

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

**FÓSSEIS DE VERTEBRADOS PLEISTOCÊNICOS DOS SETORES CENTRAL E  
SUL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL: DESCRIÇÃO  
E CONTROLES NA DISTRIBUIÇÃO**

ERICK ANTAL CRUZ

ORIENTADOR – Prof. Dr. Sérgio Rebello Dillenburg

COORIENTADOR – Prof. Dr. Francisco Sekiguchi Buchmann

Volume I

Porto Alegre – 2016

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

**FÓSSEIS DE VERTEBRADOS PLEISTOCÊNICOS DOS SETORES CENTRAL E  
SUL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL: DESCRIÇÃO  
E CONTROLES NA DISTRIBUIÇÃO**

ERICK ANTAL CRUZ

ORIENTADOR – Prof. Dr. Sérgio Rebello Dillenburg

COORIENTADOR – Prof. Dr. Francisco Sekiguchi Buchmann

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Renato Pereira Lopes – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
(UFRGS)

Prof. Dr. Felipe Caron – Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Prof. Dr. Nils Edvin Asp Neto – Universidade Federal Do Pará (UFPA)

Dissertação de Mestrado apresentada como  
requisito parcial para obtenção do Título de  
Mestre em Geociências.

Porto Alegre – 2016

## Ficha Catalográfica

### CIP – Catalogação da Publicação

Cruz, Erick Antal

Fósseis de vertebrados pleistocênicos dos setores central e sul da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil: descrição e controles na distribuição. / Erick Antal Cruz. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016. [79 f.] il.

Dissertação (Mestrado).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2016.

Orientador(es):Sérgio Rebello Dillenburg

Coorientador(es):Francisco Sekiguchi Buchmann

1. Megafauna 2. Tafonomia 3. Retrabalhamento 4. Evolução costeira I. Título.

CDU 55

Catalogação na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Sibila F. Tengaten Binotto

CRB 10/1743

## Agradecimentos

### SABEDORIA DAS SABEDORIAS

*“Oferecendo-vos o Conhecimento da Origem Única, do Movimento Único e da Finalidade Única, ofereço-vos a Trilha Única, o Caminho Certo. Aquele que, por qualquer motivo ou pretexto se desviar, terá que, sofrendo, retornar ao Caminho Certo, para então atingir a Finalidade Única.”* – **Viasa Veda**

*“Todas as vidas ou existências, todo trabalho e todo sofrimento, é para que possais voltar a Mim, o Senhor Único, a origem e a Finalidade.”* – **Crisna**

*“Conhece-te a ti mesmo e conhecerás o universo e os deuses.”* – **Sabedoria Órfica**

*“O verdadeiro sábio é aquele que sabe ter Deus em si e tudo faz para com Ele se unir.”*

*“O de dentro e o de fora, o de cima e o de baixo, tudo é um, porque só um é o Princípio.”* – **Sabedoria Hermética**

*“Uma só Verdade, e só com ela triunfareis.”* – **Zoroastro**

*“Do Um tudo parte, no Um tudo movimenta e no Um tudo atinge a finalidade.”* – **Pitágoras**

*“O Senhor está na intimidade profunda de cada um, mas poucos sabem disso. Aqueles que disso vêm a ter conhecimento, e se esforçam para realizar a união, esses gozarão da Sua Eterna Glória.”*

*“Aquele que procura a Verdade fora de si, certamente a encontrará nos fundamentos de tudo o que existe, mas aquele que a procura em si e com ela se faz uno, esse é o verdadeiro sábio.”* – **Sabedoria Hinduísta**

**OSVALDO POLIDORO.**

## Resumo

A presença de depósitos fossilíferos na antepraia e plataforma continental interna foi atribuída às oscilações do nível do mar durante o Quaternário. Hoje em dia, esses depósitos estão sendo erodidos por ondas e correntes e transportados para a praia. O presente trabalho teve como objetivo comparar o setor central e sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, quantificando e qualificando quanto sua tafonomia, taxonomia e representatividade dos restos esqueléticos. Foi coletado um total de 2.820 fósseis, dentre os quais 95% foram coletados no setor sul e apenas 5% foram coletados no setor central. A principal hipótese para essa diferença é a disponibilidade de fósseis na antepraia e plataforma interna. A presença de vários parais e elevações e depressões submersas na antepraia e plataforma interna do setor sul indica, provavelmente as áreas-fonte de onde os fósseis são erodidos. Em ambos os setores foram identificados duas populações de bioclastos: fósseis não-identificados (85%) e fósseis identificados (15%), indicando maior e menor retrabalhamento pelas ondas, respectivamente. As mesmas ordens e restos esqueléticos foram identificados em ambos os setores, com exceção de alguns que foram encontrados somente no setor sul. Na fauna marinha, a ordem mais comum foi a Perciformes representada principalmente por tumores ósseos da espécie *Pogonias cromis*. Dentes de tubarões (Lamniformes e Carcharhiniformes) e raias (Myliobatiformes) foram encontrados apenas no setor sul, devido à presença da espessa *konzentrat-lagerstätte* de conchas marinhas fósseis, chamada de "Concheiros". Na fauna terrestre, a ordem mais comum foi a Cingulata (principalmente gliptodontídeos do gênero *Glyptodon*). Os elementos acessórios representados por osteoderms de cingulados foram os restos esqueléticos mais abundantes, devido ao grande número de osteoderms que cobre o esqueleto de cingulados e ao pequeno tamanho e forma compacta das osteoderms que favorecem o transporte. Elementos de tamanho pequeno (32-64 mm) e de forma compacta, como osteoderms, dentes e vértebras, são encontrados em maior quantidade e são facilmente transportados. Elementos de tamanho grande (maior que 128 mm) e de forma de lâmina/disco, como ossos longos e elementos cranianos, são encontrados em menor quantidade e são dificilmente transportados.

**Palavras-chave:** megafauna, tafonomia, retrabalhamento, evolução costeira, Quaternário.

## Abstract

The presence of fossiliferous deposits in the shoreface and inner continental shelf was attributed to the sea-level oscillations during the Quaternary. Nowadays, these deposits are being eroded by waves and currents and transported onto the beach. The present work aimed to compare the central and southern sectors of the Coastal Plain of Rio Grande do Sul, quantifying and qualifying as its taphonomy, taxonomy and skeletal remains representativeness. A total of 2.820 fossils was collected, among which 95% were collected in the southern sector and only 5% were collected in the central sector. The hypothesis for this difference is the availability of fossils in the shoreface and inner continental shelf. The presence of several sedimentary submerged rocks and submerged elevations and depressions in the shoreface and inner continental shelf of the southern sector indicates probably the source-areas where the fossils are eroded from. In both sectors were identified two populations of bioclasts: non-identified fossils (85%) and identified fossils (15%), indicating greater and less waves reworking, respectively. The same orders and skeletal remains were identified in both sectors, except for some that were only found in the southern sector. In the marine fauna, the most common order was the Perciformes represented mainly by bone tumors of the species *Pogonias cromis*. Teeth of sharks (Lamniformes and Carcharhiniformes) and rays (Myliobatiformes) were only found in the southern sector due to the presence of the thick *konzentrat-lagerstätte* of fossil marine shells, called "Concheiros". In the terrestrial fauna, the most common order was the Cingulata (mostly glyptodontids especially the genre *Glyptodon*). The accessory elements represented by osteoderms of cingulates were the most abundant skeletal remains, due to the large number of osteoderms that covers the skeleton of cingulates and the small size and compact shape of the osteoderms which favour the transport. Small-size (32-64 mm) and compact-shape elements such as osteoderms, teeth and vertebrae are found in greater quantity and are easily transported. Bigger-sizes (exceeding 128 mm) and blade/disc-shape elements such as long bones and cranial elements are found in less quantity and are hardly transported.

**Key-words:** megafauna, taphonomy, reworking, coastal evolution, Quaternary.

## Sumário

Sobre a estrutura da dissertação: .....	8
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>9</b>
1. INTRODUÇÃO .....	10
1.1. Objetivos .....	17
1.2. Justificativa e Importância .....	17
2. ESTADO DA ARTE .....	19
REFERÊNCIAS .....	32
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>52</b>
INTRODUCTION .....	54
STUDY AREA.....	56
Coastal Plain of Rio Grande do Sul.....	56
Oceanographic Setting.....	58
Holocene Sea Level History .....	59
MATERIAL AND METHODS .....	60
RESULTS.....	61
Central Sector.....	61
Southern Sector .....	62
DISCUSSION .....	62
Taphonomic Characteristics .....	62
Taxonomic Characteristics.....	65
Representativity of Skeletal Elements .....	68
FINAL REMARKS.....	70
Central and Southern Sectors Similarities .....	70
Central and Southern Sectors Differences .....	71
ACKNOWLEDGEMENTS .....	71
REFERENCES.....	72
<b>ANEXOS</b> .....	<b>79</b>
1.1. Carta de submissão do artigo.....	79

***Sobre a estrutura da dissertação:***

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma:

a) Introdução sobre o tema e descrição do objeto da pesquisa de mestrado, onde estão sumarizados os objetivos e a importância do estudo proposto, seguidos pela apresentação do estado da arte sobre o tema de pesquisa.

b) Manuscrito submetido à **Revista Brasileira de Paleontologia**, intitulado:  
**PLEISTOCENE VERTEBRATE FOSSILS FROM THE CENTRAL AND SOUTHERN SECTORS OF THE COASTAL PLAIN OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL: DESCRIPTION AND CONTROLS ON DISTRIBUTION.**

c) Anexo compreendendo a carta de submissão do artigo.

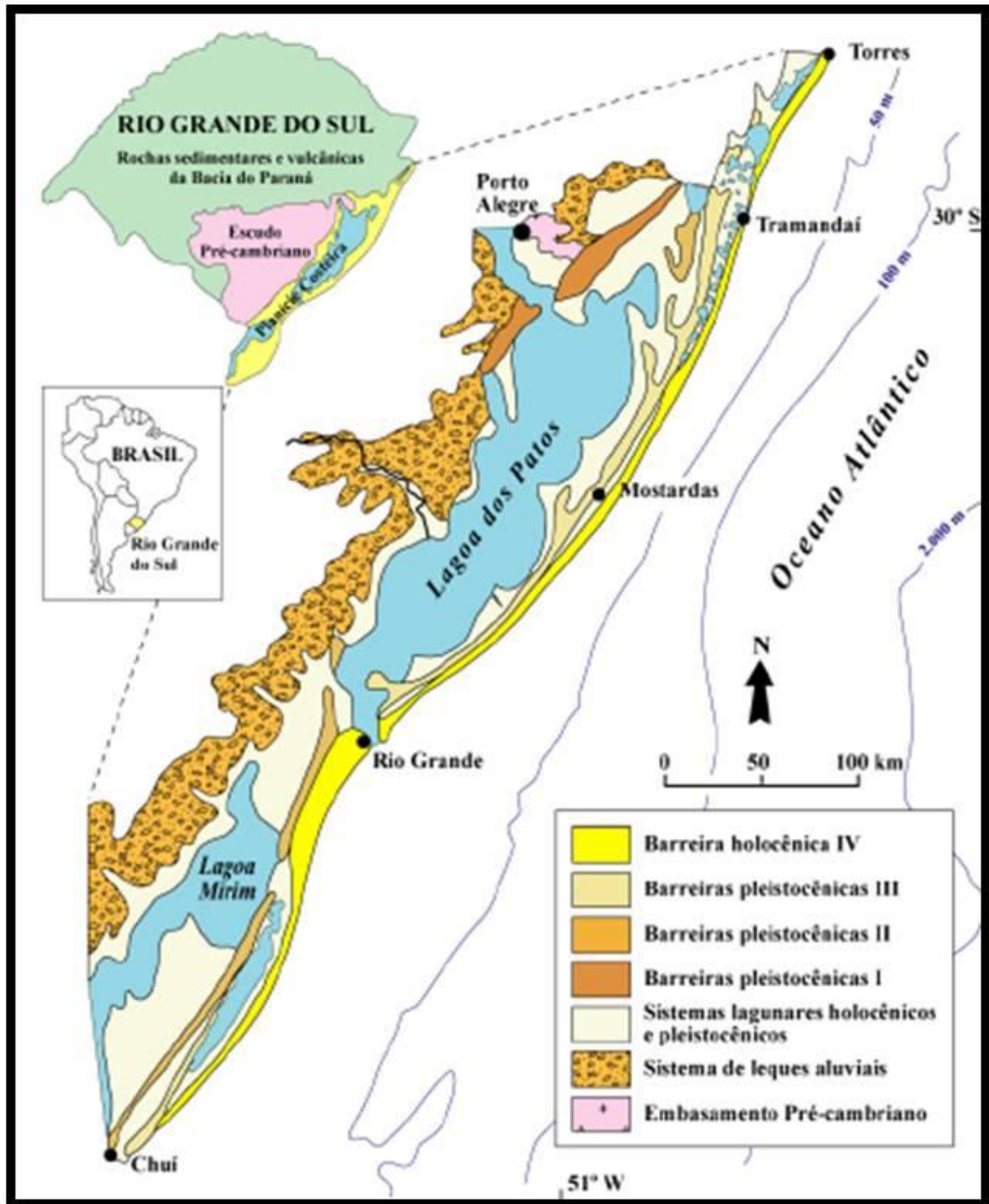


# **CAPÍTULO 1**

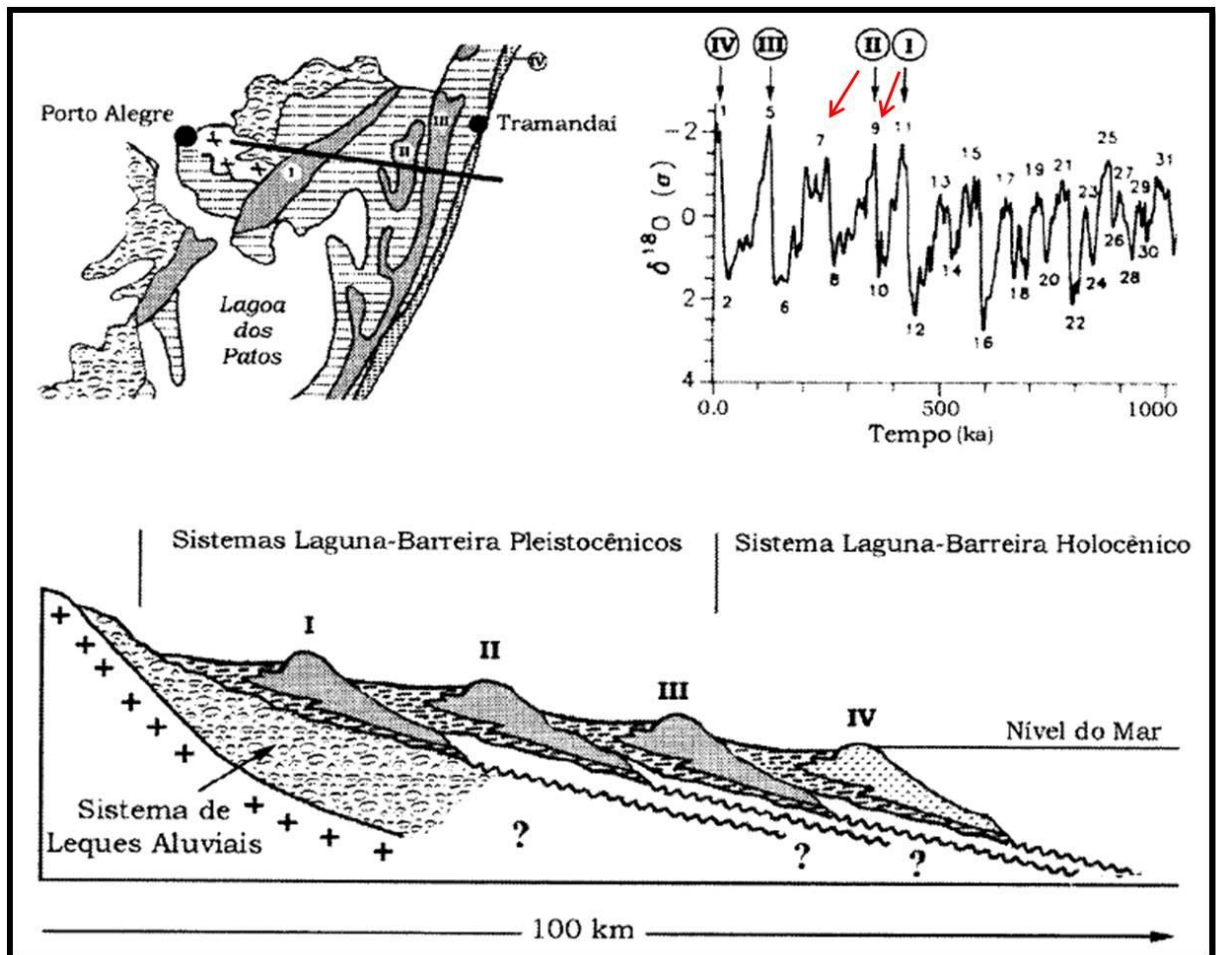
## 1. INTRODUÇÃO

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) foi formada após a separação entre a América do Sul e África no final do Cretáceo. A morfologia da PCRS foi afetada pelas oscilações glacioeustáticas do Quaternário, o que levou à formação de dois grandes sistemas deposicionais: o Sistema de Leques Aluviais e o Sistema Laguna-Barreira (VILLWOCK, 1972, 1984, 1994; VILLWOCK *et al.*, 1986; VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995; TOMAZELLI; VILLWOCK, 1996) (Fig. 1). No extremo norte da planície costeira, as terras altas consistem em rochas vulcânicas e sedimentares do Paleozóico e Mesozóico da Bacia do Paraná, enquanto ao sul, temos rochas ígneas e metamórficas do escudo Pré-Cambriano (TOMAZELLI; DILLENBURG; VILLWOCK, 2000). Os sedimentos da costa são essencialmente siliciclásticos, areias bem selecionadas e maduras, com pequenas quantidades de matéria orgânica, carbonato biogênico, argilas diagenéticas e concentrações de minerais pesados (VILLWOCK *et al.*, 1979; VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995; DILLENBURG; TOMAZELLI; BARBOZA, 2004; LIMA, 2012).

O Sistema Laguna-Barreira é subdividido em quatro grandes lagunas-barreiras; cada uma foi formada por uma transgressão marinha, correlacionadas com os episódios interglaciais do Pleistoceno-Holoceno (TOMAZELLI; DILLENBURG; VILLWOCK, 2000) (Fig. 2). Villwock e Tomazelli (1995) foram os primeiros a correlacionarem as idades das barreiras com os picos da curva isotópica proposta por Imbrie *et al.* (1984). As barreiras pleistocênicas I, II e III correlacionam-se com os estágios isotópicos 11 (400 ka), 9 (325 ka) e 5 (120 ka), respectivamente, e a barreira holocênica IV correlaciona-se com o estágio 1 (6 ka). Mais tarde, Lopes *et al.* (2014a) postularam, com base em datações por termoluminescência, uma nova idade para a barreira II, agora correlacionada com o estágio isotópico 7e, com idade aproximada de 220-240 ka. Desta forma, a barreira I passaria a ser correlacionada com o estágio isotópico 9 (325 Ka) em vez do 11 de acordo com Villwock e Tomazelli (1995) (Fig. 2).



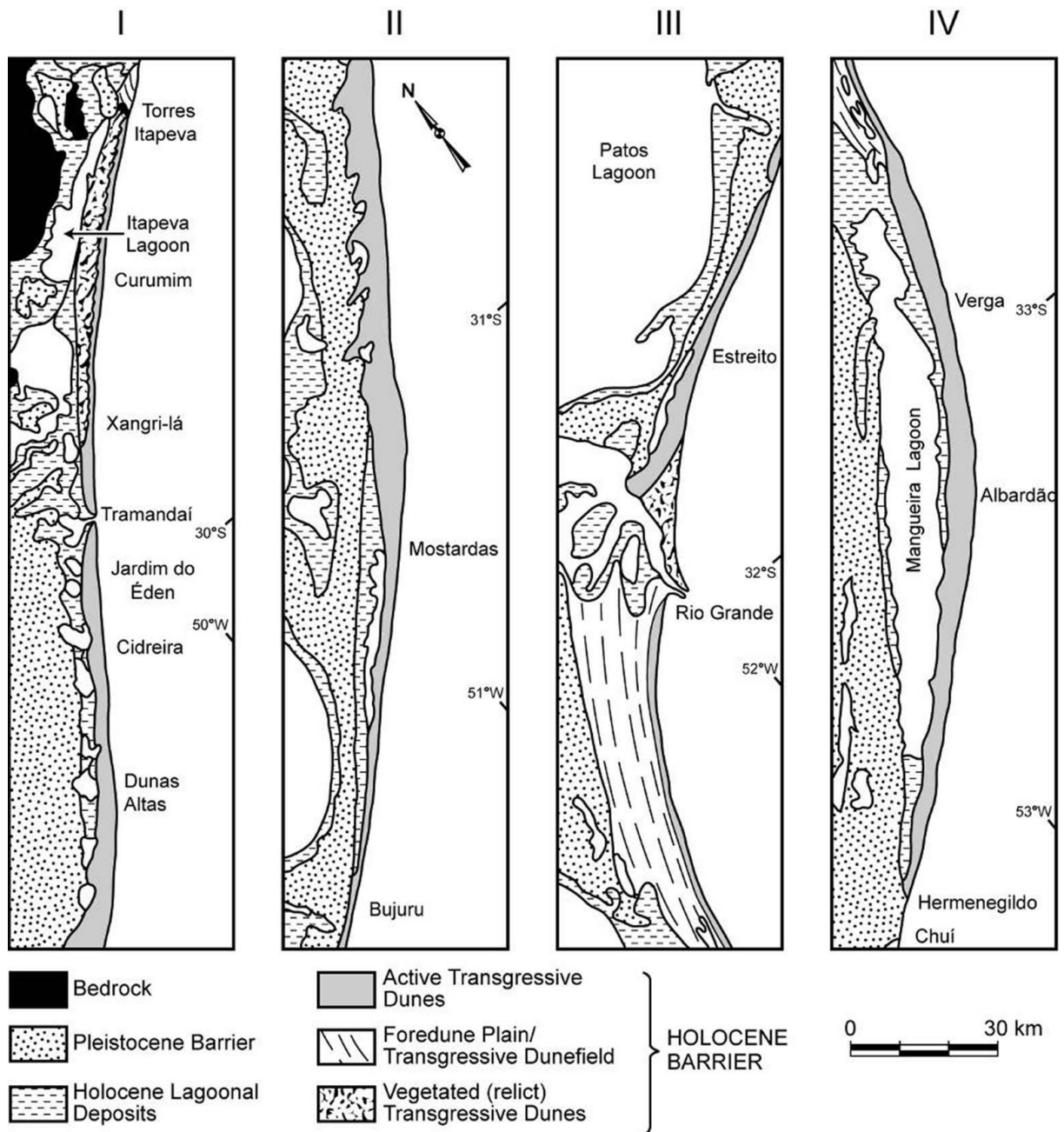
**Figura 1.** Mapa geológico da Planície Costeira do Rio Grande do Sul mostrando os dois Sistemas Depositionais: Leques Aluviais e Laguna-Barreira (TOMAZELLI; VILLWOCK, 1996).



**Figura 2.** Perfil transversal dos depósitos quaternários do Sistema Lagoa-Barreira (TOMAZELLI; VILLWOCK, 2000). Setas em vermelho corresponde as novas idades propostas por Lopes *et al.* (2014a).

O sistema Lagoa-Barreira IV está relacionado com a última transgressão. Este sistema é dominado por areias quartzosas muito fina a média (depósitos da barreira), e areias quartzosas fina a média e lamias (depósitos lagunares) (VILLWOCK; TOMAZELLI, 1995; BUCHMANN *et al.*, 2009). As grandes quantidades de carbonatos de cálcio biogênicos que ocorrem como sedimentos de praia (conchas e detritos de conchas) no Albardão (litoral sul do RS) são exceções locais (DILLENBURG *et al.*, 2009). Extensos depósitos eólicos que formam campos de dunas cobrem a superfície emersa da barreira holocênica (AREJANO, 1999; TOMAZELLI, 1994), mas que hoje se encontram restritos e diminutos. Dillenburg *et al.* (2009) propôs a divisão da barreira holocênica em cinco setores, de acordo com as suas características transgressivas/regressivas: 1) Torres a Tramandaí; 2) Tramandaí a Mostardas; 3) Mostardas ao Estreito; 4) Estreito ao Verga; 5) Verga ao Chuí. Os setores 3 e 5 estão situados nas duas grandes projeções convexas da

costa (Fig. 3). Eles são compostos por barreiras transgressivas que foram formadas pela erosão de longo prazo, forçada pelo déficit de aporte sedimentar e poder das ondas.

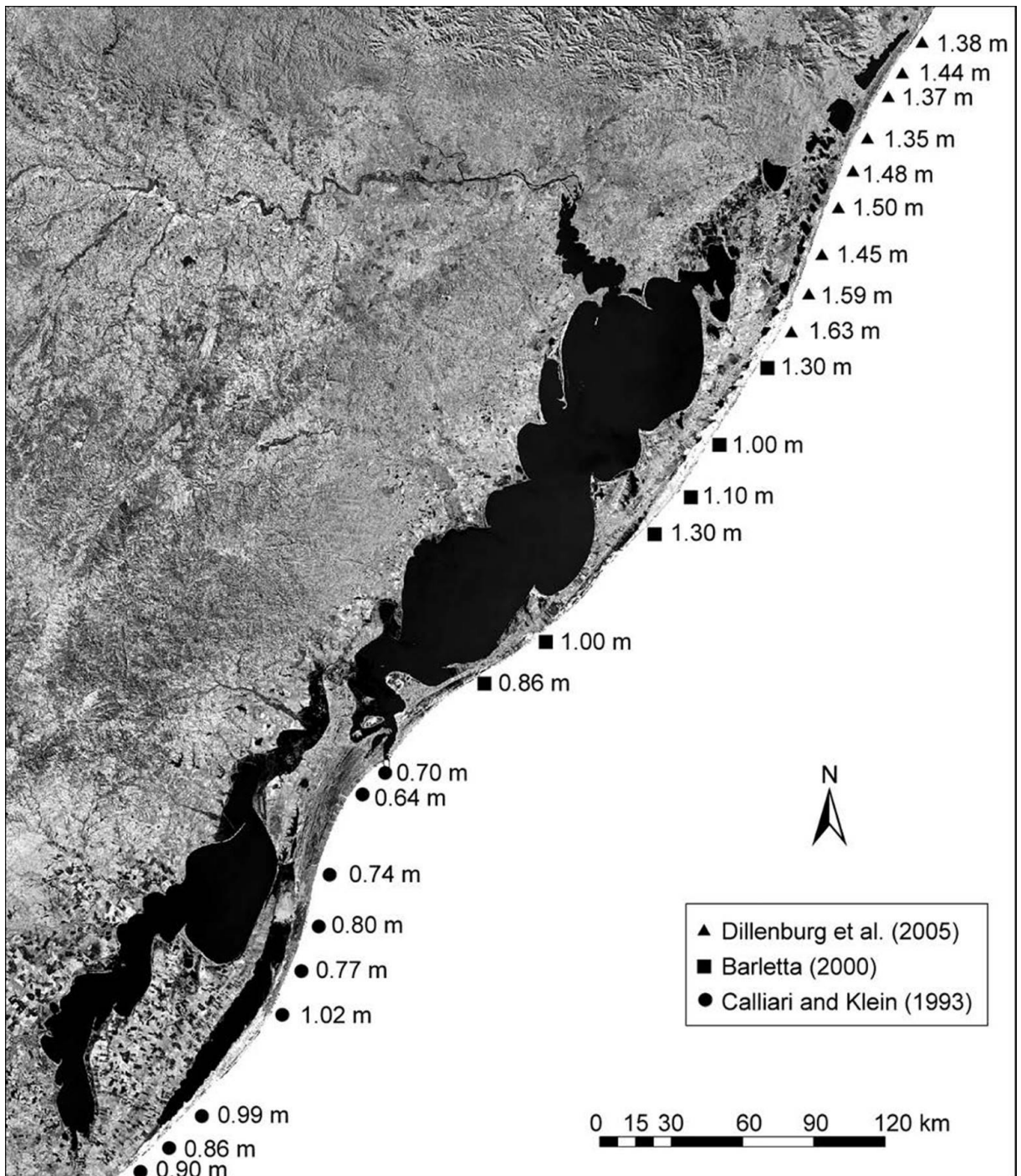


**Figura 3.** Barreiras pleistocênicas e holocênicas da PCRS de Torres ao Chuí. II e IV mostram as projeções convexas da costa (modificado de HESP *et al.*, 2005 *apud* DILLENBURG *et al.*, 2009).

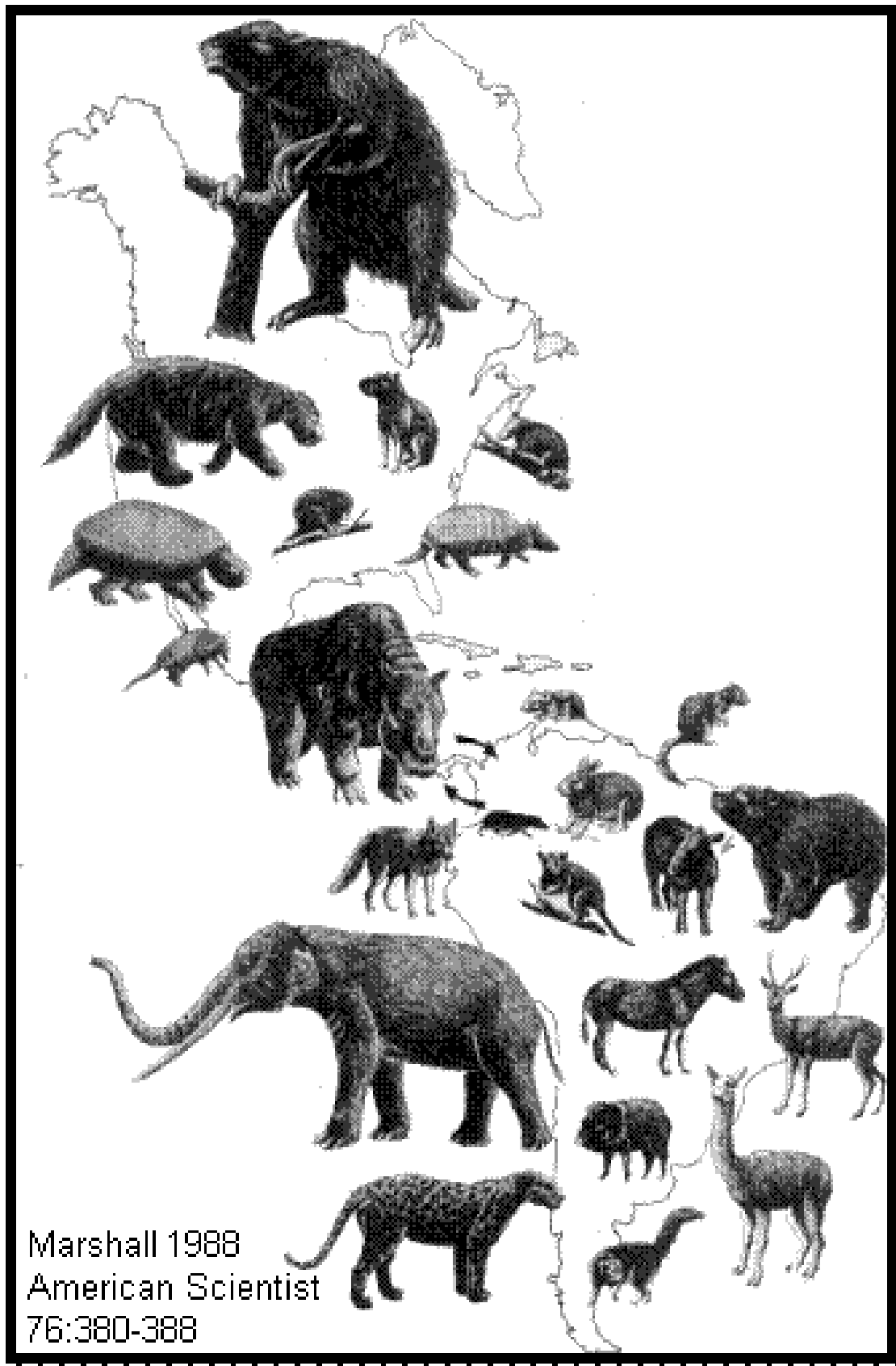
Existe uma correlação entre a morfologia da plataforma continental e da configuração da linha de costa. Ao longo dos embaiamentos costeiros (e.g., Cassino), a plataforma é mais larga e levemente inclinada, enquanto ao longo das

projeções costeiras (e.g., Conceição e Hermenegildo) é mais estreita e íngreme (DILLENBURG *et al.*, 2000). As diferenças acima determinaram a existência de gradientes em altura/energia de onda ao longo da costa (DILLENBURG; TOMAZELLI; CLEROT, 2003; DILLENBURG *et al.*, 2005; MARTINHO, 2008). A energia das ondas, medido pela altura/energia das ondas e ângulos de ataque (SWIFT, 1976), é maior nas projeções costeiras (LIMA; ALMEIDA; TOLDO JR., 2001; MARTINHO, 2008) (Fig. 4). Há fortes evidências de que a coexistência temporal de longo prazo das barreiras regressivas e transgressivas ao longo da PCRS poderia ser um produto da existência de gradientes longitudinais em energia das ondas (DILLENBURG *et al.*, 2009). Além disso, este gradiente pode também evidenciar como os depósitos fossilíferos submersos mudaram ao longo do tempo e por que a deposição de fósseis pleistocênicos nas praias ao longo da PCRS é diferente.

Os depósitos da plataforma contendo fósseis de mamíferos terrestres foram formados durante regressões do nível do mar quando a plataforma foi exposta pelo nível de mar mais baixo, e ocupada por ecossistemas terrestres (BUCHMANN, 1994a, 1994b, 2002; LOPES; BUCHMANN, 2010; LOPES *et al.*, 2010). A composição dos mamíferos terrestres da América do Sul é uma mistura da fauna autóctone Sul-americana (Xenarthra, Notoungulada, Marsupialia e Litopterna) e da fauna alóctone Norte-americana (Artiodactila, Perissodactila, Proboscidea e Carnívora), quando no início do Pleistoceno houve a Grande Intermigração entre as Américas (WEBB, 1976, 1991; MARSHALL *et al.*, 1979; PETRI; FÚLFARO, 1983) (Fig. 5). Os depósitos contendo fósseis de vertebrados marinhos, como peixes ósseos, peixes cartilaginosos (tubarões e raias) e cetáceos, foram formados durante as transgressões do nível do mar quando a plataforma foi afogada pelo nível de mar mais alto, e ocupada por ecossistemas marinhos (BUCHMANN, 1994a, 1994b, 2002; LOPES; BUCHMANN, 2010). Ambos os depósitos terrestres e marinhos foram afogados pela última subida do nível do mar e estão sendo erodidos pelos processos costeiros (DILLENBURG; TOMAZELLI; BARBOZA, 2004) e transportados para as praias (FIGUEIREDO JR., 1975; BUCHMANN, 1994a, 1994b, 2002; CRUZ, 2012, 2013).



**Figura 4.** Valores de altura de onda significativa ao longo da costa do RS. A altura de onda aumenta nas projeções convexas da costa (DILLENBURG *et al.*, 2005).



**Figura 5.** Grande Intercâmbio Americano mostrando a fauna sul-americana migrando para a América do Norte e a fauna norte-americana migrando para a América do Sul.



## 1.1. Objetivos

O objetivo desta pesquisa é descrever e comparar os setores centro e sul da PCRS quanto à presença dos fósseis de vertebrados pleistocênicos depositados nas praias.

A partir disso, foram idealizados os seguintes objetivos específicos:

- Quantificar e medir os fósseis encontrados e analisa-los em relação aos aspectos tafonômicos.
- Identificá-los e classificá-los quanto a sua taxonomia, ao menor táxon possível, e quanto a sua estrutura óssea (elementos esqueléticos).

## 1.2. Justificativa e Importância

Os depósitos fossilíferos submersos na antepraia e na plataforma continental interna foram pouco estudados em comparação com os depósitos emersos presentes nas barrancas do Arroio Chuí. Enquanto que os fósseis de vertebrados do Arroio Chuí são coletados *in situ*, com estratigrafia conhecida e datações correlacionadas às oscilações do nível do mar durante o Quaternário, os fósseis de vertebrados presentes na antepraia e plataforma continental interna ainda não possuem área-fonte e nem estratigrafia conhecidas, apenas tendo datações que mostram uma mistura de populações. Isto indica um depósito complexo onde as erosões causadas pelas transgressões e regressões da linha de costa bem como as erosões atuais na costa por ondas e déficit de sedimentos influenciaram na distribuição e transporte desses fósseis.

Os fósseis de vertebrados destes depósitos submersos são erodidos e transportados por ondas e correntes, e são constantemente depositados nas praias da PCRS. A coleta de fósseis nas praias dos setores centro e sul ajudaram a entender como esses depósitos se comportam atualmente, indicando uma possível área-fonte. Os resultados desta dissertação serão usados para delimitar a área de estudo e o enfoque em trabalhos futuros, para entender mais a formação e evolução

desses depósitos no contexto da formação das barreiras-lagunas emersas bem como das feições submersas de paleolagunas e paleolinhas de praia.

## 2. ESTADO DA ARTE

### 2.1. O Grande Intercâmbio entre as Américas – Megafauna

Os mamíferos terrestres, da denominada megafauna sul-americana, remontam ao fim do Cretáceo quando houve a separação entre as Américas (65 ma) e que permaneceram isoladas até o Plio-Pleistoceno (3 ma). No fim do Plioceno e início do Pleistoceno, quando se restabeleceu a ligação, houve uma intermigração entre as Américas, onde a fauna autóctone sul-americana, composta pelas ordens Edentata, Notoungulada, Marsupialia e Liptoterna, migrou para a América do Norte, e a fauna alóctone norte-americana, representada pelas ordens Artiodactila, Perissodactila, Proboscidea e Carnivora, migrou para a América do Sul (SIMPSON, 1948, 1950, 1967, 1978, 1980; PATTERSON; PASCUAL, 1972; WEBB, 1976, 1977, 1978, 1980, 1985, 1991; MARSHALL *et al.*, 1979, 1982, 1984; MARSHALL, 1981, 1985, 1988; WEBB; MARSHALL, 1982; PETRI; FÚLFARO, 1983; MARSHALL; MUIZON, 1988). Neste Grande Intercâmbio Americano, como é chamado, ocorreram mais dispersões de vertebrados terrestres no sentido Sul vindos da América do Norte do que as dispersões no sentido Norte vindos da América do Sul (MARSHALL *et al.*, 1982). Somado a esta maior dispersão no sentido sul, houve uma maior adaptação da fauna norte-americana no sul do que o contrário (SIMPSON, 1950), bem como uma grande diversificação destes imigrantes, originando espécies endêmicas a América do Sul (MARSHALL, 1988).

Algo importante de se considerar é que a fauna da América do Norte e a da América do Sul possuem históricos bem diferentes o que caracterizaram as suas composições taxonômicas (MARSHALL, 1988). Antes do Grande Intercâmbio Americano, a fauna norte-americana já havia passado por diversas intermigrações, pois no Cenozóico (65 ma) a América do Norte foi uma vez conectada a Europa e diversas vezes conectada a Ásia pela Beringia, resultando em várias adições de taxa do Velho Mundo ao longo do tempo (MCKENNA, 1975; REPENNING, 1980; RUSSEL; ZHAI, 1987). Enquanto a América do Norte passava por essas intermigrações com o Velho Mundo, a América do Sul se manteve isolada, como hoje é a Austrália, o que resultou em um alto grau de endemismo na fauna. A fauna endêmica sul-americana sofreria o seu primeiro grande influxo de competidores e

predadores pela primeira vez durante o Grande Intercâmbio Americano (MARSHALL, 1988).

Durante a transição Plio-Pleistoceno, na América do Norte chegaram 7 famílias sul-americanas: 2 de grandes roedores, Hydrochoeridae (capivaras) e Erethizontidae (porcos-espinhos); 2 de desdentados sem carapaça, Dasypodidae (tatus) e Glyptodontidae (glyptodontes); e 3 de preguiças terrestres Megatheriidae, Mylodontidae, e Megalonychidae (WEBB, 1985). Durante o mesmo período, na América do Sul chegaram 4 famílias norte-americanas: 1 de roedores Cricetidae; 2 de carnívoros (Procyonidae e Mustelidae); e 2 de artiodáctilos (Tayassuidae) (MARSHALL *et al.*, 1982; WEBB; MARSHALL, 1982). No Pleistoceno Inferior, na América do Sul pela primeira vez são registrados 5 famílias de ungulados (Camelidae, Cervidae, Equidae, Tapiridae e Gomphotheriidae), e na América do Norte são registrados 4 famílias: Didelphidae (gambás), Myrmecophagidae (tamanduás), Trichechidae (peixes-boi) e Desmodontidae (morcegos hematófagos) (WEBB, 1976; MARSHALL *et al.*, 1982 ).

Dos mamíferos terrestres sul-americanos que entraram na América do Norte, os toxodontes, 3 famílias de preguiças, os glyptodontes e as capivaras tornaram-se extintos. Na América do Sul, apenas 2 famílias norte-americanas tornaram-se extintas: Equidae (cavalos) e Gomphotheriidae (gomphotheres). Uma família (Camelidae) se extinguiu do local de origem (América do Norte) e sobreviveram na América do Sul. Em geral, o padrão a nível familiar sugere uma maior extinção da fauna de imigrantes na América do Norte do que no Sul. As extinções relacionadas a competições da fauna imigrante com a nativa ainda são consideradas um ponto de debate com problemas não resolvidos. O que se sabe é que a fauna sul-americana sentiu muito mais o impacto da fauna imigrante do que o contrário, talvez por causa desigualdade do intercâmbio em que a dispersão Norte-Sul foi favorecida (WEBB, 1991).

## 2.2. Depósitos Fossilíferos da Megafauna na PCRS

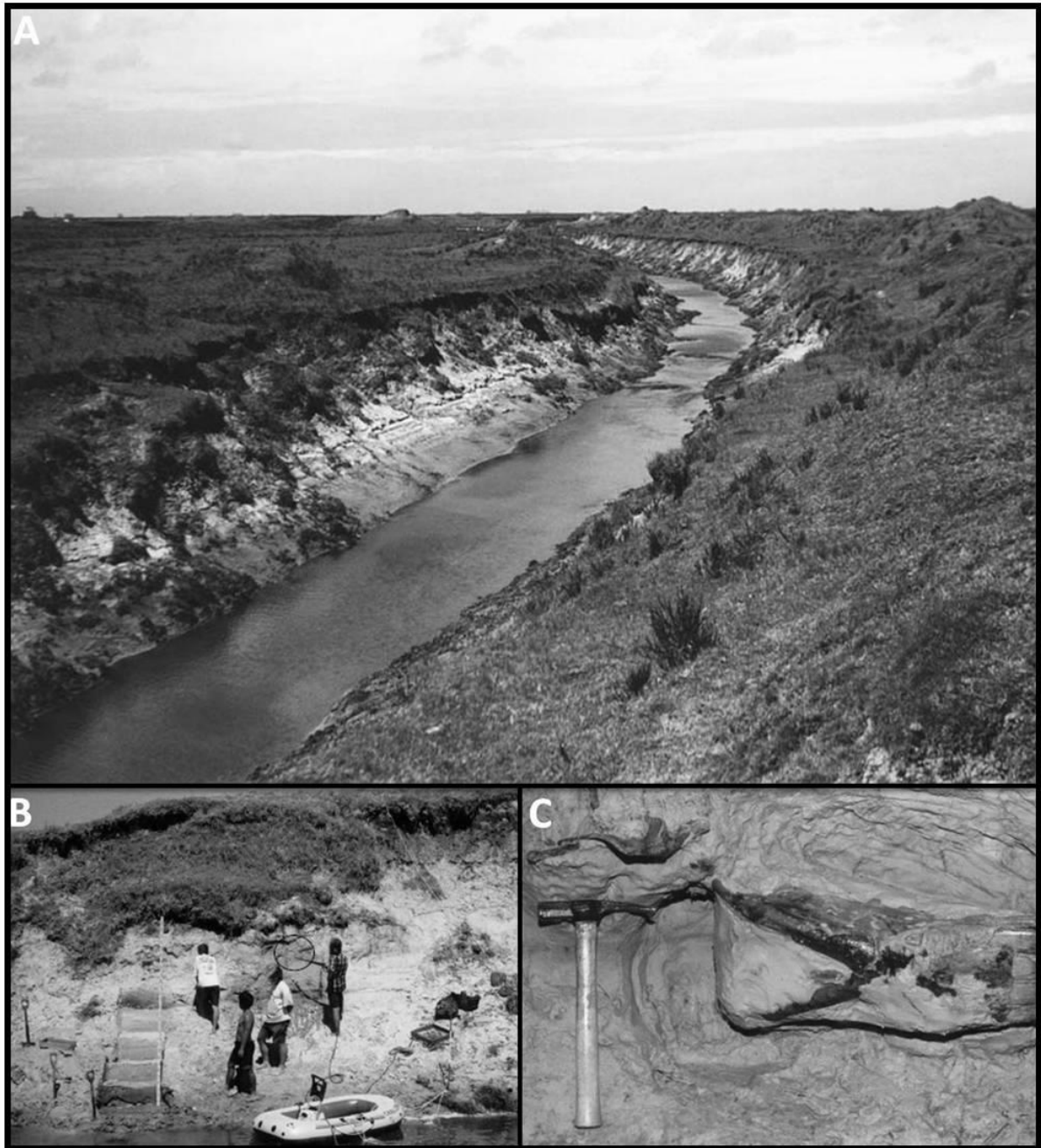
No Brasil, os fósseis de mamíferos terrestres são conhecidos desde o final do século 19, provenientes da costa do Rio Grande do Sul. O primeiro contato com esses fósseis foi do naturalista Charles Darwin em 1831 que os coletou no Pampa

gaúcho. Posteriormente, o alemão Hermann Von Ihering descreveu em uma carta ao naturalista argentino Florentino Ameghino a presença de algumas osteodermas de glyptodontes na praia (AMEGHINO, 1891). O Dr. Hermann Von Ihering, na época diretor do Museu Paulista, foi o primeiro a estimar idade e a fornecer uma identificação e descrição mais detalhada dos fósseis. Posteriormente, Carlos de “Paula-Couto” procurou condensar o conhecimento sobre os mamíferos quaternários do Brasil com trabalhos relacionados a taxonomia (PAULA-COUTO, 1939, 1940, 1942, 1944, 1947, 1953, 1961, 1975, 1979, 1980, 1981). Juntamente com Paula-Couto, outros pesquisadores contemporâneos contribuíram para o conhecimento da megafauna como, por exemplo, os trabalhos de Simpson e Paula-Couto (1957, 1981), Souza Cunha (1959), Paula Couto e Souza Cunha (1965a, 1965b), Soliani Jr. (1973), Soliani Jr. e Jost (1974) e Oliveira (1992).

Mais tarde, outros estudos de taxonomia foram publicados adicionando novas espécies e novos locais de ocorrência desses fósseis como, por exemplo: De Oliveira (2001) – utilizou índices de similaridade faunística nos fósseis coletados na atual linha de costa; Scherer e Da Rosa (2003) – equídeo fóssil do Pleistoceno de Alegrete, RS; Rodrigues e Ferigolo (2004) – descreveram os roedores pleistocênicos; Lima e Buchmann (2005) – novo afloramento fossilífero na Lagoa Mangueira; Hsiou (2006) – primeiro registro de *Teiidae* (Squamata, Lacerilia) para o Pleistoceno Superior do Rio Grande do Sul; Lopes, Buchmann e Caron (2006) – primeiro registro de fósseis de aves marinhas na PCRS; Hsiou e Fortier (2007) – primeiro registro de *Caiman* (Crocodylia, *Alligatoridae*) para o Pleistoceno do Rio Grande do Sul; Kerber e Oliveira (2008) – fósseis de vertebrados da Formação Touro Passo (Pleistoceno Superior); Lopes e Pereira (2009) – descreveram fósseis de *Antifer* (Artiodactyla: Cervidae); Oliveira e Pereira (2009) – os Cingulados (Mammalia, Xenarthra); Pereira, Kerber e Lopes (2009) – novas ocorrências de mamíferos no Arroio Chuí (Pleistoceno Tardio); Scherer, Pitana e Ribeiro (2009) – descreveram as famílias Protheriidae e Macrauchiidae (Mammalia, Litopterna); Lopes e Pereira (2010a) – descrição de Scelidotheriinae (Xenarthra, Pilosa) para os depósitos do Rio Grande do Sul; Kerber *et al.* (2011) – descreveram os roedores das famílias Chinchillidae and Dolichotinae do Pleistoceno Tardio; Lopes *et al.* (2011) – primeiro registro de *Neuryurus* (Xenarthra: Glyptodontidae); Pereira, Prevosti e Lopes (2011) – primeiro registro de *Dusicyon avus* para o Arroio Chuí; Pereira, Lopes e Kerber (2012) – novos registros para o Pleistoceno Tardio do Arroio Chuí;

Ferreira, Zurita e Ribeiro (2013) – identificação de *Plohophorus* (Xenarthra, Glyptodontidae); Kerber *et al.* (2013) – roedores Caviomorfa; Lopes e Pereira (2013a) – fóssil de *Megatherium* no Pleistoceno Tardio; Nunes e Da Rosa (2013) – registro de Megatheriidae no Sítio Arroio Seival; Reichert *et al.* (2013) – tafonomia de Cervidae; Cruz e Buchmann (2015) – novos dados da representatividade óssea dos mamíferos pleistocênicos do RS; entre outros trabalhos sendo publicados até hoje. Além da taxonomia dos fósseis, publicaram-se estudos da localização e distribuição ao longo da PCRS (BUCHMANN, 1994a, 1994b, 2002; BUCHMANN; RINCÓN FILHO, 1997; LOPES; BUCHMANN; ITUSARRY, 2001; LOPES *et al.*, 2001, 2009; CARON, 2004; LIMA; BUCHMANN, 2005; LOPES; BUCHMANN, 2008, 2009, 2010; LOPES, 2009; LOPES; PEREIRA, 2010b, 2013b; PEREIRA; LOPES, 2012; CRUZ; DILLENBURG; BUCHMANN, 2015a, 2015b), da tafonomia (LOPES; BUCHMANN; ITUSARRY, 2001; LOPES *et al.*, 2001; CARON, 2004; LOPES; BUCHMANN; CARON, 2005, 2008; CARON; BUCHMANN; LOPES, 2005; CRUZ; BUCHMANN, 2010, 2013a, 2013b; CRUZ, 2012, 2013; LOPES; FERIGOLO, 2015), das idades (LOPES *et al.*, 2010, 2014b) e das interpretações paleoambientais (LOPES, 2013; LOPES *et al.*, 2013).

Embora se encontre fósseis da megafauna ao longo da PCRS, dois depósitos se destacam: os afloramentos do Arroio Chuí (Fig. 6) e os depósitos submersos da antepraia e plataforma interna e externa (Fig. 7). Nos afloramentos do Arroio Chuí, na divisa do Rio Grande do Sul com o Uruguai, os fósseis permaneceram emersos, preservados *in situ* nas barrancas, e não sofrem retrabalhamento da hidrodinâmica costeira atual (LOPES; BUCHMANN; ITUSARRY, 2001; LOPES *et al.*, 2001, 2009; LOPES, 2006; LOPES; PEREIRA, 2009, 2010a, 2013a; PEREIRA; KERBER; LOPES, 2009; PEREIRA; PREVOSTI; LOPES, 2011; PEREIRA; LOPES; KERBER, 2012). Nos depósitos submersos encontrados ao longo da antepraia e da plataforma continental interna e externa do Rio Grande do Sul, os fósseis se encontram soterrados ou expostos, e estão sujeitos aos processos da hidrodinâmica costeira atual que os transportam para a praia (FIGUEIREDO JR., 1975; BUCHMANN, 1994a, 1994b, 2002; BUCHMANN; TOMAZELLI, 1999, 2000, 2003; BUCHMANN *et al.*, 1999, 2001a; LOPES; BUCHMANN; CARON, 2005, 2008; LOPES *et al.*, 2010; LOPES, 2006, 2011; LOPES; BUCHMANN, 2009, 2010).



**Figura 6.** Sistema fluvial do Arroio Chuí entre as barreiras II e III, divisa do Brasil com o Uruguai. A: vista panorâmica; B: corte feito no pacote sedimentar para estudo estratigráfico; C: mandíbula de *Toxodon in situ* na barranca. (modificado de BUCHMANN, 2002).



**Figura 7.** Fósseis e conchas encontrados depositados na praia, provenientes da antepraia. A: vista panorâmica da Praia dos Concheiros no setor sul da PCRS; B: dois fósseis de mamíferos terrestres encontrados em meio às conchas. (fotos de BUCHMANN).

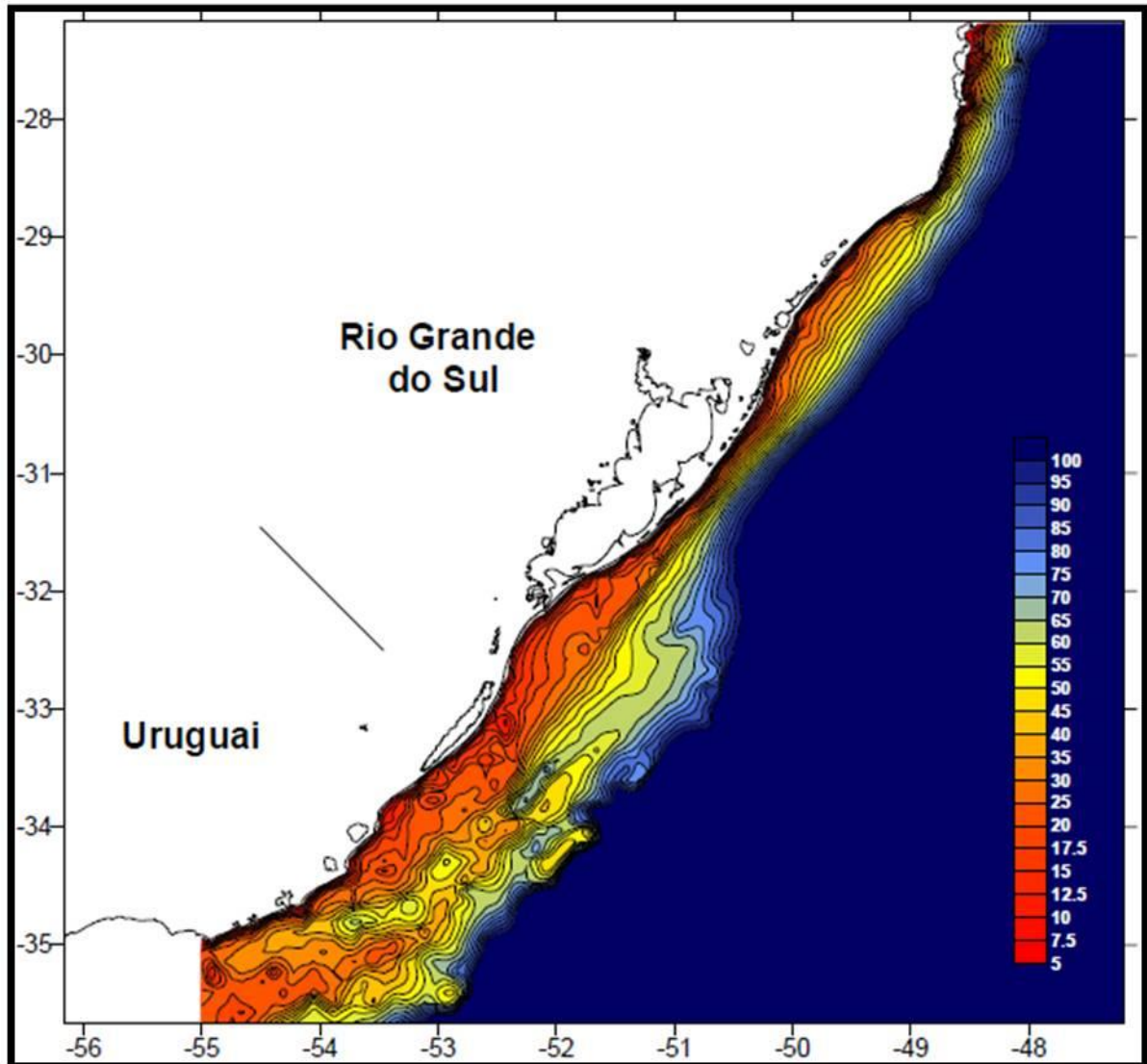


## 1) Plataforma Continental

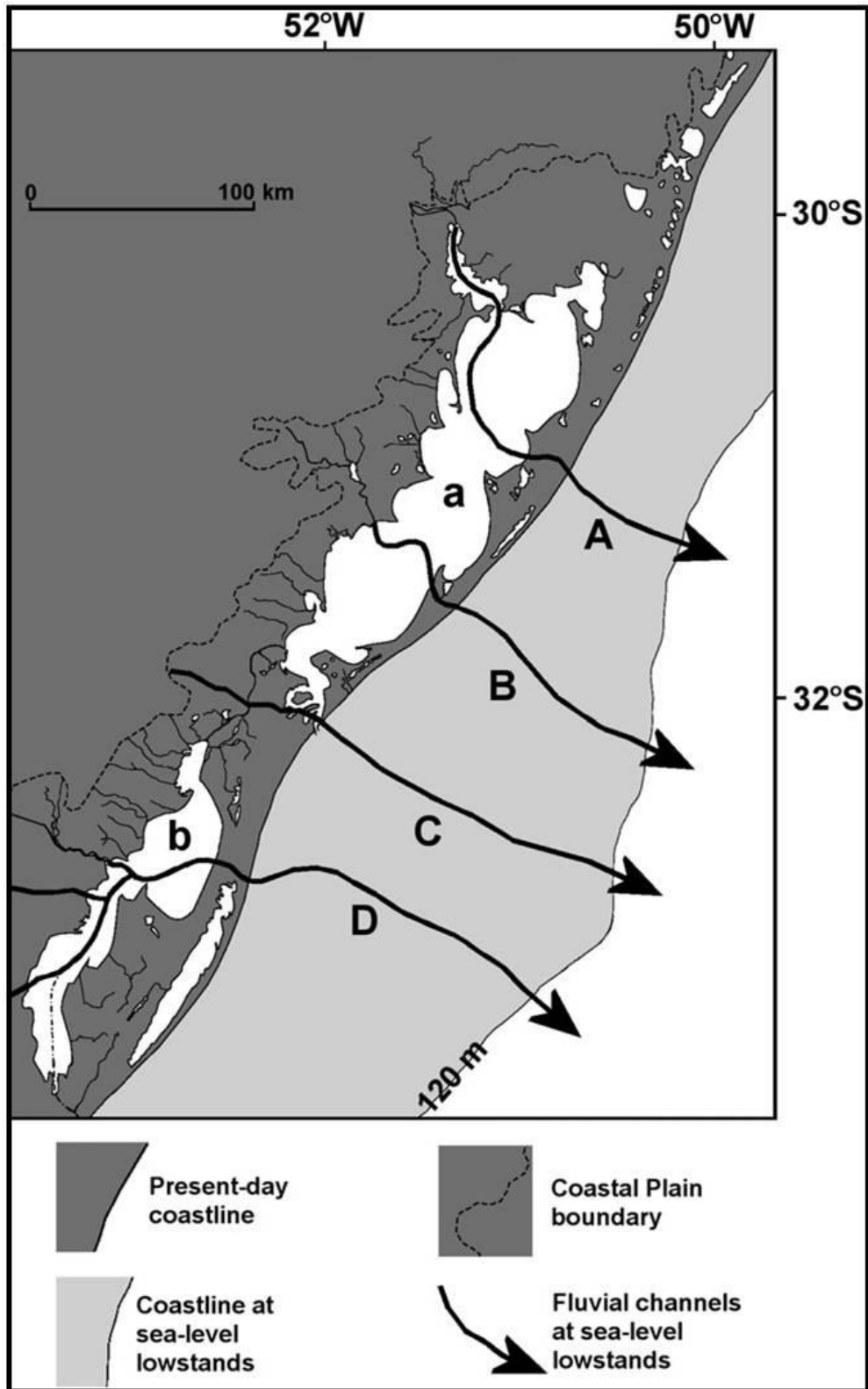
A plataforma continental do sul do Brasil tem um baixo gradiente topográfico (proporção média de 1:1.000), com a quebra da plataforma localizada na profundidade de 170 m (Fig. 8). A plataforma é ampla e contém paleocanais fluviais submersos e bancos de areia (CORRÊA; ADE, 1987; CORRÊA, 1990, 1994; CORRÊA *et al.*, 1996; MARTINS *et al.*, 1996; WESCHENFELDER, 2005; TOMAZELLI *et al.*, 2008; WESCHENFELDER *et al.*, 2008, 2010, 2014; SILVA, 2009) (Fig. 9). Os depósitos contendo fósseis de mamíferos terrestres foram formados durante regressões do nível do mar quando a plataforma foi exposta pelo nível de mar mais baixo, e ocupada por ecossistemas terrestres (BUCHMANN, 1994a, 1994b, 2002; LOPES; BUCHMANN, 2010; LOPES, 2011). Os depósitos contendo fósseis marinhos, como peixes ósseos, peixes cartilagosos (tubarões e raias) e cetáceos, foram formados durante as transgressões do nível do mar quando a plataforma foi afogada pelo nível de mar mais alto, e ocupada por ecossistemas marinhos (BUCHMANN, 1994a, 1994b, 2002; LOPES; BUCHMANN, 2010). Ambos os depósitos terrestres e marinhos foram afogados pela última subida do nível do mar e estão sendo retrabalhados pelos processos erosivos costeiros (DILLENBURG; TOMAZELLI; BARBOZA, 2004) e transportados para as praias (FIGUEIREDO JR., 1975; BUCHMANN, 1994a, 1994b; 2002; CRUZ, 2012, 2013).

Os fósseis da antepraia e plataforma continental interna, em profundidades de até 10 m, são encontrados desarticulados, exibindo sinais de quebra e abrasão *post mortem* (LOPES; BUCHMANN; CARON, 2008; LOPES, 2009; LOPES; FERIGOLO, 2015), devido ao retrabalhamento pelas ondas, o que dificulta as análises de estratigrafia e tafonomia, e também a identificação de estruturas esqueléticas e táxons (CARON, 2004; AIRES; LOPES, 2010). A presença de arenitos e coquinas associados com fósseis de mamíferos terrestres comprova o retrabalhamento praiado por ondas e correntes (BUCHMANN, 2002) (Fig. 10). Os fósseis da plataforma continental externa, em profundidades maiores que 20 m, são raramente encontrados e devido a não ação das ondas estão mais bem preservados que os anteriores (LOPES; BUCHMANN, 2010). A bioincrustação de corais, briozoários, poliquetas, cracas e ostras presentes nestes fósseis comprova sua exposição na plataforma continental externa (LOPES; BUCHMANN, 2010; LOPES, 2011) (Fig. 11). Há uma grande variação cronológica (entre 146 e 650 ka) dos fósseis da antepraia e

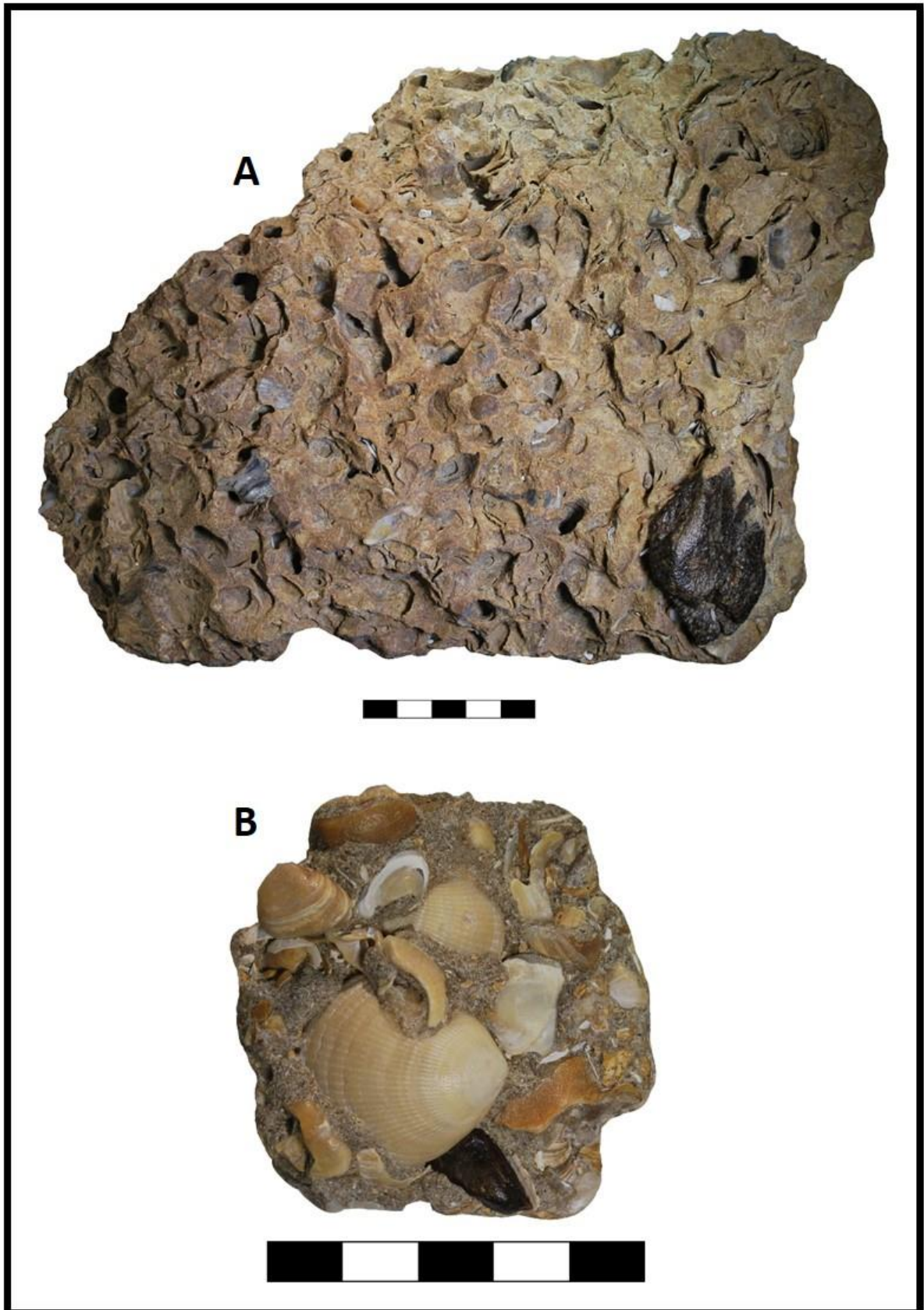
plataforma continental (LOPES *et al.*, 2010). Isto porque, durante a subida do nível do mar ocorre erosão de 10 m do pacote sedimentar (DILLENBURG, 1994, 1996), resultando no retrabalhamento e na mistura dos fósseis de camadas inferiores e antigas com os de camadas superiores e recentes (LOPES; BUCHMANN, 2010).



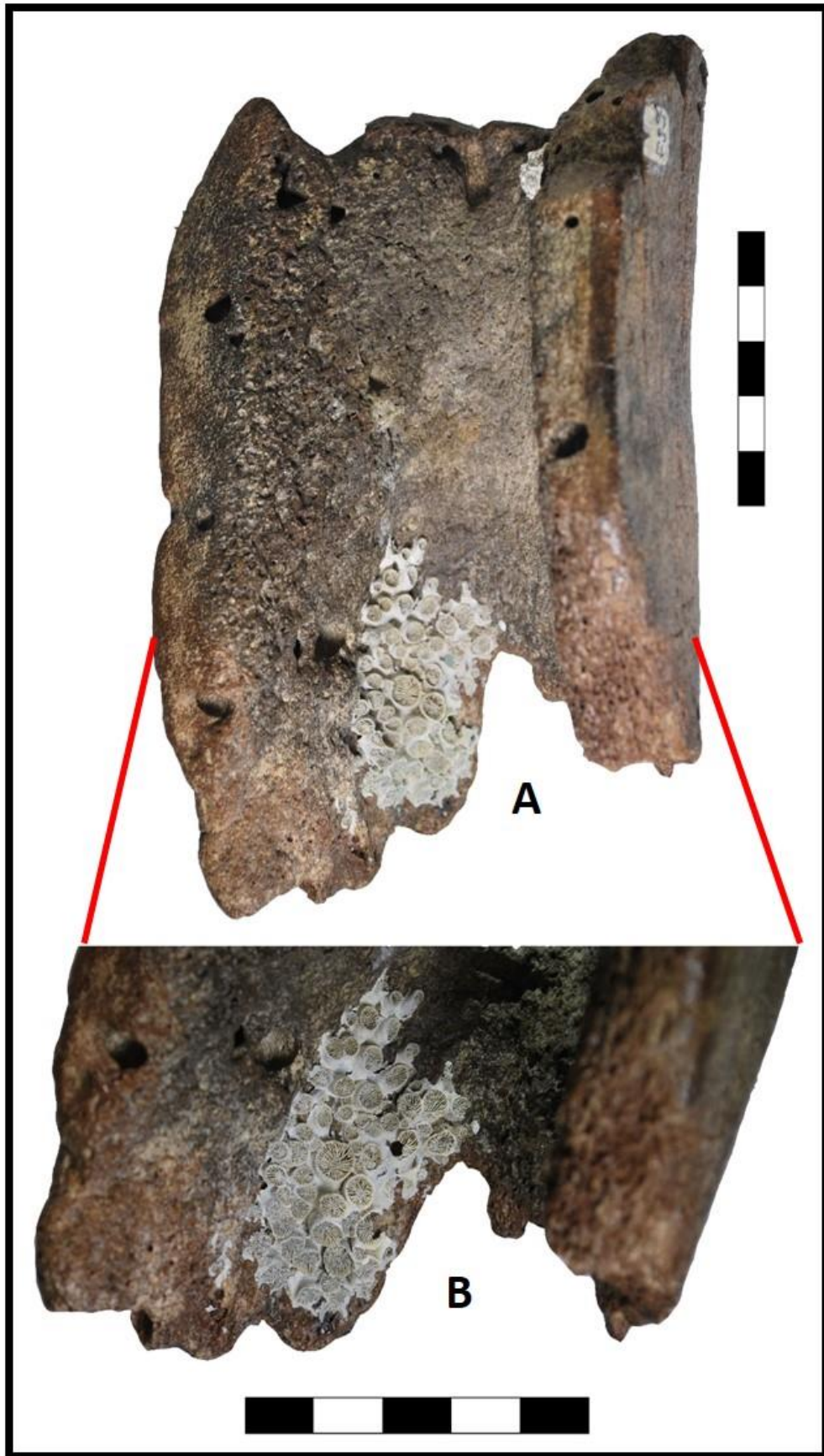
**Figura 8.** Mapa batimétrico da costa do Rio Grande do Sul, isolinhas em metros (baseado na digitalização das cartas da DHN - Marinha do Brasil n<sup>os</sup> 2200, 2210, 2100, 2110 e 2000). (retirado de BUCHMANN, 2002).



**Figura 9.** Paleo-drenagens registradas na plataforma continental do RS durante o nível do mar baixo no pré-Holoceno, associadas à Lagoa dos Patos (a) e a Lagoa Mirim (b): A – Rio Guaíba, B – Rio Camaquã, C – Rio Piratini, D – Rios Jaguarão, Tacuari e Cebollati (modificado de Weschenfelder (2005) e Silva (2009) *apud* Lopes & Buchmann, 2010).



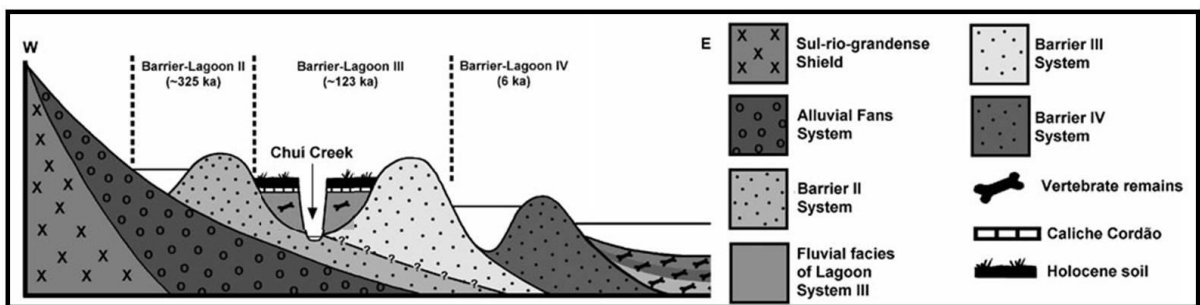
**Figura 10.** Fósseis de mamíferos terrestres associados a arenito (A) e coquina (B) comprovando o retrabalhamento praiar na antepraia e plataforma interna (fotos de Erick Cruz).



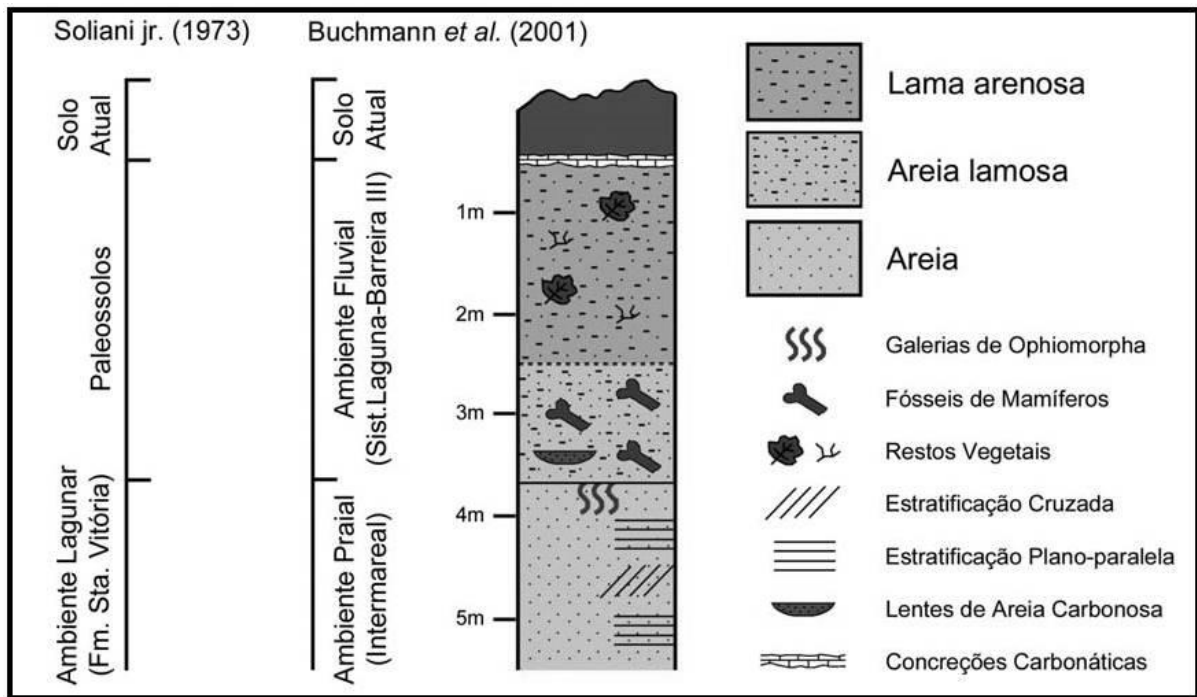
**Figura 11.** Fósseis de mamíferos terrestres bioincrustados por coral (*Astrangia* sp.) comprovando a exposição na plataforma externa (fotos de Erick Cruz).

## 2) Arroio Chuí

O Arroio Chuí é um sistema fluvial localizado há 14 km da linha de costa atual, entre o Brasil e o Uruguai. Está posicionado geologicamente entre as Barreiras pleistocênicas II e III (Fig. 12). Os fósseis encontrados *in situ* nas barreiras do Arroio Chuí estão associados à fácies de um sistema fluvial meandrante do Sistema Depositional Laguna-Barreira III (120 ka), composta por areia fina lamosa com traços de raízes (LOPES; BUCHMANN; ITUSARRY, 2001; LOPES *et al.*, 2001, 2009) (Fig. 13). Os fósseis são encontrados desarticulados e fragmentados devido à dinâmica fluvial, embora alguns estejam completos e articulados (LOPES, 2011; LOPES, 2009; LOPES; FERIGOLO, 2015). Há uma grande variação cronológica (entre 33 e 226 ka) nos fósseis do Arroio Chuí, semelhantemente aos da antepraia e plataforma continental (entre 18 e 650 ka), sugerindo uma mistura de faunas (LOPES *et al.*, 2010).



**Figura 12.** Vista esquemática da posição estratigráfica do depósito fóssilífero do Arroio Chuí (modificado de LOPES, 2011).



**Figura 13.** Coluna estratigráfica dos depósitos expostos ao longo das barrancas do arroio Chuí, com as correspondentes interpretações paleo-ambientais de Soliani Jr. (1973) e Buchmann *et al.* (2001b). (modificado de LOPES *et al.*, 2001 *apud* LOPES *et al.*, 2009).

## REFERÊNCIAS

AIRES, Alex S. S.; LOPES, Renato P. Representativity of Quaternary mammals from the southern brazilian continental shelf. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 57-66, 2012.

AMEGHINO, Florentino. Correspondência entre El Dr. Florentino Ameghino y El Dr. Herman Von Ihering. In: TORCELLI, T. J. (Ed.). **Obras Completas Y Correspondencia Científica**. La Plata: Taller de Impresiones Oficiales, 1891. v. 12, p. 131-134.

AREJANO, T. B. **Análise Do Regime De Ventos E Determinação Do Potencial De Deriva Da Areia No Extremo Sul Do Litoral Do Rio Grande Do Sul, Brasil**. 1999. 42 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BUCHMANN, Francisco Sekiguchi de Carvalho. **Estudo Macrofossilífero Da Porção Sul Da Planície Costeira Do Rio Grande Do Sul**. 1994. 109 f. Monografia (Graduação) – Departamento de Oceanografia, Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 1994a. (inédito).

\_\_\_\_\_. Distribuição dos fósseis pleistocênicos na zona costeira e plataforma continental interna no Rio Grande do Sul. **Acta Geológica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 17, n. 39/1, p. 355-364, 1994b.

BUCHMANN, Francisco S. C.; RINCÓN FILHO, G. Fósseis de vertebrados marinhos do Pleistoceno Superior na porção sul da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. **Notas Técnicas**, Porto Alegre, v. 10, p. 07-16, 1997.

BUCHMANN, Francisco S. C.; TOMAZELLI, Luiz J. Fósseis da megafauna terrestre coletados na plataforma continental interna, RS, Brasil, e sua relação com a dinâmica costeira passada e atual. In: Congresso da Associação Brasileira de



Estudos do Quaternário, 7., 1999. Porto Seguro, **Anais...** Porto Seguro: ABEQUA, 1999. 3p.

BUCHMANN, Francisco S. C.; BARLETTA, Rodrigo C.; TOMAZELLI, Luiz J.; BARRETO, A. M. F. Novo afloramento pleistocênico na atual linha de costa do Rio Grande do Sul, Brasil. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 7., 1999. Porto Seguro, **Anais...** Porto Alegre: ABEQUA, 1999.

BUCHMANN, Francisco S. C.; TOMAZELLI, Luiz J. Altos topográficos submersos (parcéis) na antepraia do Rio Grande do Sul, Brasil, e sua influência na morfologia e dinâmica praial. In: Simpósio Brasileiro sobre Praias Arenosas, 2000. Itajaí, **Anais...** Itajaí: SBPA, 2000. p. 174.

BUCHMANN, Francisco S. C.; SEELIGER, M.; ZANELLA, L. R.; MADUREIRA, L. S. P.; TOMAZELLI, Luiz J.; CALLIARI, Lauro J. Análise batimétrica e sedimentológica no estudo do Parcel do Carpinteiro, uma paleolinha de praia pleistocênica na antepraia do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 109-115, 2001a.

BUCHMANN, Francisco S. C.; LOPES, Renato P.; DE OLIVEIRA, U. R.; CARON, Felipe; LÉLIS, R. J. F; CECÍLIO, Renato O.; TOMAZELLI, Luiz J. Presença de icnofósseis de *Callichirus* nas barrancas do Arroio Chuí, RS: um novo afloramento marinho do Pleistoceno e uma reinterpretação da estratigrafia local. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 8., 2001b. Imbé, **Anais...** Imbé: ABEQUA, 2001b.

BUCHMANN, Francisco Sekiguchi de Carvalho. **Bioclastos De Organismos Terrestres E Marinhos Na Praia E Plataforma Interna Do Rio Grande Do Sul: Natureza, Distribuição, Origem E Significado Geológico**. 2002. 120 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. (inédito).

BUCHMANN, Francisco S. C.; TOMAZELLI, Luiz J. Relict nearshore shoals of Rio Grande do Sul, southern Brazil: origin and effects on nearby modern beaches. **Journal of Coastal Research**, v. 35, p. 318-322, 2003.

BUCHMANN, Francisco S. C.; CARON, Felipe; LOPES, Renato P.; UGRI, A.; LIMA, Leonardo G. Panorama geológico da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. In: RIBEIRO, A. M.; BAUERMANN, S. G.; SCHERER, Carolina S. (Ed.). **Quaternário Do Rio Grande Do Sul – Integrando Conhecimentos**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2009. p. 35-56.

CARON, Felipe. **Aspectos Taxonômicos E Tafonômicos Dos Fósseis De Vertebrados Terrestres (Megafauna Pampeana Extinta) E Marinhas (Peixes E Cetáceos) Da Praia Do Cassino, RS**. 2004. 129 f. Monografia (Graduação) – Departamento de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2004. (inédito).

CARON, Felipe; BUCHMANN, Francisco S. C.; LOPES, Renato P. Aspectos tafonômicos dos bioclastos da praia do Cassino, RS, abordando os fósseis de vertebrados terrestres (megafauna pampeana extinta) e marinhos (peixes e cetáceos). In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10., 2005. Rio de Janeiro, **Livro de Resumos...** Rio de Janeiro: ABEQUA, 2005. p. 6.

CORRÊA, Iran C. S.; ADE, M. V. Contribuição ao estudo da paleogeografia da plataforma continental interna do Rio Grande do Sul. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 1., 1987. Porto Alegre, **Boletim de Resumos...** Porto Alegre: ABEQUA, 1987. p. 37-48.

CORRÊA, Iran Carlos Stalliviere. **Analyse Morphostructurale Et Evolution Paleogeographique De La Plate-Forme Continentale Atlantique Sudbresilienne (Rio Grande Do Sul - Bresil)**. 1990. 314 f. Tese (Doutorado) – Universite de Bourdeaux I, Talente, França. 1990. (inédito).

CORRÊA, Iran C. S. Interpretation morphostructurale de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul, a partir de l'Analyse Cartographique. **Notas Técnicas**, Porto Alegre, v. 7, p. 3-26, 1994.

CORRÊA, Iran C. S.; MARTINS, L. R. S.; KETZER, J. M. M.; ELIAS, A. R. D.; MARTINS, R. Evolução sedimentológica e paleogeográfica da plataforma continental sudeste e sul do Brasil. **Notas Técnicas**, Porto Alegre, v. 9, p. 51-61, 1996.

CRUZ, Erick A.; BUCHMANN, Francisco S. C. Tafonomia dos bioclastos nas praias dos Concheiros e do Hermenegildo. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 3., 2010. Rio Grande, **Resumos...** Rio Grande: CBO, 2010. p. 1586-1588.

CRUZ, Erick Antal. **Estudo Tafonômico E Taxonômico Dos Fósseis Pleistocênicos Da Planície Costeira Do Rio Grande Do Sul**. 2012. 216 f. Monografia (Graduação) – Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia, Universidade Estadual Paulista, São Vicente, 2012.

\_\_\_\_\_. **Retrabalramento Praia Em Fósseis Pleistocênicos Na Praia Dos Concheiros, RS**. 2013. 152 f. Monografia (Graduação) – Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia, Universidade Estadual Paulista, São Vicente, 2013.

CRUZ, Erick A.; BUCHMANN, Francisco S. C. Retrabalamento praia em fósseis da megafauna, RS. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 15., 2013. Natal, **Resumos...** Natal: ABEQUA, 2013a. 1p.

\_\_\_\_\_. Tafonomia e taxonomia dos bioclastos encontrados na praia dos Concheiros, RS. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 23., 2013. Gramado, **Boletim de Resumos...**, Gramado: CBP, 2013b. p. 303-304.

\_\_\_\_\_. Representatividade dos fósseis de mamíferos pleistocênicos no extremo sul do Brasil. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 15., 2015. Imbé, **Anais...** Imbé: ABEQUA, 2015. v. 2, n. 1, p. 136-137.

CRUZ, Erick A.; DILLENBURG, Sérgio R.; BUCHMANN, Francisco S. C. Variação quanti-qualitativa dos fósseis pleistocênicos nos setores centro e sul da planície costeira do Rio Grande do Sul. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 15., 2015. Imbé, **Anais...** Imbé: ABEQUA, 2015a. v. 2, n. 1, p. 138-139.

\_\_\_\_\_. Comparação dos fósseis pleistocênicos encontrados nos setores centro e sul da planície costeira do Rio Grande do Sul. In: Semana Acadêmica dos Pós-Graduandos do Instituto de Geociências da UFRGS, 1., 2015. Porto Alegre, **Resumos...** Porto Alegre: SAPIGEO, 2015b. 1p.

DE OLIVEIRA, U. R. **Índice De Similaridade De Fager E Índice De Similaridade Faunística De Simpson Aplicados Aos Fósseis De Mamíferos Terrestres Do Pleistoceno Superior Coletados Na Atual Linha De Costa Da Planície Costeira Do Rio Grande Do Sul, Entre O Farol Do Albardão E O Balneário Do Hermenegildo.** 2001. 114 f. Monografia (Graduação) – Departamento de Geografia, Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 2001.

DILLENBURG, Sérgio R. O potencial de preservação dos registros sedimentares do Sistema Depositional Laguna/Barreira IV na costa do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, Porto Alegre, v. 9, p. 1–11, 1994.

\_\_\_\_\_. Oscilações holocênicas do nível relativo do mar registradas na sucessão de fácies lagunares na região da laguna de Tramandaí, RS. **Revista Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 23, n. 1/2, p. 17–24, 1996.

DILLENBURG, Sérgio R.; ROY, P. S.; COWELL, P. J.; TOMAZELLI, Luiz J. Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the Shoreface Translation Barrier Model (STM). **Journal of Coastal Research**, v. 16, n. 1, p. 71-81, 2000.

DILLENBURG, Sérgio R.; TOMAZELLI, Luiz J.; CLEROT, L. C. P. Gradients of wave energy as the main factor controlling the evolution of the coast of Rio Grande do Sul in southern Brazil during the Late Holocene. In: Coastal Sediments '03, 5, Clearwater Beach, **Proceedings...** Regional alongshore variability of shoreline movements.pdf, 2003, p. 9.

DILLENBURG, Sérgio R.; TOMAZELLI, Luiz J.; BARBOZA, Eduardo G. Barrier evolution and placer formation at Bujuru southern Brazil. **Marine Geology**, v. 203, p. 43-56, 2004.

DILLENBURG, Sérgio R.; MARTINHO, C. T.; TOMAZELLI, Luiz J.; DORNELES, L.; SILVA, D. B. Gradientes de altura de ondas ao longo da costa do Rio Grande do Sul. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10., 2005. Rio de Janeiro, **Livro de Resumos...** Rio de Janeiro: ABEQUA, 2005. n. 84, p. 6.

DILLENBURG, Sérgio R.; BARBOZA, Eduardo G.; TOMAZELLI, Luiz J.; HESP, Patrick A.; CLEROT, L. C. P.; AYUP-ZOUAIN, Ricardo N. The Holocene coastal barriers of Rio Grande do Sul. In: DILLENBURG, Sérgio R.; HESP, Patrick A. (Ed.). **Geology And Geomorphology Of Holocene Coastal Barriers Of Brazil**. Springer, 2009. p. 53-91.

FERREIRA, José D.; ZURITA, Alfredo E.; RIBEIRO, Ana M. Plohophorus Ameghino, 1987 (Xenarthra, Glyptodontidae) no Quaternário do sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 23., 2013. Gramado, **Boletim de Resumos...**, Gramado: CBP, 2013. p. 226.

FIGUEIREDO JR., Alberto C. **Geologia Dos Depósitos Calcários Biodetríticos Da Plataforma Continental Do Rio Grande Do Sul**. 1975. 72 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1975.

HESP, Patrick A.; DILLENBURG, Sérgio R.; BARBOZA, Eduardo G.; TOMAZELLI, Luiz J.; AYUP-ZOUAIN, Ricardo N.; ESTEVES, L. S.; GRUBER, Nelson L. S.; TOLDO JR, Elírio E.; TABAJARA, L. L. C.; CLEROT, L. C. P. Beach ridges, foredunes or transgressive dunefields? Definitions and an examination of the Torres to Tramandaí barrier system, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 3, p. 495-508, 2005.

HSIOU, Annie Schmaltz. 2006. **Primeiro Registro De Teiidae (Squamata, Lacertilia) Para O Pleistoceno Superior Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Brasil**. 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

HSIOU, Annie S.; FORTIER, Daniel C. Primeiro registro de *Caiman* (Crocodylia, Alligatoridae) para o Pleistoceno do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Gaea – Journal of Geoscience**, v. 3, n. 1, p. 37-44, 2007.

IMBRIE, J.; HAYS, J. D.; MARTINSON, D. G.; MCINTYRE, A.; MIX, A. C.; MORLEY, J. J.; PISIAS, N. G.; PRELL, W. L.; SHAKLETON, N. J. The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of marine 18O record. In: BERGER, A. L.; IMBRIE, J.; HAYS, J.; KUKLA, G.; SALTZMAN, B. (Ed.). **Milankovitch And Climate, Part 1**. D. Reidel Publishing, 1984. p. 269-305.

KERBER, Leonardo; OLIVEIRA, Edison V. Fósseis de vertebrados da Formação Touro Passo (Pleistoceno Superior), Rio Grande do Sul, Brasil: atualização dos dados e novas contribuições. **Gaea – Journal of Geoscience**, v. 4, n. 2, p. 49-64, 2008.

KERBER, Leonardo; LOPES, Renato P.; VUCETICH, Maria G.; RIBEIRO, Ana M.; PEREIRA, Jamil C. Chinchillidae and Dolichotinae rodents (Rodentia: Hystricognathi: Caviomorpha) from the Late Pleistocene of southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 229-238, 2011.

KERBER, Leonardo; HADLER, Patrícia; RIBEIRO, Ana M.; LOPES, Renato P. Caviomorph rodents (Rodentia: Hystricognathi) from southern Brazil: fossil record and Late Quaternary changes in the diversity. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 23., 2013. Gramado, **Boletim de Resumos...** Gramado: CBP, 2013. p. 236-237.

LIMA, Sávio F.; ALMEIDA, Luiz E. S. B.; TOLDO JR., Elírio E. Estimativa da capacidade do transporte longitudinal de sedimentos a partir de dados de ondas para a costa do Rio Grande do Sul. **Revista Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 28, p. 99–107, 2001.

LIMA, Leonardo G.; BUCHMANN, Francisco S. C. Novo afloramento fossilífero (Pleistoceno/Holoceno) no sul da planície costeira do Rio Grande do Sul. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10., 2005. Rio de Janeiro, **Livro de Resumos...** Rio de Janeiro: ABEQUA, 2005. n. 84, p. 7.

LIMA, Leonardo Gonçalves. **Estratigrafia E Evolução Holocênica De Uma Barreira Costeira Transgressiva/Regressiva, Litoral Norte Do Rio Grande Do Sul, Brasil**. 2012. 128 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

LIMA, Leonardo G.; DILLENBURG, Sérgio R.; MEDEANIC, S.; BARBOZA, Eduardo G.; ROSA, Maria L. C. C.; TOMAZELLI, Luiz J.; DEHNHARDT, B. A.; CARON, Felipe. Sea-level rise and sediment budget controlling the evolution of a transgressive barrier in southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 42, p. 27-38, 2013.

LOPES, Renato P.; BUCHMANN, Francisco S. C.; ITUSARRY, M. E. G. S. Tafonomia e sedimentologia associada aos fósseis de vertebrados (megafauna extinta) encontrados nas barrancas do Arroio Chuí e linha de costa, RS, Brasil. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 8., 2001. Imbé, **Anais...** Imbé: ABEQUA, 2001. p. 78-79.

LOPES, Renato P.; BUCHMANN, Francisco S. C.; CARON, Felipe; ITUSARRY, M. E. G. S. Tafonomia dos fósseis de vertebrados (megafauna extinta) encontrados ao longo das barrancas do Arroio Chuí e linha de costa, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 28, n. 2, p. 67-73, 2001.

LOPES, Renato P.; BUCHMANN, Francisco S. C.; CARON, Felipe. Caracterização tafonômica de mamíferos pleistocênicos (megafauna extinta) provenientes dos depósitos submersos ao sul da Planície Costeira do Rio grande do Sul, Brasil. In: Congresso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados, 2., 2005. Rio de Janeiro, **Boletim de Resumos...** Rio de Janeiro: CLAPV, 2005. p. 155-156.

LOPES, Renato Pereira. **Os Depósitos Fossilíferos Na Porção Sul Da Planície Costeira Do Rio Grande Do Sul: Aspectos Paleontológicos E Estratigráficos**. 2006. 81 f. Monografia (Graduação) – Departamento de Geografia, Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 2006.

LOPES, Renato P.; BUCHMANN, Francisco S. C.; CARON, Felipe. Primeiro registro de fósseis de aves marinhas na planície costeira do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 36, n. 4, p. 648-650, 2006.

LOPES, Renato P.; BUCHMANN, Francisco S. C. Comparação tafonômica entre duas concentrações fossilíferas (*shell beds*) da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. **Gaea – Journal of Geoscience**, v. 4, n. 2, p. 65-77, 2008.

LOPES, Renato P.; BUCHMANN, Francisco S. C.; CARON, Felipe. Taphonomic analysis of Pleistocene mammals from deposits submerged along southern Rio Grande do Sul coastal plain, Brazil. **Arquivo do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 1, p. 213-229, 2008.

LOPES, Renato Pereira. **Alterações *Post Mortem* (Pseudopaleopatologias) Em Fósseis De Mamíferos Pleistocênicos Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Brasil**. 2009. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LOPES, Renato P.; BUCHMANN, Francisco S. C. Fósseis de mamíferos terrestres pleistocênicos coletados na plataforma continental do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. In: Jornadas Argentinas de Paleontologia de Vertebrados, 24., 2009. San Rafael, **Libro de Resúmenes...** San Rafael: JAPV, 2009.

LOPES, Renato P.; PEREIRA, Jamil C. Fósseis de *Antifer* Ameghino (Artiodactyla: Cervidae) em depósitos pleistocênicos. In: Jornadas Argentinas de Paleontologia de Vertebrados, 24., 2009. San Rafael, **Libro de Resúmenes...** San Rafael: JAPV, 2009. p. 43–44.

LOPES, Renato P.; BUCHMANN, Francisco S. C.; CARON, Felipe; ITUSSARY, M. E. G. S. Barrancas fossilíferas do Arroio Chuí, RS - importante megafauna pleistocênica no extremo sul do Brasil. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (Ed.). **Sítios Geológicos E Paleontológicos Do Brasil**.



Serviço Geológico do Brasil – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, 2009. p. 355-362.

LOPES, Renato P.; BUCHMANN, Francisco S. C. Pleistocene mammals from the southern brazilian continental shelf. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 31, p. 17-27, 2010.

LOPES, Renato P.; PEREIRA, Jamil C. Fossils of Scelidotheriinae Ameghino, 1904 (Xenarthra, Pilosa) in the Pleistocene deposits of Rio Grande do Sul, Brazil. **Gaea – Journal of Geoscience**, v. 6, p. 44–52, 2010a.

\_\_\_\_\_. Um novo sítio paleontológico na planície costeira do Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Paleontologia de Vertebrados, 7., 2010. Rio de Janeiro, **Resumos...** Rio de Janeiro: SBPV, 2010b, p. 93.

LOPES, Renato P; OLIVEIRA, L. C.; FIGUEIREDO, A. M. G.; KINOSHITA, A.; BAFFA, O.; BUCHMANN, Francisco S. C. ESR dating Pleistocene mammal teeth and its implications for the biostratigraphy and geological evolution of the coastal plain, Rio Grande do Sul, southern Brazil. **Quaternary International**, v. 212, p. 213-222, 2010.

LOPES, Renato P. Biostratigraphy of the Pleistocene fossiliferous deposits of the southern brazilian coastal area. **Journal of Mammalian Evolution**, p. 1-14, 2011.

LOPES, Renato P.; ZURITA, A. E.; PEREIRA, Jamil C.; FRANCIÁ, A. First record of *Neuryurus* Ameghino, 1889 (Xenarthra, Glyptodontidae) in Chuí Creek and a comparison between glyptodontid faunas from southern Brazil and the mesopotamian region of Argentina. In: Congreso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados, 4., 2011. San Juan, **Resúmenes...** San Juan: CLAPV, 2011. p. 49.

LOPES, Renato Pereira. **Reconstrução Paleo-Climática E Paleo-Ambiental Do Pleistoceno Tardio No Sul Da Planície Costeira Do Rio Grande Do Sul**. 2013. 197 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

LOPES, Renato P.; PEREIRA, Jamil C. On the presence of *Megatherium* Cuvier, 1796 in Late Pleistocene deposits of the coastal plain of Rio Grande do Sul state, Brazil. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 23., 2013. Gramado, **Boletim de Resumos...** Gramado: CBP, 2013a. p. 242-243.

\_\_\_\_\_. Pleistocene mammalian fossils from the Mirim Lake, southern Brazil. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 23., 2013. Gramado, **Boletim de Resumos...** Gramado: CBP, 2013b. p. 243.

LOPES, Renato P.; RIBEIRO, Ana M.; DILLENBURG, Sérgio R.; SCHULTZ, César L. Late Middle to Late Pleistocene paleoecology and paleoenvironments in the coastal plain of Rio Grande do Sul state, southern Brazil, from stable isotopes in fossils of *Toxodon* and *Stegomastodon*. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 369, n. 2013, p. 385-394, 2013.

LOPES, Renato P.; DILLENBURG, Sérgio R.; SCHULTZ, César L.; FERIGOLO, Jorge; RIBEIRO, Ana M.; PEREIRA, Jamil C.; HOLANDA, Elizete C.; PITANA, Vanessa G.; KERBER, Leonardo. The sea-level highstand correlated to marine isotope stage (MIS) 7 in the coastal plain of the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 4, p. 1573-1595, 2014a.

LOPES, Renato P.; KINOSHITA, A.; BAFFA, O.; FIGUEIREDO, A. M. G.; DILLENBURG, Sérgio R.; SCHULTZ, César L.; PEREIRA, Jamil C. ESR dating of Pleistocene mammals and marine shells from the coastal plain of Rio Grande do Sul state, southern Brazil. **Quaternary International**, v. 352, p. 124-134, 2014b.

LOPES, Renato P.; FERIGOLO, Jorge. *Post Mortem* modifications (pseudopaleopathologies) in Middle-Late Pleistocene mammal fossils from southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 285-306, 2015.

MARTINHO, Caroline T. **Morfodinâmica E Evolução De Campos De Dunas Transgressivos Quaternários Do Litoral Do Rio Grande Do Sul**. 2008. 241 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-

Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MARTINS, L. R.; URIEN, C. M., CORRÊA, Iran C. S.; MARTINS, I. R. Late Quaternary processes along the Rio Grande do Sul continental shelf (southern Brazil). **Notas Técnicas**, Porto Alegre, v. 9, p. 62-68, 1996.

MARSHALL, Larry G.; BUTLER, R. F.; DRAKE, R. E.; CURTIS, G. H.; TEDFORD, R. H. Calibration of the Great American Interchange. **Science**, Washington, v. 204, p. 272-279, 1979.

MARSHALL, Larry G. The Great American Interchange: an invasion induced crisis for South American mammals. In: NITICKI, M. (Ed.). **Biotic Crisis In Ecological And Evolutionary Time**. Academic Press, 1981. p. 133-229.

MARSHALL, Larry G.; WEBB, Steve D.; SEPKOSKI, J. J.; RAUP, S. D. Mammalian evolution and the Great American Interchange. **Science**, v. 215, p. 1351-1357, 1982.

MARSHALL, Larry G.; BERTA, A.; HIOFFSTETTER, R.; PASCUAL, R.; REIG, O. A.; BOMBIN, M.; MONES, A. Mammals and stratigraphy: geochronology of the continental mammal-bearing Quaternary of South America. **Palaeovertebrata**, Memoire Extraordinaire, p. 1-76, 1984.

MARSHALL, Larry G. Geochronology and land-mammals biochronology of the transamerican faunal interchange. In: STEHLI, F. G.; WEBB, Steve D. (Ed.). **The Great American Biotic Interchange**. New York: Plenum, 1985. p. 49-81.

\_\_\_\_\_. Land mammals and the Great American Interchange. **American Scientist**, v. 76, p. 380-388, 1988.

MARSHALL, Larry G.; MUIZON, C. The dawn of the age of mammals in South America. **National Geographic Research**, v. 4, p. 23-55, 1988.

MCKENNA, M. C. Toward a phylogenetic classification of mammals. In: LUCKETT, W. P.; SZALAY, F. S. (Ed.). **Phylogeny Of The Primates**. New York: Plenum Press, 1975. p. 21-46.

NUNES, Jean F.; DA ROSA, Átila A. S. Registro de um espécime juvenil de Megatheriidae, Sítio Arroio Seival, Pleistoceno, Caçapava do Sul, RS. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 23., 2013. Gramado, **Boletim de Resumos...** Gramado: CBP, 2013. p. 255-256.

OLIVEIRA, Édison. V. **Mamíferos Fósseis Do Quaternário Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Brasil**. 1992. 92 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

OLIVEIRA, Édison V.; PEREIRA, Jamil. Intertropical Cingulates (Mammalia, Xenarthra) from the Quaternary of southern Brazil: systematics and paleobiogeographical aspects. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 167-178, 2009.

PATTERSON, B.; PASCUAL, R. The fossil mammal fauna of South America. In: KEAST, A.; ERK, F. C.; GLASS, B. (Ed.). **Evolution, Mammals And Southern Continents**. Albany: State University, New York Press, 1972. p. 247-239.

PAULA COUTO, Carlos. Paleontologia do Rio Grande do Sul. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, Ano XIX. III, IV trim., p. 29-90, 1939.

\_\_\_\_\_. Paleontologia do Rio Grande do Sul. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, Ano XXI. III, I trim., p. 5-88, 1940.

\_\_\_\_\_. Um *Toxodon* do pampeano do Rio Grande do Sul. In: Academia Brasileira de Ciências, 1942. Rio de Janeiro, **Anais...** Rio de Janeiro: 1942, v. 2, p. 137-141.

\_\_\_\_\_. Sobre a presença dos gêneros *Hippidion* e *Toxodon*, no Pleistoceno do Rio Grande do Sul. **Boletim do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 2, p. 1-12, 1944.

\_\_\_\_\_. Contribuição para o estudo de *Hoplophorus euphractus* Lund, 1839. **Summa Brasiliensis Geologiae**, Fasc. 4, ano 2, v. 1, p. 33-53, 1947.

\_\_\_\_\_. **Paleontologia Brasileira (Mamíferos)**. Rio de Janeiro: Biblioteca Científica Brasileira, 1953. Série A, v. 1, 516 p.

\_\_\_\_\_. Considerações sobre o Pleistoceno sul-brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 569-574, 1961.

PAULA COUTO, Carlos; SOUZA CUNHA, Fausto L. S. Nota preliminar sobre o reconhecimento geo-paleontológico do Rio Grande do Sul. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, avulso n. 40, p. 49–50, 1965a.

\_\_\_\_\_. **Relatório Dos Trabalhos De Campo, Geo-Paleontológicos, Realizados Por Equipe Do Museu Nacional, Em Abril De 1965, Sob Os Auspícios Do CNPq**. Rio de Janeiro, 1965b.

PAULA COUTO, Carlos. Mamíferos fósseis do Quaternário do sudeste brasileiro. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 33, p. 89-132, 1975.

\_\_\_\_\_. **Tratado De Paleomastozoologia**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1979. 563 p.

\_\_\_\_\_. Um tatu gigante do Pleistoceno de Santa Catarina. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Porto Alegre, v. 52, n. 3, p. 527-531, 1980.

\_\_\_\_\_. On an extinct peccary from the Pleistocene of Minas Gerais. **Iheringia, (Série Geologia)**, Porto Alegre, v. 6, p. 75-78, 1981.

PEREIRA, Jamil C.; KERBER, Leonardo; LOPES, Renato P. Novas ocorrências de mamíferos nos depósitos fossilíferos do Arroio Chuí (Pleistoceno Tardio), Rio Grande do Sul. In: Reunião Regional da Sociedade Brasileira de Paleontologia,

2009. São João do Polêsine, **Boletim de Resumos...** São João do Polêsine: Paleo-RS, 2009, p. 18–19.

PEREIRA, Jamil C.; PREVOSTI, F. J.; LOPES, Renato P. First record of *Dusicyon avus* Burmeister, 1866 (Carnivora, Canidae) in the fossiliferous deposits of Chuí Creek (Late Pleistocene), southern Brazil. In: Congreso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados, 4., 2011. San Juan, **Resúmenes...** San Juan: CLAPV, 2011, n. 290.

PEREIRA, Jamil C.; LOPES, Renato P. Fósseis de mamíferos pleistocênicos coletados na Lagoa Mirim, entre Uruguai e Rio Grande do Sul. In: Reunião Regional da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2012. São Gabriel, **Boletim de Resumos...** São Gabriel: Paleo-RS, 2012, p. 117.

PEREIRA, Jamil C.; LOPES, Renato P.; KERBER, Leonardo. New remains of Late Pleistocene mammals from Chuí Creek, southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 228-239, 2012.

PETRI, Setembrino; FÚLFARO, Vicente J. **Geologia Do Brasil (Fanerozóico)**. São Paulo: São Paulo, 1983. 631p.

REICHERT, Leici M.; AIRES, Alex S.; LOPES, Renato P.; MULLER, Rodrigo T.; PEREIRA, Jamil C. Inferência tafonômica sobre o registro de Cervidae (Artiodactyla) para o Quaternário da planície costeira do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 23., 2013. Gramado, **Boletim de Resumos...** Gramado: CBP, 2013. p. 269.

REPENNING, C. A. Faunal exchange between Siberia and North America. **Canadian Journal of Anthropology**, Waterloo, v. 1, p. 37-44, 1980.

RODRIGUES, Patrícia H.; FERIGOLO, Jorge. Roedores pleistocênicos da planície costeira do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 231-238, 2004.

RUSSELL, D. E.; ZHAI, R. The Paleogene of Asia: mammals and stratigraphy. **Mem. Mus. Nat. Hist. Natur.**, Sci. de la Terre, v. 52, p. 1-488, 1987.

SCHERER, Carolina S.; DA ROSA, Átila A. S. Um equídeo fóssil do Pleistoceno de Alegrete, RS, Brasil. **Revista Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 30, n. 2, p. 33-38, 2003.

SCHERER, Carolina S.; PITANA, Vanessa G.; RIBEIRO, Ana M. Protheriidae and Macraucheniiidae (Litopterna, Mammalia) from the Pleistocene of Rio Grande do Sul state, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 231-246, 2009.

SILVA, Jorge Luiz Barbosa. **Identificação Do Sistema De Paleodrenagem Na Margem Continental Sul Brasileira Adjacente À Lagoa Mirim No Terciário Superior Por Sísmica De Reflexão**. 2009. 215 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SIMPSON, George G. The beginning of the age of mammals in South America. Part 1. Introduction. Systematics: Marsupialia, Edentata, Condylarthra, Litopterna and Notoprogonia. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 91, p. 1-232, 1948.

\_\_\_\_\_. History of the fauna of Latin America. In: BAITSELL, G. A. (Ed.). **Science In Progress (7th Ser.)**. New Haven: Yale University Press, 1950. p. 369-408.

SIMPSON, George G.; PAULA-COUTO, Carlos. The mastodonts of Brazil. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 112, p. 125-190, 1957.

SIMPSON, George G. The beginning of the age of mammals in South America. Part 2. Systematics: Notoungulata, concluded (Typotheria, Hegetotheria, Toxodonta, Notoungulata incertae sedis); Astrapotheria; Trigonostylopoidea; Pyrotheria; Xenungulata; Mammalia incertae sedis. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 137, p. 1-259, 1967.

\_\_\_\_\_. Early mammals in South America: fact, controversy and mystery. **Proceedings of the American Philosophical Society**, v. 122, p. 318-328, 1978.

\_\_\_\_\_. **Splendid Isolation: The Curious History Of South American Mammals**. New Haven: Yale University Press, 1980. 266 p.

SIMPSON, George G.; PAULA-COUTO, Carlos. Fossil mammal from the Cenozoic of Acre, Brazil III - Pleistocene Edentata Pilosa, Proboscidea, Sirenia, Perissodactyla and Artiodactyla. **Iheringia, (Série Geologia)**, Porto Alegre, v. 6, p. 11-73, 1981.

SOLIANI JR., Enio. **Geologia Da Região De Santa Vitória Do Palmar, RS, E A Posição Estratigráfica Dos Fósseis De Mamíferos Pleistocênicos**. 1973. 88 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1973.

SOLIANI JR., Enio; JOST, Hardy. Mamíferos pleistocênicos e sua posição estratigráfica na planície costeira do Rio Grande do Sul, SE do Brasil. In: Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, 1., 1974. Tucumán, **Actas...** Tucuman: CAPB, 1974. p. 569-574.

SOUZA CUNHA, Fausto L. S. Mamíferos fósseis do Pleistoceno do Rio Grande do Sul. I - Ungulados. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, v. 202, p. 47, 1959.

SWIFT, Donald J. P. Continental shelf sedimentation. In: STANLEY, Daniel J.; SWIFT, Donald J. P. (Ed.). **Marine Sediment Transport And Environmental Management**. New York: John Wiley & Sons, 1976. P. 311-350.

TOMAZELLI, Luiz J. Morfologia, organização e evolução do campo eólico costeiro do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 64-71, 1994.



TOMAZELLI, Luiz J.; VILLWOCK, Jorge A. Quaternary geological evolution of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n. 3, p. 373-382, 1996.

\_\_\_\_\_. O Cenozóico do Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (Ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, CIGO/UFRGS, 2000. p. 444.

TOMAZELLI, Luiz J.; DILLENBURG, Sérgio R.; VILLWOCK, Jorge A. Late Quaternary geological history of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 3, p. 470-472, 2000.

TOMAZELLI, Luiz J.; BARBOSA, Eduardo G.; DILLENBURG, Sérgio R.; ROSA, Maria L. C. C.; CARON, Felipe; LIMA, Leonardo G. **Implantação, Preenchimento E Desenvolvimento De Vales Incisos Na Porção Sul Da Planície Costeira Do Rio Grande Do Sul**. Relatório Interno, Projeto PETROBRÁS, 2008. 102 p.

VILLWOCK, Jorge Alberto. **Contribuição À Geologia Do Holoceno Da Província Costeira Do Rio Grande Do Sul**. 1972. 113 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1972.

VILLWOCK, Jorge A.; DEHNHARDT, Ely A.; LOSS, E. L.; TOMAZELLI, Luiz J.; HOFMEISTER, T. Concentraciones de arenas negras a lo largo de la costa de Rio Grande do Sul, Brasil. In: Seminário sobre Ecologia y Sedimentacion de la Plataforma Continental Del Atlântico Sur, 1., 1979. Montevideo, **Memórias...** Montevideo: SESPCAS, 1979. p. 405-414.

VILLWOCK, Jorge A. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, southern Brazil: a synthesis. **Revista Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 16, p. 5-49, 1984.

VILLWOCK, Jorge A.; TOMAZELLI, Luiz J.; LOSS, E. L.; DEHNHARDT, Ely A.; HORN, N. O.; BACHL, F. A.; DEHNHARDT, B. A. Geology of the Rio Grande do Sul

coastal province. In: RABASSA, J. (Ed.). **Quaternary Of The South America And Antarctic Peninsula**. Rotterdam: A. A. Balkema, 1986. v. 4, p. 79-97.

VILLWOCK, Jorge A. A costa brasileira: ecologia e evolução. **Notas Técnicas**, Porto Alegre, v. 7, p. 38-49, 1994.

VILLWOCK, Jorge A.; TOMAZELLI, Luiz J. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, Porto Alegre, v. 8, p. 1-45, 1995.

WEBB, Steve D. Mammalian faunal dynamics of the Great American Interchange. **Paleobiology**, v. 2, p. 216-234, 1976.

\_\_\_\_\_. A history of savanna vertebrates in the New World. Part I: North America. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 8, p. 355-380, 1977.

\_\_\_\_\_. A history of savanna vertebrates in the New World. Part II: South America and the Great Interchange. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 9, p. 393-426, 1978.

\_\_\_\_\_. North American mammalian chronology and the interamerican interchange. **Abstracts with Programs - Geological Society of America**, New York, v. 12, n. 7, p. 546, 1980.

WEBB, Steve D.; MARSHALL, Larry G. Historical biogeography of recent South American land mammals. In: MARES, M. A.; GENOWAYS, H. H. (Ed.). **Mammalian Biology In South America**. Linesville: Pymatuning Laboratory of Ecology, University of Pittsburgh, 1982. v. 6, p. 39-52. (Special Publication Series, v. 6).

WEBB, Steve D. Late Cenozoic mammal dispersals between the Americas. In: STEHLI, F. G.; WEBB, Steve D. (Ed.). **The Great American Biotic Interchange**. New York: Plenum Press, 1985. p. 357-386.

\_\_\_\_\_. Ecogeography and the Great American Interchange. **Paleobiology**, v. 17, p. 266-280, 1991.

WESCHENFELDER, Jair. **Processos Sedimentares E Variação Do Nível Do Mar Na Região Costeira Do Rio Grande Do Sul, Brasil**. 2005, 131 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

WESCHENFELDER, Jair; CORRÊA, Iran C. S.; TOLDO JR., Elírio E.; BAITELLI, Ricardo. Paleocanais como indicativo de eventos regressivos quaternários do nível do mar no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n. 3, p. 367-375, 2008.

WESCHENFELDER, Jair; CORRÊA, Iran C. S.; ALIOTTA, Salvador; BAITELLI, Ricardo. Paleochannels related to Late Quaternary sea-level changes in southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, special issue PGGM, p. 35-44, 2010.

WESCHENFELDER, Jair; BAITELLI, Ricardo; CORRÊA, Iran C. S.; BORTOLIN, Eduardo C.; SANTOS, Cristiane. B. Quaternary incised valleys in southern Brazil coastal zone. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 55, p. 83-93, 2014.

## **CAPÍTULO 2**

# PLEISTOCENE VERTEBRATE FOSSILS FROM THE CENTRAL AND SOUTHERN SECTORS OF THE COASTAL PLAIN OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL: DESCRIPTION AND CONTROLS ON DISTRIBUTION

ERICK A. CRUZ<sup>A</sup>, SÉRGIO R. DILLENBURG<sup>A</sup>, FRANCISCO S. BUCHMANN<sup>B</sup>

<sup>A</sup>Programa de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus do Vale, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brazil.

<sup>B</sup>Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia, Universidade Estadual Paulista, Campus do Litoral Paulista, 11330-900, São Vicente, SP, Brazil.

**ABSTRACT** – The present work aimed to describe and compare the central and southern sectors of the Coastal Plain of Rio Grande do Sul, quantifying and qualifying as its taphonomy, taxonomy and skeletal remains representativeness. A total of 2.820 fossils was collected, among which 95% were collected in the southern sector and 5% in the central sector. The hypothesis for this difference is the availability of fossils in the shoreface and inner continental shelf. The presence of several sedimentary submerged rocks and submerged elevations and depressions in the shoreface and inner continental shelf of the southern sector indicates probably the source-areas where the fossils are eroded from. In both sectors were identified two populations of bioclasts: non-identified fossils (85%) and identified fossils (15%), indicating greater and less waves reworking, respectively. The same orders and skeletal remains were identified in both sectors, except for some. In the marine fauna, the most common order was the Perciformes represented mainly by bone tumors of the species *Pogonias cromis*. Teeth of sharks (Lamniformes and Carcharhiniformes) and rays (Myliobatiformes) were only found in the southern sector due to the presence of the thick *konzentrat-lagerstätte* of fossil marine shells, called “Concheiros”. In the terrestrial fauna, the most common order was the Cingulata (mostly glyptodontids especially the genre *Glyptodon*). The accessory elements represented by osteoderms of cingulates were the most abundant skeletal remains. Small-size (32-64 mm) and compact-shape elements such as osteoderms, teeth and vertebrae are found in greater quantity and are easily transported.

**Key words:** megafauna, taphonomy, reworking, Quaternary, coastal evolution.

**RESUMO** – O presente trabalho teve como objetivo descrever e comparar o setor central e sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, quantificando e qualificando quanto sua tafonomia, taxonomia e representatividade dos restos esqueléticos. Foi coletado um total de 2.820 fósseis, dentre os quais 95% foram coletados no setor sul e 5% no setor central. A principal hipótese para essa diferença é a disponibilidade de fósseis na antepraia e plataforma interna. A presença de vários parais e elevações e depressões submersas na antepraia e plataforma interna do setor sul indica, provavelmente as áreas-fonte de onde os fósseis são erodidos. Em ambos os setores foram identificados duas populações de bioclastos: fósseis não-identificados (85%) e fósseis identificados (15%), indicando maior e menor retrabalhamento pelas ondas, respectivamente. As mesmas ordens e restos esqueléticos foram identificados em ambos os setores, com exceção de alguns. Na fauna marinha, a ordem mais comum foi a Perciformes representada principalmente por tumores ósseos da espécie *Pogonias cromis*. Dentes de tubarões (Lamniformes e Carcharhiniformes) e raias (Myliobatiformes) foram encontrados apenas no setor sul, devido à presença da espessa

konzentrat-lagerstätte de conchas marinhas fósseis, chamada de "Concheiros". Na fauna terrestre, a ordem mais comum foi a Cingulata (principalmente gliptodontídeos do gênero *Glyptodon*). Os elementos acessórios representados por osteoderms de cingulados foram os restos esqueléticos mais abundantes. Elementos de tamanho pequeno (32-64 mm) e de forma compacta, como osteoderms, dentes e vértebras, são encontrados em maior quantidade e são facilmente transportados.

Palavras-chave: megafauna, tafonomia, retrabalhamento, Quaternário, evolução costeira.

## INTRODUCTION

The presence of terrestrial fossils in the Coastal Plain of Rio Grande do Sul State (CPRS) is well known since taxonomic works from Paula Couto (1953, 1975, 1979) and Soliani Jr. & Jost (1974). Latter studies on such fossils have focused on their location and distribution along the CPRS (Buchmann, 1994a,b, 2002; Lopes *et al.*, 2005, 2009; Lima & Buchmann, 2005; Lopes & Buchmann, 2010; Lopes & Pereira, 2010, 2013; Cruz *et al.*, 2015a,b), their taphonomy (Caron *et al.*, 2005; Lopes *et al.*, 2001, 2008; Lopes & Buchmann, 2008; Cruz & Buchmann, 2010, 2013a,b; Lopes & Ferigolo, 2015), ages (Lopes *et al.*, 2010, 2014b) and paleoenvironmental interpretations (Lopes *et al.*, 2013).

The fossils concentration on the inner continental shelf, at depths between 0 and 20 m (Figueiredo Jr., 1975; Buchmann, 2002), have been eroded by storm waves, during autumn and winter, and transported onto the beach (Fig. 1A). They are found disarticulated, exhibiting signs of *post mortem* breakage and abrasion (Lopes *et al.*, 2008) due to waves reworking, which complicates the analyses of stratigraphy and taphonomy, and also the identification of skeletal structures and taxa (Caron, 2004; Aires & Lopes, 2010). The presence of beachrocks and coquinas associated with mammalian fossils adduces the waves reworking (Buchmann, 2002) (Fig. 1B), and the biofouling of corals, bryozoans, polychaete worms, barnacles and oysters present in these fossils adduces its exposure on the outer continental shelf (Fig. 1C).

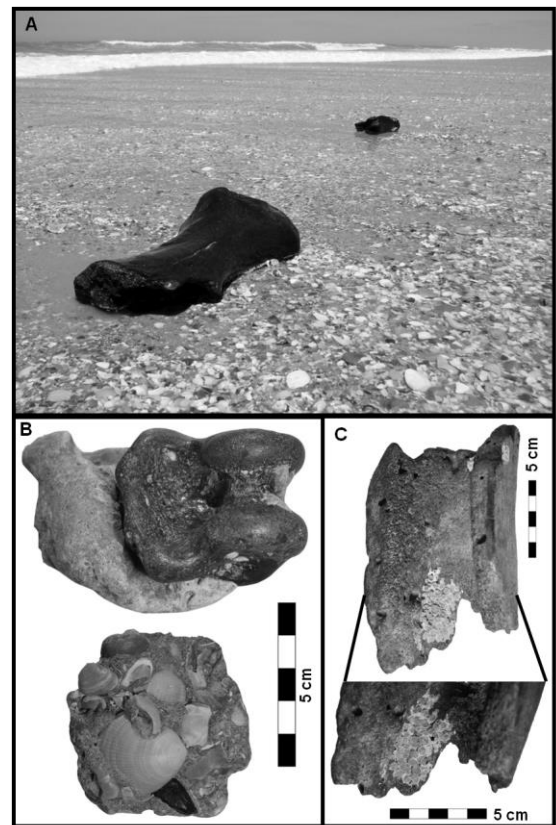
Buchmann (1999a) and Buchmann & Tomazelli (2003) divided the

sedimentary submerged rocks along the CPRS into three categories: Active, Intermediate and Passive. (1) Active Submerged Rocks are submitted directly to wave action, situated in the upper shoreface. It does not show biofouling, indicating recent exposure of the substrate and/or high sedimentary dynamic preventing the attachment of organisms due to severe abrasion. It can be found close to the 7-9 m isobaths (Parcel do Hermenegildo, Banco do Albardão, Banco Capela). In the current coastline adjacent to these sedimentary submerged rocks, it is found large amounts of mammalian fossils. (2) Intermediate Submerged Rocks are located in a transition zone in the lower shoreface/inner continental shelf where only seasonally storm waves interact with the bottom. The low dynamic favors the colonization of the substrate by a typical fauna of rocky substrates. It can be found close to the isobaths 14-17 m (Parcel do Carpinteiro, Banco Minuano, Parcel da Lagoa do Peixe, Parcel de Mostardas), and the isobaths 23-32 m (Parcel da Berta and deposits associated to the Banco do Albardão). (3) Passive Submerged Rocks correspond to the relic features that were reworked during the Last Great Transgression and which are no longer being reworked. It has little or none wave interaction with the bottom (offshore). There is no current sediment budget income, only biogenic contribution by biofouling and platform mud. It is located in the end of the transition zone and beyond, and there are records of the occurrence of mammalian fossils at depths of 40, 70, 90 and 120 m.

The sedimentary submerged rocks are constituted essentially by carbonate

rocks (strongly cemented coquinas) and are sometimes covered by corals (*Oculina patagonica* Angelis, 1908 and *Astrangia rathbuni* Vaughan, 1906), bryozoans, sponges, polychaete worms, crustaceans and coralline algae. *O. patagonica* dating showed an age superior to 40ka, exceeding the method limit, and hence it was referred as Pleistocene. In the Parcel do Carpinteiro, the species *A. rathbuni* was collected *in situ* and it is also found along the CPRS in colonies which were reworked by storm waves (Buchmann *et al.*, 2001a). Although highly carbonated and essentially composed of marine shells, the sedimentary submerged rocks exposed to wave attack also provide fossils of terrestrial and marine vertebrates (Buchmann & Tomazelli, 2003).

Besides the sedimentary submerged rocks, several outcrops of semi-consolidated sediments (Pleistocene and Holocene) can be seen along the Rio Grande do Sul beaches, especially after storms events when the waves and currents rework the beach, remove the recent sandy covering and expose part of the antecedent substrate. The Pleistocene beachrock outcrops found near the Conceição lighthouse showed an age of 109 ka and was correlated to the Lagoon-Barrier Depositional System 3 proposed by Villwock *et al.* (1986). The Holocene deposits of turf, mud and shells found on the adjacent beaches of the central sector (Peixe Lagoon and Conceição lighthouse) showed an age of 3,6 ka, and the southern sector (Hermenegildo and Maravilhas) showed an age of 38 ka (Buchmann, 2002).



**Figure 1.** Fossils of marine shells and land mammals thrown onto the beach by waves. A: fossil of land mammal transported by waves onto the backshore of the Concheiros beach (photo by Francisco Buchmann); B: sloth phalange associated with beachrock (upper) and mammalian fossil associated with coquina (lower); C: biofouling by coral (*Astrangia* sp.) on a fossil of land mammal. (photos by Erick Cruz).

The presence of terrestrial fossils in a modern marine environment is attributed to the sea-level oscillations during the Quaternary. At the glacial maxima, large areas of the continental shelves around the world were exposed and allowed terrestrial environments to occupy. Afterwards these areas were flooded and reworked by sea-level rises at the interglacial (Lopes & Buchmann, 2010). The co-occurrence of fossils that indicates arid and open environments and other records that indicate permanently humid or forested environments, and also the lack of a stratigraphic context, made difficult paleocommunity reconstructions based on

fossils from the continental shelf (Aires & Lopes, 2010; Lopes *et al.*, 2010).

A correlation exists between the morphology of the continental shelf and the coastline configuration. Along coastal embayments the shelf is wider and more gently sloping, whilst along coastal projections (e.g., Conceição and Hermenegildo) it is narrower and steeper (Dillenburg *et al.*, 2000). The above longshore differences have determined the existence of gradients in wave height/energy along the coast (Dillenburg *et al.*, 2003, 2005; Martinho, 2008). The wave power, measured by wave height/energy and the angle of wave attack (Swift, 1976), is higher on coastal projections (Lima *et al.*, 2001; Martinho, 2008; Cecilio, 2015). There is strong evidence that the temporal long-term coexistence of regressive and transgressive barriers along the RS coast could be a product of the existence of longshore gradients in wave power (Dillenburg *et al.*, 2009). Also, this gradient may also hold the evidence of how the submerged fossiliferous deposits have changed over time and why the deposition of Pleistocene fossils in the backshore along the beaches of the CPRS is different.

The present work aimed to compare the central and southern sectors of the CPRS, quantifying and qualifying as its taphonomy, taxonomy and skeletal remains representativeness. The northern sector of the CPRS was removed from the research due to the absence of fossils in the sector (Buchmann, 2002).

## STUDY AREA

### Coastal Plain of Rio Grande do Sul

The Coastal Plain of Rio Grande do Sul is 620 km long and has a barrier coast oriented NE-SW (Buchmann *et al.*, 2009). It was formed after the split between South America and Africa in the Late Cretaceous, by accumulation of sediments eroded from the older and higher geomorphologic units. Between the

Neogene and Quaternary, the morphology of the CPRS was affected by glacioeustatic oscillations, which led to the formation of two major depositional systems: the Alluvial Fans System landwards and the Barrier-Lagoon System (Villwock, 1984; Villwock & Tomazelli, 1995; Tomazelli & Villwock, 1996) (Fig. 2). At the northern end of the coastal plain, the highlands consist of Paleozoic and Mesozoic volcanic and sedimentary rocks of the Paraná Basin, while to the south, igneous and metamorphic rocks of the Precambrian shield form lower highlands (Tomazelli *et al.* 2000). The constituent sediments of the coast are essentially siliciclastic, well-sorted and mature sands, with small amounts of organic matter, biogenic carbonate, diagenetic clays and concentrations of heavy minerals (Villwock *et al.*, 1979; Villwock & Tomazelli, 1995; Dillenburg *et al.*, 2004).

The Barrier-Lagoon System is subdivided into four large barrier-lagoons; each one was formed by a marine transgression, correlated to late Pleistocene-Holocene interglacial episodes (Tomazelli *et al.*, 2000). Villwock & Tomazelli (1995) was the first ones to correlate the ages of the barriers with the peaks of the isotopic curve proposed by Imbrie *et al.* (1984). The Pleistocene barriers I, II and III correlate to the isotopic stages 11 (400 ka), 9 (325 ka) and 5 (120 ka), respectively, and the Holocene barrier IV correlate to the stage 1 (6 ka). Later, Lopes *et al.* (2014b) have postulated, based on thermoluminescence dating, a new age for the barrier II, now correlated with the isotopic stage 7e, aged approximately 220-240 ka. Thus the barrier I would be correlated to the isotopic stage 9 (325 ka) instead of 11.

The barrier-lagoon IV is related to the last transgression. This system is dominated by very fine to medium quartz sands (barrier deposits), and fine to medium quartz sands and muds (lagoonal deposits), and concentrations of heavy minerals (Villwock *et al.*, 1979; Villwock



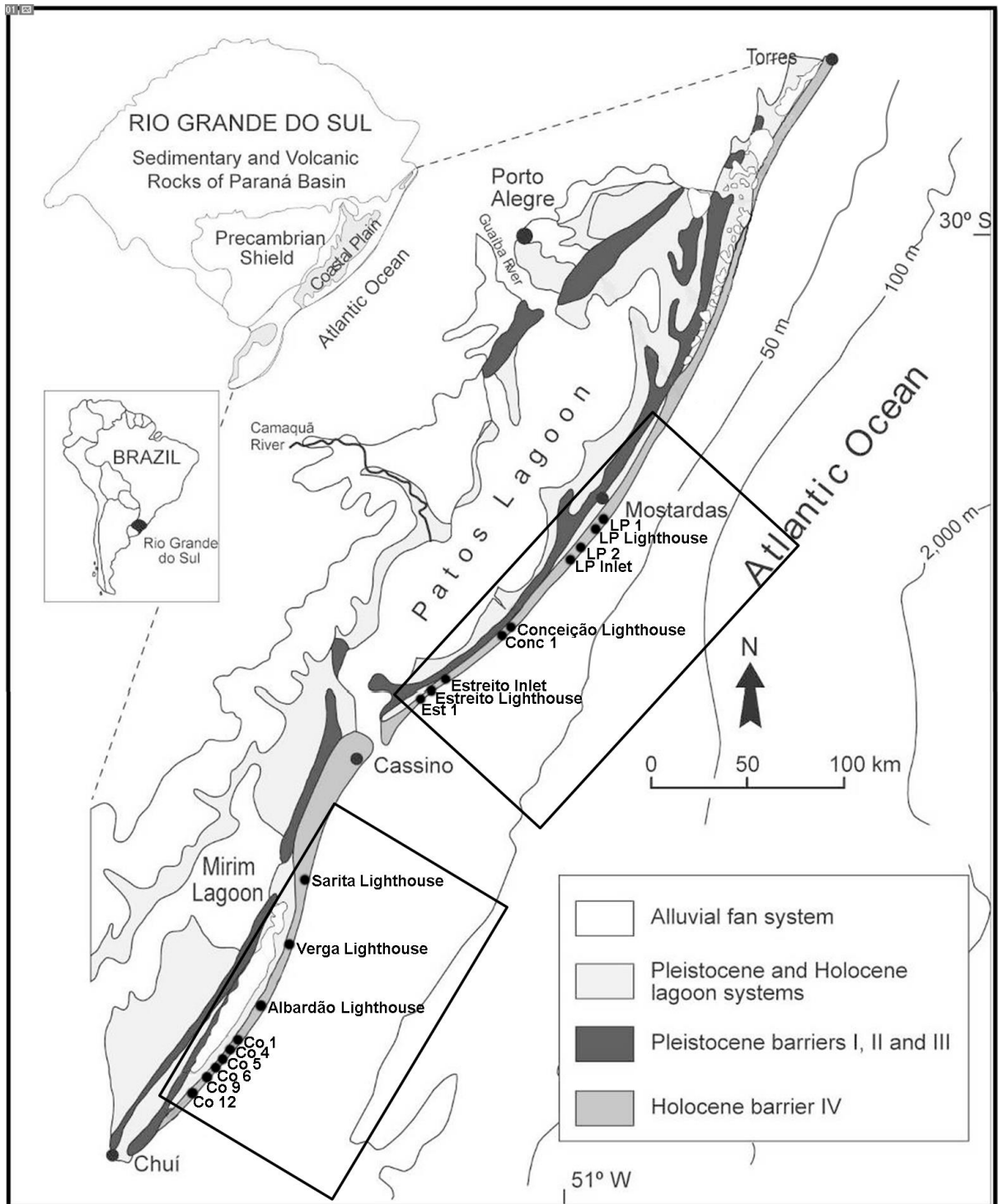
& Tomazelli, 1995; Dillenburg *et al.*, 2004; Buchmann *et al.*, 2009). Local exceptions are the large amounts of biogenic carbonates occurring as modern beach sediments (shells and shell debris) at Albardão (southern littoral of RS) (Dillenburg *et al.*, 2009). Dillenburg *et al.* (2009) proposed the division of the Holocene barrier in five sectors, according to their transgressive/regressive features: 1) Torres to Tramandaí; 2) Tramandaí to Mostardas; 3) Mostardas to Estreito; 4) Estreito to Verga; 5) Verga to Chuí.

The study area of the present work is located in South America, Brazil, in the state of Rio Grande do Sul. It comprehends the central (Mostardas to Estreito, or sector 3 according to Dillenburg *et al.*, 2009) and southern (Verga to Concheiros, or part of the sector 5 according to Dillenburg *et al.*, 2009) sectors of the Rio Grande do Sul Coastal Plain. The central sector comprehends the area between the Mostardas and São José do Norte counties and borders the Patos Lagoon. Within this sector, it is found several districts and points of interest such as the Peixe Lagoon National Park, Mostardas lighthouse, district of Tavares, Conceição lighthouse, district of Estreito and Estreito lighthouse. The southern sector comprehends the area of Santa Vitória do Palmar County and borders the Mirim Lake. Within this sector, it is found the Mangueira Lake, Sarita lighthouse, Verga lighthouse, Albardão lighthouse and Concheiros beach (Fig. 2).

Both sectors have similar geological characteristics. They are

situated in the two large convex projections of the coast, and hence under the influence of higher wave height/energy, due to the exposure to the angle of wave attack (Lima *et al.*, 2001; Martinho, 2008; Cecilio, 2015). Moreover, the sectors are composed of transgressive barriers which were formed by long-term erosion, forced by the local deficit of sediment budget and wave power.

The CPRS has some particular characteristics concerning its bathymetry of the shoreface and the inner continental shelf. In the central sector, the bathymetry has a steep and continuous slope, with the presence of some sedimentary submerged rocks, and hence the isobaths are parallel to each other. In the other hand, the southern sector, the bathymetry has a smoother and discontinuous slope, with the presence of several sedimentary submerged rocks, and hence the isobaths are uneven and disorganized, showing several submerged elevations and depressions. Furthermore, due to these bathymetric differences, the wave power is also different in both sectors. In the central, the height and the energy of the waves are higher than in the southern. Although the wave pattern along the coast is similar, the action of the waves is attenuated by the sedimentary submerged rocks and elevations present in the southern sector, and hence the wave power is dissipated, while the steeper and continuous slope present in the central sector increase the wave power (Cecilio, 2015).



**Figure 2.** Study area of the present work. The geological map of the Coastal Plain of Rio Grande do Sul and its Depositional Systems: Alluvial Fans System and Barrier-Lagoon System showing the central and southern sectors (rectangles) with its corresponding sampling points. Notice that both sectors are situated in the two large convex projections of the coast (modified from Tomazelli & Villwock, 1996).

### Oceanographic Setting

The long-term mean offshore spectra have predominance of SSE/SW waves with power peak between S/SSW waves generated by the cyclones and fronts. The

secondary power peak is composed by ENE/E waves generated by the post-frontal winds. The mean wave height is between 1,25 and 1,50 m high. The power of S/SSW waves decreases northward and the

power of ENE/E waves decreases southward, between the influence of the westerlies and cyclones and the influence of the South Atlantic Subtropical High (SAH). An important influence of the El Niño Southern Oscillation is correlated to modulation of the annual mean wave power from ENE/ESE (Cecilio, 2015). Due to changes in coastline orientation and in inner continental shelf morphology and gradient, the beaches of RS are exposed to significantly different degrees of wave power (Calliari and Klein, 1993; Dillenburg *et al.*, 2005; Martinho 2008). During autumn and winter storms (April to July) wave height may frequently exceed 2.0 m and sea level can surge up to 1.3 m along the coast, associated with the passage of cold fronts (Barletta and Calliari 2001; Calliari *et al.*, 1996, 1998a; Motta *et al.*, 2015). According to the classification of Wright & Short (1984), the beaches varies from dissipative to intermediate morphodynamic stages, although some sectors are temporarily reflective (Calliari & Klein, 1993; Tozzi & Calliari, 2000).

The coast is microtidal with semidiurnal tides that have a mean range of only 0.5 m. Consequently, sediment transport and deposition along the open coast is primarily dominated by wave action. The prevailing northward littoral drift is evident in coastal geomorphic features (Tomazelli & Villwock, 1992) and confirmed by field measurements, although some reversals occur at different seasons and conditions during the year (Motta *et al.*, 2015). Motta *et al.* (2015) showed that along the coast, there are some longshore sediment transport cells which behave as source or sink of sediments. However, due to coastal dynamics' seasonality, the sediment budget switches from erosional to depositional trends over the year.

The climate is subtropical with humid temperate generally warm to hot temperatures in summer and cool temperatures in winter. It is under the

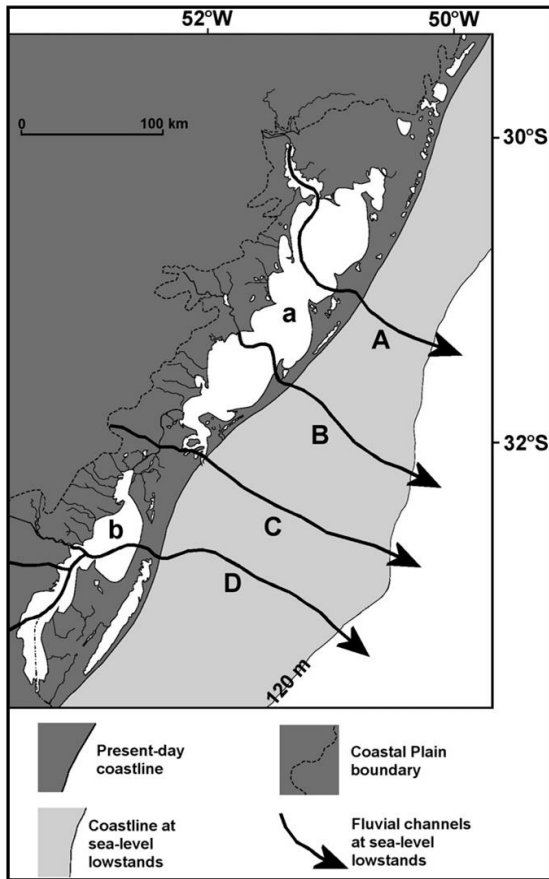
influence of two high pressure systems, the South Atlantic Subtropical Anticyclone and the Oceanic Polar Anticyclone (Nimer, 1989). The NE wind is dominant, especially from September to March. From April to August winds from S and SW are dominant (Tomazelli, 1993). Rainfall ranges from 1.000 to 1.500 mm and is evenly distributed throughout the year (Hoffmann *et al.*, 1992; Dillenburg *et al.*, 2009).

### **Holocene Sea Level History**

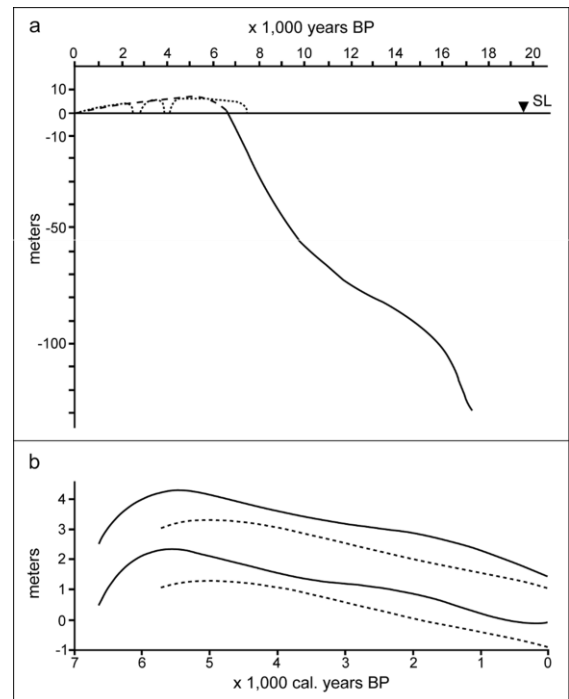
The oscillations of the sea-level during the Quaternary, especially the last sea-level rise during the Holocene, played an important role in the reworking of relic sediments present on the shoreface and continental shelf of the Rio Grande do Sul. During the sea-level rise, the sedimentary record of the ocean bottom is eroded at least 10 m (Dillenburg, 1994, 1996), thus exposing and eroding paleolagoons, paleochannels and incised valleys present on the continental shelf which once were active when approximately 17.5 ka ago the continental shelf was emerged as a coastal plain (Corrêa, 1986; Corrêa *et al.*, 1996; Martins *et al.*, 1996; Tomazelli *et al.*, 2008; Weschenfelder *et al.* 2008, 2010, 2014; Silva, 2009) (Fig. 3). Therefore, this erosion contributes to the availability of the skeletal remains of Pleistocene mammals preserved in these lagoons and fluvial channels (Buchmann *et al.*, 1999, 2001b; Buchmann & Tomazelli, 1999a, 2000, 2003; Lopes *et al.* 2001, 2005; Lopes & Buchmann, 2010).

The postglacial sea level history of the Rio Grande do Sul coast began about 17.5 ka ago when the sea level was about 120–130 m lower than today (Corrêa, 1986; Corrêa *et al.*, 1996). After that time, sea level rose at an average rate of 1.2 cm/yr after the start of the Postglacial Marine Transgression (PMT). There are no reliable data on sea-level behavior during the Middle to Late Holocene time along the RS coast. However, sea-level curves for areas further to the north indicate that at the culmination of the PMT (5-6 ka), sea

level reached approximately 2–5 m above the current sea level, followed by a slow sea-level fall until today (Martin *et al.*, 1979, 2003; Angulo & Lessa 1997; Angulo *et al.*, 1999, 2006) (Fig. 4).



**Figure 3.** Proposition of paleo-drainages on the RS continental shelf during pre-Holocene sea level lowstands, associated to the Patos Lagoon (a) and Mirim Lake (b): A – Guaíba River, B – Camaquã River, C – Piratini River, D – Jaguarão, Tacuari and Cebollati rivers (modified from Weschenfelder (2005) and Silva (2009) *apud* Lopes & Buchmann, 2010).



**Figure 4.** Holocene sea-level history; a: Holocene sea-level curves for the east coast of Brazil. *Solid curve* after Corrêa (1990), *Dotted curve* after Martin *et al.* (1979), *Dashed curve* after Angulo & Lessa (1997); b: sea-level envelop for the Brazilian coast north of 28°S (*solid line*) and south of 28°S (*dashed line*) (after Dillenburg *et al.*, 2009).

## MATERIAL AND METHODS

The fossils were collected in 8 filed works between 2014 (January, April and June) and 2015 (January, May and October). A “gaiola”, as it is called in Brazil, was used to do the field works on the beach, and was also used a motorcycle as backup (Fig. 5). Sampling points were used in each sector of the CPRS: in the central sector, Peixe Lagoon (LP 1, LP 2, LP lighthouse, LP inlet), Conceição (Conc 1, Conceição lighthouse) e Estreito (Est 1, Estreito lighthouse, Estreito inlet); in the southern, Sarita lighthouse, Verga lighthouse, Albardão lighthouse, Concheiros beach (#1, #4, #5, #6, #9, #12) (Fig. 2). In each station, the fossils were collected in a radius of 300 m, between the foreshore and frontal dunes (Fig. 6). It was sampled around 16.000.000 km<sup>2</sup> and covered 2.100 km along the coastline.

The collected fossils were washed, dried and sorted in the laboratory. Then they were measured in millimeters with a digital caliper. The fossils were classified as non-identified or identified. Non-identified represents skeletal fragments non-identifiable. Identified represents a known taxa or skeletal remain, or both. Each specimen was classified to the lowest taxonomic group. A total of 2.820 fossils were collected and deposited in the paleontological collection of the Laboratory of Stratigraphy and Paleontology, in the Universidade Estadual Paulista, Littoral Paulista Campus, São Vicente, Brazil.



**Figure 5.** The “gaiola” and motorcycle used for the field works on the beach (photos by Francisco Buchmann).



**Figure 6.** Sampling area of each point. A: fossils found in the foreshore and backshore of the beach; B: fossils found on the foredunes (photos Francisco Buchmann).

## RESULTS

### Central Sector

A total amount of 131 fossils was collected. Among them, 73% was classified as non-identified fossils, while 27% was classified as identified. The fossils were measured between 18 mm to 245 mm, and the average was 53 mm.

The terrestrial fauna (67%) outnumbered the marine fauna (33%). In the terrestrial, it was identified three taxonomic groups: Cingulata (86%) – composed of glyptodonts and pampathers; Pilosa (9%) – sloths; and Notoungulata (5%) – toxodonts (*Toxodon platensis*). The cingulates were represented by *Glyptodon* (50%), *Pampatherium* (39%) and *Panochthus* (11%). In the marine fauna, it was identified three taxonomic groups: Perciformes (73%) – fishes; Testudines (18%) – turtles; Cetacea (9%) – whales.

The skeletal remains of terrestrial mammals were divided in 5 classes of skeletal elements: accessory elements (76%): composed of cingulates osteoderms; cranial elements (12%): teeth and jaws; axial elements (12%): vertebrae and ribs; appendicular elements and podials were not found (Fig. 7A). The marine skeletal remains were represented by bone tumors (45%) and opercula (27%) of fishes; plastrons (18%) of turtles; and vertebrae (9%) of whales.

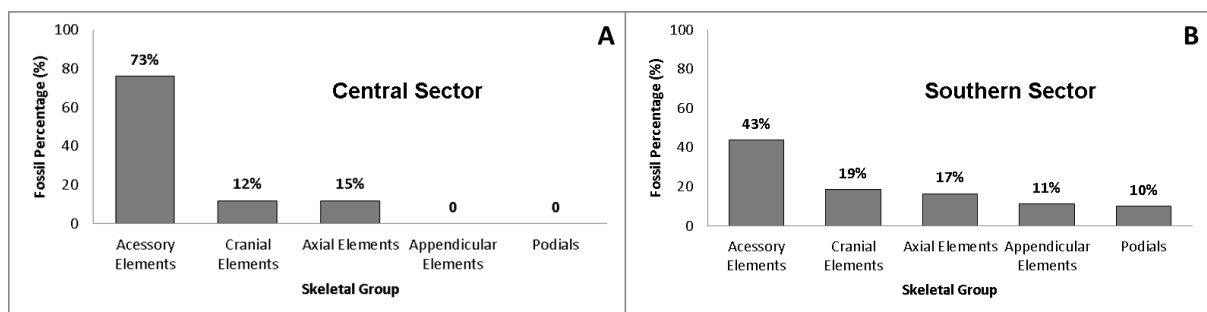
### Southern Sector

A total amount of 2.689 fossils was collected. Among them, 82% was classified as non-identified fossils, while 18% was classified as identified. The fossils were measured between 7 mm to 410 mm, and the average was 52 mm.

The terrestrial fauna (77%) outnumbered the marine fauna (26%). In the terrestrial, it was identified 8 taxonomic groups: Cingulata (68%) – composed of glyptodonts, pampathers and armadillos; Artiodactyla (10%) - deers; Pilosa (8%) – sloths; Notoungulata (7%) – toxodonts (*Toxodon platensis*); Proboscidea (3%) – mastodonts; Perissodactyla (2%) – horses; and Birds (1%). The cingulates were represented by *Glyptodon* (78%), *Pampatherium* (12%), *Holmesina* (5%), *Panochthus* (3%) and *Propraopus* (1%). In the marine fauna, it

was identified 7 taxonomic groups: Perciformes (47%) – fishes; Lamniformes (21%) – sand tiger shark (*Carcharias taurus*) white shark (*Carcharodon carcharias*); Myliobatiformes (11%) – rays; Cetacea (9%) – whales; Testudines (9%) – turtles; Brachyura (2%) – crabs; and Carcharhiniformes (1%) – ground sharks (*Carcharhinus* sp.).

The skeletal remains of terrestrial mammals were classified by accessory elements (44%): composed of cingulates osteoderms; cranial elements (19%): teeth, jaws, deer antlers and fragments of cranial bones; axial elements (16%): vertebrae, intervertebral discs, ribs, sterna and bones of the pelvic and shoulder girdles; appendicular elements (11%): long bones fragments, tibias, femurs, fibulas, radiuses and epiphyses; and podials (10%): phalanges of sloths, deer astragali, cuneiforms, carpals-tarsals and metacarpals-metatarsals (Fig. 7B). The marine skeletal remains were represented by teeth (33%) of sharks and rays; bone tumors (27%), pterygiophores (9%), opercula (7%) and scales (2%) of fishes; plastrons (9%) of turtles; vertebrae (4%) of fishes and whales; intervertebral discs (2%), skulls (*Pontoporia* sp.) (1%), tympanic bullae (1%) and blowholes (1%) of whales; and chelae of crabs (2%).



**Figure 7.** Skeletal remains of terrestrial mammals found in the central (A) and southern (B) sectors

## DISCUSSION

### Taphonomic Characteristics

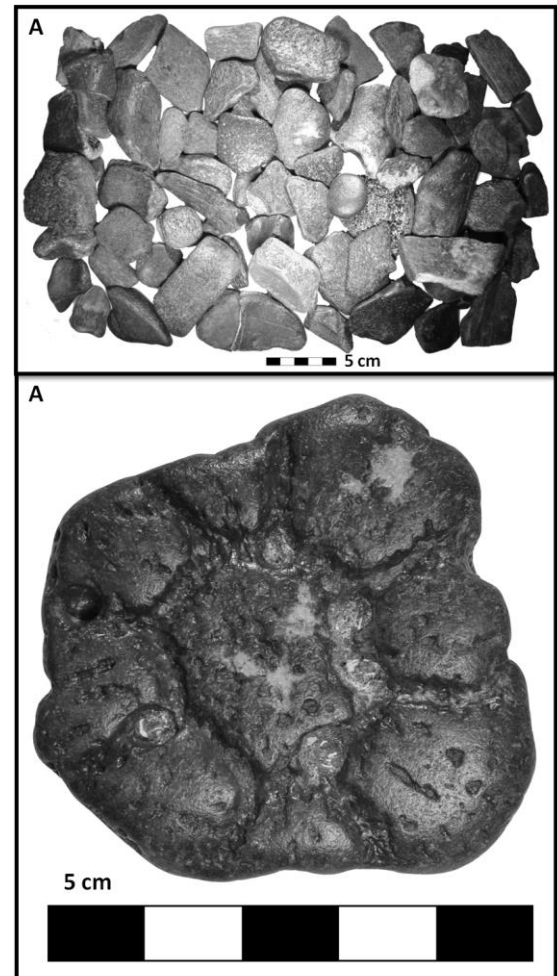
In each sector of the coastal plain, it was identified two kind of bioclats population: 1) non-identified fossils

(around 80%), indicating greater waves reworking, high degree of fragmentation and loss of diagnostic structures used for identification (Fig. 8A); and 2) identified fossils (around 20%), indicating less waves reworking, low degree of fragmentation and preservation of diagnostic structures used for identification (Lopes et al., 2008; Lopes & Buchmann, 2010; Aires & Lopes, 2012; Cruz & Buchmann, 2013a, b) (Fig. 8B). The two bioclasts populations (identified and non-identified fossils) reassure that the submerged fossiliferous deposits along the CPRS have been under the same influence of erosive processes (Dillenburg *et al.*, 2004), wave dynamics (Calliari *et al.*, 1998a,b) and sea-level oscillations during the Quaternary (Buchmann *et al.*, 1999, 2009; Buchmann & Tomazelli, 1999a, 2003; Lopes & Buchmann, 2010).

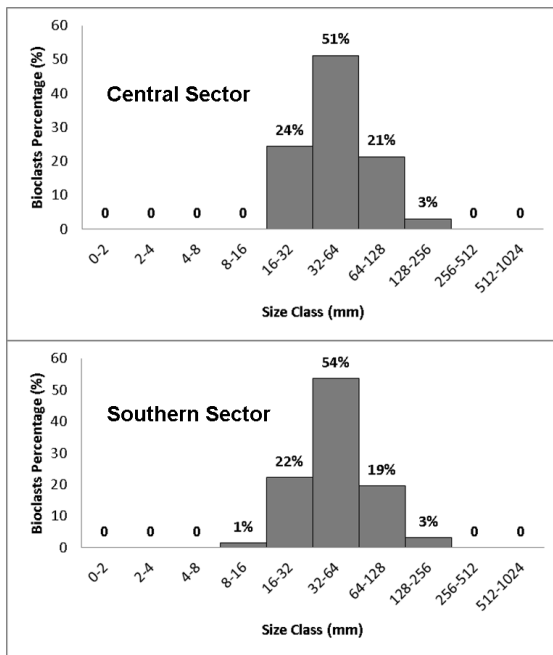
In both sectors there was a selection by bioclasts size. Small and medium (32-64 mm) bioclasts are more common than large, since it is easier to be transported and requires lower wave energy. Yet, the more it is transported, the more it is fragmented, and the more it loses diagnostic structures used for identification (Lopes *et al.*, 2008; Lopes & Buchmann, 2010; Aires & Lopes, 2012; Cruz, 2013). That is why the majority of the fossils (80%) are non-identifiable, very fragmented and small.

There was a unimodal trend of bioclasts size in the simple frequency histogram, resulting in a well sorted pattern in both sectors. Bioclasts measuring between 32-64 mm outnumbered by more than 50% the other size classes (Fig. 9). On the other hand, previous works from Caron (2004) and Lopes *et al.* (2008) have shown a bimodal trend of bioclasts size in the southern sector, more specifically in Concheiros beach, resulting in a poorly sorted pattern that probably indicates a shorter distance from the source-area. Therefore, the new results from the present work show a change in the bioclasts size and sorting

pattern. It probably indicates that the availability of the fossils has also changed. Fossils that were once prone to erosion from the source-area and remained available to be transported onto the beach are no longer being eroded and deposited on the beach, indicating perhaps the source-area starvation. Nowadays, the remaining available fossils are being constantly fragmented by waves into smaller sizes.



**Figure 8.** Bioclasts population. A: Non-identified fossils with high degree of fragmentation and abrasion by transport, losing diagnostic structures used for identification; B: Identified fossils represented by an osteoderm of *Glyptodon* sp. with low degree of fragmentation and abrasion, preserving diagnostic structures used for identification. (photos Erick Cruz).



**Figure 9.** Classification of bioclasts by size. The great amount for both sectors was sizes between 32-64 mm, resulting in a well sorted pattern and unimodal trend.

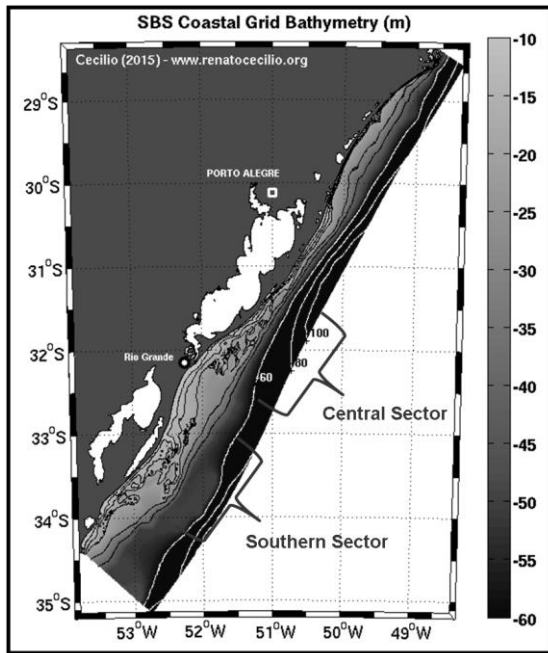
The largest amount of fossil was collected in the southern sector (2.689 fossils), representing 95% of the total, while in the central were collected 131 fossils, representing only 5%. The main hypothesis for this difference is the availability of fossils in the shoreface and inner continental shelf. The central and southern sectors have a lot of similarities as shown in the “study area” topic, but their bathymetry and seafloor characteristics are totally different (Cruz *et al.*, 2015a, b). The presence of several sedimentary submerged rocks and submerged elevations and depressions in the shoreface and inner continental shelf of the southern sector indicates probably the presence of source-areas where the fossils are eroded from (Buchmann *et al.*, 1999, 2001b; Buchmann & Tomazelli, 1999a, 2000, 2001, 2003). As stated earlier, the sedimentary submerged rocks are constituted essentially by carbonate rocks (strongly cemented coquinas) and are sometimes covered by corals which proves its wave reworking

In the postglacial period (17.5 ka) when the sea level was about 120–130 m lower than today, the presence of river channels and lagoons in depressions of the exposed continental shelf (Corrêa, 1986, 1990; Corrêa *et al.*, 1996; Martins *et al.*, 1996; Tomazelli *et al.*, 2008; Weschenfelder *et al.* 2008, 2010, 2014; Silva, 2009) might have favored the fossilization of mammals’ skeletal remains. Nowadays, these depressions became the source-area of fossiliferous deposits (Buchmann *et al.*, 1999, 2001b; Buchmann & Tomazelli, 1999a, 2000, 2001, 2003).

Cecilio (2015) has shown the presence of submerged elevations and depressions in the shoreface and inner continental shelf and their interaction with the waves. While in the central sector the waves reach the beach with stronger energy due to the steeper and continuous slope of the shoreface and inner continental shelf, in the southern sector the waves reach the beach with decreased energy due to the elevations and depressions. The 60, 80 and 100m isobaths are situated further from the coast in the southern sector, which indicates that the decreasing of energy begins much sooner than in the central sector (Fig. 10). Notwithstanding that the central sector has much more wave energy and therefore should be able to transport more fossils, the southern sector has more fossils collected and therefore indicates greater source-area availability.

Moreover, the differences of quantity and presence of fossils in both sectors may be also related to an antecedent topography where some kind of organism was favoured to fossilize depending on the substrate slope. Buchmann (2002) showed a sectorization of the CPRS, where the massive presence of mammalian and fishes fossil was in the southern sector while in the central sector the massive predominance was echinoderms and crustaceans fossils (Buchmann, 1996; Buchmann *et al.*, 1998).





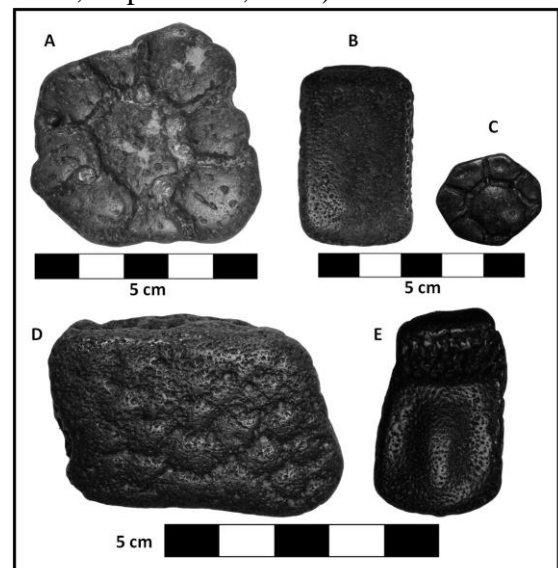
**Figure 10.** Southern Brazilian Shelf grid bathymetry (m) showing the position of the 60, 80 and 100 m isobath. Notice the distant position of these isobaths in the southern sector when compared to the central sector (modified from Cecilio, 2015).

### Taxonomic Characteristics

The fossils represent a mix of terrestrial and marine fauna. No new specimen was found, all of them are already known in the same area by the literature. In both sectors the terrestrial fauna (approx. 70%) outnumbered the marine fauna (approx. 30%) (Cruz, 2012, 2013). The southern sector had more taxa identified, maybe because it had also the biggest amount of fossil (topic 5.1.). The orders identified in the central sector were also present in the southern, except Artiodactyla (deers), Proboscidea (mastodonts), Perissodactyla (horses), Birds, Lamniformes (white shark and sand tiger shark), Myliobatiformes (rays), Brachyura (crabs) and Carcharhiniformes (ground sharks), that were only present in the southern sector.

In the terrestrial fauna, the most common order was the Cingulata represented by osteoderms of the families Glyptodontidae (*Glyptodon* and

*Panochthus*), Pamphathiidae (*Pamphathium* and *Holmesina*) and Dasypodidae (*Propraopus*) (Fig. 11). All the genera above were found in both sectors except *Holmesina* and *Propraopus* that were only found in the southern sector. The higher percentage of Cingulata order can be explained by the large number of osteoderms that covers the skeleton of these animals (Cruz, 2012, 2013) and by the small size and compact shape of the osteoderms which favour the transport (Lopes *et al.*, 2008; Aires & Lopes, 2012; Cruz & Buchmann, 2013b, 2015) (Fig. 12). The same abundance was found for Cingulata remains from Chuí Creek (Aires & Lopes, 2012). The difficulty of transporting bigger sizes by the waves seems to be responsible for the low percentage of large-bodied taxa (Lopes *et al.*, 2008; Aires & Lopes, 2012). The larger skeletal remains can be transported only by high energy waves, which occur only during extreme storms (Calliari *et al.*, 1998; Lopes *et al.*, 2006).



**Figure 11.** Accessory elements represented by osteoderms of cingulates. Represented by the genera *Glyptodon* (A), *Pamphathium* (B), *Propraopus* (C), *Panochthus* (D) and *Holmesina* (E). (photos Erick Cruz).

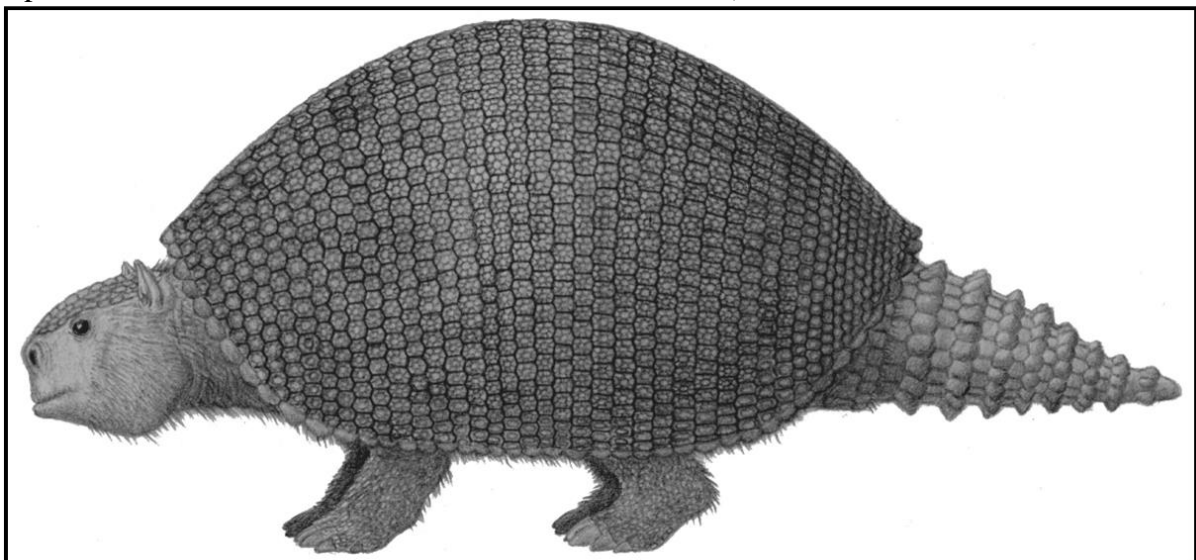
Among the Cingulata, the predominance of *Glyptodon* (around 60%) over other genera probably reflects the original diversity among these taxa (Aires

& Lopes, 2012). The presence of cingulates, deers and toxodonts demonstrate an open paleoenvironment like a prairie (Caron, 2004) with grasses, shrubs, wetlands and possibly gallery forests. This was also reinforced by analyses of stable isotopes ( $^{13}\text{C}$  and  $^{18}\text{O}$ ) in teeth of *Toxodon* and *Stegomastodon* (Lopes *et al.*, 2013).

In the marine fauna, the most common order was the Perciformes represented mainly by bone tumors of the Sciaenidae *Pogonias cromis* (Fig. 13A). In the Cetacea order, a skull of *Pontoporia* sp. was identified (Fig. 13B). The orders Lamniformes, Myliobatiformes and Carcharhiniformes (Fig. 13C-F) were only found in the southern sector due to the presence of the thick *konzentrat-lagerstätte* of fossil marine shells, called “Concheiros” (Buchmann *et al.*, 2009; Lopes & Buchmann, 2010) (Fig. 14), which is formed on the beach by the redeposition of bioclasts transported from the inner continental shelf by storm waves (Figueiredo Jr., 1975; Buchmann *et al.*, 2001a,b; Buchmann, 2002; Buchmann & Tomazelli, 2003). This “Concheiros” represents a Heterozoa Association of

carbonates of cold water (Buchmann & Tomazelli, 2001). The massive presence of the thick *konzentrat-lagerstätte* of fossil marine shells deposited in the foreshore and backshore of the beach has changed (Fig. 15). It seems that no new bioclasts is coming to the beach and the ones already there is being more and more fragmented into grains of sand and are being transported landward covering the dune fields (Fig. 16). The decrease of bioclasts deposition and the increasing fragmentation corroborate to the high percentage of small (32-64 mm) bioclasts and to the hypothesis of the “source-area starvation” discussed in the topic 5.1.

In the southern sector, the genus *Carcharias taurus* (Lamniformes) was the most abundant order of sharks. The presence of *C. taurus* probably reflects the original diversity among these taxa. The genus still lives in the south and southeast of the Brazilian coast (Richter, 1987). The presence of *C. carcharias* (Lamniformes) indicates a different paleoenvironment, since the genus is not found in the Brazilian coast nowadays (Buchmann & Rincón Filho, 1997; Buchmann & Tomazelli, 1999b).



**Figure 12.** Skeleton of *Glyptodon reticulatus*. Notice large number of osteoderms that covers the skeleton (over 3.000) and the small size and compact shape which favour the transport (drawing by Renato Lopes).



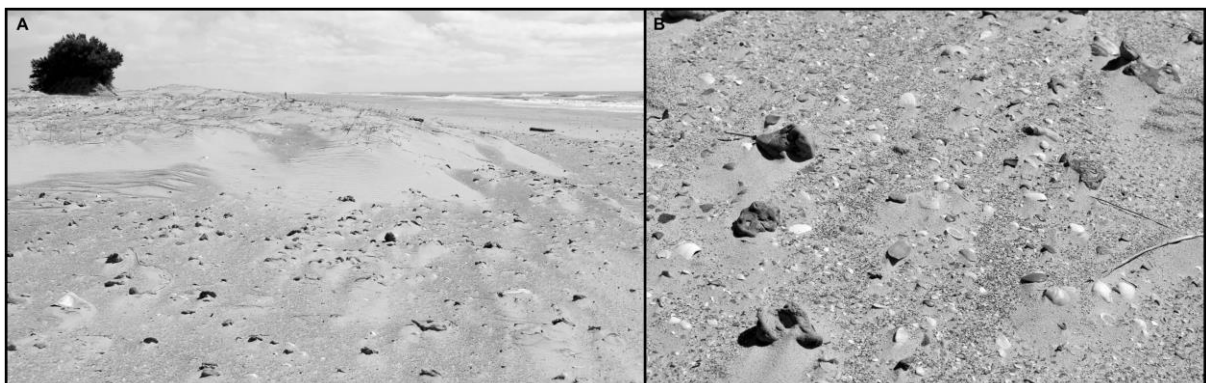
**Figure 13.** Skeletal remains of the marine fauna. A: bone tumor of fish (*Pogonias cromis*); B: partial skull of whale (*Pontoporia* sp.); C-F: Teeth of sharks and rays. C: sand tiger shark (*Carcharias taurus*); D: white shark (*Carcharodon carcharias*); E: ground sharks (*Carcharhinus* sp.); F: ray (Myliobatiformes). (photos Erick Cruz).



**Figure 14.** Concheiros beach in the southern sector of the coast. Notice the presence of the thick *konzentrat-lagerstätte* of fossil marine shells, called “concheiros”, associated with fossils of marine fauna and terrestrial mammals (photos Francisco Buchmann).



**Figure 15.** The thick *konzentrat-lagerstätte* of fossil marine shells deposited in the foreshore and backshore of the beach. Notice how it has changed over the years. Photos taken in 2006 (A) and 2008 (B) showing the massive presence of bioclasts deposited on the beach. Photo C taken in 2013 showing the decrease of the marine shells coverage (photos by Francisco Buchmann).



**Figure 16.** The presence of fossil marine shells fragmented into grains of sand and covering the foredunes. In photo A, notice the darker sand composed of fragments of these shells over the quartz white sand. In the original coloured photo, the darker sand has a red colour due to the reddish colour of the fossil marine shells. B: zoom of the photo A, showing the different stages of fragmentation of these shells (photos by Francisco Buchmann).

### Representativity of Skeletal Elements

The skeletal remains were found disarticulated, exhibit signs of abrasion by transport and most were incomplete (Lopes et al., 2008). The southern sector had more skeletal remains identified, maybe because it had also the biggest amount of fossil (topic 5.1). The ones identified in the central sector were also present in the

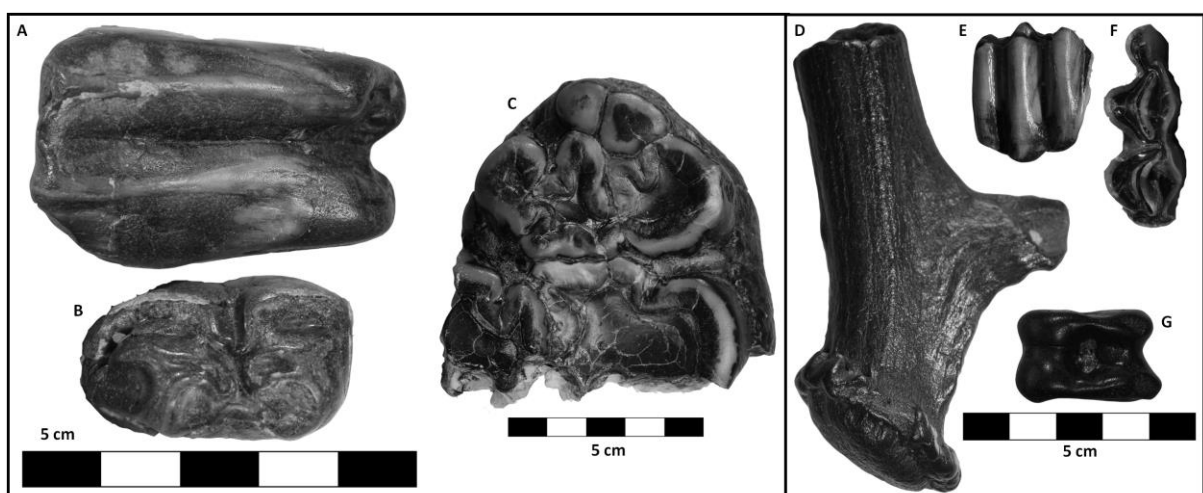
southern, except for teeth of sharks, rays, mastodonts and horses (Fig. 17A-C); pterygiophores, scales and vertebrae of fishes; intervertebral discs, skulls, tympanic bullae and blowholes of whales; chelae of crabs; antlers, astragali and teeth of deers (Fig. 17D-G); and bone fragments of birds, that were only found in the southern sector.

In the terrestrial fauna, the accessory elements represented by osteoderms of cingulates were the most abundant skeletal remains. The explanation for this abundance is the same for cingulates abundance showed in the topic 5.2.: the large number of osteoderms that covers the skeleton of cingulates (Cruz, 2012, 2013) and the small size and compact shape of the osteoderms which favour the transport (Lopes *et al.*, 2008; Aires & Lopes, 2012; Cruz & Buchmann, 2013b, 2015) (Fig. 12). Besides of accessory elements, cranial elements such as teeth and vertebrae were also found in abundance (Fig. 18).

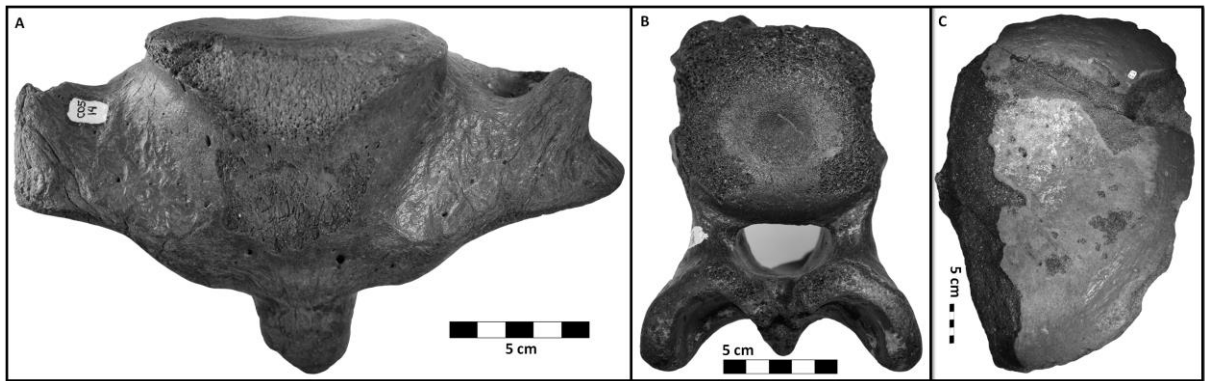
According to Moore (1994), teeth, vertebrae and ribs are structures found in greater quantity in the skeleton of mammals. In addition, Behrensmeyer (1975) said that skeletal elements carried by water currents are considered sediment particles, thus factors such as weight, shape and density are responsible for their transportability. Therefore, small-size (32-64 mm) and compact-shape elements such as osteoderms, teeth and vertebrae are found in greater quantity and are easily transported. Bigger-sizes (exceeding 128 mm) and blade/disc-shape elements such

as long bones (Fig. 19) and cranial elements are found in less quantity and are hardly transported (Voochies, 1969; Frison & Todd, 1986; Araújo *et al.*, 2012; Aires & Lopes, 2012). The difficulty of transporting bigger sizes by the waves seems to be responsible for the low percentage of large cranial and postcranial remains of large-bodied taxa (Lopes *et al.*, 2008; Aires & Lopes, 2012). The larger skeletal remains can be transported only by high energy waves, which occur only during extreme storms (Calliari *et al.*, 1998; Lopes *et al.*, 2006).

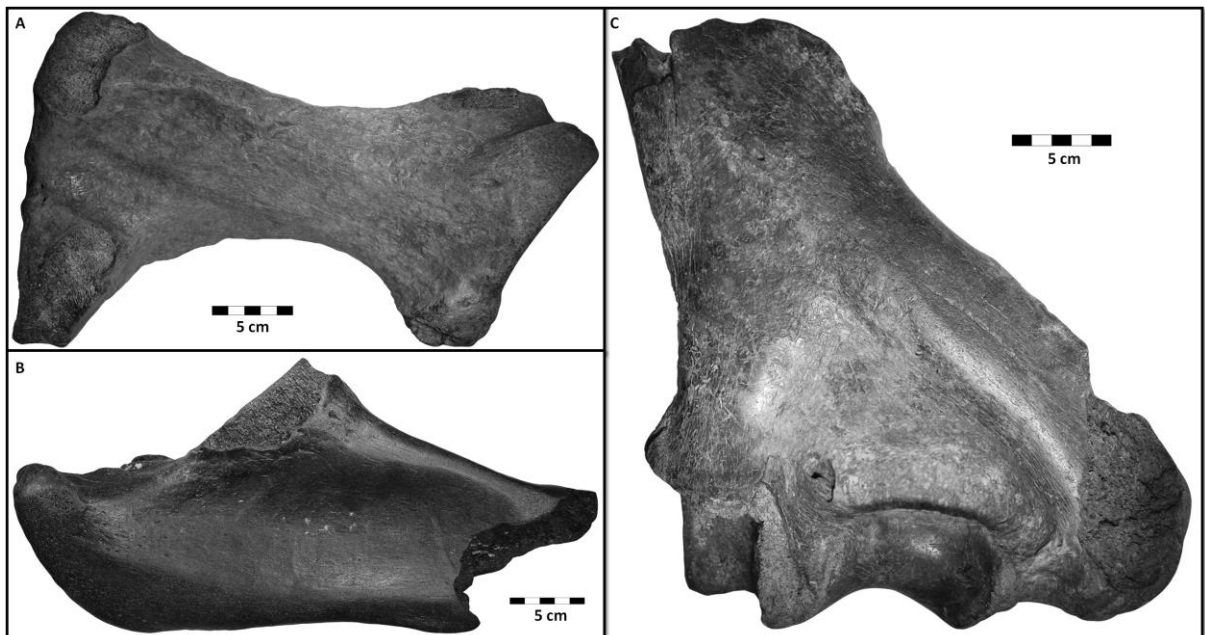
In the marine fauna, teeth of sharks and rays and bone tumors of the Sciaenidae *Pogonias cromis* were the most common skeletal remain (Fig. 13A). Teeth of sharks and rays were only found in the southern sector due to the presence of the thick *konzentrat-lagerstätte* of fossil marine shells, called “Concheiros” (Buchmann *et al.*, 2009; Lopes & Buchmann, 2010), discussed in the topic 5.2 (Fig. 14 and 15). Fish skeletal remains that were identified only in the southern sector, such as pterygiophores, scales and vertebrae, probably reflects the dominance of fishes in the southern sector according to Buchmann (2002).



**Figure 17.** Skeletal remains represented by cranial elements. A: tooth of horse (*Equus* sp.) with a detailed photo of the cusp (B); C: partial tooth of mastodont; antler (D), tooth (E) with a detailed photo of the cusp (F), and astragalus (G) of deer. (photos Erick Cruz).



**Figure 18.** Axial elements represented by vertebrae. A: the second cervical vertebra named Axis; B: partial vertebra of unidentified taxa; C: partial vertebra of whale. (photos Erick Cruz).



**Figure 19.** Appendicular elements represented by long bones. A: tibia of giant sloth; B: partial ulna of a giant sloth, with proximal epiphysis, metaphysis and half diaphysis; C: partial femur of mastodont, with distal epiphysis, metaphysis and half diaphysis. (photos Erick Cruz).

## FINAL REMARKS

### Central and Southern Sectors Similarities

- In both sectors, two kind of bioclasts population were identified: 1) non-identified fossils (around 80%) and 2) identified fossils (around 20%), indicating greater and less waves reworking, respectively. Generally, the bioclasts had a unimodal distribution, resulting in a well sorted pattern. Small and medium bioclasts are more common and prone to fragmentation than large, since it is easier to be transported.

- The fossils represent a mix of terrestrial and marine fauna. In both sectors the terrestrial fauna outnumbered the marine fauna. The same orders and skeletal remains were identified in both sectors, except for teeth of sharks, rays, mastodonts and horses; pterygiophores, scales and vertebrae of fishes; intervertebral discs, skulls, tympanic bullae and blowholes of whales; chelae of crabs; antlers and astragali of deers; and bone fragments of birds, that were only found in the southern sector. The skeletal remains were found disarticulated, exhibit

signs of abrasion by transport and most were incomplete.

- In the marine fauna, the most common order was the Perciformes represented mainly by bone tumors of the Sciaenidae *Pogonias cromis*. In the terrestrial fauna, the most common order was the Cingulata. The accessory elements represented by osteoderms of cingulates were the most abundant skeletal remains. The higher percentage of osteoderms of cingulates can be explained by the large number of osteoderms that covers the skeleton of cingulates and by the small size and compact shape of the osteoderms which favour the transport. Among the Cingulata, the predominance of *Glyptodon* over other genera probably reflects the original diversity among these taxa. The presence of cingulates, deers and toxodonts demonstrate an open paleoenvironment like a prairie with grasses, shrubs, wetlands and possibly gallery forests.

- Cranial elements such as teeth and vertebrae were also found in abundance. Small-size (32-64 mm) and compact-shape elements such as osteoderms, teeth and vertebrae are found in greater quantity and are easily transported. Bigger-sizes (exceeding 128 mm) and blade/disc-shape elements such as long bones and cranial elements are found in less quantity and are hardly transported. Therefore, the difficulty of transporting bigger sizes by the waves seems to be responsible for the low percentage of large cranial and postcranial remains of large-bodied taxa.

### **Central and Southern Sectors Differences**

- The bathymetric differences between the sectors generate different wave power. Notwithstanding that the central sector has much more wave energy and therefore should be able to transport more fossils, the southern sector has more fossils collected and therefore indicates greater source-area availability.

- The largest amount of fossil was collected in the southern sector. The main hypothesis for this difference is the availability of fossils in the shoreface and inner continental shelf. The presence of several sedimentary submerged rocks and submerged elevations and depressions in the shoreface and inner continental shelf of the southern sector indicates perhaps the presence of source-areas where the fossils are eroded from.

- Although the same orders and skeletal remains were identified in both sectors (except for some), the southern sector had more taxa and skeletal remains identified. This difference seems to be related to the biggest amount of fossil collected in the southern sector which increases the probability of identification.

- The teeth of sharks (Lamniformes and Carcharhiniformes) and rays (Myliobatiformes) were only found in the southern sector due to the presence of the thick *konzentrat-lagerstätte* of fossil marine shells, called “Concheiros”. The genus *Carcharias taurus* was the most abundant order of sharks and probably reflects the original diversity among these taxa. The presence of *Carcharodon carcharias* indicates a different paleoenvironment, since the genus is not found in the brazilian coast nowadays.

### **ACKNOWLEDGEMENTS**

In gratitude to my advisor Sérgio R. Dillenburg for giving me the opportunity to carry on my research as his post-graduate student. To Francisco “Chico” Buchmann for all the help, financial support in the field works and friendship. A special thanks for Luis Rota, Daniel “Obelix” Loebmann and Ana Cecília Giacometti Mai for the “camp-base” support. Part of this study was possible also by financial support of CAPES (scholarship grant for the author).

## REFERENCES

- Aires, A.S.S.; Lopes, R.P. 2012. Representativity of Quaternary mammals from the southern brazilian continental shelf. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 15(1):57-66.
- Angulo, R.J. & Lessa, G.C. 1997. The brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, 140:141-166.
- Angulo, R.J.; Giannini, P.C.F.; Suguio, K. & Pessenda, L.C.R. 1999. The relative sea-level changes in the last 5,500 years southern Brazil (Laguna-Imbituba region, Santa Catarina state) based on vermetid <sup>14</sup>C ages. *Marine Geology*, 159(1/4):327-339.
- Angulo, R.J.; Lessa, G.C. & Souza, M.C. 2006. A critical review of the mid- to late Holocene sea-level fluctuations on the eastern brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, 25(5/6):486-506.
- Araújo Jr., H.I.; Bissaro Jr., M.C.; Dos Santos, T.T.; Alves, R.S. & Bergqvist, L.P. 2012. Tafonomia da megafauna pleistocênica brasileira: Fluvial Transport Index (FTI) em análises de representatividade óssea. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 15(1):95-104.
- Barletta, R.C. & Calliari, L.J. 2001. Determinação da intensidade das tempestades que atuam no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Pesquisas em Geociências*, 28(2):117-124.
- Buchmann, F.S.C. 1994a. Estudo Macrofossilífero da Porção Sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. 109 f. Curso de Graduação em Oceanologia, Fundação Universidade do Rio Grande, Monografia de Graduação, 109 p. (inédito).
- Buchmann, F.S.C. 1994b. Distribuição dos fósseis pleistocênicos na zona costeira e plataforma continental interna no Rio Grande do Sul. *Acta Geológica Leopoldensia*, 17(39/1):355-364.
- Buchmann, F.S.C. 1996. Invertebrados fósseis (Crustacea, Equinodermata e Annelidea) encontrados no cascalho biodetrítico (pós-praia) na porção sul da planície costeira, RS. *Notas Técnicas*, 9:21-27.
- Buchmann, F.S.C. & Rincón Filho, G. 1997. Fósseis de vertebrados marinhos do Pleistoceno Superior na porção sul da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Notas Técnicas*, 10:07-16.
- Buchmann, F.S.C.; Bond-Buckup, G.; Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1998. Tafonomia de crustáceos quaternários na plataforma continental interna, RS, Brasil: um estudo preliminar. *Nauplius*, (6):169-183.
- Buchmann, F.S.C. & Tomazelli, L.J. 1999a. Fósseis da megafauna terrestre coletados na plataforma continental interna, RS, Brasil, e sua relação com a dinâmica costeira passada e atual. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 7, 1999. *Anais*, Porto Seguro, 3p.
- Buchmann, F.S.C. & Tomazelli, L.J. 1999b. Ocorrência de fósseis de tubarão branco (*Carcharodon carcharias*) na porção sul e central da planície costeira do rio grande do sul, Brasil: considerações paleoclimáticas. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 7, 1999. *Anais*, Porto Seguro, 2p.
- Buchmann, F.S.C.; Barletta, R.C.; Tomazelli, L.J. & Barreto, A.M.F. 1999. Novo afloramento pleistocênico na atual linha de costa do Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 7, 1999. *Anais*, Porto Alegre, 2p.



- Buchmann, F.S.C. & Tomazelli, L.J. 2000. Altos topográficos submersos (parcéis) na antepraia do Rio Grande do Sul, Brasil, e sua influência na morfologia e dinâmica praial. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PRAIAS ARENOSAS*, 2000. *Anais*, Itajaí, p. 174.
- Buchmann, F.S.C.; Pires, D.O.; Alves, F.N.A. & Tomazelli, L.J. 2001a. Corais fósseis do Pleistoceno e corais recentes na costa do Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*, 8, 2001. *Anais*, Imbé, p. 75.
- Buchmann, F.S.C.; Seeliger, M.; Zanella, L.R.; Madureira, L.S.P.; Tomazelli, L.J. & Calliari, L.J. 2001b. Análise batimétrica e sedimentológica no estudo do Parcel do Carpinteiro, uma paleolinha de praia pleistocênica na antepraia do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Pesquisas em Geociências*, 28(2):109-115.
- Buchmann, F.S.C. & Tomazelli, L.J. 2001. A influência do substrato pré-holocênico na distribuição dos bioclastos carbonáticos ao longo da linha de costa (pós-praia) do Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*, 8, 2001. *Anais*, Imbé, p. 58-59.
- Buchmann, F.S.C. 2002. Bioclastos de Organismos Terrestres e Marinhos na Praia e Plataforma Interna do Rio Grande do Sul: Natureza, Distribuição, Origem e Significado Geológico. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 120 p. (inédito).
- Buchmann, F.S.C. & Tomazelli, L.J. 2003. Relict nearshore shoals of Rio Grande do Sul, southern Brazil: origin and effects on nearby modern beaches. *Journal of Coastal Research*, 35:318-322.
- Buchmann, F.S.C.; Caron, F.; Lopes, R.P.; Ugri, A. & LIMA, L.G. 2009. Panorama geológico da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. *In: A.M. Ribeiro; S.G. Bauermann & C.S. Scherer (eds.) Quaternário do Rio Grande do Sul – Integrando Conhecimentos*. Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 35-56.
- Calliari, L.J. & Klein, A.H.F. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Cassino e Chuí, RS. *Revista Pesquisas em Geociências*, 20(1):48-56.
- Calliari, L.J.; Tozzi, H.M. & Klein, A.H. 1996. Erosão associada a marés meteorológicas na costa sul-riograndense. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 34, 1996. *Anais*, Salvador, p. 430-434.
- Calliari, L.J.; Tozzi, H.M. & Klein, A.H. 1998a. Beach morphology and coastline erosion associated with storm surges in southern Brazil - Rio Grande to Chuí, RS. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70(2):231-247.
- Calliari, L.J.; Speranski, N. & Boukareva, I. 1998a. Stable focus of wave rays as a reason of local erosion at the southern brazilian coast. *Journal of Coastal Research*, 26:19-23.
- Caron, F. 2004. Aspectos Taxonômicos e Tafonômicos dos Fósseis de Vertebrados Terrestres (Megafauna Pampeana Extinta) e Marinhos (Peixes E Cetáceos) da Praia do Cassino, RS. Curso de Graduação em Oceanologia, Universidade Federal do Rio Grande, Monografia de Graduação, 129 p. (inédito).
- Caron, F.; Buchmann, F.S.C. & Lopes, R.P. 2005. Aspectos tafonômicos dos bioclastos da praia do Cassino, RS, abordando os fósseis de vertebrados terrestres (megafauna pampeana extinta) e marinhos (peixes e cetáceos). *In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*,

- 10, 2005. Livro de resumos, Rio de Janeiro, p. 6.
- Cecilio, R.O. 2015. An Ocean Wind-Wave Climatology for The Southern Brazialian Shelf. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 116 p.
- Corrêa, I.C.S. 1986. Evidence of sea level fluctuation on the Rio Grande do Sul continental shelf, Brazil. *Quat. S. Am. A.*, 40:237-249.
- Corrêa, I.C.S. 1990. Analyse Morphostructurale et Evolution Paleogeographique de La Plate-Forme Continentale Atlantique Sudbresilienne (Rio Grande Do Sul - Bresil). Universite de Bourdeaux I, Tese de Doutorado, 314 p. (inédito).
- Corrêa, I.C.S.; Martins, L.R.S.; Ketzer, J.M.M.; Elias, A.R.D. & Martins, R. 1996. Evolução sedimentológica e paleogeográfica da plataforma continental sudeste e sul do Brasil. *Notas Técnicas*, 9:51-61.
- Cruz, E.A. & Buchmann, F.S.C. 2010. Tafonomia dos bioclastos nas praias dos Concheiros e do Hermenegildo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA*, 3, 2010. Resumos, Rio Grande, p. 1586-1588.
- Cruz, E.A. 2012. Estudo Tafonômico e Taxonômico dos Fósseis Pleistocênicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Curso de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Monografia de Graduação, 216 p.
- Cruz, E.A. 2013. Retrabalhamento Praia em Fósseis Pleistocênicos na Praia dos Concheiros, RS. Curso de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Monografia de Graduação, 152 p.
- Cruz, E.A. & Buchmann, F.S.C. 2013a. Retrabalhamento praias em fósseis da megafauna, RS. *In: Congresso da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*, 15, 2013. *Resumos*, Natal, 1p.
- Cruz, E.A. & Buchmann, F.S.C. 2013b. Tafonomia e taxonomia dos bioclastos encontrados na praia dos Concheiros, RS. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA*, 23, 2013. *Boletim de Resumos*, Gramado, p. 303-304.
- Cruz, E.A. & Buchmann, F.S.C. 2015. Representatividade dos fósseis de mamíferos pleistocênicos no extremo sul do Brasil. *In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*, 15, 2015. *Anais*, Imbé, 2(1):136-137.
- Cruz, E.A.; Dillenburg, S.R. & Buchmann, F.S.C. 2015a. Variação quantitativa dos fósseis pleistocênicos nos setores centro e sul da planície costeira do Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*, 15, 2015. *Anais*, Imbé, 2(1):138-139.
- Cruz, E.A.; Dillenburg, S.R. & Buchmann, F.S.C. 2015b. Comparação dos fósseis pleistocênicos encontrados nos setores centro e sul da planície costeira do Rio Grande do Sul. *In: SEMANA ACADÊMICA DOS PÓS-GRADUANDOS DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UFRGS*, 1, 2015. *Resumos*, Porto Alegre, 1p.
- Dillenburg, S.R. 1994. O potencial de preservação dos registros sedimentares do Sistema Depositional Laguna/Barreira IV na costa do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas*, 9:1-11.
- Dillenburg, S.R. 1996. Oscilações holocênicas do nível relativo do mar registradas na sucessão de fácies lagunares na região da laguna de Tramandaí, RS. *Revista Pesquisas em Geociências*, 23(1/2):17-24.
- Dillenburg, S.R.; Roy, P.S.; Cowell, P.J. & Tomazelli, L.J. 2000. Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the Shoreface Translation Barrier Model (STM). *Journal of Coastal Research*, 16(1):71-81.

- Dillenburg, S.R.; Tomazelli, L.J. & Clerot, L.C.P. 2003. Gradients of wave energy as the main factor controlling the evolution of the coast of Rio Grande do Sul in southern Brazil during the Late Holocene. *In: COASTAL SEDIMENTS '03, 5, CLEARWATER BEACH. Proceedings, Regional alongshore variability of shoreline movements.pdf*, p. 9.
- Dillenburg, S.R.; Tomazelli, L.J. & Barboza, E.G. 2004. Barrier evolution and placer formation at Bujuru southern Brazil. *Marine Geology*, 203:43-56.
- Dillenburg, S.R.; Martinho, C.T.; Tomazelli, L.J.; Dorneles, L. & Silva, D.B. 2005. Gradientes de altura de ondas ao longo da costa do Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*, 10, 2005. Livro de Resumos, Rio de Janeiro, (84):6.
- Dillenburg, S.R.; Barboza, E.G.; Tomazelli, L.J.; HESP, P.A.; Clerot, L.C.P. & Ayup-Zouain, R.N. 2009. The Holocene coastal barriers of Rio Grande do Sul. *In: S.R. Dillenburg & P.A. Hesp (eds.) Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*, Springer, p. 53-91.
- Figueiredo Jr., A.C. 1975. Geologia dos Depósitos Calcários Biodetríticos da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, 72 p.
- Frison, G.C. & Todd, L.C. 1986. *The Colby Mammoth Site: Taphonomy and Archaeology of A Clovis Kill in Northern Wyoming*. Albuquerque. University of New Mexico Press, 238 p.
- Hoffmann, G.R.; Arend, L.M.; Silveira, J.C.B.; Bellomo, H.R. & Nunes, J.L.M. 1992. *Rio Grande do Sul: Aspectos da Geografia*. Porto Alegre: Martins Livreiro, 104 p.
- Imbrie, J.; Hays, J.D.; Martinson, D.G.; Mcintyre, A.; Mix, A.C.; Morley, J.J.; Pisias, N.G.; Prell, W.L. & Shackleton, N.J. 1984. The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of marine 18O record. *In: A.L. Berger; J. Imbrie; J. Hays; G. Kukla & B. Saltzman (eds.) Milankovitch and Climate, Part 1*. D. Reidel Publishing, p. 269-305.
- Lima, S.F.; Almeida, L.E.S.B. & Toldo Jr., E.E. 2001. Estimativa da capacidade do transporte longitudinal de sedimentos a partir de dados de ondas para a costa do Rio Grande do Sul. *Revista Pesquisas em Geociências*, 28:99-107.
- Lima, L.G. & Buchmann, F.S.C. 2005. Novo afloramento fossilífero (Pleistoceno/Holoceno) no sul da planície costeira do Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*, 10, 2005. Livro de Resumos, Rio de Janeiro, (84):7.
- Lopes, R.P.; Buchmann, F.S.C.; Caron, F. & Itusarry, M.E.G.S. 2001. Tafonomia dos fósseis de vertebrados (megafauna extinta) encontrados ao longo das barrancas do Arroio Chuí e linha de costa, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Pesquisas em Geociências*, 28(2):67-73.
- Lopes, R.P.; Buchmann, F.S.C. & Caron, F. 2005. Caracterização tafonômica de mamíferos pleistocênicos (megafauna extinta) provenientes dos depósitos submersos ao sul da Planície Costeira do Rio grande do Sul, Brasil. *In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS*, 2, 2005. *Boletim de Resumos*, Rio de Janeiro, p. 155-156.
- Lopes, R.P. & Buchmann, F.S.C. 2008. Comparação tafonômica entre duas

- concentrações fossilíferas (*shell beds*) da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Gaea – Journal of Geoscience*, 4(2): 65-77.
- Lopes, R.P.; Buchmann, F.S.C. & Caron, F. 2008. Taphonomic analysis of Pleistocene mammals from deposits submerged along southern Rio Grande do Sul coastal plain, Brazil. *Arquivo do Museu Nacional*, 66(1):213-229.
- Lopes, R.P.; Buchmann, F.S.C.; Caron, F. & Itussary, M.E.G.S. 2009. Barrancas fossilíferas do Arroio Chuí, RS - importante megafauna pleistocênica no extremo sul do Brasil. In: M. Winge; C. Schobbenhaus; M. Berbert-Born; E.T. Queiroz; D.A. Campos; C.R.G. Souza & A.C.S. Fernandes (eds.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, Serviço Geológico do Brasil, p. 355-362.
- Lopes, R.P. & Buchmann, F.S.C. 2010. Pleistocene mammals from the southern brazilian continental shelf. *Journal of South American Earth Sciences*, 31:17-27.
- Lopes, R.P. & Pereira, J.C. 2010. Um novo sítio paleontológico na planície costeira do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS, 7, 2010. *Resumos*, Rio de Janeiro, p. 93.
- Lopes, R.P.; Oliveira, L.C.; Figueiredo, A.M.G.; Kinoshita, A.; Baffa, O. & Buchmann, F.S.C. 2010. ESR dating Pleistocene mammal teeth and its implications for the biostratigraphy and geological evolution of the coastal plain, Rio Grande do Sul, southern Brazil. *Quaternary International*, 212:213-222.
- Lopes, R.P. & Pereira, J.C. 2013. Pleistocene mammalian fossils from the Mirim Lake, southern Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 23, 2013. *Boletim de Resumos*, Gramado, p. 243.
- Lopes, R.P.; Ribeiro, A.M.; Dillenburg, S.R. & Schultz, C.L. 2013. Late Middle to Late Pleistocene paleoecology and paleoenvironments in the coastal plain of Rio Grande do Sul state, southern Brazil, from stable isotopes in fossils of *Toxodon* and *Stegomastodon*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 369(2013):385-394.
- Lopes, R.P.; Kinoshita, A.; Baffa, O.; Figueiredo, A.M.G.; Dillenburg, S.R.; Schultz, C.L. & Pereira, J.C. 2014a. 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.
- Lopes, R.P.; Dillenburg, S.R.; Schultz, C.L.; Ferigolo, J.; Ribeiro, A.M.; Pereira, J.C.; Holanda, E.C.; Pitana, V.G. & Kerber, L. 2014b. The sea-level highstand correlated to marine isotope stage (MIS) 7 in the coastal plain of the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86(4):1573-1595.
- Lopes, R.P. & Ferigolo, J. 2015. *Post Mortem* modifications (pseudopaleopathologies) in Middle-Late Pleistocene mammal fossils from southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 18(2):285-306.
- Martin, L.; Suguio, K. & Flexor, J.M. 1979. Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1979. *Proceedings*, São Paulo, p. 296-331.
- Martin, L.; Dominguez, J.M.L. & Bittencourt, A.C.S.P. 2003. Fluctuating Holocene sea levels in Eastern and Southeastern Brazil: evidence from multiple fossil and geometric indicators. *Journal of Coastal Research*, 19:101-124.

- Martinho, C.T. 2008. Morfodinâmica e Evolução de Campos de Dunas Transgressivos Quaternários do Litoral do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 241 p.
- Martins, L.R.; Urien, C.M.; Corrêa, I.C.S. & Martins, I.R. 1996. Late Quaternary processes along the Rio Grande do Sul continental shelf (southern Brazil). *Notas Técnicas*, 9:62-68.
- Moore, K.L. 1994. *Anatomia Orientada para A Clínica*. 1ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 831 p.
- Motta, L.M.; Toldo Jr., E.E.; Almeida, L.E.S.B. & NUNES, J.C. 2015. Sandy sediment budget of the midcoast of Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Marine Research*, 73:49-69.
- Nimer, E. 1989. *Climatologia Do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 421 p.
- Paula Couto, C. 1953. *Paleontologia Brasileira (Mamíferos)*. Rio de Janeiro, Biblioteca Científica Brasileira, Série A, 1:516 p.
- Paula Couto, C. 1975. Mamíferos fósseis do Quaternário do sudeste brasileiro. *Boletim Paranaense de Geociências*, 33:89-132.
- Paula Couto, C. 1979. *Tratado de Paleomastozoologia*. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 563 p.
- Silva, J.L.B. 2009. Identificação do Sistema de Paleodrenagem na Margem Continental Sul Brasileira Adjacente À Lagoa Mirim no Terciário Superior por Sísmica de Reflexão. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 215 p.
- Soliani Jr., E. & Jost, H. 1974. Mamíferos pleistocênicos e sua posição estratigráfica na planície costeira do Rio Grande do Sul, SE do Brasil. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA, 1, 1974. *Actas*, Tucuman, p. 569-574.
- Swift, D.J.P. 1976. Continental shelf sedimentation. In: D.J. Stanley & D.J.P. Swift, Donald (eds.) *Marine Sediment Transport and Environmental Management*, John Wiley & Sons, p. 311-350.
- Tomazelli, L.J. & Villwock, J.A. 1992. Considerações sobre o ambiente praias e deriva litorânea de sedimentos ao longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Pesquisas em Geociências*, 19(1):3-12.
- Tomazelli, L.J. 1993. Regime de ventos e taxa de migração de dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Pesquisas em Geociências*, 20(1):18-26.
- Tomazelli, L.J. & Villwock, J.A. 1996. Quaternary geological evolution of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68(3):373-382.
- Tomazelli, L.J. & Dillenburg, S.R. & Villwock, J.A. 2000. Late Quaternary geological history of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3):470-472.
- Tomazelli, L.J.; Barboza, E.G.; Dillenburg, S.R.; Rosa, M.L.C.C.; Caron, F. & Lima, L.G. 2008. *Implantação, Preenchimento e Desenvolvimento de Vales Incisos na Porção Sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. Relatório Interno, Projeto PETROBRÁS, 102 p.
- Tozzi, H.A.M. & Calliari, L.J. 2000. Morfodinâmica da praia do Cassino, RS. *Revista Pesquisas em Geociências*, 27(1):29-42.
- Villwock, J.A.; Dehnhardt, E.A.; Loss, E.L.; Tomazelli, L.J. & Hofmeister, T. 1979. Concentraciones de arenas negras a lo largo de la costa de Rio Grande do Sul, Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE ECOLOGIA

- Y SEDIMENTACION DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL ATLÂNTICO SUR, 1, 1979. *Memórias*, Montevideo, p. 405-414.
- Villwock, J.A. 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, southern Brazil: a synthesis. *Revista Pesquisas em Geociências*, 16:5-49.
- Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas*, 8:1-45.
- Voorhies, M.R. 1969. Taphonomy and population dynamics of an Early Pliocene fauna, Knox County, Nebraska. *Contributions to Geology*, Special Paper, 1:1-69.
- Weschenfelder, J. 2005. Processos Sedimentares e Variação do Nível do Mar na Região Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 131 p.
- Weschenfelder, J.; Corrêa, I.C.S.; Toldo Jr., E.E. & Baitelli, R. 2008. Paleocanais como indicativo de eventos regressivos quaternários do nível do mar no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*, 26(3):367-375.
- Weschenfelder, J.; Corrêa, I.C.S.; Aliotta, S. & Baitelli, R. 2010. Paleochannels related to Late Quaternary sea-level changes in southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, Special Issue PGGM, 58:35-44.
- Weschenfelder, J.; Baitelli, R.; Corrêa, I.C.S.; Bortolin, E.C.; Santos, C.B. 2014. Quaternary incised valleys in southern Brazil coastal zone. *Journal of South American Earth Sciences*, 55:83-93.

**ANEXOS**

## 1.1. Carta de submissão do artigo

***REVISTA BRASILEIRA  
DE PALEONTOLOGIA***

Porto Alegre, 21 de Janeiro de 2016.

ERICK A. CRUZ

Programa de Pós-Graduação em Geociências/UFRGS

Porto Alegre/RS

Prezado autor,

Informamos que recebemos o seu manuscrito intitulado "PLEISTOCENE VERTEBRATE FOSSILS FROM THE CENTRAL AND SOUTHERN SECTORS OF THE COASTAL PLAIN OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL: DESCRIPTION AND CONTROLS ON DISTRIBUTION", autores ERICK A. CRUZ, SÉRGIO R. DILLENBURG & FRANCISCO S. BUCHMANN submetido para apreciação na Revista Brasileira de Paleontologia. Neste momento o referido manuscrito encontra-se em processo de avaliação pelos editores.

Atenciosamente,

Dr. Ana Maria Ribeiro

Editor RBP