

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL - UERGS

MATIAS DO NASCIMENTO RITTER

**CONCENTRAÇÕES CONCHÍFERAS EM DEPÓSITOS LAGUNARES
HOLOCÊNICOS DA PORÇÃO NORTE DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO
GRANDE DO SUL, BRASIL: ASPECTOS TAFONÔMICOS E PALEOAMBIENTAIS**

IMBÉ
2011

MATIAS DO NASCIMENTO RITTER

**CONCENTRAÇÕES CONCHÍFERAS EM DEPÓSITOS LAGUNARES
HOLOCÊNICOS DA PORÇÃO NORTE DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO
GRANDE DO SUL, BRASIL: ASPECTOS TAFONÔMICOS E PALEOAMBIENTAIS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Marinha e Costeira pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. João Carlos Coimbra

Coorientador: M.Sc. Fernando Erthal

IMBÉ

2011

R615c Ritter, Matias do Nascimento

Concentrações conchíferas em depósitos lagunares holocênicos da porção norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: aspectos tafonômicos e paleoambientais. /Matias do Nascimento Ritter. -- 2011. 67 f.

Orientador: João Carlos Coimbra.
Coorientador: Fernando Erthal.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Ciências Biológicas, ênfase em Biologia Marinha e Costeira, Imbé/Cidreira, BR-RS, 2011.

1. Assinaturas tafonômicas. 2. *Erodona mactroides*. 3. Ambiente estuarino-lagunar. 4. Holoceno. I. Coimbra, João Carlos, orient. II. Erthal, Fernando, coorient. III. Título.

MATIAS DO NASCIMENTO RITTER

**CONCENTRAÇÕES CONCHÍFERAS EM DEPÓSITOS LAGUNARES
HOLOCÊNICOS DA PORÇÃO NORTE DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO
GRANDE DO SUL, BRASIL: ASPECTOS TAFONÔMICOS E PALEOAMBIENTAIS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Marinha e Costeira pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Aprovada em 04/08/2011

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Carla Bender Kotzian
(UFSM)

Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza
(UFRGS)

Coordenador da atividade
Trabalho de Conclusão II – CBM

Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza

A meus pais,

pelo fraterno e incondicional incentivo.

AGRADECIMENTOS

Esta monografia de conclusão de curso é o resultado final de várias etapas, parciais *a priori* invisíveis, mas indispensáveis. Foram muitas as pessoas que me ajudaram, de diferentes maneiras, ao longo desta jornada litorânea, exatos quatro inesquecíveis anos.

Em primeiro lugar, quero agradecer à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e à Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, pela possibilidade de acesso a um ensino público e de qualidade.

Do mesmo modo, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Pró-Reitoria de Pesquisa da UFRGS, pela concessão das respectivas bolsas de Iniciação Científica (processos nº 103726/2010-1 e nº 121748/2010-3) e pelo apoio financeiro, através de projeto do orientador, que permitiu as datações das conchas (processo nº 471611/2010-7).

Ao Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos (CECLIMAR) pelo apoio logístico em todas as etapas. Ademais, pela infraestrutura compartilhada ao longo de todo o curso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Carlos Coimbra, por ter aberto as portas do Laboratório de Microfósseis Calcários e, posteriormente, por ter acreditado no meu trabalho, na forma de suporte logístico, de seu eloquente conhecimento e de possibilidade de crescimento acadêmico. Ao coorientador, futuro doutor em Geociências, M.Sc. Fernando Erthal, pela amizade, pelo aprendizado compartilhado, pela paciência e pela disponibilidade de me ajudar em um crítico período de final de doutorado.

À banca examinadora, Profa. Dra. Carla Bender Kotzian (UFSM) e Prof. Dr. Eduardo G. Barboza (UFRGS), pela valiosa contribuição à versão final desta monografia.

Ao Oceanógrafo Luiz Alberto de Sousa Pedroso pelas indicações das áreas de ocorrência das assembleias conchíferas e pela ajuda nas saídas a campo, bem como pelo acesso a material bibliográfico e pelo compartilhamento de valiosas informações.

Aos bibliotecários do CECLIMAR, Angelo e Stella Pivetta, pela sincera amizade, conversas e conselhos, incondicionais ajudas e busca por material bibliográfico, além da revisão das referências deste trabalho.

Ao barqueiro do CECLIMAR, Osvaldo Machado, pela colaboração nas saídas de campo.

Aos funcionários do CECLIMAR pela convivência e amizade nestes quatro anos juntos. À secretária do Curso, Márcia, pelo incansável auxílio aos discentes.

Às funcionárias do Museu de Ciências Naturais do CECLIMAR, Neuza e Nélida, por ter aberto portas para uma “quimérica” experiência no mundo museológico, e pela fraterna amizade construída nesta convivência.

A todos os professores do curso, em especial a Prof.^a Catarina Pedroso, pela amizade, incentivo e pelo desejo de nosso sucesso.

Aos meus colegas, pela luta na construção e aperfeiçoamento do curso, pela amizade construída neste tempo e, logicamente, pelos melhores momentos do curso: as confraternizações.

Ao meu grande amigo, Roberto Farias, pela amizade, pelos imprevistos logísticos durante este período e pelas discussões sobre assuntos diversos, que engrandeceram meu conhecimento.

À Vanessa Ochi Agostini, pelo companheirismo, pelo apoio incondicional e por momentos inesquecíveis.

A todos os demais amigos que compartilharam os anseios, as dúvidas e as alegrias desta etapa.

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboram na minha formação moral e acadêmica desde minha tenra infância.

"Detail by itself can go no further; at its best, presented with a poetry that I cannot muster, it emerges as admirable nature writing."

(Stephen Jay Gould, WONDERFUL LIFE, 1989).

RESUMO

Este é o primeiro trabalho com assinaturas tafonômicas em moluscos da porção norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS). Assinaturas tafonômicas – injúrias registradas em conchas devido a diversos processos ambientais – são ferramentas que permitem esmiuçar informações inacessíveis apenas com dados sedimentológicos e estratigráficos. Diversos estudos, principalmente na costa caribenha, têm utilizado ferramentas tafonômicas em moluscos. O objetivo principal deste estudo é descrever as assinaturas tafonômicas em moluscos presentes na porção norte da PCRS. Estas poderão ser utilizadas em um futuro detalhamento de condições paleoambientais. Especificamente, pretende-se quantificar os processos tafonômicos atuantes em ambientes lagunares, assim como determinar a idade radiocarbônica dos restos biogênicos. As datações (AMS, ^{14}C) e a análise quantitativa das assinaturas tafonômicas (e.g alteração da textura externa, corrosão e grau de dissolução) foram realizadas em conchas de *Erodona mactroides* de dois afloramentos conchíferos (afloramento 1: 29°57'08"S, 50°08'18"W; afloramento 2: 29°52'27"S, 50°07'23"W). O afloramento 2, diferente mente do 1, contém além de uma camada rica em conchas (principalmente de *E. mactroides*), conchas de moluscos marinhos (*Amiantis purpurata*, *Donax hilareia*, *Olivancillaria auricularia* e *O. urceus*). Os dois afloramentos parecem constituir um único depósito (com idades variando entre 1230 e 1200 cal anos AP). A dissolução é o processo tafonômico mais comum. Em contrapartida, a incrustação e a bioerosão estão ausentes. A alta intensidade da dissolução parece ser consequência de uma elevada influência fluvial durante o final da fase regressiva do sistema lagunar, com início a partir de 1500 anos AP.

Palavras-chave: Assinaturas tafonômicas. *Erodona mactroides*. Ambiente estuarino-lagunar. Holoceno.

ABSTRACT

This is the first assessment of molluscan taphonomic signatures from the northern portion of Rio Grande do Sul Coastal Plain (PCRS). Taphonomic signatures – damages recorded in shells produced by a variety of environmental processes – are useful tools that allow detailing information otherwise unavailable only with stratigraphic and sedimentologic data. Several studies, mainly at the Caribbean coast, have used taphonomic tools with mollusk shells. The main purpose of this study is to quantify the taphonomic signatures in mollusks from Holocene outcrops from PCRS, in order to use them in a future detailing of paleoenvironmental processes in coastal settings. Precisely, the subject here is to describe the taphonomic processes acting in lagoon environments, as well as to determine the radiocarbon age of the biogenic remains. The dating (^{14}C AMS) and quantitative analysis of taphonomic signatures (e.g. outer surface alteration, corrosion and dissolution degree) were performed using shells of *Erodona mactroides* from two shelly outcrops (outcrop 1: 29°57'08"S, 50°08'18"W; outcrop 2: 29°52'27"S, 50°07'23"W). In outcrop 2, differently from outcrop 1, contains shells from species other than *E. mactroides* (the only species found in outcrop 1), such as *Amiantis purpurata*, *Donax hilareia*, *Olivancillaria auricularia* e *O. urceus*. Both outcrops seem to constitute a single shelly deposit (regarding the ages found, which gravitates between 1230 and 1200 cal yr. BP). Dissolution was the most intense taphonomic process. On the other hand, incrustation and bioerosion are absent. The high dissolution intensity may be a consequence of an elevated fluvial influence during the late regressive stage in the lagoon system, which began at ~1500 yr. BP.

Keywords: Taphonomic signatures. *Erodona mactroides*. Lagoonal and estuarine environments. Holocene.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA | 10 |
| 1.2 OBJETIVOS | 11 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 12 |
| 2.1 TAFONOMIA..... | 12 |
| 2.1.1 Zona tafonomicamente ativa e assinaturas tafonômicas em moluscos . | 15 |
| 2.1.2 Tafonomia de moluscos na América do Sul | 17 |
| 2.2 CONCENTRAÇÕES CONCHÍFERAS DO SUL DA AMÉRICA AUSTRAL..... | 19 |
| 3 ÁREA DE ESTUDO | 24 |
| 3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO..... | 25 |
| 3.2 ASPECTOS HIDRODINÂMICOS E SEDIMENTOLÓGICOS | 27 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 29 |
| 4.1 LOCAIS DE COLETA DE BIOCLASTOS | 29 |
| 4.2 ANÁLISE TAFONÔMICA | 31 |
| 4.3 DATAÇÕES..... | 33 |
| 5 RESULTADOS | 35 |
| 5.1 COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA..... | 35 |
| 5.2 ASSINATURAS TAFONÔMICAS..... | 36 |
| 5.3 IDADE DOS AFLORAMENTOS | 40 |
| 6 DISCUSSÃO | 41 |
| 6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS | 41 |
| 6.2 ASSINATURAS TAFONÔMICAS..... | 42 |
| 6.3 SIGNIFICADO DAS DATAÇÕES EM ¹⁴ C NA PCRS..... | 47 |
| 7 CONCLUSÕES | 50 |
| 8 PERSPECTIVAS | 52 |
| REFERÊNCIAS | 53 |

1 INTRODUÇÃO

Conchas de moluscos são comumente relatadas em estudos relacionados à evolução geológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), em toda sua extensão (DILLENBURG *et al.*, 2009). Sua principal utilização em geociências é em datação radiocarbônica e a relação de seu hábitat e modo de vida (*e.g.* estuarino, marinho raso; infauna, epifauna) com condições ambientais pretéritas. No entanto, sua aplicação pode ser maximizada pela análise tafonômica. A tafonomia preocupa-se em explicar os caminhos percorridos desde a morte de um indivíduo (população, comunidade etc.) até seu soterramento final. Durante esta rota os atores destrutivos dos remanescentes biológicos agem de acordo com o ambiente deposicional no qual estes estão inseridos. Neste contexto, a utilização de ferramentas tafonômicas em conchas de moluscos tem sido discussão frequente em diversos estudos (BEST e KIDWELL, 2000a, b; KIDWELL, ROTHFUS e BEST, 2001; CALLENDER *et al.*, 2002; DE FRANCESCO e HASSAN, 2008; HAUSER, OSCHMANN e GISCHLER, 2008; PARSONS-HUBBARD, 2005; POWELL *et al.*, 2011); em contrapartida, para o RS, estudos deste tipo são incomuns, e há ainda um vasto campo a ser percorrido.

O estudo em tela foi conduzido na porção setentrional da PCRS, na região do estuário do rio Tramandaí, cuja gênese está relacionada ao máximo transgressivo holocênico (5000 anos AP) (DILLENBURG *et al.*, 2009).

As assinaturas tafonômicas presentes em conchas de moluscos, oriundos de dois afloramentos conchíferos, que talvez constituam uma única assembleia, foram quantificados segundo metodologias modernas e bem estabelecidas. Tais afloramentos provavelmente estão relacionados geneticamente com a evolução das lagunas costeiras da porção norte da PCRS.

1.1 JUSTIFICATIVA

A maioria dos estudos com tafonomia de moluscos concentra-se em regiões tropicais, principalmente na costa caribenha (*e.g.* BEST e KIDWELL, 2000a, b; KIDWELL, ROTHFUS e BEST, 2001; POWELL *et al.*, 2010). Entretanto, são raros os

estudos realizados na PCRS, principalmente no que tange a ambientes estuarinos e lagunares. Para o ambiente praial, Lopes e Buchmann (2008) abordaram alguns aspectos tafonômicos, mas apenas em espécies selecionadas de duas concentrações conchíferas geneticamente distintas na região de Chuí. Em contrapartida, na costa uruguaia e da Argentina, o número de estudos é um pouco maior (AGUIRRE e FARINATI, 1999; DE FRANCESCO e HASSAN, 2008; FARINATI, SAPAGNUOLO e ALIOTTA, 2008).

Assinaturas tafonômicas em moluscos são ferramentas que permitem esmiuçar informações inacessíveis apenas com a análise de dados sedimentológicos e estratigráficos. Como bem destacado por De Francesco e Hassan (2008), novos estudos em ambientes lagunares subtropicais são necessários para prover dados que permitam o reconhecimento de um padrão regional de alterações tafonômicas em moluscos. Tais estudos podem ser relacionados à evolução das lagoas costeiras durante o Holoceno, podendo contribuir na elaboração de modelos paleoambientais mais acurados.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste estudo é descrever as assinaturas tafonômicas em moluscos da porção norte PCRS para utilizar em um futuro detalhamento de condições paleoambientais no Quaternário tardio.

Especificamente, pretende-se quantificar os processos tafonômicos atuantes em ambientes lagunares e a suficiência amostral de conchas, bem como determinar a idade radiocarbônica dos restos biogênicos dos afloramentos. Estas informações conjuntas poderão, então, ser correlacionadas com os eventos geológicos holocênicos já bem descritos para esta região da PCRS.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O registro fóssil, apesar de naturalmente enviesado e pobremente preservado, provê informações confiáveis sobre estados ambientais pretéritos (NRC, 2005; HENDY, 2011). A propriedade fundamental do registro fóssil é sua incompletude: nem todos os indivíduos ou espécies que já viveram, foram ou serão preservados, assim como nem todas as condições ambientais para cada local estão registradas nos sedimentos. Da mesma forma, a deposição sedimentar não é contínua em todos os ambientes e ao longo de todo o período geológico (KIDWELL e FLESSA, 1995). Entretanto, a partir do registro fóssil pode-se coletar dados empíricos e quantitativos, com robustez estatística (especialmente com análises não paramétricas), sobre não apenas condições ambientais, mas também ecológicas e, de forma tangencial, sobre os processos evolutivos (KIDWELL e HOLLAND, 2002; NRC, 2005).

Na sua essência, a Paleontologia aborda duas questões chave: a história geológica da vida, incluindo sua origem e biodiversidade, e a história das mudanças climáticas. A primeira é relevante porque mostra a história evolutiva da vida no planeta e a origem dos táxons modernos; a segunda é igualmente pertinente, pois o estudo das mudanças climáticas pretéritas, associado ao da paleobiodiversidade e das extinções, podem fornecer subsídios para compreender mudanças ambientais em curso e futuras. A tafonomia remete para esses dois tópicos, *i.e.*, dada a natureza particular dos vieses preservacionais, seu entendimento é essencial para a correta interpretação da história da biodiversidade e o impacto das mudanças climáticas nos diferentes sistemas biológicos (ALLISON e BOTTJER, 2011).

2.1 TAFONOMIA

A tafonomia preocupa-se, essencialmente, em compreender e interpretar dados oriundos do registro fóssil, de modo a responder questões paleobiológicas e paleoecológicas. Ela pode ser definida como o estudo dos processos de fossilização de remanescentes biológicos e como tais eventos podem enviesar a informação

contida no registro fóssil (BEHRENSMEYER, KIDWELL e GASTALDO, 2000). Enviesamento (do inglês *bias*) é qualquer processo que leva a uma diferença não aleatória entre uma condição mensurada em uma comunidade de organismos vivos e a mesma condição, se fosse medida em uma assembleia morta (potencial comunidade fóssil) derivada desta comunidade (PARSONS e BRETT, 1991; MOORE e NORMAN, 2009). Os principais vieses em estudos relacionados a moluscos são: alteração da fidelidade composicional, *time-averaging* e destruição tafonômica diferencial.

Fidelidade composicional é a semelhança quantitativa entre uma assembleia viva e sua assembleia morta (ou fóssil) correspondente (KIDWELL e BOSENCE, 1991; BEHRENSMEYER, KIDWELL e GASTALDO, 2000). Em ambientes marinhos, assembleias mortas de moluscos possuem, na média, 25% mais espécies do que qualquer censo único da assembleia viva. Isso ocorre porque assembleias mortas acumulam restos biológicos ao longo de gerações, e qualquer amostragem da assembleia viva vai captar apenas a condição momentânea da comunidade (LOCKWOOD e CHASTANT, 2006; VALENTINE *et al.*, 2006). Ainda assim, alguns táxons com conchas menores e estruturas mais reativas podem estar ausentes no registro fóssil (KIDWELL, 2001; 2002a, b; VALENTINE *et al.*, 2006). Em ambientes fluviais, assembleias fósseis apresentam baixa similaridade composicional se comparadas com assembleias locais vivas e mortas (ERTHAL, KOTZIAN e SIMÕES, 2011). Em ambientes transicionais, contudo, há poucos estudos.

Em fácies carbonáticas, devido à maior taxa de destruição de restos biogênicos, a resolução temporal tende a ser relativamente alta, enquanto a fidelidade composicional é baixa. Nas fácies siliclásticas ocorre o contrário: a preservação da riqueza é maior do que a resolução temporal, pois há uma maior preservação tafonômica dos restos biológicos, o que conseqüentemente leva à maior preservação da riqueza (BEST e KIDWELL, 2000a; KIDWELL, BEST e KAUFMAN, 2005; BEST *et al.*, 2007).

Assembleias fósseis são formadas a partir de acumulações de restos mortos (assembleia morta), produzidas em um intervalo de tempo que geralmente ultrapassa o tempo de vida dos seus indivíduos, *i.e.*, uma assembleia morta geralmente é constituída por indivíduos que não estiveram vivos ao mesmo tempo (FLESSA e KOWALEWSKI, 1994). Tal viés é denominado *time-averaging* e pode variar, em ambientes marinhos, na escala de milhares de anos (CARROLL *et al.*,

2003; KRAUSE *et al.*, 2010). Em ambientes estuarinos, conchas fósseis podem dominar numericamente a assembleia morta (DE FRANCESCO e HASSAN, 2008).

Segundo Kidwell (2002a), quanto maior o *time-averaging* de uma assembleia, maior a riqueza de espécies, e maior será também a disparidade composicional em relação a qualquer censo único da comunidade viva. De acordo com Kowalewski e Bambach (2008), espécimes fósseis associados podem representar uma mistura de organismos que podem nunca ter interagido uns com os outros.

Carroll *et al.* (2003) estimou o *time-averaging* em acumulações holocênicas de conchas do braquiópode *Bouchardia rosea* da plataforma continental sudeste do Brasil. As conchas variaram em idade desde o atual até 3000 anos AP. Flessa e Kowalewski (1994) realizaram uma compilação de diversas datações tanto em ambientes da plataforma quanto em ambientes costeiros, para estimar o *time-averaging* de conchas de moluscos marinhos. Esses autores encontraram uma mediana da idade de ambientes costeiros de 2465 anos AP, enquanto que na plataforma a idade encontrada foi 8870 anos AP. Ambientes costeiros são mais dinâmicos, com processos tafonômicos destrutivos mais intensos e com taxas de sedimentação maiores, o que, segundo os autores, justifica tal diferença entre as medianas.

Outro viés tafonômico é a preservação diferencial ou destruição tafonômica diferencial. Alguns táxons podem ser mais bem preservados que outros, como consequência, por exemplo, da espessura das conchas, em ambientes fluviais (ERTHAL, KOTZIAN e SIMÕES, 2011). Ainda, organismos da epifauna registram dano tafonômico com mais intensidade que os da infauna (BEST e KIDWELL, 2000b).

Em ambientes estuarinos, conchas carbonáticas (particularmente ostras) podem ter baixo potencial de preservação, mesmo em áreas onde aparentemente existem concheiros (DAVIES, POWELL e STANTON, 1989a). Isso acontece porque a grande quantidade aparente de conchas não significa necessariamente boa preservabilidade; pode implicar apenas grandes taxas de *input* de conchas. Além disso, conchas não são recursos estáveis; podem tanto ser continuamente renovadas, quanto ser removidas por perda tafonômica em geral (DAVIES, POWELL e STANTON, 1989a, b; POWELL, KRAEUTER e ASHTON-ALCOX, 2006).

No sedimento carbonático o estado de preservação das conchas é menor, o que é causado principalmente pela maior destruição por bioerosão e por maior

intensidade de dissolução que no sedimento siliciclástico. Neste, devido à alta turbidez da água, associada a elevadas taxas de sedimentação, os restos esqueléticos são mais rápido e intensamente soterrados, e também há uma menor colonização por organismos epibiontes e que causam bioerosão. Além disso, o enriquecimento em ferro do sedimento siliciclástico favorece um pH maior da água percolante, prevenindo a dissolução, ao contrário das fácies carbonáticas (BEST *et al.*, 2007).

Conclui-se, portanto, que os enviesamentos tafonômicos podem ser influenciados por diversas variáveis biológicas, processos físicos e geoquímicos que dependem do ambiente deposicional (DAVIES, POWELL e STANTON, 1989a; ALLISON e BOTTJER, 2011). Mudanças biológicas na riqueza taxonômica ou na dominância ecológica também influenciam nos vieses tafonômicos, ao alterar a probabilidade de determinados táxons serem preservados, sem correlação direta com o ambiente deposicional (KOSNIK *et al.*, 2011).

2.1.1 Zona tafonomicamente ativa e assinaturas tafonômicas

A interface sedimento-água, além do sedimento imediatamente abaixo, onde ocorrem os processos tafonômicos de ganho (*e.g.* incrustação) e de perda (*e.g.* dissolução) de material esquelético é denominando zona tafonomicamente ativa (**ZTA**, do inglês *Tafonomically Active Zone*) (DAVIES, POWELL e STANTON, 1989a) (Figura 1).

As injúrias registradas em conchas de moluscos – ou qualquer remanescente esquelético – produzida por diferentes processos destrutivos, enquanto estão na ZTA, são denominadas assinaturas tafonômicas (PARSONS e BRETT, 1991; BEST e KIDWELL, 2000a, b; BEST, 2008). Uma complexa combinação de condições de natureza física, química e biológica influencia o tipo de assinaturas tafonômicas em remanescentes esqueléticos (PARSONS-HUBBARD, 2005).

Segundo Parsons e Brett (1991), cada assinatura pode ter uma origem própria, correlacionável com o ambiente deposicional. Em ambientes marinhos predominam alterações biológicas, como bioerosão e incrustação (BEST e KIDWELL, 2000a, b; PARSONS-HUBBARD, 2005; BEST, 2008), enquanto que em

ambientes dulceaquícolas predominam alterações químicas (e.g. dissolução) (KOTZIAN e SIMÕES, 2006). A dissolução de restos esqueléticos no sedimento é causada principalmente por água de poro sub-saturada em carbonato de cálcio, ou rica em ácidos produzidos em anoxia (ALLER, 1982; PARSONS e BRETT, 1991).

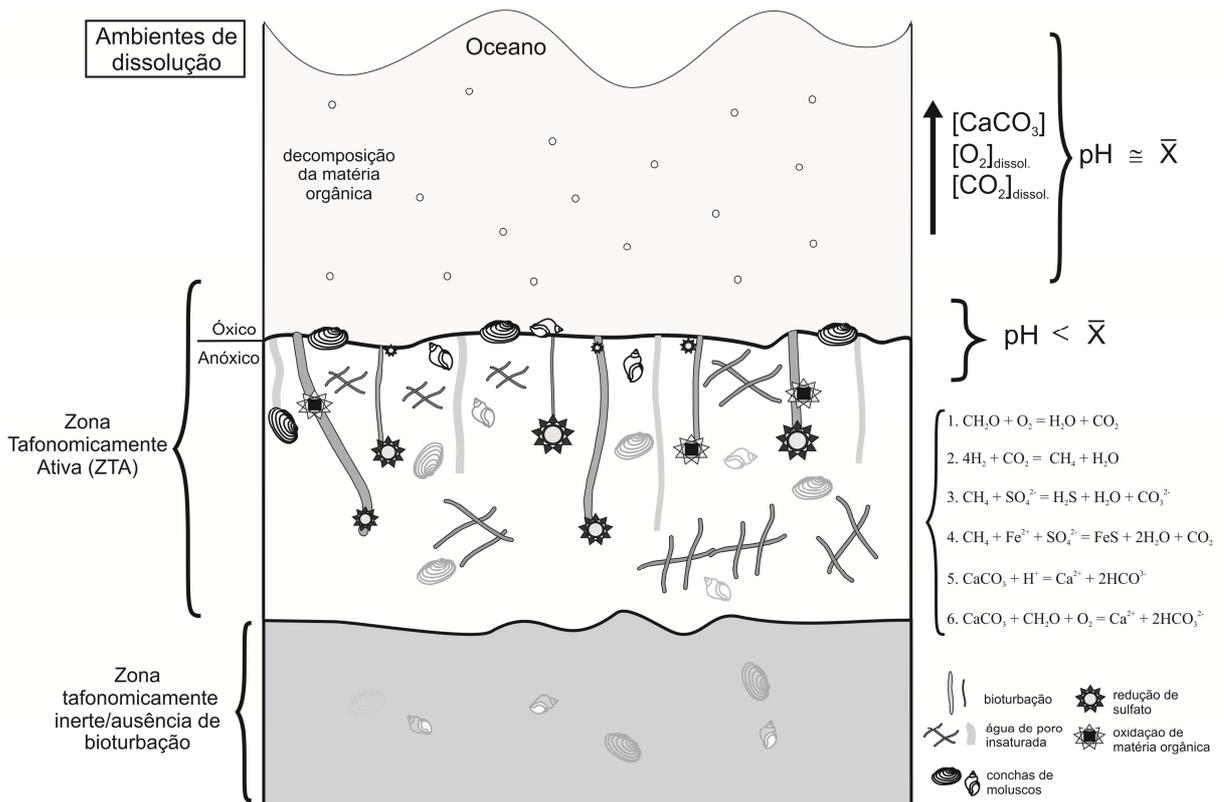


Figura 1 – Resumo dos principais processos que atuam na interface sedimento-água e logo abaixo dela, destruindo conchas e esqueletos carbonáticos, alterando, portanto, as taxas de incorporação de material morto na zona inerte. A oxidação de íons em estado reduzido (NH_4^+ , Fe^{2+} e Mn^{2+}) contribui para a diminuição do pH da água intersticial. Os primeiros poucos centímetros da ZTA constituem uma janela com insaturação em carbonato, responsável por grande da dissolução de conchas em estudos atualísticos. As reações químicas numeradas representam: 1) Oxidação de matéria orgânica; 2) Formação de metano (e indução de condições anóxicas); 3) Redução de sulfato; 4) Precipitação de pirita; 5) Dissolução de carbonato de cálcio (conchas); 6) Dissolução de carbonato de cálcio induzida pela matéria orgânica (baseado em ALEXANDERSSON, 1979; ALLER, 1982; CUMMINS *et al.*, 1986; DAVIES, POWELL e STANTON, 1989a, b; CANFIELD e RAISWELL, 1991; CANFIELD *et al.*, 1993; MELDAHL, FLESSA e CUTLER, 1997; SANDERS, 2004; CAI *et al.*, 2006; WHEELLEY, CHERNS e WRIGHT, 2008; ERTHAL, 2009; CHERNS, WHEELLEY e WRIGHT, 2011).

A dissolução pode ocorrer naturalmente em vida e é acentuada após a morte, principalmente na ZTA. Fatores ambientais, como salinidade, pH e conteúdo de cálcio da água, são muito relacionados à perda de material esquelético por dissolução. A acidez da água pode ser aumentada em áreas com alta taxa de

produção de CO₂ por organismos heterótrofos, e isso ocorre essencialmente em estuários, onde também há uma menor atividade fotossintética que remova esse CO₂ da água. Portanto, áreas marinhas adjacentes à desembocaduras de rios podem ser ambientes onde, potencialmente, haja maior dissolução (MARSHALL *et al.*, 2008).

Em ambientes marinhos carbonáticos, a maior parte da dissolução ocorre próxima à interface sedimento-água, onde a água percolante está insaturada em CaCO₃. O grau de insaturação da água e a espessura dessa zona insaturada podem ser determinados, dentre outras coisas, pela taxa relativa de redução química do ânion sulfato (que aumenta a alcalinidade) e por processos de transporte, como difusão molecular e retrabalhamento biogênico (bioturbação), que funcionam diminuindo a alcalinidade (ALLER, 1982; CAI *et al.*, 2006; BEST *et al.*, 2007).

A bioturbação pode realçar a intensidade de dissolução dentro da ZTA por reoxigenar a coluna de sedimento superficial inicialmente anóxica e redutora (condição essa que favorece a preservação de conchas carbonáticas). A oxigenação do sedimento durante o retrabalhamento também estimula a respiração aeróbica com produção local de ácido carbônico (ALLER, 1982).

2.1.2 Tafonomia de moluscos na América do Sul

Em ambientes marinhos e costeiros subtropicais a utilização de ferramentas tafonômicas é incomum (Quadro 1). Aguirre e Farinati (1999), em estudo com assembleias de moluscos de ambientes costeiros na província de Buenos Aires (Argentina), analisaram três assinaturas tafonômicas de origem majoritariamente física. Assim, dividiram as assembleias conchíferas em relação à energia ambiental pretérita, relacionando-as com variações do nível do mar, durante o Holoceno.

De Francesco e Hassan (2008) avaliaram a magnitude de retrabalhamento e redeposição de conchas fósseis holocênicas em ambientes modernos análogos, através de um estudo tafonômico em uma laguna costeira da Argentina (Mar Chiquita). Seus resultados indicaram que as assembleias fósseis em questão são compostas principalmente por conchas retrabalhadas que variam ao longo de um gradiente de marés, já que são carregadas até a zona de intermarés e misturadas às

conchas atuais. Este resultado tem implicações importantes na utilização de análogos modernos para inferências pretéritas de habitats lagunares. Qualquer parâmetro ecológico ou ambiental, inferido a partir desta assembleia retrabalhada, refletirá valores mais próximos ao Holoceno tardio do que ao ambiente atual.

Farinati, Spagnuolo e Aliotta (2008) realizaram uma análise tafonômica em conchas de cordões arenosos bastante fossilíferos do estuário de Bahía Blanca (Argentina), remanescentes do último evento transgressivo-regressivo holocênico (6000 anos AP). Tais autores notaram um elevado grau de dissolução; em contrapartida, incrustação e bioerosão tiveram frequências muito baixas, o que, segundo os autores, está relacionado a um curto tempo de exposição na ZTA, frente à ação dos organismos bioerodidores (do inglês *bioeroders*).

Aguirre *et al.* (2011), através de estudo comparando aspectos tafonômicos entre assembleias ricas em conchas de duas espécies de bivalves – que diferem na estrutura da concha, hábito e habitat – na costa da Argentina, concluíram que não há diferença tanto entre as assinaturas tafonômicas e a espessura da concha quanto entre assinaturas tafonômicas e o modo de vida dos bivalves. Entretanto, as assinaturas abrasão e alteração de cor variaram em relação a ambientes de alta e baixa energia.

| Trabalho | Espécie(s) utilizada(s) | Assinaturas tafonômicas analisadas | Método(s) estatístico(s) empregado(s) |
|--------------------------------------|--|--|--|
| Aguirre e Farinati (1999) | <i>Tagelus plebeius</i> , <i>Mactra isabelleana</i> , <i>Pitar rostratus</i> e <i>Brachidontes rodriguezii</i> | desarticulação, fragmentação e abrasão | nenhum |
| De Francesco e Hassan (2008) | <i>Mactra isabelleana</i> e <i>Tagelus plebeius</i> | fragmentação, preservação da borda, brilho, incrustação e bioerosão | <i>Multidimensional Scaling</i> |
| Farinati, Spagnuolo e Aliotta (2008) | <i>Brachidontes rodriguezii</i> | desarticulação, fragmentação, bioerosão, incrustação, abrasão e dissolução | tafogramas |
| Aguirre <i>et al.</i> (2011) | <i>Mactra</i> sp. e <i>Brachidontes</i> sp. | fragmentação, abrasão, cor, incrustação e bioerosão | tafogramas tafonômicos e análise de clusters |

Quadro 1 – Trabalhos que utilizaram ferramentas tafonômicas em moluscos no sul da América do Sul.

2.2 CONCENTRAÇÕES CONCHÍFERAS DO SUL DA AMÉRICA AUSTRAL

Qualquer acumulação, relativamente densa, de partes biológicas mineralizadas, independentemente da composição taxonômica, estado de preservação ou grau de alteração diagenética, pode ser chamada de concentração fóssil, ou assembleia fóssil (KIDWELL, 1991).

Segundo Kidwell (1991), a formação de uma *shell bed* depende de dois fatores básicos: a frequência de eventos discretos (microeventos) de deposição (por tempestades, morte massiva ou retrabalhamento) e das taxas de perda de conchas, principalmente por dissolução, mas subordinadamente por bioerosão e outros processos tafonômicos destrutivos. Esses processos podem mudar, de acordo com a variação na relação entre acumulação de conchas/capacidade de destruição pelo sedimento.

Concentrações conchíferas são relativamente comuns em depósitos marinhos e lagunares ao largo da costa meridional da América do Sul (Figuras 2 e 3). Sua origem está relacionada às variações do nível do mar (eventos transgressivos-regressivos) durante o Quaternário. Complementarmente, algumas concentrações estão mais estritamente relacionadas a depósitos lagunares, que, em suma, também têm sua dinâmica atrelada às oscilações do nível do mar.

Segundo Caruso (1999), em lagoas da porção sul de Santa Catarina (SC), ocorrem diversos afloramentos de cascalho biodetrítico (conchas) de natureza diversa, explorados comercialmente. Tais corpos lagunares são, segundo o autor, remanescentes de uma grande laguna existente na planície do rio Tubarão, que pode ser considerada análoga à extensa laguna pretérita da porção norte da PCRS, e que hoje está restrita ao estuário do rio Tramandaí.

Estes afloramentos da porção setentrional de SC, com camadas de até 6 m de espessura, possuem conchas estuarinas e marinhas, cuja sua gênese é relacionada a eventos transgressivos, durante os quais populações de moluscos lagunares tiveram suas conchas retrabalhadas e misturadas com conchas de origem marinha (CARUSO, 1999). Outros depósitos, entretanto, possuem perfis distintos: são formados por camadas com conchas inteiras na base, que diminuem em tamanho em direção ao topo, onde são encontrados fragmentos bastante finos e pequenos, e misturados com areia. A origem destes depósitos está relacionada à

migração de uma barra de baía, sob a ação de ondas e de correntes, durante um nível do mar mais alto que o atual; antagonicamente, em outros depósitos, que podem alcançar espessuras de 2 m, o conteúdo fossilífero diminui em direção à base, e é sugerido que sejam associados a depósitos de delta de maré enchente (CARUSO, 1999).

Na plataforma continental do RS são encontradas feições morfológicas lineares arenosas, com depósitos biodetríticos associados, compostos principalmente de conchas de moluscos, derivadas de ambientes da plataforma continental interna. Estas feições, por serem alongadas e associadas com areia praial típica, são interpretadas como registros de paleolinhas de costa, tendo sido geradas em nível do mar mais baixo que o atual. Estas feições lineares arenosas já foram mapeadas em profundidades de 20-25 m, 32-45 m, 60-70 m, 80-90 m e 120-130 m, e também podem ser encontrados em praias atuais (CORRÊA, 1996; ASP, 1999; CALLIARI, CORRÊA e ASP, 1999; CORRÊA *et al.*, 2007).

Estas acumulações biodetríticas, associada a feições lineares arenosas, são significativamente mais abundantes na porção sul da plataforma continental, e recebem localmente o nome de bancos ou parcéis. Os principais afloramentos dessa natureza são os bancos do Albardão, Hermenegildo, Capela, Minuano e o parcel do Carpinteiro, localizados ao longo de Albardão, e entre Mostardas e Rio Grande (ASP, 1999) (Figura 2).

Os concheiros associados à paleolinhas são removidos e o material biológico é transportado pelas ondas à linha de praia atual, durante eventos de maré meteorológica, principalmente entre os municípios de Rio Grande e Chuí. Estes eventos de retrabalhamento, que acontecem desde o final do Pleistoceno, misturaram (e ainda misturam) temporalmente as conchas de moluscos, dificultando, assim, a determinação da idade destes afloramentos (ASP, 1999).

Caron (2007), através de estudos sedimentológicos na desembocadura do Arroio Chuí e suas relações com as variações do nível do mar durante o Holoceno, também identificou a presença de moluscos em uma fácies lamosa (de baixo retrabalhamento), com idade de 6530 anos AP. Ainda, registrou afloramentos de uma fácies rica em bioclastos (conchas de moluscos) em uma barranca do Arroio Chuí.

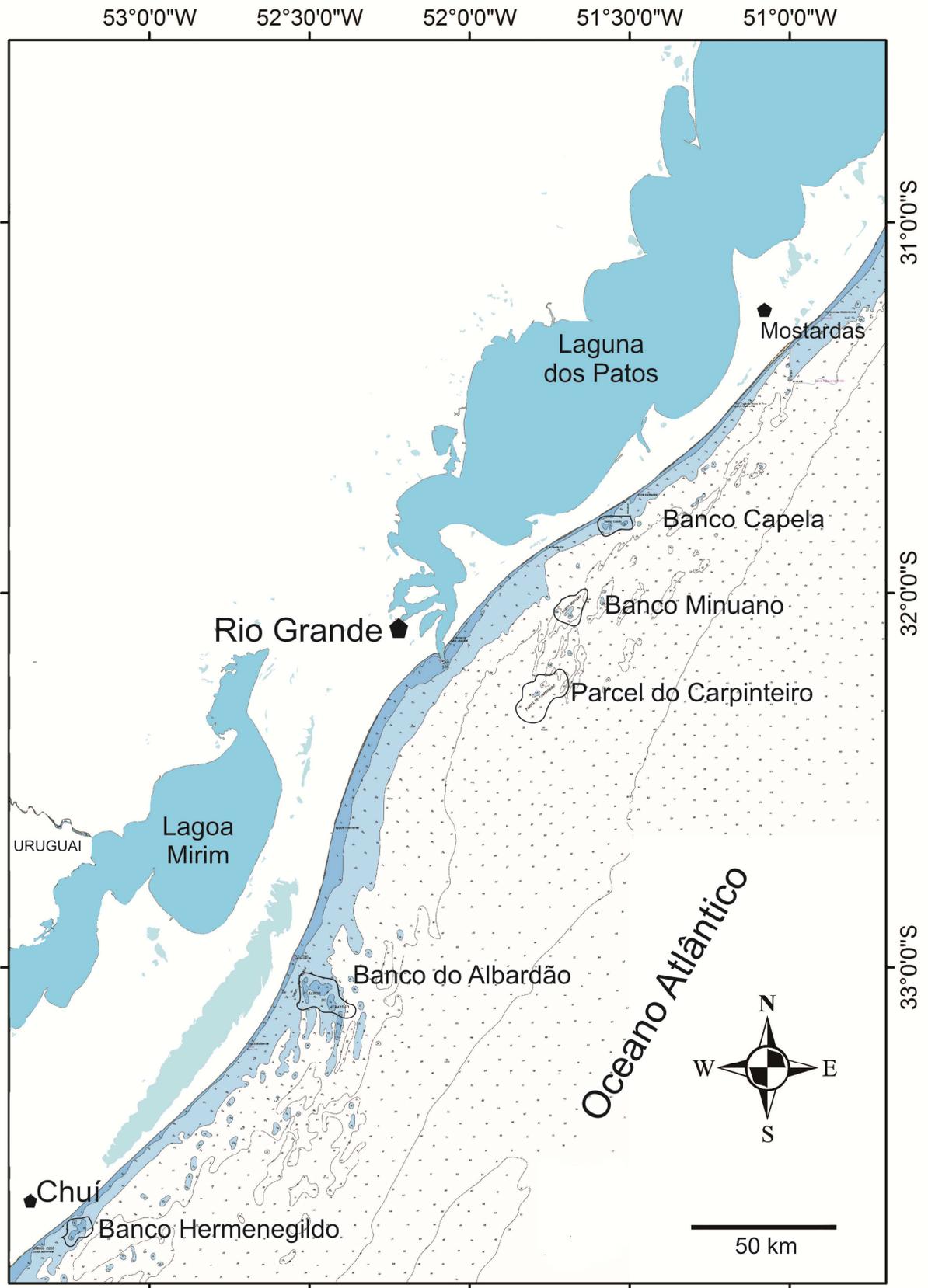
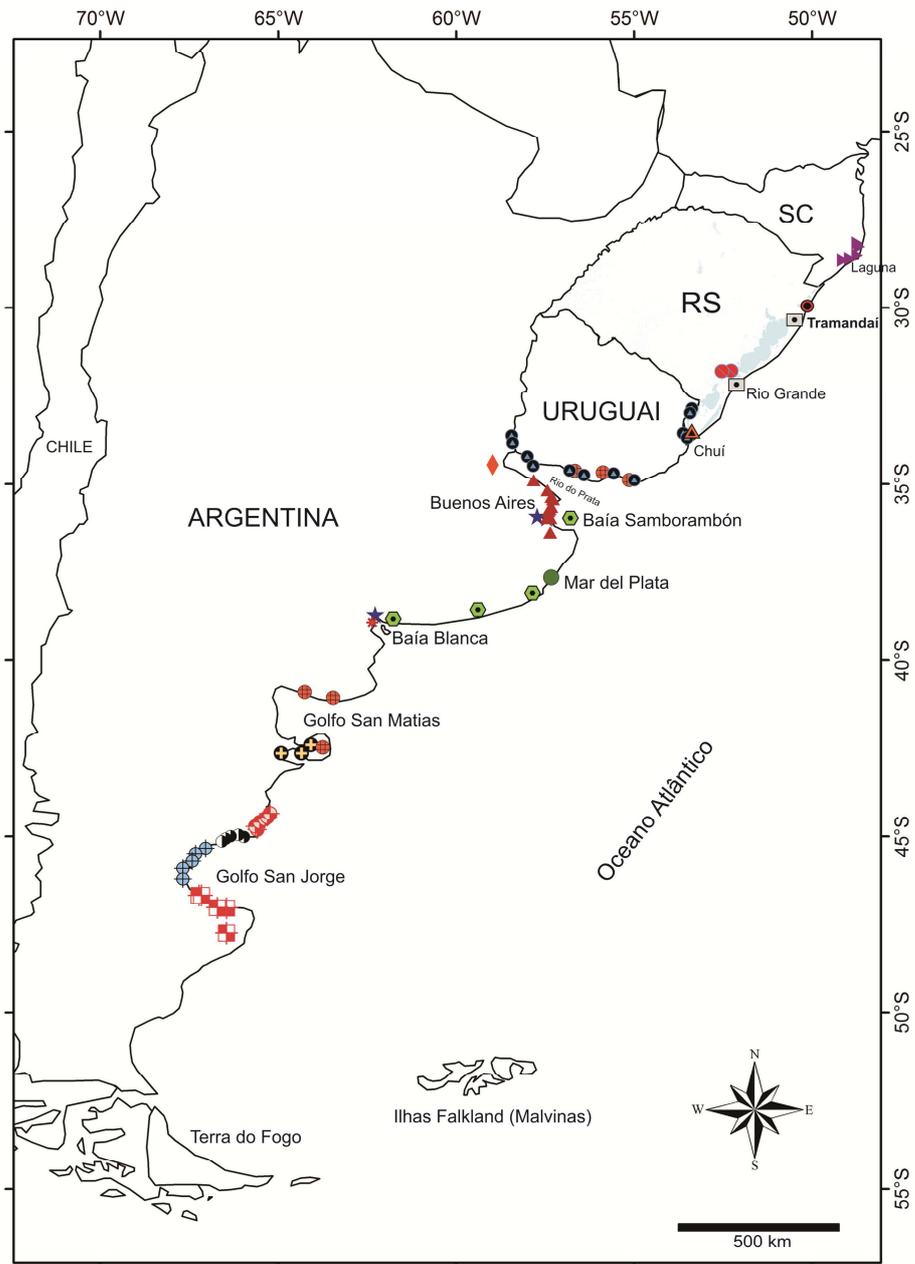


Figura 2 – Bancos e parcéis submersos com acumulações biodetríticas na plataforma continental do Rio Grande do Sul, Brasil (adaptado da Carta Náutica Digital nº 2100, DIVISÃO DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO).



- | | | |
|------------------------------------|--|-------------------------------------|
| ▲ Aguirre (1993) | ● Bianchi (1969) | ◻ Forti-Esteves (1974) |
| ● Aguirre e Farinati (1999) | ▶ Caruso (1999) | ◆ Fucks, Aguirre e Deschamps (2005) |
| ⊕ Aguirre (2003) | ▲ Closs e Forti (1971) | ● Martínez e Del Río (2002) |
| ○ Aguirre, Sirch e Richiano (2005) | ● De Francesco e Hassan (2008) | ● Martínez <i>et al.</i> (2006) |
| ⊕ Aguirre, Richiano e Sirch (2006) | ⊕ Del Río, Martínez e Scasso (2001) | |
| ⊕ Aguirre <i>et al.</i> (2009) | ● ESTE TRABALHO | |
| ★ Aguirre <i>et al.</i> (2011) | * Farinati, Spagnuolo e Aliotta (2008) | |

Figura 3 – Resumo dos estudos em assembleias conchíferas do sul da América do Sul. RS: Rio Grande do Sul. SC: Santa Catarina.

Trabalhos realizados no final da década de 1960 e início da década de 1970 trataram especificamente de algumas assembleias conchíferas da costa do RS. Bianchi (1969) descreveu ostreídeos pleistocênicos na cidade de Pelotas e arredores. Já Closs e Forti (1971), elencaram espécies de moluscos fósseis encontrados em sedimentos holocênicos do município de Santa Vitória do Palmar. Ademais, Forti-Esteves (1974) descreveu moluscos holocênicos de dois furos de sondagem: o primeiro situado a 9 km da cidade de Palmares do Sul e o segundo a 2 km do balneário da praia do Cassino.

Na costa uruguaia e no estuário do Rio da Prata, Martínez *et al.* (2006) estudaram aspectos paleoecológicos e paleoambientais de 12 assembleias de moluscos. Neste estudo, através da composição taxonômica dos moluscos e de aspectos relacionados ao ambiente deposicional destas assembleias, os autores inferiram condições pretéritas, como uma mudança na composição faunística em resposta às variações de salinidade durante a última transgressão no estuário do Rio da Prata. Não obstante, Martínez e Del Río (2002) realizaram uma abordagem paleobiogeográfica em assembleias de moluscos do final do Mioceno da costa da Argentina e do Uruguai.

As concentrações conchíferas, do litoral argentino, são relativamente bem conhecidas. Tais trabalhos podem ser divididos, de forma geral, em: sistemáticos, com destaque para Aguirre (1993), Aguirre e Farinati (2000); tafonômicos, principalmente os estudos conduzidos por Aguirre e Farinati (1999), De Francesco e Hassan (2008), Farinati, Spagnuolo e Aliotta (2008) e Aguirre *et al.* (2011); paleoecológicos, com ênfase para os trabalhos cunhados por Del Río, Martínez e Scasso (2001), Aguirre, Sirch e Richiano (2005), Fucks, Aguirre e Deschamps (2005) e Aguirre *et al.* (2009); paleoambientais, com Aguirre (2003) e Aguirre, Richiano e Sirch (2006); e no contexto paleobiogeográfico os de Aguirre (1993), Martinez e Del Río (2002) e Aguirre *et al.* (2009) (Figura 3).

Comparações efetuadas entre as concentrações quaternárias e a malacofauna moderna sugerem que a distribuição diferenciada quali- e quantitativamente da fauna pretérita da Argentina, em relação à atual, é indicativo de alterações na salinidade, flutuações de temperatura e prováveis mudanças no nível de precipitação. Ainda, o impacto migratório da malacofauna mais austral do extremo sul do Atlântico, iniciado através da corrente das Malvinas, definiu o padrão biogeográfico atual há 4,5 Ka (DEL RIO *et al.*, 2007).

3 ÁREA DE ESTUDO

A área do presente estudo (Figura 4) está inserida na porção norte da PCRS. Essa planície corresponde à parte proximal, emersa, da Bacia de Pelotas, uma bacia sedimentar do tipo marginal aberta (TOMAZELLI *et al.*, 2007). Sua origem está diretamente relacionada com os processos geotectônicos que ocasionaram a abertura do Oceano Atlântico, a partir do Jurássico (CORRÊA *et al.*, 2007).

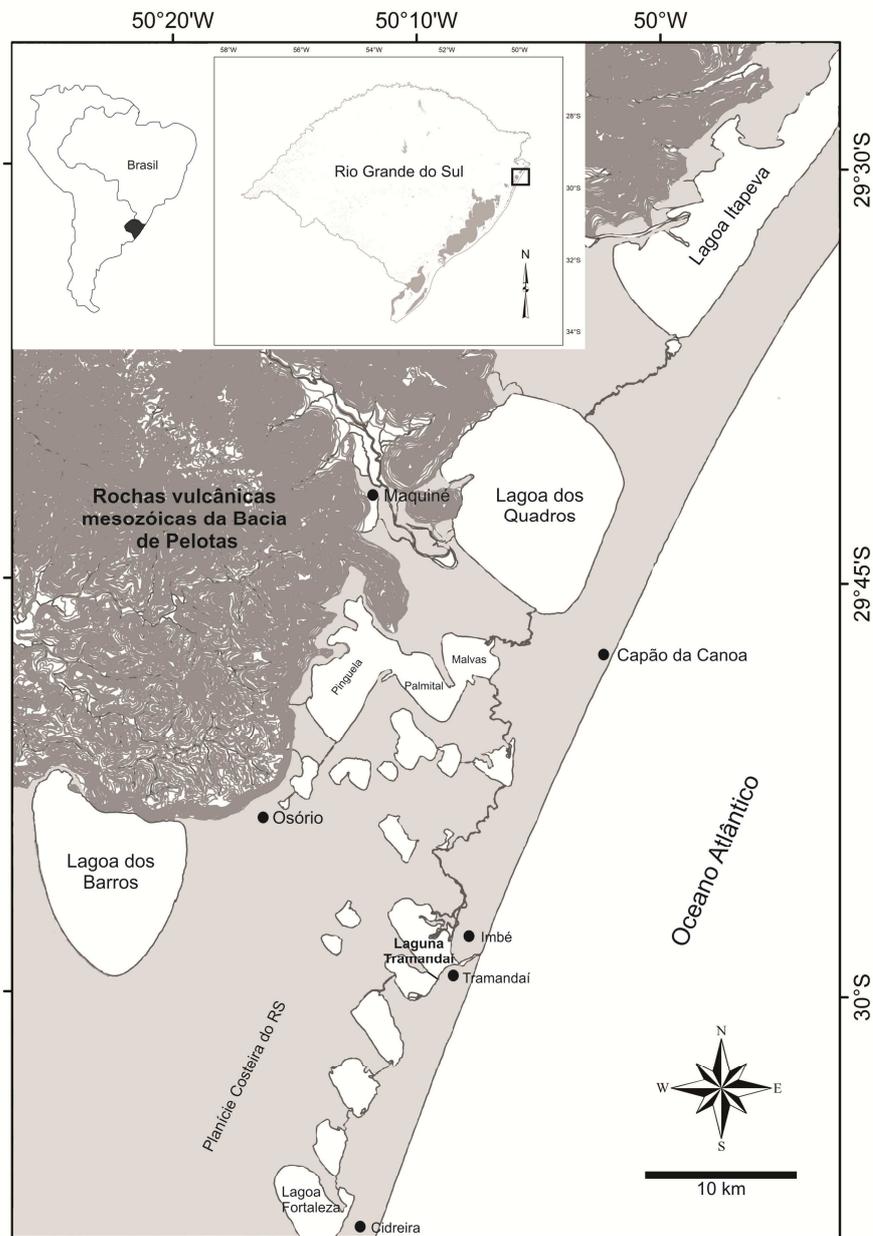


Figura 4 – Localização da área de estudo.

A PCRS desenvolveu-se sob o controle das variações climáticas e eustáticas ocorridas durante o Quaternário. Neste contexto, formaram-se quatro distintos sistemas deposicionais transgressivos-regressivos do tipo laguna-barreira. Os sistemas I, II e III são de idade pleistocênica, enquanto que o sistema mais recente (IV) é holocênico (TOMAZELLI, DILLENBURG e VILLWOCK, 2000; TOMAZELLI e VILLWOCK, 2000).

O clima é temperado úmido, com verão quente e temperaturas baixas no inverno. A precipitação anual varia entre 1000 e 1500 mm e a chuva é uniformemente distribuída ao longo de todo o período. A maior precipitação ocorre no litoral norte do RS (Torres até Tramandaí), devido à influência da escarpa da Serra Geral (altitude de 500-700 m), próxima da costa (DILLENBURG *et al.*, 2009).

A PCRS é dominada por um regime bimodal de alta energia eólica (TOMAZELLI, 1993). O vento dominante provém de NE e é mais ativo nos meses de primavera e verão. De forma secundária, o vento W-SW torna-se mais importante no outono e inverno. A região costeira é dominada por um regime de micromarés (~0,5 m), com ondas formadas principalmente por ventos de origem sudeste. De forma episódica, marés de tempestade contribuem com os processos erosivos e deposicionais ao longo da linha de costa (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1992).

3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO

O mais recente sistema deposicional do tipo laguna-barreira da PCRS é representando por um conjunto de lagunas e lagos costeiros que alcançaram seu desenvolvimento mais amplo durante o máximo transgressivo, atingido há cerca de 5000 anos AP, período no qual o nível do mar esteve, aproximadamente, entre 2 e 4 m acima do nível atual (TOMAZELLI *et al.*, 2007).

Após o máximo transgressivo a maior parte da faixa de terras baixas, que atualmente constitui a planície lagunar holocênica, foi ocupada por grandes corpos lagunares com conexão livre com o mar. No entanto, existe hoje, na área de estudo, apenas um corpo aquoso com estas características: o sistema estuarino-lagunar do rio Tramandaí (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1991).

Tal ambiente estuarino-lagunar não é incólume, mas sim o resultado momentâneo, sob a óptica da escala geológica, de um processo evolutivo ainda em curso. Este processo é, segundo Dillenburg (1994), resultado de eventos relativos às oscilações do nível do mar, registrado na região, durante o Holoceno.

As etapas evolutivas, no contexto geomorfológico, do sistema lagunar em tela, foram divididas em três estágios, a saber: i) 10895 a 7355 anos AP; ii) 7355 a 5430 anos AP e iii) 5430 anos AP até o presente (DILLENBURG *et al.*, 2009).

Durante o primeiro estágio (10895 a 7355 anos AP), segundo Dillenburg *et al.* (2009), a área atual da laguna começou a ser inundada, com o início das transgressões pós-glaciais, a cerca de 11000 anos AP, quando a paleolinha de costa situava-se a -16 m em relação ao atual nível do mar. A idade mais antiga dos sedimentos lagunares data de 10895 anos AP. Análises palinológicas desta fácies apresentam uma abundante presença de palinóforos marinhos, corroborando que a laguna iniciou sua formação durante uma ascensão do nível do mar.

Quando a paleolinha de costa encontrava-se a -16 m, iniciou-se o processo de submersão costeira. Não há registros sedimentares holocênicos de origem marinha em depósitos holocênicos basais sobrepostos aos pleistocênicos, o que indica que a inundação da laguna ocorreu apenas por águas lagunares, como consequência de uma barreira induzida pela subida do nível do mar (DILLENBURG *et al.*, 2009).

Aliado a isto, o conteúdo fossilífero (moluscos, foraminíferos e ostracodes) indica um ambiente mixohalino (DILLENBURG, 1994). Em suma, neste estágio inicial, a barreira/laguna foi dominada essencialmente por processos deposicionais de origem lagunar (DILLENBURG *et al.*, 2009).

O segundo estágio (7355 a 5430 anos AP) caracteriza-se pela configuração do sistema laguna/barreira para sua atual posição, em decorrência da migração da barreira e seu assoreamento, durante os estágios finais da transgressão marinha pós-glacial (DILLENBURG *et al.*, 2009). Concomitantemente, uma grande laguna estendia-se paralelamente à linha de costa. A paisagem é análoga à atual configuração do sistema laguna/barreira da costa leste dos EUA (DILLENBURG, 1994).

Segundo Dillenburg (1996), neste estágio, como consequência do aumento relativo do nível do mar, a profundidade da laguna aumentou, resultando em uma sucessão de fácies caracteristicamente transgressivas, com base composta de areia

de margem lagunar sucedida por uma fácies lamosa de fundo lagunar, de aproximadamente três metros de espessura.

A terceira fase (5430 anos AP até o presente) é caracterizada por uma redução do nível do mar, isto é, uma fase regressiva. O assoreamento e a segmentação de uma grande laguna existente na região ocorreram de modo acentuado, resultado em pequenas lagoas costeiras conectadas por canais (DILLENBURG *et al.*, 2009).

Na região de Curumim, ao norte de Tramandaí, segundo Dillenburg *et al.* (2004) a barreira holocênica começou o processo de progradação durante a elevação do nível do mar (~7000 anos AP), devido a um desequilíbrio sedimentar positivo. A barreira na região é composta por uma série de dunas transgressivas, que foram estudadas também por Hesp *et al.* (2007).

Na região de Tramandaí, uma sucessão de fácies ilustra que depósitos eólicos cobriram sedimentos praias, um fato inquestionável da progradação da barreira. A mudança geomorfológica mais importante, após 5430 anos AP, corresponde à formação de depósitos com espessuras de até 5 m de dunas transgressivas, o que provavelmente ampliou a barreira a oeste (DILLENBURG *et al.*, 2009).

3.2 ASPECTOS HIDRODINÂMICOS E SEDIMENTOLÓGICOS

A síntese a seguir, baseou-se principalmente em Tabajara (1994) e Tabajara e Dillenburg (1997).

Sedimentos de origem continental são carregados às lagunas Tramandaí e Armazém por atividade fluvial através, principalmente, do rio Tramandaí, ao norte (Figura 4). O canal do Camarão, ao sul do estuário, contribuiu com aporte sedimentar de forma pouco significativa (TABAJARA, 1994). Sob o ponto de vista geomorfológico, a área-fonte dos sedimentos é constituída por depósitos costeiros cenozóicos presentes em áreas adjacentes ao corpo lagunar, com predominância de material arenoso marinho e eólico, redistribuído pela dinâmica lagunar ao longo de sua história geológica recente (TABAJARA, 1994). Entretanto, as correntes de deriva litorânea, principalmente oriundas da direção sudoeste, carregam o material

da plataforma rasa até a laguna, conjuntamente com as marés de tempestade. Por sua vez, a maré astronômica não apresenta influências consideráveis no estuário, com amplitude entre 0,1 m e 0,3 m (regime de micromarés) (TABAJARA, 1994).

Segundo Tabajara e Dillenburg (1997), a fácies arenosa distribui-se pelas partes mais rasas (<1 m) e marginais do corpo lagunar. Já as fácies areno-lamosas e lamo-arenosas ocupam as regiões mais centrais, em profundidades superiores a um metro. O processo de sedimentação das argilas aportadas via rio Tramandaí é acentuado pela intrusão de água marinha, mais densa em relação à água doce, que carrega material próximo do fundo da laguna (cunha salina) e pelas correntes de maré no interior da laguna.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAIS DE COLETA DE BIOCLASTOS

Nos dois afloramentos conchíferos (Figuras 5 e 6) foram coletados oito litros de sedimento rico em conchas. O afloramento 1 está localizado na margem direita do canal dos Veados, meandrante do delta do rio Tramandaí, situado a 2,9 km da linha de costa atual. O afloramento 1 possui uma espessura em torno de 0,50 m e não apresenta continuidade lateral visível, embora possivelmente possua geometria tabular, mas com profundidade variável. O topo é constituído por sedimentos arenosos – remanescentes de campos de dunas transgressivas, segundo Hesp *et al.* (2005) – com abundante vegetação, constituída por gramíneas. Na parte central, na camada de conchas propriamente dita, o sedimento é arenoso/siltoso, rico em matéria orgânica (Figura 5A; Figura 6B).

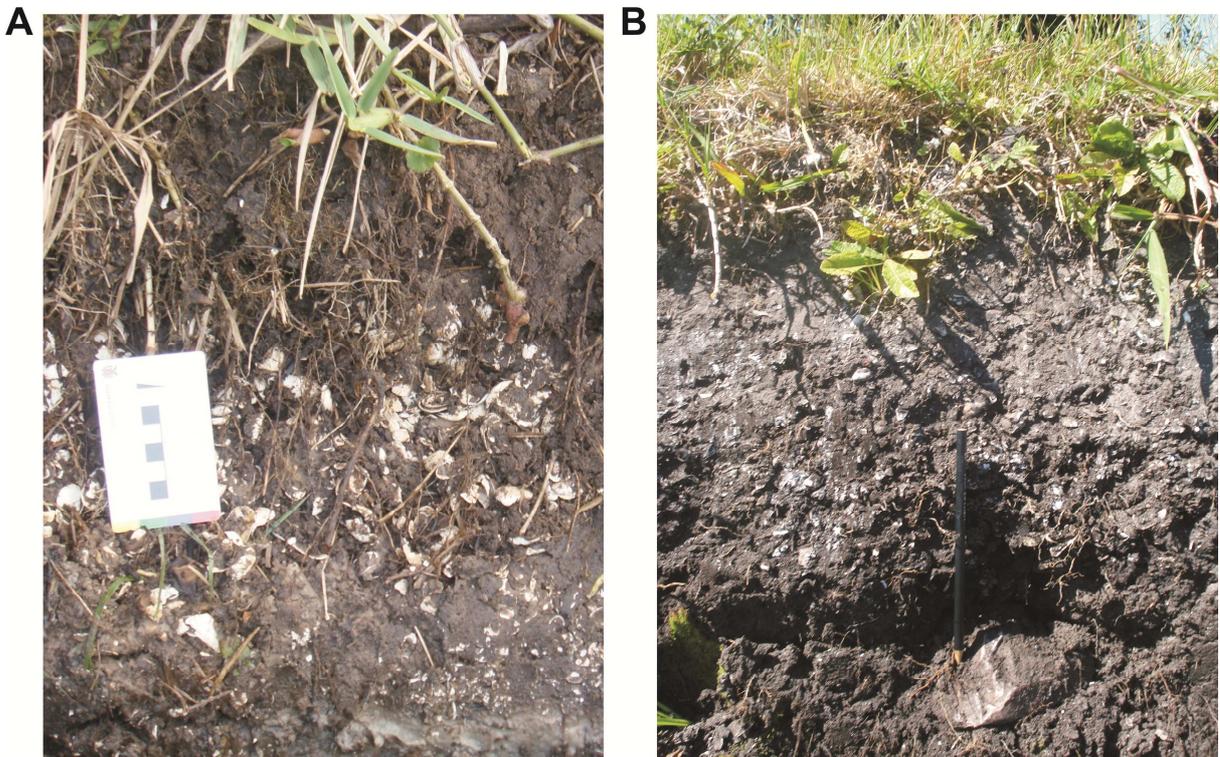


Figura 5 – Afloramentos conchíferos. A: afloramento 1; B: afloramento 2 (Fotos: Fernando Erthal e Matias N. Ritter).

O afloramento 2 está localizado às margens da rodovia RS 389 (Estrada do Mar), próximo ao trevo de acesso às cidades de Imbé e Tramandaí, estando distante 5,1 km da linha de costa atual. Apresenta constituição sedimentar semelhante ao afloramento 1, à exceção de camadas turfosas presentes na sua porção superior. Este afloramento possui espessura aproximada de 0,75 m, com uma continuidade lateral não uniforme, visível por pelo menos 1 km (Figura 5B; Figura 6B). Ambos os depósitos estão ameaçados pela rizicultura adjacente.

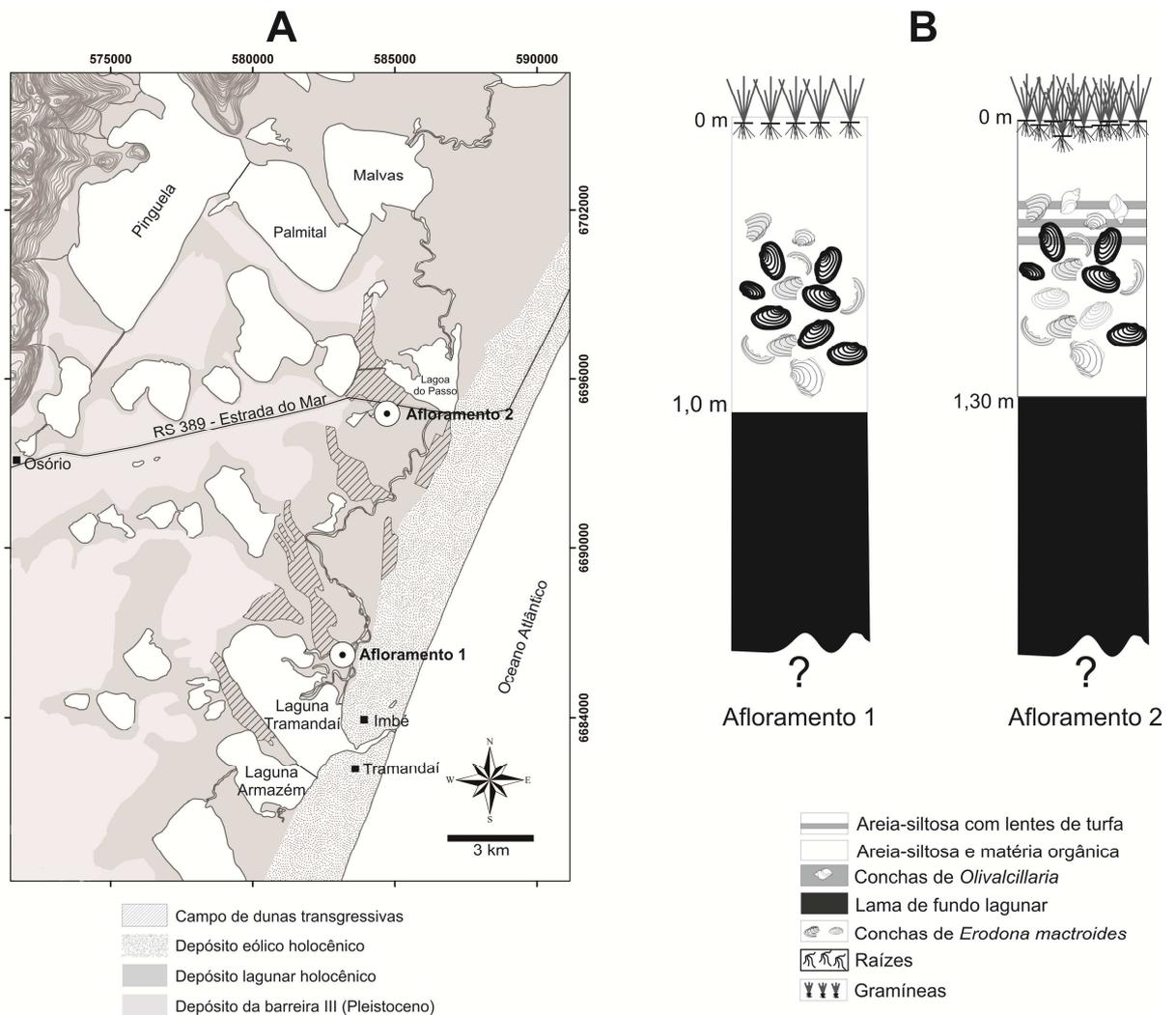


Figura 6 – Localização dos dois afloramentos conchíferos (A) e contexto sedimentar (B) (mapa de localização com base em TOMAZELLI e DILLENBURG, 2007).

4.2 ANÁLISE TAFONÔMICA

O Quadro 2 apresenta o protocolo tafonômico utilizado no presente estudo (com base em PARSONS e BRETT, 1991; PARSONS-HUBBARD, 2005; BEST, 2008) e o valor numérico atribuído às assinaturas tafonômicas analisadas. Exemplos de assinaturas tafonômicas, identificadas no presente estudo, são apresentados na Figura 7.

| Assinaturas Tafonômicas | Definição | Condição Tafonômica |
|--------------------------------------|--|---|
| Desarticulação | Conchas desarticuladas | concha articulada=0 concha desarticulada=1 |
| Comissura | Condição da borda natural da margem | borda da valva inteira=0 borda fragmentada=1 |
| Grau de fragmentação | Porcentagem de concha perdida devido à fragmentação | perda de $\pm 15\%$ da valva=1 perda de $\pm 50\%$ da valva=2 perda de $>75\%$ da valva=3 |
| Rachadura | Fragmentação incompleta da concha | ausente=0 presente=1 |
| Incrustação | Presença de outros organismos que deixam restos esqueletizados na superfície da concha | ausente=0 presente=1 |
| Bioerosão | É o resultado de processos corrosivos de organismos epibiontes, principalmente microperfuração (algas, briozoários) e raspagem | ausente=0 presente=1 |
| Charneira | Estado de alteração da charneira | natural=0 desgastada=1 perdida=2 |
| Corrasão | Termo que une a definição de corrosão (origem química) e abrasão (origem mecânica) de superfície | ausente=0 pontuações=1 crateras=2 furo(s) (que não o de predação)=3 |
| Grau de corrasão | Grau com que marcas de corrasão estão presentes na superfície externa da concha | baixo=1 médio=2 alto=3 |
| Oxidação | Alterações químicas provenientes do acúmulo de matéria orgânica na superfície das conchas | ausente=0 < 50% da concha oxidada=1 >75% da valva oxidada=2 |
| Grau de alteração da textura externa | Grau de alteração da superfície externa da concha | baixo=1 médio=2 textura perdida=3 |
| Dissolução geral | Porcentagem da superfície externa com aspecto gredoso | ausente=0 <20%=1 $\pm 70\%$ =2 100%=3 |

Quadro 2 – Protocolo tafonômico utilizado no presente estudo.

Foram analisadas sub-amostras aleatórias de 50, 100, 150 e 200 conchas, perfazendo um total de 500 conchas por afloramento. O objetivo de realizar sub-amostras é testar a eficiência amostral, uma vez não existem trabalhos padronizados sobre tafonomia de moluscos em afloramentos estuarinos. Todas as conchas inteiras e fragmentos identificáveis foram utilizados na análise tafonômica, pois os fragmentos tendem a aumentar a robustez da assinatura tafonômica (KIDWELL, ROTHFUS e BEST, 2001).

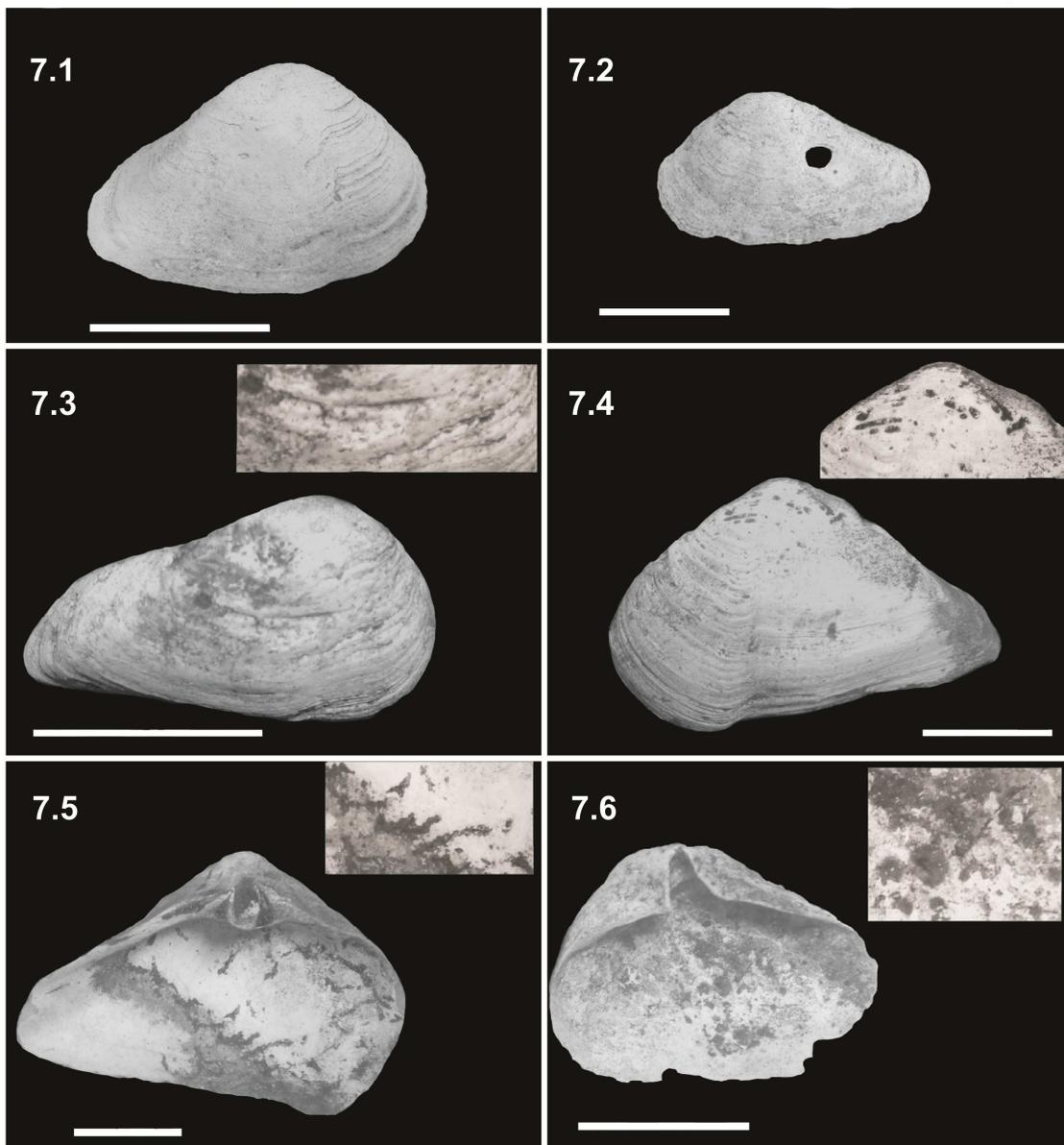


Figura 7 – Assinaturas tafonômicas registradas em conchas de *Erodona mactroides*. 7.1: concha com grau de dissolução em torno de 70%; e textura externa com grau médio de alteração; 7.2: corrasão: furo ocasionado por dissolução; 7.3: corrasão: crateras; 7.4: corrasão: pontuações; 7.5: rizoconcreções, bioerosão típica de ambiente fluvial; 7.6: oxidação. Escalas: 10 mm.

As diferenças quantitativas das assinaturas tafonômicas, entre os dois afloramentos, foram verificadas através do teste não paramétrico de Mann-Whitney, para duas amostras independentes. Para quantificar as correlações, entre as assinaturas tafonômicas, foi aplicado o índice de correlação de Spearman. Os gráficos de distribuição do tamanho dos bioclastos foram construídos levando-se em consideração somente conchas com grau de fragmentação inferior ou igual a $\pm 15\%$. Conchas com grau de fragmentação superior ($\pm 50\%$ e $>75\%$) poderiam representar uma ou várias partes de um mesmo bioclasto, influenciando o resultado. A normalidade da distribuição do tamanho das conchas foi obtida através do teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software PAST (HAMMER, HARPER e RYAN, 2001, versão 2.08b). e do software SPSS® (versão 17.0).

Todos os espécimes coletados foram identificados ao menor nível taxonômico possível. Para a identificação dos moluscos utilizou-se os trabalhos de Abbott (1974), Rios (1994), Silva (2003) e Pimpão (2004).

4.3 DATAÇÕES

Foram enviadas para datação (^{14}C , AMS) três amostras com conchas dos afloramentos: uma amostra contendo conchas de *Erodona mactroides* do afloramento 1 (Mvd-01-Em), uma amostra contendo conchas de *E. mactroides* do afloramento 2 (Pal-01-Em), e uma concha de *Amiantis purpurata* (Pal-01-Amp) também do afloramento 2. As datações foram realizadas nos laboratórios da BETA ANALYTIC© (Miami, Florida, EUA)

O método de datação por espectrometria de massa acelerada (*Accelerator Mass Spectrometry*, AMS), detecta átomos de elementos específicos com base nas diferenças dos pesos atômicos. Espectrômetros de massa convencional, porém, não podem discriminar entre ^{14}C e outras moléculas com pesos atômicos semelhantes, tais como ^{14}N . No entanto, ao acelerar as partículas a velocidades muito altas (datação AMS), o pequeno sinal do ^{14}C pode ser separado dos outros isótopos (WALKER, 2005).

É importante ressaltar, no entanto, que não é o número absoluto de átomos de ^{14}C que são mensurados, pois a abundância de átomos de ^{14}C é tão pequena que seria extremamente difícil medir quantidades totais. Pelo contrário, a datação AMS determina a proporção isotópica de ^{14}C em relação à dos isótopos estáveis do carbono (^{13}C ou ^{12}C), e a idade é determinada comparando esta relação com a de um padrão de conteúdo de ^{14}C já conhecido. O erro que acompanha todas as datações AMS reflete incertezas estatísticas relativas à curva de decaimento de ^{14}C , erros aleatórios e sistemáticos que ocorrem tanto durante o processo quanto durante a quantificação de átomos de ^{14}C do ambiente natural (WALKER, 2005).

Os valores calibrados das datações foram mensurados pela BETA ANALYTIC© através de interpolações em curvas de calibração, que garantem um resultado com significância estatística de 95% (calibração com dois desvios-padrão).

A idade em radiocarbono (idade convencional) deve ser convertida em anos de calendário. Para isso, utiliza-se curvas de calibração, que são obtidas com base em dados dendrocronológicos (entre 0 e 10500 anos AP) e marinhos (^{14}C em foraminíferos e U/Th em corais; HUGHEN *et al.*, 2004). Para a calibração das idades convencionais aqui obtidas foi utilizada a curva mais recente, Marine04, que permite a calibração para anos de calendário de idades em radiocarbono entre 0 e 26000 anos. A calibração é necessária por que, na realidade, um ano em radiocarbono (o que é mensurado diretamente no material fóssil) é menor que um ano em calendário. Além disso, como há certo grau de incerteza embutido na curva de calibração, a idade calibrada final deve ser expressa como um intervalo de confiança, e por isso são adotados os dois desvios padrão a partir da idade (2 sigma) (HUGHEN *et al.*, 2004).

5 RESULTADOS

5.1 COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA

O afloramento 1 é composto por uma assembleia rica em conchas (principalmente *Erodona mactroides*), dispostas caoticamente em relação à camada sedimentar. Alguns poucos espécimes de *Heleobia* sp. também foram encontrados. O afloramento 2 é composto majoritariamente por conchas de *Erodona mactroides* (Tabela 1). Entretanto, também foram encontradas conchas dos bivalves *Amiantis purpurata* e *Donax hilairea*, e os gastrópodes *Olivancillaria auricularia*, *O. urceus* e *Heleobia* sp. (Figura 8; Tabela 1).

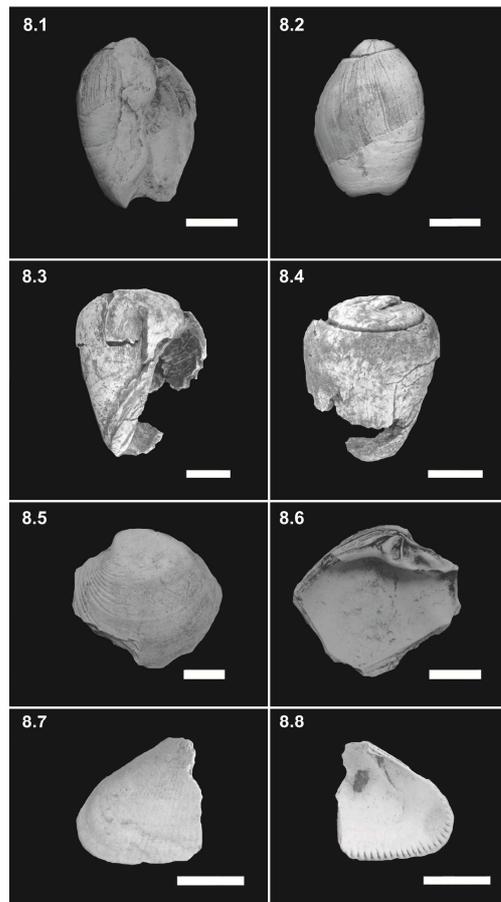


Figura 8 – Espécies marinhas encontradas no afloramento 2. 8.1: *Olivancillaria auricularia* (vista ventral); 8.2: *O. auricularia* (vista dorsal); 8.3: *Olivancillaria urceus* (vista ventral); 8.4: *O. urceus* (vista dorsal); 8.5: *Amiantis purpurata* (vista externa); 8.6: *A. purpurata* (vista interna); 8.7: *Donax hilairea* (vista externa); 8.8: *D. hilairea* (vista interna). Escalas: 10 mm.

Tabela 1 – Relação do número de bioclastos encontrados em cada afloramento conchífero.

| Espécies | Número de bioclastos |
|---|-----------------------------|
| AFLORAMENTO 1 | |
| <i>Erodona mactroides</i> Daudin, 1802 | 500 |
| <i>Heleobia</i> sp. | 10 |
| AFLORAMENTO 2 | |
| <i>Donax hilareia</i> Guerin, 1832 | 65 |
| <i>Erodona mactroides</i> Daudin, 1802 | 500 |
| <i>Amiantis purpurata</i> (Lamarck, 1818) | 1 |
| <i>Olivancillaria urceus</i> (Röding, 1798) | 1 |
| <i>Olivancillaria auricularia</i> (Lamarck, 1811) | 2 |
| <i>Heleobia</i> sp. | 12 |

5.2 ASSINATURAS TAFONÔMICAS

No afloramento 1, a maioria das conchas apresenta grau de fragmentação em torno de 15%, margem inteira da concha polida e margem fragmentada lascada. No afloramento 2, antagonicamente, a maioria dos bioclastos apresenta grau de fragmentação de aproximadamente 50%, e tanto a margem inteira quanto a fragmentada, estão lascadas. Quanto às injúrias causadas por corrosão, predominam pontuações (*pittings*) no afloramento 1 e crateras (*craters*) no afloramento 2, contudo não há diferença significativa entre os afloramentos. Nas demais assinaturas tafonômicas, a intensidade predominante foi semelhante, contudo foram encontradas diferenças significativas entre os afloramentos (Figuras 9 e 10).

A alteração da textura externa é correlacionada negativamente com o tamanho das conchas (Tabela 2). Conchas menores apresentam maior intensidade de dano à textura externa. A intensidade de dano na textura externa é correlacionada positivamente com a condição tafonômica dissolução e a dissolução apresenta uma correlação negativa com o tamanho das conchas (Tabela 2).

O grau de fragmentação é positivamente correlacionado à intensidade da dissolução (Tabela 2). Além disto, a oxidação das conchas apresenta uma correlação negativa com a dissolução das conchas, mas apenas no afloramento 1 (Tabela 2).

A distribuição do tamanho dos bioclastos, do afloramento 2, situa-se no limite estatístico de uma curva de distribuição normal ($p=0,05$) (Figura 11). Em

contrapartida, o afloramento 1 possui uma distribuição semelhante a uma curva normal ($p > 0,05$).

Tabela 2 – Valores de Correlação (r_s) com significância estatística entre algumas assinaturas tafonômicas.

| Correlações entre as assinaturas | Afloramento 1 | Afloramento 2 | Valor de p |
|---|---------------|---------------|--------------|
| Aleração da textura externa x tamanho | -0,273 | -0,349 | <0,01 |
| Alteração da textura externa x dissolução | 0,474 | 0,478 | <0,01 |
| Grau de fragmentação x dissolução | 0,264 | 0,410 | <0,01 |
| Oxidação x dissolução | -0,130 | - | <0,01 |
| Dissolução x tamanho | -0,329 | -0,544 | <0,01 |

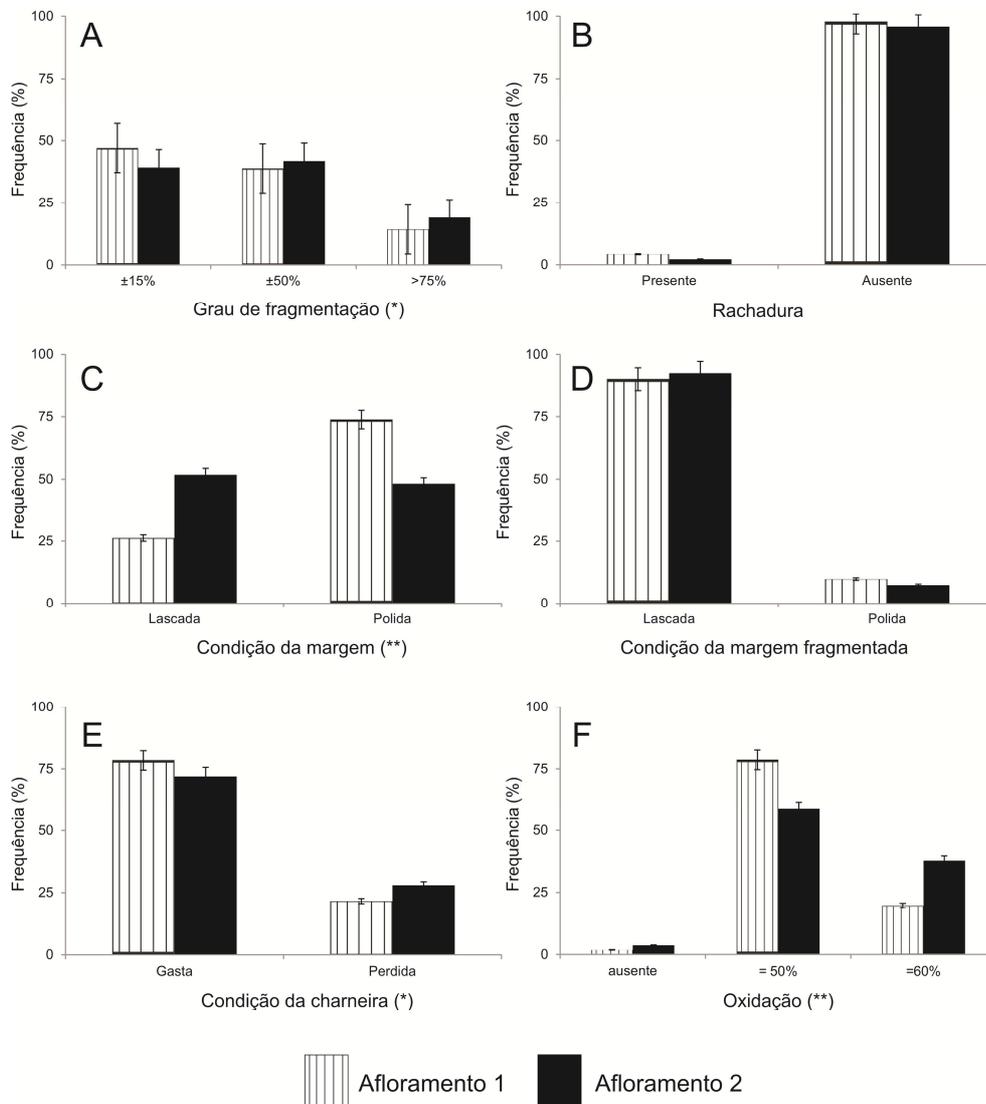


Figura 9 – Gráficos de barra comparativos entre as condições tafonômicas entre os dois afloramentos; (*) diferença significativa entre os afloramentos 1 e 2 com significância de $p < 0,05$; (**) diferença significativa entre os afloramentos com significância $p < 0,01$.

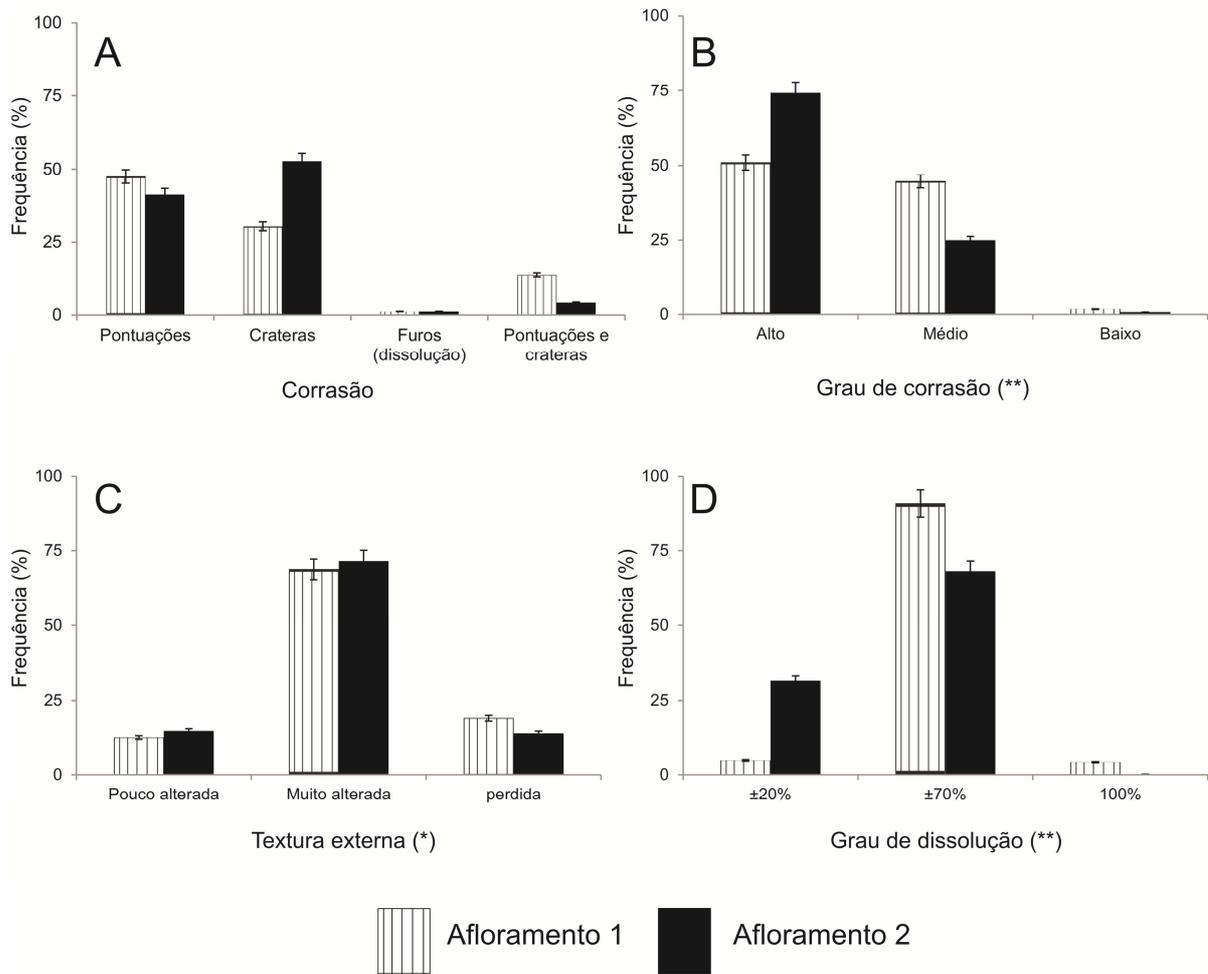


Figura 10 – Gráficos de barra comparativos entre as condições tafonômicas entre os dois afloramentos; (*) diferença significativa entre os afloramentos 1 e 2 com significância de $p < 0,05$; (**) diferença significativa entre os afloramentos com significância $p < 0,01$.

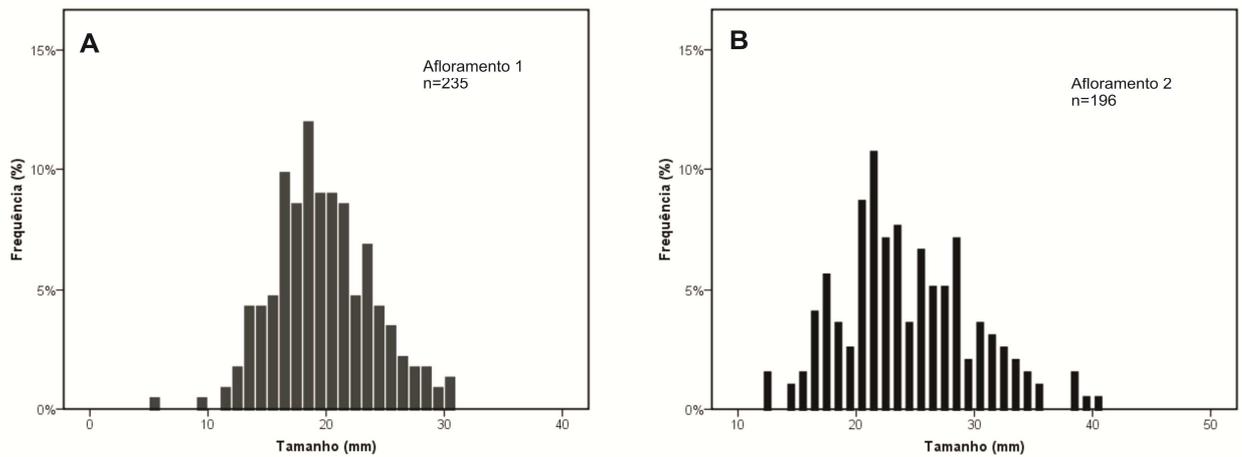


Figura 11 – Distribuição da frequência de tamanho das conchas da assembleia conchífera com grau de fragmentação igual ou inferior a $\pm 15\%$.

A partir das sub-amostras (50, 100, 150 e 200 conchas), pode-se visualizar o número mínimo ideal de exemplares a ser analisado em ambientes estuarinos e lagunares subtropicais (Figura 12 e 13).

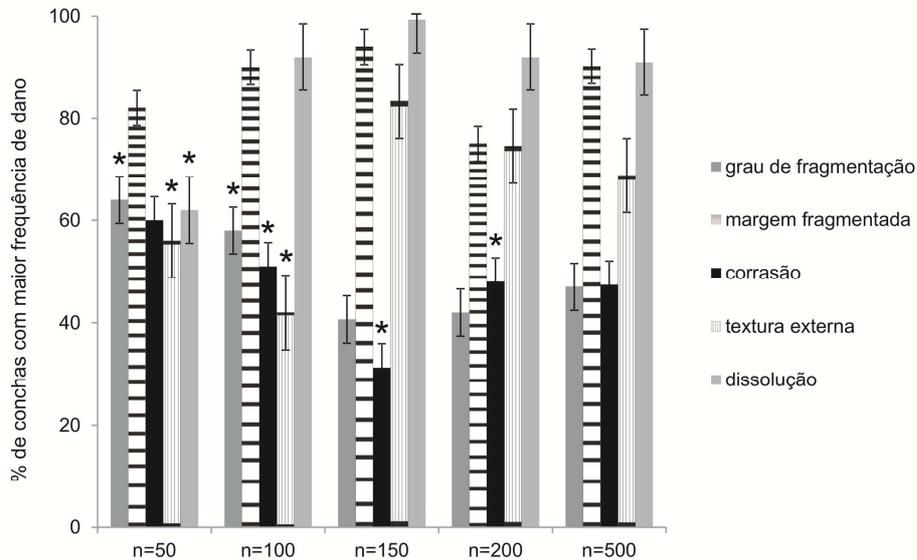


Figura 12 – Frequência das assinaturas tafonômicas de acordo com diferentes tamanhos de sub-amostras no afloramento 1. Considerou-se, para cada injúria, a condição com maior ocorrência na amostra total (n=500), a saber: grau de fragmentação: $\pm 15\%$; margem fragmentada: lascada; corrosão: pontuações; textura externa: alteração de média intensidade; dissolução: $\pm 70\%$. A indicação (*) são assinaturas que diferem significativamente da amostra total ($p < 0,05$).

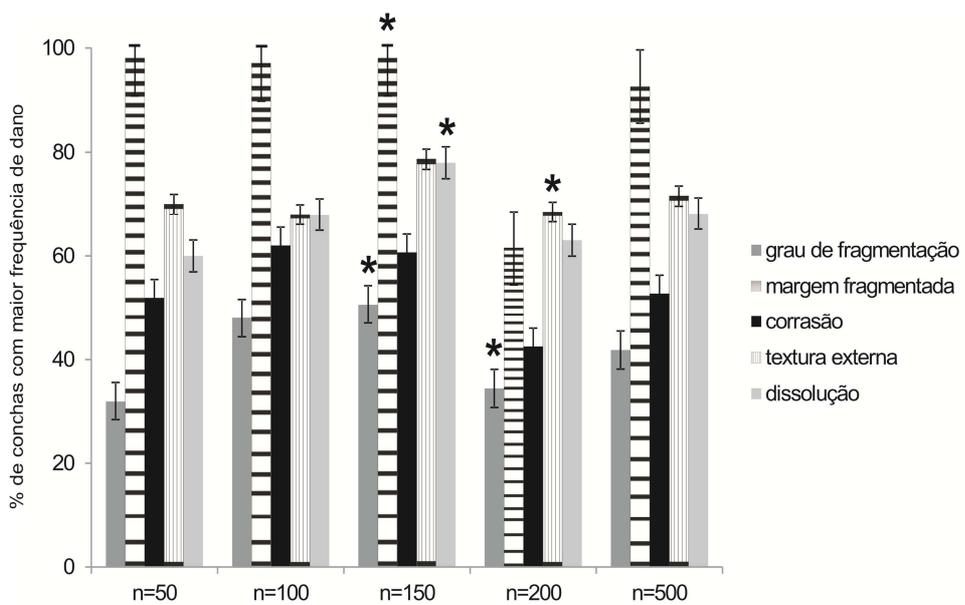


Figura 13 – Frequência das assinaturas tafonômicas de acordo com diferentes tamanhos de sub-amostras no afloramento 2. Considerou-se, para cada injúria, a condição com maior ocorrência na amostra total (n=500), a saber: grau de fragmentação: $\pm 50\%$; margem fragmentada: lascada; corrosão: crateras; textura externa: alteração de média intensidade; dissolução: $\pm 70\%$. A indicação (*) são as assinaturas que diferem significativamente da amostra total ($p < 0,05$).

5.3 IDADE DOS AFLORAMENTOS

Os afloramentos 1 e 2 apresentam idade semelhante (~1200 anos AP), através das datações realizadas em conchas de *Erodona mactroides*. As idades obtidas para as três amostras, assim como a razão de $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ podem ser encontradas na Tabela 3.

Tabela 3 – Idade das conchas obtidas pelo método AMS ^{14}C .

| Afloramento | Espécie utilizada | Nome da amostra | Número da amostra | Idade ^{14}C Convencional | Razão $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ estimada | Idade ^{14}C Calibrada AP |
|-------------|---------------------------|-----------------|-------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|
| 1 | <i>E. mactroides</i> | MVd-01-Em | Beta -296447 | 1580 ± 30 AP | -3,9 ‰ | 1220 a 1060 |
| 2 | <i>E. mactroides</i> | Pal-01-Em | Beta -296448 | 1540 ± 30 AP | -4,3 ‰ | 1170 a 1040 |
| 2 | <i>Amiantis purpurata</i> | Pal-03-Amp | Beta - 296449 | 1870 ± 30 AP | +0,7 ‰ | 1490 a 1340 |

6 DISCUSSÃO

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nos afloramentos conchíferos, *Erodona mactroides* é a espécie dominante. Provavelmente, como já descrito por outros autores (DILLENBURG, 1994; TOMAZELLI e VILLWOCK, 1991), havia uma grande laguna na porção norte do RS que se estendia desde a lagoa Itapeva até a área atual da laguna Tramandaí. Esta extensa laguna possuía certa influência marinha até, pelo menos, 1200 anos AP, em consonância com as idades obtidas em ambos os afloramentos e a ecologia da espécie dominante.

Segundo Costa (1971), *Erodona mactroides* é um dos bivalves mais encontrados em ambientes mixohalinos de desembocaduras de rios, lagunas e baías do sul da América do Sul. Em relação às assembleias fósseis, este autor também afirma que ela é encontrada em diversos depósitos quaternários do sul da América do Sul.

Em estudo conduzido por Jorcin (1996), com indivíduos de *Erodona mactroides* na Laguna de Rocha (Uruguay), a autora concluiu que os principais fatores que influenciam a distribuição dos espécimes são o tamanho do grão e o conteúdo de matéria orgânica. Em áreas onde a granulometria é menor, a abundância é maior. Em locais em que a concentração de matéria orgânica foi alta, os indivíduos apresentaram maior tamanho. Em relação à distribuição espacial, Jorcin (1996) afirma que ela foi regular em áreas onde a influência de água marinha e de água doce foi constante; em contrapartida, em áreas centrais da Laguna de Rocha, com maior oscilação na salinidade, sua distribuição foi irregular.

Cortelezzi *et al.* (2007) encontraram maior densidade média (ind./m²) de espécimes de *Erodona mactroides* em áreas com maior influência marinha, em comparação com uma zona de salinidade intermediária e áreas com maior influência fluvial, onde não foi encontrado nenhum indivíduo. Bracco *et al.* (2005), afirmam que *E. mactroides* é uma espécie que habita principalmente áreas onde a salinidade apresenta valores entre 10 e 18‰.

6.2 ASSINATURAS TAFONÔMICAS

Cada parâmetro ambiental pode deixar a sua assinatura nas conchas, mas esta mais tarde poderá ser alterada, sobreposta por outras assinaturas, ou até mesmo removida. Por exemplo, nem todas as conchas em ambientes recifais podem apresentar, originalmente, incrustação, caso as conchas estejam sujeitas a elevados níveis de abrasão, que pode remover a incrustação anterior ou inibir um novo crescimento. Portanto, o efeito combinado de uma variedade de processos controla a assinatura diagnóstica de cada ambiente (PARSONS-HUBBARD, 2005).

De acordo com Kidwell, Rothfus e Best (2001), 150 exemplares são o suficiente para determinar o perfil tafonômico de uma amostra. Um número muito pequeno de exemplares pode não captar toda a variação de intensidade das assinaturas, e um número muito grande é oneroso e desnecessário. Esta conclusão é decorrente de estudos em ambientes tropicais, em plataformas predominantemente carbonáticas do Hemisfério Norte.

A figura 12, referente ao afloramento 1, ilustra claramente que com 200 conchas já seria possível visualizar consideravelmente toda a variação das assinaturas tafonômicas, com significância estatística. Poder-se-ia afirmar, então, que 200 conchas seria um valor mínimo ideal. Entretanto, no afloramento 2 não é observado o mesmo padrão (Figura 13). As sub-amostras do afloramento 2 mostram que um menor número de conchas é suficiente para captar toda a variação de intensidade das assinaturas tafonômicas. Não obstante, sub-amostras maiores apresentam maior diferença em relação à amostra total, indicando que mais estudos serão necessários para responder completamente esta questão. Estudos com base em assinaturas tafonômicas geralmente utilizam diversas sub-amostras de diferentes locais (DE FRANCESCO e HASSAN, 2008; HAUSER, OSCHMANN e GISCHLER, 2008) e talvez este seja o método mais adequado.

Segundo Cummins, Powell e Staff (1986), curvas de distribuição de tamanho são ferramentas importantes em estudos ecológicos e paleontológicos para análises heurísticas da estrutura populacional. Segundo os autores, distribuições unimodais representam condições semelhantes ao equilíbrio; em contrapartida, distribuições bimodais ou multimodais indicam uma condição de desequilíbrio decorrente de eventos ecológicos ou tafonômicos. O gráfico de distribuição do tamanho dos

bioclastos, para o afloramento 2 (Figura 11B), está no limite de uma distribuição normal ($p=0,05$). Contudo, apresenta duas modas distintas, o que indica, provavelmente, transporte, embora com pouca intensidade. O afloramento 2, portanto, está em um estágio intermediário entre uma assembleia autóctone e uma assembleia parautóctone. O afloramento 1 é, provavelmente, autóctone, pois apresenta além de uma distribuição normal ($p>0,05$), distribuição unimodal (Figura 11A).

A dissolução apresenta uma correlação negativa com o tamanho das conchas. Contudo, não há como afirmar que conchas menores estão mais sujeitas à alta intensidade de dissolução, pois os fragmentos menores destas assembleias, já podem ser o efeito da alta dissolução, que reduz continuamente o tamanho das conchas. A ausência de espécimes de classes de tamanho extremas (*i.e.*, muito pequenos ou muito grandes), na curva de distribuição de frequência de tamanhos, pode ser decorrente de processos tafonômicos destrutivos, com destaque os causados por dissolução, que podem começar ainda em vida, no umbo (BROECKER e CLARK, 2003). Segundo Green *et al.* (2004), bivalves juvenis apresentam conchas mais delgadas em relação aos adultos, e conseqüentemente são particularmente mais propensos à dissolução.

Behrensmeyer *et al.* (2005), notaram que não há diferenças estatísticas significativas, em relação à representatividade no registro fóssil, entre conchas delgadas e menores com conchas maiores e mais espessas de moluscos e braquiópodes. Contudo, no ambiente fluvial, conchas mais espessas tendem a estar mais bem representadas na assembleia fóssil do que conchas mais delgadas (ERTHAL, KOTZIAN e SIMÕES, 2011).

Todas as conchas estão desarticuladas, provavelmente em função da degradação microbiana. Parsons-Hubbard (2005), utilizando amostras de testemunhos, também atribuiu desarticulação à degradação microbiana. Conchas articuladas podem constituir um indicador valioso do tempo de exposição, desde a morte ou da energia do ambiente de deposição (BRETT e BAIRD, 1986; PARSONS e BRETT, 1991).

O considerável grau de fragmentação encontrado é resultado, em parte, da dissolução. A fragmentação é atribuída a diversos fatores, como rupturas em resposta a ambientes de alta energia, mas também é comum em ambientes de baixa energia, em função das interações biogênicas e da dissolução (ZUSCHIN e

STANTON, 2001; ZUSCHIN, STACHOWITSCH e STANTON, 2003). Além disto, características intrínsecas do material biogênico, como o tipo de estrutura microcristalina, arranjo arquitetural e conteúdo orgânico da concha, influenciam fortemente na resistência do resto esquelético à fragmentação (HARPER, 2000). De Francesco e Hassan (2008), por exemplo, não encontraram diferenças significativas no grau de fragmentação entre assembleias fósseis de ambientes com gradientes de energia de marés, em uma laguna costeira da Argentina. Best e Kidwell (2000a) atribuíram a fragmentação muito mais a processos de predação do que a processos de origem física.

No afloramento 1, a margem das conchas apresenta-se, na sua maioria, polida, com aspecto arredondado. Esta assembleia está na margem de um canal fluvial, com aporte constante de água, instaurada em CaCO_3 , o que provavelmente influenciou na alta intensidade de dissolução observada, tornando-se o principal agente tafonômico responsável pela fragmentação e do arredondamento da margem. O arredondamento da margem é geralmente atribuído a processos biológicos, causado tanto por algas como por organismos micro-perfuradores (BEST e KIDWELL, 2000a, b). Ainda, além da bioerosão, a dissolução pode causar o afinamento da margem de conchas de bivalves (BEST, 2008).

No afloramento 2, tanto a margem inteira da concha, quanto à margem fragmentada estão, na sua maioria, lascadas. A fragmentação da margem é ocasionada por predação, principalmente por caranguejos e peixes (BEST, 2008). Em ambientes de baixa energia, segundo a autora, a fragmentação da margem pode ser causada por bioerosão. Conchas quebradas durante o transporte (e.g. por causa de uma tempestade) podem reter a assinatura tafonômica do ambiente deposicional original na superfície da concha, mas superfícies quebradas podem adquirir uma assinatura diferente correspondente a um novo ambiente deposicional (PARSONS-HUBBARD, 2005). Portanto, a fragmentação das conchas é resultado da alta intensidade da dissolução, mas a fragmentação da margem, no afloramento 2, foi ocasionado por algum evento tafonômico diferente, que não somente a dissolução.

Os dois afloramentos apresentam diferença significativa em termos de oxidação (Figura 9F). Sua origem no ambiente marinho está relacionada principalmente à bioturbação (ALLER, 1982; KU e WALTER, 2003). Entretanto, no estudo em tela, sua origem parece estar relacionada à presença de matéria orgânica, precipitação de íons de ferro e da presença de raízes de gramíneas.

Apenas um resultado indicou uma correlação entre a oxidação e a dissolução, contrariando resultados de ambientes marinhos, em que a oxidação da matéria orgânica é um contribuinte à dissolução de restos carbonáticos (ALLER, 1982; BEST e KIDWELL, 2000a).

A maioria das conchas está com a carneira gasta (Figura 9E), embora haja uma diferença significativa entre os dois afloramentos. A dissolução química parece ser o principal responsável pela destruição da carneira. Conchas menores apresentam a carneira perdida.

A corrosão não apresenta diferença significativa entre os afloramentos. O resultado mais importante, entretanto, é que parece haver um gradiente de dano entre pontuações, crateras e furos de dissolução (Figura 7.2-7.4). Em ambientes marinhos, algas e fungos micro-perfuradores da matriz orgânica são importantes fontes biológicas de alteração superficial da concha, produzindo pontuações e um aspecto de giz (*chalky*), assim como a dissolução química (BEST e KIDWELL, 2000a). A dissolução é provavelmente o processo tafonômico que ocasiona as injúrias observadas no presente estudo, embora não houve correlação estatística significativa entre dissolução e corrosão. A corrosão é mais intensa em conchas maiores, provavelmente em função da maior área superficial, que é exposta à água de poro, insaturada em carbonato de cálcio.

A incrustação e a bioerosão estão ausentes. O único sinal de marcas por ação biológica encontrado, embora raro, foi rizoconcreção, assinatura típica de ambientes fluviais, e apenas no afloramento 2 (Figura 7.5) (e.g. KOTZIAN e SIMÕES, 2006). O grau de incrustação e bioerosão é baixo em ambientes lagunares, pois os principais organismos incrustantes (briozoários) são tipicamente marinhos (PARSONS-HUBBARD, 2005; DE FRANCESCO e HASSAN, 2008). O fato de o grau de bioerosão ser baixo ou ausente pode ser, segundo Farinati, Spagnuolo e Aliotta (2008), decorrente do baixo tempo de exposição na ZTA, isto é, a ausência de exposição dos bioclastos na interface água-sedimento.

Depósitos de conchas em ambientes estuarinos/lagunares atuais podem apresentar conchas com bioerosão como consequência de condições marinhas pretéritas ou retrabalhamento de conchas marinhas às estuarinas (FARINATI, SPAGNUOLO e ALIOTTA, 2006). Contudo, as conchas marinhas do afloramento 2, provavelmente retrabalhadas ao ambiente lagunar, não apresentaram nenhum sinal aparente de bioerosão.

Todas as conchas perderam o períostraco. A perda da textura externa natural decorre da perda da camada primária da concha e separação dos cristais minerais fibro-radiais da camada secundária (RODRIGUES e SIMÕES, 2010).

A alteração da textura externa difere significativamente entre os dois afloramentos (Figura 10C), embora o perfil geral não tenha variado. A maioria das conchas apresenta alteração média da textura externa, apresentando aspecto granular e gredoso (Figuras 7.1, 7.3 e 7.4). A alteração da textura externa é correlacionada positivamente com a dissolução, corroborando a ideia de que a dissolução seja o principal agente tafonômico responsável pelas alterações da textura externa, neste estudo pelo menos. A textura externa tem um papel importante em inferências paleoambientais pretéritas, em ambientes marinhos e costeiros (RODRIGUES e SIMÕES, 2010; AGUIRRE *et al.*, 2011). Segundo Rodrigues e Simões (2010), em um estudo no litoral de São Paulo (enseada de Ubatuba), a alteração da textura externa variou ao longo de um gradiente batimétrico. Para ambientes lagunares subtropicais, esta relação ainda não foi comprovada e carece de mais estudos.

O grau de dissolução das conchas é expressivo em ambos os afloramentos (Figura 10D). Em ambientes marinhos, processos tafonômicos relacionados à dissolução não são os principais atuantes, embora a insaturação constante de CaCO_3 seja um fator tafonômico importante enquanto as conchas estão na ZTA (SANDERS, 2004; WHEELLEY, CHERNS e WRIGHT, 2008; CHERNS, WHEELLEY e WRIGHT, 2011). Bioerosão e bioturbação são os principais responsáveis pela dissolução em ambientes marinhos (CANFIELD e RAISWELL, 1991; CANFIELD *et al.*, 1993; BEST, 2008). Em ambientes costeiros da Argentina, o intemperismo subaéreo causado pela alta precipitação, exposição ao sol, flutuações na temperatura e incremento do nível freático são os principais causadores da dissolução de conchas (FARINATI, SPAGNUOLO e ALIOTTA, 2008).

6.3 SIGNIFICADO DAS DATAÇÕES EM ^{14}C NA PCRS

Os afloramentos 1 e 2 constituem, provavelmente, uma única assembleia conchífera. Conchas marinhas, com pouca representatividade no afloramento 2, apresentaram uma idade mais pretérita. Estas foram, provavelmente, retrabalhadas às conchas de *Erodona mactroides*. Conchas marinhas são comumente transportadas por pássaros, que podem adicionar tais conchas em ambientes lagunares costeiros, segundo Trewin e Welsh (1976).

Eventos transgressivos seriam os principais causadores de retrabalhamento em assembleias fosseis de moluscos. Entretanto, De Francesco e Hassan (2008), também encontraram alto retrabalhamento de conchas causado por eventos regressivos, na costa da Argentina.

Dillenburg (1996) também encontrou e datou conchas de *Erodona mactroides* em sedimentos da laguna Tramandaí, mas estes eram oriundos de uma perfuração (próxima ao afloramento 1), efetuada em torno de 3,5 m de profundidade. A idade obtida foi de 6730 ± 90 anos AP, idade próxima ao máximo transgressivo holocênico registrado para a região, segundo Dillenburg *et al.* (2009). Ainda segundo esses autores, a inundação da laguna começou durante uma ascensão do nível do mar, no início das transgressões marinhas pós-glaciais (~11000 anos AP).

Outras datações em moluscos da porção norte da PCRS estão geralmente associadas à última transgressão. Em estudo realizado por Dillenburg *et al.* (2004) conchas de *Olivancillaria urceus*, *Mactra* sp. e *Donax* sp. foram datadas (AMS). As conchas eram oriundas de perfurações realizadas em uma barreira holocênica, próxima a Curumim (município de Capão da Canoa), a nordeste do afloramento 2. Conchas que estavam a 7 m de profundidade, na perfuração mais distante do nível atual do mar, apresentaram idade de $6750 \pm$ anos AP. Conchas da perfuração mais próxima à linha de praia atual apresentam idade de 3450 ± 50 anos AP. Neste trabalho, os autores estimaram o nível relativo do mar, de aproximadamente, +4 m, no intervalo de tempo entre 6700 anos AP e 5200 anos AP.

Na lagoa dos Quadros, próximo tanto do afloramento 2 quanto da barreira estudada por Dillenburg *et al.* (2004), Meyer *et al.* (2005) dataram sedimentos lamosos a 75 cm de profundidade, pós-coluna d'água. Obtiveram a idade de aproximadamente 4870 anos AP. Nesta camada sedimentar, frequências mais

baixas de fitoclastos opacos e não opacos foram encontradas, o que, segundo os autores, significa influência fluvial predominante, durante a fase regressiva do sistema lagunar. Após 5000 anos AP, o nível do mar começou a baixar, até o nível atual, na costa sul do Brasil (ANGULO *et al.*, 2006).

Lorscheitter e Dillenburg (1998) afirmam que outra transgressão, embora de menor intensidade, ocorreu há cerca de 1800 anos, na laguna Tramandaí, segundo registros de palinórfos. Entretanto, este resultado não foi considerado por Dillenburg *et al.* (2009), que afirmam que, após 5400 anos AP, aproximadamente, houve uma redução do nível do mar, como consequência de uma fase regressiva. Meyer *et al.* (2005), estudando a lagoa dos Quadros, também não encontraram registros desta transgressão descrita por Lorscheitter e Dillenburg (1998) na lagoa dos Quadros.

Em relação às condições paleoclimáticas desta região durante os últimos 5 ka, os dados ainda são controversos. Entretanto, Ybert, Bissa e Kutner (2001) descrevem um clima mais seco entre 2500 e 1500 anos AP, no sul do Brasil. Desde 1500 anos AP até hoje, o sul do Brasil vem experimentando um aumento da humidade (YBERT, BISSA e KUTNER, 2001).

O assoreamento e a segmentação de uma grande laguna existente na região ocorreram de modo acentuado a partir de aproximadamente 5400 anos AP, segundo Dillenburg *et al.* (2009). Entretanto, a idade praticamente igual entre o afloramento 1 e o afloramento 2 parece indicar que a segmentação holocênica não foi uniforme desde o último máximo transgressivo holocênico. A influência fluvial descrita por Meyer *et al.* (2005) na lagoa dos Quadros, após ~4800 anos AP, pode ter erodido terras mais altas e assoreado a grande laguna, além de ter diminuído, possivelmente, a salinidade. Uma segmentação anterior a esta fase poderia reduzir a influência da salinidade até o afloramento 2, pela presença de barreiras, o que seria um fator limitante a espécies mixohalinas, como *Erodona mactroides*. Entretanto, se existissem canais com conexão livre com o mar, a salinidade destas lagoas (no caso, seriam lagunas) seria maior, não limitando a presença de moluscos mixohalinos. Mas, não há nenhum fato que comprove esta ideia.

Hesp *et al.* (2007) afirmam que grandes campos de dunas transgressivas cobriram depósitos praias após a última transgressão, um fato inquestionável da progradação da barreira, entre Torres e Tramandaí. Dillenburg, Tomazelli e Barboza

(2004) encontraram idade máxima de cerca de 1,1 ka, para campos de dunas ativas, em uma barreira erosiva no litoral médio do RS, município de Bujuru.

Admitindo-se o aumento do aporte de sedimentos terrígenos oriundos das terras mais altas, como consequência de intensa atividade fluvial, durante a fase húmida descrita por Ybert, Bissa e Kutner (2001), depósitos eólicos podem também ter coberto sedimentos lamosos contendo as conchas ou ainda, podem ter colmatando regiões da laguna onde tal espécie já habitava. Como esta espécie tem preferência por sedimentos mais finos, o sedimento arenoso pode ter sido um fator limitante.

7 CONCLUSÕES

Neste estudo ficou evidente que a dissolução talvez seja o processo tafonômico mais expressivo, e pelos pressupostos aqui descritos, possivelmente isso valha para muitos ambientes lagunares com características semelhantes à laguna Tramandaí (veja figura 14 para generalização de ZTA de ambientes estuarinos-lagunares). A incrustação e a bioerosão, em contrapartida, são ausentes ou com pouca representatividade em depósitos lagunares, também observado em outros estudos correlatos. Nestes ambientes, o processo tafonômico dissolução ocasiona diversas marcas, como pontuações, crateras e furos. Este processo destruidor de informação pode atuar de forma intensa, o que pode acelerar a destruição de conchas. O refinamento da mensuração deste agente tafonômico é de extrema importância para se compreender a probabilidade de conchas não serem destruídas na ZTA e, conseqüentemente, permanecerem no registro fóssil.

O fato de ambos os depósitos apresentarem idade similar, também corrobora outros estudos, em que existia uma grande laguna na região. Entretanto, sua segmentação pode não ter sido contínua desde o máximo transgressivo holocênico. A alta influência fluvial pode ter favorecido a erosão de terras mais altas, contribuindo à colmatação da grande laguna pretérita na direção da atual laguna Tramandaí, diminuindo também a salinidade e sendo um fator limitante a *Erodona mactroides*, durante os últimos 1500 anos AP, em que o clima era mais úmido. Além disto, a migração eólica de campo de dunas transgressivas pode ter, conjuntamente ou separadamente, assoreado as lagoas durante a fase mais seca, anterior a 1500 anos AP.

Os afloramentos, portanto, foram influenciados pela regressão holocênica descrita para a porção norte da PCRS, após o último máximo transgressivo holocênico. A alta intensidade da dissolução – e sua correlação com as outras assinaturas – parece indicar uma elevada influência fluvial, sem indicação de qualquer influência marinha, no final da fase regressiva do sistema lagunar nesta região.

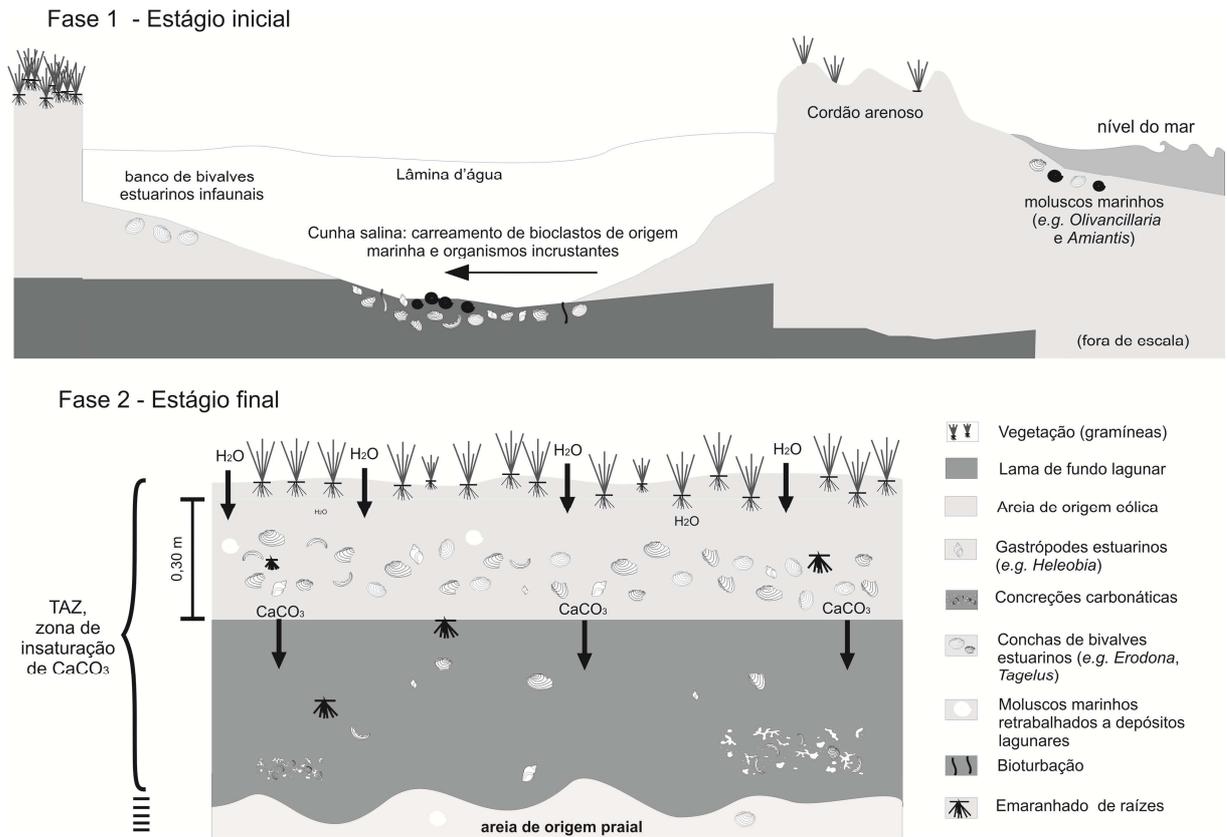


Figura 14 - Resumo da zona tafonomicamente ativa em um ambiente estuarino-lagunar subtropical. O estágio inicial representa uma condição semelhante a uma paleolaguna costeira holocênica; em contrapartida, o estágio final representa um depósito lagunar pós-eventos transgressivos e/ou regressivos.

8 PERSPECTIVAS

Os estudos tafonômicos com moluscos na PCRS são escassos e merecem maior atenção. A estimativa de *time-averaging* de assembleias conchíferas em ambientes lagunares e marinhos, desta região, são de extrema importância para entender o grau de mistura temporal destas assembleias, isto é, se conchas recentes ou pretéritas dominam uma determinada assembleia. Com isto, poder-se-ia responder se estas assembleias possuem maior riqueza espacial ou composicional. Ainda, as extensas áreas com material conchífero do sul da PCRS podem ser de extrema importância para se compreender os aspectos de preservação diferencial entre táxons da infauna com os da epifauna, já que diversos estudos (em regiões tropicais) podem não servir de modelos para a região em questão.

A costa sul do Brasil apresenta características geomorfológicas semelhantes desde o Cabo de Santa Marta, em SC, até o município de Chuí, extremo sul do RS. Este gradiente latitudinal, embora relativamente baixo, pode prover informações mais acuradas e responder questões não completamente resolvidas pelo presente estudo: i) qual o valor mínimo ideal de conchas, que deve ser analisado, para captar toda a variação das assinaturas tafonômicas em assembleias conchíferas oriundas de ambientes estuarinos e lagunares? ii) há um padrão de dano tafonômico diferente para eventos transgressivos e regressivos na costa do RS? iii) qual o *time-averaging* de conchas de moluscos em ambientes lagunares subtropicais? iv) há preservação diferencial em ambientes lagunares? v) qual o perfil de dano tafonômico de conchas marinhas em ambiente estuarino ou lagunar?

Embora as assinaturas tafonômicas sejam bem conhecidas e descritas, estudos recentes afirmam que em tafonomia de moluscos cada caso apresenta especificidades. Contudo, a costa meridional da América do Sul possui extensas assembleias conchíferas depositadas ao longo do Quaternário tardio. Devido a sua gênese relativamente similar, padrões tafonômicos em regiões da costa com características geomorfológicas semelhantes podem ser esperados e devem ser testados em termos quantitativos.

O presente estudo, pioneiro no que tange à tafonomia de moluscos em ambiente estuarino da costa sul do Brasil, é o primeiro passo na consolidação de uma nova ferramenta de estudo na PCRS.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, R. T. **American seashells**. 2nd ed. New York: D. van Nostrand Reinhold, 1974. 663 p.

AGUIRRE, M. L. Palaeobiogeography of the Holocene molluscan fauna from northeastern Buenos Aires Province, Argentina: it's relation to coastal evolution and sea level changes. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 102, n. 1/2, p. 1-26, May 1993.

AGUIRRE, M. L. Late Pleistocene and Holocene palaeoenvironments in Golfo San Jorge, Patagonia: molluscan evidence. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 194, n. 1/2, p. 3-30, Mar. 2003.

AGUIRRE, M. L.; FARINATI, E. A. Taphonomic processes affecting late quaternary mollusks along the coastal area of Buenos Aires Province (Argentina, Southwestern Atlantic). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 149, n.1/4, p. 283-304, June 1999.

AGUIRRE, M. L., FARINATI, E. A. Moluscos del Cuaternario Marino de la Argentina. **Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba**, Buenos Aires, n. 64, p. 235-333, 2000.

AGUIRRE, L. A.; SIRCH, Y. N.; RICHIANO, S. Late Quaternary molluscan assemblages from the coastal area of Bahía Bustamante (Patagonia, Argentina): paleoecology and paleoenvironments. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, Inglaterra, v. 20, n.1/2, p. 13-32, Oct. 2005.

AGUIRRE, M. L.; RICHIANO, S.; SIRCH, Y. N. Palaeoenvironments and palaeoclimates of the Quaternary molluscan faunas from the coastal area of Bahía Vera-Camarones (Chubut, Patagonia). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 229, n. 6, p. 251-286, Jan. 2006.

AGUIRRE, M. L. *et al.* Malacofauna Cuaternaria del litoral norte de Santa Cruz (Patagonia, Argentina). **Geobios**, Lyon, v. 42, n. 4, p. 411-434, jul./agosto 2009.

AGUIRRE, M. L. *et al.* Taphonomic comparison between two bivalves (*Mactra* and *Brachidontes*) from Late Quaternary deposits in northern Argentina: which intrinsic and extrinsic factors prevail under different palaeoenvironmental conditions? **Quaternary International**, Oxford, Inglaterra, v. 233, n. 2, p. 113-129, Mar. 2011.

ALEXANDERSSON, E. T. Marine maceration of skeletal carbonates in the Skagerrak, North Sea. **Sedimentology**, Oxford, Inglaterra, v. 26, n. 6, p. 845-852, Dec. 1979.

ALLER, R. C. Carbonate dissolution in nearshore terrigenous muds: the role of physical and biological reworking. **Journal of Geology**, Chicago, v. 90, n. 1, p. 79-95, Jan. 1982.

ALLISON, P. A.; BOTTJER, D. J. Taphonomy: bias and process through time. *In*: ALLISON, P. A.; BOTTJER, D. J. (Ed.). **Taphonomy**: process and bias through time. 2nd ed. London: Springer, 2011. p. 1-18. (Topics in Geobiology, v. 32).

ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.; SOUZA, M. C. A critical review of the Mid- to Late Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quaternary Science Reviews**, Oxford, Inglaterra, v. 25, n. 5/6, p. 486–506, Mar. 2006.

ASP, N. E. **Evidências de estabilização do nível do mar no quaternário da plataforma continental interna entre Rio Grande e Chuí – Rio Grande do Sul**. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BEHRENSMEYER, A. K.; KIDWELL, S. M.; GASTALDO, R. A. Taphonomy and paleobiology. **Paleobiology**, Jacksonville, v. 26, n. 4, p. 103-147, July/Sept. 2000. Supplement.

BEHRENSMEYER, A. K. *et al.* Are the most durable shelly taxa also the most common in the marine fossil record? **Paleobiology**, Jacksonville, v. 31, n. 4, p. 607-623, Dec. 2005.

BEST, M. M. R. Contrast in preservation of bivalve death assemblages in siliciclastic and carbonate tropical shelf settings. **Palaios**, Tulsa, v. 23, n. 12, p. 796-809, Dec. 2008.

BEST, M. M. R.; KIDWELL, S. M. Bivalve taphonomy in tropical mixed siliciclastic-carbonate settings: I. Environmental variation in shell condition. **Paleobiology**, Jacksonville, v. 26, n. 1, p. 80-102, Jan./Mar. 2000a.

BEST, M. M. R.; KIDWELL, S. M. Bivalve taphonomy in tropical mixed siliciclastic-carbonate settings: II. Effect of bivalve life habitats and shell types. **Paleobiology**, Jacksonville, v. 26, n. 1, p. 103-115, Jan./Mar. 2000b.

BEST, M. M. R. *et al.* Carbonate preservation in shallow marine environments: unexpected role of tropical siliciclastics. **Journal of Geology**, Chicago, v. 115, n. 6, p. 437-456, July 2007.

BIANCHI, L.A. Bancos de ostreídeos pleistocênicos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. **Iheringia: Geologia**, Porto Alegre, n. 2, p. 3-40, jul. 1969.

BRACCO, R. *et al.* Relationships between Holocene sea-level variations, trophic development and climatic change in Negra Lagoon, Southern Uruguay. **Journal of Paleolimnology**, Dordrecht, v. 33, n. 3, p. 253-263, Apr. 2005.

BRETT, C. E.; BAIRD, G. C. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. **Palaios**, Tulsa, v. 1, n. 3, p. 207-227, June 1986.

BROECKER, W. S.; CLARK, E. Pseudo dissolution of marine calcite. **Earth and Planetary Science Letters**, Amsterdam, v. 208, n. 3/4, p. 291-296, Mar. 2003.

CAI, W. J. *et al.* Preferential dissolution of carbonate shells driven by petroleum seep activity in the Gulf of Mexico. **Earth and Planetary Science Letters**, Amsterdam, v. 248, n. 1/2, p. 227-243, Aug. 2006.

CALLENDER, W. R. *et al.* Taphonomic trends along a forereef slope: Lee Stocking Island, Bahamas. I. Location and water depth. **Palaios**, Tulsa, v. 17, n. 1, p. 50-65, Feb. 2002.

CALLIARI, L. J.; CORRÊA, I. C. S.; ASP, N. E. Inner shelf and beach seashell resources in Southern Brazil. *In*: MARTINS, L. R.; SANTANA, C. I. (Ed.). **Non-living resources of the Southern Brazilian Zone and Continental Margin**. Porto Alegre: IOC-UNESCO, OSNLR, SERG, 1999. p. 39-49.

CANFIELD, D. E.; RAISWELL, R. Carbonate precipitation and dissolution: its relevance to fossil preservation. *In*: ALLISSON, P. A.; BRIGGS, D. E. G. (Ed.). **Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record**. 1st ed. New York, Plenum Press, 1991. p. 411-453. (Topics in Geobiology, v. 9).

CANFIELD, D. E. *et al.* Pathways of organic carbon oxidation in three continental margin sediments. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 113, n. 1/2, p. 27-40, July 1993.

CARON, F. **Depósitos sedimentares associados à desembocadura do Arroio Chuí (Planície Costeira do Rio Grande do Sul) e suas relações com as variações do nível do mar durante o Holoceno**. 63 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CARUSO, F. Shell deposits in the Santa Catarina coastal area, southern region of Brazil. *In*: MARTINS, L. R.; SANTANA, C. I. (Ed.). **Non-living resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin**. Porto Alegre: IOC-UNESCO, OSNLR, SERG, 1999. p. 69-79.

CARROLL, M. *et al.* Quantitative estimates of time-averaging in terebratulid brachiopod shell accumulations from a modern tropical shelf. **Paleobiology**, Jacksonville, v. 29, n. 3, p. 381-402, Sept. 2003.

DIVISÃO DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. **Carta náutica digital nº 2100**. Marinha do Brasil, 2011. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/cartas/download/cartasbsb/cartas_digitais_internet.htm>. Acesso em: mai. 2011

CHERNS, L.; WHEELEY, J. R.; WRIGHT, V. P. Taphonomic bias in shelly faunas through time: early aragonitic dissolution and its implications for the fossil record. *In*: ALLISON, P. A.; BOTTJER, D. J. (Ed.). **Taphonomy: process and bias through time**. 2nd ed. London: Springer, 2011. p. 79-106. (Topics in Geobiology, v. 32).

CLOSS, D.; FORTI, I. R. S. Quaternary mollusks from the Santa Vitória do Palmar country. **Iheringia: Geologia**, Porto Alegre, n. 4, p. 19-58, Aug. 1971.

CORRÊA, I. C. S. Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul-Brésil. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 130, n. 1/2, p. 163-178, févr. 1996.

CORRÊA, I. C. S. *et al.* Plataforma e talude continental do Rio Grande do Sul: síntese dos conhecimentos. *In*: IANNUZZI, R.; FRANTZ, J.C. (Ed.). **50 Anos de Geologia: Instituto de Geociências: contribuições**. Porto Alegre: Comunicação e Identidade, 2007. p. 341-354.

CORTELEZZI, A. *et al.* Benthic assemblages of a temperate estuarine system in South America: transition from a freshwater to an estuarine zone. **Journal of Marine Systems**, Amsterdam, v. 68, n. 3/4, p. 569-580, Dec. 2007.

COSTA, C. M. B. Importância paleoecológicas e estratigráfica de *Erodona mactroides* Daudin (Mollusca, Bivalvia). **Iheringia**: Geologia, Porto Alegre, n. 4, p. 3-18, ago. 1971.

CUMMINS, E. N.; POWELL, R. J. S.; STAFF, G. The size-frequency distribution in palaeoecology: effects of taphonomic process during formation molluscan death assemblage in Texas Bays. **Paleontology**, Cambridge, v. 29, n. 3, p. 495-528, Sept. 1986.

DAVIES, D. J.; POWELL, E. N.; STANTON, R. J. Taphonomic signature as a function of environmental process: shells and shell beds in a hurricane-influenced inlet on the Texas coast. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 72, p. 317-356, 1989a.

DAVIES, D. J.; POWELL, E. N.; STANTON, R. J. Relative rates of shell dissolution and net sediment accumulation – a commentary: can shell beds form by the gradual accumulation of biogenic debris on the sea floor? **Lethaia**, Oslo, v. 22, n. 2, p. 207-212, Apr. 1989b

DE FRANCESCO, C. G.; HASSAN, G. S. Dominance of reworked fossil shells in modern estuarine environments: implications for paleoenvironmental reconstructions based on biological remains. **Palaios**, Tulsa, v. 23, n. 1, p. 14-23, Jan. 2008.

DEL RÍO, C. J. *et al.* Invertebrados del Cenozoico de la Argentina. **Ameghiniana**, Buenos Aires, v. 11, p. 221-235, nov. 2007. Publicación especial.

DEL RÍO, C. J.; MARTÍNEZ, S. A.; SCASSO, R. A. Nature and origin of spectacular marine Miocene shell beds of northeastern Patagonia (Argentina): paleoecological and bathymetric significance. **Palaios**, Tulsa, v. 16, n. 1, p. 3-25, Jan. 2001.

DILLENBURG, S. R. **A Laguna de Tramandaí: evolução geológica e aplicação do método geocronológico da termoluminescência na datação de depósitos sedimentares lagunares**. 143 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

DILLENBURG, S. R. Oscilações holocênicas do nível relativo do mar registradas na sucessão de fácies lagunares na região da Laguna de Tramandaí, RS. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 23, n. 1/2, p. 17-24, 1996.

DILLENBURG, S. R. *et al.* Stratigraphy and evolution of a prograded transgressive dunefield barrier in southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, Flórida, n. 39, p. 132-135, 2004. Special Issue.

DILLENBURG, S. R. *et al.* The Holocene coastal barriers of Rio Grande do Sul. *In*: DILLENBURG, S. R.; HESP, P. A. (Ed.). **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. Berlin: Springer-Verlag, 2009. p. 53-92.

DILLENBURG, S. R.; TOMAZELLI, L. J.; BARBOZA, E. G. Barrier evolution and placer formation at Bujuru southern Brazil. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 203, n. 1/2, p. 43-56, Jan. 2004.

ERTHAL, F. **Assinaturas tafonômicas em moluscos e seu significado (paleo)ambiental**. 67 f. Monografia de Qualificação (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ERTHAL, F.; KOTZIAN, C. B.; SIMÕES, M.G. 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**, Tulsa, v. 26, n. 7, p. 443-446, July 2011.

FARINATI, E. A.; SPAGNUOLO, J.; ALIOTTA, S. Bioerosión en micromoluscos holocenos del estuario de Bahía Blanca, Argentina. **Ameghiniana**, Buenos Aires, v. 43, n. 1, p. 45-54, enero/marzo 2006.

FARINATI, E. A.; SPAGNUOLO, J.; ALIOTTA, S. Tafonomía de bivalvos holocenos em la costa del estuário Bahía Blanca, Argentina. **Geobios**, Oxford, Inglaterra, v. 41, n. 1, p. 61-67, enero/feb. 2008.

FLESSA, K. W.; KOWALEWSKI, M. Shell survival and time-averaging in near shore and shelf environments: estimates from the radiocarbon literature. **Lethaia**, Oslo, v. 27, n. 2, p. 153-165, June 1994.

FORTI-ESTEVEZ, I. R. Biogeografia e paleoecologia (Mollusca) do Quaternário da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Brasil). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, SBG, 1974, v. 3, p. 133-149.

FUCKS, E.; AGUIRRE, M.; DESCHAMPS, C. M. Late Quaternary continental and marine sediments of northeastern Buenos Aires province (Argentina): fossil content and paleoenvironmental interpretation. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, Inglaterra, v. 20, n. 1/2, p. 45-56, Oct. 2005.

GREEN, M. A. *et al.* Dissolution mortality of juvenile bivalves in coastal marine deposits. **Limnology and Oceanography**, Waco, v. 49, n. 3, p. 727-734, May 2004.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 1, 2001. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>. Acesso em: dez. 2010.

HARPER, E. M. Are calcitic layers an effective adaptation against shell dissolution in the Bivalvia? **Journal of Zoology**, London, v. 251, n. 2, p. 179-186, June 2000.

HAUSER, I.; OSCHMANN, W.; GISCHLER, E. Taphonomic signatures on modern caribbean bivalve shells as indicators of environmental conditions (Belize, Central America). **Palaios**, Tulsa, v. 23, n. 9, p. 586-600, Sept. 2008.

HENDY, A. J. W. Taphonomic overprints on Phanerozoic trends in biodiversity: lithification and other secular megabiases. *In*: ALLISON, P. A.; BOTTJER, D. J. (Ed.). **Taphonomy: process and bias through time**. 2nd ed. London: Springer, 2011. p. 19-78. (Topics in Geobiology, v. 32).

HESP, P. A. *et al.* Beach ridges, foredunes or transgressive dunefields? Definitions and an examination of the Torres to Tramandaí barrier system, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 77, n. 3, p. 493-508, Sept. 2005.

HESP, P. A. *et al.* Morphology of the Itapeva to Tramandai transgressive dunefield barrier system and mid- to late Holocene sea level change. **Earth Surface Processes and Landforms**, Sussex, v. 32, n. 3, p. 407-417, Mar. 2007.

HUGHEN, K. A. *et al.* Marine04 Marine Radiocarbon Age Calibration, 0–26 cal kyr BP. **Radiocarbon**, Arizona, v. 46, n. 3, p. 1059-1086, 2004.

JORCIN, A. Distribucion, abundancia y biomassa de *Erodona mactroides* (Mollusca, Bivalvia, Daudin, 1801), em la Laguna de Rocha (Depto. De Rocha, Uruguay). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 56, n. 1, p. 155-162, feb. 1996.

KIDWELL, S. M. The stratigraphy of shell concentrations. *In*: ALLISON, P. A.; BRIGGS, D. E. G. (Ed.). **Taphonomy**: releasing the data locked in the fossil record. 1st ed. New York: Plenum, 1991. p. 211-281. (Topics in Geobiology, v. 9).

KIDWELL, S. M. Preservation of species abundance in marine death assemblages. **Science**, Washington, v. 294, n. 5544, p. 1091-1094, 2 Nov. 2001.

KIDWELL, S. M. Time-averaged molluscan death assemblages: palimpsests of richness, snapshots of abundance. **Geology**, Boulder, v. 30, n. 9, p. 803-806, Sept. 2002a.

KIDWELL, S. M. Mesh-size effects on the ecological fidelity of death assemblages: a meta-analysis of molluscan live-dead studies. **Geobios**, Lyon, v. 35, n. 24, p. 107-119, Dec. 2002b. Mémoire special.

KIDWELL, S.M.; BEST, M.M.R.; KAUFMAN, D.S. Taphonomic trade-offs in tropical marine death assemblages: differential time-averaging, shell loss, and probable bias in siliciclastic vs. carbonate facies. **Geology**, Boulder, v. 33, n. 9, p. 729-732, Sept. 2005.

KIDWELL, S. M.; BOSENCE, D. W. J. Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. *In*: ALLISON, P. A.; BRIGGS, D. E. G. (Ed.). **Taphonomy**: releasing the data locked in the fossil record. 1st ed. New York: Plenum, 1991. p. 116-209. (Topics in Geobiology, v. 9).

KIDWELL, S. M.; FLESSA, K. W. The quality of fossil record: populations, species and communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, California, v. 26, p. 269-299, Nov. 1995.

KIDWELL, S. M.; HOLLAND, S. M. The quality of the fossil record: implications for evolutionary analyses. **Annual Review of Ecology and Systematics**, California, v. 33, p. 561-588, Nov. 2002.

KIDWELL, S. M.; ROTHFUS, T. A.; BEST, M. M. R. Sensitivity of taphonomic signatures to sample size, sieve size, damage scoring system, and target taxa. **Palaios**, Tulsa, v.16, n. 1, p. 26-52, Feb. 2001.

KOSNIK, M.A. *et al.* Changes in shell durability of common marine taxa through the Phanerozoic: evidence for biological rather than taphonomic drivers. **Paleobiology**, Jacksonville, v. 37, n. 2, p. 303-331, Mar. 2011.

KOTZIAN, C. B.; SIMÕES, M. G. Taphonomy of recent freshwater molluscan death assemblages, Touro Passo stream, Southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 243-260, May/Aug. 2006.

KOWALEWSKI, M.; BAMBACH, R. K. The limits of paleontological resolution. *In*: HARRIES, P. J. (Ed.). **Approaches in High-Resolution Stratigraphic Paleontology**. London: Springer, 2008. p. 1-48. (Topics in Geobiology, v. 21).

KOWALEWSKI, M. *et al.* Quantitative fidelity of brachiopod-mollusk assemblages from modern subtidal environments of San Juan Islands, USA. **Journal of Taphonomy**, v. 1, n. 1, p. 43-65, Apr. 2003. Disponível em: <<http://www.journaltaphonomy.com/issue1/JTa003web.pdf>>. Acesso em: mai. 2011

KRAUSE, R. A. *et al.* Quantitative comparisons and models of time-averaging in bivalve and brachiopod shell accumulations. **Paleobiology**, Jacksonville, v. 36, n. 3, p. 428-452, Aug. 2010.

KU, T. C. W.; WALTER, L. M. Syndepositional formation of Fe-rich clays in tropical shelf sediments, San Blas Archipelago, Panama. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 197, n. 1/4, p. 197-213, June 2003.

LOCKWOOD, R.; WORK, L. A. Quantifying taphonomic bias in molluscan death assemblages from the upper Chesapeake Bay: patterns of shell damage. **Palaios**, Tulsa, v. 21, n. 5, p. 442-450, Oct. 2006.

LOPES, R. P.; BUCHMANN, F. S. C. Comparação tafonômica entre duas concentrações fossilíferas (*shell beds*) da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. **Gaea**, São Leopoldo, v. 4, n. 2, p. 65-77, jul./dez. 2008.

LORSCHUITER, M. L.; DILLENBURG, S. R. Holocene palaeoenvironments of the northern coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil, reconstructed from palynology of Tramandaí lagoon sediments. **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**, Rotterdam, v. 11, p. 73-97, 1998.

MARSHALL, D. J. *et al.* Correlations between gastropod shell dissolution and water chemical properties in a tropical estuary. **Marine Environmental Research**, Barking, v. 66, n. 4, p. 422-429, Oct. 2008.

MARTÍNEZ, S.; DEL RÍO, C. J.; Late Miocene molluscs from the southwestern Atlantic Ocean (Argentina and Uruguay): a palaeobiogeographic analysis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 188, n. 3/4, p. 167-187, Dec. 2002.

MARTÍNEZ, S. *et al.* Molluscan assemblage from the marine Holocene of Uruguay: composition, geochronology, and paleoenvironmental signals. **Ameghiniana**, Buenos Aires, v. 43, n. 2, p. 385-397, Apr./June 2006.

MELDAHL, K. H.; FLESSA, K. W.; CUTLER, A. H. Time-averaging and postmortem skeletal survival in benthic fossil assemblages: quantitative comparisons among Holocene environments. **Paleobiology**, Jacksonville, v. 23, n. 2, p. 207-229, 1997.

MEYER, K. E. B. *et al.* Análise de palinofácies em sedimentos holocênicos da lagoa dos Quadros, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 57-72, jan./abr. 2005.

MOORE, J. R.; NORMAN, D. B. Quantitatively evaluating the sources of taphonomic biasing of skeletal element abundances in fossil assemblages. **Palaaios**, Tulsa, v. 24, n. 9, p. 591-602, Sept. 2009.

NRC. Committee on the Geological Record of Biosphere Dynamics. **The geological record of ecological dynamics**: understanding the biotic effects of future environmental change. Washington, D.C.: The National Academies. 2005. 200 p.

PARSONS, K. M.; BRETT, C. E. Taphonomic processes and biases in modern marine environments: an actualistic perspective on fossil assemblage preservation. *In*: DONOVAN, S. K. (Ed.). **The Processes of Fossilization**. London: Belhaven, 1991. p. 22-65.

PARSONS-HUBBARD, K. Molluscan taphofacies in recent carbonate reef/lagoon systems and their application to sub-fossil samples from reef cores. **Palaaios**, Tulsa, v. 20, n. 2, p. 175-191, Apr. 2005.

PIMPÃO, D. M. **Moluscos bivalves da plataforma externa e talude superior ao largo de Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil**. 204 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

POWELL, E. N. *et al.* The relationship of bionts and taphonomic processes in molluscan taphofacies formation on the continental shelf and slope: eight-year trends: Gulf of Mexico and Bahamas. **Facies**, Berlin, v. 57, n. 1, p. 15-37, Jan. 2011.

POWELL, E. N. *et al.* Taphonomic degradation of molluscan remains during thirteen years on the continental shelf and slope of the northwestern Gulf of Mexico. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam. Disponível em: <DOI:10.1016/j.palaeo.2010.12.006>. Acesso em: mar. 2011.

POWELL, E. N.; KRAEUTER, J. N.; ASHTON-ALCOX, K. A. How long does an oyster shell last on an oyster reef? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, London, v. 69, p. 531-542, Sept. 2006.

RIOS, E. C. **Seashells of Brazil**. 2nd ed. Rio Grande: Editora da FURG, 1994. 368 p.

RODRIGUES, S. C.; SIMÕES, M. G. Taphonomy of *Bouchardia rosea* (Rhynchonelliformea, Brachiopoda) shells from Ubatuba Bay, Brazil: implications for the use of taphonomic signatures in (paleo)environmental analysis. **Ameghiniana**, Buenos Aires, v. 47, n. 3, p. 373-386, Sept. 2010.

SANDERS, D. Potential significance of syndepositional carbonate dissolution for platform banktop aggradation and sediment texture: a graphic modeling approach. **Austrian Journal of Earth Sciences**, Viena, v. 95/96, p. 71-79, 2004.

SILVA, M. C. P. **Hydrobiidae (Gastropoda, Neotaenioglossa, Rissoidae) da Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. 344 f. Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SPRINGER, D. A.; FLESSA, K. W. Faunal gradients in surface and subsurface shelly accumulations from a recent clastic tidal flat, Bahia la Choya, northern Gulf of California, Mexico. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 126, n. 3/4, p. 262-279, Dec. 1996.

TABAJARA, L. L. C. A. **Aspectos hidrodinâmicos e sedimentológicos do sistema lagunar-estuarino de Tramandaí, RS**. 197 f. Dissertação (Mestrado, em Geociências) - Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

TABAJARA, L. L. C. A.; DILLENBURG, S. R. Batimetria e sedimentos de fundo da laguna Tramandaí, RS. **Notas Técnicas**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 21-33, 1997.

TOMAZELLI, L. J. O regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 18-26, 1993.

TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R. Sedimentary facies and stratigraphy of a last interglacial coastal barrier in South Brazil. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 244, n. 1/4, p. 33-45, Oct. 2007.

TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R.; VILLWOCK, J. A. Late quaternary geological history of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 474-476, Sept. 2000.

TOMAZELLI, L. J. *et al.* Sistemas deposicionais e evolução geológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: uma síntese. *In*: IANNUZZI, R.; FRANTZ, J. C. (Ed.). **50 Anos de Geologia**: Instituto de Geociências: contribuições. Porto Alegre: Comunicação e Identidade, 2007. p. 327-340.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. Geologia do sistema lagunar holocênico do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 13-24, 1991.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. Considerações sobre o ambiente praiar e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 3-12, 1992.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. O Cenozóico no Rio Grande do Sul : geologia da Planície Costeira.. *In*: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (Ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/UFRGS, 2000. p. 375-406.

TREWIN, N. H.; WELSH, W. Formation and composition of a graded estuarine shell bed. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 19, n. 3, p. 219-230, Mar. 1976.

VALENTINE, J. W. *et al.* Assessing the fidelity of the fossil record by using marine bivalves. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, Washington, v. 103, n. 17, p. 6599-6604, Apr. 2006.

WALKER, M. **Quaternary dating methods**. The Atrium: John Wiley & Sons, 2005. 307 p.

WHEELEY, J. R.; CHERNS, L.; WRIGHT, V. P. Provenance of microcrystalline carbonate cement in limestone–marl alternations (LMA): aragonite mud or molluscs? **Journal of the Geological Society**, London, v. 165, n. 1, p. 395-403, Jan. 2008.

YBERT, J-P; BISSA, W. M.; KUTNER, M. Relative sea level variations and climatic evolution in southeastern and southern Brazil during the late holocene. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 75-83, July/Dec. 2001.

ZUSCHIN, M.; STACHOWITSCH, M; STANTON, R. J. Patterns and processes of shell fragmentation in modern and ancient marine environments. **Earth-Science Reviews**, Amsterdam, v. 63, n. 1/2, p. 33-82, Oct. 2003.

ZUSCHIN, M.; STANTON, R. J. Experimental measurement of shell strength and its taphonomic interpretation. **Palaios**, Tulsa, v. 16, n. 2, p. 161-170, Apr. 2001.