuição do tamanho dos indivíduos (Fiori &

Cazzaniga, 1999; Mannino & Thomas, 2002; Campbell, 2008; Álvarez-Fernandez et al., 2011; Thakar, 2011).

Por causa das características apresentadas anteriormente, o tamanho corporal pode ser considerado um excelente proxy relacionado ao ambiente e interações biológicas, ilustrando a adaptação e variação das conchas ao longo do tempo em diferentes condições quando se compara o tamanho das conchas pretéritas com as atuais, o que possibilita dados mais robustos e precisos na conservação de espécies (Dietl & Flessa, 2009, 2011). Dentro disso, o estudo de Kusnerik et al. (2018) é um grande exemplo, em que os pesquisadores coletaram valvas do período atual, do período colonial e do Pleistoceno do ostreídeo *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791), para comparar altura, abundância e taxa de crescimento. Essa ostra sofre com sobreexploração, destruição de hábitat e doenças na Baía de Chesapeake, EUA, e um manejo para sua conservação era feito focado na proteção dos estágios iniciais da vida da espécie. Porém, Kusnerik et al. (2018) mostraram na pesquisa que a altura e vida útil de *Crassostrea virginica* diminuíram significativamente do Pleistoceno para o presente, ao mesmo tempo que aumentou o crescimento ontogenético, indicando um truncamento de idade e que os indivíduos maiores são os mais afetados pelos problemas. Assim, propôs-se que o manejo da espécie fosse mais focado em organismos mais velhos, como implementação de um limite para coleta, estabelecimento de áreas protegidas ou diminuir significativamente as taxas de exploração.

Ainda não havia sido feito nenhum tipo de estudo sobre comparação de tamanho entre valvas com diferentes idades nos sambaquis brasileiros. Por outro lado, alguns estudos já foram feitos em outros países com amontoados de conchas arqueológicas, como o de Álvarez-Fernández et al. (2011) na Espanha e de Klein & Steele (2013) na África do Sul. No primeiro é realizada uma pesquisa com o tamanho de conchas presentes em cavernas arqueológicas no norte da Espanha (Álvarez-Fernández et al., 2011). Foi observado que o comprimento das lapas *Patella vulgata* Linnaeus, 1758, *P. depressa* Pennant, 1777, *P. ulyssiponensis* Gmelin, 1791 e a altura de *Phorcus lineatus* (da Costa, 1778) diminuíram significativamente entre 6.800-5.600 cal BC e 5.000-2.600 cal BC, provavelmente por causa de mudança climática que ocorreu entre o Pleistoceno e o Holoceno, mas não é descartada a hipótese que a ação humana pode ter influenciado no tamanho das conchas (Álvarez-Fernández et al., 2011). Já no segundo estudo, os alvos foram as espécies de moluscos presentes em

amontoados de conchas arqueológicas na África do Sul (Klein & Steele, 2013). Os autores mostraram uma redução do comprimento de *Turbo sarmaticus* Linnaeus, 1758, *Scutellastra argenvillei* (Krauss, 1848) e *Cymbula oculus* (Born, 1778) da Idade da Pedra Média Africana para a Tardia; a explicação mais parcimoniosa foi a de que a população humana cresceu e passou a explorar os recursos mais intensivamente (Klein & Steele, 2013). Então, percebe-se que a partir da pesquisa de tamanho corporal pode se inferir informações sobre a variação desse parâmetro ao longo do tempo e qual a causa, tornando-se uma ferramenta útil à Paleobiologia da Conservação.

1.4 Material e Métodos

Para a comparação do tamanho corporal de valvas atuais e antigas, foram utilizados, respectivamente, dados de dois transectos na costa atual e de dois sambaquis no Rio Grande do Sul, sul do Brasil (Fig. 2). Os transectos são localizados na parte norte, entre Tramandaí (29°58'46.11"S, 50° 7'12.46"W) e Palmares do Sul (30°23'19.93"S, 50°17'2.98"W), e no sul, entre o Naufrágio do Navio Altair (32°17'S, 52°15'W) e o Farol Sarita (32°37'S, 52°25'W) no município de Rio Grande (Fig. 2). Sendo que nesse último transecto tem informações sobre organismos em diferentes níveis da zona de *swash* (níveis superior, médio e inferior). Esses transectos foram escolhidos pelo motivo de que a coleta no Navio Altair-Farol Sarita já havia sido realizada (mais detalhes no texto que segue) e a coleta Tramandaí-Palmares do Sul foi feita em conjunto com outra pesquisa, dando mais valor a dados já coletados, diminuindo o custo de novas coletas e prevenindo mortes de organismos.

No transecto Tramandaí-Palmares do Sul, foram coletadas conchas vazias (já mortas) pela faixa de praia numa extensão de 10 m em 11 pontos, 5 km equidistantes um do outro. As amostras foram lavadas, colocadas para secar naturalmente e guardadas em recipientes identificados no Laboratório de Sedimentologia (Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos, UFRGS – CECLIMAR). Todas as conchas estão sendo tombadas na coleção científica de Malacologia do Museu de Ciências Naturais (MUCIN), UFRGS – CECLIMAR.

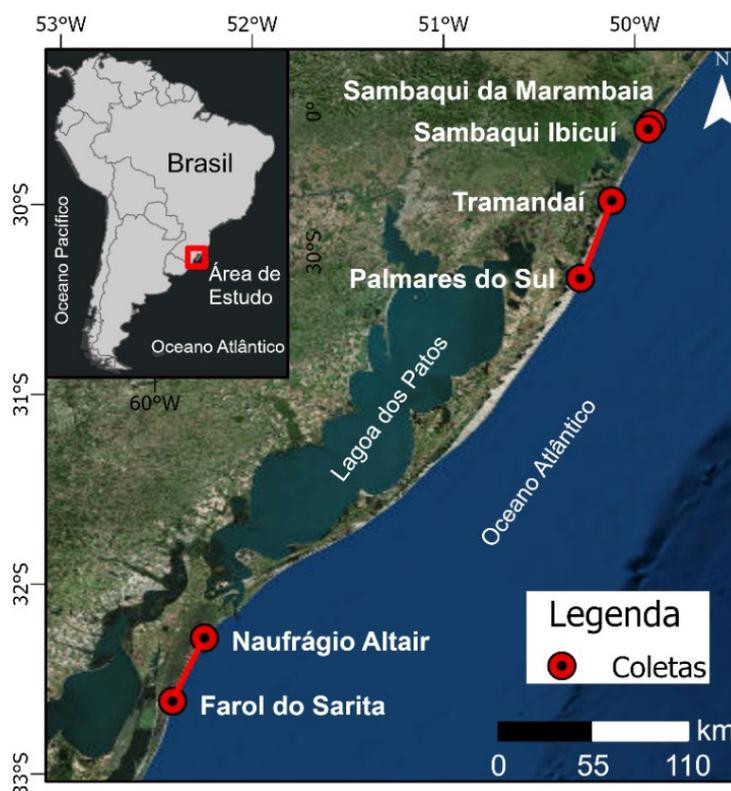


Figura 2. Mapa da área de estudo mostrando os locais amostrais na Planície Costeira do Rio Grande do Sul – Brasil, Basemap – ArcView (modificada de Assumpção et al., 2022).

A coleta no transecto Naufrágio Altair-Farol Sarita foi feita por Pinotti (2014), em que organismos vivos foram recuperados em diferentes áreas da praia entre 2010 e 2011. Para isso, foi usado um tubo de PVC de 20 cm de diâmetro (0,03 m³) e uma malha de 0,5 mm Pinotti (2014). Os organismos coletados estão preservados em álcool no Laboratório de Ecologia e de Invertebrados Bentônicos do Instituto Oceanográfico da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Neste transecto estão presentes dados de valvas de *Amarilladesma mactroides* em diferentes níveis da zona de *swash* (nível superior, nível médio e nível inferior), que foram utilizados para uma comparação de tamanho corporal mais refinada.

Já os sambaquis escolhidos foram aqueles achados com boa preservação, fácil acesso e conchas pouco fragmentadas, após os seguintes procedimentos: (i) plotar no software *Google Earth* quarenta e dois sambaquis listados como possíveis para estudo (com base em Wagner (2009)); (ii) avaliar os acessos aos sambaquis e se ainda existiam, pois alguns foram destruídos para construção imobiliária; (iii) realizar campo exploratório e verificar as condições dos sambaquis e das conchas. Enfim, os sambaquis mais adequados foram o Sambaqui Ibicuí (29°36'10.09"S, 49°55'48.39"W)

(Fig. 3A) e o Sambaqui da Marambaia ($29^{\circ}34'23.42''\text{S}$, $49^{\circ}54'34.11''\text{W}$) (Fig. 3B) (Fig. 2), localizados na cidade de Arroio do Sal. No Sambaqui da Marambaia uma idade de 3.050 ± 40 BP foi obtida por datação ^{14}C (Rogge & Schmitz, 2010), o que nos leva a estimar que o Sambaqui Ibicuí tenha uma idade similar, pois estão num mesmo cordão de dunas e são próximos um do outro. É interessante notar que no Sambaqui Ibicuí há marcas de depredação por veículos *off-road* que o utilizam como pista (Fig. 4), destruindo o material dessas antigas construções tão importantes para a história do Brasil.

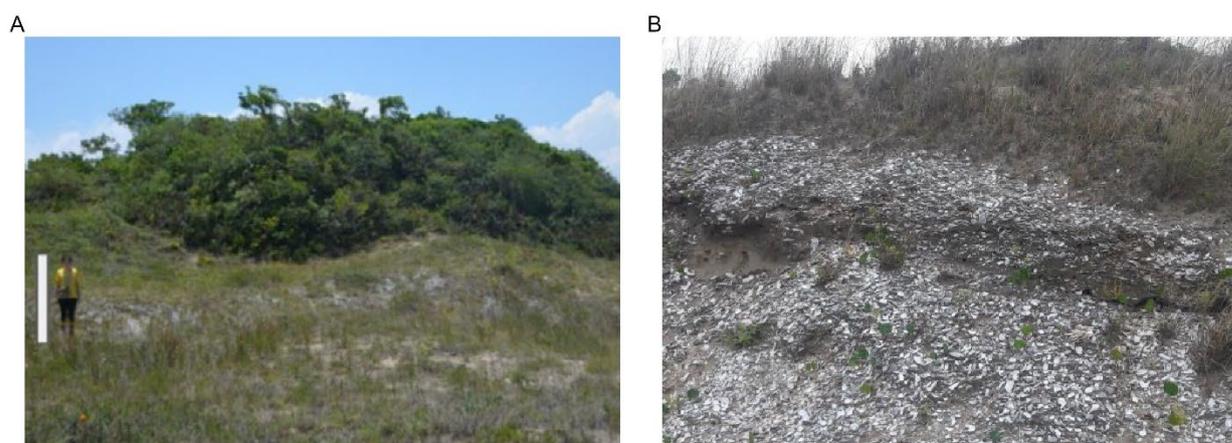


Figura 3. Os sambaquis Ibicuí e Marambaia, Arroio do Sal – Brasil. Aspecto geral do Sambaqui Ibicuí, escala de 1,80 m (fonte: M.N. Ritter, 2019) (A); e face exposta do Sambaqui da Marambaia (fonte: autor, 2019) (B).

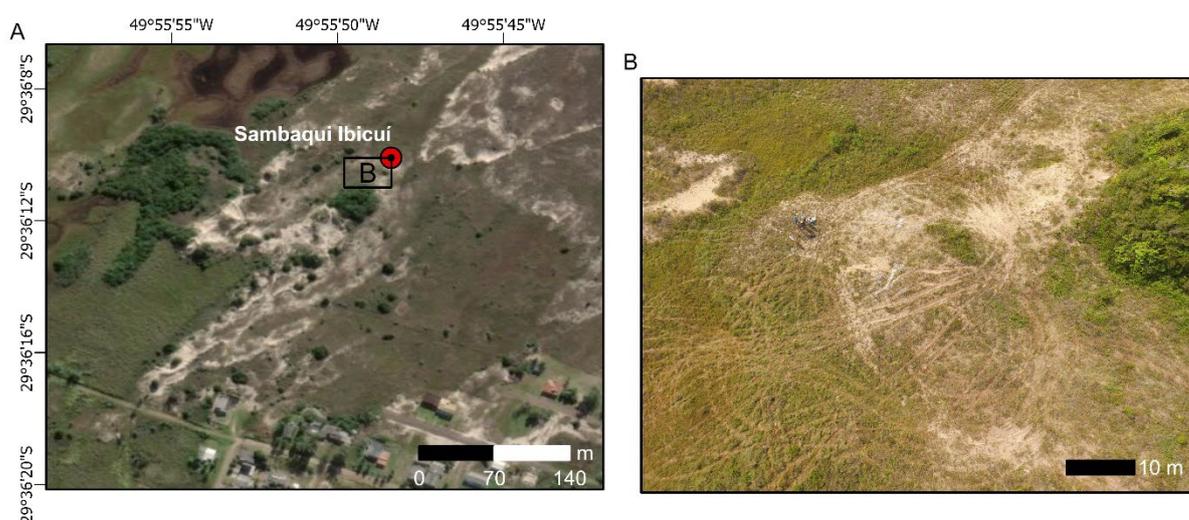


Figura 4. O Sambaqui Ibicuí, Arroio do Sal – Brasil. Localização do Sambaqui Ibicuí (A) (Basemap – ArcView), e as marcas deixadas por veículos *off-road* (B) (foto área de drone) (modificada de Assumpção et al., 2022).

As coletas nos sambaquis se deram por retirar blocos de material na face norte que é exposta (onde um perfil já havia sido feito no Sambaqui Ibicuí, por Wagner (2009). Um volume total de 298,46 cm³ foi retirado e as conchas preservadas foram selecionadas, sendo que no Sambaqui Ibicuí um volume de 37,31 cm³ foi lavado em cima de peneira (1 mm) e guardou-se fragmentos de vertebrados para possíveis estudos futuros. As amostras foram lavadas no Laboratório de Sedimentologia (UFRGS – CECLIMAR) e secas naturalmente. O material está na UFRGS – CECLIMAR para tombamento também.

Todas as valvas de *Amarilladesma mactroides* coletadas tiveram sua altura e comprimento mensurados (em mm) por um paquímetro digital de 0,1 mm de precisão. O tamanho corporal foi estimado pela média geométrica, segundo Kosnik et al. (2006), através da altura máxima, comprimento máximo e número amostral. É interessante ressaltar que o tamanho corporal, ao invés de só o comprimento ou a altura, é um método mais eficaz de estimar o tamanho de moluscos (Kosnik et al., 2006), possibilitando comparações diretas em organismos de grupos taxonômicos diferentes (e.g. Heim et al., 2017; Payne & Heim, 2020).

As análises estatísticas foram feitas no ambiente estatístico R (R Core Team, 2022) e apenas indivíduos adultos (maiores que 4,3 mm – Masselo & Defeo, 1986) e valvas esquerdas (valva de maior quantidade, em comparação com a direita) foram usados. O teste de Shapiro-Wilk foi realizado para verificar a normalidade dos dados e o número amostral (n) foi ajustado para cada comparação que se seguiu (o dado com maior n da comparação foi reamostrado sem substituição). As comparações de tamanho corporal foram feitas usando o Teste-t (tt), Mann-Whitney (mw) e *Bootstrap* (bt) (Efron, 1979). Essa última técnica foi baseada em Kowalewski & Novack-Gottshall (2010), em que as observações das valvas dos sambaquis e dos transectos foram combinadas e realizou-se 10.000 interações com substituição para replicar pares das amostras; depois a probabilidade da diferença entre as médias amostrais (valor de p) foi computada.

Os seguintes cenários foram testados na comparação de tamanho corporal: (i) valvas do Sambaqui Ibicuí com as do Sambaqui da Marambaia; (ii) valvas do transecto Navio Altair-Farol Sarita e Tramandaí-Palmares do Sul; (iii) valvas de sambaquis e dos transectos; (iv) valvas recentes e antigas com $n = 100$; (v) valvas recentes e antigas com $n = 50$; (vi) valvas antigas e atuais com tamanho corporal maior que a média; (vii)

valvas dos sambaquis e do grupo dos níveis superior, médio e inferior da zona de *swash* (transecto Naufrágio Altair-Farol Sarita); (viii) valvas de cada um dos níveis da zona de *swash* separados e das valvas dos sambaquis.

1.5 Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo está contida na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) região sul do Brasil. Mais precisamente, no município de Arroio do Sal (onde estão os sambaquis), entre as cidades de Tramandaí e Palmares do Sul, e no município de Rio Grande entre o Naufrágio do Navio Altair e o Farol Sarita (Fig. 2).

A PCRS tem 620 km de extensão (desde o Riacho Chuí, em Santa Vitória do Palmar no sul, até o Rio Mampituba, em Torres no norte), com uma orientação SW-NE e forma levemente ondulada (Tomazelli & Villwock, 1992). Segundo a classificação de Köppen (1948), a PCRS enquadra-se como “zona fundamental temperada” ou “C”, “tipo fundamental Cf” ou “temperado úmido” e variedade “Cfa” ou “subtropical”. O vento predominante é o de NE, que são mais ativos nos meses de primavera e verão, e ventos de W-SW, mais ativos nos meses de inverno, são secundários (Tomazelli, 1993).

As praias são arenosas e dissipativas, controladas por um regime de micromarés com marés semi-diurnas e amplitude média de 0,5 m (Dillenburg et al., 2009). A areia tem granulometria fina a muito fina, mas entre os municípios de Rio Grande e Chuí, os bioclastos são importantes constituintes do sedimento (Villwock, 1972; Calliari & Klein, 1993). As praias do sul do Brasil são umas das mais ricas e produtivas, permitindo uma alta diversidade e sobrevivência dos organismos, como os moluscos *Amarilladesma mactroides*, *Donax hanleyanus* Philippi, 1847, *Eucallista purpurata* (Lamarck, 1818), *Tivela* spp. Link, 1807, e *Mactra isabelleana* d'Orbigny, 1846 (Calliari et al., 1997; Pinotti et al., 2014).

A PCRS é a expressão geomorfológica da porção superior emersa da Bacia de Pelotas e é caracterizada por barreiras arenosas e lagoas, que foram formadas durante o Quaternário pela justaposição de depósitos arenosos de quatro sistemas deposicionais laguna-barreira (Villwock et al., 1984; Villwock et al., 1986; Fernandez et al, 2019). Esses sistemas laguna-barreira originaram-se pelo retrabalhamento de sedimentos siliciclásticos da porção superior da Bacia de Pelotas durante ciclos

transgressivos-regressivos e registram máximos transgressivos seguidos por regressões em fase inicial (Villwock et al., 1986). Cada sistema laguna-barreira corresponde a uma sequência deposicional de alta frequência (Rosa et al., 2011, 2017).

1.6 Resultados e discussão

O tamanho amostral da comparação de valvas entre o Sambaqui Ibicuí e o Sambaqui da Marambaia foi de 90 e entre o transecto Tramandaí-Palmares do Sul e o Naufrágio Altair-Farol Sarita foi de 250. Já entre a comparação de valvas antigas (dos sambaquis) e recentes (dos transectos Tramandaí-Palmares do Sul e Naufrágio Altair-Farol Sarita) foi de 233, e de 177 para valvas maiores que a média de tamanho corporal (média sambaquis: 45,95; média valvas recentes: 44,30). Na comparação entre o tamanho corporal das valvas de sambaquis com as de todos os níveis da zona de *swash* (transecto Naufrágio Altair-Farol Sarita), o tamanho amostral foi de 74. Quando a comparação é entre os sambaquis com os diferentes níveis da zona de *swash* tem-se: $n = 31$ com o nível superior; $n = 30$ com o nível médio; e, $n = 13$ com o nível inferior.

O teste de Shapiro-Wilk não mostrou normalidade para vários dados nas comparações. Inclusive quando se tentou fazer a conversão Box-Cox os dados, por exemplo da comparação de tamanho corporal entre valvas de sambaqui e recentes, não se obteve normalidade ainda, por isso não transformamos dados que não obtiveram normalidade.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) de tamanho corporal nas comparações entre o Sambaqui Ibicuí e o Sambaqui da Marambaia e entre o transecto Tramandaí-Palmares do Sul e o Naufrágio Altair-Farol Sarita, por isso foi possível a junção em dois grandes grupos: sambaquis e atuais. Tem uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias (o tamanho corporal foi maior nos sambaquis) das valvas de *Amarilladesma mactroides* presentes nos sambaquis e na costa atual em todos os testes estatísticos (tt, $p = 0,0005$; mw, $p = 0,006$; bt, $p = 0,04$), mesmo reduzindo o número amostral para 100 (tt, $p = 0,001$; mw, $p = 0,007$; bt, $p = 0,001$) e 50 (tt, $p = 0,035$; mw, $p = 0,2$; bt, $p = 0,034$) (Tab 1.). Porém, quando a comparação é com os tamanhos corporais acima da média, obtém-se diferença significativa somente no teste de Mann-Whitney (tt, $p = 0,24$; mw, $p = 0,04$; bt, $p = 0,25$) (Tab 1.). As médias

não diferem significativamente quando o tamanho corporal dos sambaquis é comparado com os do transecto Naufrágio Altair-Farol Sarita (tt, $p = 0.21$; mw, $p = 0.28$; bt, $p = 0.21$) (Tab 1.). Quando se refina as comparações para cada nível da zona de *swash*, não tem diferença significativa entre as médias quando compara as valvas dos sambaquis com o nível superior (tt, $p = 0.84$; mw, $p = 0.63$; bt, $p = 1$), nem com o nível inferior (tt, $p = 0.16$; mw, $p = 0.44$; bt, $p = 0.15$); tem diferença apenas no nível médio (tt, $p = 0.004$; mw, $p = 0.004$; bt, $p = 0.005$) (Tab 1.).

Tabela 1. Valores estatísticos da comparação entre o tamanho do corpo de valvas antigas e recentes (modificada de Assumpção et al., 2022).

Comparação de tamanho corporal		Número amostral (<i>n</i>)	Teste-t (tt)	Mann-Whitney (mw)	<i>Bootstrap</i> (bt)
		Valor de <i>p</i>			
Sambaqui	Atual	233	0.0005	0.006	0.04
Sambaqui	Atual	100	0.001	0.007	0.001
Sambaqui	Atual	50	0.035	0.2	0.034
Maiores que a média					
Sambaqui	Atual	117	0.24	0.04	0.25
Sambaqui	Todos níveis	74	0.21	0.28	0.21
Sambaqui	Nível superior	31	0.84	0.63	1.17
Sambaqui	Nível médio	30	0.004	0.004	0.005
Sambaqui	Nível inferior	13	0.16	0.44	0.15

Os testes estatísticos, mesmo o Teste-t que necessita de normalidade, tiveram resultados similares com pelo menos um dos testes não paramétricos, principalmente do *Bootstrap*. Alguns estudos sugerem que as vezes, por causa de moderados desvios de normalidade e número amostral grande e igual nos comparativos, o Teste-t funciona mesmo sem normalidade (Bartlett, 1935; Kowalewski & Novack-Gottshall, 2010; Poncet et al., 2016); no entanto, também tem estudos mostrando que isso não é verdadeiro (Kim & Park, 2019). Então, o Teste-t é ambíguo e tem comparações com dados sem normalidade e com número amostral pequeno, por isso ele não é indicado aqui. Também não é indicado o teste Mann-Whitney, um teste não-paramétrico e baseado em *ranks*, pois possui uma perda de poder estatístico e uma chance maior de dar falsos resultados (Kowalewski & Novack-Gottshall, 2010). Já o método *Bootstrap* é mais indicado, pois o resultado das amostras pelas estimativas, mesmo com dados não normais, geralmente forma uma distribuição Gaussiana e é mais robusto e válido para diferentes condições (Efron & Tibshirani, 1985).

Apesar de ter diferença entre as médias de tamanho corporal das valvas de *Amarilladesma mactroides* dos sambaquis e da costa atual, esse resultado pode ser diferente de quando uma comparação mais refinada é feita. Porque, na comparação entre o tamanho corporal das valvas encontradas nos sambaquis com aquelas de cada um dos níveis da zona de *swash* (níveis superior, médio e inferior), não teve diferença entre as médias do nível superior e inferior, onde estão os organismos maiores durante o inverno e verão, respectivamente, e/ou estão quando maré baixa (Fiori & Morsán, 2004; Bergonci & Thomé, 2008). Então, os grupos de pescadores-jardineiros realmente coletavam as conchas maiores para a construção dos sambaquis e isso foi mostrado por técnicas e pensamentos da Tafonomia. Tudo isso demonstra que as análises de tamanho corporal a serem utilizadas para Paleobiologia da Conservação devem ser realizadas com testes estatísticos, análises e técnicas adequadas.

1.7 Conclusões

Através de metodologias da Paleobiologia da Conservação, e por conseguinte da Tafonomia, foram acessados problemas que ocorrem na comparação de tamanho corporal (possível viés de tamanho nas valvas encontradas em sambaquis e qual teste estatístico é melhor na comparação dos dados), utilizando como modelo valvas de *Amarilladesma mactroides* presentes na costa atual e nos sambaquis. Dentre os testes estatísticos utilizados para a comparação dos tamanhos corporais de valvas antigas e recentes, o melhor foi o método *Bootstrap* por manter a robustez mesmo com dados sem normalidade.

Propõem-se também, que os grupos de pescadores-jardineiros coletavam as valvas grandes para a construção dos sambaquis nos níveis superior e inferior da zona de *swash*, uma vez que quando se refinou as comparações para as diferentes zonas, obteve-se diferença significativa apenas com o nível médio. Então, ao utilizar os dados de tamanho corporal das valvas nos sambaquis para comparações, é necessária cautela e métodos adequados para inferir resultados morfométricos de populações antigas de moluscos na costa sul do Brasil.

Por tudo isso, essa pesquisa contribui para informação arqueológica e paleontológica da PCRS, e para futuros trabalhos que usarão os sambaquis como geo-arquivos. Assim, com cada vez mais pesquisas feitas, os sambaquis poderão ter

maior atenção e proteção dos órgãos responsáveis, já que ainda são degradados e depredados por não terem a devida proteção *in loco*.

REFERÊNCIAS

- Afonso, M. 2017. Arqueologia dos sambaquis no litoral de São Paulo: análise da distribuição dos sítios e cronologia. *Especiaria-Cadernos de Ciências Humanas*, 17: 203–227.
- Albano, P.G., Azzarone, M., Amati, B., Bogi, C., Sabelli, B. & Rilov, G. 2020. Low diversity or poorly explored? Mesophotic molluscs highlight undersampling in the Eastern Mediterranean. *Biodiversity and Conservation*, 29: 4059–4072. doi: 10.1007/s10531-020-02063-w.
- Álvarez-Fernández, E., Chauvin, A., Cubas, M., Arias, P. & Ontañón, R. 2011. Mollusc shell sizes in archaeological contexts in Northern Spain (13 200 to 2600 cal BC): new data from la Garma A and los Gitanos (Cantabria). *Archaeometry*, 53: 963–985. doi: 10.1111/j.1475-4754.2011.00589.x.
- Assumpção, A.C.A., Caron, F., Erthal, F., Barboza, E.G., Pinotti, R.M. & Ritter, M.N. 2022. The Tricky Task of Fisher-Gardener Research in Conservation Paleobiology. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10: 838839. doi: 10.3389/fevo.2022.838839.
- Bartlett, M.S. 1935. The effect of non-normality on the t distribution. *Mathematical proceedings of the cambridge philosophical society*, 31: 223–231. doi: 10.1017/S0305004100013311.
- Behrensmeyer, A.K., Kidwell, S.M. & Gastaldo, R.A. 2000. Taphonomy and paleobiology. *Paleobiology*, 26: 103-147.
- Bergonci, P.E.A. 2005. *Aspectos da dinâmica populacional do marisco branco Mesodesma mactroides Deshayes, 1854 (Mollusca, Bivalvia) em praia arenosa exposta do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 119p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Zoologia, Faculdade de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- Bergonci, P.E.A. & Thomé, J.W. 2008. Vertical distribution, segregation by size and recruitment of the yellow clam *Mesodesma mactroides* Deshayes, 1854 (Mollusca, Bivalvia, Mesodesmatidae) in exposed sandy beaches of the Rio Grande do Sul state, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 68: 297–305. doi: 10.1590/S1519-69842008000200010.
- Bonner, J.T. 1965. *Size and cycle*. Princeton, N.J, Princeton University Press, 227 p.
- Born, I.V. 1778. Index rerum naturalium Musei Cæsarei Vindobonensis. Pars I.ma. Testacea. Verzeichniß der natürlichen Seltenheiten des k. k. Naturalien Cabinets zu Wien. Erster Theil. *Schaltheiere*, [1-40], [1-82], 1-458.
- Calliari, L.J. & Klein, A.H. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. *Pesquisas em Geociências*, 20: 45–56. doi: 10.22456/1807-9806.21281.
- Calliari L.J., Garcia, C.A.E., Niencheski, L.F., Fillmann, G., Seeliger, U., Gianuca, N.M., et al. 1997. Coastal and marine environments and their biota. In: U. Seeliger, C. Odebrecht & J.P. Castello (Eds.). *Subtropical Convergence Environments*. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 91–160. doi:10.1007/978-3-642-60467-6_6

Campbell, G. 2008. Beyond means to meaning: using distributions of shell shapes to reconstruct past collecting strategies. *Environmental Archaeology*, 13: 111–121. doi: 10.1179/174963108X343236

Cannarozzi, N.R., & Kowalewski, M. 2019. Seasonal oyster harvesting recorded in a Late Archaic period shell ring. *PLoS ONE*, 14: e0224666. doi: 10.1371/journal.pone.0224666.

Conservation Paleobiology Workshop. 2012. *Conservation Paleobiology: Opportunities for the Earth Sciences*. Report to the Division of Earth Sciences, National Science Foundation. Paleontological Research Institution, Ithaca, New York, 32 p.

Da Costa, M.E. 1778. *Historia naturalis testaceorum Britanniae, or, the British conchology; containing the descriptions and other particulars of natural history of the shells of Great Britain and Ireland: illustrated with figures.* i-vii, [1], Pl. I-XVII. London. Millan, White, Emsley & Robson, i-xii: 1–254.

DeBlasis, P., Fish, S.K., Gaspar, M.D., & Fish, P.R. 1998. Some references for the discussion of complexity among the sambaqui moundbuilders from the southern shores of Brazil. *Revista de Arqueologia Americana*, 75–105.

DeBlasis, P., Kneip, A., Scheel-Ybert, R., Giannini, P.C. & Gaspar, M.D. 2007. Sambaquis e paisagem: Dinâmica natural e arqueologia regional no litoral do sul do Brasil. *Arqueologia Suramericana*, 3: 29–61.

Defeo, O. 1996. Experimental management of an exploited sandy beach bivalve population. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69: 605–614.

Defeo, O. & Scarabino, V. 1990. Ecological significance of a possible deposit-feeding strategy in *Mesodesma mactroides* Deshayes, 1854 (Mollusca: Pelecypoda). *Atlântica*, 12: 55–65.

Defeo, O., de Alara, A., Valdivieso, V. & Castilla, J.C. 1992. Historical landings and management options for the genus *Mesodesma* in coasts of South America. *Biología Pesquera*, 22: 41–54.

Didham, R.K., Tylianakis, J.M., Hutchison, M.A., Ewers, R.M. & Gemmill, N.J. 2005. Are invasive species the drivers of ecological change? *Trends in Ecology and Evolution*, 20: 470–474. doi:10.1016/j.tree.2005.07.006.

Dietl, G.P. 2019. Conservation palaeobiology and the shape of things to come. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374: 20190294. doi: 10.1098/rstb.2019.0294.

Dietl, G.P., & Flessa, K.W. 2009 (Eds.). *Conservation Paleobiology: Using the Past to Manage for the Future*. Lubbock, Paleontological Society, v. 15.

Dietl, G.P. & Flessa, K.W. 2011. Conservation Paleobiology: putting the dead to work. *Trends in Ecology & Evolution*, 26: 30–37. doi: 10.1016/j.tree.2010.09.010.

Dillenburg, S.R., Barboza, E.G., Tomazelli, L.J., Hesp, P.A., Clerot, L.C.P., Ayup-Zouain, R.N. 2009. The Holocene Coastal Barriers of Rio Grande do Sul. In: S.R. Dillenburg & P.A. Hesp (Eds.). *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal*

Barriers of Brazil. Springer, Berlin, Heidelberg, 107, p. 53–91. doi: 10.1007/978-3-540-44771-9_3.

D'Orbigny A. 1834–1847, Voyage dans l'Amérique Méridionale (le Brésil, la République Orientale de l'Uruguay, la République Argentine, la Patagonie, la République du Chili, la République de Bolivia, la République du Perou), exécuté pendant les années 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832 et 1833, Tome 5, Partie 3, Mollusques. P. Bertrand, Paris & V. Levrault, Strasbourg, 758 pp. [Pp. 1–48, 73–128, pls. 1, 2, 9–13, 15, 16, 56, 1834; pp. 49–72, 129–176, pls. 3–8, 17–23, 25, 55, 1835; ; pp. 177–184, pls. 14, 24, 26–28, 30–32, 34, 35, 37, 58, 1836; pls. 33, 36, 1836?; pp. 185–376, pls. 29, 38–52, 57, 1837; pls. 54, 59–66, 68, 69, 1839; pp. 377–424, pls. 53, 67, 70, 71, 1840; pp. 425–488, pls. 72–76, 80, 1841; pls. 83, 85, 1842; pl. 84, 1842?; pp. 529–600, 1845; pp. 489–528, 601–728, 1846; pp. 729–758, 1847?; pls. 77–79, 81, 82, 1847].

Erthal, F., Kotzian, C.B. & Simões, M.G. 2011. Fidelity of molluscan assemblages from the Touro Passo Formation (Pleistocene–Holocene), southern Brazil: taphonomy as a tool for discovering natural baselines for freshwater communities. *Palaios*, 26: 433–446. doi: 10.2110/palo.2010.p10-145r.

Erthal, F., Horodyski, R.S., Pacheco, M.L.A.F. & Quaglio. 2017. Tafonomia: uma ciência adulta. In: F. Erthal & R.S. Horodyski (Orgs.). *Tafonomia: Métodos, Processos e Aplicação*. Curitiba, CRV, p. 13-27.

Efron, B. 1979. Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Annals of Statistics*. 7: 1–26. doi: 10.2333/bhmk.12.17_1.

Efron, B. & Tibshirani, R. 1985. The bootstrap method for assessing statistical accuracy. *Behaviormetrika*, 12: 1–35. doi: 10.2333/bhmk.12.17_1.

Fabricius, J.C. 1787. *Mantissa Insectorum Sistens Eorum Species Nuper Detectas Adjectis Characteribus Genericis Differentiis Specificis, Emendationibus, Observationibus*. Tome I. Hafniae, Christ. Gottl. Proft. xvi, 348p.

Fernandez, G.B., Rocha, T.B., Barboza, E.G., Dillenburg, S.R., Rosa, M.L.C.C., Angulo, R.J., et al. 2019. Natural Landscapes Along Brazilian Coastline. In: A.A.R. Salgado, L.J.C. Santos & J.C Paisani (Eds.). *The Physical Geography of Brazil - Environment, Vegetation and Landscape*. Salgado, American Academy of Religion, p. 199–218. doi: 10.1007/978-3-030-04333-9_10.

Ferrasso, S., Fiorentin, G.L. & Schmitz, P.I. 2016. Identificação de remanescentes conchiliológicos de um assentamento holocênico na planície costeira do Rio Grande do Sul: contribuições sob o enfoque zooarqueológico. *Pesquisas, Antropologia*, 72: 225–266.

Figuti, L. 2005. A recipe for a sambaqui: considerations on Brazilian shell mound composition and building. *Early Human Impact on Megamollusks*, 1: 67-80.

Fiori, S.M. & Cazzaniga, N.J. 1999. Mass mortality of the yellow clam, *Mesodesma mactroides* (Bivalvia: Mactracea) in Monte Hermoso beach, Argentina. *Biological Conservation*, 89: 305–309. doi: 10.1016/S0006-3207(98)00151-7.

- Fiori, S.M. & Morsán, E.M. 2004. Age and individual growth of *Mesodesma mactroides* (Bivalvia) in the southernmost range of its distribution. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1253–1259. doi: 10.1016/j.icesjms.2004.07.025.
- Fiori, S., & Defeo, O. 2006. Biogeographic patterns in life-history traits of the yellow clam, *Mesodesma mactroides*, in sandy beaches of South America. *Journal of Coastal Research*, 22: 872–880.
- Fiori, S., Frontini, R. & Bayón, C. 2019. Morphometric analysis of the yellow clam (*Amarilladesma mactroides*) to interpret fragmentary archaeological specimens. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, 14: 291–300. doi: 10.1080/15564894.2018.1521482.
- Fossile, T., Ferreira, J., da Rocha Bandeira, D., Dias-da-Silva, S. & Colonese, A. C. 2019. Integrating zooarchaeology in the conservation of coastal-marine ecosystems in Brazil. *Quaternary International*, 545: 38–44. doi: 10.1016/j.quaint.2019.04.022.
- Freidlin, B., Miao, W., Gastwirth, J.L. 2003. On the use of the Shapiro-Wilk test in two-stage adaptive inference for paired data from moderate to very heavy tailed distributions. *Biometrical Journal: Journal of Mathematical Methods in Biosciences*, 45:887–900. doi: 10.1002/bimj.200390056.
- Froyd, C.A. & Willis, K.J. 2008. Emerging issues in biodiversity & conservation management: the need for a palaeoecological perspective. *Quaternary Science Reviews*, 27: 1723–1732. doi: 10.1016/j.quascirev.2008.06.006.
- Giannini, P.C.F., Villagran, X.S., Fornari, M., Nascimento Junior, D.R.D., Menezes, P.M.L., Tanaka, A.P.B., et al. 2010. Interações entre evolução sedimentar e ocupação humana pré-histórica na costa centro-sul de Santa Catarina, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 5: 105-128.
- Gianuca, N.M. 1983. A preliminary account of the ecology of sandy beaches in Southern Brazil. In: A. McLachlan & T. Erasmus (Eds.). *Sandy beaches as ecosystems*. Netherlands: Springer, p. 413-419.
- Gmelin J.F. 1791. Vermes. In: Gmelin J.F. (Ed.). *Caroli a Linnaei Systema Naturae per Regna Tria Naturae*. G.E. Beer, Lipsiae [Leipzig], Ed. 13. Tome 1(6), p. 3021–3910.
- Heim, N.A., Payne, J.L., Finnegan, S., Knope, M.L., Kowalewski, M., Lyons, S.K., et al. 2017. Hierarchical complexity and the size limits of life. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284: 20171039. doi: 10.1098/rspb.2017.1039.
- Hughes, M.G. & Baldock, T.E. 2020. The swash zone. In: D.W.T. Jackson and A. D. Short (Eds.). *Sandy Beach Morphodynamics*. Elsevier, p. 155–186. doi: 10.1016/B978-0-08-102927-5.00008-4.
- Kidwell, S.M. 2013. Time-averaging and fidelity of modern death assemblages: building a taphonomic foundation for conservation palaeobiology. *Palaeontology*, 56: 487–522. doi: 10.1111/pala.12042.
- Kidwell, S.M. & Bosence, D.W.J. 1991. Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. In: P.A. Alisson & D.E.G Briggs (Eds.) *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*. New York, Plenum, p. 115–209 (Topics in Geobiology 9).

- Kidwell, S.M. & Flessa, K.W. 1996. The quality of the fossil record: populations, species, and communities. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 24: 433–464. doi: 10.1146/annurev.es.26.110195.001413.
- Killion, T. 2013. Nonagricultural cultivation and social complexity: the Olmec, their ancestors, and Mexico's southern Gulf Coast lowlands. *Current Anthropology*, 54: 569–606. doi: 10.1086/673140.
- Kim, T.K. & Park, J.H. 2019. More about the basic assumptions of t-test: normality and sample size. *Korean journal of anesthesiology*, 72: 331. doi: 10.4097/kja.d.18.00292.
- Klein, R.G. & Steele, T.E. 2013. Archaeological shellfish size and later human evolution in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110: 10910–10915. doi: 10.1073/pnas.1304750110.
- Klokler, D., Gaspar, M.D. & Scheel-Ybert, R. 2018. Why clam? Why clams? Shell Mound construction in Southern Brazil. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 20: 856–863. doi: 10.1016/j.jasrep.2018.06.015.
- Köpen, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México, Fondo de Cultura Económica, 479p.
- Kosnik, M.A., Jablonski, D., Lockwood, R. & Novack-Gottshall, P.M. 2006. Quantifying molluscan body size in evolutionary and ecological analyses: maximizing the return on data-collection efforts. *Palaeos*, 21: 588–597. doi: 10.2110/palo.2006.p06-012r.
- Kowalewski, M. 2017. The youngest fossil record and conservation biology: Holocene shells as eco-environmental recorders. In: G.P. Dietl & K.W. Flessa (Eds.). *Conservation Paleobiology: Science and Practice*. The University of Chicago Press, p. 7–29.
- Kowalewski, M., Serrano, G.E.A., Flessa, K.W. & Goodfriend, G.A. 2000. Dead delta's former productivity: two trillion shells at the mouth of the Colorado River. *Geology*, 28: 1059–1062. doi: 10.1130/0091-7613200028<1059:DDFPTT>2.0.CO;2
- Kowalewski, M. & Novack-Gottshall, P. 2010. Resampling methods in paleontology. *The Paleontological Society Papers*, 16: 19–54.
- Krauss, F. 1848. *Die Südafrikanischen Mollusken*. Ein Beitrag zur Kenntniss der Mollusken des Kap- und Natallandes und zur Geographischen Verbreitung derselben mit Beschreibung und Abbildung der neuen Arten. Ebner and Seubert, Stuttgart, 6 pls, 140p.
- Kusnerik, K.M., Lockwood, R. & Grant, A.N. 2018. Using the fossil record to establish a baseline and recommendations for oyster mitigation in the Mid-Atlantic US. In: C.L. Tyler & C.L. Schneider (Eds.). *Marine conservation paleobiology*. Springer, p. 75–103. doi: 10.1007/978-3-319-73795-9_5.
- Kusnerik, K.M., Means, G.H., Portell, R.W., Kannai, A., Monroe, M.M., Means, R., & Kowalewski, M. 2022. Long-Term Shifts in Faunal Composition of Freshwater Mollusks in Spring-Fed Rivers of Florida. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10: 851499. doi: 10.3389/fevo.2022.851499344.

- Lamarck, J.B. 1818. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. Tome 5. Paris: Deterville/Verdière, 612p.
- Lima, T.A. 1999. Em busca dos frutos do mar os pescadores-coletores do litoral centro-sul do Brasil. *Revista Usp*, 270–327. doi: 10.11606/issn.2316-9036.v0i44p270-327.
- Link, D.H.F. 1807-1808. Beschreibung der Naturalien-Sammlung der Universität zu Rostock. Adlers Erben. 1 Abt. [Part 1], pp. 1-50; 2 Abt. [Part 2], pp. 51-100; 3 Abt. [Part 3], pp. 101-165; Abt. 4 [Part 4], pp. 1-30; Abt. 5 [Part 5], pp. 1-38 [1808]; Abt. 6 [Part 6], p. 1-38.
- Linnaeus, C. 1758. *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Editio decima, reformata [10th revised edition], Laurentius Salvius: Holmiae, 824p.
- Mannino, M.A., & Thomas, K.D. 2002. Depletion of a resource? The impact of prehistoric human foraging on intertidal mollusc communities and its significance for human settlement, mobility and dispersal. *World Archaeology*, 33: 452–474. doi: 10.1080/00438240120107477.
- Masselink, G., & Puleo, J.A. 2006. Swash-zone morphodynamics. *Continental Shelf Research*, 26: 661–680. doi: 10.1016/j.csr.2006.01.015.
- Masello, A., & Defeo, O. 1986. Determinación de la longitud de primera madurez sexual en *Mesodesma mactroides* (Deshayes 1854). *Comunicaciones Sociedad Malacológica del Uruguay*, 6: 387–395.
- McLachlan, A., Dugan, J., Defeo, O., Ansell, A.D., Hubbard, D.M., Jaramillo, E. & Penchaszadeh, P.E. 1996. Beach clam fisheries. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 34: 163–232.
- Mendes, A.B., Silva, E.P., & Duarte, M.R. 2019. Can sambaquis (shell mounds) be used as records of the Holocene marine fish biodiversity? *Biodiversity and Conservation*, 29: 39–56. doi: 10.1007/s10531-019-01868-8.
- Monsarrat, S., Jarvie, S., & Svenning, J.C. 2019. Anthropocene refugia: integrating history and predictive modelling to assess the space available for biodiversity in a human-dominated world. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374: 20190219. doi: 10.1098/rstb.2019.0219.
- Nawrot, R., Albano, P.G., Chattopadhyay, D. & Zuschin, M. 2017. Climate change and body size shift in Mediterranean bivalve assemblages: unexpected role of biological invasions. *Proceedings of the Royal Society B*, 284: 20170357. doi: 10.1098/rspb.2017.0357.
- Ortega, L., Castilla, J.C., Espino, M., Yamashiro, C. & Defeo, O. 2012. Effects of fishing, market price, and climate on two South American clam species. *Marine Ecology Progress Series*, 469: 71–85. doi: 10.3354/meps11643.
- Payne, J.L., & Heim, N.A. 2020. Body size, sampling completeness, and extinction risk in the marine fossil record. *Paleobiology*, 46: 23–40. doi: 10.1017/pab.2019.43

- Pennant, T. 1777. *British Zoology*, vol. IV. Crustacea. Mollusca. Testacea. London. i-viii, Plates 1-93, 154p.
- Peters, P. 1983. *Ecological Implication of Body Size*. Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press. 331p.
- Philippi, R.A. 1847. Donacidae: Bivalvia. *Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo*, 3: 121–142.
- Pinotti, R.M. 2014. *A estrutura do macrozoobentos em uma praia arenosa no extremo sul do Brasil: a influência da morfodinâmica de feições geomorfológicas e de eventos meteorológicos*. Rio Grande, 155p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica, Universidade Federal do Rio Grande.
- Pinotti, R.M., Minasi, D.M., Colling, L.A., & Bemvenuti, C. E. 2014. A review on macrobenthic trophic relationships along subtropical sandy shores in southernmost Brazil. *Biota Neotropica*, 14: e20140069. doi: 10.1590/1676-06032014006914.
- Poncet, A., Courvoisier, D.S., Combescure, C., & Perneger, T.V. 2016. Normality and sample size do not matter for the selection of an appropriate statistical test for two-group comparisons. *Methodology*, 12: 61–71. doi: 10.1027/1614-2241/a000110.
- R Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Reeve, L.A. 1854. Monograph of the genus *Mesodesma*. In: *Conchologia Iconica, or, illustrations of the shells of molluscous animals*, 8. London: Reeve & Co. Pls 1-4.
- Ritter, M.N., & Erthal, F. 2013. Fidelity bias in mollusk assemblages from coastal lagoons of southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 16: 225–236. doi: 10.4072/rbp.2013.2.05.
- Rogge, J.H., & Schmitz, P.I. 2010. Projeto Arroio do Sal: a ocupação indígena pré-histórica no litoral norte do RS. *Pesquisas, Antropologia*, 68: 167–225.
- Rosa, M.L.C.C., Barboza, E.G., Dillenburg, S.R., Tomazelli, L.J. & Ayup-Zouain, R.N. 2011. The Rio Grande do Sul (southern Brazil) shoreline behavior during the Quaternary: a cyclostratigraphic analysis. *Journal of Coastal Research*, 64: 686–690. <https://www.jstor.org/stable/26482259>.
- Rosa, M.L.C.C., Barboza, E.G., Abreu, V.S., Tomazelli, L.J. & Dillenburg, S.R. 2017. High-frequency sequences in the Quaternary of Pelotas Basin (coastal plain): a record of degradational stacking as a function of longer-term base-level fall. *Brazilian Journal of Geology*, 47: 183–207. doi: 10.1590/2317-4889201720160138.
- Scheel-Ybert, R., & Boyadjian, C. 2020. Gardens on the coast: considerations on food production by Brazilian shell mound builders. *Journal of Anthropological Archaeology*, 60: 101211. doi: 10.1016/j.jaa.2020.101211.
- Schmitz, P.I. 2006. *Arqueologia do Rio Grande do Sul, Brasil*. São Leopoldo, Instituto Anchieta de Pesquisas – UNISINOS, 165p.
- Silva E.P., Pádua S.C., Souza R.C.C.L. & Duarte M.R. 2017. Shell mounds of the Southeast coast of Brazil: recovering information on past malacological biodiversity.

In: M. Mondini, A. Muñoz, & P. Fernández (Eds.). *Zooarchaeology in the Neotropics*. Cham, Springer, p. 47–60. doi: 10.1007/978-3-319-57328-1_4.

Temminck, C.J. 1820. *Manuel d'ornithologie, ou Tableau systematique des oiseaux qui se trouvent en Europe*. Segunda Edição, Paris, Francia.

Thakar, H.B. 2011. Intensification of shellfish exploitation: Evidence of species-specific deviation from traditional expectations. *Journal of Archaeological Science*, 38: 2596–2605. doi:10.1016/j.jas.2011.05.008.

Tomazelli, L.J., 1993. O regime de ventos e taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 20: doi: 18–26. 10.22456/1807-9806.21278.

Tomazelli, L., & Villwock, J. 1992. Considerações sobre o ambiente praias e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 19: 3–12. doi: 10.22456/1807-9806.21318.

Toso, A., Hallingstad, E., McGrath, K., Fossile, T., Conlan, C., Ferreira, J., et al. 2021. Fishing intensification as response to Late Holocene socio-ecological instability in southeastern South America. *Scientific reports*, 11, 1-14. doi: 10.1038/s41598-021-02888-7.

Vázquez, N., Fiori, S., Arzul, I., Carcedo, C., & Cremonte, F. 2016. Mass mortalities affecting populations of the yellow clam *Amarilladesma mactroides* along its geographic range. *Journal of Shellfish Research*, 35: 739–745. doi: 10.2983/035.035.0403.

Villagran, X.S. & Giannini, P.C. 2014. Shell mounds as environmental proxies on the southern coast of Brazil. *The Holocene*, 24: 1009–1016. doi: 10.1177/0959683614534743.

Villwock, J.A. 1972. *Contribuição a Geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul-Brasil*. Porto Alegre, 134p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Villwock, J.A. 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A synthesis. *Pesquisas em Geociências*, 16: 5–49. doi: 10.22456/1807-9806.21711.

Villwock, J.A., Tomazelli, L.J., Loss, E.L., Dehnhardt, E.A., Horn Filho, N.O., Bachi, F.A. & Denhardt, B.A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul Coastal province. In: J. Rabassa (Ed.). *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. Rotterdam, A.A. Balkema, p. 79-97. doi: 10.1201/9781003079316-5.

Wagner, G.P. 2009. *Sambaquis da Barreira da Itapeva: uma perspectiva geoarqueológica*. Porto Alegre, 241p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em História, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Wasserman, L. 2005. *All Of Statistics (a Concise Course in Statistical Inference)*. Springer, New York, 446p.

Willis, K.J. & Birks, H.J.B. 2006. What is natural? The need for a long-term perspective in biodiversity conservation. *Science*, 314: 1261-1265. doi: 10.1126/science.1122667.

Woodward, G., Ebenman B., Emmerson M., Montoya J.M., Olesen J.M., Valido A., Warren P.H. 2005. Body size in ecological networks. *Trends in Ecology & Evolution*. 20: 402–409. doi: 10.1016/j.tree.2005.04.005.

2 ARTIGO PUBLICADO

THE TRICKY TASK OF FISHER-GARDENER RESEARCH IN CONSERVATION PALEOBIOLOGY

Anna Clara Arboitte de Assumpção¹, Felipe Caron^{2†}, Fernando Erthal^{1,3†}, Eduardo Guimarães Barboza^{1,4†}, Raphael Mathias Pinotti^{5†} and Matias do Nascimento Ritter^{1,2*}

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

²Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Imbé, Brazil

³Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

⁴Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

⁵Laboratório de Ecologia de Invertebrados Bentônicos, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brazil

* Correspondence:

Matias do Nascimento Ritter

matias.ritter@ufrgs.br

†These authors have contributed equally to this work

Frontiers in Ecology and Evolution, 10:838839

(<https://doi.org/10.3389/fevo.2022.838839>)

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY).

ABSTRACT

The study of *sambaquis* (ancient shell mounds) in conservation paleobiology is a complicated subject, especially when comparing body sizes of current and past mollusk valves to observe possible changes. There is a lack of information regarding how ancient fisher-gardeners collected these shellfish. Another obstacle is finding the hypothesis tests and data that can be used to compare current and past body sizes. To this end, we use the t-test (tt), Mann-Whitney (mw), and Bootstrap (bt) analyses to determine data scenarios for yellow clam (*Amarilladesma mactroides*) shells from two *sambaquis* units, and from two transects along the beaches of Rio Grande do Sul in southern Brazil. The study finds that the average body size of an *Amarilladesma mactroides* adult specimen is greater in *sambaquis* than the current valves across all tests (tt, $p = 0.0005$; mw, $p = 0.006$; bt, $p = 0.04$), even after reducing the sample number. However, when the comparison is only between valves that are larger than average, this does not hold true for two of the statistics (tt, $p = 0.24$; mw, $p = 0.04$; bt, $p = 0.25$). By refining the comparison for recent valves from different levels in the swash zone (upper, middle, and lower levels) with the past valves, we find that body sizes only differ at the middle level of the swash zone (tt, $p = 0.004$; mw, $p = 0.004$; bt, $p = 0.005$), where smaller adults, recruits, and juveniles live. This result could indicate that fisher-gardeners collected large organisms at distinct levels depending on the season (i.e., adults are collected in the upper level during summer and in the lower level during winter).

Keywords: Sambaqui, body size, mollusks, statistical analysis, swash zone

INTRODUCTION

Humans have increasingly been affecting the environment since their origin, causing direct and indirect damage to living beings around them (Kowalewski et al., 2000; Millenium Ecosystem Assessment [MEA], 2005; Ewers and Didham, 2006; Diaz and Rosenberg, 2008; Halpern et al., 2008; Barnosky et al., 2011; Conservation Paleobiology Workshop, 2012; Dirzo et al., 2014; Boivin et al., 2016). Conservation studies have established baselines for sustainable conditions prior to human impact, or where there is less environmental interference (Monsarrat et al., 2019). Therefore, it is possible to understand how the environments used to be, which species existed, and how they responded to variations; in this way, species management can be more

effective and clearer (Willis and Birks, 2006; Dietl and Flessa, 2009, 2011; Kowalewski, 2017; Kusnerik et al., 2018; Dietl, 2019; Albano et al., 2020). The name given to this science is conservation paleobiology. It uses paleontology techniques and theories to unravel conservation issues, restoration of biodiversity, and ecosystem services. It aims to develop a long-term scale (Dietl and Flessa, 2009, 2011); and studies using archeological constructions are increasingly common, as they are the geo-archives of past species data (e.g., Mannino and Thomas, 2002; Cannarozzi and Kowalewski, 2019; Fossile et al., 2019; Mendes et al., 2019).

One such construction is the ancient shell mounds, locally named “*sambaquis*” (from “Tupi-Guarani,” *tamba* = shell, *ki* = huddle), which are distributed plentifully all along the Brazilian coast. These *sambaquis* were built by indigenous groups of fisher-gardeners between circa 10,000 and 1,000 years ago, and are composed predominantly of mollusk shells (Lima, 1999; Figuti, 2005; Schmitz, 2006; Wagner, 2009; Ferrasso et al., 2016; Silva et al., 2017; Scheel-Ybert and Boyadjian, 2020). Presently, the *sambaquis* are interpreted as funerary monuments and ceremonial spaces, which signifies that the mollusks were collected principally as building material and their role as food was secondary—the shells are great building material and food supplements at once (DeBlasis et al., 1998, 2007; Scheel-Ybert and Boyadjian, 2020). The use of these Brazilian shell mounds in conservation paleobiology, as a baseline for when human activities were less expressive, has already showed that it is possible to establish a taxonomic census of species that occurred in past environments (Fossile et al., 2019; Mendes et al., 2019), but no effort has been made yet to evaluate the body-size difference between the valves of present-day mollusks and of *sambaquis* for conservation purposes. These information from the past can help us conserve the environment today; in other words, the past is also the key to the present and the future (Dietl and Flessa, 2017). The fisher-gardeners may have acted as researchers of the past, although they lacked discernible scientific methods.

However, working with research concerning the comparison of the valves’ body size (an intrinsic characteristic of mollusks) from the *sambaquis* and of the current populations proved to be a convoluted task. Although the body size of the valves contains relevant information about what the environment was like in their lifetime (Fiori and Cazzaniga, 1999; Mannino and Thomas, 2002; Campbell, 2008; Álvarez-Fernández et al., 2011), the information acquired from the *sambaquis* may be biased, because they were made by humans. There is no real evidence from *sambaquis* in

south Brazil about how the gathering was done by the fisher-gardeners, but factors such as cultural preferences, food taboos, discarded materials, and technique can affect the data that was collected (Silva et al., 2017; Mendes et al., 2019). For the result to be as reliable as possible, other important questions, such as the type of data and tests that are appropriate for this comparison, must be addressed.

For these reasons, this research aims to assess whether it is possible to identify differences in body size between the *Amarilladesma mactroides* (Reeve, 1854) valves found in two *sambaquis*, and in two transects in the foreshore areas of the state of Rio Grande do Sul in the southernmost part of Brazil. Furthermore, we verify the existence of significant differences between valve sizes of the *sambaquis* and the current mollusk population at distinct swash zone levels (from one of the current transects only). These analyses were made using parametric (t-test, tt), non-parametric (Mann-Whitney test, mw) analyses, and Bootstrap (bt) techniques for the following scenarios: normal comparison (equal sample numbers) and decreasing the sample number (n = 100, n = 50); comparison with valves bigger than average, and comparison of the valves of *sambaquis* with those from different parts of the swash zone, which is the beach area that is covered and exposed, alternatively, by the uprush and backwash of the water and is thus limited by it (Masselink and Puleo, 2006; Hughes and Baldock, 2020). Therefore, we aim to contribute to conservation paleobiology by assessing the problems enumerated above and trying to obtain clues regarding how groups of ancient fisher-gardeners exploited these shells (and the swash zones they were collected in).

MATERIALS AND METHODS

Study Area

The Coastal Plain of Rio Grande do Sul (CPRS) is 620 km long (from Chuí Creek at Santa Vitória do Palmar to Mampituba River at Torres), with a slightly wavy shape and SW-NE orientation (Tomazelli and Villwock, 1992). According to Fernandez et al. (2019), this coastal plain is characterized by sandy barriers and lagoons formed during the Quaternary through the juxtaposition of the sedimentary deposits of four barrier-lagoon depositional systems (Villwock et al., 1986). Dillenburg et al. (2020) presented data that indicated a smaller intermediary scale system (the Pleistocene barrier), formed in response to a sea-level highstand between 47.7 and 36.2 ka BP, before the

construction of the *sambaquis*. Each barrier-lagoon system corresponds to a high-frequency depositional sequence (Rosa et al., 2011, 2017). The beach is sandy and dissipative, controlled by a microtidal regime with semidiurnal tides and a mean range of only 0.5 m (Dillenburg et al., 2009). The prevailing wind is from NE (Tomazelli and Villwock, 1992). The sand is fine to very fine-grained; however, between the Rio Grande and Chuí, bioclastic gravel is an important constituent of the sediment (Villwock, 1972; Calliari and Klein, 1993). The beaches of southern Brazil are among the richest and most productive sandy environments; this high productivity allows high diversity and increased survival of organisms, including mollusks such as *Amarilladesma mactroides*, *Donax hanleyanus* Philippi, 1847, *Eucallista purpurata* (Lamarck, 1818), *Tivela* spp. Link, 1807, and *Macra isabelleana* d'Orbigny (1846) (Calliari et al., 1997; Pinotti et al., 2014).

Field Sampling and Body Size

No endangered or protected species are included here, neither are shell mounds with restricted access; thus, no special permits were required. This study integrates two distinct types of data: (a) samples of specimens from current populations, and (b) archeological samples from the shell-rich layers of two *sambaquis*. As for the species' distribution, the recent as well as the archeological samples are conspecific and from sympatric regions.

The transects from where the recent *Amarilladesma mactroides* valves were collected are located in the northern and southern part of the CPRS foreshore in southernmost Brazil, between Tramandaí (29°58'46.11"S, 50° 7'12.46"W) and Palmares do Sul (30°23'19.93"S, 50°17'2.98"W), and between the Altair shipwreck (32°17'S, 52°15'W) and Sarita Lighthouse (32°37'S, 52°25'W) (**Figure 1A**). This last transect has information on organisms at different levels of the swash zone (upper, middle and lower levels). Instead of carrying out samplings in Arroio do Sal (where the *sambaquis* are located), we chose these transects because of time constraints, prevent death of organisms, and monetary reservations; additionally, the material was already available in the case of the Altair shipwreck-Sarita Lighthouse transect (Pinotti, 2014).

The sampling in the Tramandaí-Palmares do Sul transect entailed collecting empty valves (those of dead organisms) (**Figure 2A**) in the sand strip in an extension of 10 m at 11 points, 5 km equidistant from each other. After the collection, they were stored

in plastic bags labeled with collection point. Arriving at the Laboratory of Sedimentology – Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos (CECLIMAR/UFRGS), the samples were then washed, placed in trays to dry naturally, and then stored in separately identified pots. All shells were then archived at the malacological collection of the Museu de Ciências Naturais (MUCIN), UFRGS–CECLIMAR.

In the Altair shipwreck-Sarita Lighthouse transect, living organisms were collected from different areas of the beach between 2010 and 2011 by Pinotti (2014), with PVC tube of 20 cm diameter (0.03 m²), and sieved in the field with a 0.5 mm mesh. The collected organisms are stored in alcohol at Laboratório de Ecologia de Invertebrados Bentônicos of the Oceanographic Institute of the Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

The *sambaquis* studied for the sampling of ancient valves (**Figure 2B**) are the *Sambaqui Ibicuí* (29°36'10.09"S, 49°55'48.39"W; detailed in **Figure 1B**) and *Sambaqui da Marambaia* (29°34'23.42"S, 49°54'34.11"W), both located in the Arroio do Sal (**Figure 1A**). In the last shell mound, an age of 3,050 ± 40 BP was obtained through 14C-graphite dating (Rogge and Schmitz, 2010). It is believed that the *Sambaqui Ibicuí* was of a similar age, as both the mounds were found on the same dune line and were located close by. These shell mounds were chosen, after a bibliographical review of the *sambaquis* in the northern part of the CPRS and from field exploration, because they are accessible without restricted access and contain preserved shells. It is noteworthy that while *sambaquis* are protected and provide relevant information for archeology and paleontology, they are still depredated by people who collect materials illegally, for real estate construction, and off-road vehicle traffic (**Figure 1C**; Lima, 1999; Wagner, 2009; Afonso, 2017).

The samplings of yellow clam shells in *Sambaqui Ibicuí* and *Sambaqui da Marambaia* were acquired by removing blocks on the exposed north face [where a profile had already been carried out on the first shell mound by Wagner (2009)], resulting in a total volume of 298.46 cm³, after which the preserved shells were taken. The samples were then brought to the Laboratory of Sedimentology (UFRGS–CECLIMAR), where they were washed with a 1 mm mesh sieve to remove sediments and plant material. The material that remained in the sieve was dried naturally in trays at the laboratory. Thereafter, the shells were stored in pots labeled with the date of collection, name of the *sambaqui*, and the collection box. A volume of raw material (37.31 cm³) was removed from the *Sambaqui Ibicuí* and washed over the sieve; the vertebrate

fragments found were separated for possible future studies, and no ceramic artifacts were found. The material is kept at UFRGS–CECLIMAR together with the current valves that are to be listed. It is worth noting that using blocks, rather than archeological stratigraphic columns, would diminish the ability to detect spatial and temporal fine variations. However, it gives a general idea of time-averaged pooled sample shells from fisher-gardeners: samples collected over different seasons and over several years (Parker et al., 2019/2020).

After collecting and cleaning the material (when necessary), the length and height of *Amarilladesma mactroides* left valves were measured (in mm) using a digital caliper, with an accuracy of 0.1 mm. Bivalve body size was estimated based on maximum length, maximum height, and sample number using the geometric mean (Kosnik et al., 2006). Body size, rather than length or height, is a more reliable method of estimating mollusk size (Kosnik et al., 2006) and has been used in several works globally and throughout geological time, as it is an important comparative ecological variable between different taxonomic levels (e.g., Heim et al., 2017; Payne and Heim, 2020). All the abovementioned data are available in the electronic Supplementary Material.

Statistical Analysis

Comparisons of body size between *Amarilladesma mactroides* valves from the Tramandaí-Palmares do Sul and Altair shipwreck-Sarita Lighthouse transects, and the valves from sambaquis were performed in the free statistical environment R (R Core Team, 2021). Only the adult specimens (larger than 4.3 cm—Masello and Defeo, 1986) were used for analysis, since juvenile specimens in *sambaquis* are rare or have not been preserved, possibly due to fragmentation and chemical dissolution (e.g., Claassen, 1998; Ritter et al., 2013; Fiori et al., 2019). Prior to pairwise tests, all datasets were checked for normal distribution through a Shapiro–Wilk test and the sample number (n) was adjusted for each type of comparison, such that the data (body size from *sambaquis* or recent valves) that had n greater than its comparable were resampled without replacement. The pairwise tests we used for all comparisons are the parametric t-test (tt), the non-parametric Mann-Whitney (mw), and the Bootstrap (bt) (Efron, 1979).

The two-sample Bootstrap was conducted to test the hypothesis that the two samples are not significantly different. In this test, original observations from *sambaquis* and

modern shells were combined, and Bootstrap iterations were drawn (10,000, with replacement) to replicate pairs of the samples. The probability of the difference between the sample means (p-value) was then computed for the two Bootstrap samples. The R scripts implementing these methods are based on Kowalewski and Novack-Gottshall (2010).

The following scenarios were tested for body size comparisons: (a) all *sambaquis* and recent adult left valves; (b) recent and ancient valves with $n = 100$; (c) recent and ancient shell mound valves with $n = 50$; (d) recent and ancient valves with body size greater than average; (e) valves from upper, middle and lower levels of the swash zone of the Altair shipwreck-Sarita Lighthouse transect and valves from *sambaquis*; (f) valves from the upper level of the swash zone and ancient valves; (g) middle level swash zone and old valves; and (h) valves from the lower level of the swash zone and *sambaqui* valves.

RESULTS

The sample size for comparing old (from *sambaquis*) and recent (from the Tramandaí-Palmares do Sul, and Altair shipwreck-Sarita Lighthouse transects) valves was 233, and 177 for valves larger than average (mean *sambaquis*: 45.95; mean of recent valves: 44.30). The sample size was 74 for comparing body size between the valves of the shell mound, with valves from all levels of the swash zone, from the Altair shipwreck-Sarita Lighthouse transect. When we refine for the different zones, the values are as follows: $n = 31$ in the comparison shell mound and upper-swash zone; $n = 30$ in *sambaqui* and middle level; and $n = 13$ in the *sambaqui* and lower swash zone level.

The Shapiro-Wilk test showed that the data from the normal comparison between the body size of shell mound valves ($p < 0.001$) with the current ones (from the two transects) ($p < 0.001$) do not have normality, even when performing the Box-Cox conversion; therefore, we did not transform the data that were not normal. When we reduced the sample size to 100 and 50, the body size data for shell mound valves were normal ($p = 0.28$, and $p = 0.71$, respectively), but this was not the case for recent valves ($p = 0.01$ and $p = 0.004$). Comparison data with *sambaquis* and recent valves above the mean were also abnormal ($p = 0.0004$ and $p = 0.01$). In comparing *sambaquis* valves with those of all levels in the swash zone (from Altair shipwreck-Sarita

Lighthouse transect), the data showed a normal distribution ($p = 0.66$ and $p = 0.11$). For the comparisons with the different levels of the swash zone, the data from the shell mounds were all normal (upper: $p = 0.37$; middle: $p = 0.30$; lower: $p = 0.92$) and the data on the current valves had normality only at the upper and lower levels (upper: $p = 0.77$; middle: $p = 0.04$; lower: $p = 0.09$).

There is a significant difference ($p < 0.05$) between the means (the body size is greater in the *sambaquis*) of the *Amarilladesma mactroides* valves present in the shell mounds and those in the current coastal plain in all statistical tests, even when the sample number is reduced (**Table 1** and **Figure 3**). However, when comparing the size of valves with a body size greater than average, we obtained a significant difference only in the Mann-Whitney test (tt, $p = 0.24$; mw, $p = 0.04$; bt, $p = 0.25$) (**Table 1** and **Figure 3**). The means do not differ significantly when the body sizes of *sambaqui* are compared with those of the Altair shipwreck-Sarita Lighthouse transect (tt, $p = 0.21$; mw, $p = 0.28$; bt, $p = 0.21$) (**Table 1** and **Figure 4A**). Thus, when refining the comparisons for each level of the swash zone (**Figure 4B**), there is no significant difference in the means when comparing *sambaquis* valves with the upper level (tt, $p = 0.84$; mw, $p = 0.63$; bt, $p = 1$), or with the lower level (tt, $p = 0.16$; mw, $p = 0.44$; bt, $p = 0.15$); there is a significant difference only a when comparing *sambaqui* valves with the middle level (tt, $p = 0.004$; mw, $p = 0.004$; bt, $p = 0.005$) (**Table 1** and **Figure 4A**).

DISCUSSION

Body size is an intrinsic characteristic of mollusk valves related to the physiology, lifestyle, and ecology of organisms, and is controlled by abiotic and biotic factors (Campbell, 2008). Specifically, from the body size of fossil valves or those present in archeological sites, relevant information can be obtained regarding paleoenvironmental conditions (Balbo et al., 2011), population size estimates of ancient fisher-gardener groups (Klein and Steele, 2013), the establishment of baselines, and contributions to species management (Kusnerik et al., 2018). However, when comparing this parameter at different times, it is necessary to take some precautions, such as knowing which data and methods to use, the location and its history, considering processes that can lead to biased data, and similar environmental conditions; however, such information is not always available.

An important problem for comparing body size between recent and ancient *Amarilladesma mactroides* valves is being unsure of how and in which areas of the beach the fisher-gardeners collected or discarded unwanted shell sizes. Ancient populations from different areas of the world collected the shells with their bare hands or simple tools in areas close to the camp, where there were banks of abundant organisms (reviewed in Waselkov, 1987). However, there are no reports or studies on how this was done by the people who collected from *sambaquis* at the North Coast of CPRS. Thus, the approach taken here uses body size and conservation paleobiology to provide information on how fisher-gardeners exploited these mollusks (Campbell, 2008; Cannarozzi and Kowalewski, 2019).

Interestingly, the statistical tests—and even the t-test that requires data normality, unlike the Mann-Whitney and Bootstrap—had significantly similar results to at least one of the non-parametric tests, especially the Bootstrap approach. Studies suggest that sometimes, due to moderate deviations from normality and large and equal sample size in comparatives, the t-test works without normality (Bartlett, 1935; Kowalewski and Novack-Gottshall, 2010; Poncet et al., 2016); however, there are also studies that show otherwise (Kim and Park, 2019). The t-test makes this dubious, and there are comparisons to non-normal data with small sample sizes; therefore, this test is not indicated here. Additionally, the Mann–Whitney test, a non-parametric rank-based test, is not the best to use, as it consists of a loss of statistical power, increasing the chance of false results (Kowalewski and Novack-Gottshall, 2010); further, there are data with normality. Alternatively, the Bootstrap is a resampling method and there is little or no loss of statistical power (Kowalewski and Novack-Gottshall, 2010). The resulting sample from the bootstrap estimates, even with non-normal data, generally form a Gaussian distribution and are more robust and valid for various conditions (Efron and Tibshirani, 1985). Hence, it is indicated to a greater extent in this paper.

Considering all this, and despite having found a difference between the means of the body size of *Amarilladesma mactroides* valves from the *sambaquis* and current population (even with the decrease in the sample size), this result may not be credible and indeed, may be biased, which makes it impossible to discern whether this change in body size is due to human or environmental changes. This is due to the fact that when a more refined comparison was made between the different swash zones (upper, middle, and lower zones) of the Altair shipwreck-Sarita Lighthouse transect, we observed no difference in means between the lower and the upper zones, where the

larger organisms stay during winter and summer, respectively, and/or where larger organisms are found at low tide (Fiori and Morsán, 2004; Bergonci and Thomé, 2008).

Thus, we perceive that the groups of fisher-gardeners chose larger shells, possibly for the construction of the *sambaquis*, when we consider that the organisms of *Amarilladesma mactroides* were distributed in this manner in the past. Nevertheless, it remains unclear whether or not they fed only on larger shells and discarded the smaller ones. This, however, seems unlikely due to the energy expended in collecting and searching (Waselkov, 1987; Campbell, 2008), since *Amarilladesma mactroides* is infaunal. Alternatively, they may have collected all the shell sizes and fed on them, using only the biggest ones to make the shell mounds to preserve energy. Finally, they may have collected the larger shells seasonally, at only one level of swash (e.g., Waselkov, 1987; Andersen, 2000; Bailey and Craighead, 2003; Colonese et al., 2011; Cannarozzi and Kowalewski, 2019).

Therefore, when working with the body size of shellfish valves in *sambaquis*, one must be careful to discern whether the results are biased toward a better similarity with current data, as attempted here. However, it would be valuable to carry out samplings in the different swash zones on the Arroio do Sal, the location of the *sambaquis*, as it presents the most accurate conditions for comparing the organisms of the present and the past. Additionally, to conduct more expeditions to ascertain whether there are *Amarilladesma mactroides* valves preserved in the depositional barriers (retro barrier, lagoonal systems) on the coastal plain (e.g., Fiori et al., 2019; Frontini et al., 2021), we would have to use older samples while comparing the body size to prevent artificial biases. As a precaution, it would be important to investigate the body size and horizontal distribution of *Amarilladesma mactroides* before and after the mass mortality that occurred between 1993 and 2004 (Fiori and Cazzaniga, 1999; Dadon, 2005; Vázquez et al., 2016) because it may change those parameters; however, mass mortalities could also exist continually through time.

The Brazilian shell mounds have been destroyed since the invasion by the Europeans in the 16th century, as they were used in lime making, as mortar in constructions, fertilizer, and in road paving (Lima, 1999). This exploration for industrial purposes ended in the second half of the 20th century, when *sambaquis* began to be legally protected (Lima, 1999). However, they are still depredated in the present day because, in most cases, there is neither the implementation of in loco protective measures, nor any contact with the local population and visitors (e.g., Costa, 2019; Guimarães et al.,

2021), which is why the “know to protect” phrase is important. Hence, the results herein can help future conservation paleobiology studies using *sambaqui* to access more archeological and paleontological information. This may improve the importance of these mounds and bring them to the current and accessible media, where the population are aware of their responsibility to protect them.

In conclusion, we use conservation paleobiology procedures to assess the problems brought about when comparing the body size of recent and past mollusk valves that are present in shell mounds, in an attempt to show that the choice of tests and data collection sites are essential in this regard. Additionally, we are able to propose that the groups of ancient fisher-gardeners exploited the larger shells for the construction of shell mounds in the upper and lower part of the swash zone; hence, the body size data from *sambaquis* are biased and is not reliable to infer morphometrics of past populations of mollusks in these shell mounds from the southern Brazilian coast. This research contributes to the existing information on paleontological and archeological areas of the CPRS, and to future worldwide studies that may use shell mounds as geoarchives. Thus, the *sambaquis* will have increased attention and protection through the responsible agencies, as currently they are somewhat degraded and depredated for not having *in loco* protection.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The original contributions presented in the study are included in the article/Supplementary Material, further inquiries can be directed to the corresponding author.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

AA and MR designed the study and analyzed the data. FC, FE, and EB helped with field exploration and data collection. RP helped by sharing live datasets. All authors were involved in data interpretation, drafting of the manuscript, and read and approved the final manuscript.

FUNDING

This study was primarily supported by the National Council of Technological and Scientific Development (CNPq/MCTI, Brazil) (422766/2018-6, to the senior authorship, MNR). AA was also grateful for a scholarship supported by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES; process number: 88887.503702/2020-00). The funds had no role in study design, data collection, analyses, the decision to publish, or preparation of the manuscript.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

The Supplementary Material for this article can be found online at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2022.838839/full#supplementary-material>

Data Sheet 1 | Data raw from yellow clam (*Amarilladesma mactroides*) shells sampled at Sambaqui Ibicuí, Sambaqui da Marambaia and at the transects Tramandaí-Palmares do Sul and Altair shipwreck-Sarita Lighthouse.

REFERENCES

- Afonso, M. (2017). Arqueologia dos sambaquis no litoral de São Paulo: análise da distribuição dos sítios e cronologia. *Especiaria Cad. de Ciências Hum.* 17, 203–227.
- Albano, P. G., Azzarone, M., Amati, B., Bogi, C., Sabelli, B., and Rilov, G. (2020). Low diversity or poorly explored? Mesophotic molluscs highlight undersampling in the Eastern Mediterranean. *Biodivers. Conserv.* 29, 4059–4072. doi: 10.1007/s10531-020-02063-w
- Álvarez-Fernández, E., Chauvin, A., Cubas, M., Arias, P., and Ontañón, R. (2011). Mollusc shell sizes in archaeological contexts in Northern Spain (13 200 to 2600 cal BC): new data from la garma A and los gitanos (Cantabria). *Archaeometry* 53, 963–985. doi: 10.1111/j.1475-4754.2011.00589.x
- Andersen, S. H. (2000). ‘Køkkenmøddinger’ (shell middens) in Denmark: a survey. *Proc. Prehis. Soc.* 66, 361–384. doi: 10.1017/S0079497X00001857
- Bailey, G. N., and Craighead, A. S. (2003). Late Pleistocene and Holocene coastal palaeoeconomies: a reconsideration of the molluscan evidence from northern Spain. *Geoarchaeology* 18, 175–204. doi: 10.1002/gea.10057
- Balbo, A., Madella, M., Godino, I. B., and Álvarez, M. (2011). Shell midden research: an interdisciplinary agenda for the quaternary and social sciences. *Quat. Int.* 239, 147–152. doi: 10.1016/j.quaint.2011.03.032
- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O., Swartz, B., Quental, T. B., et al. (2011). Has the Earth’s sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471, 51–57. doi: 10.1038/nature09678
- Bartlett, M. S. (1935). The effect of non-normality on the t distribution. *Math. Proc. Camb. Phil. Soc.* 31, 223–231. doi: 10.1017/S0305004100013311
- Bergonci, P. E. A., and Thomé, J. W. (2008). Vertical distribution, segregation by size and recruitment of the yellow clam *Mesodesma mactroides* Deshayes, 1854 (Mollusca, Bivalvia, Mesodesmatidae) in exposed sandy beaches of the Rio Grande do Sul state, Brazil. *Braz. J. Biol.* 68, 297–305. doi: 10.1590/S1519-69842008000200010
- Boivin, N. L., Zeder, M. A., Fuller, D. Q., Crowther, A., Larson, G., Erlandson, J. M., et al. (2016). Ecological consequences of human niche construction: examining long-term anthropogenic shaping of global species distributions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 113, 6388–6396. doi: 10.1073/pnas.1525200113
- Calliari, L. J., Garcia, C. A. E., Niencheski, L. F., Fillmann, G., Seeliger, U., Gianuca, N. M., et al. (1997). “Coastal and marine environments and their biota,” in *Subtropical Convergence Environments*, eds U. Seeliger, C. Odebrecht, and J. P. Castello (Heidelberg: Springer), 91–160. doi: 10.1007/978-3-642-60467-6_6
- Calliari, L. J., and Klein, A. H. (1993). Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. *Pesqui. em Geociênc.* 20, 45–56. doi: 10.22456/1807-9806.21281

Campbell, G. (2008). Beyond means to meaning: using distributions of shell shapes to reconstruct past collecting strategies. *Environ. Archaeol.* 13, 111–121. doi: 10.1179/174963108X343236

Cannarozzi, N. R., and Kowalewski, M. (2019). Seasonal oyster harvesting recorded in a late Archaic period shell ring. *PLoS One* 14:e0224666. doi: 10.1371/journal.pone.0224666

Claassen, C. (1998). *Shells*. Cambridge: Cambridge Manuals in Archaeology.

Colonese, A. C., Camarós, E., Verdún, E., Estevez, J., Giralt, S., and Rejas, M. (2011). Integrated archaeozoological research of shell middens: new insights into hunter-gatherer-fisher coastal exploitation in Tierra del Fuego. *J. Isl. Coast. Archaeol.* 6, 235–254. doi: 10.1080/15564894.2011.586088

Conservation Paleobiology Workshop (2012). *Conservation Paleobiology: Opportunities for the Earth Sciences*. Report to the Division of Earth Sciences, National Science Foundation. New York, NY: Paleontological Research Institution.

Costa, B. R. (2019). “Percebendo o sambaqui: simetria aplicada à gestão do patrimônio arqueológico em Joinville/SC,” in *Seminário Preservação de Patrimônio Arqueológico*, orgs, eds G. N. Campos and M. Granato (Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins), 403–415.

Dadon, J. R. (2005). Changes in the intertidal community structure after a mass mortality event in sandy beaches of Argentina. *Contrib. Zool.* 74, 27–39. doi: 10.1163/18759866-0740102002

d’Orbigny, A. D. (1846). “Mollusques,” in *Voyage Dans l’Amérique Méridionale (Le Brésil, La République Orientale de L’Uruguay, La République Argentine, La Patagonie, La République du Chili, La République de Bolivie, La République du Pérou)*, exécuté pendant les années, 81, ed. C. P. Bertrand (Paris: Chez Ve. Levrault), 1835–1847.

DeBlasis, P., Fish, S. K., Gaspar, M. D., and Fish, P. R. (1998). Some references for the discussion of complexity among the sambaqui moundbuilders from the southern shores of Brazil. *Revista de Arqueol. Am.* 15, 75–105.

DeBlasis, P., Kneip, A., Scheel-Ybert, R., Giannini, P. C., and Gaspar, M. D. (2007). Sambaquis e paisagem: dinâmica natural e arqueologia regional no litoral do Sul do Brasil. *Arqueol. Suram.* 3, 29–61.

Diaz, R. J., and Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* 321, 926–929. doi: 10.1126/science.1156401

Dietl, G. P. (2019). Conservation palaeobiology and the shape of things to come. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* 374:20190294. doi: 10.1098/rstb.2019.0294

Dietl, G. P., and Flessa, K. W. (2009). *Conservation Paleobiology: Using the Past to Manage for the Future*. Lubbock, TX: Paleontological Society.

Dietl, G. P., and Flessa, K. W. (2011). Conservation Paleobiology: putting the dead to work. *Trends Ecol. Evol.* 26, 30–37. doi: 10.1016/j.tree.2010.09.010

- Dietl, G. P., and Flessa, K. W. (2017). *Conservation Paleobiology: Science and Practice*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Dillenburg, S. R., Barboza, E. G., Rosa, M. L. C. C., Caron, F., Cancelli, R., Santos Fischer, C. B., et al. (2020). Sedimentary records of Marine Isotopic Stage 3 (MIS 3) in southern Brazil. *Geo Mar. Lett.* 40, 1099–1108. doi: 10.1007/s00367-019-00574-2
- Dillenburg, S. R., Barboza, E. G., Tomazelli, L. J., Hesp, P. A., Clerot, L. C. P., and Ayup-Zouain, R. N. (2009). The holocene coastal barriers of Rio Grande do Sul. geology and geomorphology of holocene coastal barriers of Brazil. *Lect. Notes Earth Sci.* 107, 53–91. doi: 10.1007/978-3-540-44771-9_3
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J., and Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345, 401–406. doi: 10.1126/science.1251817
- Efron, B. (1979). Bootstrap methods: another look at the jackknife. *Ann. Statist.* 7, 1–26. doi: 10.1214/aos/1176344552
- Efron, B., and Tibshirani, R. (1985). The bootstrap method for assessing statistical accuracy. *Behaviormetrika* 12, 1–35. doi: 10.2333/bhmk.12.17_1
- Ewers, R. M., and Didham, R. K. (2006). Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 81, 117–142. doi: 10.1017/S1464793105006949
- Fernandez, G. B., Rocha, T. B., Barboza, E. G., Dillenburg, S. R., Rosa, M. L. C. C., Angulo, R. J., et al. (2019). “Natural landscapes along brazilian coastline,” in *The Physical Geography of Brazil - Environment, Vegetation and Landscape*, eds A. A. R. Salgado, L. J. C. Santos, and J. C. Paisani (Salgado: American Academy of Religion), 199–218. doi: 10.1007/978-3-030-04333-9_10
- Ferrasso, S., Fiorentin, G. L., and Schmitz, P. I. (2016). Identificação de remanescentes conchiliológicos de um assentamento holocênico na planície costeira do Rio Grande do Sul: contribuições sob o enfoque zooarqueológico. *Pesqui. Antropol. São Leopoldo.* 72, 225–266.
- Figuti, L. (2005). A recipe for a sambaqui: considerations on Brazilian shell mound composition and building. *Early Hum. Impact Megamollusks.* 1, 67–80.
- Fiori, S., Frontini, R., and Bayón, C. (2019). Morphometric analysis of the yellow clam (*Amarilladesma mactroides*) to interpret fragmentary archaeological specimens. *J. Isl. Coast. Archaeol.* 14, 291–300. doi: 10.1080/15564894.2018.1521482
- Fiori, S. M., and Cazzaniga, N. J. (1999). Mass mortality of the yellow clam, *Mesodesma mactroides* (Bivalvia: Mactracea) in Monte Hermoso beach, Argentina. *Biol. Conser.* 89, 305–309. doi: 10.1016/S0006-3207(98)00151-7
- Fiori, S. M., and Morsán, E. M. (2004). Age and individual growth of *Mesodesma mactroides* (Bivalvia) in the southernmost range of its distribution. *ICES J. Mar. Sci.* 61, 1253–1259. doi: 10.1016/j.icesjms.2004.07.025

Fossile, T., Ferreira, J., da Rocha Bandeira, D., Dias-da-Silva, S., and Colonese, A. C. (2019). Integrating zooarchaeology in the conservation of coastal-marine ecosystems in Brazil. *Quat. Int.* 545, 38–44. doi: 10.1016/j.quaint.2019.04.022

Frontini, R., Vecchi, R., Bayón, C., and Fiori, S. (2021). Arqueología de la laguna sauce grande (partido de monte hermoso, provincia de buenos aires). *Relaciones.* 46, 121–140.

Guimarães, G. M., Zamparetti, B. C., Farias, D. S. E., and Anjos, F. A. (2021). “Preservação e valorização dos sambaquis de Laguna-SC na perspectiva do turismo arqueológico,” in *Patrimônio Cultural, Direito e Meio Ambiente: Arqueologia e Turismo Sustentável*, eds J. B. Campos, M. H. S. G. Rodrigues, N. I. Ladwig, P. P. A. Funari, and L. Oosterbeek (Criciúma, SC: UNESCO). doi: 10.18616/pcultura11

Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D’Agrosa, C., et al. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319, 948–952. doi: 10.1126/science.1149345

Heim, N. A., Payne, J. L., Finnegan, S., Knope, M. L., Kowalewski, M., Lyons, S. K., et al. (2017). Hierarchical complexity and the size limits of life. *Proc. R. Soc. B. Biol. Sci.* 284:20171039. doi: 10.1098/rspb.2017.1039

Hughes, M. G., and Baldock, T. E. (2020). “The swash zone,” in *Sandy Beach Morphodynamics*, eds D. W. T. Jackson and A. D. Short (Amsterdam: Elsevier), 155–186. doi: 10.1016/B978-0-08-102927-5.00008-4

Kim, T. K., and Park, J. H. (2019). More about the basic assumptions of t-test: normality and sample size. *Korean J. Anesthesiol.* 72:331. doi: 10.4097/kja.d.18.00292

Klein, R. G., and Steele, T. E. (2013). Archaeological shellfish size and later human evolution in Africa. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110, 10910–10915. doi: 10.1073/pnas.1304750110

Kosnik, M. A., Jablonski, D., Lockwood, R., and Novack-Gottshall, P. M. (2006). Quantifying molluscan body size in evolutionary and ecological analyses: maximizing the return on data-collection efforts. *Palaios* 21, 588–597. doi: 10.2110/palo.2006.p06-012r

Kowalewski, M. (2017). “The youngest fossil record and conservation biology: Holocene shells as eco-environmental recorders,” in *Conservation Paleobiology: Science and Practice*, eds G. P. Dietl and K. W. Flessa (Chicago, IL: The University of Chicago Press), 7–29. doi: 10.7208/chicago/9780226506869.003.0001

Kowalewski, M., and Novack-Gottshall, P. (2010). Resampling methods in paleontology. *Paleontol. Soc. Pap.* 16, 19–54. doi: 10.1017/s1089332600001807

Kowalewski, M., Serrano, G. E. A., Flessa, K. W., and Goodfriend, G. A. (2000). Dead delta’s former productivity: two trillion shells at the mouth of the Colorado River. *Geology* 28, 1059–1062. doi: 10.1130/0091-7613(2000)28<1059:DDFPTT>2.0.CO;2

Kusnerik, K. M., Lockwood, R., and Grant, A. N. (2018). “Using the fossil record to establish a baseline and recommendations for oyster mitigation in the Mid-Atlantic US,”

in *Marine Conservation Paleobiology*, eds C. L. Tyler and C. L. Schneider (Cham: Springer), 75–103. doi: 10.1007/978-3-319-73795-9_5

Lamarck, [J.-B. M]. (1818). *Histoire Naturelle des Animaux Sans vErtèbres*. Tome 5. Paris: Deterville/Verdière.

Lima, T. A. (1999). Em busca dos frutos do mar os pescadores-coletores do litoral centro-sul do Brasil. *Revista USP* 44, 270–327. doi: 10.11606/issn.2316-9036.v0i44p270-327

Link, D. H. F. (1807). *Beschreibung der naturalien-sammlung der universität zu rostock*. Adlers Erben. 1 Abt, 1–50. doi: 10.1159/000404737

Mannino, M. A., and Thomas, K. D. (2002). Depletion of a resource? The impact of prehistoric human foraging on intertidal mollusc communities and its significance for human settlement, mobility and dispersal. *World Archaeol.* 33, 452–474. doi: 10.1080/00438240120107477

Masello, A., and Defeo, O. (1986). Determinación de la longitud de primera madurez sexual en *Mesodesma mactroides* (Deshayes 1854). *Com. Soc. Malacológica Urug.* 6, 387–395.

Masselink, G., and Puleo, J. A. (2006). Swash-zone morphodynamics. *Contin. Shelf Res.* 26, 661–680. doi: 10.1016/j.csr.2006.01.015

Mendes, A. B., Silva, E. P., and Duarte, M. R. (2019). Can sambaquis (shell mounds) be used as records of the Holocene marine fish biodiversity? *Biodivers. Conserv.* 29, 39–56. doi: 10.1007/s10531-019-01868-8

Millenium Ecosystem Assessment [MEA] (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.

Monsarrat, S., Jarvie, S., and Svenning, J. C. (2019). Anthropocene refugia: integrating history and predictive modelling to assess the space available for biodiversity in a human-dominated world. *Philos. Trans. R. Soc.* 374, 20190219. doi: 10.1098/rstb.2019.0219

Parker, W. G., Yanes, Y., Mesa Hernández, E., Hernández Marrero, J. C., Pais, J., and Surge, D. (2019/2020). Scale of time-averaging in archaeological shell middens from the Canary Islands. *Holocene* 30, 258–271. doi: 10.1177/0959683619883020

Payne, J. L., and Heim, N. A. (2020). Body size, sampling completeness, and extinction risk in the marine fossil record. *Paleobiology.* 46, 23–40. doi: 10.1017/pab.2019.43

Philippi, R. A. (1847). Donacidae: Bivalvia. *Bol. Zool. Univ. São Paulo.* 3, 121–142. doi: 10.11606/issn.2526-3358.bolzoo.1978.121656

Pinotti, R. M. (2014). *A Estrutura do Macrozoobentos em Uma Praia Arenosa no Extremo Sul do Brasil: a Influência da Morfodinâmica de Feições Geomorfológicas e de Eventos Meteorológicos*. [Dissertation/Master's Thesis]. Rio Grande TX: Universidade Federal do Rio Grande.

- Pinotti, R. M., Minasi, D. M., Colling, L. A., and Bemvenuti, C. E. (2014). A review on macrobenthic trophic relationships along subtropical sandy shores in southernmost Brazil. *Biota Neotrop.* 14, 1–12. doi: 10.1590/1676-06032014006914
- Poncet, A., Courvoisier, D. S., Combescure, C., and Perneger, T. V. (2016). Normality and sample size do not matter for the selection of an appropriate statistical test for two-group comparisons. *Methodology* 12, 61–71. doi: 10.1027/1614-2241/a000110
- R Core Team (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Reeve, L. A. (1854). “Monograph of the genus *Mesodesma*,” in *Conchologia Iconica, or, Illustrations of the Shells of Molluscos Animals* (London: Reeve & Co). Available online at: <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/8129>
- Ritter, M. N., Erthal, F., and Coimbra, J. C. (2013). Taphonomic signatures in molluscan fossil assemblages from the Holocene lagoon system in the northern part of the coastal plain, Rio Grande do Sul State, Brazil. *Quat. Int.* 305, 5–14. doi: 10.1016/j.quaint.2013.03.013
- Rogge, J. H., and Schmitz, P. I. (2010). Projeto Arroio do Sal: a ocupação indígena pré-histórica no litoral norte do RS. *Pesqui. Antropol.* 68, 167–225.
- Rosa, M. L. C. C., Barboza, E. G., Abreu, V. S., Tomazelli, L. J., and Dillenburg, S. R. (2017). High-frequency sequences in the Quaternary of Pelotas Basin (coastal plain): a record of degradational stacking as a function of longer-term base-level fall. *Braz. J. Geol.* 47, 183–207. doi: 10.1590/2317-4889201720160138
- Rosa, M. L. C. C., Barboza, E. G., Dillenburg, S. R., Tomazelli, L. J., and Ayup-Zouain, R. N. (2011). The Rio Grande do Sul (southern Brazil) shoreline behavior during the Quaternary: a cyclostratigraphic analysis. *J. Coast. Res. SI* 64, 686–690.
- Scheel-Ybert, R., and Boyadjian, C. (2020). Gardens on the coast: considerations on food production by Brazilian shell mound builders. *J. Anthropol. Archaeol.* 60:101211. doi: 10.1016/j.jaa.2020.101211
- Schmitz, P. I. (2006). *Arqueologia do Rio Grande do Sul, Brasil*. São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas – UNISINOS.
- Silva, E. P., Pádua, S. C., Souza, R. C. C. L., and Duarte, M. R. (2017). “Shell mounds of the Southeast coast of Brazil: recovering information on past malacological biodiversity,” in *Zooarchaeology in the Neotropics*, eds M. Mondini, A. Muñoz, and P. Fernández (Cham: Springer). doi: 10.1007/978-3-319-57328-1_4
- Tomazelli, L., and Villwock, J. (1992). Considerações sobre o ambiente praiado e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul. *Brasil. Pesqui. Geoci.* 19, 3–12. doi: 10.22456/1807-9806.21318
- Vázquez, N., Fiori, S. M., Arzul, I., Carcedo, C., and Cremonte, F. (2016). Mass mortalities affecting populations of the yellow clam *Amarilladesma mactroides* along its geographic range. *J. Shellfish Res.* V. 35, 739–745. doi: 10.2983/035.035.0403

Villwock, J. A. (1972). *Contribuição a Geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul-Brasil*. [Dissertation/Master's Thesis]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Villwock, J. A., Tomazelli, L. J., Loss, E. L., Dehnhardt, E. A., Horn Filho, N. O., Bachi, F. A., et al. (1986). "Geology of the Rio Grande do Sul Coastal province," in *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 4, ed. J. Rabassa (Rotterdam: A. A. Balkema), 79–97. doi: 10.1201/9781003079316-5

Wagner, G. P. (2009). *Sambaquis da Barreira da Itapeva: uma Perspectiva Geoarqueológica*. [Dissertation/Master's Thesis]. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Waselkov, G. A. (1987). Shellfish gathering and shell midden archaeology. *Adv. Archaeol. Method Theory* 10, 339–362. doi: 10.1016/B978-0-12-003110-8.50006-2

Willis, K. J., and Birks, H. J. B. (2006). What is natural? The need for a long-term perspective in biodiversity conservation. *Science* 314, 1261–1265. doi: 10.1126/science.1122667

FIGURE CAPTIONS

Figure 1 – Map of the study area showing (A) sample sites at the Coastal Plain of Rio Grande do Sul – Brazil, (B) the location of *Sambaqui Ibicuí*, and (C) a drone aerial photograph from *Sambaqui Ibicuí* depicting off-road vehicles tracks. Basemap – ArcView.

Figure 2 – Right *Amarilladesma mactroides* valves from (A) Tramandaí-Palmares do Sul transect and (B) *Sambaqui Ibicuí*. Scale: 1cm.

Figure 3 – Comparison between body sizes from all *sambaquis* and recent adult left valves ($n = 233$, recent data were resampled), recent and ancient valves with $n = 100$ (both data were resampled), recent and *sambaquis* valves with $n = 50$ (both data were resampled), and recent and ancient valves larger than average ($n = 117$, both data were resampled).

Figure 4 – Box plot of comparison between valves body sizes from all levels of the swash zone (upper: U, middle: M, and lower: L) of the transect Altair shipwreck - Sarita Lighthouse and valves from *sambaquis* ($n = 74$, *sambaqui* data were resampled), valves from the upper level of the swash zone and ancient valves ($n = 31$, *sambaqui* data were resampled), middle-level swash zone and ancient valves ($n = 30$, *sambaqui* data were resampled), and valves from the lower level of the swash zone and *sambaqui* valves ($n = 13$, *sambaqui* data were resampled) (A); and location of the upper, middle and lower levels within swash zone (B).

Table 1 – Statistical pairwise values between the body size of ancient and recent valves.

Body size comparison		Sample number (n)	t-test (tt)	Mann-Whitney (mw)	Bootstrap (bt)
		p value			
<i>Sambaqui</i>	Recent	233	0.0005	0.006	0.04
<i>Sambaqui</i>	Recent	100	0.001	0.007	0.001
<i>Sambaqui</i>	Recent	50	0.035	0.2	0.034
Larger than average					
<i>Sambaqui</i>	Recent	117	0.24	0.04	0.25
<i>Sambaqui</i>	All levels	74	0.21	0.28	0.21
<i>Sambaqui</i>	Upper level	31	0.84	0.63	1.17
<i>Sambaqui</i>	Middle level	30	0.004	0.004	0.005
<i>Sambaqui</i>	Lower level	13	0.16	0.44	0.15

Figure 1

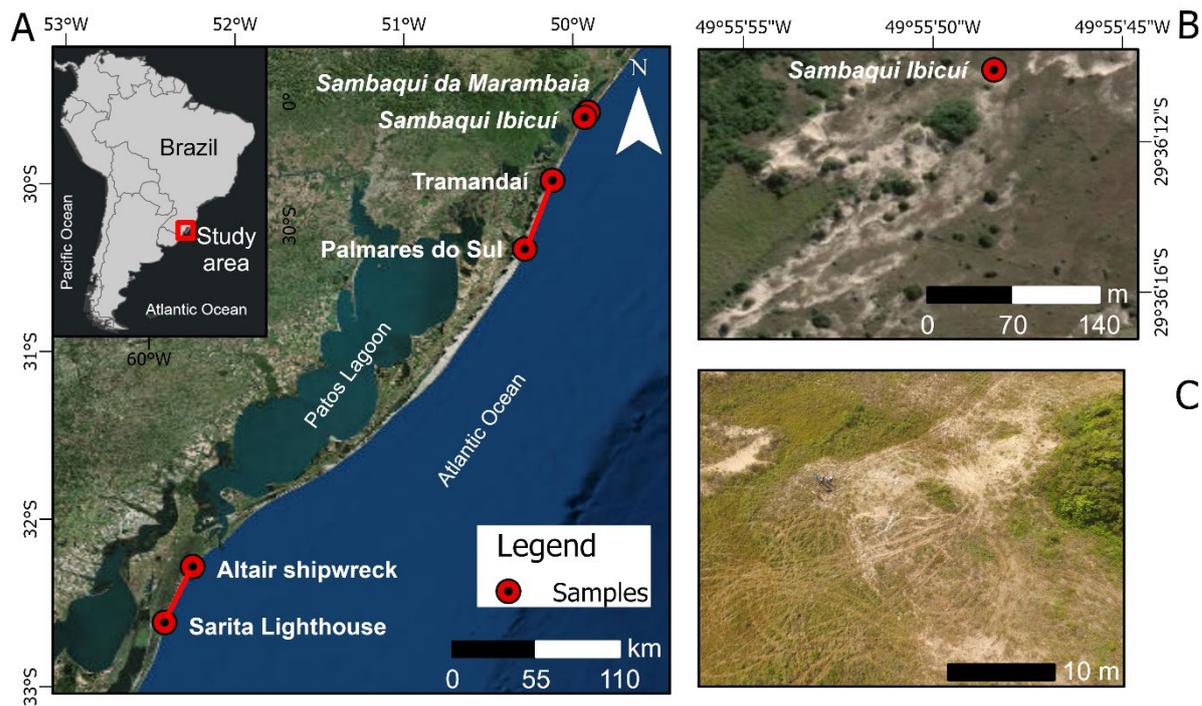


Figure 2

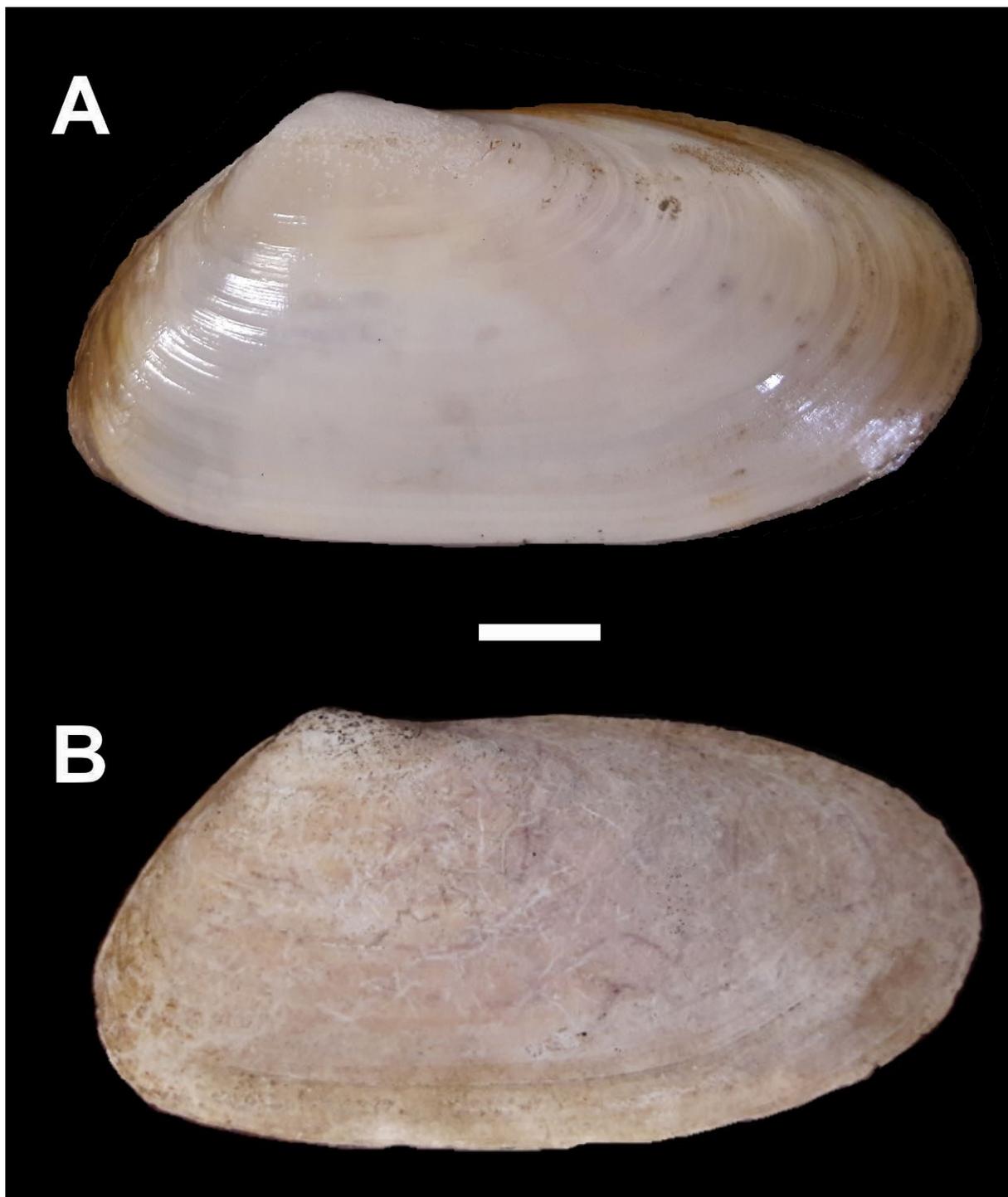


Figure 3

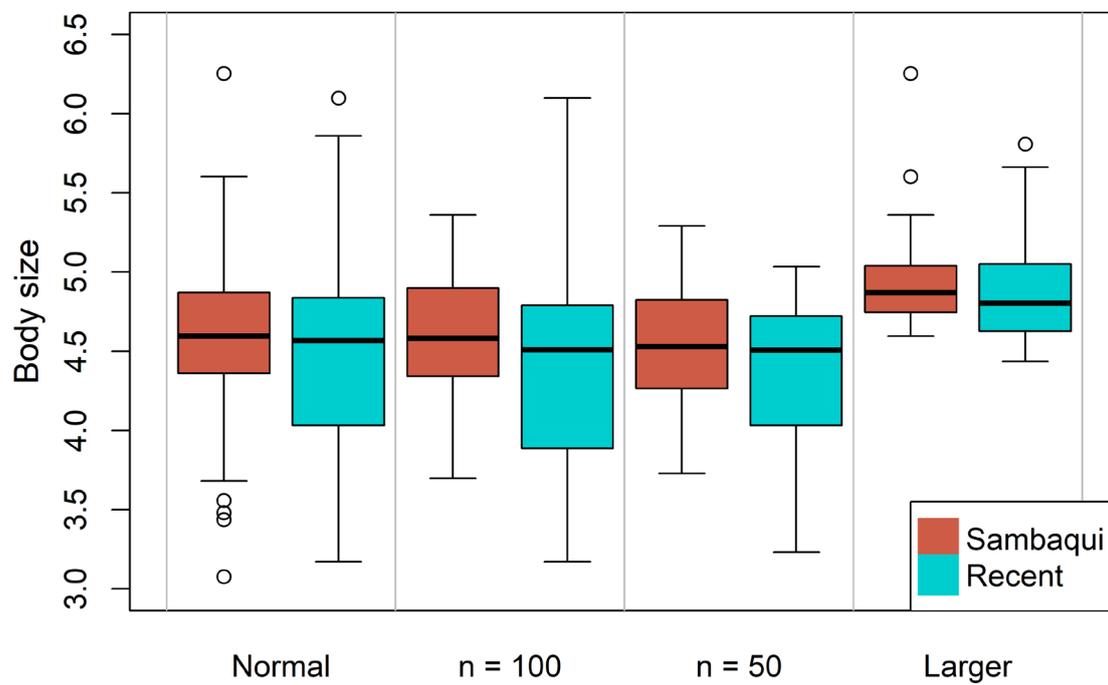
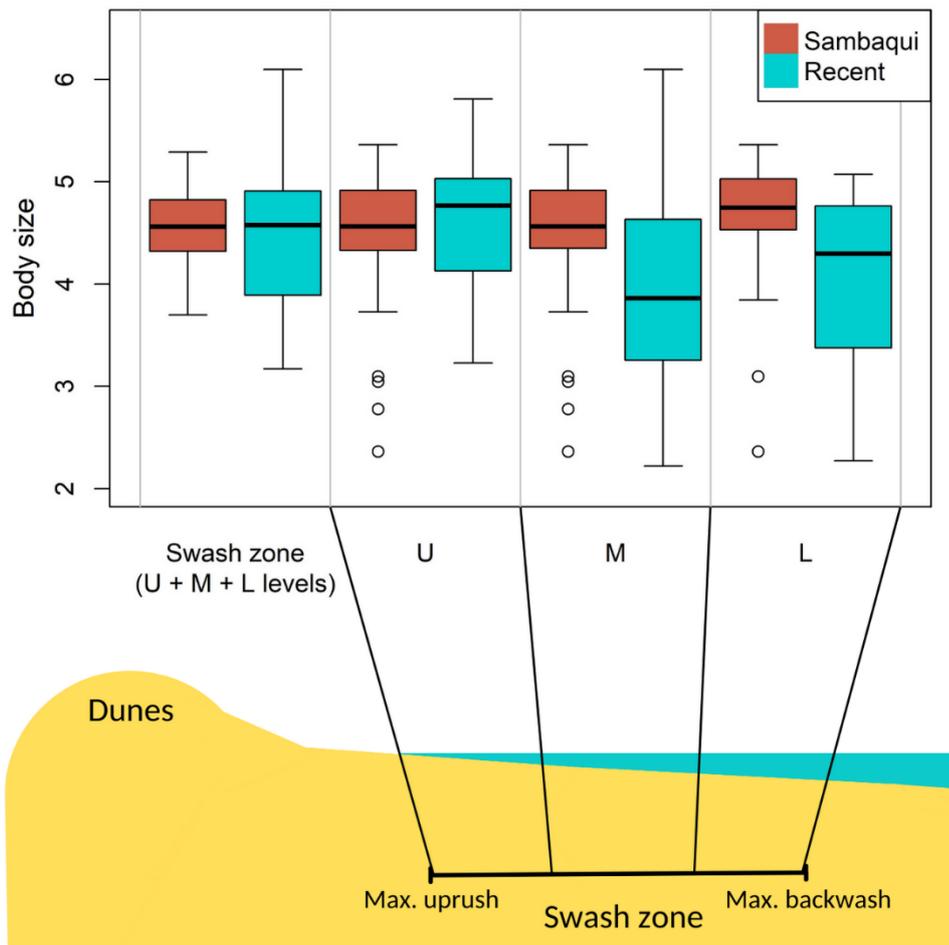


Figure 4



ANEXOS

ANEXO A – carta de publicação do artigo a *Frontiers Ecology And Evolution*.

Frontiers: Congratulations! Your article is published

Ecology and Evolution Production Office <ecologyandevolution.production.office@frontiersin.org>
Responder a: Ecology and Evolution Production Office <ecologyandevolution.production.office@frontiersin.org>
Para: anna.asrb@gmail.com

18 de abril de 2022

Dear Anna C. de Assumpção,

Ecology and Evolution Production Office has sent you a message. Please click 'Reply' to send a direct response

Congratulations on the publication of your article: The Tricky Task of Fisher-Gardener Research in Conservation Paleobiology, by Anna Clara Arboitte de Assumpção, Felipe Caron, Fernando Erthal, Eduardo Guimarães Barboza, Raphael Mathias Pinotti, Matias do Nascimento Ritter, published in *Frontiers in Ecology and Evolution*, section Paleoeecology.

To view the online publication, please click here:

http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fevo.2022.838839/full?utm_source=Email_to_authors_&utm_medium=Email&utm_content=T1_11.5e1_author&utm_campaign=Email_publication&field=&journalName=Frontiers_in_Ecology_and_Evolution&id=838839

This article is an open access publication accessible to readers anywhere in the world. Share the link with your network and track the impact of your research with our Article and Author Impact Metrics. This includes metrics on citations, views and downloads, as well as the social media attention your article receives.

If you have not done so already, please update your Loop profile to maximise your readership: http://loop.frontiersin.org/people/me/?utm_source=WFPOFAut&utm_medium=Email&utm_campaign=WF11.5E-1

Authors with fully populated profiles receive 4X more profile views and 6X more publication views.

*** BE AWARE OF SCAM ATTEMPTS - PLEASE READ *****

There has been a recent surge in fraud attempts against Frontiers authors. Please be alert if someone contacts you from a fake email address that pretends to be a Frontiers Staff member providing you with a fake invoice or payment instructions.

- Frontiers will always contact you from a @frontiersin.org or @frontiersin.com email address.

- We never amend payment details via email.

- Scammers might try to contact the corresponding author and/or the payer to request a payment, or to request an additional payment. The accurate invoice is always available in the payer's account and in the corresponding author's account (if different) on our website. If you don't have one yet, please register with this email address. You will find the invoice in My Frontiers > My Invoices

If you have any doubt or believe to have followed the wrong instructions, please reach out to us at accounting@frontiersin.org

We look forward to your future submissions!

Best regards,

Frontiers Ecology and Evolution Production Office
ecologyandevolution.production.office@frontiersin.org
www.frontiersin.org

ANEXO I
Título da Dissertação/Tese:
“PESQUISADORES DO PASSADO: IMPLICAÇÕES DO USO DE MOLUSCOS DE SAMBAQUIS NA PALEOBIOLOGIA DA CONSERVAÇÃO”
Área de Concentração: Paleontologia
Autora: Anna Clara Arboitte De Assumpção
Orientador: Prof. Dr. Matias Do Nascimento Ritter
Examinador: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini
Data: 03 de julho de 2022
Conceito: A
PARECER:
<p>A proposta da dissertação é bem delimitada: discutir o problema da confiabilidade das interpretações de mudanças ambientais baseadas na comparação entre características (no caso, tamanho corporal) de valvas de moluscos antigos, encontradas em sambaquis, e recentes. A existência de possíveis vieses, relacionados com as escolhas feitas pelas populações sambaqueiras durante a coleta dos moluscos, adquire importância central nessa discussão. A autora utiliza-se de abordagem tafonômica, via testes de hipótese estatísticos, aplicada a dados de valvas de marisco-branco (<i>Amarilladesma mactroides</i>) de dois sambaquis, de um lado, e de dois transectos praias, de outro. Este conjunto de amostras e os métodos adotados no seu estudo mostram-se adequados aos objetivos da pesquisa. O cuidado na aplicação dos testes de hipótese merece destaque positivo.</p> <p>A dissertação prima pela organização, rigor metodológico e objetividade. Demonstra, em poucas mas suficientes 60 páginas, o domínio da mestrandia nos métodos a que se propôs utilizar e sua capacidade de descrever, ilustrar e discutir os resultados obtidos. A parte em português difere da em inglês (artigo aceito na revista <i>Frontiers in Ecology and Evolution</i>) principalmente pela inclusão de um item de “estado da arte”, o qual contém interessante síntese bibliográfica sobre os aspectos paleontológicos dos sambaquis, a espécie estudada e a questão do significado ambiental do tamanho das conchas.</p> <p>A interpretação de que as populações antigas que construíram os sambaquis coletavam organismos grandes (adultos) em zonas distintas da praia, dependendo da estação, encontra-se bem fundamentada. Não fica totalmente claro, porém, se outras hipóteses, parte delas mencionada no texto (e.g. triagem das conchas maiores após a coleta pelos sambaqueiros, ou ainda, redução efetiva do tamanho dos moluscos modernos devido a algum tipo de mudança ambiental), são ou não consideradas alternativas possíveis e porque sim ou porque não. Independentemente desta lacuna, a dissertação tem o grande mérito de demonstrar que dados de tamanho corporal de moluscos antigos devem ser utilizados com cautela redobrada na interpretação de mudanças ambientais, o que é uma importante conclusão metodológica.</p> <p>A seguir, a título de contribuição para a qualidade do documento, apresentam-se dúvidas surgidas durante a leitura e sugestões de pequenos aprimoramentos, inclusive na apresentação formal da escrita em português.</p> <ul style="list-style-type: none"> - “Metodologia” é a discussão crítica dos métodos. Nos casos em que este termo foi usado na dissertação (i.e. p.5, 24), não parece ser este o sentido; portanto, recomenda-se substituir simplesmente por “métodos”. - Na p.9, par. 2, a ocorrência dos sambaquis na Região Nordeste é referida apenas a

Maranhão e Bahia. Há, porém, feições análogas a sambaquis também em outras porções da Região Nordeste, por exemplo, Ceará, Rio Grande do Norte e Sergipe-Alagoas, ainda que elas sejam de fato pouco estudadas/citadas e algumas delas sequer mencionadas em trabalhos estritamente arqueológicos.

- O último parágrafo do item 1.3.1, p.13, embora integre sessão introdutória do trabalho, já antecipa uma conclusão ao referir-se a “viés da coleta dos pescadores-jardineiros que comprovamos aqui com técnicas tafonômicas,...”. Avaliar se não é melhor falar em hipótese de trabalho e evitar o uso do termo “comprovamos”, que não é condizente com a lógica da investigação científica.

- Em um dos transectos praias (Tramandaí – Palmares do Sul), “foram coletadas conchas vazias”, de acordo com a descrição da p. 17. Ainda que não se tenha detectado diferença estatisticamente significativa de tamanho entre as conchas deste perfil e as do outro (onde foram coletados moluscos vivos), não seria interessante discutir um pouco mais as implicações das conchas vazias no significado dos resultados? A distribuição de tamanho das conchas não pode neste caso, pelo menos em tese, possuir algum controle hidrodinâmico?

- No terceiro parágrafo do item 1.5, na p. 21, comenta-se que “a areia tem granulometria fina a muito fina, mas entre os municípios de Rio Grande e Chuí, os bioclastos são importantes constituintes do sedimento”. Já que a afirmativa mistura textura (tamanho de grão) com constituição (terrígeno versus bioclástico), seria relevante explicar qual o efeito da segunda na primeira. Por exemplo, a presença dos bioclastos ajuda a engrossar o sedimento?

- Sente-se falta, na parte de métodos, de uma descrição um pouco mais elaborada sobre no que consiste cada teste estatístico realizado.

- Quanto ao padrão editorial para emprego de iniciais maiúsculas e minúsculas, sugere-se: uniformizar critérios adotados nos subtítulos (comparar, por exemplo, o do item 1.4, na p.17, com o do 1.3, na p.12); para regiões político-administrativas do Brasil, adotar iniciais maiúsculas: (e.g. Região Sul, p.21); e, para tipo de acidente geográfico, adotar minúscula (e.g. rio Mampituba, diferentemente da norma da língua inglesa: Mampituba River).

- O uso do termo “algal” no texto em português (p.15) é anglicismo. Os adjetivos correspondentes mais aceitos são “algáceo” e “algálico”. Analogamente, melhor substituir “plotar”, na p.18, por “lançar”.

- O emprego do verbo “ter” com sentido de “haver” ou “existir” é comum na linguagem coloquial, mas não aceito na escrita. Recomenda-se, portanto, corrigir as seguintes passagens: “nesse último transecto tem informações sobre organismos” (p.17; trocar, por exemplo, por “há”, “existem” ou “têm-se”), “tem uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias” (p.22, 23), “no entanto, também tem estudos mostrando” (p.23), “ter/teve diferença” (p.24)

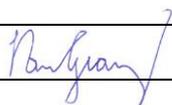
- Para numerais maiores que dez, com sentido de contagem, grafar com algarismos arábicos. Por exemplo: “42 (e não “quarenta e dois”) sambaquis listados” (p.18).

- Em relação às citações bibliográficas, o artigo de Toso et al. é de 2021 (p.10); e o formato da segunda citação de Pinotti (2014) na p. 18 deve ser corrigido para entre parêntesis.

- Não existe crase antes de palavra masculina: “a um olhar paleontológico” (p.8); por outro lado, a expressão “às vezes” leva acento grave (p.23).

- Considerar as seguintes correções de concordância nominal e/ou verbal: “em condições nas quais” (p.9); “avaliam-se esses problemas” (p.11); “guardaram-se fragmentos de vertebrados” (p.20); “realizaram-se 10000 interações” (p.20); “o vento predominante é o de NE, que é mais ativo” (p.21); “quando se refinam/refinaram as comparações” (p.23, 24), “propõe-se também, que os grupos de pescadores-jardineiros coletavam as valvas grandes” (p.24).

Assinatura:



Data: 03 de julho de 2022

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I
Título da Dissertação/Tese:
“PESQUISADORES DO PASSADO: IMPLICAÇÕES DO USO DE MOLUSCOS DE SAMBAQUIS NA PALEOBIOLOGIA DA CONSERVAÇÃO”
Área de Concentração: Paleontologia
Autora: Anna Clara Arboitte De Assumpção
Orientador: Prof. Dr. Matias Do Nascimento Ritter
Examinador: Prof. Dr. Fernando Miguel Archuby
Data: 28 de junio de 2022
Conceito: A (Excelente)
PARECER:
<p>La tesis de Anna Clara Arboitte De Assumpção es un aporte original y de alta calidad, que justifica sobradamente la obtención del título de maestría. Deseo destacar, entre otros aspectos, que el trabajo de ACAA tiene un valor especial por el enfoque interdisciplinario, que permite abordar problemas que exceden a una disciplina. Además, se trata de un trabajo que, aún estando en el marco de la paleontología, permite una aplicación real en los problemas de conservación de los ecosistemas marinos someros de Brasil.</p> <p>El trabajo aborda la tarea de evaluar la importancia de los Sambquis como archivos geohistóricos, capaces de ayudar al conocimiento de las configuraciones de las comunidades en el pasado reciente, previas a los impactos antrópicos masivos que ocurrieron durante el siglo XX. Pero, surge la pregunta de si los humanos prehistóricos tomaban muestras representativas, que serían buenos proxies de las comunidades del pasado o, por el contrario, si las seleccionaban con algún criterio y por ello su utilidad está limitada por la identificación de ese sesgo. La investigación de esta pregunta es suficientemente relevante para el desarrollo de una tesis.</p> <p>En líneas generales el trabajo es muy valioso. Dejo algunas observaciones que pueden servir para su mejora y eventualmente para el desarrollo de trabajos en el futuro:</p> <p>1- Sobre la organización general del trabajo</p> <p>El trabajo compara cuatro muestras representativas de cuatro poblaciones de datos diferentes (a, b, c, d):</p> <p>a. Valvas muestreadas vivas de tres niveles diferentes del mesolitoral arenoso (<i>life assemblages</i>):</p> <p>a1: del mesolitoral inferior</p> <p>a2: del mesolitoral medio</p> <p>a3: del mesolitoral superior</p> <p>b. Valvas muestreadas muertas en el mesolitoral (<i>death assemblage</i>)</p> <p>c. Sambaquí Ibicuí (death assemblage, ¿sesgado?)</p>

d. Sambaquí Marambaia (death assemblage, ¿sesgado?)

Entiendo que las discusiones se potenciarían si se pensara de este modo. En la tesis, se asocian las dos muestras actuales y las dos muestras de sambaquíes. Me habría gustado una discusión un poco más extensa en la comparación entre las dos transectas de valvas actuales.

2- Sobre la metodología

Con respecto a los análisis estadísticos, coincido con la cautela adoptada por ACAA con respecto a las características de los datos, sus distribuciones y el alcance de las conclusiones que pueden derivarse de los resultados. Una observación de menor alcance es que la evaluación del método apropiado para realizar las comparaciones no pertenece al campo de la paleontología sino de la estadística, y en esta tesis no se provee evidencia novedosa para contrastar ideas relacionadas con ellos (i.e., si corresponde utilizar una prueba de t en caso de apartamiento de la normalidad, o si es mejor una prueba de rangos o el uso de métodos de remuestreo). Este aspecto se resuelve en Materiales y métodos y no merece mayor discusión. No obstante, no es un error sino simplemente un tratamiento, desde mi punto de vista, excesivo de una discusión que no es importante para el conocimiento generado. Por otro lado, quizás en este caso las comparaciones basadas en parámetros (e.g. test de t o bootstrap) puedan ser complementarias de comparaciones entre las distribuciones (desplazamientos o diferencias en la distribución) como Mann-Whitney o Kolmogorov-Smirnov. Es decir, es posible que los parámetros no difieran, pero sí la forma de la distribución. Esta observación de ninguna manera invalida los resultados, que son consistentes y utilizan técnicas apropiadas.

3- Otras observaciones

Si bien el trabajo se entiende, se vería mejor si se hubieran agregado tablas con resultados (medias muestrales por muestra, por ejemplo) y gráficos de dispersión univariada (jitter plots) superpuestos a los boxplots, que enriquezcan la presentación de los resultados. En estos casos, también es útil realizar histogramas superponiendo las dos muestras que se están comparando. Del mismo modo, sería interesante saber cuál es la diferencia de tamaño en términos absolutos entre los pares de muestras comparadas (¿en cuántos milímetros supera una muestra de sambaquí a una muestra de valvas actuales?).

En algunos análisis se realiza una comparación restringida a los individuos de mayor tamaño que la media de cada muestra. No comprendo por qué se hizo esto y la validez metodológica de tal decisión. Entiendo que esta estrategia debería haber sido justificada.

Me parece que habría sido útil que el trabajo contara con imágenes del aspecto de las muestras de los Sambaquíes (no me imagino qué aspecto tienen, qué proporción es arena o fango, su hay fragmentos de valvas, etc).

Por otro lado, el hecho de que la transecta de valvas muertas no sea diferente a la transecta de valvas de individuos vivos es un resultado muy interesante. Se trataría de un caso de fidelidad tafonómica en términos de tamaño. Quizás habría que

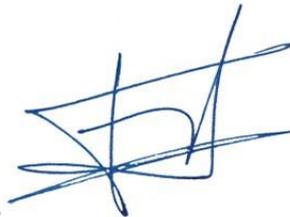
prestar atención a esto también.

La lectura de la tesis fue muy estimulante. Los resultados no son contundentes para asegurar o descartar el modo en que las valvas fueron seleccionadas para constituir los sambaquis, pero los datos son valiosos y las discusiones muy significativas. Me quedaron preguntas, que me gustaría ver respondidas en estudios futuros:

- En el caso de que los especímenes hayan sido utilizados para alimentación, deberían haber sido capturados vivos y las valvas rotas para extraer la carne (al menos una valva se habría dañado). ¿Se encuentran en los sambaquis muchos fragmentos?
- ¿Es posible que los sambaquis hayan sido contruidos a partir de valvas muertas recolectadas en la playa? (death assemblages)
- Finalmente, ¿podrían encontrarse más diferencias estadísticas en la dispersión de los datos y/o en la forma de las distribuciones además de las diferencias en el tamaño?

Finalmente, estimo de alto valor que los datos sobre los que se realizaron los análisis hayan sido provistos a modo de apéndice de la publicación. Esto permite la revisión de los resultados y garantiza la replicabilidad, un requisito del método científico.

Saludos cordiales,
Fernando Archuby



Assinatura:

Data:28 de junio de 2022

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I
Título da Dissertação/Tese:
“PESQUISADORES DO PASSADO: IMPLICAÇÕES DO USO DE MOLUSCOS DE SAMBAQUIS NA PALEOBIOLOGIA DA CONSERVAÇÃO”
Área de Concentração: Paleontologia
Autora: Anna Clara Arboitte De Assumpção
Orientador: Prof. Dr. Matias Do Nascimento Ritter
Examinador: Prof. Dr. Rodrigo Scalise Horodyski
Data: 03/07/2022
Conceito: A
PARECER:
<p>A dissertação de mestrado apresentada pela pós-graduanda Anna Clara A. de Assumpção mostra uma grande maturidade científica no quesito de construir hipóteses significativas no âmbito da Paleontologia. Ainda, sua pesquisa se mostra transdisciplinar, já que os resultados contribuem para diversas áreas do conhecimento, tais como paleontologia, arqueologia, geologia, biologia e metodologia científica. Esta característica enfatiza a importância do crescimento epistemológico da tafonomia quando da consolidação de sua aplicação como ciência necessária na conservação de grupos de organismos vivos, mortos ou fósseis. A mestrandia apresentou sua dissertação com um artigo científico já publicado em uma revista internacional de grande impacto (embora no Brasil tenha um Qualis Capes A2). Parabéns aqui a autora, já que em dois anos ela levantou dados, analisou e escreveu um artigo de qualidade e publicou antes da defesa final. Algo geralmente mais difícil em nível de mestrado. Os objetivos foram alcançados e os métodos para os atenderem foram bem utilizados e explicados em suas utilidades/necessidades alvo pela autora principal do artigo. Sem dúvidas, as metodologias também serão utilizadas pelos trabalhos de cunho paleontológico em direção ao tempo mais profundo. No ponto de vista arqueológico, este trabalho será citado por esse ramo da ciência, já que colaborou para o entendimento das construções de sambaquis, reforçando algumas hipóteses e criando outras. Pelo que parece, portanto, os humanos de tal intervalo de tempo tinham uma visão sustentável maior do que a nossa, já que entendiam que a morte seletiva poderia influenciar no equilíbrio ecológico da espécie utilizada por eles e mantinham, assim, um método inteligente de coleta em diferentes estações do ano. Já no ramo da Paleobiologia da Conservação se faz necessária a divulgação científica dos resultados pelo Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, bem como pelas principais mídias jornalísticas do estado. Isso, porque esta espécie de molusco já variou em abundância ao longo do tempo. Sua sobrevivência é importante para manutenção do seu nível trófico e do ecossistema em geral que faz parte. De qualquer forma, os pescadores que a utilizam, provavelmente capturam do nível superior da zona de <i>swash</i>.</p>

O registro fóssil e moderno mostra que indivíduos da mesma espécie tendem a ser menores quando colonizam localidades mais profundas. Embora *Amarilladesma mactroides* seja uma espécie que migra sazonalmente, critérios de diferenças de estágios ontogenéticos precisam ser apresentados. Isso porque a ciência também mostra que o *stress* ambiental/ecológico pode conduzir gerações de determinados organismos a não alcançarem o tamanho anterior pré-crise biótica, mas mesmo assim apresentando as características morfológicas de adulto. A diminuição de tamanho temporária é algo comum no registro fóssil, mas ainda pouco entendido. Então, criar critérios de estágios ontogenéticos para moluscos atuais será tão útil como para os pretéritos.

Finalmente, parabênizo novamente a Anna pela sua excelente contribuição, bem como seu orientador Prof. Dr. Matias do Nascimento Ritter.



Assinatura:

Data: 03/07/2022

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno: