

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

**DEPÓSITOS SEDIMENTARES ASSOCIADOS À  
DESEMBOCADURA DO ARROIO CHUÍ (PLANÍCIE  
COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL) E SUAS  
RELAÇÕES COM AS VARIAÇÕES DO NÍVEL DO MAR  
DURANTE O HOLOCENO**

**FELIPE CARON**

ORIENTADOR – Luis José Tomazelli

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sergio Rebello Dillenburg (IG-UFRGS)

Prof. Dr. Jorge Alberto Villwock (PUC-RS)

Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza (IG-UFRGS)

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

Porto Alegre – 2007

Caron, Felipe

Depósitos sedimentares associados a atual desembocadura do Arroio Chuí (Planície Costeira do Rio Grande do Sul) e sua relação com as variações do nível do mar durante o Holoceno. / Felipe Caron. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2007.

[63 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2007.

1. Geologia Costeira. 2. Evolução Costeira. 3. Paleogeografia Costeira. 4. Variações do Nível do Mar. I. Título.

---

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Geociências – UFRGS  
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

### Agradecimentos:

Primeiramente gostaria de dedicar este trabalho as pessoas que me fizeram discernir a vida sem preocupações com o futuro e sim com a felicidade e o prazer de aprender no dia a dia: Ventura e Lídia Caron; a Oswaldo Francisco e Hilda Maria Canale e Julio e Leocadia Menezes: os avós sempre vão além dos pais.

A minha família que sempre me motivou: Julião, Beti, Dani e Pedro: para estes não se sustentam comentários.

Aos meus tios André Luis Canale e Lucia Ortiz que me mostraram o caminho da Geologia e suas vertentes.

João Vicente e Raiza pelos gestos naturais que relembram a maneira simples e sincera de ser feliz.

Agradeço a Francisco Buchmann pelas críticas, sugestões, discussões, amigo irmão e eterno orientador.

Agradeço o apoio incentivo, e constante aprendizado proporcionado pelo amigo e orientador Luis José Tomazelli.

Agradeço a Sergio Dillenburg por todas as discussões e vivências proporcionadas.

Agradeço a Svetlana Medianic pelo aprendizado, experiência de vida, e identificação dos Palinomorfos.

Agradeço a Beatriz Dehnhardt pela paciência, pelo aprendizado, e na identificação de Moluscos, Artrópodes e Protozoários.

Aos demais pesquisadores do CECO-UFRGS: Eduardo Barbosa, Nelson Gruber, Luis Tabajara, Zé Nunes, Luis Emílio, Elírio Toldo, Iran Correa, Flávio Bachi pelo convívio e discussões proporcionadas. Aos técnicos (Giba e Maribel) pelo esforço laboratorial e aprendizado proporcionado.

A Lauro Júlio Calliari pelo incentivo, discussões, aprendizado e apoio logístico de campo.

Aos Motoristas da FURG (Candinho Giba) conhecendo a praia como poucos.

A equipe oceanográfica OGROWS: Hugo, Bam, Thunder, Antiqueira, Pedro, Scooby, Ahavs, Curiri, Almudi, André, Magaiver, Morrugão e Coelho. Sem estes seria **impossível** a realização deste trabalho pela logística, profissionalismo e sangue dado em campo. Só que conhece a Planície Costeira Sul sabe.....

Aos colegas do Pós (Taís, Grazi, Lisi, Minele, Luana, Natalia, Rodrigo, Neto, Zozi, Paulista, Aderson,) e amigos do curso de Geologia da UFRGS (Zé, Carol), pela troca de experiências e aprendizado no dia a dia.

Aos amigos da baía da alegria (Alex 'pai'), Chaluppe, Fred, Ale) por todo universo arquitetural proporcionado..... e no auxílio das expressões gráficas.....

A oportunidade de realizar este trabalho via Universidade Federal

Ao Cnpq. pela bolsa de estudos proporcionada.

Ao MAR.

Muito obrigado!

## SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

ÍNDICE DE FIGURAS

INDICE DE ANEXOS

### 1. INTRODUÇÃO

1.1. O Tema de Estudo e Seus Objetivos.....	10
1.2. A Área de Estudo.....	10
1.3. Geologia Regional.....	13
1.3.1. O Sistema Laguna-Barreira III na Porção Sul da PCRS.....	14
1.3.2. O Sistema Laguna-Barreira IV na Porção Sul da PCRS .....	15
1.4. Aspectos Climáticos e Oceanográficos.....	17
1.4.1. Aspectos Climáticos.....	17
1.4.2. Aspectos Oceanográficos.....	18
1.4.3. Sedimentologia, Morfodinâmica e Aspectos Erosivos das Praias.....	20

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS.....

2.1. Geologia de superfície.....	22
2.2. Geologia de sub-superfície.....	30
2.3. Análises laboratoriais.....	30
2.3.1. Abertura e Descrição dos Testemunhos.....	30
2.3.2. Análises granulométricas.....	30
2.3.3. Análises paleontológicas.....	31
2.3.4. Análises geocronológicas.....	32

### 3. RESULTADOS.....

3.1. Geologia e Geomorfologia da Área de Estudo.....	34
3.2. Análise Faciológica e Estratigráfica dos Depósitos Holocênicos.....	36
3.2.1. Perfil 1.....	36
3.2.2. Perfil 2.....	40
3.3.3. Perfil 3.....	49
3.3.4. Perfil 4.....	52
3.3.5. Perfil 5.....	54
3.3.6. Afloramento 2.....	54

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	54
4.1. Modelo Evolutivo da região da desembocadura do Arroio Chuí durante o Holoceno.....	59
5. CONCLUSÕES.....	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

## ANEXOS

## RESUMO

O presente trabalho descreve a ocorrência de depósitos sedimentares associados à desembocadura do Arroio Chuí, no extremo sul do País, e suas relações com as variações do nível do mar durante o Holoceno. Com o emprego de uma estação total, bússola de geólogo e navegação com GPS, procedeu-se a um nivelamento topográfico da área de estudo, incluindo a altimetria ao longo de 5 perfis topográficos transversais e longitudinais ao arroio. Ao longo dos perfis transversais foram coletados 10 testemunhos a percussão e realizados 18 furos com trado manual. As análises sedimentológicas, paleontológicas e geocronológicas dos testemunhos e dos afloramentos nas barrancas do arroio, permitem registrar importantes aspectos sobre a natureza e o significado paleogeográfico das fácies encontradas. Foram identificadas facies sedimentares contendo uma rica assembléia de palinomorfos e de conchas fósseis – especialmente moluscos gastrópodes e bivalves – indicadores de influência marinha na sedimentação. Dentre as espécies de moluscos encontradas foram identificadas *Heliobia australis*, *Anachis isabellei*, *Crepidula protea*, *Carditamera plata*, *Corbula caribaea*, *Corbula patagonica*, *Mactra isabelliana*, *Anomalocardia brasiliana*, *Ostrea puelchana*, *Crassostrea* e *Tagelus plebeius*. Em algumas fácies lamosas muitos exemplares de fósseis se encontram bem preservados, mantendo-se ainda em posição de vida. A altimetria e a natureza das fácies permitem concluir que, na região próximo à atual desembocadura do Arroio Chuí, o nível do mar esteve pelo menos 2 a 3 m acima do nível atual durante o máximo da Transgressão Pós-Glacial. O ambiente correspondia a um estuário, cuja configuração foi controlada, em grande parte, pela morfologia dos terrenos pleistocênicos adjacentes. As assembléias fossilíferas, típicas de ambiente estuarino, situadas nos paleoníveis de 0,8 m abaixo do nível do mar atual, datando  $6530 \pm 40$  anos AP (Cal 7.150-6.930) e 1,9 m acima do nível do mar atual, datando  $5750 \pm 40$  anos AP (Cal 6260-6080) evidenciam as fases de afogamento da região da desembocadura do Arroio Chuí, relacionadas com o máximo da Transgressão Pós-Glacial. Os resultados deste trabalho contribuem para a melhor compreensão sobre o comportamento do nível do mar durante o Holoceno na região sul do Brasil.

## ABSTRACT

The present work describes the occurrence of sedimentary deposits associated to the mouth of Arroio Chui river in the south limit of Brazil, and its relation with sea-level fluctuations during the Holocene. With a total station, a geologist compass and a GPS device a topographic levelling of the study area was conducted, including the altimetry of 5 profiles transversal and longitudinal to the river. Along the transversal profiles, 10 percussion cores were collected and 18 holes were made with a manual auger. The sedimentological, paleontological and geochronological analyses of the cores and of the outcrops at the banks of the river, allowed to interpret important aspects about the nature and paleogeographic significance of the facies. The sedimentary facies show a rich assemblage of palynomorphs and fossil shells – mainly gastropodes and bivalves mollusks – pointing to a deposition in an environment with marine influence. The mollusk shells include the species *Heliobia australis*, *Anachis isabellei*, *Crepidula protea*, *Carditamera plata*, *Corbula caribaea*, *Corbula patagonica*, *Mactra isabelliana*, *Anomalocardia brasiliiana*, *Ostrea puelchana*, *Crassostrea* and *Tagelus plebeius*. In some muddy facies many of these mollusks were preserved in life position. The nature and altimetry of the facies allow concluding that, in the area surrounding the Arroio Chui's current mouth, the sea level was at least 2 to 3 m above de present level during the maximum of the Post Glacial Transgression. In that time the environment was, probably, an estuary whose configuration was controlled, largely, by de morphology of the adjacent pleistocenic terrains. The estuarine fossil assemblage, located 0.8 m bellow the present sea-level, dating  $6530 \pm 40$  years AP (Cal 7150-6930), and 1.9 m above present sea-level, dating  $5750 \pm 40$  years AP (Cal 6260-6080), evidences the phases of drowning of the area during the maximum of the Post Glacial Transgression. The results of this work contribute to the understanding of the Late Holocene sea-level behavior in the south of Brazil.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.....	11
Figura 2 – Fotografia aérea oblíqua mostrando a região de desembocadura do Arroio Chuí .....	12
Figura 3 – Fotografia aérea oblíqua mostrando a região estuarina do Arroio Chuí .....	13
Figura 4 – Mapa geológico simplificado da Planície Costeira do Rio Grande do Sul....	14
Figura 5 – Fotografia aérea vertical da área de estudo (Ano:1966 / Escala: 1:60.000)..	24
Figura 6 – Imagem LandSat 7 da área de estudo (data: 31/12/2000) .....	25
Figura 7 – Mapa de localização dos perfis e pontos de amostragem.....	26
Figura 8 – Foto de campo. Levantamento do perfil topográfico P2.....	26
Figura 9 – Foto de campo. Levantamento do perfil topográfico P5.....	27
Figura 10 – Vista parcial do Afloramento 1, nas barrancas do Arroio Chuí.....	28
Figura 11 – Vista parcial do Afloramento 2, nas barrancas do Arroio Chuí.....	29
Figura 12 – Processo de testemunhagem a percussão (penetração de tubo de PVC).....	32
Figura 13 – Processo de testemunhagem a percussão (retirada do testemunho).....	33
Figura 14 – Mapa geológico-geomorfológico da área de estudo.....	35
Figura 15 – Prancha correspondente ao Perfil 1.....	39
Figura 16 – Prancha correspondente ao Perfil 2.....	45
Figura 17 – Prancha do Afloramento 1.....	46
Figura 18 – Prancha 1 de palinomorfos.....	47
Figura 19 – Prancha 2 de palinomorfos.....	48
Figura 20 – Palinodiagrama da fácies lamosa basal do Afloramento 1.....	49
Figura 21 – Prancha correspondente ao Perfil 3.....	51
Figura 22 – Prancha correspondente ao Perfil 4.....	53
Figura 23 – Seção faciológica no perfil 2 com os testemunhos T4, T5, T6.....	58



## INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1 – Prancha contendo o testemunhos 1, sua descompactação e descrição faciológica.
- Anexo 2 – Prancha contendo o testemunhos 2, sua descompactação e descrição faciológica.
- Anexo 3 – Prancha contendo o testemunhos 3, sua descompactação e descrição faciológica.
- Anexo 4 – Prancha contendo o testemunhos 4, sua descompactação e descrição faciológica.
- Anexo 5 – Prancha contendo o testemunhos 5, sua descompactação e descrição faciológica.
- Anexo 6 – Prancha contendo o testemunhos 6, sua descompactação e descrição faciológica.
- Anexo 7 – Prancha contendo o testemunhos 7, sua descompactação e descrição faciológica.
- Anexo 8 – Prancha contendo o testemunhos 8, sua descompactação e descrição faciológica.
- Anexo 9 – Prancha contendo o testemunhos 9, sua descompactação e descrição faciológica.
- Anexo 10 – Prancha contendo o testemunho 10, sua descompactação e descrição faciológica.
- Anexo 11 – Tabela comparativa das espécies de moluscos encontradas na região da área de estudo.
- Anexo 12 – Composição taxonômica de palinórfos e sua frequência (exemplares) nas amostras do Afloramento 1 no Arroio Chuí.
- Anexo 13 – Prancha de fotos de Clorofitas.
- Anexo 14 – Prancha de fotos de Diatomáceas.
- Anexo 15 – Pranchas de fotos de Dinoflagelados.
- Anexo 16 – Prancha de fotos de Pólen e Esporos.
- Anexo 17 – Palinodiagrama dos grupos: Bacillariophyta, Dinophyta, Acritarca.
- Anexo 18 – Palinodiagrama dos grupos: Magnoliophyta, Pteridóphyta, Bryophyta.
- Anexo 19 – Palinodiagrama dos grupos: Microforaminífera, Fitolitos, Spongi, Fungi.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. O TEMA DE ESTUDO E SEUS OBJETIVOS

As flutuações do nível do mar durante o Holoceno têm sido importante tema de pesquisa em nível local, regional e global de inúmeros estudiosos das regiões costeiras no mundo inteiro. No Brasil, especialmente nas últimas décadas, muitos pesquisadores têm se voltado a este tema em estudos realizados principalmente na costa leste e sudeste do País (veja-se, por exemplo, as revisões recentes de Angulo *et al* (2006) e Martin (2003), sobre o assunto). Na costa do Rio Grande do Sul, vários autores também têm focado o tema, como pode ser encontrado nas revisões feitas por Villwock (1984), Villwock & Tomazelli (1995) e Tomazelli & Villwock (2000).

Embora existam divergências pontuais entre os diversos autores, nascidas de efeitos locais ou metodológicos, as curvas que sintetizam a variação do nível do mar durante o Holoceno mostram, na sua maioria, que o nível atual foi ultrapassado em torno de 7 ka e que, entre 5 e 6 ka foi atingido um nível máximo situado alguns metros acima do nível atual. Este período de nível de mar mais alto do que o atual foi de grande importância na elaboração da paisagem costeira, promovendo o afogamento de desembocaduras fluviais e estabelecendo a formação de estuários e lagunas.

A Dissertação de Mestrado aqui apresentada tem como objetivo principal investigar este fenômeno de afogamento de uma destas desembocaduras fluviais da costa brasileira – a desembocadura do Arroio Chuí, no extremo sul do litoral brasileiro. O fenômeno foi estudado através da análise dos registros sedimentares, paleontológicos e geomorfológicos deixados pelo processo transgressivo. Com a determinação precisa de dados altimétricos e cronológicos pretende-se que este trabalho contribua de modo significativo para um melhor conhecimento da evolução geológica da região costeira estudada.

### 1.2. A ÁREA DE ESTUDO

A área coberta por este estudo localiza-se no extremo sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), a leste dos municípios de Santa Vitória do Palmar e Chuí (Figs. 1, 2 e 3).

A área de drenagem do Arroio Chuí próxima a sua atual desembocadura é dominada por terrenos mais elevados, de origem pleistocênica. O arroio se encontra

inciso nestes terrenos de barreira e retro-barreira, numa faixa restrita, marcada por baixas declividades e que se estende, ao sul, para dentro do território uruguaio.

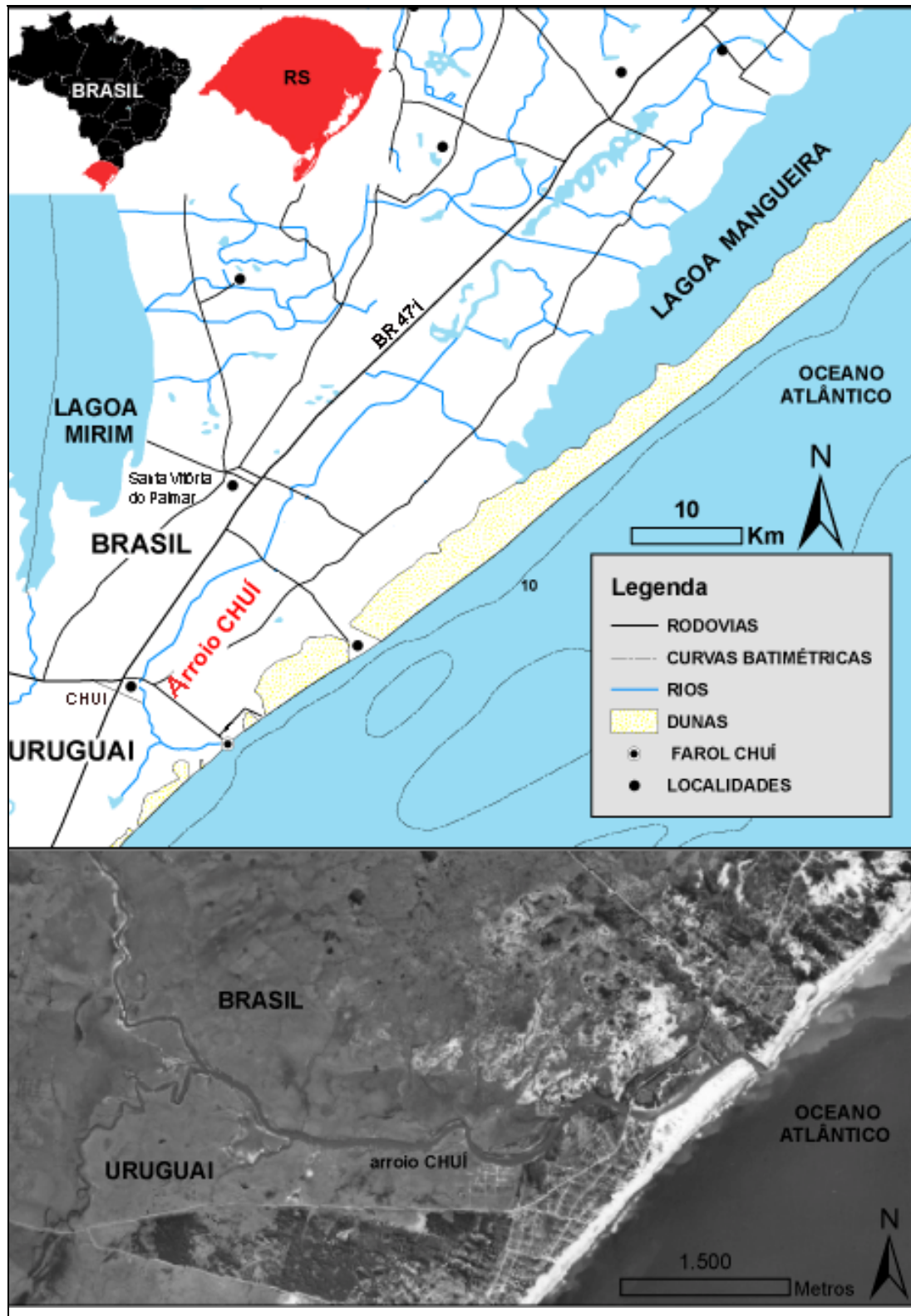


Fig. 1- Mapa de localização da área de estudo e detalhe de foto aérea de 1996.



Fig. 2 - Fotografia aérea oblíqua (2001) mostrando a região da desembocadura do Arroio Chuí. *Fonte: Francisco Buchmann*



Fig. 3 - Fotografia aérea oblíqua (2001) mostrando o caráter meandrante do Arroio Chuí, próximo à sua desembocadura. *Fonte: Francisco Buchmann.*

### 1.3. GEOLOGIA REGIONAL

Segundo Villwock *et al.* (1986) e Tomazelli & Vilwock (2000) a PCRS desenvolveu-se a partir da justaposição lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira, cuja formação foi controlada por quatro grandes eventos transgressivos-regressivos do mar durante o Quaternário (Sistemas Laguna-Barreira I, II III e IV) (Fig. 4). O Arroio Chuí, tema de nosso estudo, corre pela depressão correspondente ao Sistema Lagunar III, limitada pelas Barreiras II e III, e atinge o mar através de um canal que corta a Barreira III. Portanto, a área de estudo está condicionada, principalmente, pelos sistemas Laguna-Barreira III e IV, os quais passamos a descrever.

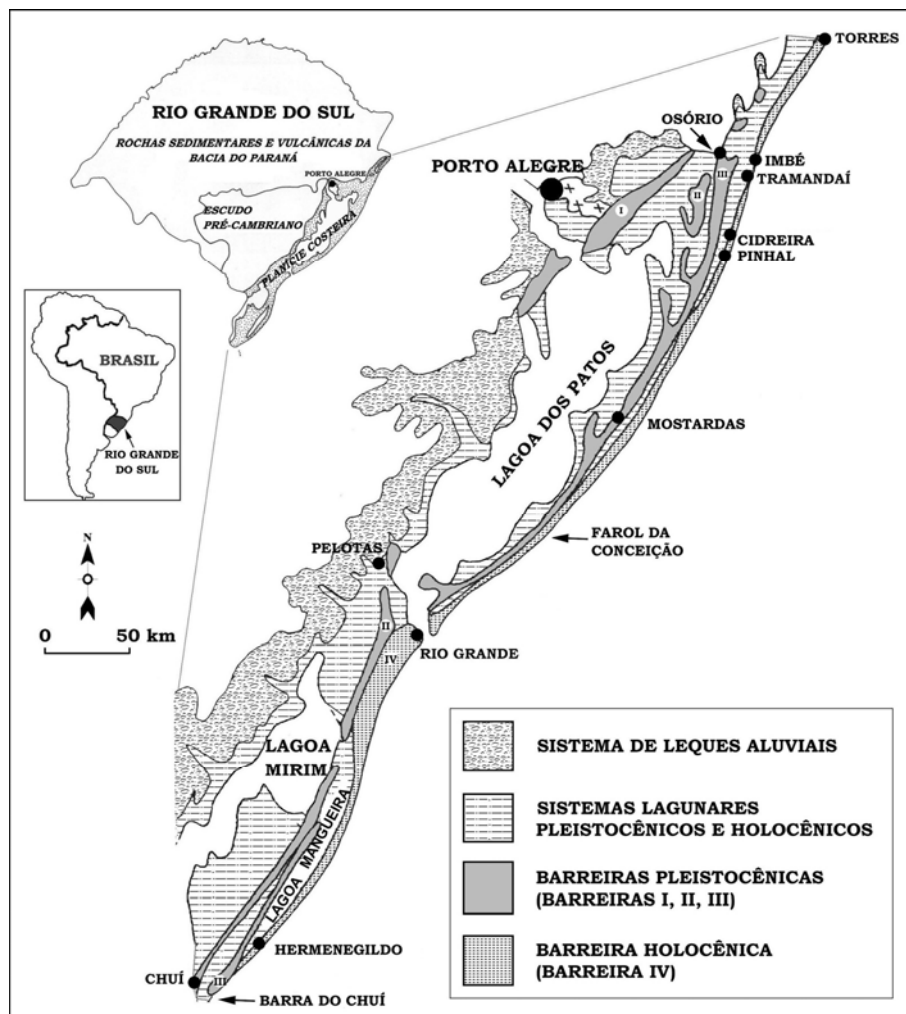


Fig. 4 – Mapa geológico simplificado da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, mostrando a distribuição dos principais sistemas deposicionais (extraído de Tomazelli & Villwock, 2000).

### 1.3.1. O Sistema Laguna-Barreira III na Porção Sul da PCRS

De acordo com Villwock *et al.* (1986) o Sistema Laguna-Barreira III formou-se associado a um terceiro evento transgressivo-regressivo que atingiu a PCRS no final do Pleistoceno. A formação da Barreira III foi responsável pela implantação final do Sistema Lagunar Patos-Mirim (Villwock & Tomazelli, 1995). Os sedimentos da Barreira III são correlacionados ao último pico interglacial pleistocênico, correspondendo ao subestágio isotópico de oxigênio 5e, o que lhes conferem uma idade em torno de 120 ka. As características gerais dos sedimentos da Barreira III permitem correlacioná-los aos depósitos arenosos marinhos descritos em outras partes do litoral

brasileiro e relacionados com a “Penúltima Transgressão” ou “Transgressão Cananéia” de Suguio & Martin (1978) e Bittencourt *et al.* (1979).

Na região de estudo, os terrenos do Sistema Lagunar III estão posicionados entre as Barreiras II e III, um espaço ocupado hoje em dia pelos banhados formadores dos arroios Chuí e do Pastoreio, e onde corre o Arroio Chuí (Soliani Jr., 1973). Fósseis de mamíferos pleistocênicos têm sido encontrados em vários locais associados ao Sistema Lagunar III (Paula Couto, 1953; Soliani Jr., 1973). O Sistema Lagunar III é representado, litologicamente, por areias finas, siltico-argilosas, pobremente selecionadas, de coloração creme, com laminação plano-paralela e que, freqüentemente, apresentam concreções carbonáticas e ferruginosas (Soliani Jr., 1973).

As observações de campo apresentadas por Buchmann *et al.* (2001) e Lopes *et al.* (2001) levaram a uma revisão estratigráfica do trabalho de Soliani Jr. (1973). Estes autores, com base em novos afloramentos, reinterpretaram a seção-tipo nas barrancas do Arroio Chuí, definindo uma sucessão vertical de fácies que mostra, na base, entre 3,5 e 4,5 m de profundidade, uma camada de areias finas inconsolidadas, localmente oxidadas, com estratificação plano-paralela disposta em *sets* truncados em baixo ângulo, contendo moldes de moluscos e a presença comum de galerias de Ophiomorpha, provavelmente construídas pelo gênero *Sergio* (*Callichirus*) sp. Estes sedimentos foram interpretados como tendo sido depositados em ambiente praiial associado ao sistema deposicional da Barreira III. As estruturas físicas e biogênicas sugerem uma origem em ambiente de praia intermarés. As areias lamosas da camada sobrejacente, portadoras de fósseis da megafauna pleistocênica, foram redefinidas como correspondendo a sedimentos de origem lagunar, pertencentes ao sistema deposicional Lagunar III.

#### 1.3.1. O Sistema Laguna-Barreira IV na Porção Sul da PCRS

A Transgressão Pós-Glacial, iniciada em torno de 17 ka, foi promovida por uma subida rápida do nível do mar pontuada por breves períodos de estabilização. Corrêa (1990) reconheceu, ao longo da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul, paleoníveis marinhos nas profundidades atuais de 120-130 m, 60-70 m, 32-45 m e 20-25 m que marcariam estes períodos de estabilização. Em torno de 5.1 ka foi atingido o máximo avanço, com a linha de costa estendendo-se até os depósitos da Barreira III, parcialmente erodindo-os e escavando uma falésia de abrasão. Após 5.1 ka uma fase regressiva ampliou a Barreira IV e os depósitos do sistema Lagunar IV (Buchmann,

1997). O crescimento progressivo desta barreira isolou, entre o continente e o Oceano Atlântico uma ampla faixa de terras baixas onde se estabeleceu um sistema deposicional, formado por distintos ambientes de sedimentação em diferentes estágios de segmentação, quase sempre controlado por um regime de ventos de alta energia proveniente de NE. Conseqüentemente dunas livres, do tipo barcanóide, passaram a migrar no sentido SW transgredindo terrenos mais antigos e avançando para dentro dos corpos lagunares que ocupam um papel dominante nestes ambientes (Tomazelli, 1990, 1993).

A Barreira IV é constituída fundamentalmente pelas areias da faixa praiial atual e o campo eólico adjacente. Em determinadas regiões, sua progradação se desenvolveu através da construção de cordões litorâneos regressivos cujas características podem se observadas ao norte de Tramandaí e sul da cidade de Rio Grande (Godolphim, 1976). As areias praiiais de Barreira IV são quartzosas de granulação fina a muito fina (Martins, 1967) e em certos locais, apresentam elevadas concentrações de minerais pesados (Villwock *et al.*, 1979).

O Sistema Lagunar IV é constituído por um conjunto complexo de ambientes deposicionais que coexistiram lado a lado, ou então gradaram temporal e/ou espacialmente uns nos outros (Villwock & Tomazelli, 1995). Na região de estudo, o Sistema Lagunar IV está representado principalmente pela Lagoa Mangueira, um corpo lacustre raso com cerca de 800 km<sup>2</sup> de superfície.

Outros trabalhos relevantes para a geologia do sul da PCRS incluem as contribuições de Vassão (1951), que estudou a topografia e a batimetria da Lagoa Mangueira, e o trabalho de Sobrinho (1961) que descreveu a geologia do Banhado do Taim. Forti-Esteves (1974), estudou a bioestratigrafia e paleoecologia de moluscos quaternários na planície costeira do RS e Godolphim (1976), fez uma à análise paleogeográfica dos feixes de cordões litorâneos regressivos na praia do Cassino, ao sul de Rio Grande. Destacam-se também os trabalhos de Pfaenhauer *et al.* (1979) que descreveu a vegetação atual, observando também uma camada de turfa no Banhado do Taim e o de Abreu *et al.* (1984), que realizou um estudo preliminar da geomorfologia e paleontologia da Ponta dos Latinos na Lagoa Mirim. Ainda os trabalhos de Godolphim *et al.* (1989) que estudara, abundante material paleontológico (moluscos, equinodermos, foraminíferos, ostracodes, fragmentos de corais, briozoários e dentes de peixes), e a geomorfologia da porção média da planície costeira, evidenciando a primeira fase



transgressiva do Holoceno para a área, reconhecendo dois ambientes distintos: um marinho de águas rasas e um estuarino.

Diversos autores (Soliani, 1973; Soliani & Jost, 1974; Jost *et al.* 1974; Villwock, 1984; Villwock & Tomazelli, 1995) propuseram que a região onde se situa hoje o Banhado do Taim seria o canal de ligação entre a Lagoa Mirim e o Oceano Atlântico durante o máximo transgressivo holocênico. Durante os sucessivos movimentos da linha de costa, em resposta às variações relativas do nível do mar, ali formaram-se depósitos fossilíferos contendo fauna marinha, estuarina e flora paludial (Sobrinho, 1961, Buchmann *et al.* 1997).

Dillenburg (1994) analisou o potencial de preservação dos registros sedimentares do sistema Laguna-Barreira IV determinando que, além da profundidade de erosão da antepraia em processo de retração (basicamente dependente da energia das ondas, resistência do substrato à erosão, variação de maré, suprimento sedimentar e da taxa de elevação do nível do mar), outro fator importante na preservação dos depósitos é a topografia pré-existente. No caso da área enfocada neste trabalho, esses fatores influenciaram na preservação de seqüências sedimentares costeiras ressaltando a topografia antecedente. Aplicando um modelo de evolução de barreiras (STM) na costa do Rio Grande do Sul, Dillenburg *et al.* (2000) diferenciaram a Barreira IV dividindo-a em trechos denominados de reentrâncias e projeções costeiras, caracterizando sua própria morfologia e sua relação com a evolução durante o Holoceno.

## 1.4. ASPECTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS

### 1.4.1. Aspectos Climáticos

Nobre *et al.* (1986) descrevem a região como sendo parte da fronteira entre as latitudes subtropicais e latitudes médias temperadas da borda oeste do Atlântico Sul. O regime de ventos e massas de ar estão vinculados ao anticiclone tropical semi-fixo do Atlântico Sul (ATAS) e ao Anticiclone Polar Migratório (APM) (Fonzar, 1994). A alternância de ação entre estes dois anticiclones, durante todo o ano, faz com que ocorram ventos do quadrante NE com maior frequência nos meses de setembro a fevereiro e ventos de SW, de forte intensidade, durante os meses de abril a agosto (Godolphim, 1976). A passagem dos anticiclones migratórios induz a uma variação na direção do vento de NE para SW. Já o anticiclone semi-fixo do Atlântico Sul apresenta,

segundo Fonzar (1994), um movimento zonal, ora se afastando para o oceano, ora invadindo o continente, determinando não somente a circulação de ventos e massas de ar, mas também a sazonalidade no deslocamento dos sistemas frontais e linhas de instabilidade.

Análises de dados de estações meteorológicas efetuadas por Tomazelli (1990) caracterizam o vento da costa do Rio Grande do Sul como de alta energia e de baixa variabilidade direcional. Este autor observou que ocorre uma dominância dos ventos de NE na maior parte do ano, entretanto seriam os ventos de S-SW-W os de maior velocidade. Estes estão associados à passagens de tempestades e juntamente com os ventos S e SE podem causar empilhamento d'água na costa.

#### 1.4.2. Aspectos Oceanográficos

Segundo a classificação proposta por Davies (1964) a costa do Rio Grande do Sul pode ser enquadrada como submetida a um regime de micromarés, sendo dominada por ondas. As tábuas de marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) apresentam marés astronômicas médias anuais de 0,47m e máximas de 1,20m, nos períodos de outono e inverno. A baixa influência de marés astronômicas faz com que os ventos e a pressão atmosférica sejam os fatores condicionantes do nível d'água na região. Tozzi (1995) e Calliari *et al.* (1998) observaram que em períodos de tempestade os fortes ventos que sopram do mar em direção ao continente empurram uma massa d'água considerável que, somada à migração dos centros de baixa pressão, ocasionam sobre elevações do nível do mar, chamadas de marés meteorológicas.

Segundo Tozzi (1995) o poder de erosão das tempestades está relacionado com a duração, intensidade, tamanho, distância e orientação da pista de vento, enquanto que o dano costeiro relaciona-se com a exposição, orientação e as características dos sistemas praias. Barletta (2000) determinou a intensidade das tempestades do Atlântico Sul ocorridas entre 1996 e 1999. Baseados na classificação de Dolan & Davis (1992), que divide as tempestades em cinco classes de intensidade, observou que 54,4% dos eventos registrados corresponderam à classe I (fraco), 23% para classe II (moderado), 19,25% para classe III (significante), 2,75% para classe IV (severa) e para a classe V (extrema), apenas uma tempestade registrada (0,6%).

Quanto ao regime de ondas, Motta (1967), estudando registros realizados na região ao largo de Tramandai, verificou que as ondulações de SE e são os agentes

transportadores dominantes devido à sua maior energia e menor esbeltez. A direção de incidência das ondas indica um transporte litorâneo considerável em ambos os sentidos da costa, mas com predominância final para NE. O período significativo mais freqüente é de 9 segundos podendo variar desde 5 até 17s e a altura significativa mais freqüente é de 1,5m e a de recorrência anual é cerca de 3,5m, sendo 7m a máxima provável para um período de 30 anos.

Ao analisar as cartas denominadas “*Sea and Swell Charts for the South Atlantic Ocean*”, do US Navy Hydrographic Office, para a região da desembocadura da Laguna dos Patos, Motta (1969) confirma as mesmas características de ondulação, chegando a uma conclusão que a costa está toda ela submetida a praticamente o mesmo regime de ondas, e as diferenças encontradas nas praias se devem à morfologia local da antepraia.

Com observações visuais diárias na praia do Cassino, entre 1991 a 1995, Tozzi (1995) encontrou valores de período significativo médio de 10 segundos e altura significativa média de 0,9-1,0 metro; em eventos de tempestades de maior energia, as alturas e períodos significativos giram em torno de 1,5m podendo extraordinariamente alcançar 2,5 a 3,0 metros e 11 a 14 segundos respectivamente.

Segundo Strauch (1998) que analisou dados de um ondógrafo direcional, fundeado próximo à desembocadura da Laguna dos Patos, a direção de propagação das ondas que chegam à costa do Rio Grande do Sul é de sudeste. Dois regimes se destacam: o primeiro com direção sul-sudeste, com ondas de maior período, caracterizando ondas longas do tipo *swell* e um segundo de ondas de geração local, de menores períodos, propagando-se com direção predominante leste-sudeste. As maiores alturas foram encontradas no outono, com valores máximos de 8,5m e outros acima de 7m. O período mais tranqüilo é a primavera, com as menores alturas e as menores energias, sendo que a diferença dessa estação é o predomínio da direção leste-sudeste das ondas.

Dillenburg *et. al* (2003) estudaram o gradiente de ondas na costa do RS observando setores com menores alturas nas suaves reentrâncias com progressivo crescimento nas projeções costeiras.

Quanto ao regime de correntes, medições efetuadas por Motta (1967) dentro da antepraia em Tramandaí, demonstraram que as correntes apresentam-se predominantemente paralelas à linha de costa em ambos os sentidos e com velocidades variando entre 0,10 m/s e 0,20 m/s. Devido à predominância dos ventos de NE ocorre a

predominância das correntes litorâneas de direção NE-SW durante a maior parte do ano. Os ventos de SW, S e SE geram correntes no sentido oposto e na área da desembocadura da Laguna dos Patos, as correntes de sentido SW apresentam variações de velocidade entre 14 e 62 cm/s. As correntes geradas por ventos apresentam um transporte preferencial de finos em direção ao sul. Entretanto, as correntes litorâneas geradas por incidência oblíqua de ondas são mais efetivas na remobilização de sedimentos arenosos, apresentando um transporte preferencial para norte (Motta, 1969).

#### 1.4.3. Sedimentologia, Morfodinâmica e Aspectos Erosivos das Praias

De acordo com Calliari & Klein (1993, 1995) a praia entre Hermenegildo e a foz do Arroio Chuí apresenta características morfodinâmicas intermediárias, com uma média zona de arrebentação e com uma ou múltiplas barras paralelas à linha de praia. Predominam areias finas e a declividade é da ordem de 1:26.

Embora haja um predomínio de areias finas é muito comum, neste segmento praiado do sul da PCRS, a ocorrência de detritos maiores formados por bioclastos de composição variada, fragmentos de coquinas e de ossos de mamíferos da megafauna pleistocênica. Segundo Buchmann (2002) e Buchmann *et al.* (2001) o aporte deste material até a praia atual está diretamente relacionado ao retrabalhamento, na antepraia, de fácies fossilíferas acumuladas no decorrer de flutuações do nível do mar no Quaternário através da ação hidrodinâmica atual (ondas e correntes) durante as tempestades. Segundo Figueiredo (1975), Correa (1990) e Asp (1999) mencionam que a antepraia do Rio Grande do Sul, principalmente no setor entre Rio Grande e Chuí, está associada a depósitos relíquias (coquinas, *beachrocks* e bancos arenosos) que representariam antigas linhas de praia.

Siegle (1996), estudando a distribuição de sedimentos litorâneos entre o Farol da Conceição e o Arroio Chuí, encontrou alta correlação entre as regiões de maiores concentrações de minerais pesados presentes no pós praia e locais com evidências de erosão e retração da linha de costa, sendo que os maiores valores de concentração foram encontrados próximos ao balneário Hermenegildo. Calliari *et al.* (1998), estimaram uma taxa de retração das dunas frontais de cerca de 0,5/m por ano.

Tomazelli *et al.* (1995) propõem que a continuidade lateral dos depósitos de turfas e lamas orgânicas aflorantes nas imediações da praia do Hermenegildo sugerem uma formação associada a corpos lagunares e paludiais de significativas

dimensões. As exposições junto à praia atual revelam que nestes locais a barreira que protegia estes ambientes foi totalmente erodida.

Tomazelli *et al.* (1999) abordaram as possíveis causas do processo erosivo que se desenvolve em alguns trechos da costa do Rio Grande do Sul e que incluem o segmento sul do litoral, especialmente as praias entre Hermenegildo e a foz do Arroio Chuí. Entre as prováveis causas os autores consideraram: (1) elevação atual do nível relativo do mar (Tomazelli & Villwock, 1989; Tomazelli, 1990; Tomazelli *et al.*,1998); (2) efeito das marés meteorológicas associadas à eventos de tempestades (Calliari *et al.*, 1996, 1998); (3) concentração de energia de ondas devido à refração em feições morfológicas submersas (Calliari *et al.*,1998) e (4) concentração de energia de ondas controlada por feições morfológicas de grande escala associadas à topografia pleistocênica precedente à última grande transgressão (Dillenburg *et al.*,1998).

Segundo Tomazelli *et al.* (1999), as causas apontadas não são excludentes sendo possível que o fenômeno erosivo resulte da superposição das mesmas. Com exceção das causas 3 e 4, atribuídas à topografia submarina que desempenham um papel “passivo” no fenômeno, os autores consideram que as duas primeiras (1 e 2) podem estar sendo controladas por um mesmo fator que é a variação climática que atinge o planeta nos dias de hoje e que está levando ao seu aquecimento. Ou seja, o aumento da temperatura média global pode ser responsável tanto pela elevação do nível do mar (por efeito glácio-eustático e variação térmica de volume) como pelo aumento da frequência e/ou magnitude das tempestades, ambos fatores estimulando o processo erosivo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada no presente estudo envolveu duas etapas de trabalhos de campo: (1) um levantamento geológico de superfície que incluiu o uso de imagens orbitais, fotografias aéreas, nivelamento topográfico e descrição de afloramentos, e (2) um estudo de sub-superfície, através de sondagens com trado e testemunhador a percussão. As amostras coletadas em superfície e sub-superfície foram submetidas à análises laboratoriais (análises granulométrica, paleontológicas e geocronológicas).

### 2.1. GEOLOGIA DE SUPERFÍCIE

No mapeamento geológico foram consultados os mapas geológicos anteriores que incluíam a área do presente estudo (Soliani Jr., 1973; Villwock & Tomazelli, 1995). Também se fez o uso de fotos aéreas de grande formato cedidas gentilmente pela UFPEL (Agencia da Lagoa Mirim, antiga SUDESUL), com levantamentos realizados em 1947, 1966, 1996 pelo Exército Brasileiro nas escalas de 1:40000, 1:60000, 1:60000 respectivamente. A partir destes levantamentos foram produzidos mosaicos com as fotos originais escaneadas em scanner de mesa. Para regiões de mapeamento de detalhe, se fez uso de fotos originais e aplicação de estereoscopia binocular em laboratório (Fig. 5).

Para visualização geral da área, foram utilizadas imagens orbitais captadas pelo satélite Landsat 7 no sensor ETM+ nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, com resolução de 30 m por pixel, fornecidas gratuitamente pela EMBRAPA (Empresa Brasileira Pesquisas Agropecuárias) no endereço eletrônico ([www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)). Utilizou-se, também, imagens orbitais Landsat 7 do sensor ETM+ nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, com resolução de 15 m por pixel, registradas no dia 31/12/2000, com últimas modificações em 21/12/2003. Estas imagens, georeferenciadas e ortoretificadas, foram fornecidas gratuitamente pelo Global Land Cover Facility, Institute for Advanced Computer Studies; University of Maryland, College Park, USA (GLCF) com acesso livre. (Fig. 6).

Fez-se o uso de dados altimétricos de RADAR do tipo SRTM, com resolução de 30 m por pixel, cedidos gratuitamente também pelo GLCF (endereço

acima) que auxiliaram na compreensão da altimetria geral da área de estudo. Com estes dados foram realizados ensaios com programa GLOBALMAPPER que permite o processamento e visualização de grids em 3 dimensões se tornando possível, em aceitáveis resoluções, análises de meso escala (50-200 km) da morfologia do terreno.

Utilizou-se o programa ARQVIEW 9.0 (ambiente SIG) para tratar as informações (imagens, fotos aéreas e altimetria) de maneira geoespacializada e produção de mapas temáticos nas escalas de interesse.

Foram realizados 4 perfis altimétricos perpendiculares ao Arroio Chuí, a fim de caracterizar a transição dos terrenos pleistocênicos para os holocênicos, e 1 perfil foi realizado paralelo à desembocadura, com a finalidade de caracterizar a morfologia da barreira pleistocênica e do sistema praia-duna holocênico. Em geral, os perfis tiveram um alinhamento norte-sul e mantiveram-se paralelos uns aos outros, proporcionando, assim, uma melhor visualização da altimetria e alinhamento dos testemunhos (Fig.7).

Os levantamentos altimétricos foram realizados com o uso de uma estação total modelo NIKON e mira a laser, com cota referenciada a uma estação altimétrica (IBGE n° 93685), e ao nível do mar atual, tendo sido descontada a maré diária do dia do levantamento. Com este de nível de referência associado ao nível do mar atual, obteve-se uma altimetria bastante precisa dos estratos dos afloramentos, das sondagens e dos perfis topográficos (Figs. 8 e 9). Utilizaram-se os programas da própria estação total, EXEL 5.0 e SURFER 8.0 e GRAPHER 2.0 para tratamento dos dados.

Foram coletados pontos com GPS modelo GARMIM ETREX para controle espacial dos dados referentes aos furos de trado, testemunhos, orientação dos perfis e georeferenciamentos das fotos aéreas. Para visualização dos dados de GPS utilizou-se o programa TRACKMACKER.

Os trabalhos de geologia de superfície incluíram a descrição de 2 afloramentos situados nas barrancas do Arroio Chuí (Figs. 10 e 11). O caráter meandrante do arroio propicia a erosão de suas margens permitindo uma excelente exposição de depósitos holocênicos e pleistocênicos. Os afloramentos foram fotografados, medidos e descritos, observando-se aspectos como textura (granulometria), estruturas sedimentares e natureza composicional das fácies.



Fig. 5 - Fotografia aérea vertical, do ano de 1966, escala 1:60.000, gerada pelo Exército Brasileiro. Anterior à construção dos molhes da barra do Chuí (1975), percebe-se claramente o canal migrando no sentido NE, acompanhando o sentido dominante da deriva litorânea. Adjacente ao canal atual são evidentes os limites altimétricos entre terrenos mais baixos (escuros) holocênicos e terrenos mais elevados (claros) representados pela barreira pleistocênica.





Fig. 6 - Imagem obtida no dia 31/12/2000 pelo sensor ETM+ banda 7 do satélite Land-Sat 7, com resolução de 15 m por pixel, georeferenciada e ortoretificada. Observa-se a desembocadura fixa por molhes.

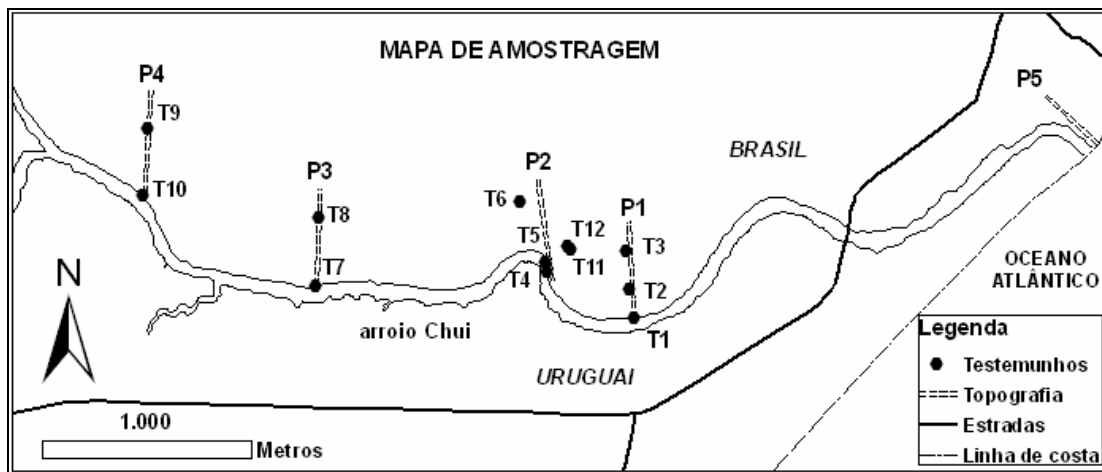


Fig. 7 - Mapa de localização dos perfis e pontos de amostragem de sub-superfície.



Fig. 8 – Uso de estação total e mira a laser no levantamento do perfil topográfico P2. No local, o Arroio Chuí erode depósitos holocênicos fossilíferos (Afloramento 1).



Fig. 9 – Realização do perfil topográfico P5. Em primeiro plano, terrenos retrabalhados da Barreira III cobertos por vegetação e, ao fundo, o sistema praial e eólico atual e a desembocadura do Arroio Chuí, fixada por molhes.



Fig. 10 – Vista parcial do Afloramento 1, nas barrancas do Arroio Chuí, integrado ao perfil topográfico P2. Destaca-se no afloramento a presença de uma fácies enriquecida em bioclastos, principalmente conchas fósseis de moluscos (gastrópodes e bivalves).



Fig. 11 – Vista parcial do Afloramento 2 nas barrancas do Arroio Chuí, distante 1,5 Km à montante em relação ao Afloramento 1. Observa-se a presença de areias finas, síltico-argilosas, de cor esverdeada e contendo pequenas concreções carbonáticas e ferruginosas. A fácies foi interpretada como pertencente ao Sistema Lagunar III, de idade pleistocênica.

## 2.2. GEOLOGIA DE SUB-SUPERFÍCIE

Os trabalhos de investigação de sub-superfície envolveram a realização de 10 testemunhagens a percussão e de 18 perfurações efetuadas com o uso de trado manual. Os pontos perfurados foram locados nos diversos perfis topográficos perpendiculares ao Arroio Chuí (Figs. 7, 12 e 13).

Os testemunhos e as amostras coletadas foram devidamente etiquetados e transportados para serem processados nos laboratórios do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO) do Instituto de Geociências da UFRGS.

## 2.3. ANÁLISES LABORATORIAIS

### 2.3.1. Abertura e Descrição dos Testemunhos

Nas dependências da litoteca do CECO-IG-UFRGS em bancada apropriada, foram abertos 10 testemunhos com serra circular e cabo de aço inox e nas calhas, foram obtidas fotografias com escala conhecida. A descompactação foi realizada segundo a metodologia proposta por Dillemburg (1994). Na descrição das fácies o nome foi dado segundo a classificação textural de Shepard e sua representação gráfica foi dada pela média do tamanho de grão da amostra referente a fácies. Foram ainda definidos elementos das estruturas como estratificações plano-paralela e cruzada e características próprias de cada fácies, como: raízes, moluscos, arenito-de-praia, etc. (Anexos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10).

### 2.3.2. Análises Granulométricas

Foram coletadas 50 amostras das calhas dos testemunhos para análise granulométrica. As amostras foram, secas, quarteadas, pesadas, e submetidas ao método de peneiragem para separação das frações grosseiras e pipetagem para as frações finas com intervalos de  $\frac{1}{2}$  phi. Este trabalho foi realizado nas dependências do laboratório de sedimentologia do CECO-IG-UFRGS. Foi utilizado o método Folk & Ward, (1957) para análise estatística, e o programa PANICON de Toldo & Medeiros (1986) para processamento das amostras.

### 2.3.3. Análises Paleontológicas

No afloramento 1 foram coletadas 2 amostras na fácies biodetríticas e 5 amostras na fácies lamosa, e no testemunho T5 foram coletadas 6 amostras na fácies lamosas para identificação do material biogênico fóssil. O material foi lavado, seco e triado. A determinação taxonômica de Moluscos (Gastrópodes e Bivalves), Protozoários (Foraminíferos) Artrópodes (Ostracodes) foi feita através de lupa binocular e consulta em nos trabalhos de Rios (1975), Godophim *et al.* (1989), Forti-Esteves (1986).

Foi estabelecido o seguinte critério para quantificar espécies de moluscos nas fácies biodetríticas: 1 muito raro (**Mr**); 2-3 raro (**R**); 4-10 escasso (**E**); 11-20 freqüente (**F**) 21-30 abundante dominante (**Ad**). Se propôs estudar a tafonomia das fácies ricas em moluscos aplicando a metodologia proposta por Kindewel *et al* (1986) que classificam as assembléias fossilíferas (biogênicas, sedimentológicas ou diagenéticas) através da constituição taxonômica, biofábrica, estrutura interna e tipo de fundo. As lâminas dos moluscos analisados estão preservadas no CECO IG-UFRGS. Em anexo 11 uma tabela com as espécies de moluscos encontradas nas fácies biodetríticas e comparações com a fauna encontrada por outros autores na mesma região.

Para análise de palinomorfos obtiveram-se 10 amostras de 10 em 10 cm no intervalo de 1,10 até 2,10m na fácies de características lamosas do afloramento 1. O tratamento químico das amostras foi realizado acordo com Faegri e Iversen (1964) e incluiu processamento com HCl (10%) e KOH (5%). Acido fluorídrico não foi aplicado nas amostras durante o tratamento para preservar microfósseis compostos de sílica (diatomáceas, fitólitos, microradiolárias e outros).

As lâminas dos palinomorfos e microfósseis analisados estão preservadas no CECO IG-UFRGS. A lista completa de táxons identificados e suas freqüências (exemplares) são apresentadas no Anexo 12. Foram produzidas pranchas com fotografias de escala conhecida em Anexos 13, 14, 15, 16. Os resultados da análise palinológica são apresentados em palinodiagramas construídos com uso do Programa C2. Anexos 17, 18, 19.

#### 2.3.4. Análises Geocronológicas ( $C^{14}$ )

Foram selecionadas 2 amostras para datação através do método do  $C^{14}$  e enviadas para o laboratório Beta Analytcs Radiocarbon Dating Laboratory em Miami, Flórida, EUA.

\*Amostra do Afloramento 1 (AFLORA#1) localizada acerca de 1,9 m acima do nível do mar na superfície do depósito fóssilífero biogênico. Oito bivalves da espécie *Tagelus plebeius*.

\*Amostra coletada no testemunho T05; (B5T-05) localizada acerca de 0,80 m abaixo do nível do mar atual. Um bivalve da espécie *Ostrea sp.*



Fig. 12 – Processo de Testemunhagem a Percussão com o uso de tubo de PVC (fase de penetração do testemunho).





Fig. 13 – Processo de Testemunhagem a Percussão (fase de retirada do testemunho).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

A interpretação de imagens orbitais e fotos aéreas auxiliaram no mapeamento geológico-geomorfológico das áreas de entorno do Arroio Chuí e na definição dos próprios limites da área de estudo enfocando assim principalmente os terrenos holocênicos adjacentes à desembocadura do arroio. Através da estereoscopia binocular sobre as fotos aéreas foi possível definir com clareza os limites altimétricos entre os terrenos pleistocênicos mais elevados (Sistema Laguna-Barreira III) dos terrenos holocênicos representados por baixios, banhados e depósitos de borda de canal. Nas proximidades da desembocadura ficam claros os desníveis topográficos dos terrenos pleistocênicos (de 15 a 5 m) em relação aos holocênicos (de 4 a 2 m).

A análise de dados altimétricos do tipo STRM revelou a morfologia geral dos sistemas laguna-barreira II, III e IV no extremo sul do Rio Grande do Sul. Em experimentos traçando perfis altimétricos no sentido transversal (NW-SE) aos diversos sistemas, foram interpretados através da morfologia, depósitos pertencentes à Barreira II (entre 30 e 25 m), depósitos relacionados ao Sistema Lagunar III (entre 10 e 5m) e depósitos da Barreira III, situados entre 20 e 15 m de altura em relação ao nível médio do mar.

A bacia de drenagem do Arroio Chuí é limitada a NE pelos próprios banhados formadores do arroio estendendo-se a SW, por um vale de declive suave, tendo como divisores topográficos a Barreira II a NW e a Barreira III, a SE. De características meandrante, o Arroio Chuí corre no sentido NE-SW sobre terrenos alagados e sistemas de banhados, marcados por pastagens de gado e culturas de arroz que muitas vezes, devido aos períodos de safras e entre-safras alteram o padrão natural das drenagens (canalização e drenagens) locais.

O limite inferior da bacia é marcado, próximos ao município do Chuí, pela mudança de orientação do arroio que passa a correr no sentido NW-SE, meandrando sobre terrenos do Sistema Lagunar III. Antes da fixação por molhes – ocorrida no ano de 1975 – a desembocadura do arroio migrava no sentido NE, como evidenciam as fotografias aéreas de 1947, e 1966 (Fig. 5). A geomorfologia dos terrenos nas proximidades sugere que a desembocadura do Arroio Chuí está ocupando o mesmo local em que, no Pleistoceno, ocorria uma desembocadura (*inlet*) do Sistema Lagunar

III. Tendo em vista que a Barreira III tem continuidade no território uruguaio, é provável que esta feição costeira tenha se comportado como uma barreira segmentada (*barrier island*) nesta região do extremo sul da PCRS.

Os depósitos holocênicos enfocados neste estudo estão confinados a uma embocadura estreita e limitada que, quando afogada durante o máximo da Transgressão Pós-Glacial, foi controlada pela morfologia dos terrenos (mais altos) pleistocênicos.

Com base nas imagens orbitais, fotos aéreas, altimetria (STRM) e análise geomorfológica do terreno foi construído um mapa geológico-geomorfológico da área de estudo (Fig. 14). O mapa mostra bem o caráter restrito dos depósitos flúvio-estuarinos holocênicos enfocados neste trabalho, confinados e condicionados que foram pela topografia pré-holocênica.

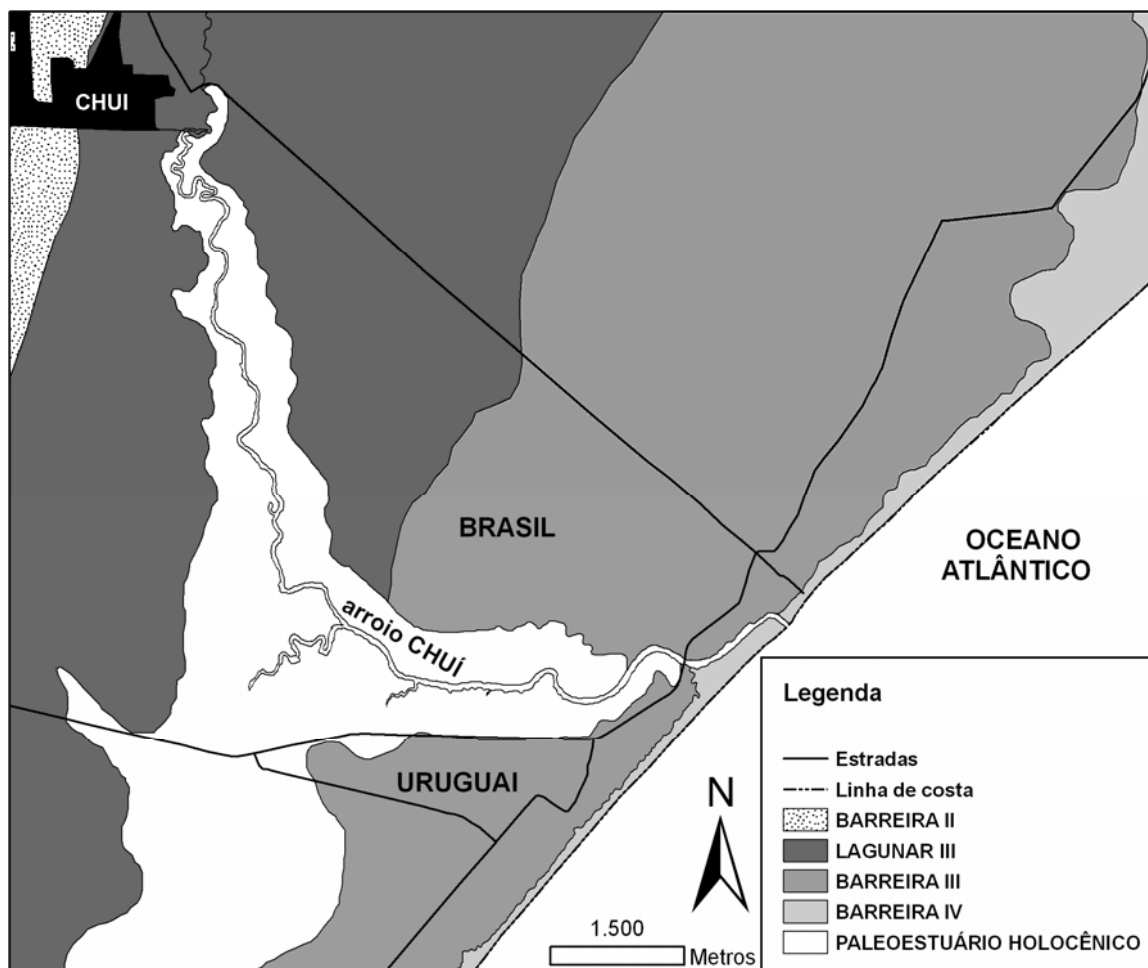


Fig. 14 – Mapa geológico-geomorfológico da área de estudo.

### 3.2. ANÁLISE FACIOLÓGICA E ESTRATIGRÁFICA DOS DEPÓSITOS HOLOCÊNICOS

A descrição e interpretação das fácies sedimentares e seu significado estratigráfico será feita através da análise dos diversos perfis (Fig. 7), com seus testemunhos e afloramentos.

#### 3.2.1. Perfil 1 (Fig. 15)

O Perfil 1, com 444 m de extensão, inicia na borda do Arroio Chuí, junto ao ponto mais meridional do território brasileiro (Marco IBGE 9368). A morfologia dos primeiros 50 m é marcada por pequenos canais tributários e terraços que representam planos de inundação contendo vestígios de meandros abandonados que, por vezes, parcialmente alagados, são cobertos por vegetação típica de marismas (*Spartina densiflora*). O perfil continua com topografia suave marcada pela presença de banhados. Segue-se uma mudança abrupta na topografia com a presença de um talude formado por sedimentos arenosos provenientes do retrabalhamento dos depósitos da Barreira III. Por fim, em suas cotas mais elevadas (em torno de 7 m), o perfil encerra nos depósitos eólicos e marinhos da Barreira III, cobertos, no local por gramíneas e plantaço de *Pinus* sp.

O Perfil 1 contém 03 testemunhos (T1, T2 e T3) descritos a seguir.

#### Testemunho 1 (T1):

O testemunho T1 foi obtido próximo à margem do arroio. Tem seu topo a 1,75 m acima do nível do mar atual e mediu um total de 2,5 m, já descompactado. Iniciando pela base até 2,20 m foi identificada uma fácies areno-lamosa com tamanho médio de grão em silte, muito pobremente selecionada sem estruturas aparentes. De 2,20 a 1,90m observou-se uma fácies lamosa com tamanho médio de grão em silte, muito pobremente selecionada, rica em matéria orgânica com moluscos preservados. De 1,90 a 1,60m encontra-se uma fácies areno-lamosa com tamanho médio de grão em areia fina, pobremente selecionada e com moluscos preservados. De 1,60 a 1,15m, uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina, pobremente selecionada com intercalações de lama e areia e com moluscos retrabalhados. Entre 1,15- 0,40 m aparece uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina, bem selecionada, bioturbada por raízes e posterior preenchimento por lamas. De 0,40 até o topo foi identificada uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em silte, pobremente

selecionada, com bioturbações por raízes atuais, presentes principalmente próximo ao topo da fácies.

Testemunho 2 (T2):

O testemunho T2, com o topo a 2,5 m acima do nível atual do mar, mediu um total de 1,8 m, descompactado. Iniciando pela base até 0,80 m foi identificada uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina, bem selecionada, com bioturbação por raízes. De 0,80 a 0,40 m indentificou-se uma fácies areno-lamosa com tamanho médio de grão em areia fina, moderadamente selecionada, com bioturbação e presença de raízes e intercalações de lamias. De 0,40 até o topo foi identificada uma fácies areno-lamosa bioturbada por raízes atuais, presentes principalmente próximo ao topo.

Testemunho 3 (T3):

O testemunho T3, com o topo a 3,7 m acima do nível atual do mar, mediu no total 3,75 m, descompactado. Iniciando pela base até 2,9 m foi identificada uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina, muito pobremente selecionada, sem estruturas aparentes. De 2,90 até 2,70 uma fácies areno-lamosa com tamanho médio de grão em silte, muito pobremente selecionada, rica em matéria orgânica. De 2,70 a 2,05m uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina bem selecionada, sem estruturas aparentes. De 2,05 a 1,85 m aparece uma fácies areno-cascalhosa com média de grão em areia grossa, muito pobremente selecionada constituída de bioclastos representados principalmente por moluscos, protozoários e artrópodes retrabalhados e preservados e fragmentos de arenitos-de-praia com até 25 mm. De 1,85 a 1,80 m ocorre uma fácies arenosa e novamente de 1,80 até 1,20m uma fácies areno-cascalhosa com média de grão em areia grossa, pobremente selecionada constituída de bioclastos representados principalmente por moluscos (bivalves e gastrópodes), protozoários (foraminíferos) e artrópodes (ostracodes) retrabalhados e preservados e fragmentos de arenitos-de-praia com até 20 mm de diâmetro. De 1,20 a 1,15 m encontra-se uma fácies lamosa de coloração escura, rica em matéria orgânica. De 1,15 a 1,05 m ocorre uma fácies areno-cascalhosa de coloração esverdeada contendo moluscos bem retrabalhados. De 1,05 a 0,75 uma fácies arenosa com média de grão em areia fina, moderadamente selecionada sem estruturas aparentes. De 0,75 a 0,45 encontra-se uma fácies lamosa com média de grão em silte, muito pobremente selecionada com raízes aparentes, coloração escura característica de sedimentos turfáceos. De 0,45 a 0,30 encontra-se uma fácies areno-lamosa com tamanho médio de

grão em silte, muito pobremente selecionada, coloração bege e a presença de raízes atuais. De 0,30 até o topo foi identificada uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia muito fina pobremente selecionada com a presença de raízes atuais.

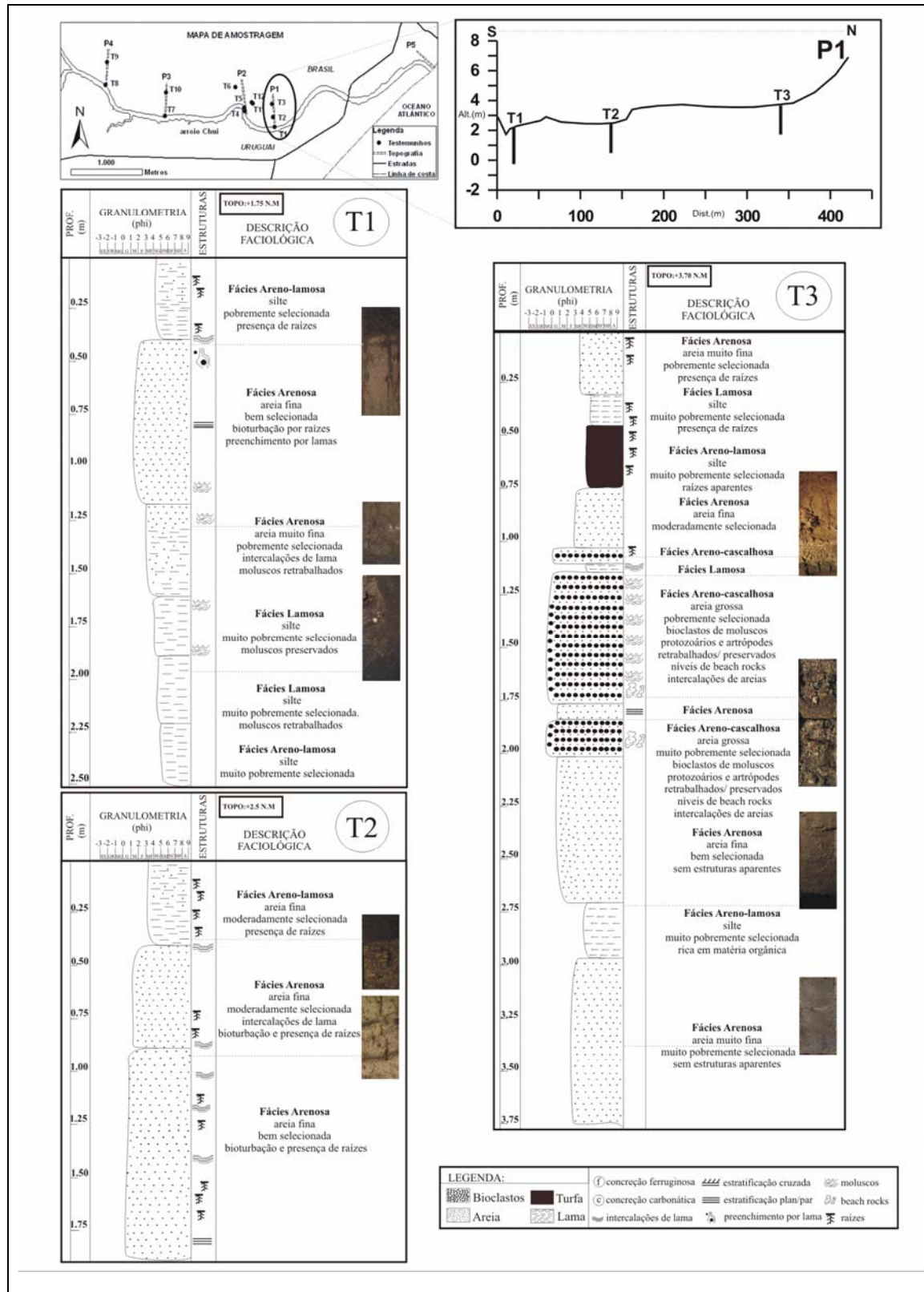


Fig. 15 - Prancha correspondente ao Perfil 1, com a localização do perfil e localização e descrição faciológica dos testemunhos T1, T2 e T3.

### 3.2.2. Perfil 2 (Fig. 16)

O Perfil 2, com 276 m de extensão, inicia junto ao Arroio Chuí, no local do Afloramento 1. As características da vegetação se assemelham muito às do Perfil 1. As cotas mais elevadas do Perfil 2 (entre 3-4 m), próximos ao final, são alcançadas em terrenos pleistocênicos da Barreira III. Além do Afloramento 1, o Perfil 2 contém os testemunhos 4, 5 e 6, descritos a seguir.

#### Afloramento 1:

O Afloramento 1 corresponde a uma exposição natural nas barrancas do Arroio Chuí, com 2,30 m de espessura (Figs. 10 e 17). O topo do afloramento está situado a 2,60 m acima do nível do mar atual. A seção estratigráfica exposta inicia (de 2,30 m a 0,90 m) com um pacote de lama escura contendo moluscos dispersos, sem sinais de retrabalhamento. O tamanho médio do sedimento é argila, muito pobremente selecionada.

Amostras coletadas nesta fácies (no intervalo de 2,10 m a 1,10 m) foram submetidas à análise palinológica. A assembléia de palinomórfos encontrada revelou a presença de pólenes e esporos de plantas vasculares (Fig.18), palinomorfos de clorófitas, cistos de acritarcas e de dinoflagelados (Fig.19), zoósporos de fungos e microforaminíferos. Foi registrada também a presença de fitólitos (células de opala que pertencem a plantas monocotiledôneas, especialmente gramíneas).

As oscilações das frequências relativas dos diferentes grupos de palinomorfos e microfósseis ao longo da fácies são conectadas a mudanças ambientais ocorridas durante a deposição dos sedimentos, e às próprias condições tafonômicas que influenciaram na preservação do material.

A Figura 20 corresponde a um palinodiagrama construído com as frequências em percentagem de cada grupo de palinomorfos da fácies lamosa do Afloramento 1. Foi possível identificar pelo menos cinco zonas no intervalo amostrado (2,10 m a 1,10):

**Zona I** (intervalo 2,10-1,90 m): caracterizada pela notável frequência de *Botryococcus*, cistos de dinoflagelados e de diatomáceas (predomínio de *Paralia sulcata*) e de microforaminíferos. Essas algas comumente se distribuem em ambientes de água salobra que foram sujeitos à influência marinha. Os palinomorfos terrestres são apresentados pelos pólenes de plantas herbáceas (gramíneas, asteráceas; quenopodiáceas) e caracterizam vegetação das dunas e marismas. Esporos de pteridófitas são



extremamente raros, no entanto, os de briófitas são freqüentes. A deposição nessa zona ocorreria em condições de clima relativamente seco sob influência marinha.

**Zona II** (intervalo 1,90-1,70 m): diminuem as freqüências de *Botryococcus*, aumentam freqüências de microforaminíferos e acritarcas, sendo notável freqüência de *Paralia sulcata* sugerindo influência marinha. O aumento de percentagens de polens de plantas herbáceas e de pteridófitas pode indicar um aumento da pluviosidade e prováveis influxos de água doce, que transportariam esses palinomorfos através de correntes fluviais. Neste tempo a cobertura vegetal das dunas e de marismas foi, provavelmente, mais densa.

**Zona III** (intervalo 1,70-1,40 m): caracterizada pela oscilação na percentagem de *Botryococcus*, presença constante de cistos de dinoflagelados e acritarcas. Aumentam a diversidade e freqüência de diatomáceas (*Paralia sulcata* – predomina), sendo as diatomáceas marinhas representadas por *Auliscus*, *Melosira*, *Actinocyclus*, *Actinoptychus* e *Triceratium*. Provavelmente a influência marinha deste tempo foi maior do que durante os períodos anteriores. Polens de plantas herbáceas e esporos de pteridófitos relativamente raros sugerem um clima mais seco do que durante o período anterior.

**Zona IV** (intervalo 1,40-1,20 m): diminuição de *Botryococcus*, e aumento de diatomáceas marinhas (*Triceratium* e *Coscinodiscus*). A deposição de sedimentos nesta zona provavelmente ocorreu em condições marinhas mais acentuadas. Entre os polens herbáceos predominam gramíneas e quenopodiáceas que aumentam sensivelmente a porcentagem de pteridófitas, indicando provavelmente um clima mais úmido.

**Zona V** (intervalo 1,20-1,10 m): aumento na percentagem de *Botryococcus*, diminuição marcante na freqüência e variedade de diatomáceas incluindo as marinhas, e notável diminuição nas percentagens de cistos de dinoflagelados e acritarcas. Deposição no sedimento em condições de água salobra, sob diminuição da influência marinha. Encontram-se palinomorfos de *Azolla filiculoides*, pteridófito aquático, indicando existência de ambientes aquáticos de baixa salinidade. Aumentam a diversidade e freqüência de pteridófitos, que indicam ambientes úmidos sem salinidade.

A fácies lamosa basal do Afloramento 1 foi também submetida a outras análises paleontológicas feitas em amostras retiradas em diferentes profundidades. A 1,75 cm do topo foram encontrados foraminíferos da espécie *Elphidium discoidale* e ostracodes *Cylichna* sp. A 1,65 cm do topo também foram identificadas *Elphidium*

*discooidale*, *Cyprideis* sp. A 1,55 cm do topo identificou-se *Elphidium discooidale*, *Cyprideis* sp. e moluscos da espécie *Heleobia australis*. A 1,45 cm não foi encontrado material paleontológico. A 1,15 cm do topo foram encontradas os moluscos *Anachis* sp., *Heleobia australis* e *Anomalocardia brasiliana*.

Acima da fácies lamosa basal do Afloramento 1 (de 0,90 a 0,80 m) encontra-se uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina, pobremente selecionada, com fragmentos de conchas bem retrabalhados. Esta fácies mostra a transição da fácies lamosa inferior e de uma fácies areno-cascalhosa existente acima.

De 0,80 a 0,45 m ocorre uma fácies areno-cascalhosa constituída de bioclastos representados por conchas fósseis de moluscos (gastrópodes e bivalves). A taxonomia mostrou espécies autóctones, ou seja, residentes em um ambiente tipicamente estuarino representadas por *Heliobia australis* (A), *Tagelus plebeius* (F), e *Crassostra* (E). As espécies alóctones, residentes em ambiente marinho raso, são representadas por *Carditamera plata* (A), *Corbula caribaea* (A), *Anachis isabellei* (F), *Crepidula protea* (F), *Corbula patagonica* (F), *Ostrea puelchana* (E), *Macra isabelliana* (E), *Anomalocardia brasiliana* (E).

Nos sedimentos finos desta fácies foram identificados ainda Protozoários (foraminíferos) das espécies (*Miolinella subrotunda*, *Triloculina trigonula*, *Quinquelucolina lamarkiana*) e Artrópodes (ostracodes) dos gêneros (*Cypriedeis* sp., *Callistocythere* sp.).

Grande parte do material amostrado corresponde a moluscos que sofreram pelo menos um ciclo de retrabalhamento e redeposição. Foram identificados principalmente sinais de fragmentação, arredondamento e, em algumas conchas, foram identificadas perfurações, atribuídas à bioerosão. No entanto boa parte do material apresenta bom estado de preservação, principalmente no topo do depósito onde se encontram *Tagelus plebeius* e *Heliobia australis* em posição de vida. Os parâmetros tafonômicos observados sugerem que a assembléia fóssil de moluscos se classifica como sedimentológica segundo a classificação Kindwiel (1986).

A datação radiométrica por  $^{14}\text{C}$  de uma amostra constituída de 8 exemplares da espécie *Tagelus plebeius* em posição de vida, coletada a 1,9 m acima do nível do mar atual, apresentou uma idade convencional de  $5750 \pm 40$  anos AP (Idade Calibrada de 6260-6080 anos AP).

A fácies subsequente (0,45 a 0,40 m) é constituída de areias finas bastante compactadas. De 0,40 m até o topo do afloramento ocorrem areias soltas, não compactadas, com alguma lama, bioturbadas por raízes mortais e atuais (Fig. 17).

Ainda relacionado ao Perfil 2 e em locais adjacentes ao Afloramento 1 foram obtidos os testemunhos T4 e T5, descritos a seguir.

#### Testemunho 4 (T4):

O testemunho T4 possui o topo situado 2,6 m acima do nível do mar atual e mediu um total 2,25 m, descompactado. Iniciando pela base até 1,55 m foi identificada uma fácies lamosa de tamanho médio de grão em argila, muito pobremente selecionada, contendo moluscos bem preservados, muitos em posição de vida. De 1,55 a 1,15 m encontra-se uma fácies lamosa com características similares a anterior, no entanto, contendo manchas ferruginosas. De 1,15 a 1,00 m ocorre uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina, moderadamente selecionada, com intercalações de lama. De 1,00 até 0,80 m encontra-se uma fácies areno-cascalhosa com média de grão em areia média, composta por bioclastos, representados principalmente por moluscos retrabalhados, e nódulos ferruginosos. De 0,80 a 0,70 m foi identificada uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia muito fina, muito pobremente selecionada, com intercalações de lamas de coloração escura, rica em matéria orgânica. De 0,70 a 0,35 m ocorre uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina bem selecionada. De 0,35 m até o topo do testemunho foi identificada uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areias finas, moderadamente selecionadas, com presença de raízes atuais.

#### Testemunho 5 (T5):

O testemunho T5 se encontra com o topo a 0,40 m acima do nível do mar e mediu um total descompactado de 2,25 m. O testemunho 5 representa a continuidade, em sub-superfície, da fácies lamosa observada no Afloramento 1, descrita anteriormente. Da base até 1,80 m ele é constituído por uma fácies areno-lamosa com tamanho médio de grão em areia fina, moderadamente selecionada, e intercalações de lamas.

De 1,80 a 0,40 m foi observada uma fácies lamosa com tamanho médio de grão em argila, pobremente selecionada, de cor acinzentada contendo muitos moluscos em posição de vida. Na amostra B-6, retirada a 1,65 m do topo, foram encontradas as espécies de moluscos *Heleobia australis* e fragmentos de *Ostrea*, além

de ostracodes das espécies *Cyprideis* sp., *Perissocytheridium* sp. e foraminíferos *Elphidium discoidale*.

Nesta fácies foi datado um molusco bivalve da espécie *Ostrea*, com as valvas fechadas, sem nenhum sinal de retrabalhamento, preservado em posição de vida. Situado a 1,24 m do topo do testemunho (0,8 m abaixo do nível do mar atual) o molusco apresentou uma idade convencional de  $6530 \pm 40$  anos AP (Idade calibrada 7.150-6930 anos AP).

A amostra B-7, coletada a 1,20 m do topo, revelou a presença do molusco (*Heleobia australis*), ostracodes (*Perissocytheridium* sp., *Cyprideis* sp.) e foraminíferos (*Elphidium discoidale*). Na amostra B-9, a 1,10 m do topo, foram encontrados moluscos (*Heleobia australis*, *Erodona mactroides*), ostracodes (*Cyprideis* sp., *Perissocytheridium* sp.) e o foraminífero *Elphidium discoidal*. Na amostra B-3, a 1,00 m do topo, foram identificados moluscos (*Erodona mactroides*, *Heleobia australis* e *Crepidula* sp.), ostracodes (*Coquimba* sp., *Cytherella* sp., *Loxoconcha* sp., *Callostocythere* sp., *Ciprydeis* sp. e *Perissocytheridium* sp.) e foraminíferos (*Elphidium discoidale*). Na amostra B11, a 0,7 m do topo, foram identificados moluscos (*Heleobia australis*, *Erodona mactroides*), ostracodes (*Cyprideis* sp.) e foraminíferos (*Elphidium* sp.).

A fácies compreendida entre 0,40 m e o topo do testemunho T5 foi classificada como lamosa, com tamanho médio de grão em argila, pobremente selecionada, contendo manchas ferruginosas e sem a presença de componentes fossilíferos.

#### Testemunho 6 (T6):

O testemunho 6, coletado próximo aos terrenos pleistocênicos, tem o topo a 4,5 m acima do nível do mar atual e mediu no total 1,35 m descompactado. A fácies compreendida entre a base e 0,70 m foi classificada como areno-lamosa com bioturbação por raízes e conseqüente preenchimento por lamas. De 0,70 até 0,40 m encontra-se uma fácies arenosa com a presença de raízes e algum material turfáceo. A fácies entre 0,40 m e o topo do testemunho foi classificada como arenosa, com presença de raízes e intercalações de lamas.

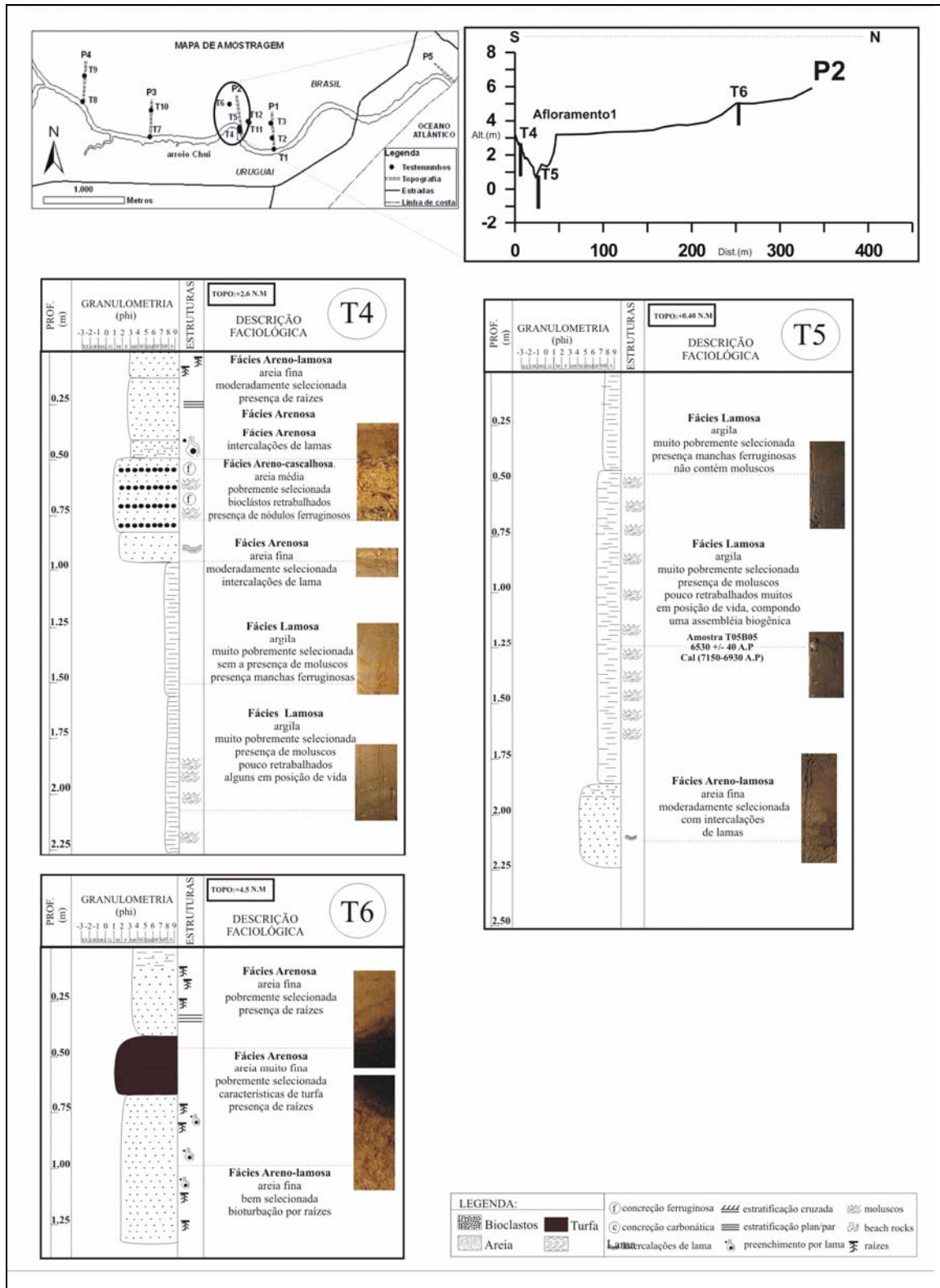


Fig. 16 - Prancha correspondente ao Perfil 2, com a localização do perfil e localização e descrição faciológica simplificada dos testemunhos T4, T5 e T6.

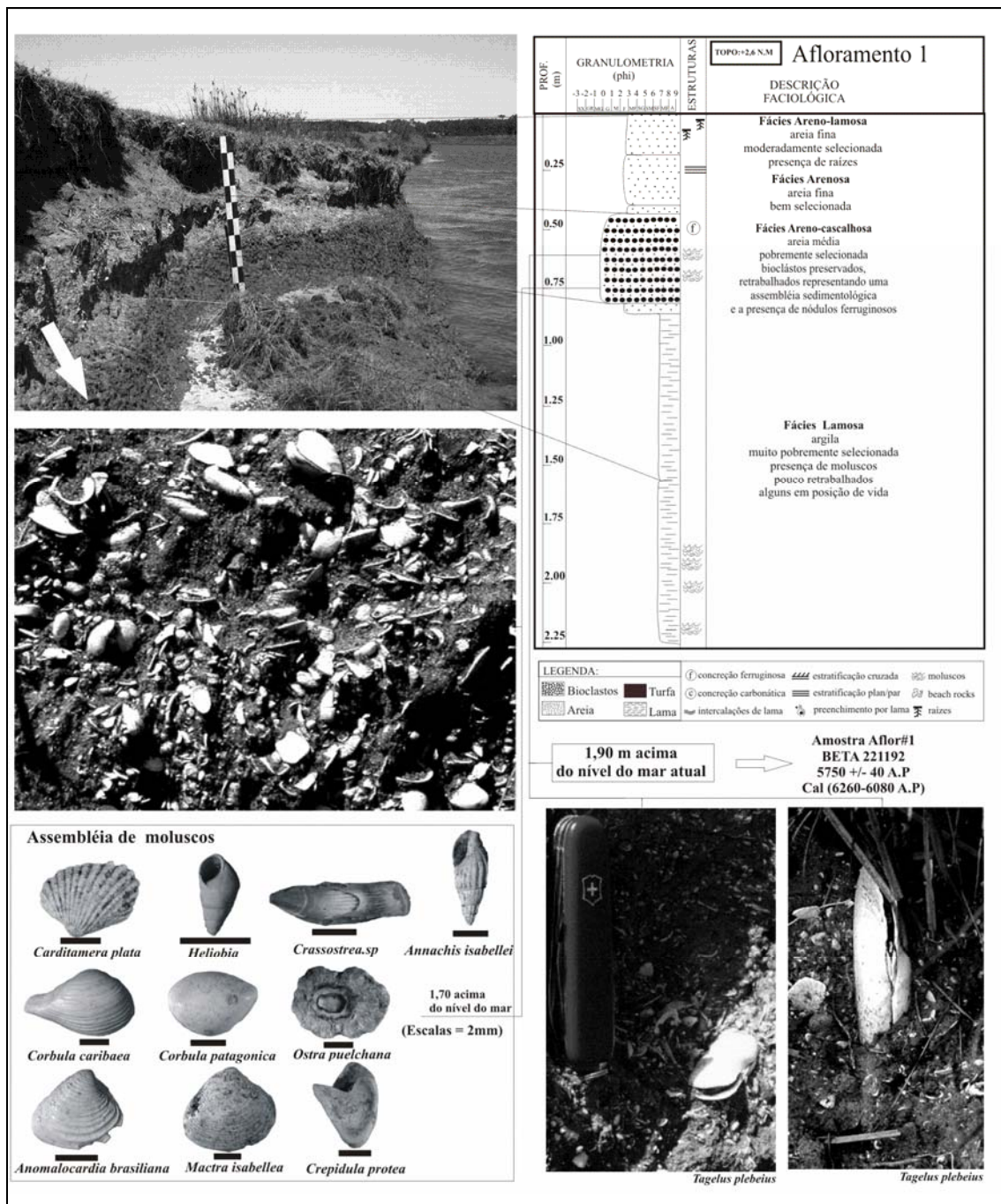


Fig. 17 – Prancha do Afloramento 1 contendo uma foto do afloramento, um detalhe da fácies areno-cascalhosa, a descrição facirológica simplificada, a assembléia de moluscos presentes e um detalhe de moluscos (*Tagelus plebeius*) em posição de vida, submetidos à datação.

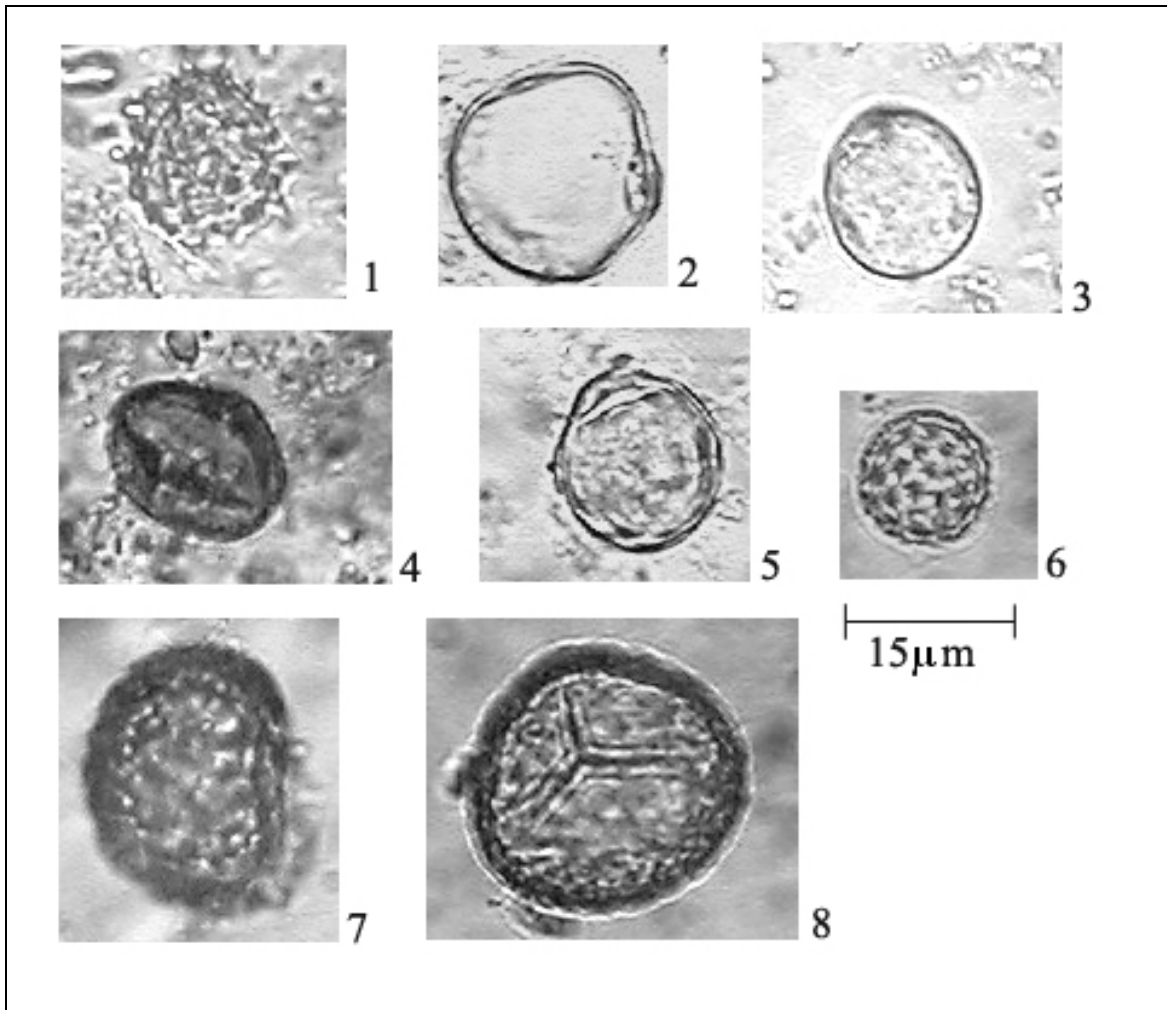


Fig.18: Prancha de palinormos: (1) *Asteraceae* (2) *Moraceae-Urticaceae*; (3) *Poaceae* (4) *Anacardiaceae*; (5) *Verbenaceae* (6) *Chenopodiaceae*, (7) *Pteridophyta*; (8) *Hyperzia*..

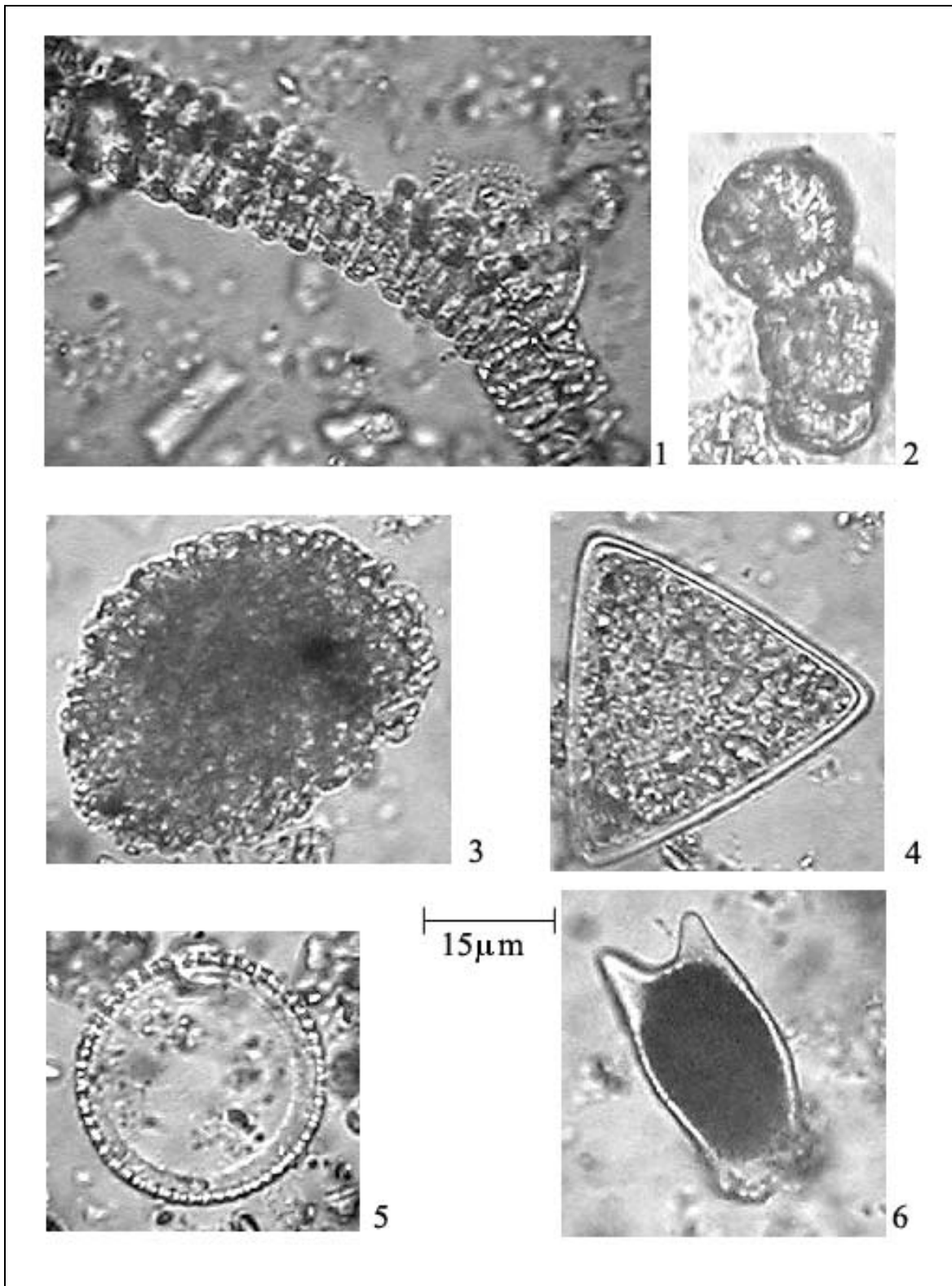


Fig. 19: Prancha 2 de palinomorfos: (1) *Botryococcus*, (2) *Spyrogira*, (3) *Botryococcus*, (4) *Triceratium*, (5) *Melosira*, (6) *Protoperidinium*



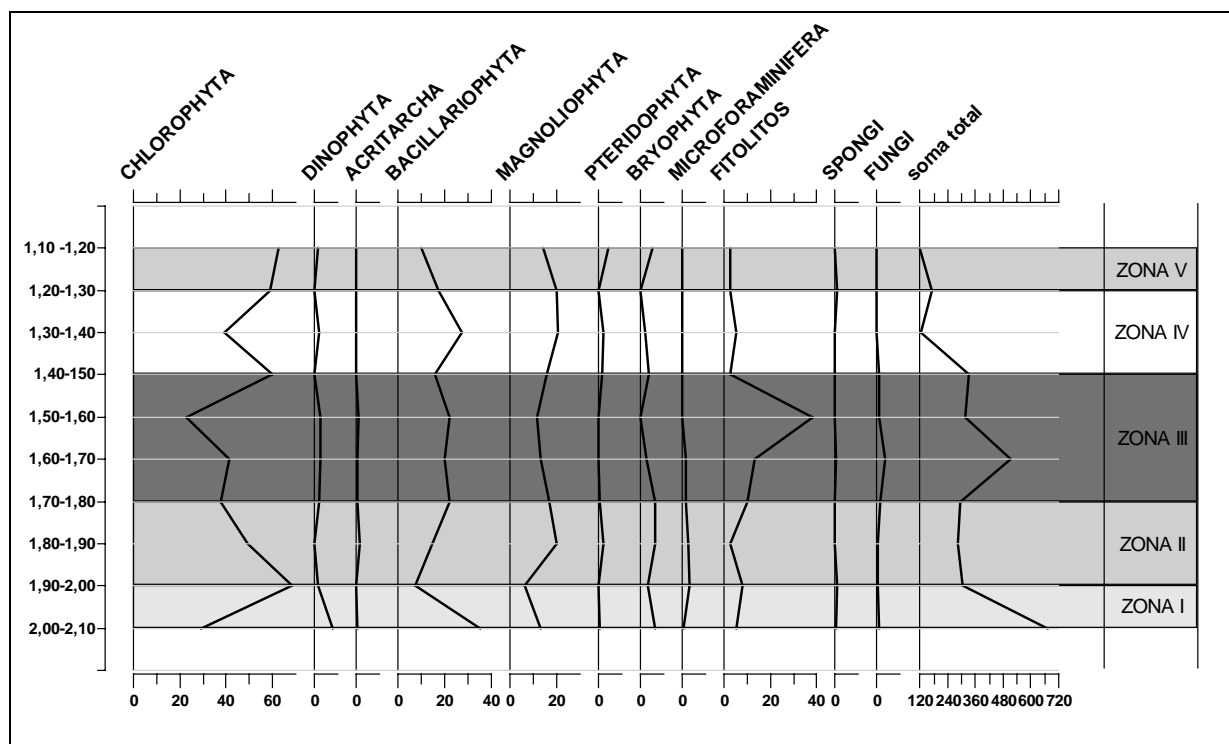


Fig. 20 – Palinodiagrama da fácies lamosa basal do Afloramento 1. À esquerda, na vertical, as profundidades de cada amostra, à direita, na vertical, as zonas de polígonos identificadas. Na horizontal, acima, os principais grupos de polígonos e, abaixo, a frequência relativa em porcentagem referente a cada grupo.

### 3.2.3. Perfil 3 (Fig. 21)

O Perfil 3 possui uma extensão de 532 m. Revela um terreno com pequenas alterações topográficas, exceto nos primeiros 100 m onde ocorre um relevo mais acidentado, provavelmente devido a influência da variação de nível do arroio e conseqüente retrabalhamento das margens. Próximo à borda do arroio verifica-se a presença de vegetações de banhados e marismas e, na sua continuidade, vegetações rasteiras típicas de campo marcado por pequenos desníveis. Esse perfil topográfico não registra a presença de talude representado por terrenos pleistocênicos, apenas os baixios holocênicos.

O Perfil 3 contém os testemunhos T7 e T10, descritos a seguir (Fig. 21).

#### Testemunho 7 (T7):

O testemunho 7 possui o topo situado 1,75 m acima do nível do mar atual e mediu no total, descompactado, 4,20 m. Da base até 3,20 m ocorre uma fácies arenosa com intercalações de lama. De 3,20 a 2,40 m identificou-se uma fácies areno-lamosa

rica em matéria orgânica. De 2,40 a 2,20 m ocorre uma fácies areno-lamosa com intercalações de lamelas e presença de moluscos re trabalhados e preservados. De 2,20 à 1,70 m foi identificada uma fácies arenosa com intercalações de lamelas e bioturbação por raízes também preenchidas por lamelas. De 1,70 a 1,25 m foi identificada uma fácies areno-lamosa também com bioturbações por raízes e intercalações de lamelas na areia. De 1,25 a 1,10 ocorre uma fácies areno-lamosa, no entanto contendo mais lama que a interior. A fácies seguinte, de 1,10 a 1,00 m foi classificada como arenosa sem estruturas aparentes. De 1,00 a 0,90 m segue-se com uma fácies lamosa, de coloração escura, sem estruturas aparentes. De 0,90 a 0,20 m a fácies volta a ser areno-lamosa, com raízes aparentes e intercalações e preenchimento por lamelas. De 0,20 até o topo a fácies é arenosa com raízes aparentes.

#### Testemunho 10 (T10):

O testemunho 10 tem o topo a 2,85 m acima do nível do mar atual e seu comprimento total, descompactado, foi de 3,15 m. Da base até 2,80 m encontra-se uma fácies areno-lamosa com tamanho médio de grão em silte, muito pobremente selecionada, de coloração esverdeada. De 2,80 até 2,45 m novamente uma fácies areno-lamosa, com tamanho médio de grão em silte, muito pobremente selecionada com coloração marrom e presença de matéria orgânica. De 2,45 até 2,35 m encontra-se uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina, bem selecionada, com matéria orgânica e presença de raízes. De 2,35 até 0,60 m ocorre uma fácies arenosa, com média de grão em areia fina, bem selecionada, com raízes aparentes em toda a fácies. De 0,60 até 0,50 m encontra-se uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina, pobremente selecionada, com moluscos re trabalhados preservados na areia. De 0,50 até o topo ocorre uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina, bem selecionada, com presença de raízes atuais e um aumento progressivo de matéria orgânica até o topo.

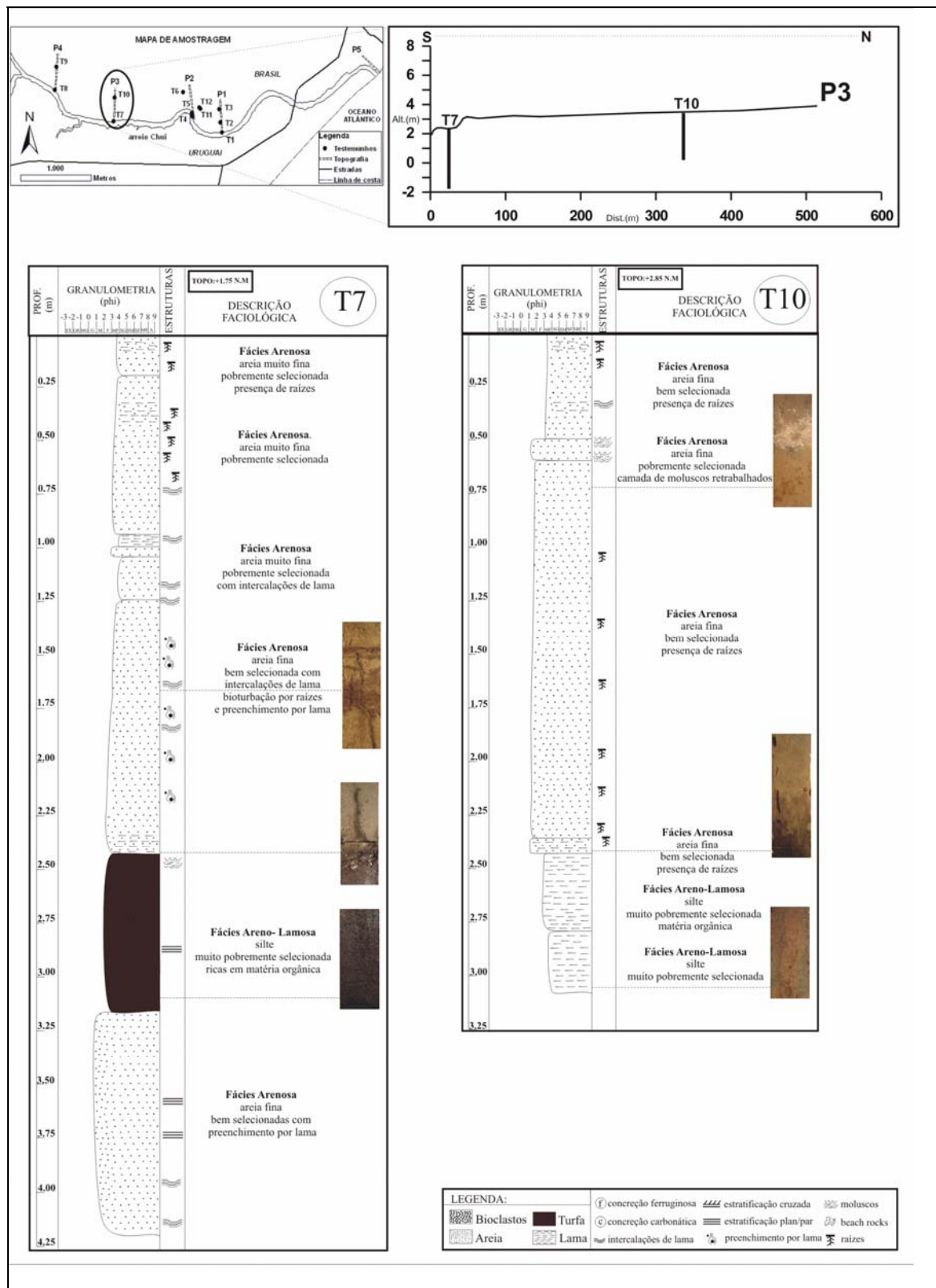


Fig.21 - Prancha correspondente ao Perfil 3, com a localização do perfil e localização e descrição faciológica simplificada dos testemunhos T7 e T10.

#### 3.2.4. Perfil 4 (Fig. 22)

O perfil 4 possui uma extensão de 623 m. Nos primeiros 50 m notam-se maiores variações topográficas, provavelmente devido à influência das variações do nível do arroio e o conseqüente retrabalhamento de suas margens. Na continuidade do perfil observam-se terrenos baixos com pequenas variações topográficas. O perfil termina em terrenos mais elevados (entre 6 e 3 m de cota), de forma similar aos perfis 2 e 3.

O Perfil 4 possui os testemunhos T8 e T9, descritos a seguir. (Fig. 22)

##### Testemunho 8 (T8):

O testemunho 8 tem o topo a 2,60 m acima do nível do mar e mediu, descompactado, um total de 2,25 m. Da base até 2,10 m foi identificada uma fácies lamo-arenosa, com tamanho médio de grão em silte, muito pobremente selecionada, com coloração esverdeada e nódulos carbonáticos aparentes. A partir de 2,10 até 1,75 m foi identificada uma fácies areno-lamosa de coloração escura, rica em matéria orgânica. De 1,75 a 1,20 m ocorre uma fácies arenosa, com tamanho médio de grão em areia fina pobremente selecionada, de coloração escura, com intercalações de lama e moluscos preservados. De 1,20 a 0,75 m foi identificada uma fácies arenosa com moluscos completamente retrabalhados e manchas ferruginosas. De 0,75 a 0,40 m identificou-se uma fácies arenosa, com tamanho médio de grão em areia fina, moderadamente selecionada, com moluscos retrabalhados e em posição de vida, manchas ferruginosas e traços de raízes preenchidos por lama. De 0,40 a 0,30 m identificou-se uma fácies arenosa com tamanho médio de grão em areia fina, moderadamente selecionada, com moluscos retrabalhados e intercalações com lama. De 0,30 até o topo ocorre uma fácies arenosa sem estruturas aparentes.

##### Testemunho 9 (T9):

O testemunho 9 tem o topo a 2,70 m acima do nível do mar e mediu no total, descompactado, 1,00 m de comprimento. Da base até 0,50 m aparece uma e a presença de nódulos ferruginosos. De 0,50 a 0,40 m a fácies é areno-lamosa com a presença de raízes. De 0,40 até o topo uma fácies arenosa com bioturbação por raízes.

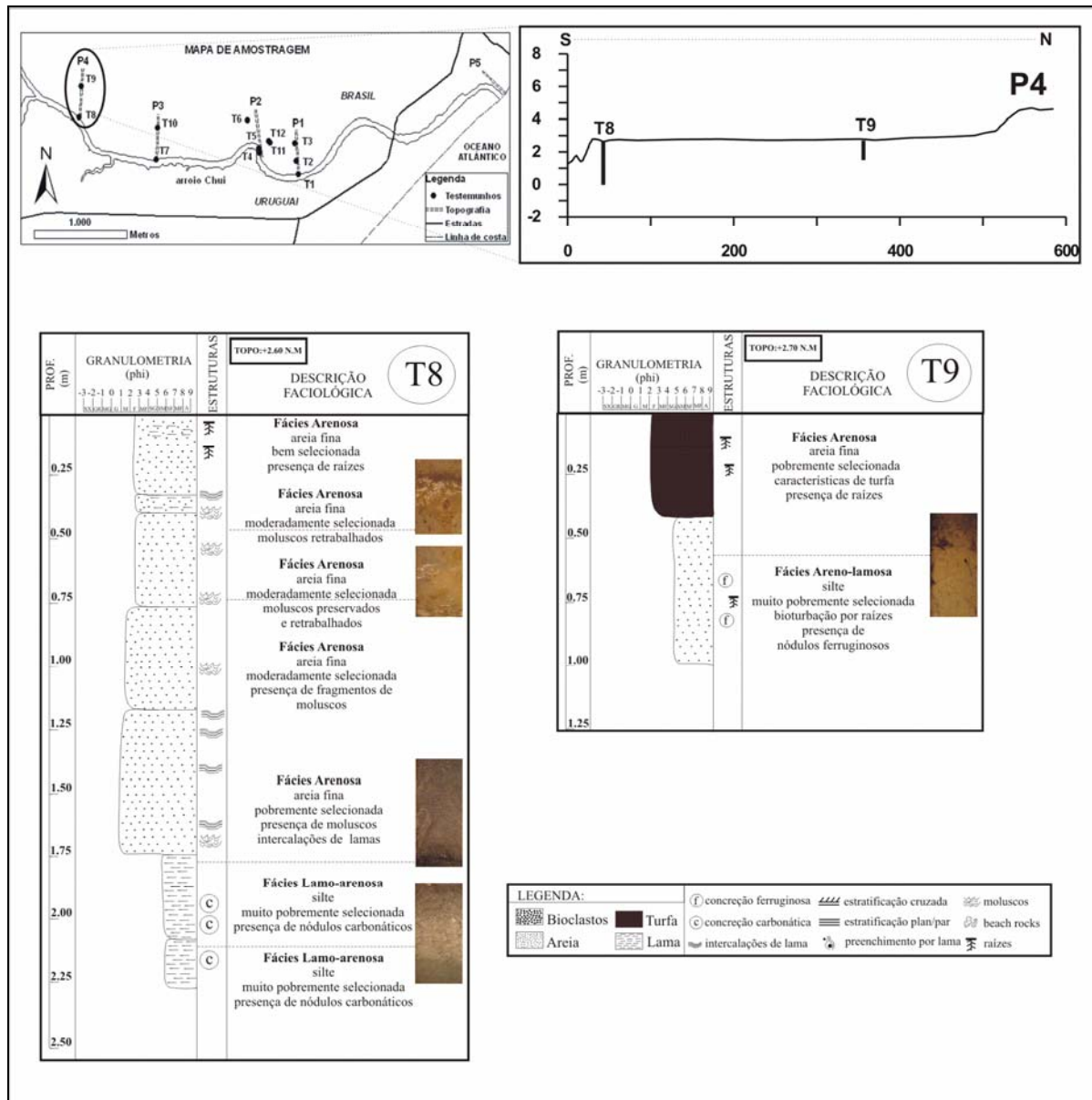


Fig. 22 - Prancha correspondente ao Perfil 4, com a localização do perfil e localização e descrição faciológica simplificada dos testemunhos T8 e T9.

### 3.2.5 – Perfil 5

O perfil 5 mediu 563 m de extensão. Ele foi realizado ao lado dos molhes da barra do Chuí, no sentido NW-SE, perpendicular à linha de costa (Fig. 9). É caracterizado, nos primeiros 350 m pela presença dos terrenos pleistocênicos elevados da Barreira III (altitude em torno de 11 m), limitados por um íngreme talude. Acoplado aos terrenos da Barreira III ocorre um campo eólico com cerca de 150 m de largura e que apresenta dunas que alcançam até 5 m de altura. O perfil encerra na praia oceânica que, no local, possui largura em torno de 50 m, sem feições proeminentes.

### 3.2.6 – Afloramento 2 (Fig. 11)

O Afloramento 2 não está relacionado com nenhum dos perfis topográficos realizados. Ele situa-se à montante do Arroio Chuí, cerca de um 1,5 Km distante do Afloramento 1. Sua descrição é aqui incluída por ser uma excelente exposição das fácies típicas do Sistema Lagunar III e que serviram de substrato para os depósitos holocênicos aqui estudados. De forma similar ao Afloramento 1, o Afloramento 2 também é uma exposição natural nas barrancas do Arroio Chuí, resultante da erosão de suas margens.

A seção exposta mede 1,3 m e o seu topo se encontra a cerca de 2,5 m acima do nível do mar atual. Da base da seção exposta até 0,7 m é composta de um pacote de areias finas, siltico-argilosas, de cor esverdeada contendo pequenas concreções carbonáticas e ferruginosas. Esta fácies foi interpretada como pertencente ao Sistema Lagunar III, de idade pleistocênica. De 0,7m até o topo é composta por sedimentos arenosos de cor escura, ricos em matéria orgânica contendo bioturbação por raízes. Esta fácies foi interpretada como pertencente ao sistema holocênico, resultado de processos fluviais e eólicos que retrabalharam terrenos pré-holocênicos durante o Holoceno.

## 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise do mapa geológico-geomorfológico da área de trabalho (Fig. 14) mostra que a topografia pré-existente, representada pela configuração dos terrenos pleistocênicos, teve uma importância muito grande na distribuição e preservação dos depósitos holocênicos enfocados neste estudo. Os terrenos mais elevados, constituídos

pela Barreira II, Sistema Lagunar III e Barreira III condicionaram a distribuição espacial dos depósitos holocênicos, além de atuarem como importantes fontes de sedimentos.

A presença de vales incisos, escavados pela paleodrenagem pleistocênica, e a forma da paleoembocadura do Arroio Chuí possibilitaram a preservação seletiva de depósitos holocênicos em determinados locais.

Durante o último interglacial, há cerca de 120 ka, o espaço atualmente ocupado pela desembocadura do Arroio Chuí correspondia, provavelmente, a um canal de ligação (*inlet*) que conectava o Sistema Lagunar III com o mar. Há evidências morfológicas de que, nesta parte sul da PCRS e avançando pelo território uruguaio, a Barreira III apresentava uma configuração de barreira segmentada (*barrier island*).

Com o posterior rebaixamento do nível do mar que se seguiu ao máximo de 120 ka estabeleceu-se, nos terrenos de retro-barreira antes ocupados pelo Sistema Lagunar III, uma planície fluvial. Vales incisos foram entalhados na paisagem, em resposta ao nível de base baixo, e, entre eles, o vale precursor do atual Arroio Chuí.

O panorama acima descrito permaneceu, pelo menos, até cerca de 17 ka, quando, durante o Último Máximo Glacial (LGM) o nível do mar situou-se em torno de 120 m abaixo do nível atual. Com o degelo das calotas glaciais iniciou-se a Transgressão Pós-Glacial com um rápido deslocamento da linha de costa através da plataforma continental, até atingir a região costeira atual.

Os dados apresentados neste trabalho mostram claramente que, na área de estudo, o nível do mar subiu além do nível atual e, penetrando pela paleoembocadura do Arroio Chuí, afogou parte dos terrenos de retro-barreira e estabeleceu no local um ambiente estuarino. Assim, depósitos holocênicos com fósseis indicadores de influência marinha (ambiente estuarino) se formaram e ficaram preservados seletivamente em locais favoráveis, confinados entre os terrenos pleistocênicos (Fig.23).

As fácies lamosas, com moluscos em posição de vida, apontam para a presença de um ambiente de características calmas, representando, provavelmente, um fundo estuarino com razoável profundidade. Os baixios, representados pelas áreas alagadas atuais, formaram, provavelmente, ambientes estuarinos mais rasos com um nível energético maior.

A análise do conteúdo de palinomorfos na fácies lamosa do Afloramento 1 e o testemunho T5 sugere a constante influência marinha, com variações na umidade. Algas do tipo *Botryococcus* indicam a influência salobra, típica de ambientes estuarinos. Segundo Medeanic (2001, 2006) colônias destas algas são comuns em sedimentos

lagunares correspondentes ao estágio transgressivo holocênico na PCRS. Diatomáceas marinhas de ambiente raso sugerem forte influência marinha, por exemplo, na zona III. Nos sedimentos basais desta fácies a 0,8 m abaixo do nível do mar atual foi datado um molusco bivalve (*Ostrea*) que apresentou uma idade de  $6.530 \pm 40$  anos A.P. (Cal 7150-6930) marcando o início da fase de afogamento.

A associação de moluscos, ostracodes e foraminíferos encontrados na mesma fácies confirma um ambiente tipicamente estuarino com influência marinha. A assembléia fossilífera, classificada como biogênica, apresenta grande número de espécimes sem sinais de retrabalhamento, muitos em posição de vida, sugerindo uma população autóctone. Isso é reforçado por ostracodes observados em vários estágios de desenvolvimento podendo caracterizar um ambiente de baixa energia.

A assembléia fóssil de moluscos da fácies areno cascalhosa do Afloramento 1 e testemunhos T3 e T4 é classificada como do tipo sedimentológica, apresentando moluscos preservados e retrabalhados de pelo menos dois ambientes: um estuarino (autóctone) e um marinho raso (alóctone). Grande parte do material possui pelo menos um ciclo de retrabalhamento (sinais de quebraimento, arredondamento) podendo-se sugerir um ambiente com energia suficiente (ondas e correntes) para transportar e depositar este material na forma de leitos de bioclastos. Provavelmente a formação dos depósitos biodetríticos se desenvolveu nas regiões mais rasas da desembocadura do ambiente estuarino onde os processos costeiros provocaram uma mistura de materiais de distintos ambientes de origem.

A presença de organismos bem preservados, sem sinais de retrabalhamento, sobre a fácies areno cascalhosa sugere um ambiente no qual, através de sucessões ecológicas, as espécies colonizaram um substrato antecedente mais rígido e duro. Kidwell (1986) utiliza o termo “*taphonomical feed-back*” para a colonização do substrato precedente, ou seja, quando se estabelecem condições favoráveis à ocupação, permanência e desenvolvimento de espécies. Sugere-se que o substrato originado a partir de condições hidrodinâmicas mais severas (banco bioclástico da fácies areno-cascalhosa) foi re-colonizado em condições hidrodinâmicas mais amenas, sendo representadas pelos exemplares em posição de vida. A datação destes exemplares (*Tagelus plebeius*) com idade de  $5.750 \pm 40$  anos A.P. (Cal 6.260-6.080) registra um fundo estuarino situado 1,9 m acima do nível de mar atual, o que implica em um paleonível marinho de, pelo menos, 2 a 3 m acima do nível atual.



Buchmann *et al.* (1998) realizaram datações em uma assembléia sedimentológica de moluscos na região do Banhado do Taim e Balneário Hermenegildo, próximos à área deste estudo, resultando em idades holocênicas (4.300 e 4.900 anos A.P.) que foram associadas à última grande transgressão. Forti-Esteves (1974) datou moluscos num afloramento de superfície nas margens do Arroio Chuí, a 4,5 km ao norte do município do Chuí. Os moluscos, com espécies muito similares às encontradas na fácies areno-cascalhosa deste trabalho, foram datados em 5.000 anos A.P. e também foram relacionados à última grande transgressão.

Sugere-se que a assembléia fóssil de moluscos encontrada neste trabalho esteja correlacionada ao mesmo evento transgressivo tratado pelos autores acima. No entanto, a falta de informação mais detalhada dos níveis topográficos dos depósitos estudados por estes autores e a não calibração das idades de radiocarbono destes trabalhos impossibilita uma correlação mais precisa. As idades, relativamente próximas, sugerem que os depósitos foram formados durante a última grande transgressão, no entanto, se desenvolveram em distintas condições espaciais.

As fácies arenosas que se sobrepõem às fácies biodetríticas do Afloramento 1 e testemunhos T3, T4, e que constituem grande parte das fácies representadas por testemunhos à montante da desembocadura (T7, T8, T10), indicariam a fase de assoreamento e preenchimento do vale por areias oriundas do próprio sistema fluvial, somadas ao aporte eólico de sedimentos pré-holocênicos.

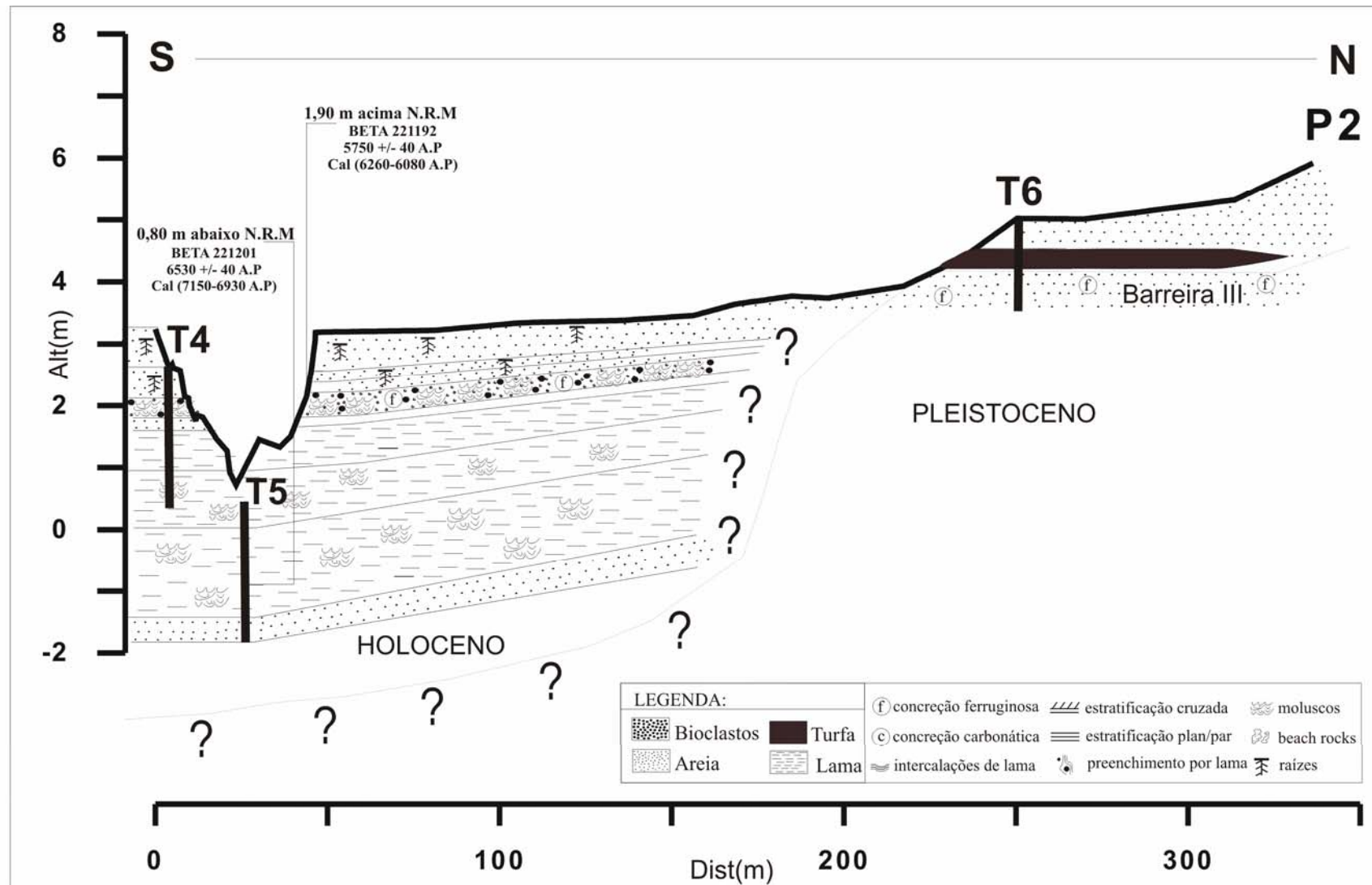


Figura 23: Seção faciológica do perfil 2 com os testemunhos T4, T5, T6

#### 4.1. MODELO EVOLUTIVO DA REGIÃO DA DESEMBOCADURA DO ARROIO CHUÍ DURANTE O HOLOCENO

A topografia antecedente possibilitou a preservação de diversas fácies sedimentares holocênicas na área de estudo. Nestas fácies, a presença de palinomorfos, moluscos e outros invertebrados de ambiente marinho raso e estuarino, auxiliaram na interpretação genética dos depósitos e colaboraram para o desenvolvimento de um modelo evolutivo paleogeográfico controlado pelas variações do nível do mar, e sintetizado em quatro fases:

**Fase I** - Estágio de pré-afogamento do canal, marcado pelas fácies de areias e/ou lamas basais nos testemunhos T3, T5, T6, T7, T8 e T10 que caracterizariam um regime fluvial de canal meandrante raso, com influência eólica, alimentado por sedimentos oriundos, principalmente, da Barreira III e do Sistema Lagunar III, retrabalhados e re-depositados em condições de nível de mar mais baixo que o atual.

**Fase II** - Estágio do início do afogamento do canal durante o evento transgressivo holocênico nos terrenos próximos à desembocadura. Engloba as fácies lamosas expostas no Afloramento 1 e testemunhos T3, T4, e T5. Nestas fácies, um molusco bivalve preservado em posição de vida, e situado cerca de 0,80 m abaixo do nível do mar atual, revelou uma idade de  $6.530 \pm 40$  anos A.P. (Cal 7.150-6.930), sugerindo o início desta fase. A assembléia de palinomorfos desta fácies sugere constante influência marinha com pequenas variações na umidade. Uma assembléia biogênica autóctone composta por moluscos, foraminíferos e ostracodes fósseis, em posição de vida confirma um ambiente de características estuarinas. No contexto dinâmico, representaria as áreas mais profundas de um ambiente de baixa energia, com considerável coluna de água, sem significativa ação de ondas e correntes.

**Fase III** - Estágio de máximo afogamento do canal e estabilização do paleoestuário. É caracterizado topograficamente por taludes retrabalhados junto aos terrenos pleistocênicos mais altos (15 a 5 m), pertencentes à Barreira III e ao Sistema Lagunar III que representariam limites da bacia inundada. As fácies areno-cascalhosas expostas no Afloramento 1 e nos testemunhos T3 e T4 são constituídas principalmente de moluscos cuja assembléia, caracterizada como do tipo sedimentológica, apresenta espécies alóctones e autóctones que representariam esta fase. No topo desta fácies, a 1,90 m acima do nível do mar atual, se encontram organismos em posição de vida cuja

datação revelou uma idade de  $5.750 \pm 40$  anos A.P. (Cal 6.260-6.080), marcando o máximo transgressivo para a região de estudo. Representariam as regiões mais rasas do estuário onde as condições hidrodinâmicas mais severas favoreceriam a concentração de leitos de bioclastos.

**Fase IV** – Esta fase se estende desde o máximo afogamento até os dias atuais. É marcada, portanto, por níveis de mar mais baixos, pela perda progressiva das condições estuarinas e pelo aumento do domínio fluvial no ambiente. Na estratigrafia, é representada pelas fácies arenosas mais próximas ao topo dos testemunhos. Marcaria, assim, a fase de assoreamento e preenchimento gradual do vale afogado por areias oriundas do próprio sistema fluvial, somadas ao aporte constante de sedimentos pré-holocênicos.

## 5. CONCLUSÕES

A região situada próximo à desembocadura do Arroio Chuí, no limite sul do Brasil, apresenta um ótimo registro – sedimentológico, paleontológico e geomorfológico – do comportamento do nível do mar durante o Holoceno. O estudo deste registro permitiu chegar às seguintes conclusões principais:

1. A topografia precedente (pré-holocênica) exerceu um papel importante no estabelecimento da bacia de drenagem do Arroio Chuí e, de modo especial, na região de sua desembocadura. O local da desembocadura ocupa o mesmo espaço ocupado por um canal de ligação (*inlet*) que, durante o Pleistoceno, conectava o Sistema Lagunar III ao oceano. Os depósitos holocênicos aqui estudados ficaram confinados entre os terrenos mais altos, de idade pleistocênica.
2. Os dados de palinologia e a assembléia fossilífera, representada, principalmente, por moluscos, ostracodes e foraminíferos, revela que, inundada pela Transgressão Pós-Glacial, a região da desembocadura do Arroio Chuí se comportou como um estuário durante boa parte do Holoceno tardio.
3. As datações por radiocarbono e os dados altimétricos mostram que o início do afogamento da região, durante a Transgressão Pós-Glacial, ocorreu em torno de 7 ka (Idade Cal 7.150-6.930) e que o afogamento máximo deu-se em torno de 6 ka (Idade Cal 6.260-6.080), quando o nível do mar alcançou, no mínimo, 2 a 3 m acima do nível atual.
4. Os dados obtidos no presente trabalho não permitem opinar se houve ou não oscilações menores do nível do mar após o máximo transgressivo. Para isso seria necessário um número maior de análises, especialmente análises palinológicas e geocronológicas. Futuros estudos feitos com o material já coletado e altimetricamente determinado poderão trazer informações sobre este tema.
5. O presente estudo contribui para um melhor conhecimento sobre as flutuações holocênicas do nível do mar na região sul do Brasil.

## 6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, V. S.; FALCETA, M. M. & THIENSEN, Z. V. 1984. Estudo preliminar da geologia, geomorfologia e paleontologia da região de Ponta dos Latinos, Lagoa Mirim Rio Grande do Sul. 187-193.
- ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.F; SUGUIO, K.; PESSEDA, L.C.R. 1999. Relative sea-level changes in the last 5500 years in the southern Brazil (Laguna-Imbituba region, Santa Catarina State) based on vermetid <sup>14</sup>C ages. **Marine Geology**, **159**: 323-339.
- 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. **Quat Sci Reviews**, **25**: 486-506.
- BARLETA, R. C. 2000. **Efeito da interação oceano-atmosfera sobre a morfodinâmica das praias do litoral central do Rio Grande do Sul, Brasil**. Rio Grande 143p Dissertação de Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica. FURG.
- ASP, N.E. 1999 Evidence of pleistocenic and holocenic barriers on the inner continental shelf of Rio Grande do Sul state, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 71(4):832-833.
- BELKNAP, D. F. & KRAFT, J.C.1981. Preservation potencial of transgressive coastal lithosomes on the U.S atlantic shelf. **Marine Geology**. 42:429-442.
- BELKNAP, D. F & KRAFT, J.C., 1985. Influence of antecedent geology on stratigrafic preservation potencial and evolution of Delawares barrier systems. **Marine Geology**. 63: 235-262.
- BIGARELA, J. J. & BECKER, R.D. 1975. Field itinerary. International Symposium on the Quaternary. **Boletim Paranaense de Geociências** 33; 300-332.

- BITTENCOURT, A. C. S. P.; MARTIN, L.; VILAS BOAS, G. S & FLEXOR, J.M. 1979. The marine formations of the coast of the State of Bahia. Proceedings, **International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary**, São Paulo, IGCP, Project 61, p.232-253.
- 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**. Porto Alegre, 120p. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BUCHMANN, F.S.C.; VILLWOCK, J.A. & TOMAZELLI, 1997. Evolução holocênica da paleoembocadura da Lagoa Mirim, RS, Brasil. In: 8º Congresso Latino Americano de Ciências do Mar, Santos, SP. Boletim de resumos.
- BUCHMANN, F.S.C.; BARBOSA, V.P. & VILLWOCK, J.A. 1998. Sedimentologia e paleoecologia durante o máximo transgressivo holocênico na Lagoa Mirim, RS. **Acta Geológica Leopoldense XXI** (46/47) 21-26.
- 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. Simpósio Brasileiro sobre Praias Arenosas. Itajaí. **Anais**: 174-174.
- 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. 8º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Imbé, Boletim de resumos, p. 58-59.
- BUCHMANN, F.S.C.; LOPES, R.; ROCHA DE OLIVEIRA, U.; CARON, F.; LELIS, R.J.F.; CECÍLIO, R.O. & TOMAZELLI, L.J., 2001 Presença de Icnofósseis de Callianassa nas Barrancas do Arroio Chuí, RS: Um novo Afloramento Marinho do Pleistoceno e uma Re-interpretação da Estratigrafia Local. 8º Congresso Brasileiro de Estudos do Quaternário Imbé. Boletim de resumos: 94-95.

- CALLIARI, L. J. & KLEIN, A. H. F. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Cassino e Chuí, RS. **Pesquisas**, Porto Alegre, 20 (1): 48-56.
- CALLIARI, L.J., & KLEIN, A.H.F. 1995. Variabilidade das praias oceânicas entre Cassino e Chuí, R.S. **Publicação especial**, Instituto Oceanográfico USP, São Paulo. 11: 55-63.
- CALLIARI, L. J.; TOZZI, H. A. M. & KLEIN, A. H. F., 1996. Erosão Associada a Marés Meteorológicas na Costa Sul-Riograndense. (COMEMIR/OSNLR). **XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia**. Anais (4) - Simpósios. p.430-434.
- CALLIARI, L. J.; SPERANSKI, N.; BOUKAREVA, I. 1998. Stable Focus of Wave Rays as a Reason of Local Erosion at the Southern Brazilian Coast. **Journal of Coastal Research** 26: 19-23.
- CORREA, I. C. S. 1990. **Analyse morphostructurale et evolution paleogeographique de la plate-forme continentale atlantique sud-bresilienne (Rio Grande do Sul - Bresil)**. Talente-França 314p. (inédito). Tese de doutorado, Universite de Bourdeaux.
- DALRYMPLE, A.R. W; ZAITLIN, B. B ; BOYD, R. 1992. A conceptual model of estuarine sedimentation. **Journal Sedimentary Petrology** 62: 1130-1146
- DAVIES, J. H. 1964. A morphogenic approach to world shorelines. **Z. Geomorphology**, 8 : 127-142
- DELANEY, P.J.V. 1965. Fisiografia e Geologia de Superfície da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. **Publicação Especial da Escola de Geologia**, UFRGS, Porto Alegre, 6, 105p.
- DILLENBURG, S.R. 1994. A laguna de Tramandaí: evolução geológica e aplicação do método geocronológico da termoluminescencia na datação de depósitos sedimentares



lagunares. Porto Alegre, 2.vl (il). Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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**, Porto Alegre, 9: 1-11.

DILLENBURG, S.R.; TOMAZELLI, L.J.; LUMMERTZ, C. 1998. A variabilidade morfológica das barreiras costeiras holocênicas do Estado do Rio Grande do Sul. **Geosul**, 14(27): 204-207.

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. *Proceedings of the 5th International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment Process*. New York, NY: American Society of Civil Engineers, v.1, CD.

DOLAN, R. & DAVIS, E. R., 1992. Rating Noheasters. **Marines Weather Log**.: 4-11

FAEGRI, K., & IVERSEN, J. 1964. Textboock of Pollen Analysis, 2<sup>nd</sup> edn. Munksgaard, Copenhagen 237.p

FIGUEIREDO JR., A. C. 1975. **Geologia dos depósitos calcários biodetríticos da plataforma continental do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. 72 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FLESSA, K. W.; KOWALESKI, M. & WALKER, S.E. 1992. Post-collection Taphonomy: Shell destruction and the Chevrol. **Palaios**, v.7 p.553-554.

- FOLK, R. L. & WARD, W. C. 1957. Brazos River Bar: Study and significance of grain size parameters. **Journal Sedimentary Petrology**, 27(1) 03-26.
- FONZAR, B. C. 1994. A circulação atmosférica da América do Sul – Os grandes sistemas planetários e os subsistemas regionais que atingem o continente: localização e trajetórias. **Caderno de Geociências**, IBGE, Rio de Janeiro, 11: 11-33.
- FORTI-ESTEVEVES, I.R. 1974. Bioestratigrafia e paleoecologia (Mollusca) do Quaternário da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. In: 28 Congresso Brasileiro de Geologia, **Anais**.133-149.
- GODOLPHIM, M. F. 1976. **Geologia do Holoceno costeiro do município de Rio Grande, RS**. Porto Alegre.146p. Dissertação de Mestrado Curso de Pós-graduação em Geociências, UFRGS, (inédito).
- GODOLPHIM, M.F.; ARTUSI, L.; DEHNHART, B.A.; VILLWOCK, J.A. & ESTEVES, I.R.F. 1989. Novas evidências da transgressão holocênica na porção média da Planície Costeira. **Acta Geológica Leopoldense**, São Leopoldo, 12(29): 23-36.
- JOST, H. 1974. Paleossolos Cenozóicos da Província Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre, **Instituto de Geociências**, UFRGS.
- JOST, H.; SOLIANI JR, E. & GODOLPHIM, M.F. 1974. Evolução paleogeográfica da região da Laguna Mirim, R.S. SE Brasil. **Actas Del Primer Congreso Argentino de Paleontologia e Bioestratigrafia**, Tucuman, Argentina, Tomo II, 575-587.
- KIDWELL, S.M.; FÜRSHICH, F.T. & AIGNER, T. 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. **Palaios**, 1: 228-238.
- LOPES, R.P., BUCHMANN, F.S.C., CARON, F. & ITUSSARY, M.E 2001. Tafonomia e Sedimentologia associada aos fósseis de vertebrados (megafauna extinta) encontrados nas barrancas do arroio Chuí e linha de costa, RS, Brasil. **Revista Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, 28(2): 67-74.

- NOBRE, C. A.; CAVALCANTI, M. A. G.; NOBRE, P.; KAYANO, M. T.; BONATTI, J. P.; SATYARMUTI, P.; UVO, C. B. & COHEN, J. C. 1986. Aspectos da climatologia dinâmica do Brasil. **Climanálise**, Número Especial: 124p.
- MARTIN, L. 2003. Holocene sea-level history along Eastern-Southeastern, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências –UFRJ*. 26;13-24
- MARTINS, L. R. 1967. Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. **Publicação Especial da Escola de Geologia**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 13, 102p.
- MEDIANIC, S. 2006. Freshwater algal palynomorph records from Holocene deposits in the coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil. **Review of Paleobotany & Palynology** 141: 83-101
- MEDIANIC, S.; DILLENBURG, S.R.; TOLDO JUNIOR, E. E. 2001. Novos dados palinológicos da transgressão marinha pós-glacial de sedimentos da Laguna dos Patos. **Revista da Universidade de Guarulhos-Geociências** 6: 64-76.
- MOTTA, V. F. 1967. Estudo em modelo reduzido para a regularização da embocadura lagunar de Tramandaí. 2º Congresso Nacional de Transportes Marítimos e Construção Naval. **Soc. Bras. de Eng. Naval**. Rio de Janeiro, RS. 67-117.
- MOTTA, V. F. 1969. Relatório-diagnóstico sobre a melhoria e o aprofundamento do acesso pela barra de Rio Grande. **Instituto de Pesquisas Hidráulicas**, Porto Alegre, RS.
- OERTEL, G.F.; KRAFT, J.C.; KEARNEY, M.S. & WOO, H.J. 1992. A rational theory for barrier-lagoon development. *Quaternary Coasts of the United States: Marine and Lacustrine Systems*, **SEPM Special Publication** 48: 77-87
- PAULA COUTO. 1953. Paleontologia Brasileira (Mamíferos) **Biblioteca Científica Brasileira. Série A**. Rio de Janeiro, 1:1-516.

- PFADENNHAUER, J.; MARIATH, J.E.A.; RAMOS, R.F.; OLIVEIRA, P.L.; MIOTTO, S.T.S. & PORTO, M.L. 1979. Sequência da vegetação da praia na margem oriental da Lagoa Mirim, Banhado do Taim, RGS. **NIDECO Série Taim**, 1: 5-21.
- ROY P.S.; THOM, B.G; WRIGHT, L.D. 1980. Holocene sequences on an embayed high-energy coast: an evolutionary model. **Sedimentary Geology**, 16:1-9.
- SEILACHER, A. 1976. Sonderforschungsbeereich53, Paläökologie. Abeitzsbeicht 1970-1975. **Zentralblatt für Geologie und Minerologie**, II n 5/6, p.203-494.
- SIEGLE, E. 1996. **Distribuição sedimentar ao longo do litoral sul do Rio Grande do Sul e sua relação com a hidrodinâmica local**. Trabalho de Graduação do Curso de Oceanologia, FURG, RS, 91p. (inédito).
- SOBRINHO, M.S. 1961. Reconhecimento geológico nos Banhados do Taim. **Bol. Geogr. do R.S.**, 6 (11): 17-25.
- SOLIANI JR, E. 1973. **Geologia da Região de Santa Vitória do Palmar, RS, e a Posição Estratigráfica dos Fósseis de Mamíferos Pleistocênicos**. Porto Alegre. 88p. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SOLIANI JR, E. & JOST, H. 1974. Mamíferos pleistocênicos e sua posição estratigráfica na Planície Costeira do R.G.S., SE do Brasil. Primer Congreso Argentino de Paleontología y bio-estratigrafía, Tucuman, Argentina. **Atlas Tomo II**: 569-574.
- SPERANSKI, N. 1998. Computer Oriented Atlas of Dynamic Processes in Coastal Zone. **Journal of Coastal Research**. 26: 8-13.

- SPERANSKI, N. CALLIARI, L. J. 1999. Efeito do “Foco Estável” e a erosão costeira localizada. VII Congresso da ABEQUA. **Anais**. Porto Seguro, Bahia, viiabequazco004.pdf
- STRAUCH, J. C. 1998. Caracterização do estado do mar em Rio Grande (RS), Brasil. **XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Rio de Janeiro, Brasil.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. 1978. Quaternary marine formations of the States of São Paulo e Southern of Rio de Janeiro. In: International Symposium on Evolution in the Quaternary, São Paulo, IGCP, Project 61, **Spec. Public.**, 1:55
- TOLDO JR., E. E., MEDEIROS, R.K. 1986. Programa interpola em linguagem basic para Análise estatística de propriedades texturais. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre 18: 91-100.
- THOM, B.G. POLACH, H.A & BOWMAN, G.M 1978. Holocene age structure of coastal sand barriers in New South Wales, Austrália. Geografy Department Report. Canberra, Australia; Duntron, University of New Shout Wales. 86 p.
- TOMAZELLI, L.J. 1985. Contribuição ao conhecimento das fácies de ambiente praial a partir de elementos do Pleistoceno costeiro do Rio Grande do Sul. 2o Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Florianópolis, SC, **Anais**. p. 325-388.
- TOMAZELLI, L. J., 1993. O regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre 20(1): 18-26.
- TOMAZELLI, L.J. 1990. **Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais Holocênicos do nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul - com ênfase no sistema eólico**. Porto Alegre. 270p. Curso de pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Tese de Doutorado.
- TOMAZELLI, L.J.; VILWOCK, J.A.; LOSS, E. L & DEHNHARDT, B. A. 1982. Caracterização de um depósito praial na província costeira do Rio grande do Sul

**Anais** do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador, Bahia. V.4. 1514-1523.

TOMAZELLI, L.J. & VILWOCK, J.A. 1989. Processos erosivos na costa do Rio Grande do Sul, Brasil: evidências de uma provável tendência contemporânea de elevação do nível do mar. **Resumos**, 2º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Rio de Janeiro, ABEQUA, p16.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; BACHI, F.A. & DEHNHARDT, B.A. 1995. A tendência atual do nível relativo do mar na costa do Rio Grande do Sul: uma análise das evidências. 6º Simpósio Sul Brasileiro de Geologia, Boletim de Resumos Expandidos, 281-283, Porto Alegre, RS.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; DILLEMBURG, S.R.; BACHI, F.A. & DEHNHARDT, B.A. 1997. Erosão costeira e transgressão marinha atual na costa do Rio Grande do Sul. In: Congresso ABEQUA, 6º, **Resumos Expandidos**. Curitiba ABEQUA, p.415-419.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; DILLEMBURG, S.R. & DEHNHARDT, B.A. 1998. Significance of present-day coastal erosion and marine transgressive, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. In: Land-Ocean Interactions in Coastal Zone (LOICZ) Meeting; **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 70(2): 221-229.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; BARBOSA, E.G.; BUCHMANN, F.S.C. & SANTOS, L.A.O. 1999. A Erosão costeira no Rio Grande do Sul: Uma avaliação das causas e conseqüências. 7º Congresso da Associação Brasileiro de Estudos do Quaternário, Porto Seguro, **Anais**. Cd-rom.

TOMAZELLI, L.J. & VILLWOCK, J.A. 2000. O Cenozóico do Rio grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. Holz, M & DeRos, L.F. (editores), **Geologia do Rio Grande do Sul**. Edição CIGO/UFRGS. 444p.

TOZZI, H.A.M. 1995. **Morfodinâmica da Praia do Cassino, Rio Grande, RS**. Monografia de conclusão do curso de Oceanologia, FURG, Rio Grande, RS. 56p.

- VASSÃO, C.M. 1951. Reconhecimento topo-hidrográfico da Lagoa Mangueira. **Revista Agros** 3: 119-129
- VILLWOCK, J. A. 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, southern Brazil. A Synthesis. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre. 16: 5-49
- 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. Memórias, Seminário Sobre Ecologia Bentônica y Sedimentacion de la Plataforma Continental Del Atlântico Sur, Montevideú, UNESCO. p. 405-414.
- VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J.; LOSS, E.L.; DEHNHARD, E.A.; HORN, N.O.; BACHI, F.A. & DEHNHARDT, B.A. 1986 Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province. Rabassa, J. (Ed.). **Quaternary of the South America and Antarctic Peninsula**. A.A. Balkema, Rotterdam. 4: 79-97
- VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, 8:1-45. CECO/IG/UFRGS. Porto Alegre, RS.
- WENTWORTH, C. K., 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. **Journal Sedimentology Petrology**, 30: 377-39.

**ANEXOS**

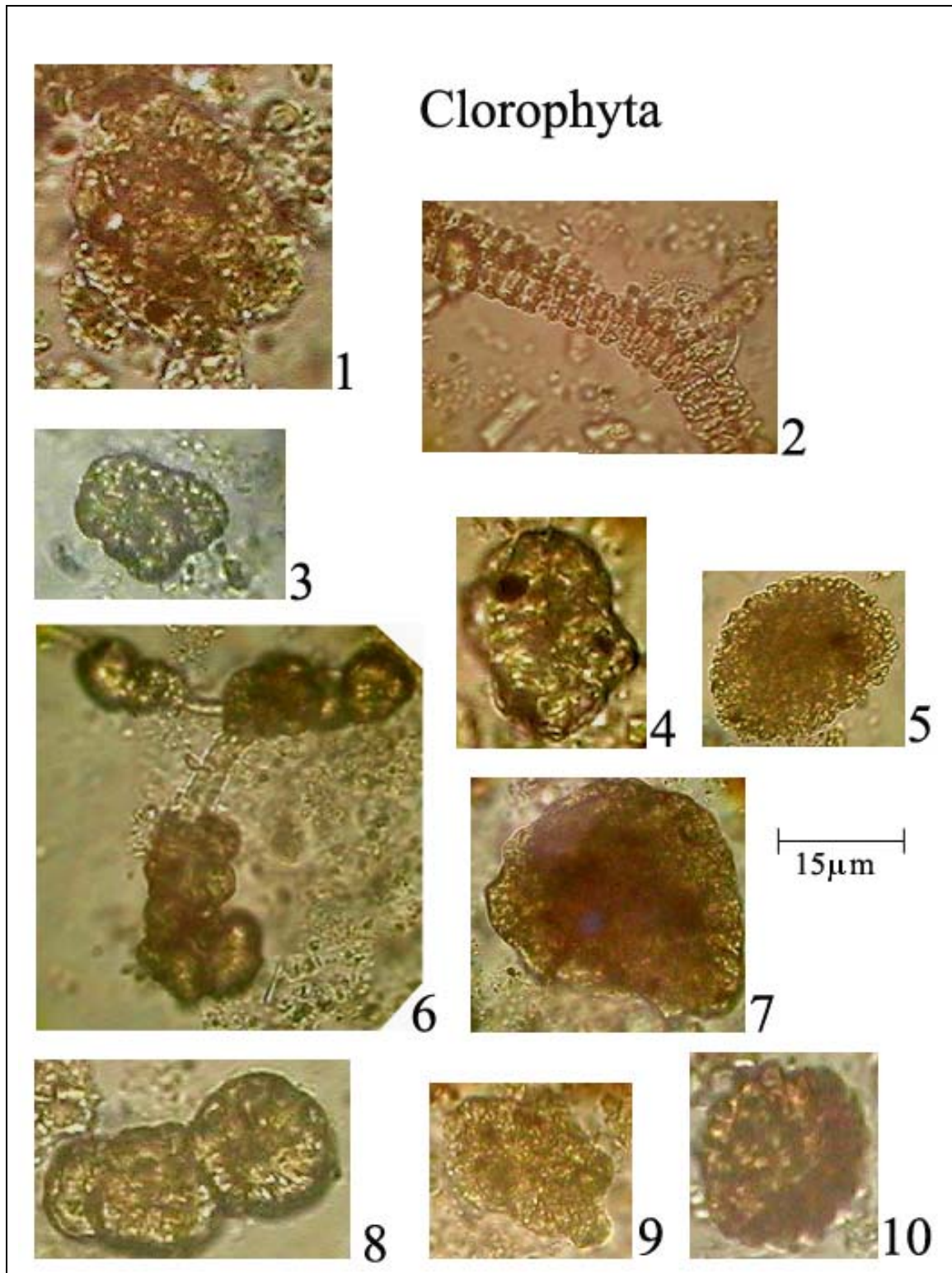


AMBIENTE			SUBSTRATO				ESPÉCIES	AFLORAMENTOS					
Marinho	Mixohalino							Este trabalho	Forti-Esteves (1989) Hermena	Forti-Esteves (1989) Dragado	Forti-Esteves (1989) 4,5km Chuf	Buchmann et al. (1998) Maraviha	
Praia	Enseada	Baía	Rios Lagos Estuários	Arenoso	Areno-lodoso	Lodoso	Rochoso						
			X	X	X			<i>Erodona mactroides</i>	X		X	X	X
			X		X			<i>Tagelus pleibeius</i>	X		X	X	X
			X				X	<i>Heliobia australis</i>	X		X	X	X
	X				X		X	<i>Crassostrea</i>	X		X		
X							X	<i>Crepidula protea</i>	X		X		
X							X	<i>Ostrea equestris</i>		X		X	
X				X			X	<i>Pecten tehuelchus</i>		X			
X				X				<i>Buccinanops sp.</i>	X				X
X	X			X		X		<i>Anadara ovalis</i>		X	X		
X					X		X	<i>Ostrea puelchana</i>	X	X	X	X	
X	X					X		<i>Noentia bisulcata</i>					X
X	X						X	<i>Plicatula gibbosa</i>		X			
X	X	X		X		X		<i>Anachis isabellei</i>	X		X	X	
X		X						<i>Corbula caribaea</i>	X		X	X	
X	X	X		X		X		<i>Anomalocardia brasiliana</i>	X	X	X	X	X
X				X		X		<i>Corbula patagonica</i>	X		X	X	
X					X			<i>Pitar rostratum</i>		X	X	X	
X	X			X	X			<i>Bulla striata</i>					X
X	X			X	X			<i>Nucula uruguayensis</i>			X		
X				X				<i>Nucula semiomata</i>			X	X	
X				X		X		<i>Nucula puelcha</i>			X		
X				X				<i>Causileia gayi</i>		X	X	X	
X				X				<i>Alabina centhidióides</i>			X	X	
X				X				<i>Mactra marplatensis</i>		X		X	
X				X				<i>Mactra isabelleana</i>	X	X	X		
X				X				<i>Mactra patagônica</i>		X			
X				X				<i>Amiantis purpurata</i>		X			X
X				X				<i>Cartamera plata</i>	X		X	X	
X				X				<i>Cardium delicatum</i>		X			
X				X				<i>Chione paphia</i>		X			
								<i>Parodizia uruguayensis</i>			X	X	

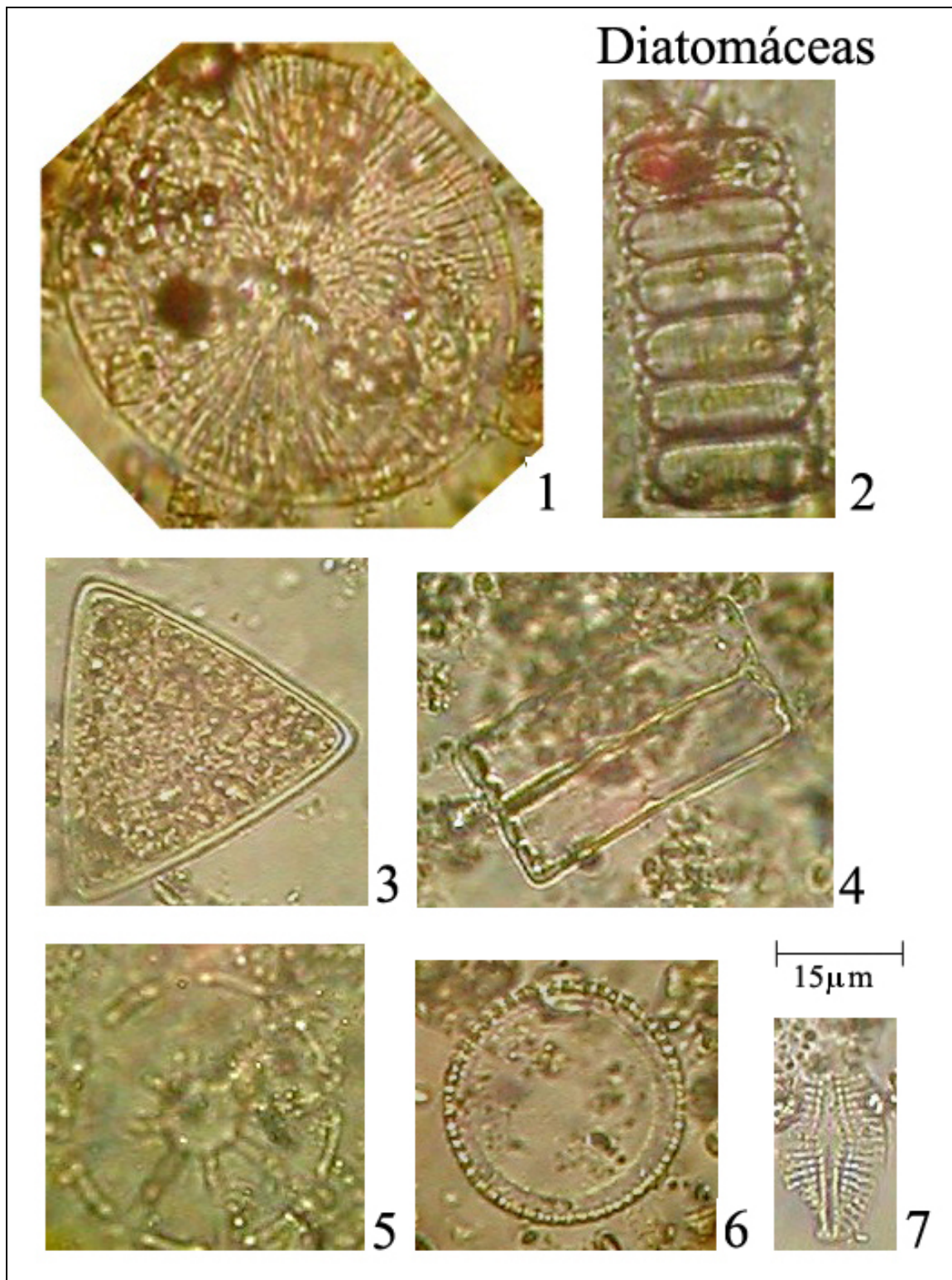
Anexo 11: Tabela comparativa das espécies de moluscos encontradas na região da área de estudo.

Taxa	Profundidade(m)									
	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10
	Amostras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>CHLOROPHYTA</b>										
<i>Botryococcus</i>	75	102	50	200	72	212	110	140	210	190
<i>Spirogyra</i>	-	-	-	-	-	1	2	-	-	6
<b>DINOPHYTA</b>										
<i>Ceratium</i>	2	-	-	-	-	2	2	-	-	2
Cistos indet.	-	-	3	-	8	8	1	-	2	10
<i>Gonyaulax</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6
<i>Gyrodinium</i>	-	-	-	-	-	3	-	-	1	20
<i>Protopteridinium</i>	-	-	-	-	-	4	4	-	1	15
<b>ACRITARCHA</b>										
<i>Michrystidium</i>	-	-	-	-	4	4	1	4	-	2
<b>DIATOMÁCEAS</b>										
<i>Diploneis</i>	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i>	8	20	14	18	60	50	39	32	10	221
<i>Coscinodiscus</i>	-	-	-	-	-	4	-	-	5	10
<i>Actynoptychus</i>	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
<i>Auliscus</i>	-	-	2	-	-	12	-	-	-	-
<i>Melozira</i>	-	-	-	10	-	4	4	2	5	1
<i>Actynocylis</i>	-	-	1	-	-	4	-	-	-	1
<i>Triceratium</i>	-	10	18	24	10	26	22	7	2	4
<b>MAGNOLIOPHYTA</b>										
Anacardiaceae	1	-	-	-	2	-	1	-	-	1
Apiaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Asteraceae	10	-	-	-	2	1	-	-	-	10
Chenopodiaceae	2	25	20	10	20	10	35	30	-	52
Cyperaceae	-	-	-	18	2	20	12	10	-	10
Euphorbiaceae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Moraceae-Urticaceae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Onagraceae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Plantaginaceae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Poaceae	4	10	6	24	10	34	-	15	20	10
<i>Triglochin</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
Verbenaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<b>PTERIDOPHYTA</b>										
<i>Azolla filiculoides</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diksonia</i>	-	-	-	-	-	-	2	6	-	-
<i>Huperzia</i>	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1
<i>Ophioglossum</i>	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
<i>Osmunda</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Polypodiaceae	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
<i>Selaginella</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>BRYOPHYTA</b>										
<i>Anthoceros</i>	-	-	-	3	-	4	-	10	-	2
<i>Phaeoceros</i>	6	-	3	10	-	10	19	8	10	42
<b>MICROFORAMINIFERA</b>										
<b>FITOLITOS</b>	3	5	7	9	120	68	30	8	25	34
<b>SPONGI (espículas)</b>	-	2	-	-	-	4	-	-	4	4
<b>FUNGI</b>	-	-	-	3	4	18	5	2	2	6

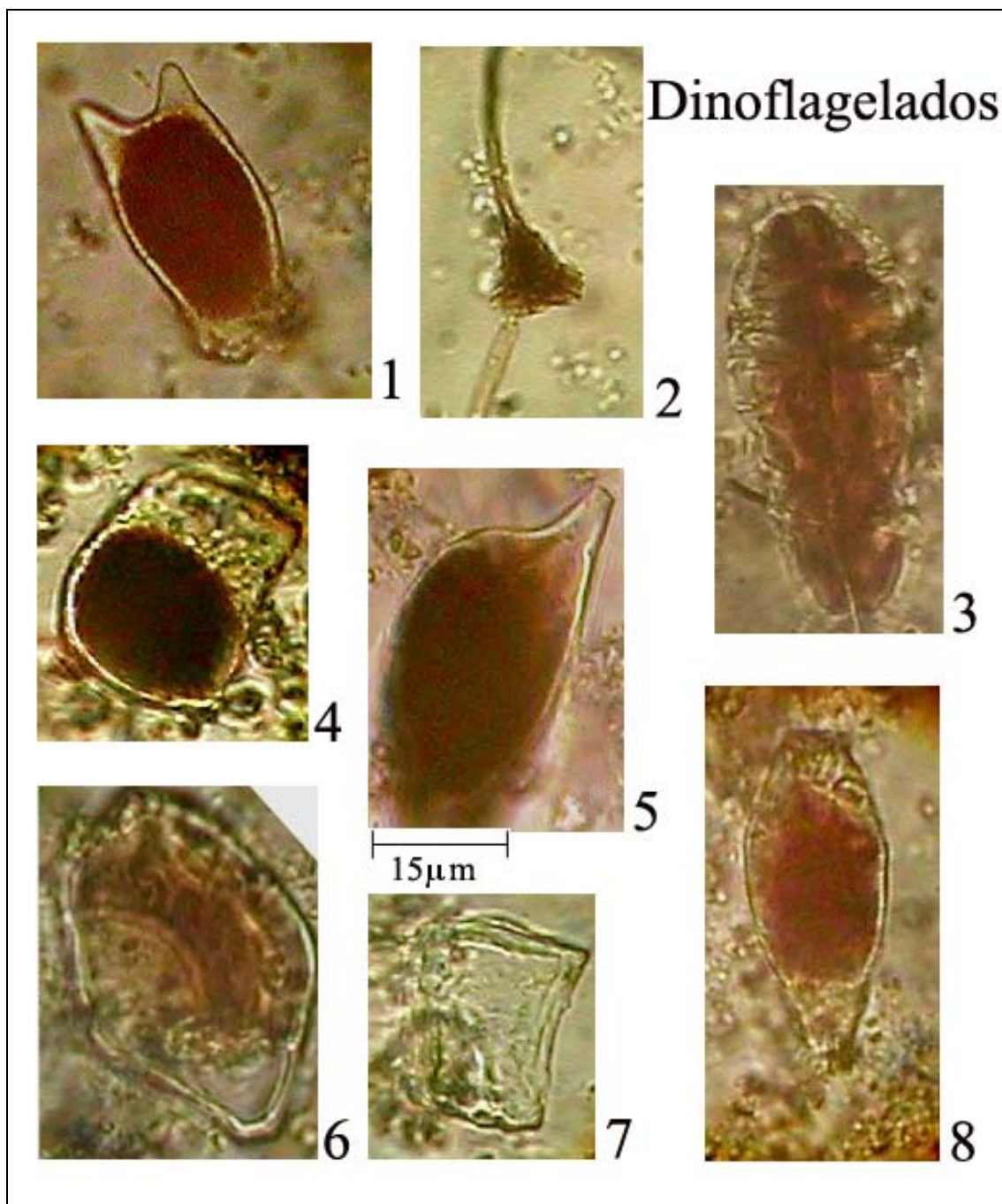
Anexo 12: Composição taxonômica de palinomorfos, diatomáceas, fitólitos e espículas de esponjas e microforaminífera e seu quantidade (exemplares) nas amostras do Afloramento 1 no Arroio Chuí.



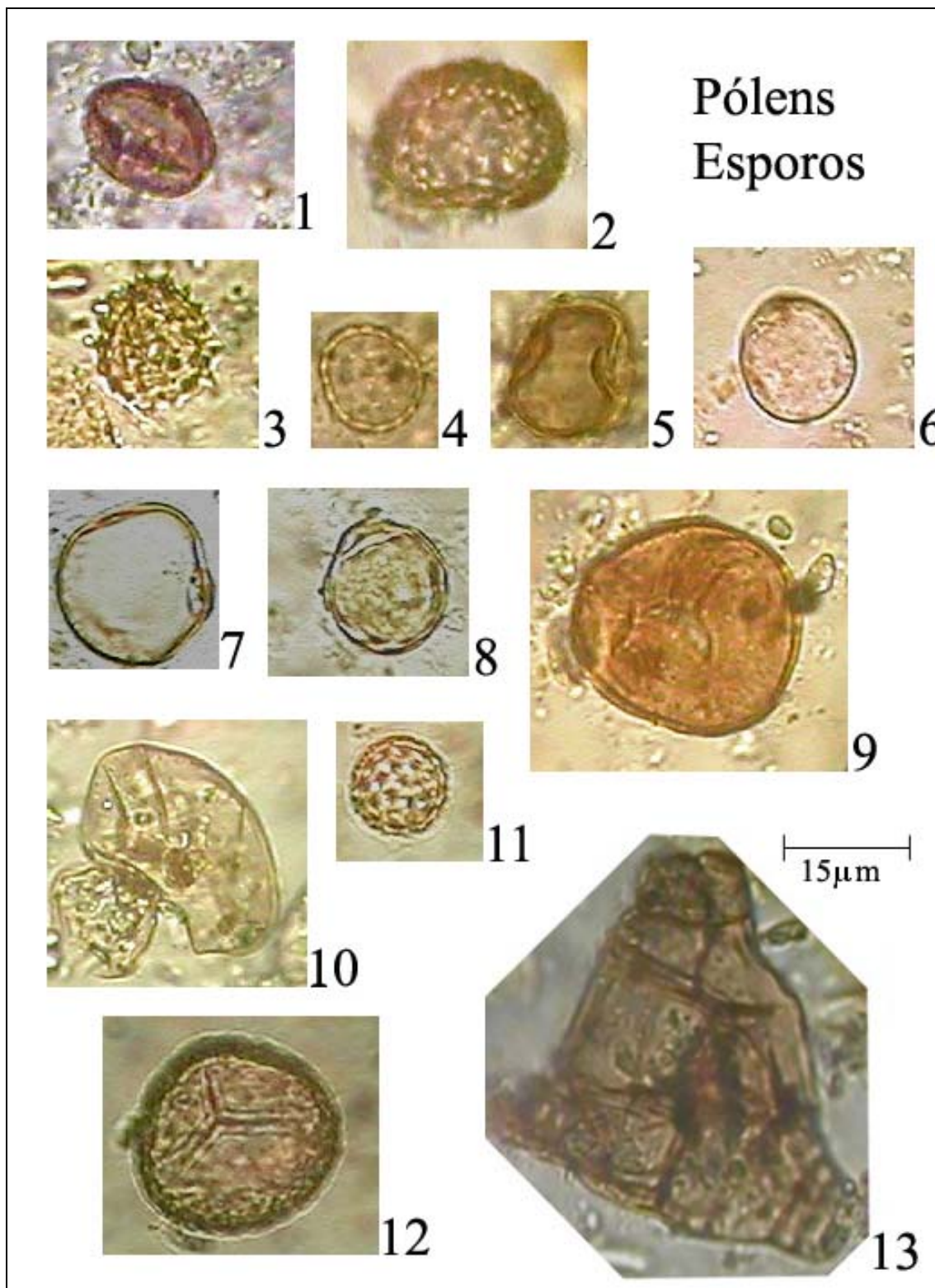
Anexo 13: prancha de fotos de Clorofitas: (1) *Botryococcus*; (2) *Spirogyra* (3) *Botryococcus*; (4) *Botryococcus*; (5) *Botryococcus*; (6) *Botryococcus*; (7) *Botryococcus*; (8) *Botryococcus*. (9) *Botryococcus*; (10) *Botryococcus*.



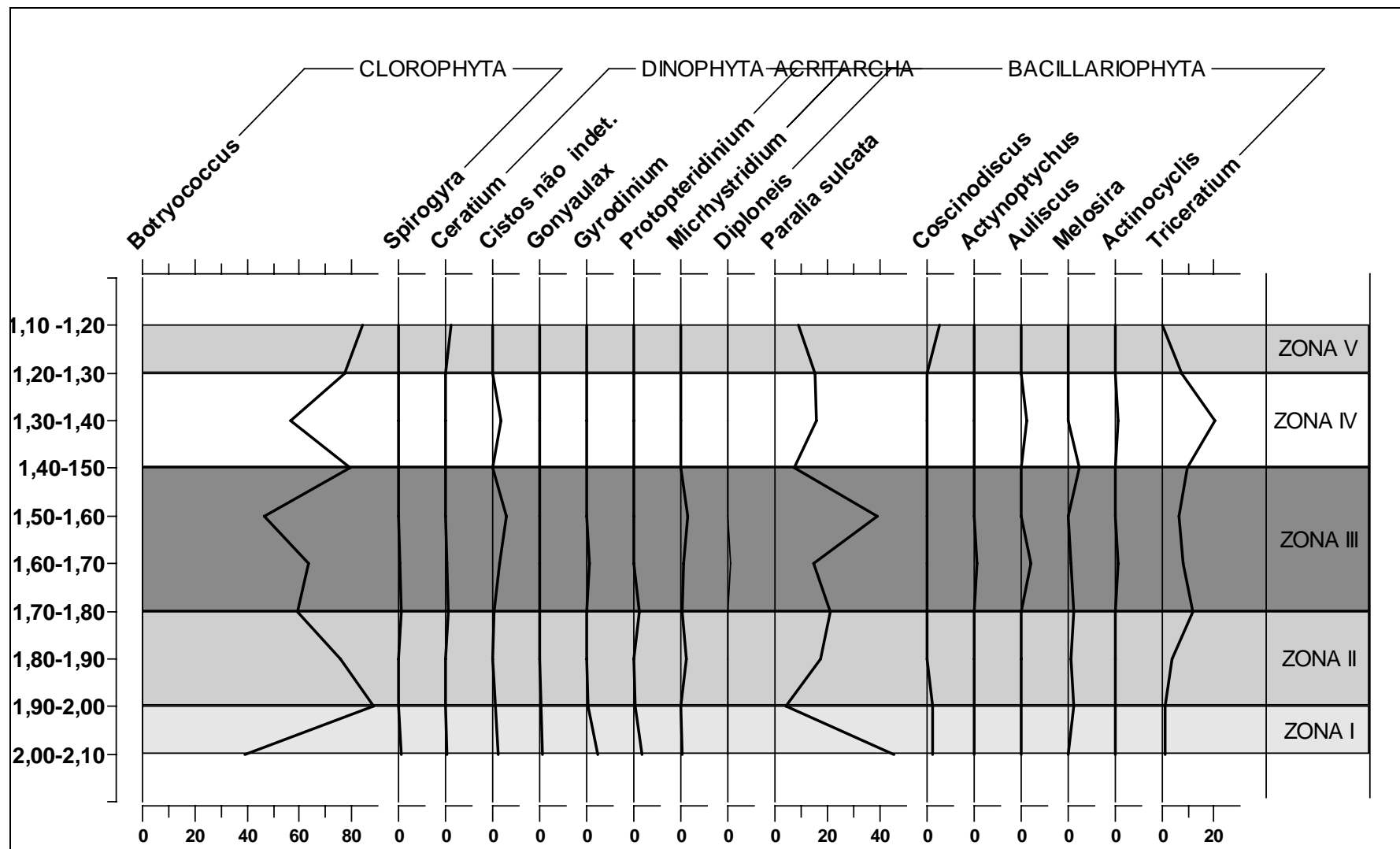
Anexo 14: Prancha de fotos de Diatomáceas: (1) *Aliscus*; (2) *Melosira*; (3) *Triceratium*; (4) não identificada; (5) *Actinocyclus*; (6) *Melosira*; (7) *Dioploneis*.



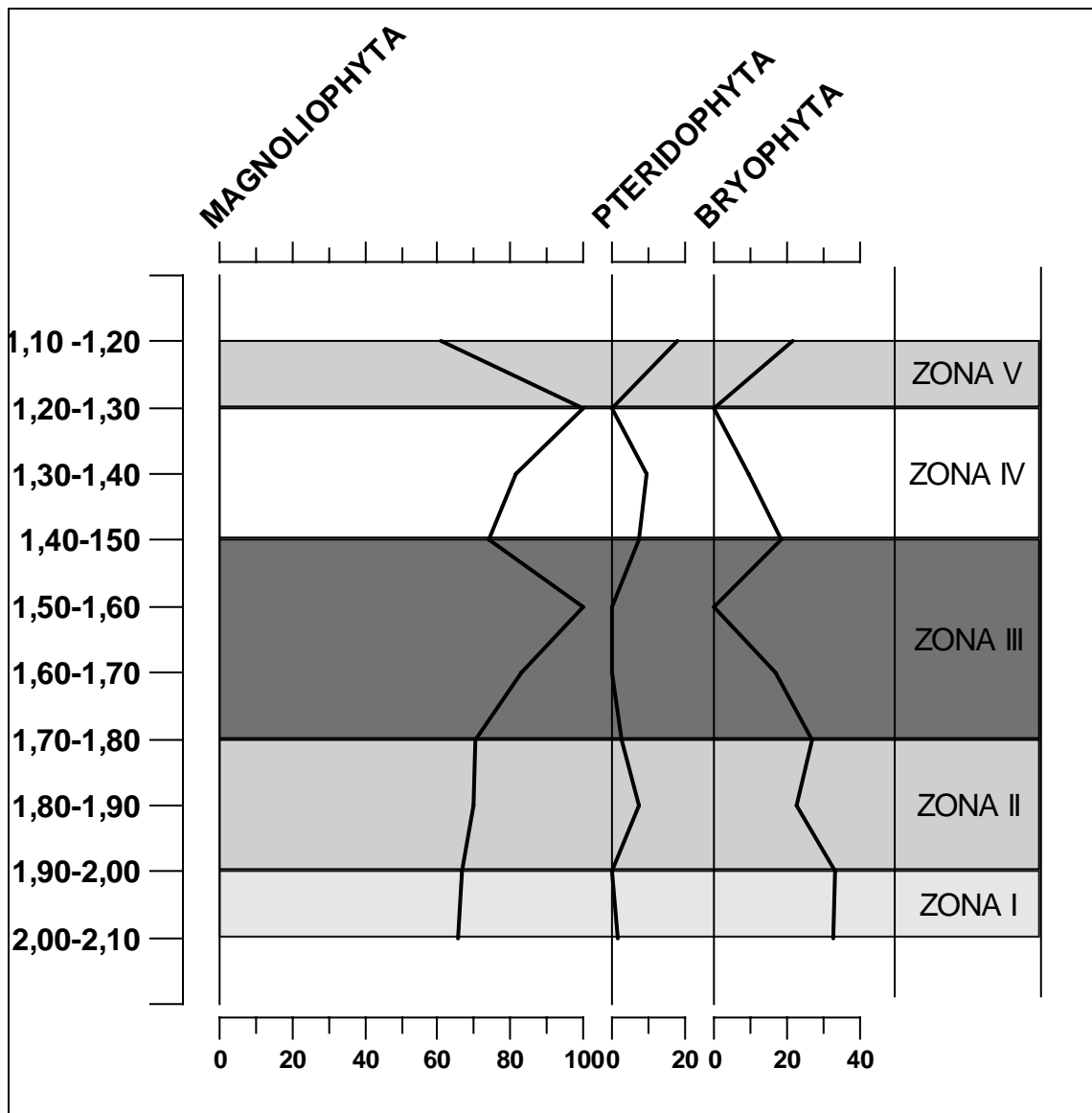
Anexo 15: Pranchas de fotos de Dinoflagelados: (1) *Protooperidinium*; (2) *Ceratium*; (3) *Gonyaulax spinífera*; (4) *Gyrodinium cf. impudicum*; (5) não identificado; (6) *Cisto de Dinoflagelado*; (7) *Protooperidinium* (8) *Gyrodinium cf. impudicum*.



Anexo 16: Prancha de fotos de pólen e esporos: (1) *Anacardiaceae*; (2) *Pteridophyta*; (3) *Asteraceae*; (4) *Chenopodiaceae*; (5) *Cyperaceae*; (6) *Moraceae-Urticaceae*; (7) *Poaceae*; (8) *Verbenaceae*; (9) *Dicksonia*; (10) *Cyperaceae*; (11) *Chenopodiaceae*; (12) *Hyperzia*; (13) *Ludwiga*.

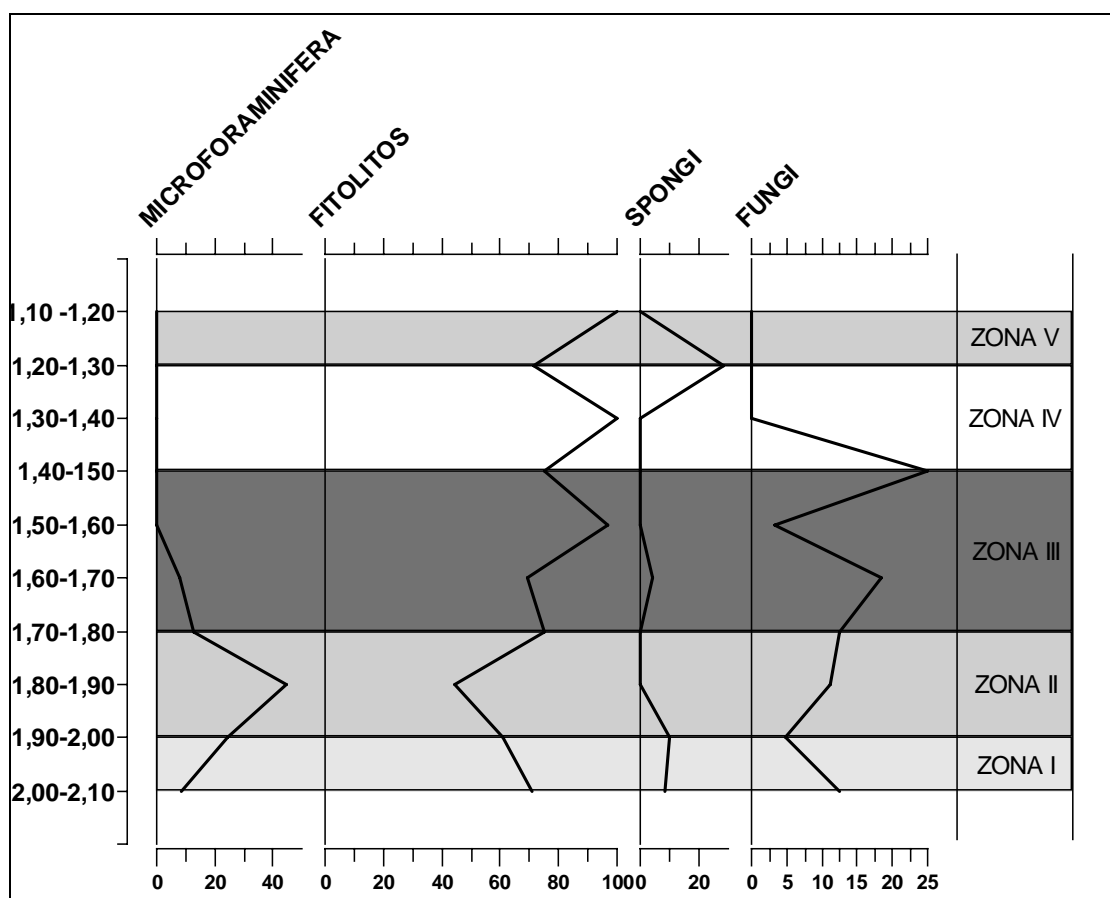


Anexo 17: Palinodiagrama dos grupos de |Clorophyta, Dinophyta, Acristarca, Bacillariophyta e seus respectivos gêneros.



Anexo 18: Palinodiagrama dos grupos de Magnoliophyta, Pteridóphyta, Bryophyta.





Anexo19: Palinodiagrama dos grupos de Microforaminífera, Fitólitos, Spongi, Fungi.

