

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**MAIARA BETTINELLI**

**CARACTERIZAÇÃO DE MOLUSCOS EM SISTEMAS DEPOSICIONAIS DO TIPO  
LAGUNA-BARREIRA PLEISTOCÊNICOS NO SUL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO  
RIO GRANDE DO SUL - UMA FERRAMENTA PARA INTERPRETAÇÕES  
ESTRATIGRÁFICAS E PALEOAMBIENTAIS**

**CAÇAPAVA DO SUL**

**2015**

**MAIARA BETTINELLI**

**CARACTERIZAÇÃO DE MOLUSCOS EM SISTEMAS DEPOSICIONAIS DO TIPO  
LAGUNA-BARREIRA PLEISTOCÊNICOS NO SUL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO  
RIO GRANDE DO SUL - UMA FERRAMENTA PARA INTERPRETAÇÕES  
ESTRATIGRÁFICAS E PALEOAMBIENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Caron

Co-Orientador: Dr. Renato Pereira Lopes

**CAÇAPAVA DO SUL**

**2015**

**MAIARA BETTINELLI**

**CARACTERIZAÇÃO DE MOLUSCOS EM SISTEMAS DEPOSICIONAIS DO TIPO  
LAGUNA-BARREIRA PLEISTOCÊNICOS NO SUL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO  
RIO GRANDE DO SUL - UMA FERRAMENTA PARA INTERPRETAÇÕES  
ESTRATIGRÁFICAS E PALEOAMBIENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Geologia da  
Universidade Federal do Pampa, como requisito  
para obtenção do Título de Bacharel em  
Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 02 de Dezembro de 2015.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Felipe Caron

Orientador

(UNIPAMPA)

---

Prof. Dr. Felipe Guadagnin

(UNIPAMPA)

---

Prof. Msc. Vinicius Matté

(UNIPAMPA)

Aos meus pais, Ari e Marlene,  
e ao meu irmão, Rangel.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço aos meus orientadores, Felipe Caron e Renato Lopes, a quem tenho grande admiração, por todo o material fornecido, pelas conversas esclarecedoras, pela paciência, pela presteza e por tornarem possível a realização deste trabalho.

Ao professor Felipe Guadagnin que, juntamente com meu orientador, fizeram com que eu descobrisse o rumo a tomar dentro da Geologia. Agradeço também aos professores Vinicius Matté, José Waldomiro Jimenez Rojas, Delia Del Pilar Montecinos de Almeida, Marco Antonio Fontoura Hansen, Cristiane Heredia Gomes, Rafael Lima Dessart, Tiago Rafael Gregory, Luiz Delfino Teixeira Albarnaz e Maximilian Fries e a todos os demais pela dedicação e competência em transmitir conhecimento e por me ajudarem a chegar até aqui.

Aos meus amigos/irmãos Caleb e Anna Maria pela amizade sincera, pela confiança, pelo companheirismo e pela parceria que começamos a construir logo nas primeiras semanas da graduação e que, com certeza, não acaba por aqui. Agradeço também aos grandes amigos que a Geologia me apresentou: Thayanne, Luisa, Icaro, Aline e Natassja.

Aos meus pais, Ari e Marlene, que não mediram esforços para que eu realizasse este sonho. Ao meu irmão, Rangel, e à minha cunhada, Keli, por todo apoio durante estes cinco anos. Aos primos, Milene e Chico, por todas as vezes em que me ajudaram e, principalmente, por terem me apresentado a Geologia.

## RESUMO

No setor sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), entre o estuário da Lagoa dos Patos e a desembocadura do Arroio Chuí, encontram-se bem preservados três dos quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira que formam a PCRS: os pleistocênicos II e III e o holocênico IV. Estes sistemas são constituídos por depósitos de origem marinha, eólica, lagunar, fluvial e também por paleossolos. Os depósitos marinhos dos sistemas pleistocênicos encontram-se, muitas vezes, recobertos por espessas fácies eólicas. Por este motivo, tais depósitos são acessados apenas por meio de afloramentos restritos e/ou através da recuperação de testemunhos e amostras de sondagens. Em perfurações realizadas recentemente no sul da PCRS, nos municípios de Santa Vitória do Palmar e Chuí, como parte das obras de instalação do Complexo Eólico Campos Neutrais, foram recuperadas conchas fósseis de moluscos marinhos em camadas subsuperficiais, em profundidades que variaram de 5 a 15 metros. Em termos geomorfológicos, a área abrangida pelas perfurações corresponde ao sistema Laguna-Barreira III. Estratigraficamente, sugere-se que estes fósseis estão preservados nas fácies marinha das Barreiras II e III. O presente trabalho objetiva caracterizar estes fósseis a fim de contribuir para um melhor entendimento da evolução costeira deste setor da PCRS. Para isto, foram analisadas amostras coletadas em perfurações e dados de sondagens SPT (*Standard Penetration Test*) destinadas às fundações das torres eólicas. As análises incluíram a identificação taxonômica e a caracterização tafonômica e paleoecológica dos fósseis, além da análise de dados granulométricos e de compactação das sondagens SPT. A composição taxonômica sugere um ambiente de antepraia superior (*upper shoreface*) e demonstram um nível de mar mais alto que o atual durante o Pleistoceno, sob condições climáticas mais quentes do que as atuais na costa do Rio Grande do Sul. As análises tafonômicas permitem inferir que: 1) A maioria dos espécimes permaneceu exposta acima da interface sedimento-água por um curto período, e 2) Pouco tempo após a morte e desarticulação, os organismos foram soterrados a uma profundidade suficiente (abaixo da zona tafonomicamente ativa, ou TAZ), onde não sofreram processos de dissolução, abrasão e fragmentação ou ação de agentes bioerosivos. A caracterização taxonômica, tafonômica e paleoecológica dos fósseis aliada aos dados de sondagens SPT se mostrou uma ferramenta muito útil para interpretações estratigráficas e pôde contribuir para um melhor entendimento de como evoluíram os sistemas deposicionais pleistocênicos no extremo sul da PCRS.

Palavras-chave: Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Identificação taxonômica, Caracterização tafonômica, *Standard Penetration Test*, Evolução costeira.

## ABSTRACT

In the southern sector of the Coastal Plain of Rio Grande do Sul (PCRS), between Lagoa dos Patos estuary and the Chuí Stream mouth, three of the four lagoon-barrier depositional systems are well preserved which form the PCRS: the Pleistocene II and III and the Holocene IV. These systems consist of marine, eolic, lagunar and fluvial deposits, and also paleosols. The marine deposits of the Pleistocene systems are often covered by thick eolic facies. For this reason, such deposits are accessed only through limited outcrops and/or recovery of core samples and samples of drilling. Recently, several drills have been made in the southern portion of PCRS, in Santa Vitória do Palmar and Chuí towns, as part of installation of the Complexo Eólico Campos Neutrais. These drills have recovered fossil shells of marine molluscs in subsurface layers, at depths ranging from 5 to 15 meters. In geomorphological terms, the drilling area corresponds to the Lagoon-Barrier System III. Stratigraphically, it is suggested that these drills penetrate marine facies of Barriers II and III. This work aims to characterize the fossil remains in order to contribute to a better understanding of the coastal evolution of this sector of the PCRS. For this, purposes were analyzed samples collected in drillings and SPT (Standard Penetration Test) data intended for foundations of eolic towers. These analyzes included fossils taxonomic identification, taphonomic and paleoecological characterization, as well as analysis of granulometric and compaction data of SPT drill. The taxonomic composition suggests an upper shoreface environment and demonstrate a higher sea level during the Pleistocene, under warmer climatic conditions than today in Rio Grande do Sul coast. The taphonomic analyzes allow the following conclusions: 1) Most of the specimens remained exposed above the sediment-water interface for a short period of time, and 2) Shortly after the death and disarticulation, the organisms were buried at a sufficient depth (below the Taphonomic Active Zone, or TAZ), where have not undergone of dissolution, abrasion and fragmentation processes or action of bioerosive agents. A taxonomic, taphonomic and paleoecological characterization of fossils allied to SPT drilling data proved to be a very useful tool for stratigraphic interpretations and may contribute to a better understanding of the evolution of Pleistocene depositional systems in the southern end of the PCRS.

Keywords: Rio Grande do Sul Coastal Plain, Taxonomic identification, Taphonomic characterization, Standard Penetration Test, Coastal evolution.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A e B: Mapas de situação e localização da área de estudo; B: Mapa de detalhe da área de estudo. ....	16
Figura 2 – Mapa geológico da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) com detalhe da área de estudo (retângulo em vermelho).....	22
Figura 3 - Perfil esquemático da PCRS com seus sistemas deposicionais e suas respectivas idades relacionadas. ....	23
Figura 4 - Mapa geológico do setor sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul mostrando a área de estudo em vermelho.....	24
Figura 5 - Mapa geológico da área de estudo mostrando os pontos onde foram realizadas perfurações.....	25
Figura 6 – Aspecto geomorfológico da área estudada – Planície com áreas alagadas.....	26
Figura 7 - Unidades biogeográficas e principais correntes ao longo do Oceano Atlântico Sul. ....	33
Figura 8 - A) Perfuração utilizando perfuratriz rotatória. B) Material recuperado contendo sedimentos e moluscos fósseis. ....	35
Figura 9 - Táxons de bivalves identificados: 1) <i>Nucula puelcha</i> ; 2) <i>Nucula semiornata</i> ; 3) <i>Lunarca ovalis</i> ; 4) <i>Anadara chemnitzii</i> ; 5) <i>Noetia bisulcata</i> ; 6) <i>Erodona mactroides</i> ; 7) <i>Glycymeris longior</i> ; 8) <i>Plicatula gibbosa</i> ; 9) <i>Ostrea equestris</i> ; 10) <i>Ostrea puelchana</i> ; 11) <i>Crassostrea rhizophorae</i> ; 12) <i>Chlamys tehuelchus</i> ; 13) <i>Trachycardium muricatum</i> ; 14) <i>Laevicardium brasilianu</i> ; 15) <i>Anomalocardia brasiliana</i> ; 16) <i>Chione cancellata</i> ; 17) <i>Chione paphia</i> ; 18) <i>Amiantis purpuratus</i> ; 19) <i>Pitar rostratus</i> ; 20) <i>Tivela</i> sp. 21) <i>Gouldia cerina</i> ; 22) <i>Corbula patagonica</i> ; 23) <i>Corbula caribaea</i> ; 24) <i>Mactra isabelleana</i> ; 25) <i>Mactra janeiroensis</i> ; 26) <i>Mactra guidoi</i> ; 27) <i>Mactra marplatensis</i> ; 28) <i>Tellina petitiana</i> ; 29) <i>Semele purpurascens</i> ; 30) <i>Donax hanleyanus</i> ; 31) <i>Crassinella marplatensis</i> . ....	40
Figura 10 - Táxons de gastrópodes identificados: 1) <i>Bostrycapulus odites</i> ; 2) <i>Buccinanops gradatus</i> ; 3) <i>Buccinanops duartei</i> ; 4) <i>Dorsanum moniliferum</i> ; 5) <i>Olivancillaria urceus</i> ; 6) <i>Olivancillaria uretai</i> ; 7) <i>Olivancillaria vesica vesica</i> ; 8) <i>Olivella tehuelche</i> ; 9) <i>Tegula patagonica</i> ; 10) <i>Natica limbata</i> ; 11) <i>Urosalpinx haneti</i> ; 12) <i>Adelomenlon brasiliana</i> ; 13) <i>Diodora patagonica</i> ; 14) <i>Halistylus</i> cf. <i>columma</i> ; 15) <i>Photinula blakei</i> ; 16) <i>Acteocina candei</i> ; 17) <i>Anachis obesa</i> ; 18) <i>Anachis isabellei</i> ; 19) <i>Turbonilla americana</i> . ....	41
Figura 11 - Comparação entre o número de espécimes de bivalves e o de gastrópodes.....	42
Figura 12 - Abundância das espécies de bivalves. ....	43

Figura 13 - Abundância das espécies de gastrópodes.....	44
Figura 14 - Frequência das espécies de bivalves.....	45
Figura 15 - Frequência das espécies de gastrópodes.....	46
Figura 16 – Incrustação e bioerosão: A) <i>Olivella tehuelche</i> com incrustação por briozoários Cheilostomata; B) <i>Plicatula gibbosa</i> incrustada por corais <i>Astrangia rathbuni</i> (setas brancas); C) <i>Photinula blakei</i> com traços de <i>Meandropolydora</i> (setas brancas); D) <i>Ostrea</i> sp. com traços <i>Entobia</i> (setas pretas) e <i>Gastrochaenolites</i> (setas brancas); E) <i>Mactra gruidoi</i> com traços <i>Oichnus</i> ; F) <i>Mactra gruidoi</i> com túneis <i>Caulostrepsis</i> ; Preservação do perióstraco: G) <i>Amiantis purpuratus</i> com vestígios do perióstraco ainda preservado.....	48
Figura 17 - Coloração original: A) <i>Mactra isabelleana</i> ; B) <i>Mactra isabelleana</i> ; C) <i>Tegula patagonica</i> ; D) <i>Chlamys tehuelchus</i> ; E) <i>Anomalocardia brasiliana</i> ; F) <i>Olivancillaria urceus</i> . .....	49
Figura 18 - Abrasão, arredondamento de margem e fragmentação: A) <i>Glycymeris longior</i> ; B) <i>Adelomelon brasiliana</i> .....	49
Figura 19 - Mapa de localização das seções.....	53
Figura 20 - Seção Geribatu: Definição dos limites entre unidades baseados em dados de sondagens SPT.....	55
Figura 21 - Seção Geribatu: Seção geológica apresentando a estratigrafia interpretada a partir da Figura 20.....	56
Figura 22 - Seção Hermenegildo: Definição dos limites entre unidades baseados em dados de sondagens SPT.....	57
Figura 23 - Seção Hermenegildo: Seção geológica apresentando a estratigrafia interpretada a partir da Figura 22. ....	58
Figura 24 - Seção Chuí: Definição dos limites entre unidades baseados em dados de sondagens SPT.....	59
Figura 25 - Seção Chuí: Seção geológica apresentando a estratigrafia interpretada a partir da Figura 24.....	60
Figura 26 - Exemplo de um afloramento da Barreira II - Fácies Eólico II apresentando coloração acinzentada e amarealada.....	62
Figura 27 - Aspectos granulométricos da Fácies Marinho II apresentando icnofósseis ( <i>Callichirus</i> sp.).....	64
Figura 28 - Afloramento da Barreira III - Fácies Eólico III.....	65
Figura 29 - Depósitos de retrabalhamento por ação eólica. Em A: fotografia do afloramento; em B: fotografia com detalhe para as concreções ferruginosas.....	66

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Resumo das principais assinaturas tafonômicas e suas interpretações.....	31
Tabela 2 - Táxons de bivalves identificados. ....	38
Tabela 3 - Táxons de gastrópodes identificados.....	39
Tabela 4 - Dados paleoecológicos das espécies mais frequentes nas amostras.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS

cf. – confronto com, compare com. Exemplo de utilização: *Halistylus cf. columma*: A espécie *Halistylus columma* foi identificada, mas não com certeza absoluta.

sp – espécie. Exemplo de utilização: *Corbula sp.*: espécie do gênero *Corbula* não identificada a nível de espécie.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 JUSTIFICATIVA	14
4 ÁREA DE ESTUDO	15
4.1 Localização	15
4.2 Contexto Geológico	17
4.2.1 Geologia Regional	17
4.2.2 Geologia Local	23
5 ESTADO DA ARTE	26
5.1 Moluscos: Características Gerais	26
5.2 Taxonomia de Moluscos	27
5.3 Tafonomia de Moluscos	29
5.4 Moluscos Fósseis Quaternários	32
6 MATERIAIS E MÉTODOS	35
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
7.1 Análise taxonômica	37
7.2 Análise tafonômica	47
7.3 Análise paleoecológica	50
7.4 Análise das sondagens SPT	53
8 CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS	68

## 1 INTRODUÇÃO

Os moluscos representam um filo encontrado em ambientes variados e com grande registro fóssil. Tais características fazem com que estes fósseis sejam alvo de inúmeros estudos com objetivos variados. Em relação à geologia, estes fósseis são muito importantes para a reconstrução de paleoambientes e para a compreensão da evolução geológica de sistemas deposicionais (MACHADO; KOTZIAN; ERTHAL, 2011). Os gastrópodes e os bivalves, por exemplo, possuem diversas aplicações em reconstituições ambientais. Características como a forma da concha, o tamanho, a ornamentação, dentre outras, são correlacionadas ao hábito de vida destes animais e podem, portanto, definir características que permitem reconstruir um paleoambiente. Tais características compreendem o tipo de substrato, a energia do ambiente, a profundidade da lâmina d'água, as condições de temperatura e salinidade em que viviam, dentre outras (MACHADO; KOTZIAN; ERTHAL, 2011). Além disso, os processos *post-mortem* que atuam nestes organismos podem refletir o ambiente de origem e o ambiente deposicional, através de características como dissolução, fragmentação, abrasão, orientação das conchas, incrustação, bioerosão, dentre outras (DAVIES ET AL., 1989; PARSONS-HUBBARD, 2005; BEST, 2008; ERTHAL, 2012; RITTER, 2013).

Segundo Villwock; Tomazelli (1995) a Planície Costeira do estado do Rio Grande do Sul (PCRS) compreende quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira desenvolvidos ao longo do Quaternário em resposta à glacioeustasia. Estes sistemas são constituídos por diferentes ambientes e fácies deposicionais que guardam registros geológicos e paleontológicos.

O estado de preservação e a abundância deste conteúdo paleontológico nestes sistemas fazem com que seu estudo seja importante para entender como se deu a evolução da PCRS. Em perfurações realizadas recentemente no sul da PCRS, nos municípios de Santa Vitória do Palmar e Chuí, como parte das obras de instalação do Complexo Eólico Campos Neutrais, foram encontradas conchas fósseis de moluscos marinhos em camadas subsuperficiais. O presente trabalho busca fazer um estudo do conteúdo fossilífero presente nestas perfurações e uma caracterização paleoambiental e paleoecológica destes depósitos, contribuindo assim,

para uma melhor compreensão de como evoluíram os sistemas deposicionais na área estudada.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo geral caracterizar as assembleias de moluscos fósseis dos sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira pleistocênicos no sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS).

### **2.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Realizar a identificação taxonômica das assembleias de moluscos fósseis;
- Caracterizar a paleoecologia e paleobiogeografia das assembleias;
- Avaliar os principais aspectos tafonômicos destas assembleias;
- Caracterizar os paleoambientes através do conteúdo fossilífero;
- Caracterizar a estratigrafia dos sistemas pleistocênicos através da correlação entre a distribuição estratigráfica dos depósitos fossilíferos com dados de sondagens SPT.

## **3 JUSTIFICATIVA**

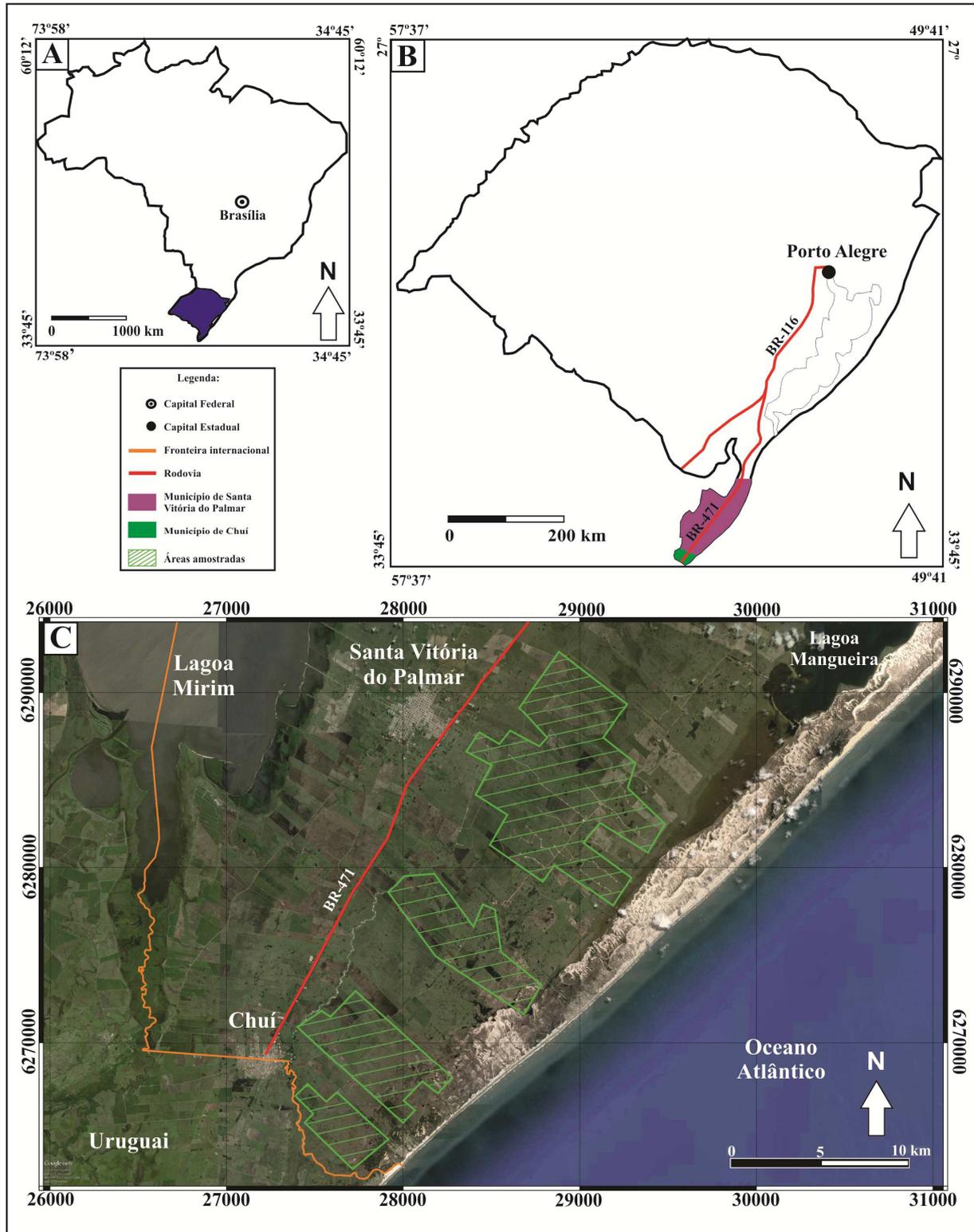
Os sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira de idades holocênicas da PCRS são relativamente bem conhecidos quanto à sua morfologia, estratigrafia e conteúdo fossilífero. No entanto, existem poucos estudos voltados a esta temática para os sistemas pleistocênicos, principalmente quanto aos depósitos de origem marinha. Recentes perfurações realizadas no sul da PCRS recuperaram sedimentos contendo moluscos fósseis marinhos pleistocênicos. Tais fósseis poderão servir para a caracterização paleoambiental e estratigráfica dos sistemas deposicionais pleistocênicos da área estudada, contribuindo assim para uma maior compreensão da evolução costeira deste setor da PCRS.

## **4 ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1 Localização**

A área de estudo deste trabalho localiza-se entre as coordenadas 33°29'S – 33°45'S e, 53°12'W – 53°26'W, nos municípios de Santa Vitória do Palmar e Chuí, no sul da costa do Rio Grande do Sul (Figura 1). Estes municípios estão a aproximadamente 500 km da capital Porto Alegre e o acesso a esta área se dá pela BR-471.

Figura 1 – A e B: Mapas de situação e localização da área de estudo; B: Mapa de detalhe da área de estudo.



Fonte: Autora. \*Imagem: Google Earth.

## 4.2 Contexto Geológico

### 4.2.1 Geologia Regional

Segundo as definições sugeridas por Villwock; Tomazelli (1995), o estado do Rio Grande do Sul é dividido em quatro compartimentos geológico-geomorfológicos: o Escudo Sul-Rio-Grandense, o Planalto, a Depressão Periférica e a Planície Costeira. A área de estudo está localizada na Planície Costeira do Rio Grande do Sul e sua gênese e compartimentação serão abordadas a seguir.

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul constitui a seção superior emersa da Bacia de Pelotas, a qual está localizada no extremo sul da Margem Continental Brasileira e compreende uma área de aproximadamente 210.000 km<sup>2</sup>, possuindo em seu substrato rochas do Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense, do Escudo Catarinense e da Bacia do Paraná (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995). A gênese desta bacia está relacionada com os movimentos tectônicos que resultaram na abertura do Oceano Atlântico Sul (ASMUS; PORTO, 1972).

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), segundo Villwock; Tomazelli (1995), possui o maior registro sedimentar quaternário do Brasil, com uma área de 33.000 km<sup>2</sup>, uma linha de costa de 620 km de extensão e mais de 80 km de largura em algumas porções. É composta, na porção oeste, por três sistemas deposicionais de leques aluviais. Estes três sistemas compreendem: um subsistema principal alimentado pelas rochas ígneas e metamórficas do Escudo Sul-Rio-Grandense, um subsistema associado às encostas do Planalto e um subsistema alimentado pela Barreira Pleistocênica I. Além dos sistemas de leques aluviais, Villwock; Tomazelli (1995) descrevem quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira dispostos a leste do sistema de leques aluviais e desenvolvidos a partir de ciclos transgressivos-regressivos controlados pela glacioeustasia, os quais registram máximos transgressivos seguidos por regressões.

Segundo Villwock; Tomazelli (1995) as idades relativas para estes sistemas deposicionais podem ser dadas pela disposição espacial, onde o sistema mais antigo (Sistema Laguna-Barreira I) fica mais interiorizado, enquanto que o sistema mais novo (Sistema Laguna-Barreira IV) fica na porção mais externa da PCRS (Figura 2). Em relação às idades

absolutas, Villwock; Tomazelli (1995) sugerem que podem ser determinadas por correlação com os estágios isotópicos do oxigênio das curvas de Shackleton; Opdyke (1973) e Imbrie et al. (1984), uma vez que a origem destes sistemas deposicionais está ligada a ciclos glacioeustáticos, representando os picos 11, 9, 5 e 1 (400, 325, 125 e 7 ka ao recente) (Figura 3).

Abaixo são descritas as principais características dos quatro sistemas deposicionais da PCRS.

#### *Sistema Depositional Laguna-Barreira I*

Segundo Villwock; Tomazelli (1995) o Sistema Depositional Laguna-Barreira I representa o mais antigo sistema deposicional da PCRS e tem sua gênese relacionada com o primeiro evento transgressivo-regressivo ocorrido no Pleistoceno. De acordo com as curvas de Shackleton; Opdyke (1973) e Imbrie et al. (1984), corresponde ao estágio isotópico 11, o que lhe confere uma idade de aproximadamente 400 ka (Figura 3). Este sistema encontra-se melhor preservado na porção noroeste da PCRS e seu desenvolvimento se deu através do acúmulo de sedimentos eólicos sobre altos do embasamento. Na porção noroeste da PCRS este sistema se encontra ancorado sobre as rochas sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná, enquanto que na porção central e sudoeste encontra-se sobre as rochas cristalinas do Batólito de Pelotas. A oeste da Lagoa Mirim também podem ser encontrados remanescentes de sedimentos correlacionados à Barreira I (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

A Barreira I é representada por fácies sedimentares compostas por areias quartzo-feldspáticas avermelhadas, de granulação fina a média, bem arredondadas, semi-consolidadas e que apresentam alto conteúdo de matriz siltico-argilosa de origem pedogenética e crostas e nódulos ferruginosos disseminados. A maioria dos afloramentos apresenta estrutura maciça, resultado de intensos processos pós-deposicionais responsáveis pela destruição da maioria das estruturas primárias (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

O Sistema Lagunar I, segundo Villwock; Tomazelli (1995), ocupou uma área baixa situada entre a Barreira I e os terrenos mais antigos da Bacia do Paraná e terrenos pré-cambrianos da região de Porto Alegre, Viamão e Guaíba. É formado por depósitos sedimentares aluviais, lagunares, lacustres e paludiais de diversas idades, produtos da carga

sedimentar trazida pelos rios que drenam as terras altas adjacentes e das ingressões marinhas que afogaram parte da região retrabalhando os depósitos ali existentes.

### *Sistema Depositional Laguna-Barreira II*

O Sistema Depositional Laguna-Barreira II é resultado de um segundo evento transgressivo-regressivo ocorrido durante o Pleistoceno, cujo pico transgressivo pode ser correlacionado com o estágio isotópico 9 das curvas Shackleton; Opdyke (1973) e Imbrie et al. (1984), o que corresponde a uma idade absoluta de 325 ka (Figura 3). Lopes et al., 2013 obteve uma idade de 230-240 ka para a fácies marinha da Barreira II. Villwock (1977) e Villwock (1984) definem a chamada “Barreira Múltipla Complexa” como responsável pelo isolamento do “Sistema Lagunar Patos-Mirim”, representado atualmente pela Lagoa dos Patos e pela Lagoa Mirim. O Sistema Laguna-Barreira II foi responsável pelo primeiro estágio de evolução da “Barreira Múltipla Complexa” (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

A Barreira II é formada por fácies praias e eólicas representadas, ao norte, por um pontal arenoso localizado ao leste da Lagoa dos Barros e, ao sul, por um sistema de ilhas-barreira. Quanto à composição, estas fácies são constituídas de areias quartzo-feldspáticas envoltas em uma matriz siltico-argilosa de natureza diagenética. As estruturas sedimentares primárias estão pouco preservadas, isto porque estes depósitos passaram por processos pedogenéticos que destruíram a maioria delas (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

De acordo com Villwock; Tomazelli (1995), o Sistema Lagunar II é formado por depósitos sedimentares desenvolvidos em uma área de retrobarreira durante o período em que o Sistema Laguna-Barreira II estava ativo e, também, durante os eventos transgressivos-regressivos que se desenvolveram posteriormente. Este corpo lagunar formou um terraço de abrasão em parte da margem oeste da planície costeira, retrabalhado e esculpido pelo avanço das águas do corpo lagunar sobre os leques aluviais durante a rápida transgressão do Sistema II.

### *Sistema Depositional Laguna-Barreira III*

O Sistema Depositional Laguna-Barreira III está associado a um terceiro evento transgressivo-regressivo que ocorreu no Pleistoceno, cujo pico transgressivo pode ser correlacionado com o estágio isotópico 5 das curvas Shackleton & Opdyke (1973) e Imbrie et al. (1984), o que corresponde a uma idade absoluta de 125 ka (Figura 3). Idades de

aproximadamente 120 ka foram atribuídas para a Barreira III por Martin et al. (1982) e Poupeau et al. (1985). Estas idades somadas às características gerais dos sedimentos da Barreira III permitem correlacioná-los com outros depósitos marinhos reconhecidos no mundo que correspondem ao último pico interglacial pleistocênico (estágio isotópico 5). Este sistema representa o estágio final de evolução da chamada “Barreira Múltipla Complexa” que isolou o Sistema Lagunar Patos-Mirim e foi muito importante para a evolução da PCRS por se encontrar muito bem preservado e se estender de maneira quase contínua desde Torres até o Chuí (Villwock; Tomazelli, 1995). Na porção setentrional da PCRS, os depósitos deste sistema encontram-se na base da escarpa da Serra Geral, indicando que no pico transgressivo relativo à Barreira III, atingia diretamente a escarpa da Serra Geral (Villwock; Tomazelli, 1995; Ab’Sáber; Gomes, 1969). Na porção central da PCRS, os depósitos resultantes deste evento transgressivo-regressivo formaram uma barreira que isolou um importante sistema lagunar (Sistema Lagunar III), representado pela Lagoa dos Patos (em sua maior parte). Já na porção meridional da PCRS, este sistema foi responsável pelo isolamento de um pequeno corpo lagunar (Lagoa Mirim) (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

A Barreira III, segundo Villwock; Tomazelli (1995), é constituída por fácies arenosas de origem praial e marinho raso recobertas por fácies eólicas que ocorrem intercaladas a níveis centimétricos de paleossolos, constituindo uma sucessão prográdante (regressivo). Os sedimentos das fácies praias são compostos por areias quartzosas claras, finas, bem selecionadas e com estratificações bem desenvolvidas. Em muitos afloramentos destas fácies é possível observar a presença de icnofósseis (*Callichirus* sp.) e moldes de conchas de moluscos. As fácies eólicas de cobertura possuem uma coloração mais avermelhada e textura maciça que, por vezes, apresentam-se bioturbadas por raízes (TOMAZELLI ET AL. (1982); TOMAZELLI (1985); TOMAZELLI; DILLENBURG, 2007).

O Sistema Lagunar III é formado por depósitos representados por areias finas, síltico-argilosas, pobremente selecionadas, de coloração creme, com laminações plano-paralelas e, frequentemente, concreções carbonáticas e ferruginosas, resultado de um complexo de sistemas deposicionais presentes na região de retrobarreira. Este sistema foi ocupado por grandes corpos lagunares que, durante a rápida transgressão, assim como ocorreu com o Sistema Lagunar II, foram responsáveis por formar um terraço de abrasão (superfície transgressiva) nos leques aluviais (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

### *Sistema Depositional Laguna-Barreira IV*

Segundo Villwock; Tomazelli (1995), o Sistema Depositional Laguna-Barreira IV é o resultado da última grande transgressão pós-glacial que ocorreu durante o Holoceno, cujo pico transgressivo pode ser correlacionado com o estágio isotópico 1 das curvas Shackleton; Opdyke (1973) e Imbrie et al. (1984), o que corresponde a uma idade de 7 ka (Figura 3).

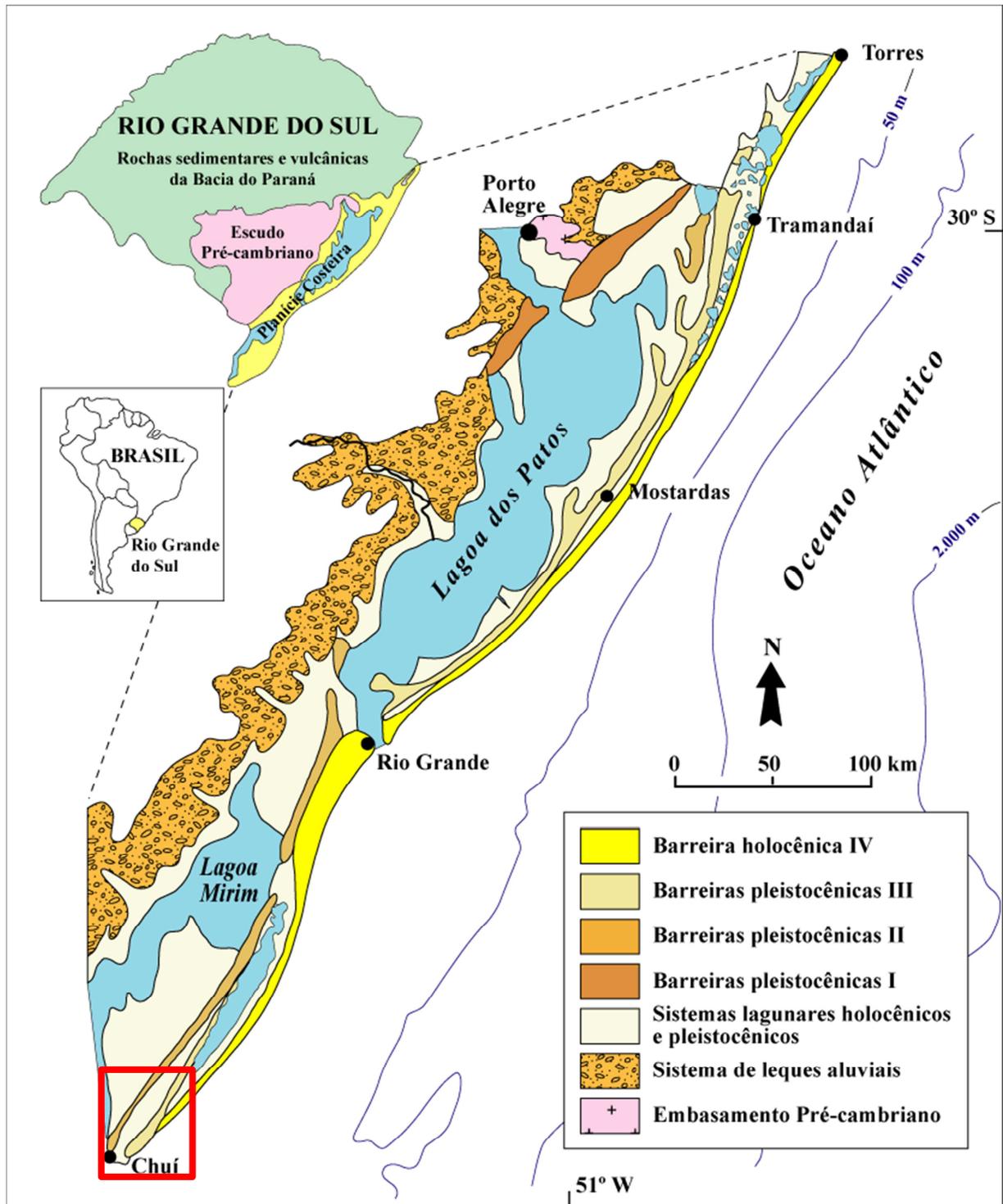
Estudos realizados por Caron (2007), através de dados altimétricos e datações por radiocarbono na região de desembocadura do Arroio Chuí, concluíram que o início do afogamento na região, durante a Transgressão Pós-Glacial, ocorreu em torno de 7 ka e que o afogamento máximo se deu em torno de 6 ka, quando o nível do mar teria alcançado 2 a 3m acima do nível atual.

A Barreira IV é constituída por areias praias e eólicas que progradaram durante a fase regressiva que ocorreu posteriormente ao pico transgressivo (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995). Essa progradação é marcada pela construção de cordões litorâneos regressivos que ainda podem ser observados ao norte de Tramandaí e ao sul da cidade de Rio Grande (GODOLPHIM,1976). Já Dillenburg et al., (2000), abordam a evolução diferenciada da Barreira IV ao longo da costa do Rio Grande do Sul e, segundo os autores, isto se deu em função dos gradientes de energia das ondas controlados pela topografia existente antes da transgressão pós-glacial. Como resultado, em alguns setores da PCRS a Barreira IV possui características regressivas, enquanto que em outros setores é marcadamente transgressiva. Quanto à constituição, as areias praias desta barreira são quartzosas e finas a muito finas (MARTINS, 1967; VILLWOCK, 1972) e, pontualmente, apresentam altas concentrações de minerais pesados (VILLWOCK ET AL., 1979; MUNARO, 1994; DILLENBURG; TOMAZELLI; BARBOZA, 2004). Outra característica da Barreira IV é o campo de dunas desenvolvido ao longo de toda a costa do Rio Grande do Sul, que compreende uma largura que varia entre 2 e 8 km (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995).

O Sistema Lagunar IV, desenvolvido na região de retrobarreira, foi ocupado por grandes corpos lagunares durante o pico transgressivo holocênico que, posteriormente evoluíram para um complexo de ambientes deposicionais. Representantes destes corpos lagunares são a Lagoa Mangueira (setor meridional da PCRS), a Lagoa do Peixe (no setor central da PCRS) e um conjunto de lagoas interligadas (setor setentrional da PCRS) (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995). Este complexo de ambientes deposicionais pode ser

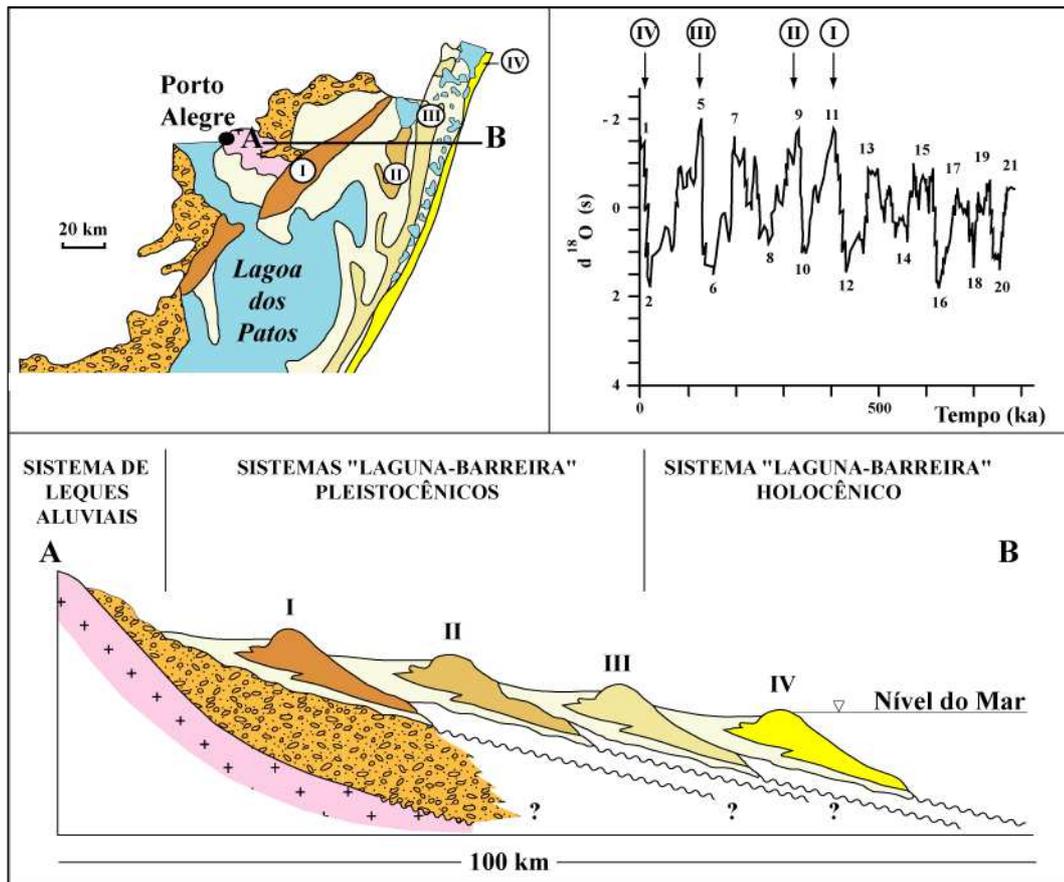
observado no setor setentrional da PCRS, onde é encontrado um conjunto de subambientes deposicionais que compreendem corpos aquosos costeiros, sistemas aluviais, sistemas deltaicos e sistemas paludiais, descritos por Tomazelli; Villwock (1991).

Figura 2 – Mapa geológico da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) com detalhe da área de estudo (retângulo em vermelho).



Fonte: Modificado de Tomazelli; Villwock (1996).

Figura 3 - Perfil esquemático da PCRS com seus sistemas deposicionais e suas respectivas idades relacionadas.



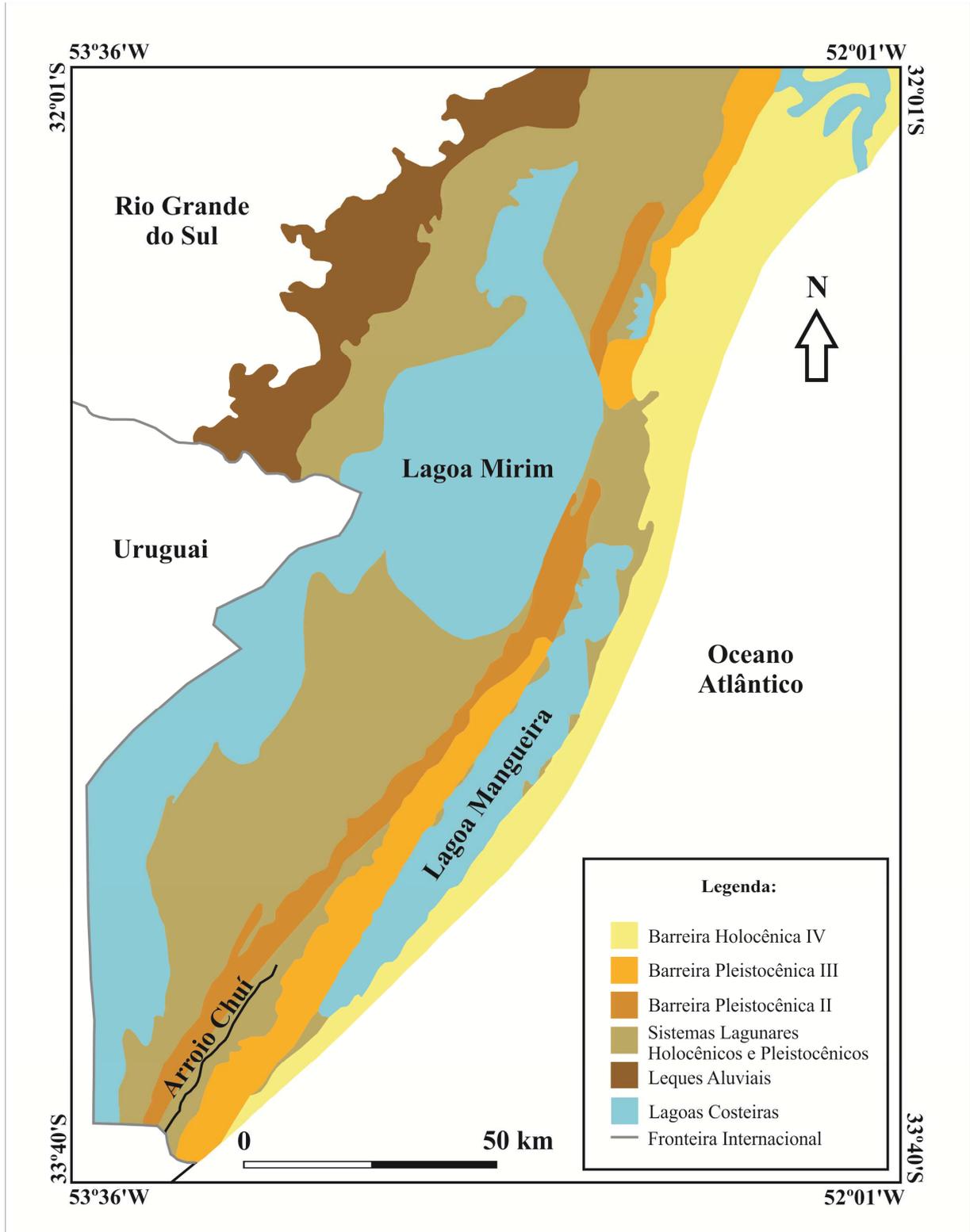
Fonte: Modificado de Tomazelli; Villwock (1996).

#### 4.2.2 Geologia Local

Quanto ao contexto geológico local, a área de estudo deste trabalho localiza-se no setor sul da PCRS (Figura 4). Neste setor, os depósitos correspondentes à Barreira III estendem-se de forma contínua e são ancorados inicialmente à Barreira II e, mais ao sul, juntamente com a Barreira II, isolam um pequeno sistema lagunar onde, atualmente, nasce o arroio Chuí (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995), conforme pode ser visto na Figura 1.

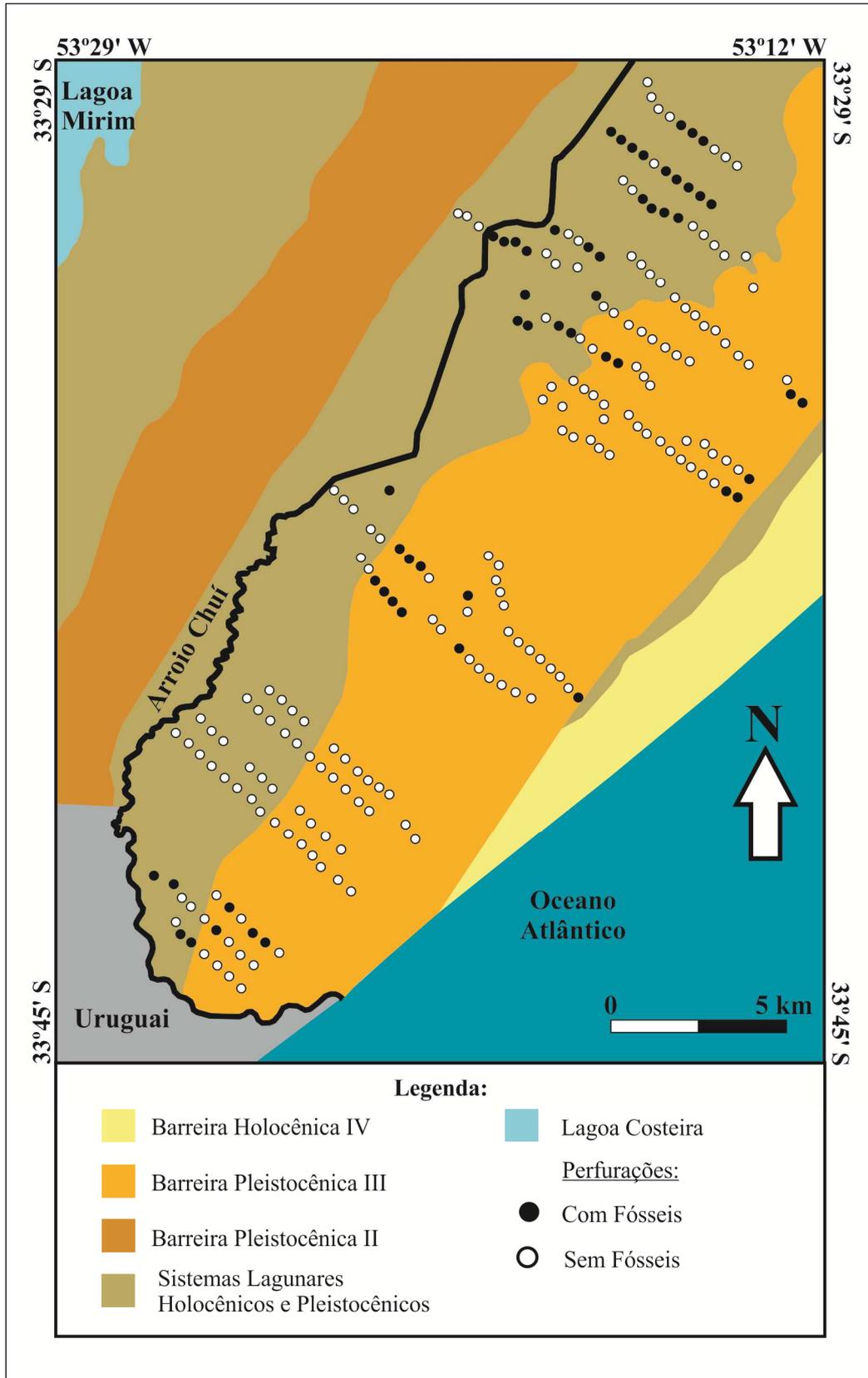
A área abrangida pelas perfurações compreende uma extensa planície com áreas alagadas (Figura 6) que, geomorfologicamente, corresponde ao Sistema Laguna-Barreira III e, estratigraficamente, corresponde aos sistemas Laguna-Barreira II e III (Figura 5).

Figura 4 - Mapa geológico do setor sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul mostrando a área de estudo em vermelho.



Fonte: Modificado de Tomazelli; Villwock (1996).

Figura 5 - Mapa geológico da área de estudo mostrando os pontos onde foram realizadas perfurações.



Fonte: Modificado de Tomazelli; Villwock (1996).

Figura 6 – Aspecto geomorfológico da área estudada – Planície com áreas alagadas.



Fonte: Renato Pereira Lopes (acervo pessoal).

## 5 ESTADO DA ARTE

### 5.1 Moluscos: Características Gerais

Moluscos são metazoários de corpo mole recoberto por um tecido fino, bilateralmente simétricos, triploblásticos, protostômios, de celoma reduzido e não segmentados (BARNES, 1984; RUPPERT, BARNES, 1996; BRUSCA, BRUSCA, 2007). De acordo com Machado; Kotzian; Erthal (2011) os moluscos variam de formas microscópicas a métricas, ocupam diversos habitats, possuem hábitos de vida variados e são encontrados principalmente em ambientes marinhos e, mais raramente, em ambientes de água doce e terrestres. Possuem uma concha que é secretada por um tecido chamado manto (ou pálio) e sofre acresções nas margens e no seu interior; podendo ser univalve, bivalve, polivalve ou pseudobivalve; de composição aragonítica e/ou calcítica.

Os moluscos possuem uma grande importância para a Paleontologia e, conseqüentemente para a Geologia, uma vez que estes animais são providos de uma concha que pode se preservar ao longo do tempo sob a forma de moldes internos, externos e compostos, contra-moldes e substituições. A preservação destes caracteres torna os moluscos um dos filos mais importantes para a reconstituição de paleoambientes e para o estudo de processos evolutivos (MACHADO; KOTZIAN; ERTHAL, 2011).

## 5.2 Taxonomia de Moluscos

De acordo com Rios-Netto (2004) táxon é um grupo de organismos com afinidades morfológicas e/ou filogenéticas, independente do nível que esse grupo ocupa em qualquer ordenamento e hierarquização. Taxonomia é o conjunto de princípios, procedimentos e regras que embasam a Classificação e a Sistemática (BLOW, 1979). O objetivo da taxonomia é agrupar e dar nome aos táxons de uma forma organizada e cientificamente correta.

As classificações mais tradicionais dos organismos incluem sete categorias ou grupos taxonômicos, ordenados hierarquicamente: reino, filo ou divisão, classe, ordem, família, gênero e espécie (unidade taxonômica fundamental). Além destes, existem subníveis intermediários como: subclasse, superclasse, subordem, superordem, dentre outros (RIOS-NETTO, 2004).

Segundo Machado; Kotzian; Erthal (2011) o filo Mollusca é dividido em oito classes: Monoplacophora, Polyplacophora, Gastropoda, Cephalopoda, Rostroconchia, Scaphopoda, Bivalvia e Aplacophora. Dentre estas classes, as mais usadas na Paleontologia são:

*Classe Polyplacophora:* De acordo com Machado; Kotzian; Erthal (2011) compreende organismos que apresentam oito placas calcárias com ausência ou presença de articulamentos. Estes animais são marinhos e bentônicos, vivem em águas relativamente rasas e, seus fósseis encontram-se, geralmente, sob a forma de placas isoladas em fácies sedimentares de ambientes próximos à costa, associados a escarpas rochosas. Os polioplacóforos são divididos em duas ordens: Paleoloricata e Neoloricata.

*Classe Monoplacophora:* Os monoplacóforos atuais apresentam concha em forma cônica lisa ou ornamentada no padrão reticular, contudo, os fósseis mostram grande diversidade de formas de conchas. São bilateralmente simétricas, embora algumas sejam ligeiramente assimétricas. As impressões dos moluscos pediais, nas formas fósseis, podem variar de um a oito pares. As conchas são aragoníticas de microestrutura prismática, nacarada e/ou lamelar cruzada (MACHADO; KOTZIAN; ERTHAL, 2011). Segundo Pojeta et al. (1987) esta classe possui quatro ordens: Cyrtoneillida, Tryblidiida, Bellerophonitida e Pelagiellida.

*Classe Gastropoda:* De acordo com Machado; Kotzian; Erthal (2011) os gastrópodes são os moluscos mais diversificados e abundantes e possuem uma concha geralmente

espiralada. São preferencialmente marinhos e bentônicos, mas muitas espécies de gastrópodes vivem em ambientes de água doce e outras espécies são as únicas, dentre os moluscos, que invadiram o meio terrestre. Os gastrópodes fósseis possuem aplicações em reconstituições paleoambientais, uma vez que a ornamentação, forma e tamanho das conchas podem indicar diferentes ambientes quanto à energia, o substrato, a profundidade da lâmina d'água, dentre outras características. Os gastrópodes são divididos em 3 subclasses: Prosobranchia, Opisthobranchia e Pulmonata.

*Classe Cephalopoda:* Machado; Kotzian; Erthal (2011) descrevem os cefalópodes como moluscos exclusivamente marinhos que são representados atualmente pelos gêneros *Nautilus*, *Sepia*, *Spirula*, e lulas e polvos. Os registros fósseis mostram que as conchas externas eram muito comuns para esta classe, porém, ao longo do tempo houve uma tendência de interiorização, redução ou perda da concha. Atualmente, a maioria dos representantes desta classe não possui concha ou possuem uma concha interna remanescente, sendo que apenas o gênero *Nautilus* possui concha externa. Os cefalópodes são divididos em 3 subclasses: Nautiloidea, Ammonoidea, Coleoidea.

*Classe Rostroconchia:* De acordo com Machado; Kotzian; Erthal (2011) esta classe compreende um grupo extinto de moluscos caracterizados por possuir uma concha pseudobivalve, podendo ser ornamentada por uma escultura concêntrica e radial. Os rostrocônquios são divididos em duas ordens: Ribeirioidea e Conocardioida.

*Classe Scaphopoda:* São descritos por Machado; Kotzian; Erthal (2011) como um grupo de moluscos exclusivamente marinhos e cosmopolitas, bentônicos, encontrados geralmente em águas profundas, caracterizados por apresentar uma concha univalve, tubular com abertura em ambas as extremidades. Os escafópodes foram a última classe a aparecer no registro geológico e são divididos em duas subclasses: Dentalioidea e Siphonodentalioidea.

*Classe Bivalvia:* Machado; Kotzian; Erthal (2011) descrevem os bivalvíos como moluscos encontrados, principalmente, em ambientes marinhos desde regiões polares até o equador, em águas rasas e abissais, podendo também ser encontrados em águas salobras e regiões de remansos de lagos e rios. São representados pelos mexilhões, ostras, vieiras e turus. Possuem um grande e diversificado registro fóssil e são muito importantes para reconstruções paleoambientais, devido à correlação existente entre a forma da concha e os hábitos de vida dos bivalvíos, que remetem a duas características importantes para definir um paleoambiente: o substrato e a energia do ambiente. Os bivalves são divididos em 6 subclasses:

Palaeotaxodonta, Cryptodonta, Pteriomorphia, Palaeoheterodonta, Heterodonta, Anomalodesmata.

### 5.3 Tafonomia de Moluscos

A primeira definição para o termo tafonomia foi “o estudo da transição (em todos os seus detalhes) de restos de animais da biosfera para a litosfera” e foi dada por Efremov (1940, p. 85). Posteriormente, Behrensmeyer; Kidwell (1985) definiram a tafonomia como o estudo dos processos de preservação e como tais processos afetam as informações no registro fóssil.

Behrensmeyer; Kidwell; Gastaldo (2000) explanam a interdisciplinaridade e complexidade da tafonomia e ressaltam que a sua importância não é somente porque os remanescentes bióticos indicam o quão fiel a história biológica foi gravada, mas também são testemunhos das condições ambientais e evidências de aspectos da evolução biológica de uma espécie, população ou comunidade.

De acordo com Ritter (2013, p.14) os processos que atuam na destruição de qualquer remanescente biológico deixam um registro e, por se tratarem de dano pós-morte, podem ser considerados processos tafonômicos. O autor ainda afirma que “estas marcas são denominadas assinaturas tafonômicas e são o registro dos processos que modificam esqueletos mortos e que indicam processos de destruição pós-morte”.

Os processos tafonômicos podem ser avaliados e utilizados para reconstruções paleoambientais, tais processos são produzidos por uma série de fatores que compreendem as condições sedimentares (*e.g.* tipo de sedimento, geoquímica), as condições ambientais (*e.g.* profundidade, temperatura) e os fatores biológicos intrínsecos (*e.g.* composição mineralógica da concha/osso, hábito de vida) (RITTER, 2013).

Atualmente os moluscos são alvo de estudos tafonômicos por apresentarem um grande registro fóssil (principalmente os bivalves) e por serem encontrados tanto em ambientes marinhos e plataformais, quanto em depósitos lagunares e estuarinos (RITTER, 2013). Segundo Kowalewski; Hoffmeister (2003) as assinaturas tafonômicas são mais amplamente mensuradas e avaliadas em restos de moluscos, por serem estes facilmente preserváveis e coletáveis.

Parsons-Hubbard (2005) faz um estudo no nordeste do Caribe utilizando moluscos fósseis e aborda a influência de diversos fatores na preservação dos mesmos, que vai desde o hábito de vida até o ambiente deposicional, isto porque estes ambientes deixam um registro

nos remanescentes fósseis, que são as assinaturas tafonômicas. Desta forma, o autor afirma que uma análise integrada destas assinaturas permite caracterizar o ambiente deposicional.

Ritter (2013) usa as assinaturas tafonômicas de moluscos da PCRS para investigar a influência dos processos ambientais na destruição de remanescentes biológicos e testa o potencial de preservação das associações de moluscos para compreender a qualidade do registro fóssil nos sistemas estuarino-lagunares da PCRS.

Davies et al. (1989) realizam um estudo com moluscos fósseis na costa do Texas, utilizando critérios tafonômicos como a dissolução, quebra, abrasão, grau de seleção e orientação das conchas para correlacioná-los estatisticamente com parâmetros como o ambiente de origem das conchas, o ambiente de deposição e a profundidade de soterramento. Segundo este estudo, os autores concluem que as “tafofácies” refletem tanto os processos tafonômicos presentes no ambiente de origem quanto o processo de deposição final.

A Tabela 1 mostra um resumo dos principais aspectos tafonômicos, suas descrições e significados ambientais.

Tabela 1 - Resumo das principais assinaturas tafonômicas e suas interpretações.

<b>Aspecto tafonômico</b>	<b>Descrição/Significado</b>
Abrasão	Indica energia ambiental, mas também pode ser resultado de processos biológicos como bioerosão. É diagnóstica em ambientes de praia.
Arredondamento de margem	Combinação de fragmentação, dissolução, bioerosão e abrasão; dá uma estimativa de tempo após a fragmentação.
Bioerosão	É o resultado de processos corrosivos de organismos epibiontes, principalmente microperfuração (algas, briozoários) e raspagem. Em conchas pode deixar traços característicos da espécie/táxon que o causou (icnofósseis). É ótimo indicativo do tipo de ambiente.
Cor	Indica estado de oxirredução do sedimento; deposição de minerais tanto alóctones quanto autigênicos.
Dissolução	Nem sempre os esqueletos estão em equilíbrio químico com a água ambiente, então a insaturação da água em $\text{CaCO}_3$ (assim como flutuações no pH, $\text{PCO}_2$ e temperatura) pode levar à dissolução de conchas carbonáticas.
Fragmentação	Produzida principalmente em ambientes de alta energia, mas também pode ser o resultado de processos biogênicos, como predação.
Incrustação	Indica exposição acima da interface sedimento-água. Também é um ótimo indicador de ambientes, pois os táxons incrustantes tendem a ser bem específicos.

Fonte: Erthal (2012) de Kidwell & Bosence (1991); Parsons-Hubbard (2005); Best (2008).

#### 5.4 Moluscos Fósseis Quaternários

O Quaternário compreende os últimos momentos da história da Terra, e excetuando-se algumas espécies, as assembleias de moluscos recuperados a partir de exposições ao longo do sudeste da costa da América do Sul (sul do Brasil, Uruguai, e Argentina) são essencialmente iguais às assembleias que habitam esta região atualmente (MARTÍNEZ; DEL RIO; ROJAS, 2013).

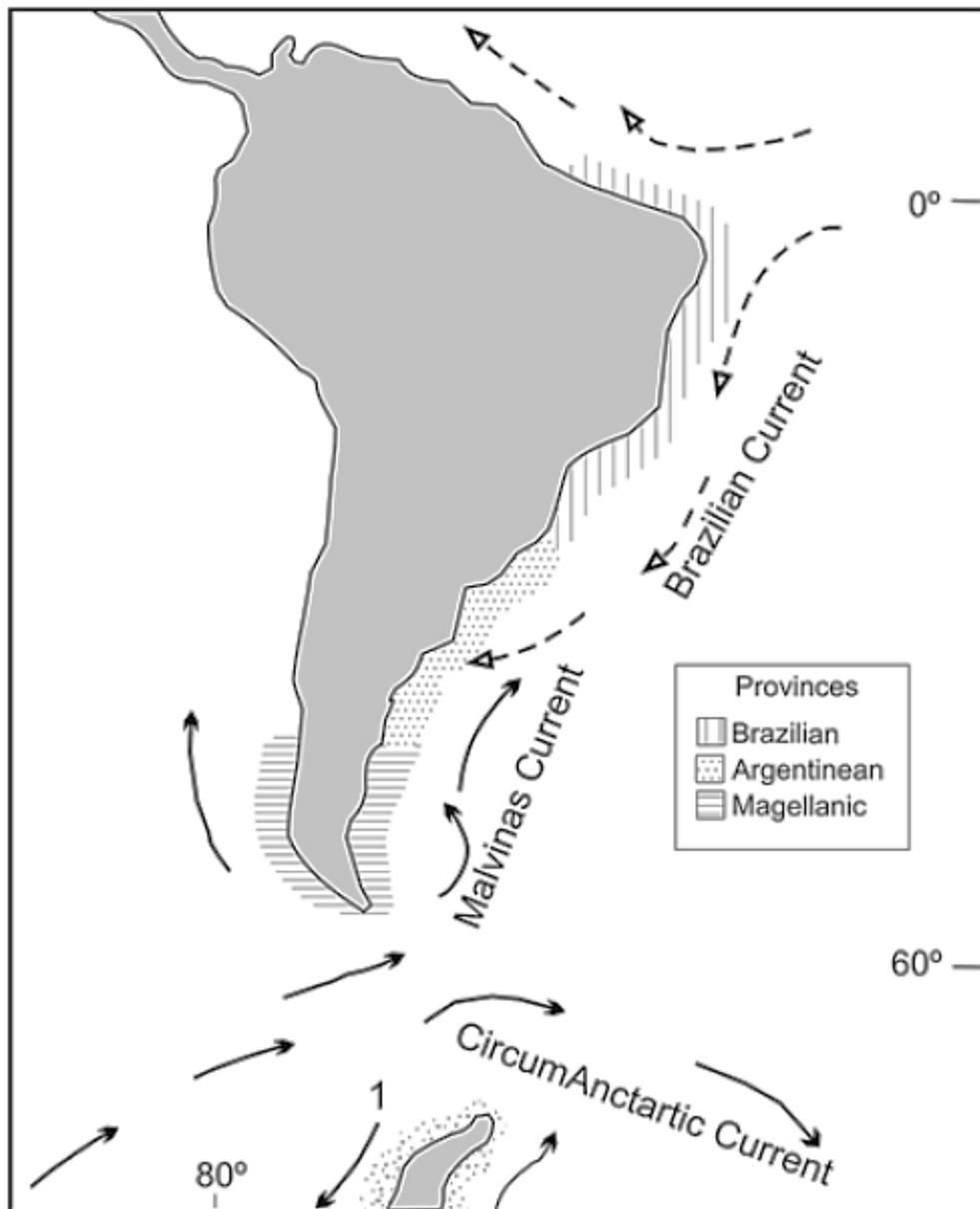
A composição e a distribuição espacial dos moluscos atuais é fortemente influenciada pelas condições ambientais presentes na área e pela contingência histórica local. Como acontece no resto do mundo, as mudanças nos padrões paleogeográficos e de paleocirculação caracterizam o Atlântico Sul durante o Cenozóico, e a distribuição atual das associações de moluscos reflete estas mudanças. Desta forma, o conhecimento dos moluscos que precederam os atuais pode elucidar indícios geológicos e biológicos necessários para entender a evolução costeira e sua ligação com as mudanças globais, além de permitir um melhor gerenciamento dos ecossistemas costeiros. (MARTÍNEZ; DEL RIO; ROJAS, 2013; MARTÍNEZ; DEL RIO, 2002).

Os principais fatores que controlam a distribuição das espécies relacionam-se com o relevo costeiro, a temperatura e as correntes oceânicas, os quais podem atuar como barreiras ou vias de dispersão (GORDILLO, 1998). O relevo de um continente ou de arcos de ilha pode oferecer um caminho para a dispersão da biota de águas rasas ao longo das plataformas, o que poderia aplicar-se, respectivamente, ao continente sul-americano e ao arquipélago da Terra do Fogo (VALENTINE, 1973). As correntes oceânicas são responsáveis pelo transporte de sedimentos finos e de microorganismos, como por exemplo, larvas de moluscos, que os distribuem para regiões distantes de seus locais de origem (REID, 1973). A temperatura, segundo Valentine (1973), Valentine, J. W.; Foin, T. C.; Peart, D. (1978) e Valentine; Jablonski (1985) é o principal fator que influencia na atual distribuição das províncias malacológicas e, segundo Addicott (1966, 1968) evidências indicam que o mesmo sucedeu no passado.

Os fatores anteriormente citados determinam um conjunto de unidades biogeográficas ou províncias malacológicas, caracterizadas pela presença de uma malacofauna própria e característica (GORDILLO, 1998). Ao longo do Atlântico Sul são reconhecidas, atualmente, de norte a sul, as províncias *Caribeña*, *Patagónica* e *Magallánica* (VALENTINE, 1973) ou

*Brasileña* (subdivisão da Província *Caribeña*), *Argentina* (=Patagónica) e *Magallánica*, conforme adotado por Scarabino (1977) e Briggs (1995). Estas províncias são determinadas principalmente pelo gradiente térmico latitudinal, o qual está controlado pela Corrente Fria das Malvinas (CM) que deriva da Corrente Circumpolar Antártica (CCA) para o norte, e pela Corrente Quente do Brasil (CB) que avança em sentido oposto (BOLTOVSKOY, 1979). A Província *Brasileña* está ligada a CB, a *Magallánica* a CM e a *Argentina* resulta da confluência da CB com a CM (MARTÍNEZ; DEL RÍO, 2002).

Figura 7 - Unidades biogeográficas e principais correntes ao longo do Oceano Atlântico Sul.



Fonte: Martínez; Del Río; Rojas (2013).

Conforme já mencionado, a grande variedade e o alto potencial de preservação dos moluscos fazem deste um dos filões mais utilizados para reconstrução de paleoambientes. Diversos trabalhos foram e vêm sendo desenvolvidos utilizando o estudo taxonômico e tafonômico de moluscos fósseis quaternários para este fim. Alguns trabalhos que destacam esta temática estão na forma de uma breve descrição abaixo.

Closs; Forti (1971) estudam os moluscos fósseis da Formação Chuí no município de Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul e, através da taxonomia, descrevem 45 espécies, entre elas bivalves, gastrópodes e escafópodes. As associações fossilíferas encontradas mostraram predominância de espécies de águas rasas e de praias de mar aberto e foram correlacionadas com as associações da Formação Querandinense do Uruguai, consideradas holocênicas.

Forti-Esteves (1974) realiza um estudo nas cidades de Cassino, Palmares do Sul e Santa Vitória do Palmar utilizando amostras de calha e material de subsuperfície contendo moluscos fósseis. Neste trabalho, a autora correlaciona os resultados das associações de moluscos presentes nas amostras com as associações da Formação Querandinense (Holoceno) do Uruguai e da Argentina, além de abordar análises sistemáticas sobre a distribuição zoogeográfica das assembleias. As perfurações de Palmares do Sul e Cassino mostraram uma associação faunística holocênica, assim como as associações de Santa Vitória do Palmar também de idades holocênicas. Segundo a autora, os sedimentos holocênicos não pertenciam à Formação Chuí, como havia sido proposto anteriormente por Forti (1969). A análise da associação de moluscos (Palmares do Sul) mostra a predominância de espécies marinhas de águas rasas desenvolvidas em fundo arenoso e, a presença de espécies mixohalinas que indicam um ambiente do tipo deltaico (com influência de águas doce e salgada). Desta forma, a autora conclui que as espécies estudadas eram holocênicas e pertenciam a um ambiente que antes de ser exclusivamente marinho, tinha influência de águas continentais.

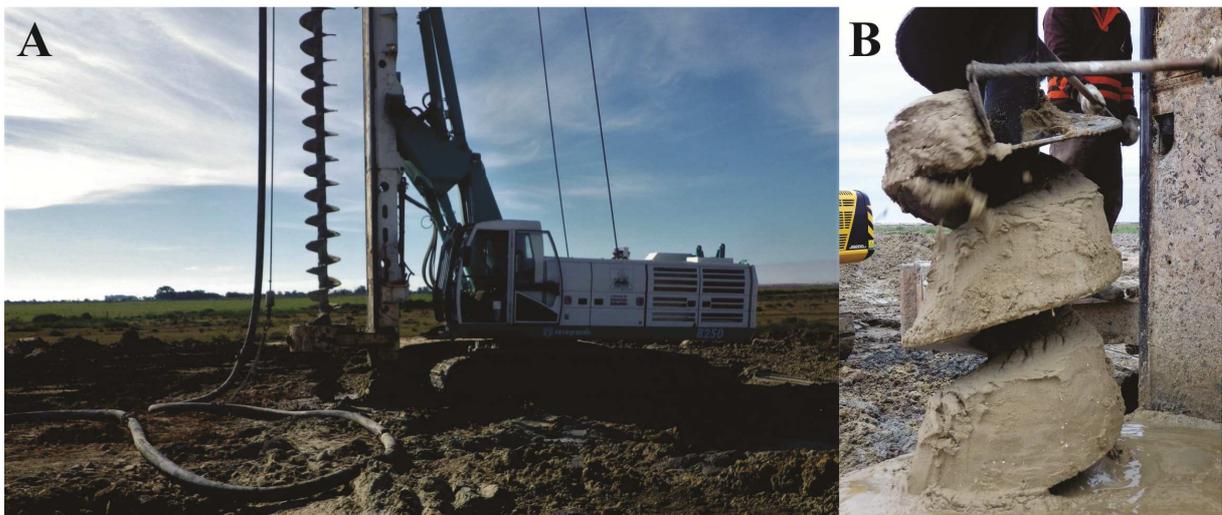
Martínez et al. (2006) apresentam um estudo sobre as associações de moluscos holocênicos da Formação Villa Soriano (Uruguai). Neste estudo, as análises paleológicas foram realizadas utilizando dados taxonômicos, geocronológicos e indicadores ambientais com o objetivo de reconstruir as variações de temperatura e salinidade e a paleo-posição da frente fluvial-marinha do estuário do *Rio de la Plata*. A partir das associações estudadas ele infere que o estuário do *Rio de la Plata* estaria a 300 km a oeste da atual costa uruguaia e que a temperatura da água era maior do que a atual para a latitude considerada.

## 6 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras utilizadas neste trabalho foram coletadas a partir do monitoramento e resgate paleontológico executado durante a construção do Complexo Eólico Campos Neutrais, o qual compreende os parques eólicos Chuí, Geribatu e Hermenegildo, localizados nos municípios de Santa Vitória do Palmar e Chuí, sob responsabilidade da Eletrosul Centrais Elétricas S/A.

As coletas foram realizadas entre 2014 e 2015 durante as perfurações realizadas pela empresa para a construção do parque eólico. Cada amostra utilizada neste trabalho é proveniente de uma perfuração e é constituída por material fossilífero e sedimentos. No total foram processadas amostras de 34 perfurações, as quais foram realizadas através de perfuratriz rotatória e alcançaram até 15 metros de profundidade (Figura 7).

Figura 8 - A) Perfuração utilizando perfuratriz rotatória. B) Material recuperado contendo sedimentos e moluscos fósseis.



Fonte: Renato Pereira Lopes (acervo pessoal).

Todas as amostras foram identificadas e nomeadas de acordo com a localização dos complexos eólicos (Chuí, Geribatu ou Hermenegildo), o número do parque eólico e o número da perfuração, como por exemplo: GIVA10 (amostra pertencente ao Complexo Eólico Geribatu, parque IV, perfuração 10).

As amostras foram armazenadas em caixas e embalagens plásticas no Laboratório de Mineralogia e Petrografia da UNIPAMPA, onde posteriormente foram processadas. Inicialmente, algumas amostras precisaram ser lavadas utilizando peneira com abertura de 0,5 mm e água, após foram secas em estufa com uma temperatura de aproximadamente 50°C. Em

seguida todas as amostras foram triadas com o auxílio de pincéis e agulhas, separando-se os moluscos fósseis do sedimento presente nas amostras.

O próximo passo foi a identificação dos moluscos fósseis. Para isto, primeiramente eles foram separados por similaridade e, após, foram analisados com o auxílio de uma lupa para melhor identificação. Feito isso, realizou-se a classificação das espécies de acordo com Rios (1994, 2009). Após a identificação taxonômica, foi realizada a contagem de espécimes de cada amostra e, a partir desta contagem, foi possível gerar um gráfico comparando a abundância de bivalves *versus* a de gastrópodes; um gráfico de abundância para cada uma das classes (bivalves e gastrópodes) e um gráfico de frequência para cada classe. Todos os gráficos foram gerados no *Microsoft Excel*.

Após, foi escolhido um exemplar-tipo para cada espécie presente nas amostras, os quais foram fotografados com uma escala adequada e fundo escuro para melhor visualização de suas características. Também foram analisadas as assinaturas tafonômicas presentes nas assembleias, tais como: abrasão, arredondamento de margem, bioerosão, cor, fragmentação e incrustação. As amostras identificadas por possuir assinaturas tafonômicas importantes para interpretações foram separadas e fotografadas com fundo escuro e escala adequada. Todas as fotografias foram dispostas em pranchas feitas no *CorelDRAW*.

A análise paleoecológica foi realizada para todas as espécies baseada nas seguintes bibliografias: Aguirre (1993); Rios (1994, 2009); Gordillo (1998); Aguirre; Farinatti (1999) e Martínez; Del Río (2005). Após, foi elaborada uma tabela contendo os dados paleoecológicos das espécies consideradas frequentes pela análise taxonômica.

Durante a construção do Complexo Eólico também foram realizados sondagens do tipo SPT para caracterização geotécnica em subsuperfície. O SPT consiste na medição do número de golpes necessários para a penetração de um amostrador padrão de 50 mm de diâmetro externo sob a ação de um martelo padronizado de 65 kg em queda livre de uma altura de 75 cm. O número de golpes necessários para cravar o amostrador no solo em 300 mm, após uma cravação inicial de 150 mm, é chamado de  $N_{SPT}$  e representa o índice de resistência de um determinado material (SCHNAID, 2000; NBR 6480). Desta forma, O SPT é uma técnica de sondagem que auxilia no reconhecimento da resistência de materiais inconsolidados em subsuperfície e, conseqüentemente, pode auxiliar na delimitação de fácies sedimentares fornecendo subsídios para interpretações estratigráficas.

Os dados de SPT foram fornecidos pela empresa e são apresentados neste trabalho na forma de três seções geológicas, uma para cada Complexo Eólico: Seção Geribatu na porção norte da área, Seção Hermenegildo na porção central e Seção Chuí na porção sul. Estas seções foram realizadas utilizando o *CorelDRAW* e o *Google Earth Pro*. Nestas seções, realizadas utilizando o *CorelDRAW* e o *Google Earth Pro*, foram definidas diferentes unidades deposicionais através do conteúdo fossilífero, da compactação e da composição granulométrica.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões estão descritos abaixo segundo as diferentes análises realizadas: Análise taxonômica; Análise tafonômica; Análise paleoecológica e Análise de sondagens SPT.

### 7.1 Análise taxonômica

A análise taxonômica permitiu a identificação de 49 espécies de moluscos, sendo 30 espécies de bivalves e 19 de gastrópodes (Tabelas 2 e 3 e Figuras 8 e 9, respectivamente).

O número total de espécimes analisados foi de 5843 e, destes, apenas 202 (3,46%) não puderam ser identificados a nível de espécie, sendo identificados somente a nível de gênero.

Observou-se uma nítida predominância de bivalves (5614 espécimes) em relação aos gastrópodes (229 espécimes), como é observado na Figura 10.

As Figuras 11 e 12 apresentam a abundância das espécies/gêneros de cada classe, ou seja, o número de espécimes de cada. As espécies mais abundantes entre os bivalves, como pode ser visto na Figura 11, são *Amiantis purpuratus* (26,49%), *Pitar rostratus* (12,10%), *Mactra guidoi* (11,11%), *Corbula caribaea* (9,62%), *Mactra janeiroensis* (8,21%), *Mactra isabelleana* (7,77%) e *Gouldia cerina* (5,22%). Já as espécies mais abundantes entre os gastrópodes, como pode ser visto na Figura 12, são *Bostrycapulus odites* (68,56%) e *Olivella tehuelche* (12,23%).

Já as Figuras 13 e 14 apresentam a frequência de cada classe, ou seja, a porcentagem que corresponde ao número de amostras em que uma determinada espécie ocorre. Dentre os bivalves, as espécies mais frequentes, como pode ser visto na Figura 13, são *Amiantis purpuratus* (94,12%), *Mactra janeiroensis* (94,12%), *Pitar rostratus* (94,12%), *Mactra isabelleana* (88,24%), *Mactra guidoi* (85,29%), *Corbula caribaea* (79,41%), *Gouldia cerina*

(76,47%). Já dentre os gastrópodes, a espécie mais frequente é *Bostrycapulus odites* (73,53%) (Figura 14).

Tabela 2 - Táxons de bivalves identificados.

<b>Classe BIVALVIA</b>	
Ordem ARCOIDA	Família PECTINIDAE
Família ARCIDAE	<i>Chlamys tehuelchus</i> (d'Orbigny, 1846)
<i>Anadara chemnitzii</i> (Philippi, 1851)	Família PLICATULIDAE
<i>Lunarca ovalis</i> (Bruguère, 1789)	<i>Plicatula gibbosa</i> (Lamarck, 1801)
Família NOETIIDAE	Ordem VENEROIDA
<i>Noetia bisulcata</i> (Lamarck, 1819)	Família CARDIIDAE
Ordem CARDITOIDA	<i>Laevicardium brasilianum</i> (Lamarck, 1819)
Família CRASSATELLIDAE	<i>Trachycardium muricatum</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Crassinella marplatensis</i> (Castellanos, 1970)	Família DONACIDAE
Ordem MYOIDA	<i>Donax hanleyanus</i> (Philippi, 1842)
Família CORBULIDAE	Família MACTRIDAE
<i>Corbula caribaea</i> (d'Orbigny, 1853)	<i>Mactra isabelleana</i> (d'Orbigny, 1846)
<i>Corbula patagonica</i> (d'Orbigny, 1846)	<i>Mactra guidoi</i> (Signorelly; Scarabino, 2010)
Família ERODONIDAE	<i>Mactra janeiroensis</i> (E. A. Smith, 1915)
<i>Erodona mactroides</i> (Bosc, 1802)	<i>Mactra marplatensis</i> (Doello-Jurado, 1949)
Família GLYCYMERIDIDAE	Família SEMELIDAE
<i>Glycymeris longior</i> (Sowerby, 1833)	<i>Semele purpurascens</i> (Gmelin, 1791)
Ordem NUCULOIDA	Família TELLINIDAE
Família NUCULIDAE	<i>Tellina pettitiana</i> (d'Orbigny, 1846)
<i>Nucula semiornata</i> (d'Orbigny, 1842)	Família VENERIDAE
<i>Nucula puelcha</i> (d'Orbigny, 1846)	<i>Amiantis purpuratus</i> (Lamarck, 1818)
Ordem OSTREOIDA	<i>Anomalocardia brasiliiana</i> (Gmelin, 1791)
Família OSTREIDAE	<i>Chione cancellata</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Crassostrea rhizophorae</i> (Guilding, 1828)	<i>Chione paphia</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Ostrea equestris</i> (Say, 1834)	<i>Gouldia cerina</i> (C. B. Adams, 1845)
<i>Ostrea puelchana</i> (d'Orbigny, 1842)	<i>Pitar rostratus</i> (Koch, 1844)

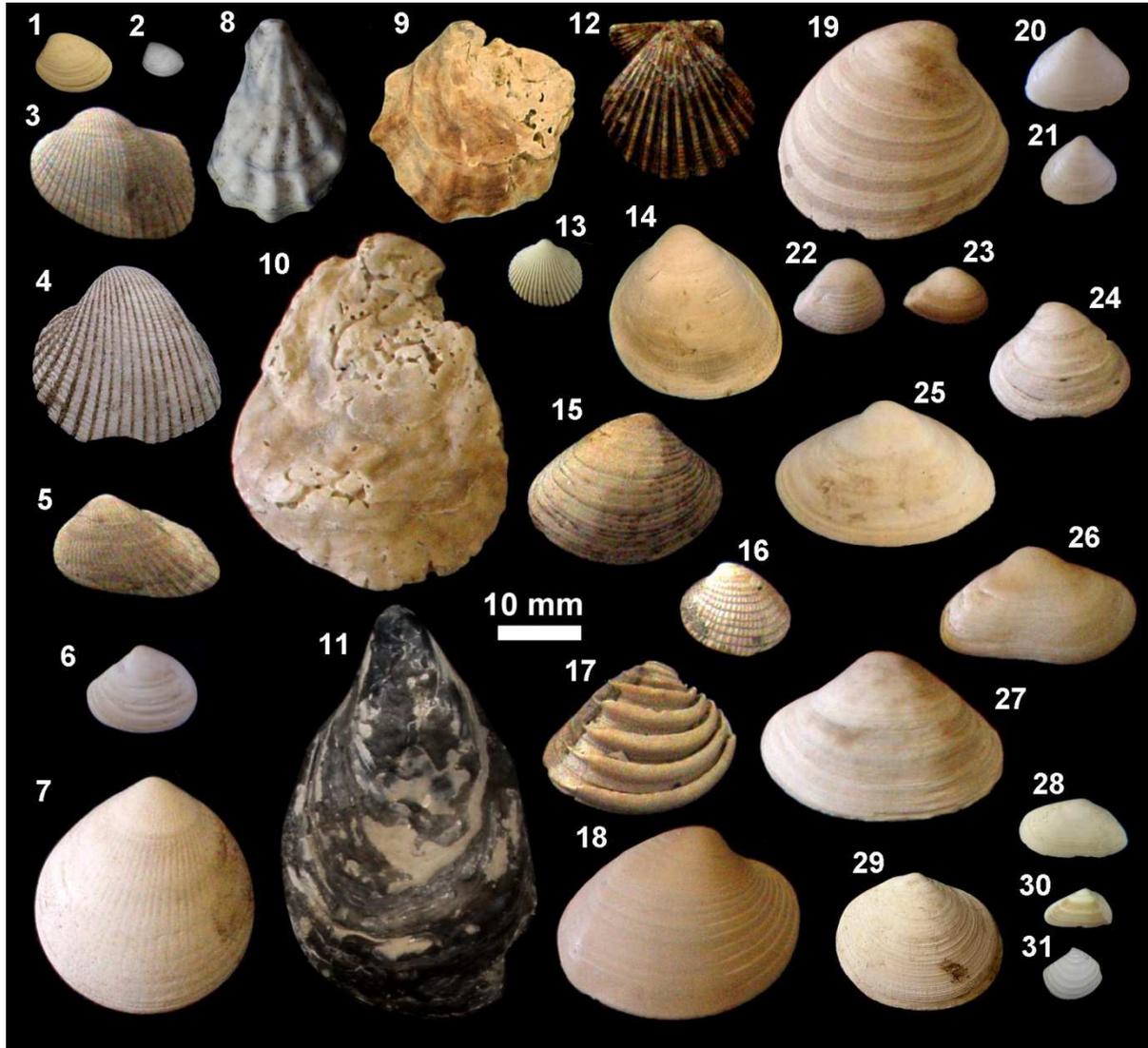
Fonte: Rios (1994, 2009)

Tabela 3 - Táxons de gastrópodes identificados.

<b>Classe GASTROPODA</b>	
<p>Ordem CEPHALASPIDEA</p> <p>Família CYLICHNIDAE</p> <p><i>Acteocina candei</i> (d'Orbigny, 1842)</p> <p>Ordem LITTORINIMORPHA</p> <p>Família CALYPTRAEIDAE</p> <p><i>Bostrycapulus odites</i> (Collin, 2005)</p> <p>Família NATICIDAE</p> <p><i>Natica limbata</i> (D'Orbigny, 1837)</p> <p>Ordem HETEROSTROPHA</p> <p>Família PYRAMIDELLIDAE</p> <p><i>Turbonilla americana</i> (d'Orbigny, 1840)</p> <p>Ordem NEOGASTROPODA</p> <p>Família COLUMBELLIDAE</p> <p><i>Anachis isabellei</i> (d'Orbigny, 1839)</p> <p><i>Anachis obesa</i> (Adams, 1845)</p> <p>Família MURICIDAE</p> <p><i>Urosalpinx haneti</i> (Petit, 1856)</p>	<p>Família NASSARIIDAE</p> <p><i>Dorsanum moniliferum</i> (Valenciennes, 1834)</p> <p><i>Buccinanops duartei</i> (Klappenbach, 1961)</p> <p><i>Buccinanops gradatus</i> (Deshayes, 1844)</p> <p>Família OLIVIDAE</p> <p><i>Olivancillaria urceus</i> (Röding, 1798)</p> <p><i>Olivancillaria uretai</i> (Klappenbach, 1965)</p> <p><i>Olivancillaria vesica vesica</i> (Gmelin, 1791)</p> <p><i>Olivella tehuelche</i> (Duclos, 1840)</p> <p>Família VOLUTIDAE</p> <p><i>Adelomelon brasiliana</i> (Lamarck, 1811)</p> <p>Ordem VETIGASTROPODA</p> <p>Família FISSURELLIDAE</p> <p><i>Diodora patagonica</i> (d'Orbigny, 1839)</p> <p>Família TROCHIDAE</p> <p><i>Halistylus cf. columnna</i> (Dall, 1890)</p> <p><i>Photinula blakei</i> (Clench &amp; Aguayo, 1938)</p> <p><i>Tegula patagonica</i> (d'Orbigny, 1840)</p>

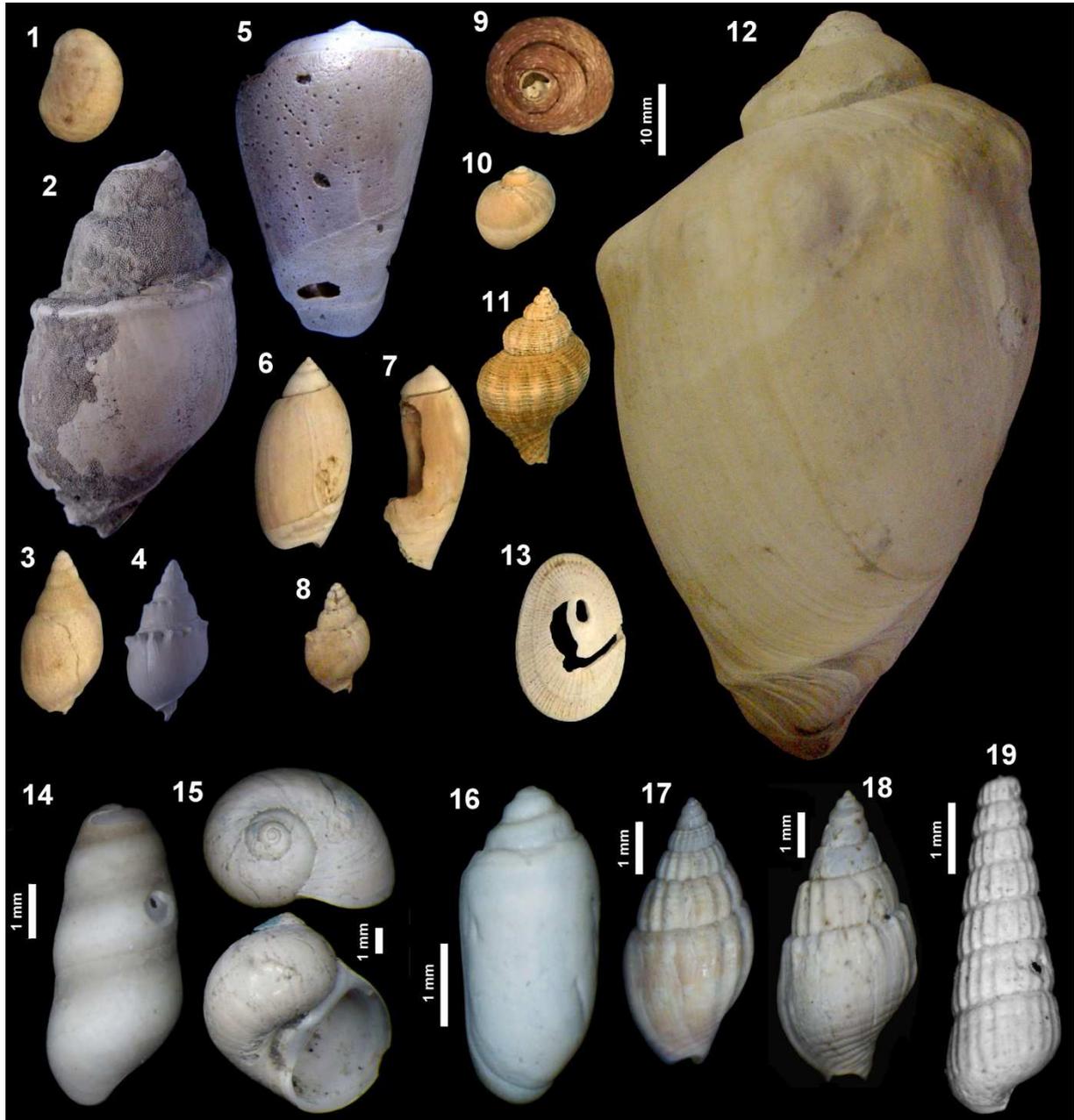
Fonte: Rios (1994, 2009)

Figura 9 - Táxons de bivalves identificados: 1) *Nucula puelcha*; 2) *Nucula semiornata*; 3) *Lunarca ovalis*; 4) *Anadara chemnitzii*; 5) *Noetia bisulcata*; 6) *Erodona mactroides*; 7) *Glycymeris longior*; 8) *Plicatula gibbosa*; 9) *Ostrea equestris*; 10) *Ostrea puelchana*; 11) *Crassostrea rhizophorae*; 12) *Chlamys tehuelchus*; 13) *Trachycardium muricatum*; 14) *Laevicardium brasilianu*; 15) *Anomalocardia brasiliana*; 16) *Chione cancellata*; 17) *Chione paphia*; 18) *Amiantis purpuratus*; 19) *Pitar rostratus*; 20) *Tivela* sp. 21) *Gouldia cerina*; 22) *Corbula patagonica*; 23) *Corbula caribaea*; 24) *Mactra isabelleana*; 25) *Mactra janeiroensis*; 26) *Mactra guidoi*; 27) *Mactra marplatensis*; 28) *Tellina petitiana*; 29) *Semele purpurascens*; 30) *Donax hanleyanus*; 31) *Crassinella marplatensis*.



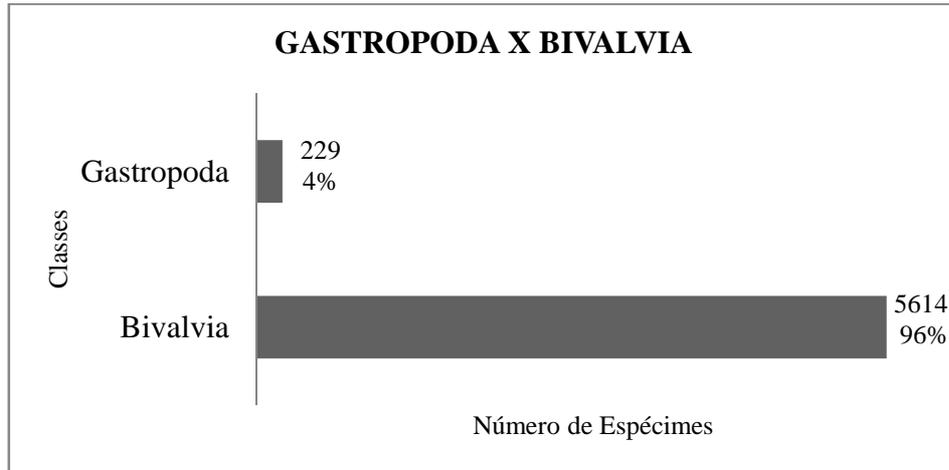
Fonte: Autora

Figura 10 - Táxons de gastrópodes identificados: 1) *Bostrycapulus odites*; 2) *Buccinanops gradatus*; 3) *Buccinanops duartei*; 4) *Dorsanum moniliferum*; 5) *Olivancillaria urceus*; 6) *Olivancillaria uretai*; 7) *Olivancillaria vesica vesica*; 8) *Olivella tehuelche*; 9) *Tegula patagonica*; 10) *Natica limbata*; 11) *Urosalpinx haneti*; 12) *Adelomenlon brasiliana*; 13) *Diodora patagonica*; 14) *Halistylus cf. columnna*; 15) *Photinula blakei*; 16) *Acteocina candei*; 17) *Anachis obesa*; 18) *Anachis isabellei*; 19) *Turbonilla americana*.



Fonte: Autora

Figura 11 - Comparação entre o número de espécimes de bivalves e o de gastrópodes.



Fonte:Autora

Figura 12 - Abundância das espécies de bivalves.

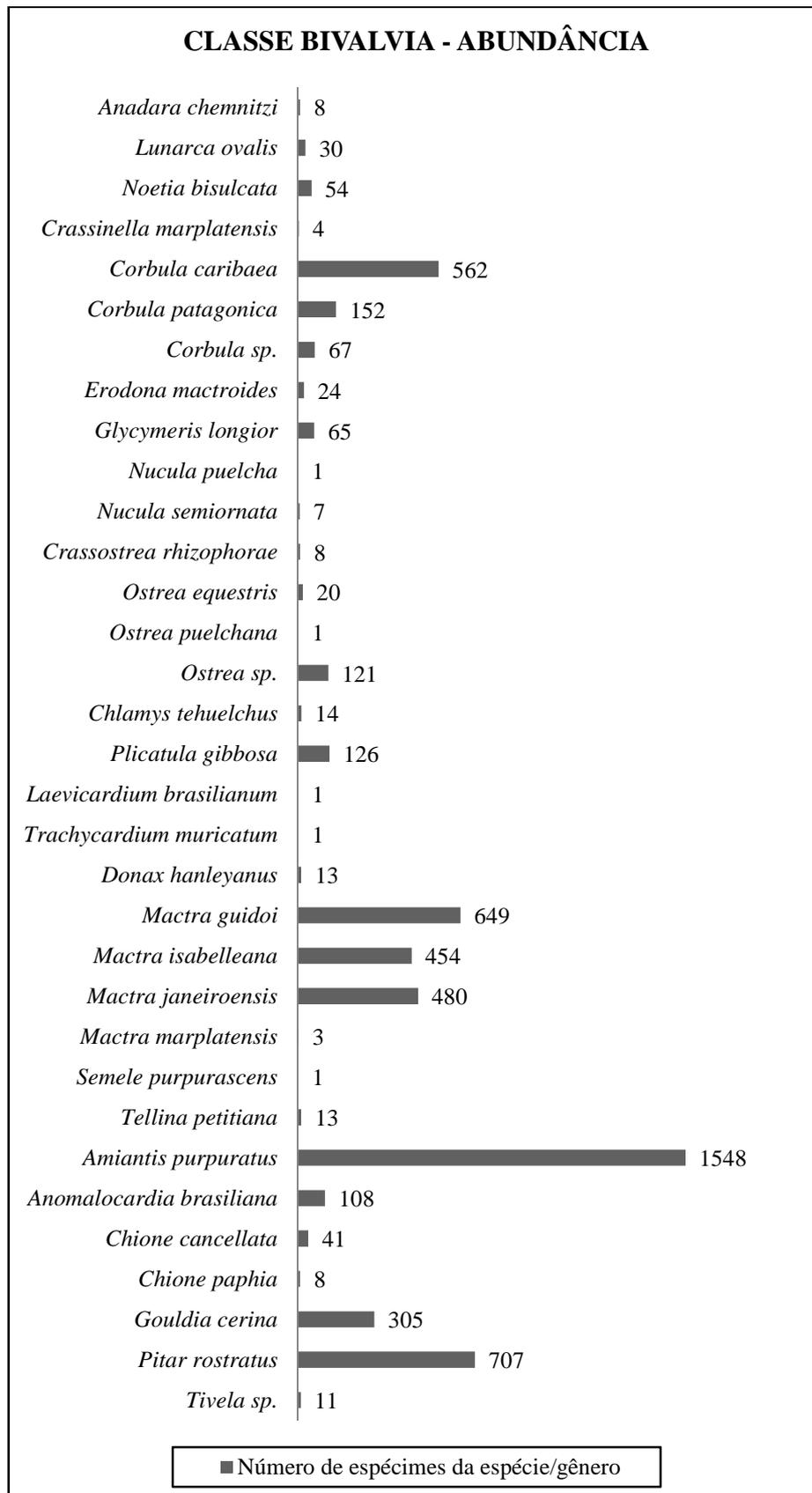
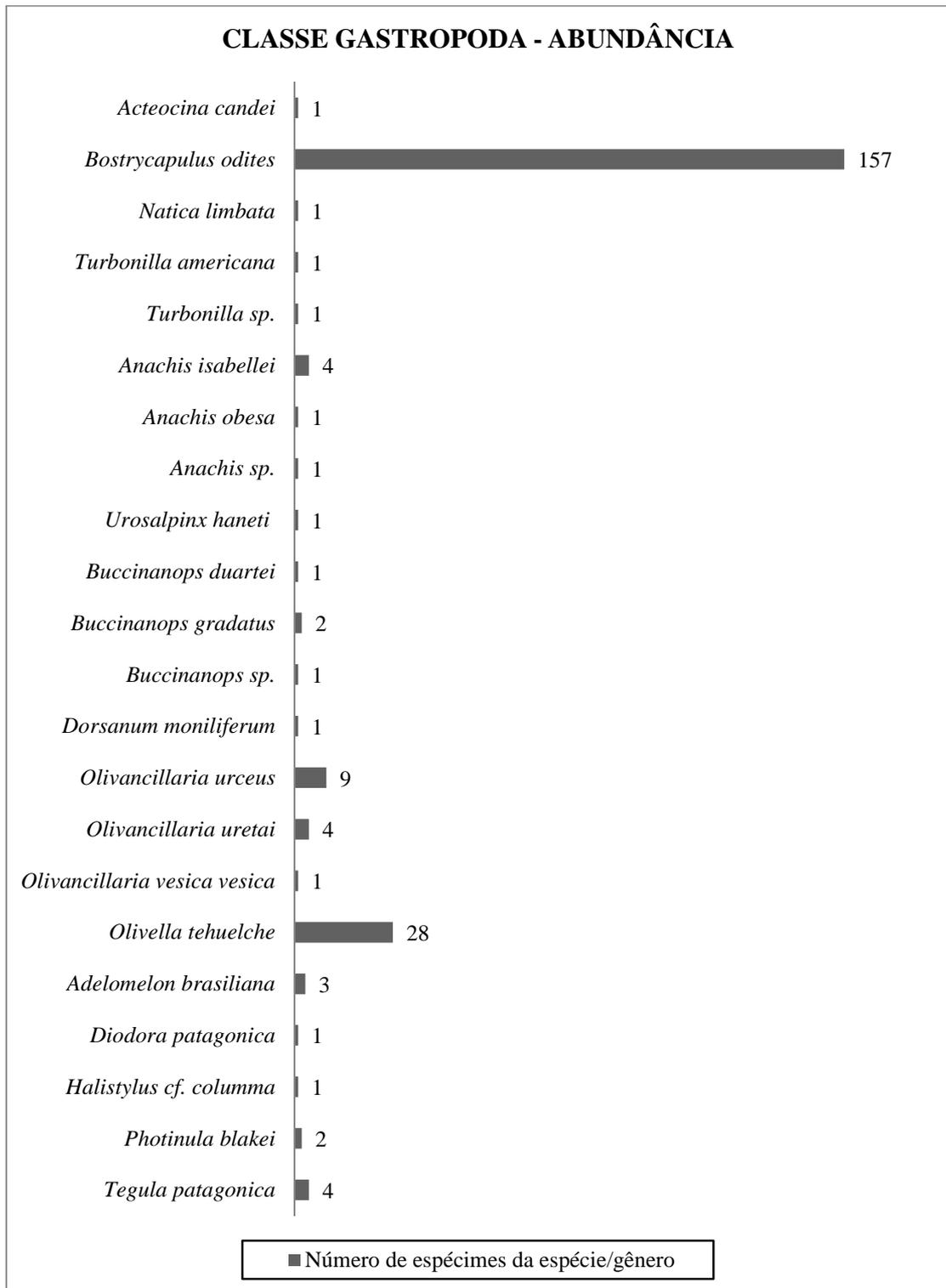
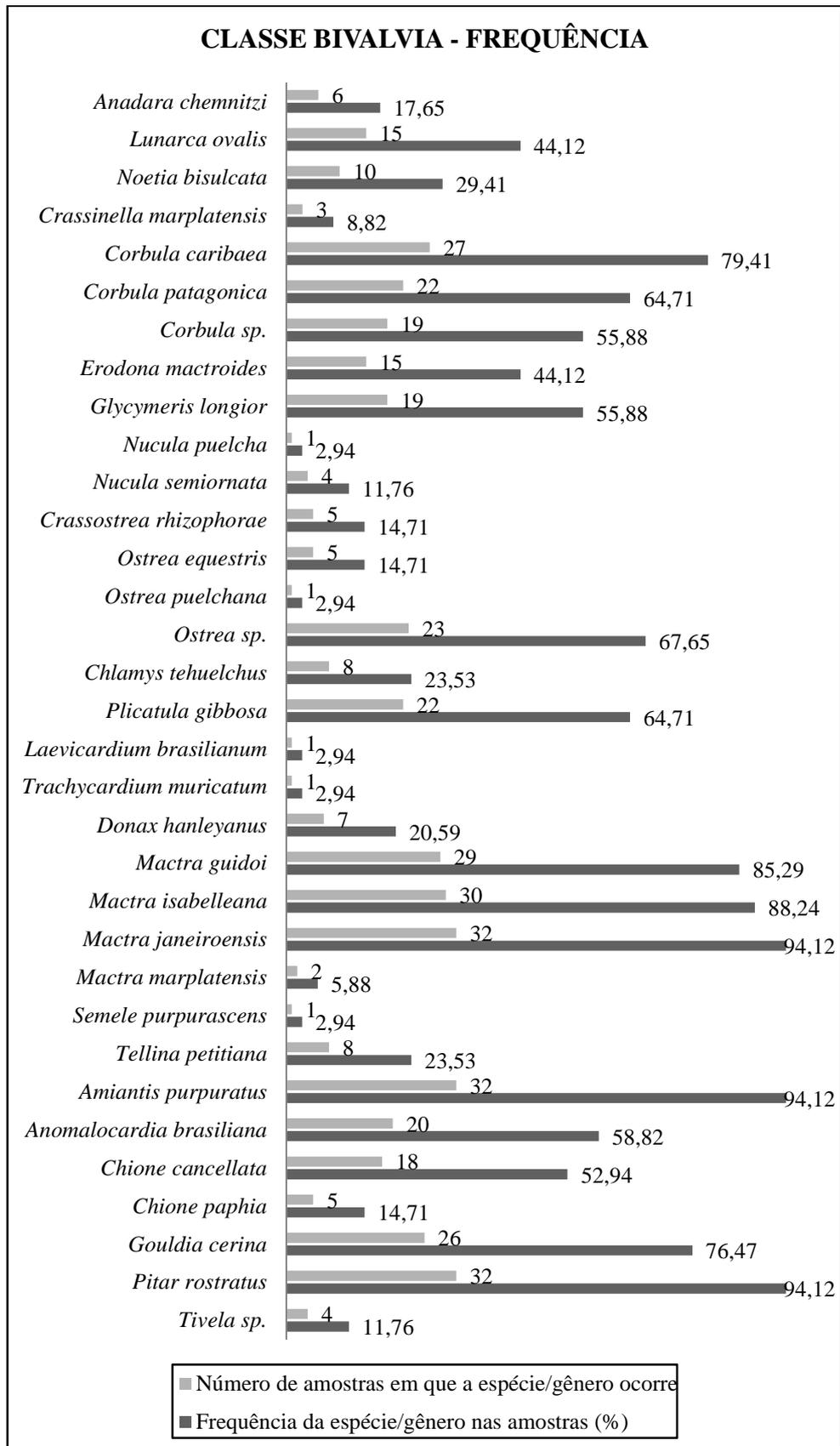


Figura 13 - Abundância das espécies de gastrópodes.



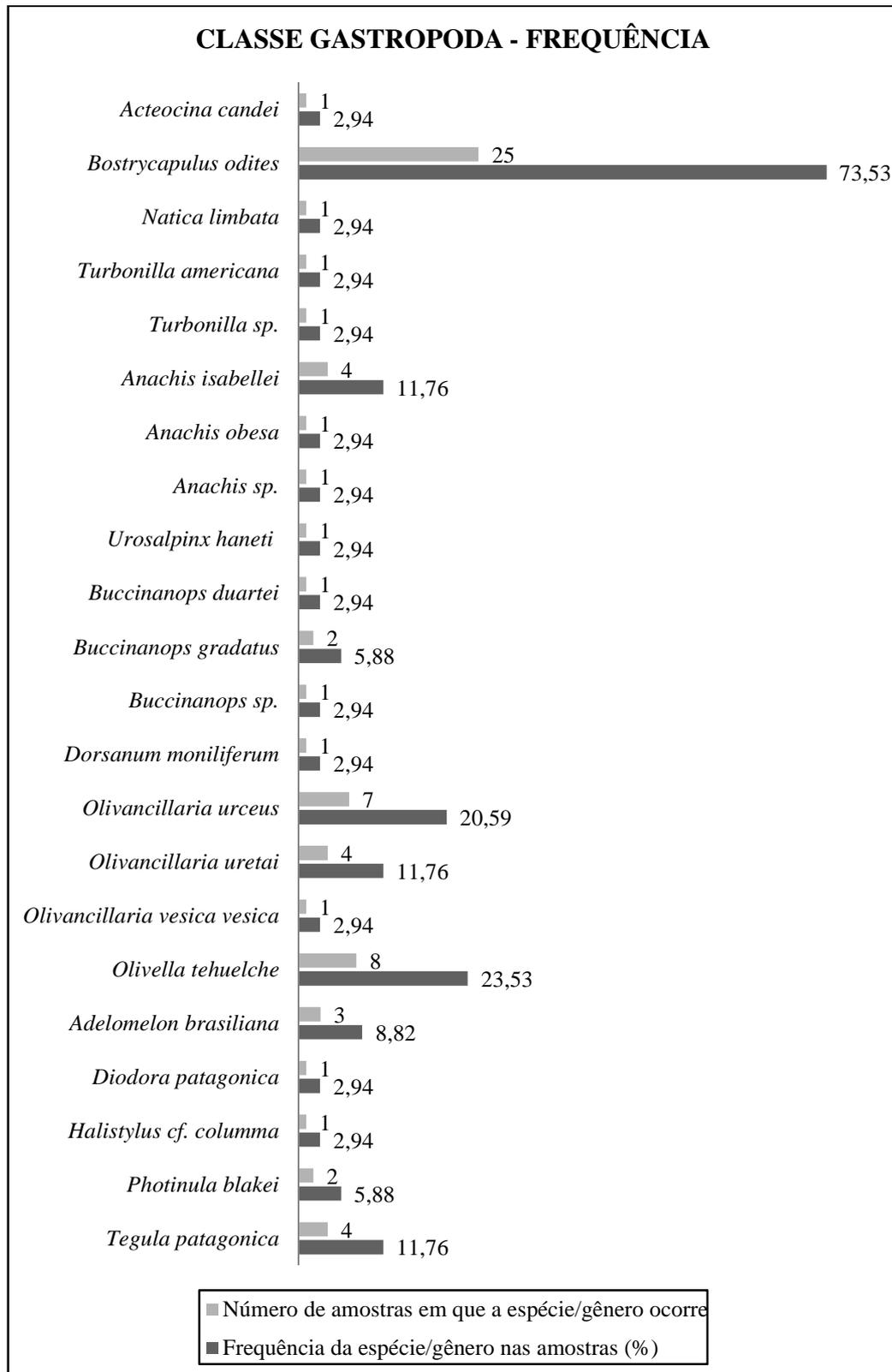
Fonte: Autora

Figura 14 - Frequência das espécies de bivalves.



Fonte: Autora

Figura 15 - Frequência das espécies de gastrópodes.



Fonte: Autora

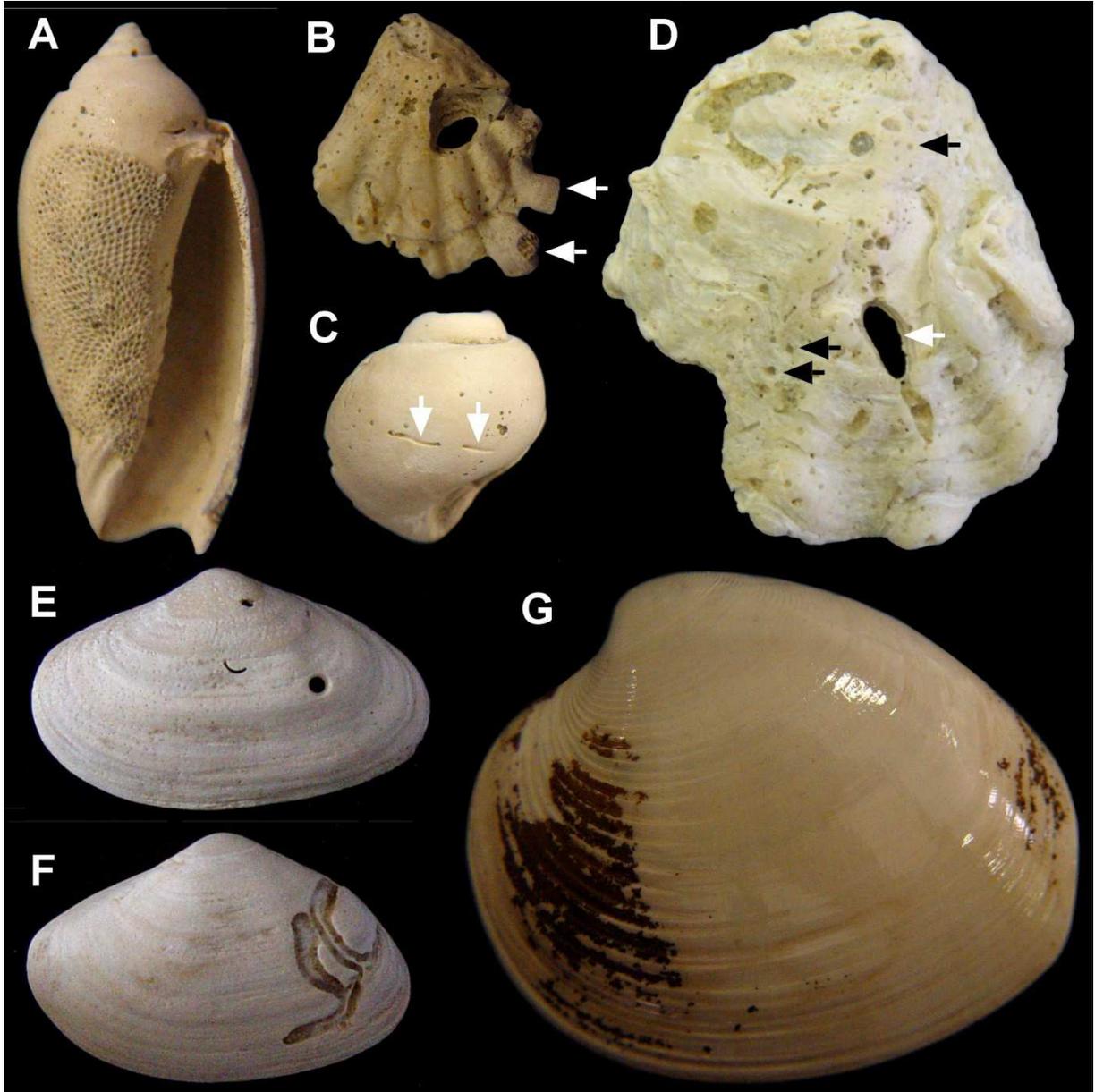
## 7.2 Análise tafonômica

Quanto aos aspectos tafonômicos, os fósseis apresentam-se desarticulados, com exceção de diversos espécimes do gênero *Corbula*, encontrados com as valvas ainda fechadas. Observou-se que a grande maioria dos exemplares apresenta boa preservação devido à baixa quantidade de fósseis fragmentados, com sinais de abrasão, bioerosão ou incrustação. Diversos espécimes de *Amiantis purpuratus* ainda apresentam parte do perióstraco (película externa da concha formada por material orgânico) (Figura 15 G). Quanto à coloração, predominam conchas brancas e cinzentas, porém, alguns espécimes ainda registram traços da coloração original, indicando boas condições de preservação (Figura 16).

De uma maneira geral é visível a boa preservação dos fósseis, porém não se podem descartar as assinaturas tafonômicas ocorrentes, devido a sua grande importância paleoambiental. A Figura 15 (15A a 15F) mostra exemplares com sinais de bioerosão e incrustação por organismos exclusivamente marinhos.

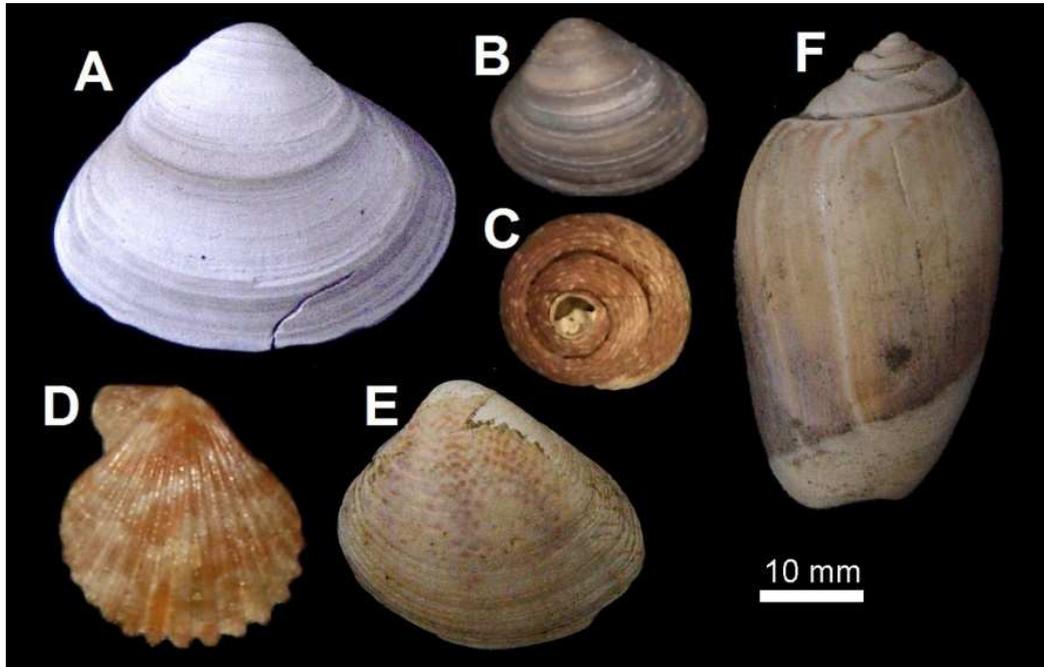
Dentre os poucos espécimes que apresentaram sinais de abrasão, arredondamento de margem e fragmentação estão as espécies *Adelomelon brasiliana* e *Glycymeris longior* (Figura 17). Tal característica pode ser explicada pelo fato de que estas espécies vivem em profundidades próximas aos 70 m, o que faz com que estas conchas tenham sido expostas a um maior retrabalhamento durante o transporte até o ambiente deposicional final.

Figura 16 – Incrustação e bioerosão: A) *Olivella tehuelche* com incrustação por briozoários Cheilostomata; B) *Plicatula gibbosa* incrustada por corais *Astrangia rathbuni* (setas brancas); C) *Photinula blakei* com traços de *Meandropolydora* (setas brancas); D) *Ostrea* sp. com traços *Entobia* (setas pretas) e *Gastrochaenolites* (setas brancas); E) *Mactra gruidoi* com traços *Oichnus*; F) *Mactra gruidoi* com túneis *Caulostrepsis*; Preservação do perióstraco: G) *Amiantis purpuratus* com vestígios do perióstraco ainda preservado.



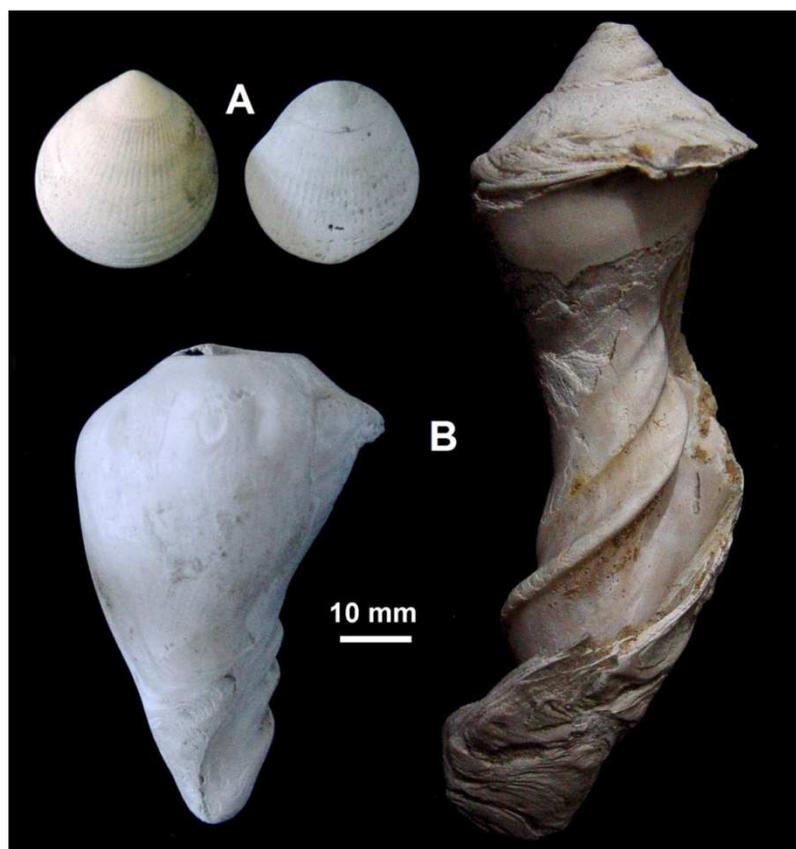
Fonte: Autora

Figura 17 - Coloração original: A) *Mactra isabelleana*; B) *Mactra isabelleana*; C) *Tegula patagonica*; D) *Chlamys tehuelchus*; E) *Anomalocardia brasiliana*; F) *Olivancillaria urceus*.



Fonte: Autora

Figura 18 - Abrasão, arredondamento de margem e fragmentação: A) *Glycymeris longior*; B) *Adelomelon brasiliana*.



Fonte: Autora

### 7.3 Análise paleoecológica

A análise de dados paleoecológicos mostrou que a maior parte das espécies encontradas habita águas rasas (0 a 30 m). Porém, foram identificadas três espécies que vivem em águas mais profundas (de até 77 m): *Adelomelon brasiliana* (3 espécimes), *Anadara chemnitzii* (8 espécimes) e *Glycymeris longior* (65 espécimes). A maior parte das espécies encontradas vive em ambiente marinho franco. No entanto, as espécies *Crassostrea rhizophorae* (8 espécimes), *Erodona mactroides* (24 espécimes), *Ostrea equestris* (20 espécimes) e *Bostrycapulus odites* (157 espécimes) também habitam águas salobras. Os gastrópodes são epifaunais, mas a maioria dos bivalves é infaunal.

A maioria dos táxons identificados vive hoje na costa do Rio Grande do Sul, mas os bivalves *Anomalocardia brasiliana* (108 espécimes), *Chione cancellata* (41 espécimes) e *Chione paphia* (8 espécimes) não vivem atualmente ao sul de Santa Catarina (28° S) (RODRIGUES; BORGES-AZEVEDO; HENRY-SILVA, 2010; VEITENHEIMER-MENDES; LOPES-PITONI, 1995). A presença destas espécies sugere condições oceanográficas mais quentes do que as atuais. Diversos trabalhos realizados principalmente na costa do Uruguai e da Argentina demonstram uma maior proporção de moluscos de águas mais quentes em relação às assembleias atuais. Espécies de águas mais quentes da Província *Caribeña*, têm sua distribuição controlada pela Corrente Brasileira, e sua maior influência em direção ao sul durante os últimos interglaciais tem sido considerada responsável pelo deslocamento para o sul de espécies que atualmente vivem somente até o sul do Brasil (AGUIRRE; FARINATTI, 1999; AGUIRRE, 1993; MARTÍNEZ; DEL RÍO, 2005). Além disso, apenas algumas espécies (5%; e.g. *Diodora patagonica* e *Tegula patagônica* – pouco frequentes nas amostras) são pertencentes à província *Magallánica*, enquanto que a grande maioria pertence às províncias *Caribeña* e *Argentina*. Tal dado corrobora com a presença de espécies de águas mais quentes que não vivem atualmente na costa do Rio Grande do Sul e sugerem que águas mais frias, derivadas das Corrente das Malvinas, não exerciam tanta influência nesta região quanto águas mais quentes derivadas pela Corrente do Brasil durante o Pleistoceno (Médio e Superior).

Para exemplificar estes dados foi elaborada uma tabela paleoecológica a partir da análise de frequência das espécies. Desta forma, a Tabela 4 apresenta os principais dados paleoecológicos para as espécies consideradas constantes (>50%). Nesta tabela é possível observar que todas as espécies com frequência acima de 50% pertencem às províncias

malacológicas *Caribeña* e *Argentina*; habitam as zonas mesolitoral e infralitoral em profundidades de 0 a 30 m (a grande maioria das espécies) e; em geral, são stenohalinas (espécies que habitam apenas água salgada) e infaunais (espécies que vivem em meio aos sedimentos de fundo) associadas a substratos moles (inconsolidados).

Tabela 4 - Dados paleoecológicos das espécies mais frequentes nas amostras.

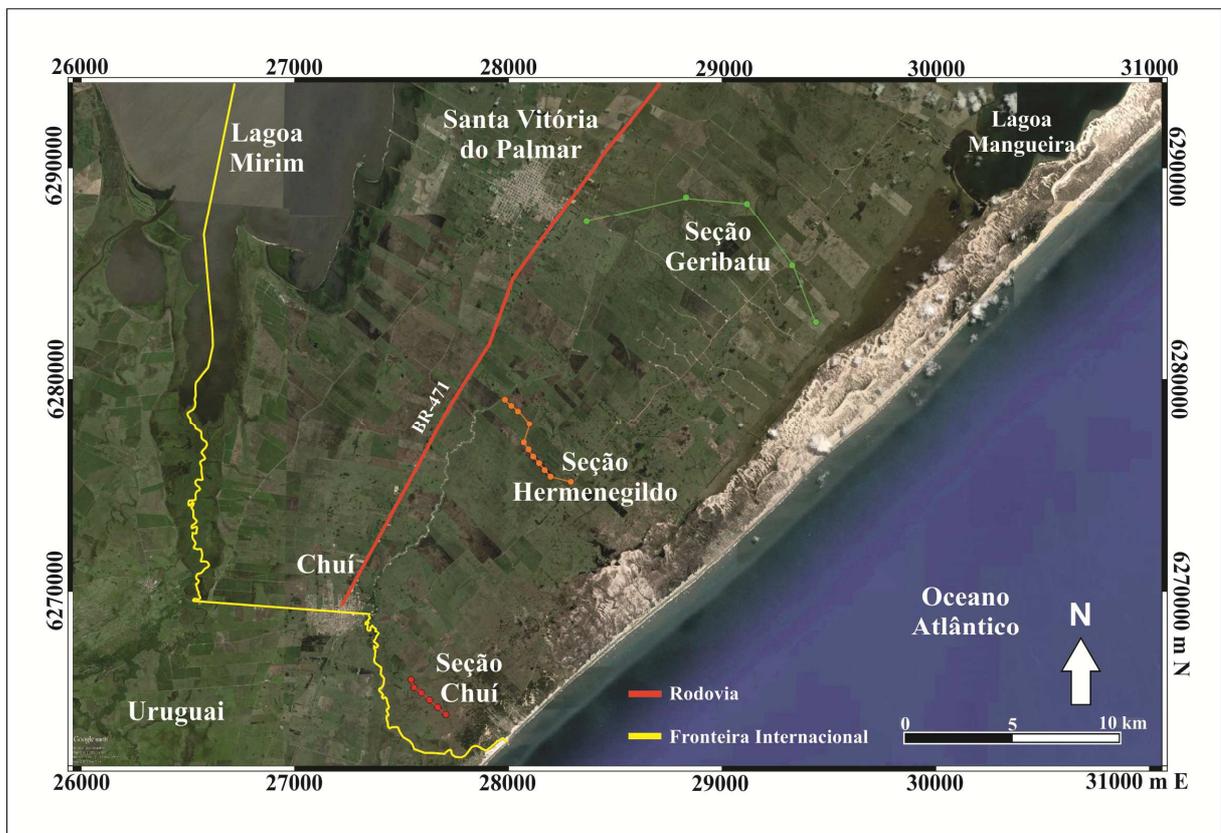
	FREQUÊNCIA (%)	PROVÍNCIA MALACOLÓGICA			ZONAÇÃO			MODO DE VIDA		SUBSTRATO		SALINIDADE		PROFUNDIDADE
		CARIBEÑA	ARGENTINA	MAGALLÁNICA	SUPRALITORAL	MESOLITORAL	INFRALITORAL	EPIFAUNAL	INFAUNAL	DURO	MOLE	EURIHALINA	STENOHALINA	METROS
<b>BIVALVIA</b>														
<i>Pitar rostratus</i>	94,12		x		x	x		x		x		x		0 a 30
<i>Gouldia cerina</i>	76,47	x				x	x		x			x		0 a 30
<i>Chione cancellata</i>	52,94	x			x	x		x		x		x		0 a 30
<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	58,82	x			x	x		x		x		x		0 a 30
<i>Amiantis purpuratus</i>	94,12		x		x	x		x		x		x		0 a 30
<i>Mactra janeiroensis</i>	94,12	x				x		x		x		x		0 a 30
<i>Mactra isabelleana</i>	88,24		x		x	x		x		x		x		0 a 10
<i>Mactra guidoi</i>	85,29		x			x		x		x		x		10 a 40
<i>Plicatula gibbosa</i>	64,71	x			x	x	x		x			x		0 a 30
<i>Glycymeris longior</i>	55,88		x			x		x		x		x		0 a 75
<i>Corbula patagonica</i>	64,71		x			x		x		x		x		10 a 30
<i>Corbula caribaea</i>	79,41	x				x		x		x		x		10 a 30
<b>GASTROPODA</b>														
<i>Bostrycapulus odites</i>	73,53	x	x		x	x	x		x		x			0 a 30

Fonte: Aguirre (1993); Rios (1994, 2009); Gordillo (1998); Aguirre; Farinatti (1999) e Martínez; Del Río (2005)

## 7.4 Análise das sondagens SPT

A partir dos dados das sondagens SPTs cedidas pela Empresa Eletrosul Centrais Elétricas S/A foram elaboradas três seções geológicas que seccionam perpendicularmente os sistemas deposicionais pleistocênicos: uma na porção norte da área de estudo (Seção Geribatu), uma na porção central (Seção Hermenegildo) e outra na porção sul (Seção Chuí). A Figura 19 mostra a localização das seções dentro da área de estudo.

Figura 19 - Mapa de localização das seções.



Fonte: Autora. \*Imagem: Google Earth

Os limites dos domínios litológicos das seções foram baseados principalmente em dados de compactação, granulometria e conteúdo fossilífero. As Figuras 20, 21 e 22 apresentam os dados dos SPTs, contendo a curva de compactação, a granulometria, os intervalos onde ocorre conteúdo fossilífero e a definição dos limites das unidades baseados nestes dados. Já as Figuras 23, 24 e 25 apresentam seções geológicas com a estratigrafia definida a partir da interpretação das Figuras 20, 21 e 22.

Os limites definidos nestas seções permitiram definir três sistemas deposicionais, os quais estão descritos abaixo.

a) Sistema Depositional Laguna-Barreira II

- Barreira II  
*Fácies Marinho II*  
*Fácies Eólico II*

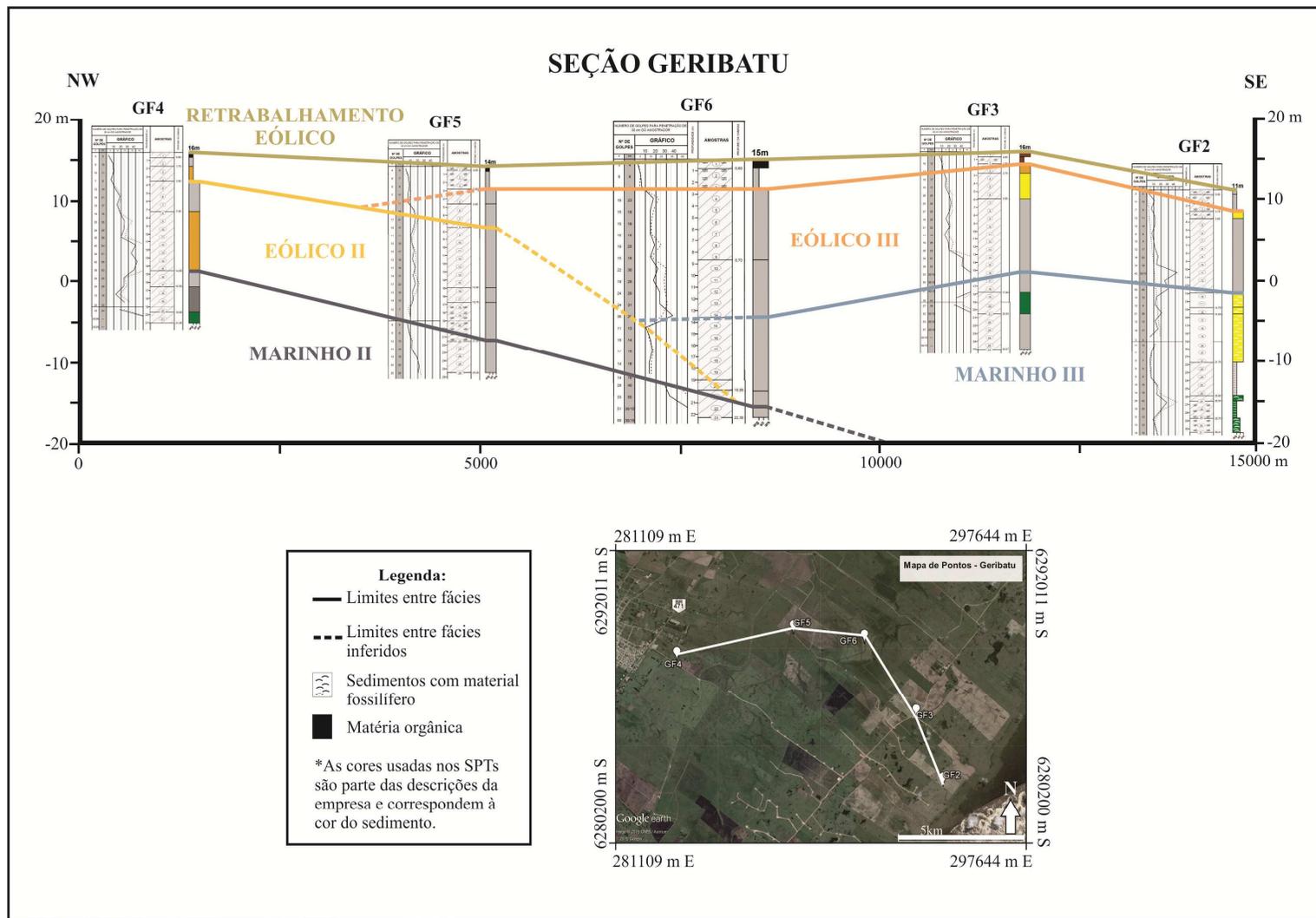
b) Sistema Depositional Laguna-Barreira III

- Barreira III  
*Fácies Marinho III*  
*Fácies Eólico III*

• Lagunar III

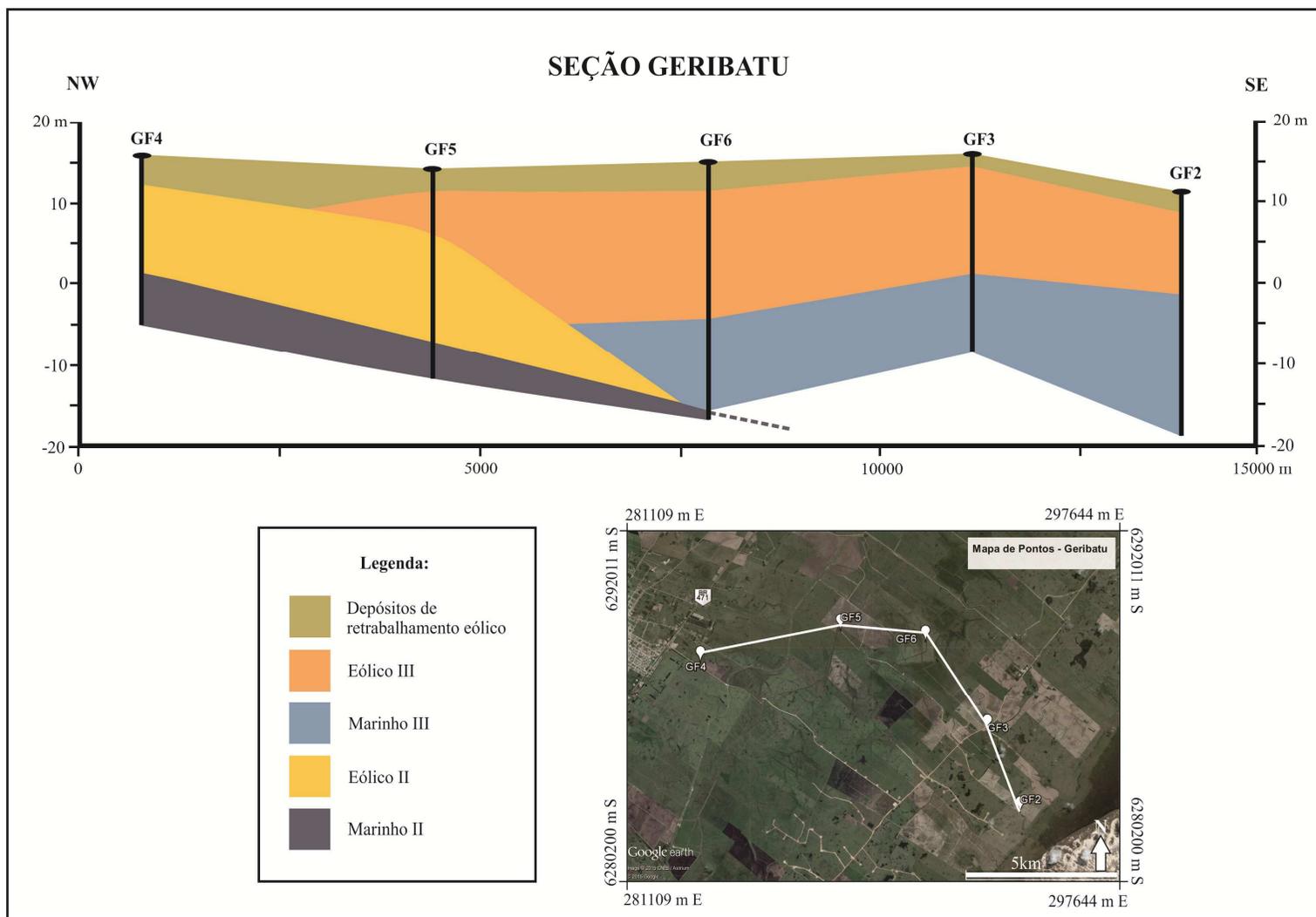
c) Sistema Depositional de Retrabalhamento por Ação Eólica

Figura 20 - Seção Geribatu: Definição dos limites entre unidades baseados em dados de sondagens SPT.



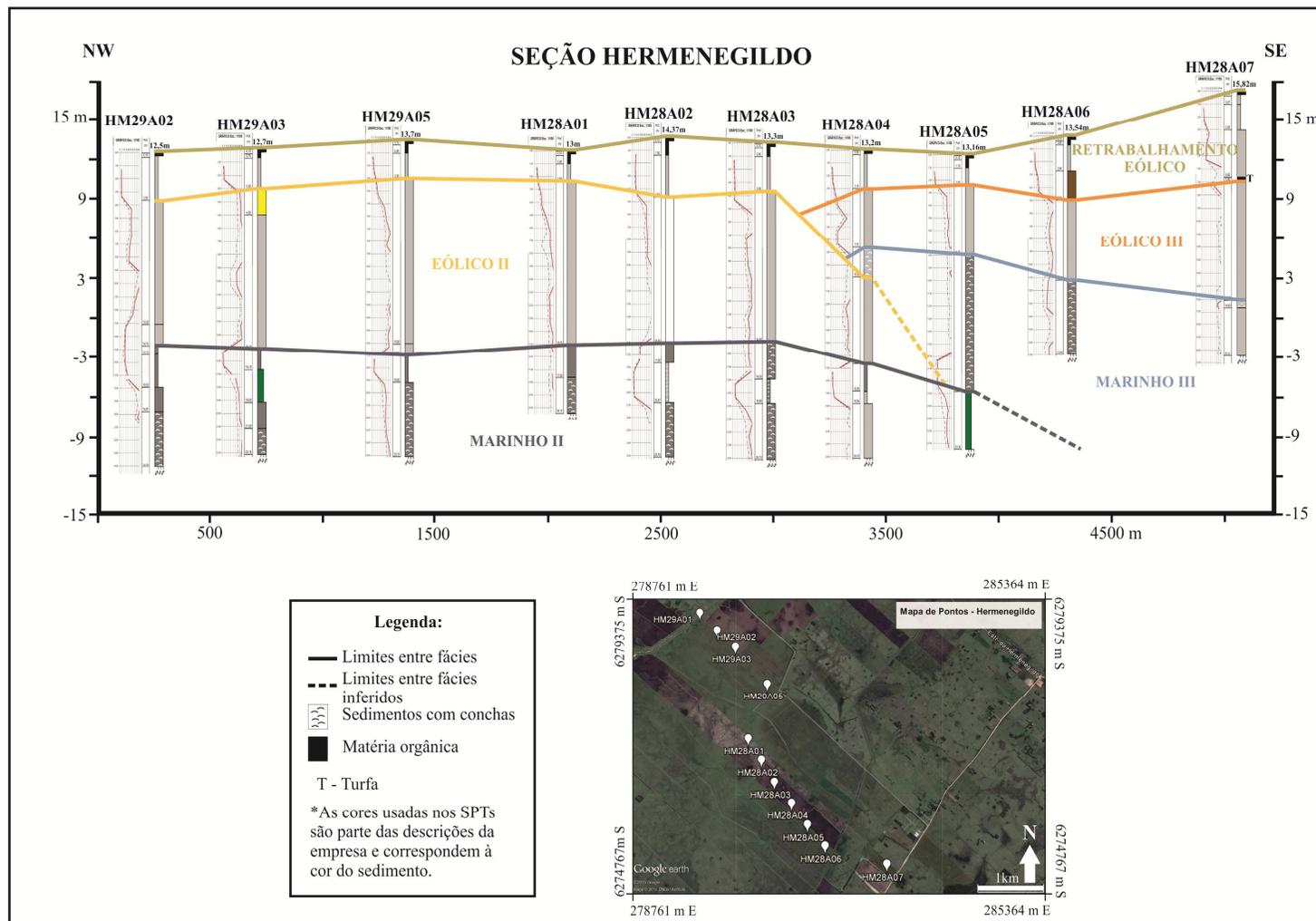
Fonte: Autora. \*Dados de sondagens SPT fornecidos pela Eletrosul Centrais Elétricas S/A.

Figura 21 - Seção Geribatu: Seção geológica apresentando a estratigrafia interpretada a partir da Figura 20.



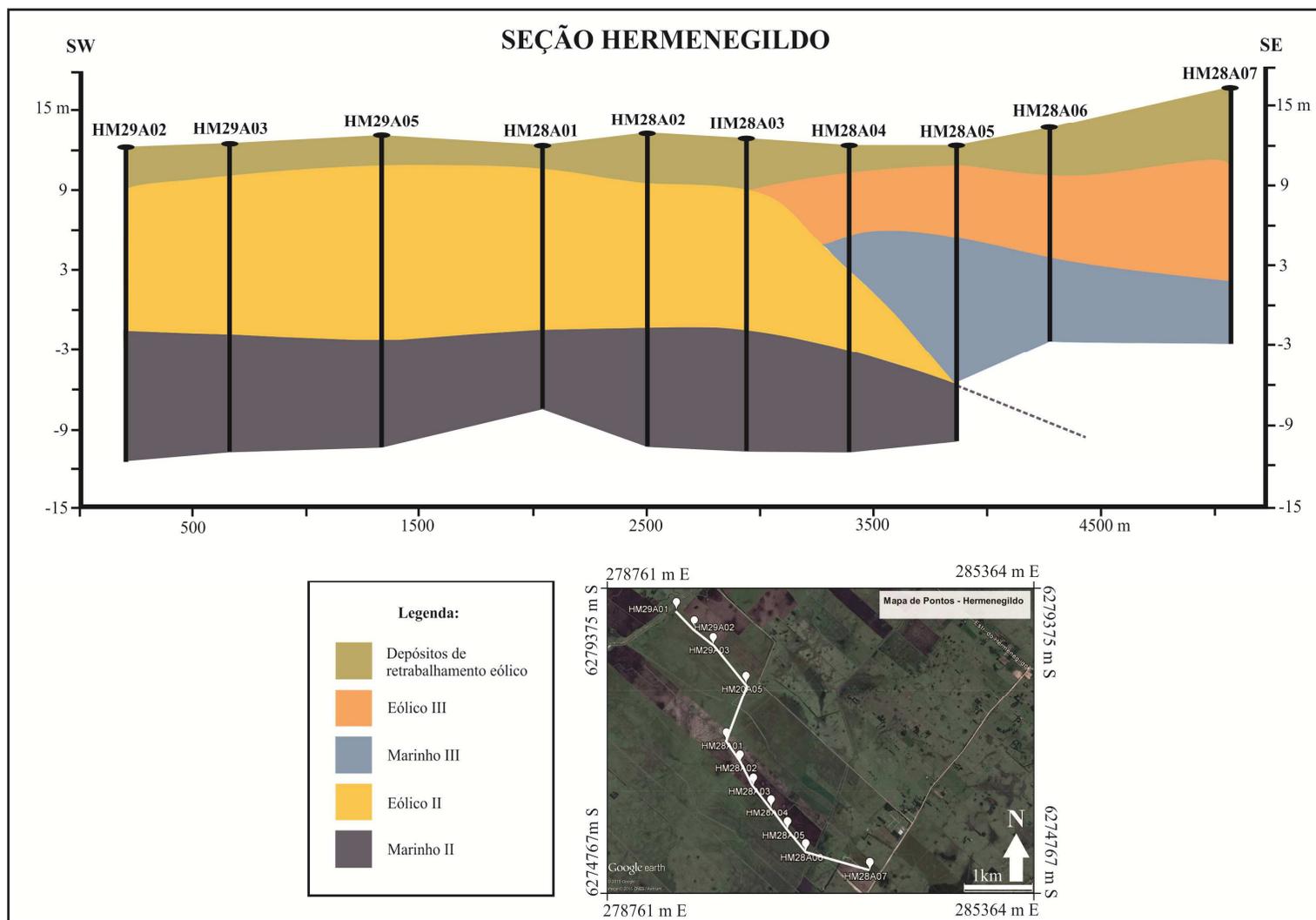
Fonte: Autora

Figura 22 - Seção Hermenegildo: Definição dos limites entre unidades baseados em dados de sondagens SPT.



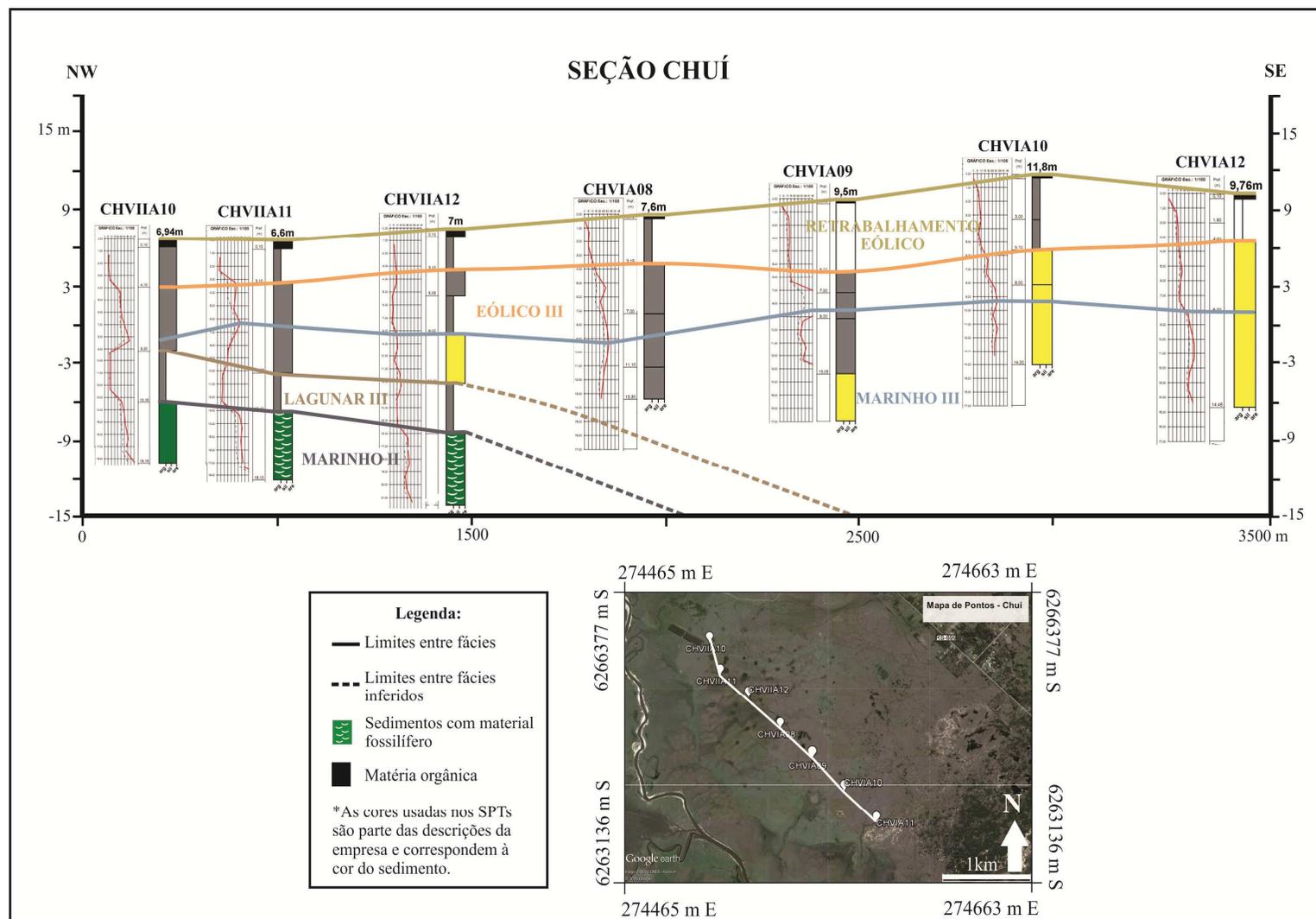
Fonte: Autora. \*Dados de sondagens SPT fornecidos pela Eletrosul Centrais Elétricas S/A.

Figura 23 - Seção Hermenegildo: Seção geológica apresentando a estratigrafia interpretada a partir da Figura 22.



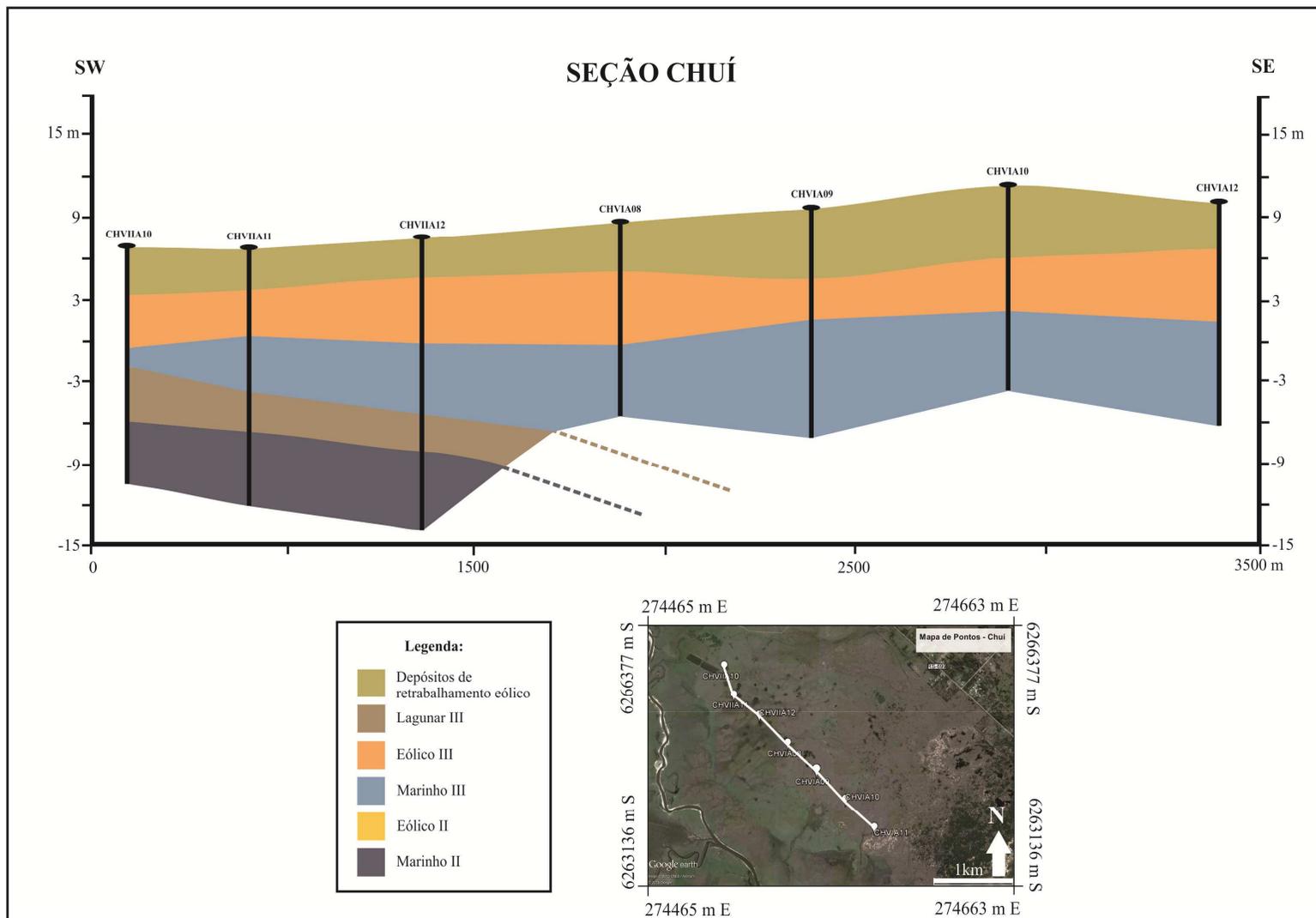
Fonte: Autora

Figura 24 - Seção Chuí: Definição dos limites entre unidades baseados em dados de sondagens SPT.



Fonte: Autora. \* Dados de sondagens SPT fornecidos pela Eletrosul Centrais Elétricas S/A.

Figura 25 - Seção Chuí: Seção geológica apresentando a estratigrafia interpretada a partir da Figura 24.



Fonte: Autora

#### a) Sistema Depositional Laguna-Barreira II

Neste sistema não foi possível observar o Lagunar II, porém foram definidas duas fácies da Barreira II:

##### *Fácies Marinho II:*

A Fácies Marinho II ocorre nas três seções. Ao norte, na Seção Geribatu, está representada nos SPTs GF4, GF5 e GF6 com espessura de até 6 m e extensão de aproximadamente 8500 m. Na Seção Hermenegildo, porção central, está representada nos SPTs HM29A02, HM29A03, HM29A05, HM28A01, HM28A03, HM28A04 e HM28A05 com uma espessura de até 9 m e extensão de aproximadamente 3800 m. Já ao sul, na Seção Chuí, está representada nos SPTs CHVIA10, CHVIA11 e CHVIA12 com espessura de 5 a 6 m e extensão de aproximadamente 1800 m.

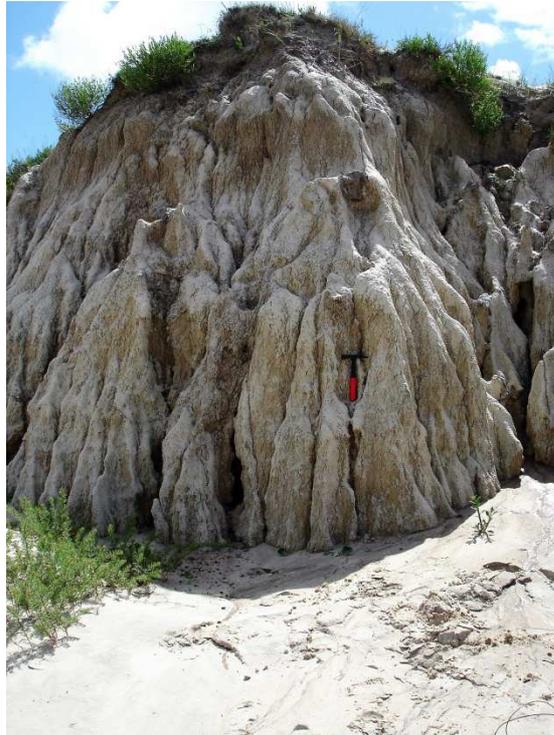
Esta fácies apresenta compactação que varia de média a alta e é composta por sedimentos arenosos com pouco conteúdo de finos (silte e argila) e normalmente são acinzentados ou esverdeados. As associações fossilíferas estão representadas por assembleias constituídas de moluscos fósseis de hábitat predominantemente marinho raso. Portanto, mesmo não havendo diferenciação consistente entre os ambientes de antepraia superior (*upper shoreface*) e antepraia inferior (*lower shoreface*), sugere-se que elevadas compactações pontuais podem estar mais relacionadas à antepraia superior (*upper shoreface*).

##### *Fácies Eólico II:*

A Fácies Eólico II ocorre em duas seções. Ao norte, na Seção Geribatu, está representada nos SPTs GF4 e GF5 com espessura de até 12 m e extensão de aproximadamente 7000 m. Na Seção Hermenegildo, porção central, está representada nos SPTs HM29A02, HM29A03, HM29A05, HM28A01, HM28A03 e HM28A04 com uma espessura de até 13 m e extensão de aproximadamente 3600 m.

Esta fácies apresenta compactação que varia de média a alta e é composta por sedimentos arenosos castanho amarelados ou acinzentados. Tais características, juntamente com a ausência de associações fossilíferas, sugerem que esta fácies corresponde a depósitos eólicos indiferenciados. A Figura 26 exemplifica seu aspecto granulométrico.

Figura 26 - Exemplo de um afloramento da Barreira II - Fácies Eólico II apresentando coloração acinzentada e amarealada.



Fonte: Felipe Caron (acervo pessoal).

#### b) Sistema Depositional Laguna-Barreira III

Neste sistema foi possível observar tanto o Lagunar III, quanto a Barreira III:

- Lagunar III:

O Lagunar III ocorre apenas no sul da área de estudo (Seção Chuí) e está representado nos SPTs CHVIA10, CHVIA11 e CHVIA12 com espessura de até 4 m e extensão de aproximadamente 1600 m.

Esta unidade é caracterizada por baixa compactação e composição predominantemente de areias finas e siltico-argilosas de coloração acinzentada.

- Barreira III:

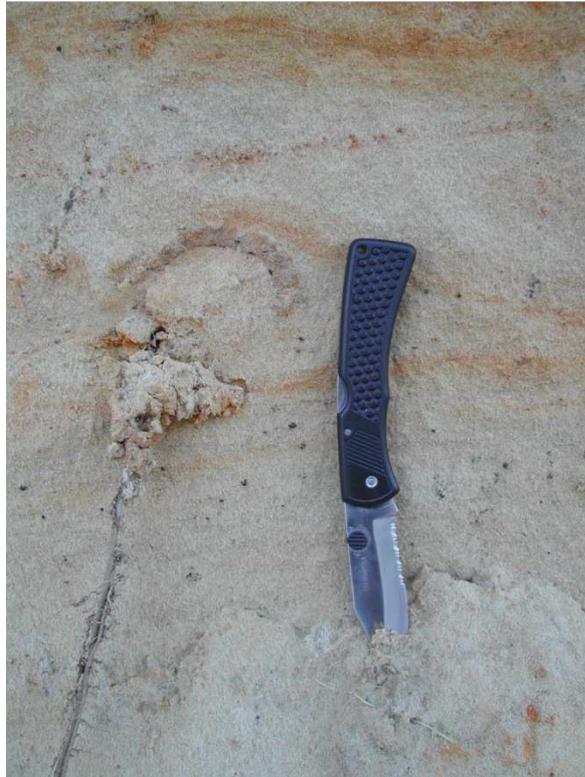
*Fácies Marinho III:*

Esta fácies ocorre nas três seções. Ao norte, na Seção Geribatu, está representada nos SPTs GF6, GF3 e GF2 com espessura de até 20 m e extensão de aproximadamente 7000 m. Na Seção Hermenegildo, porção central, está representada nos SPTs HM28A04, HM28A05,

HM28A06 e HM28A07 com uma espessura de até 10 m e extensão de aproximadamente 3800 m. Já ao sul, na Seção Chuí, está representada em todos os SPTs (CHVIA10, CHVIA11, CHVIA12, CHVIA08, CHVIA09, CHVIA10 e CHVIA12) com espessura de 8 m e extensão de aproximadamente 3500 m.

Esta fácies apresenta compactação que varia de média a alta e é composta por sedimentos arenosos com pouco conteúdo de finos (silte e argila) e normalmente são acinzentados ou amarelados e, localmente, esverdeados. As associações fossilíferas estão representadas por assembleias constituídas de moluscos fósseis de hábitat predominantemente marinho raso. Portanto, assim como para a Fácies Marinho II, mesmo não havendo diferenciação consistente entre os ambientes de antepraia superior (*upper shoreface*) e antepraia inferior (*lower shoreface*), sugere-se que elevadas compactações pontuais juntamente com o conteúdo fossilífero podem estar relacionadas à antepraia superior (*upper shoreface*). A distinção entre estas duas fácies (Marinho II e Marinho III) pode ser observada principalmente através dos intervalos de ocorrência de fósseis. Na Seção Hermenegildo, por exemplo, o topo da Fácies Marinho III situa-se em uma cota de aproximadamente 6 m acima do nível do mar atual, enquanto que o topo da Fácies Marinho II situa-se em uma cota de aproximadamente 2 m abaixo do nível do mar atual. A Figura 27 exemplifica os aspectos granulométricos desta fácies com a ocorrência de icnofóssil representado por tubos do icnogênero *Ophiomorpha* (*Callichirus* sp.), o qual é um excelente indicador paleoambiental por ocorrer em ambientes rasos de inframaré.

Figura 27 - Aspectos granulométricos da Fácies Marinho II apresentando icnofósseis (*Callichirus* sp.).



Fonte: Felipe Caron (acervo pessoal).

### Fácies Eólico III:

A Fácies Eólico III ocorre nas três seções. Ao norte, na Seção Geribatu, está representada nos SPTs GF5, GF6, GF3 e GF2 com espessura de até 11 m e extensão de aproximadamente 10000 m. Na Seção Hermenegildo, porção central, está representada nos SPTs HM28A04, HM28A05, HM26A05, HM28A06 e HM28A07 com uma espessura de até 9 m e extensão de aproximadamente 2000 m. Na Seção Chuí, ao sul, está representada em todos os SPTs (CHVIA10, CHVIA11, CHVIA12, CHVIA08, CHVIA09, CHVIA10 e CHVIA12) com espessura de até 6 m e extensão de aproximadamente 3500 m.

Esta fácies apresenta compactação que varia de média a alta e é composta por sedimentos arenosos amarelados ou acinzentados, concreções ferruginosas e bioturbações por raízes. Tais características, juntamente com a ausência de associações fossilíferas, sugerem que esta unidade corresponde a depósitos eólicos indiferenciados. A figura 28 exemplifica os aspectos granulométricos desta fácies.

Figura 28 - Afloramento da Barreira III - Fácies Eólico III.



Fonte: Felipe Caron (acervo pessoal).

c) Sistema Depositional de Retrabalhamento por Ação Eólica:

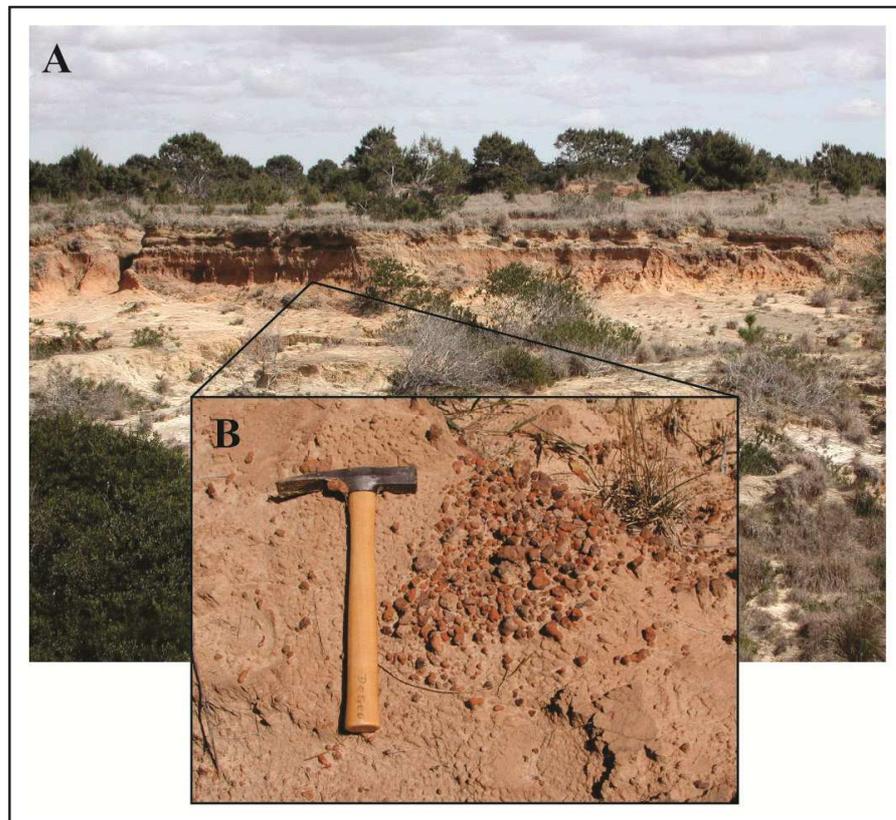
O Sistema Depositional de Retrabalhamento por Ação Eólica ocorre nas três seções e recobre os Sistemas Laguna-Barreira II e III. Ao norte, na Seção Geribatu, está representada em todos os SPTs GF4, GF5, GF6, GF3 e GF2 com espessura de até 4 m e extensão de aproximadamente 15000 m. Na Seção Hermenegildo, porção central, está representada nos SPTs HM29A02, HM29A03, HM29A05, HM28A01, HM28A02, HM28A03, HM28A04, HM28A05, HM28A06 e HM28A07 com uma espessura de até 7 m e extensão de aproximadamente 5000 m. Já ao sul, na Seção Chuí, está representada nos SPTs CHVIA10, CHVIA11, CHVIA12, CHVIA08, CHVIA09, CHVIA10 e CHVIA12 com espessura de até 6 m e extensão de aproximadamente 3500 m.

Este sistema deposicional apresenta baixa a média compactação e é composto por sedimentos finos (siltico-argilosos), por vezes arenosos e normalmente são acinzentados ou amarelados. Também apresenta depósitos de turfa, concreções ferruginosas e camadas

centimétricas ricas em matéria orgânica no topo. A Figura 29 exemplifica o aspecto granulométrico desta unidade.

O Sistema Depositional de Retrabalhamento por Ação Eólica compreende o retrabalhamento que ocorreu após o desenvolvimento dos Sistemas Laguna-Barreira II e III e que se desenvolve até os dias atuais. Este processo promovido pela reativação das unidades eólicas expostas deu origem a um complexo sistema deposicional instalado nesta região.

Figura 29 - Depósitos de retrabalhamento por ação eólica. Em A: fotografia do afloramento; em B: fotografia com detalhe para as concreções ferruginosas.



Fonte: Felipe Caron (acervo pessoal).

## 8 CONCLUSÕES

A caracterização dos moluscos fósseis dos sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira pleistocênicos do sul da PCRS permite concluir que a composição taxonômica sugere um ambiente de antepraia superior (*upper shoreface*) e demonstram um nível de mar aproximadamente 6 m mais alto do que o atual durante o Pleistoceno para esta região. A ocorrência das espécies *Anomalocardia brasiliiana*, *Chione cancellata* e *Chione paphia*, que não vivem atualmente ao sul de Santa Catarina (28° S), sugerem maior influência da Corrente Brasileira em direção ao sul, o que possibilitou condições oceanográficas mais quentes do que as atuais na costa do Rio Grande do Sul e o consequente desenvolvimento destas espécies durante o Pleistoceno (Médio e Superior).

As análises tafonômicas permitem inferir que: 1) A maioria dos espécimes permaneceu exposta acima da interface sedimento-água por um curto período; e 2) Pouco tempo após a morte e desarticulação, os organismos foram soterrados sob uma camada relativamente espessa de sedimento, ficando a uma profundidade suficiente (abaixo da zona tafonômica ativa, ou TAZ), onde não sofreram processos de dissolução, abrasão e fragmentação ou ação de agentes bioerosivos, propiciando a boa preservação encontrada nestas assembleias.

A caracterização taxonômica, tafonômica e paleoecológica dos fósseis aliada aos dados de sondagens SPT se mostrou uma ferramenta muito útil para interpretações estratigráficas e pode contribuir para um melhor entendimento de como evoluíram os sistemas deposicionais pleistocênicos no extremo sul da PCRS. Contudo, ainda existem muitas lacunas a serem preenchidas com o intuito de detalhar melhor a estratigrafia e arquitetura destes sistemas. Datações utilizando a técnica Luminescência Ópticamente Estimulada (LOE) ou a técnica *Electron Spin Resonance* (ESR) em conchas da Fácies Marinho II e em conchas do que sugere-se neste trabalho pertencer à Fácies Marinho III, dariam uma resposta mais concisa na limitação vertical e lateral destas fácies.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N.; GOMES, A. M. B. **Uma gruta de abrasão interiorizada nos arredores de Torres.** Geomorfologia, Universidade de São Paulo, 10:2-4, 1969.
- ADDICOTT, W. O. **Late Pliocene marine paleoecology and zoogeography in Central California.** US Geological Survey Professional Paper 523-C: 1-19, 1966.
- ADDICOTT, W. O. **Mid-Tertiary zoogeographic and paleogeographic discontinuities across the San Andrea Fault, California.** In Proceeding of Conference on geologic problems on San Andrea Fault system (Dickinson WR & Grantz A, eds.). Stanford University Press, Geological Sciences 11, pp. 114-165, 1968.
- AGUIRRE, M.L. 1993. **Palaeobiogeography of the Holocene molluscan faunas from northeastern Buenos Aires province, Argentina: its relation to coastal evolution and sea level changes.** Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 102:1-26, 1993.
- AGUIRRE, M.; FARINATTI, E.A. **Paleobiogeografía de las faunas de moluscos marinos del Neógeno y Cuaternario del Atlántico Sudoccidental.** Revista de La Sociedad Geológica de España, 12:93-112, 1999.
- ASMUS, H.E.; PORTO, R. **Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26: 1972, Belém. Anais... Belém: SBG, 2: 67-90, 1972.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2001.
- BARNES, R. S. K. **A Synoptic Classification of Living Organisms.** Blackwell Scientific Publications, Boston, 273 p., 1984.
- BEHRENSMEYER, A. K.; KIDWELL, S. M. Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology* 11:105-119, 1985.
- BEHRENSMEYER, A. K.; KIDWELL, S. M.; GASTALDO, R. A. 2000. **Taphonomy and paleobiology.** *Paleobiology*, 26 (Supl. 4):103-147.
- BEST, M. M. R. **Contrast in preservation of bivalve death assemblages in siliciclastic and carbonate tropical shelf settings.** *Palaios*, 23:796-809, 2008.

BLOW, W. H. **The Cainozoic Globigerinida**. E. J. Brill, 3 v., 1979

BOLTOVSKOY, E. **Paleoceanografía del Atlántico Sud-occidental desde el Mioceno, según estudios foraminerológicos**. *Ameghiniana* 16, 357-389, 1979.

BRIGGS, J. C. **Global Biogeography**. *Developments in Palaeontology and Stratigraphy* 14. Amsterdam: Elsevier, 1995.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrates**. Guanabaraa Koogan, Rio de Janeiro, 2ª ed., 938 p., 2007.

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**. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, 63 p., 2007.

CLOSS, D. L.; FORTI, I. R. S. **Quaternary mollusks from the Santa Vitória do Palmar County**. *Inheringia*, (Série Geologia), 4: 19-58. 1971.

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

DILLENBURG, S. R.; ROY, P. S.; COWELL, P. J.; TOMAZELLI, L.J. **Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the shoreface translation-barrier model (STM)**. *Journal Coastal Research*, 16: 71-81, 2000.

DILLENBURG, S. R.; TOMAZELLI, L. J.; BARBOZA, E. G. **Barrier evolution and placer formation at Bujuru southern Brazil**. *Marine Geology*, Amsterdam, 203:43-56, 2004.

EFREMOV, J. A. **Taphonomy: new branch of paleontology**. *Pan American Geologist* 74:81-93, 1940.

ERTHAL, F. 2012. **Assinaturas tafonômicas em bivalves marinhos recentes na costa do Brasil e seu significado paleoambiental**. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 212 p.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. 1957. **Brazos River bar: a study in the significations of grain size parameter**. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1): p. 3-26.

FORTI, I. R. S. **Cenozoic mollusks from the drill-holes Cassino and Palmares do Sul of the coastal plain of Rio Grande do Sul**. *Iheringia (Geol)* 2:55–155, 1969.

FORTI-ESTEVES, I. R. **Bioestratigrafia e Paleoecologia (Mollusca) do Quaternário da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Brasil)**. Anais, 28º Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, SBG. 3:133-149, 1974.

GODOLPHIM, M. F., **RS**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Porto Alegre, UFRGS. 146 p. 1976.

GORDILLO, S. **Distribución biogeográfica de los moluscos holocenos del litoral argentino-uruguayo**. *Ameghiniana*, 35(2): 163-180, 1998.

IMBRIE, J.; HAYS, J.; MARTINSON, D.; MC INTYRE, A.; MIX, A.; MORLEY, J.; PISIAS, N.; PELL, W.; SCHACKLETON, N. 1984. **The Orbital Theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the Marine <sup>18</sup>O record**. In: BERGER, A.; IMBRIE, J.; HAYS, H.; KUKLA, G.; SALTZMAN, B., (eds.), *Milankovitch and Climate, Part I*. Dordrecht, D. Reidel Publishing, p. 269-305.

KIDWELL, S. M.; BOSENCE, D. W. J. 1991. **Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas**. In: P.A. Allison & D.E.G. Briggs (eds.) *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record*. Plenum Press, New York, p. 115-209.

KOWALEWSKI, M.; HOFFMEISTER, A. P. 2003. **Sieves and fossils: effects of mesh size on paleontological patterns**. *Palaios*, 18:460-469.

LOPES, R.P.; KINOSHITA, A.; BAFFA, O.; FIGUEIREDO, A.M.G.; DILLENBURG, S.R.; SCHULTZ, C.L.; PEREIRA, J.C. ESR dating of Pleistocene mammals and marine shells from the coastal plain of Rio Grande do Sul state, southern Brazil. *Quaternary International*, 352: 124-134., 2013.

MACHADO, D. M. D. C.; KOTZIAN, C. B.; ERTHAL, F. **Moluscos**. In: Carvalho, I. S. (ed.). *Paleontologia: microfósseis, paleoinvertebrados*. 3ª ed. Rio de Janeiro, Livraria Interciência. v. 2, 2011.

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; VILAS BOAS, G. S. **Primeira ocorrência de corais pleistocênicos na costa brasileira**: datação do máximo da penúltima transgressão. *Rev. Ciências da Terra* 1, 16–17, 1982.

MARTÍNEZ, S.; DEL RÍO, C. J. **Las provincias malacológicas miocenas y recientes del Atlántico Sudoccidental**. *An Biol* 24:121–130, 2002.

MARTÍNEZ, S.; DEL RÍO, C. J. **Las ingresiones marinas del Neógeno en el sur de Entre Ríos (Argentina) y litoral oeste de Uruguay y su contenido malacológico**. *INSUGEO - Miscelânea*, 14:13-26, 2005.

MARTÍNEZ, S.; DEL RIO, C. J.; ROJAS, A. **Biogeography of the Quaternary Molluscs of the Southwestern Atlantic Ocean**. *SpringerBriefs in Earth System Sciences*, 2013.

MARTÍNEZ, S.; ROJAS, A.; UBILLA, M.; VERDE, M.; PEREA, D.; PIÑEIRO, G. **Molluscan assemblages from the marine Holocene of Uruguay**: composition, geochronology and paleoenvironmental signals. *Ameghiniana* 43:385–398, 2006.

MARTINS, L. R. **Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. *Publicação Especial da Escola de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre*. 13, 102 p., 1967.

MUNARO, P. **Geologia e Mineralogia do Depósito de Minerais Pesados de Bojuru, RS**. *Dissertação (Mestrado em Geociências)*. Porto Alegre, UFRGS. 96 p., 1994.

PARSONS-HUBBARD, K. M. 2005. **Molluscan taphofacies in Recent carbonate reef/lagoon systems and their application to sub-fossil samples from reef cores**. *Palaios*, 20:175-191.

POJETA, J. JR.; RUNNEGAR, B.; PEEL, J. S.; GORDON, M. JR. **Phylum Mollusca**. In: BOARDMAN, R. S.; CHEETHAN, A. H.; ALBERT, J. R. (eds.). *Fossil invertebrates*. Blackwell Scientific Publications, Cambridge, p. 270-435, 1987.

POUPEAU, G.; RIVERA, A.; SOLIANI JR., E.; VASCONCELOS, M. B. A. ; SOUZA, J. H. **Datação por termoluminescência de depósitos arenosos costeiros do Rio Grande do Sul: resultados e implicações** (Breve Comunicação). Anais, 2º Simpósio Sul- Brasileiro de Geologia, Florianópolis, SBG. p. 403. 1985.

REID, J. **La circulación em el fondo del océano**. Em: Oceanografía: la última frontera, Buenos Aires, 156-167, 1973.

RIOS, E. C. 1994. **Seashells of Brazil**. Rio Grande, Editora da Universidade Federal de rio Grande, 2ª ed., 668 pp.

RIOS, E.C. 2009. **Compendium of Brazilian sea shells**. Rio Grande, Editora da Universidade Federal de rio Grande, 668 p.

RIOS-NETTO, A. M. **Taxonomia e Sistemática**. In: Carvalho, I. S. (ed.). Paleontologia, 2ª Edição. Rio de Janeiro, Livraria Interciência. pp. 129-141., 2004.

RITTER, M. N. **Tafonomia de moluscos com ênfase em sistemas estuarino-lagunares da Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Porto Alegre, UFRGS. 59 p., 2013.

RODRIGUES, A.M.L.; BORGES-AZEVEDO, C.M.; HENRY-SILVA, G.G. **Aspectos da biologia e ecologia do molusco bivalve Anomalocardia brasiliana (Gmelin, 1791) (Bivalvia, Veneridae)**. Revista Brasileira de Biociências, 8:377-383, 2010.

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. São Paulo, Livraria Roca, 1029 p., 1996.

SCARABINO, V. **Moluscos del Golfo San Matías (Provincia de Río Negro, República Argentina)**. Inventario y claves para su identificación. Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay 4: 177-285., 1977.

SCHNAID, F. **Ensaio de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

SHACKLETON, N. J.; OPDYKE, N. D. **Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28 – 238: oxygen isotope temperatures and ice volumes on a  $10^5$  and  $10^6$  year timescale.** Quaternary Research 3, 39-55, 1973.

SOLIANI JR., E. **Geologia da região de Santa Vitória do Palmar, RS, e a posição estratigráfica dos fósseis mamíferos pleistocênicos.** Dissertação (Mestrado em Geociências). Porto Alegre, UFRGS. 88 p., 1973.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A.; LOSS, E. L.; DEHNHARDT, E. A. **Caracterização de um ambiente praiial pleistocênico na província costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.** In: Congresso Brasileiro e Geologia, v.4, Anais, p1514-1523, 1982.

TOMAZELLI, L. J. **Contribuição ao Conhecimento das Fácies de Ambiente Praial a Partir de Elementos do Pleistoceno Costeiro do Rio Grande do Sul.** Anais, 2º Simpósio Sul- Brasileiro de Geologia, Florianópolis, SBG. p. 325-338, 1985.

TOMAZELLI, L. J. & VILLWOCK, J. A. **Geologia do Sistema Lagunar Holocênico do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil.** Pesquisas, 18(1):13-24, 1991.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. Quaternary geological evolution of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 68(3):373-382, 1996.

TOMAZELLI, L.J.; DILLENBURG, S.R. **Sedimentary facies and stratigraphy of a last interglacial coastal barrier in south Brasil.** Marine Geology, v. 244, p.33-45, 2007.

VALENTINE, J. W. **Evolutionary Paleocology of the Marine Biosphere.** New Jersey, Prentice Hall, 1973.

VALENTINE, J. W.; FOIN, T. C.; PEART, D. **A provincial model of Phanerozoic marine diversity.** Paleobiology 4: 55-66, 1978.

VALENTINE, J. W.; JABLONSKI, D. **Major determinants of the biogeographic pattern of the shallow-sea fauna.** Bulletin Societe Géologique France (série 7) 24: 893-899, 1985.

VEITENHEIMER-MENDES, I.L.; LOPES-PITONI, V.L. 1995. **Moluscos aquáticos atuais de ecossistemas costeiros em Imbituba, Imaruí e Laguna, Santa Catarina, Brasil: parâmetro de caracterização para paleoambientes.** Revista Brasileira de Zoologia, 12:429-434.

VILLWOCK, J. A. **Contribuição à geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado em Geociências). Porto Alegre, UFRGS. 113 p., 1972.

VILLWOCK, J. A. **Aspectos da sedimentação na região nordeste da Lagoa dos Patos: A Lagoa do Casamento e o Saco do Cocuruto – RS – Brasil.** Porto Alegre: UFRGS, 1977. 188p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências – UFRGS, 1977.

VILLWOCK, J. A.; DEHNHARDT, E. A.; LOSS, E. L.; TOMAZELLI, L. J.; HOFMEISTER, T. **Concentraciones de arenas negras a lo largo de la costa de Rio Grande do Sul, Brasil.** Memorias del Seminario Sobre Ecología Bentonica y Sedimentación de la Plataforma Continental del Atlántico Sur, Montevideo, Uruguay. p. 405-414, 1979.

VILLWOCK, J. A. **Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil.** A Synthesis. Pesquisas, 16:5-49, 1984.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. **Geologia Costeira do Rio Grande do Sul.** Notas Técnicas, 8: 1-45, 1995.