



**ANÁLISE SISMO-ESTRATIGRÁFICA NO ESTUDO EVOLUTIVO
DE PALEOCANAIS DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL**

Porto Alegre, 2011

EDUARDO CALIXTO BORTOLIN

**ANÁLISE SISMO-ESTRATIGRÁFICA NO ESTUDO EVOLUTIVO
DE PALEOCANAIS DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto a disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Jair Weschenfelder

Porto Alegre, 2011

Bortolin, Eduardo Calixto

Análise sismo-estratigráfica no estudo evolutivo de paleocanais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. / Eduardo Calixto Bortolin - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2011.

[64f]. il.

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2011.

Orientação: Prof. Dr. Jair Weschenfelder

1. Paleocanais. 2. Estratigrafia. 3. Perfil Litológico. 4. Lagoa dos Patos 5. Paleoambiente. 6. Geofísica. I. Título.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “**ANÁLISE SISMO-ESTRATIGRÁFICA NO ESTUDO EVOLUTIVO DE PALEOCANAIS DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL**”, elaborado por “EDUARDO CALIXTO BORTOLIN”, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Iran Carlos Stalliviere Corrêa

MSc. Leonardo Gonçalves de Lima

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Jair Weschenfelder, por estar sempre presente guiando as etapas deste trabalho.

Agradeço ao Iran Carlos Stalliviere Corrêa por fornecer os dados sísmicos utilizados neste trabalho.

Obrigado ao Jair Weschenfelder, Ricardo Baitelli, Iran Carlos Stalliviere Corrêa pelas discussões realizadas na sala e pelos momentos de descontração, sempre acrescentando no meu crescimento acadêmico e pessoal.

A bióloga Beatriz Apple Dehnhardt, pela classificação dos fósseis enviados à datação.

Ao professor Gilberto Silveira dos Santos pelo apoio durante as etapas em laboratório e por estar sempre disposto a ajudar.

Aos professores que durante os cinco anos de curso se empenharam para dar uma boa aula e contribuir para a minha formação acadêmica e pessoal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, por financiar este projeto.

Aos amigos que fiz durante o curso, que deram dicas importantes para execução deste trabalho e pelos momentos de descontração.

Aos meus pais, Marta e Rogério, que financiaram meu estudo e depositaram confiança em mim. Ao meu irmão, Rafael, que também é um grande amigo.

Aos amigos da equipe de voleibol da UFRGS, pelo espírito de grupo, raça e alegria transmitidos a cada competição disputada e a cada treino!

EPÍGRAFE

"Não há fatos eternos, como não há verdades absolutas"

Friedrich Nietzsche

RESUMO

Levantamentos geofísicos realizados por meio de perfis sísmicos, com cerca de 700 km de extensão, proporcionaram a aquisição de dados sísmicos de alta frequência (3,5 kHz) na Lagoa dos Patos, nos anos de 2002 e 2006. Nos registros sísmicos é possível observar refletores truncados evidenciando feições erosivas, algumas interpretadas como paleocanais. Estas feições ocorrem em locais específicos, no interior da laguna, próximos às localidades de Bojuru, Mostardas e Palmares. A investigação sísmica de alta resolução permitiu a classificação de unidades sísmicas utilizando padrões de terminação, configuração interna e geometria externa dos refletores. Isto possibilitou realizar interpretações sobre a gênese e o preenchimento dos paleocanais, revelando a geometria e disposição espacial dos pacotes sedimentares. Para auxiliar no estudo da evolução geológica destes paleocanais foram feitos 3 furos de sondagem estratigráfica, dentro da Lagoa dos Patos, próximos às três localidades onde o mapeamento geofísico havia indicado a presença destas estruturas erosivas. As amostras recuperadas através da sondagem estratigráfica possibilitaram a elaboração de um perfil litológico, que foi correlacionado às superfícies de impedância acústica observadas nas imagens sísmicas. A ligação furo de sondagem-perfil teve uma boa resposta. As unidades sísmicas são correlacionáveis aos pacotes sedimentares e possibilitaram interpretações relevantes para este trabalho. Datações fossilíferas realizadas pelo método C-14 revelaram que a gênese destes paleocanais, provavelmente, ocorreu durante a última regressão pleistocênica e que o preenchimento das paleodrenagens ocorreu durante o Holoceno. As variações glacio-eustáticas são responsáveis por mudanças na morfologia do paleoambiente e na geometria de preenchimento do paleocanal. Estas mudanças são consequência de variações em sua competência.

Palavras – Chave: Paleocanais; Estratigrafia; Perfil Litológico; Lagoa dos Patos; Paleoambiente; Geofísica.

ABSTRACT

Geophysical surveys carried out by means of seismic profiles, about 700 km in length, provided the acquisition of seismic data, high frequency (3,5 kHz), in the Patos Lagoon, in the years 2002 and 2006. In seismic records can be observed truncated reflectors of erosional features, some interpreted as paleochannels. These features occur at specific locations within the lagoon, near the towns of Bojuru, Mostardas and Palmares. The high-resolution seismic survey allowed the classification of seismic units using standard termination, setting internal and external geometry of the reflectors. This will make it possible interpretations of the genesis and the infilling of paleochannels, revealing the geometry and spatial arrangement of the sedimentary packages. To assist in the study of the geological evolution of these paleochannels were made three stratigraphic boreholes within the Patos Lagoon, near the three locations where the geophysical mapping had indicated the presence of these erosional structures. The samples recovered by drilling stratigraphic enabled the creation of a lithological profile, which was correlated to the surfaces of acoustic impedance observed in seismic images. The link-borehole profile had a good response. The seismic units are correlated to the sedimentary packages and possible interpretations relevant to this work. Dating fossiliferous performed using C-14 revealed that the genesis of these paleochannels probably occurred during the last Pleistocene regression and that the fulfillment of paleochannels during the Holocene. The glacio-eustatic variations are responsible for changes in morphology and geometry of the paleochannels fill. These changes are the result of variations in their location.

Key words: Paleochannels; Stratigraphy; Lithologic Profile; Patos Lagoon; Paleoenvironment; Geophysics.

LISTA DE FIGURAS

Fig.	Descrição	Pág.
Fig. 1	Mapa de localização da Lagoa dos Patos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, ilustrando os perfis sísmicos realizados e a localização dos furos de sondagem.	5
Fig. 2	Método sísmico com fonte ressonante de 3,5 kHz.	9
Fig. 3	Padrões de terminação de refletores, nos limites, superior e inferior, de uma sequência sísmica.	10
Fig. 4	Padrões de configuração interna de refletores sísmicos.	12
Fig. 5	Padrões de geometria externa dos pacotes sedimentares.	13
Fig. 6	(A) balsa montada com o equipamento SPT, sendo rebocada até o local de execução do furo de sondagem; (B) parte da equipe trabalhando na execução do furo de sondagem.	14
Fig. 7	Histogramas de frequências simples, para granulometria com intervalo de $\frac{1}{2} \Phi$, das amostras arenosas coletadas no furo de sondagem de Bojuru.	20
Fig. 8	Perfil litológico criado para o furo de sondagem realizado em Bojuru, com as características faciológicas para cada profundidade.	21
Fig. 9	(A) – Imagem sísmica com principais superfícies de impedância acústica destacadas; o perfil litológico está posicionado e correlacionado; (B) – Ampliação do segmento da figura 9A, onde está correlacionado o perfil litológico.	23
Fig. 10	(A) – Fotografia do fóssil da espécie <i>Ostrea equestris</i> , selecionado na profundidade de 12 a 13m.; (B) – Fotografia do fóssil da espécie <i>Heleobia australis</i> , selecionado na profundidade de 19 a 20 m.	25
Fig. 11	Histogramas de variação granulométrica, de $\frac{1}{2} \Phi$ em $\frac{1}{2} \Phi$, para amostras arenosas do furo de sondagem realizado em Mostardas.	27
Fig. 12	Perfil litológico construído para o furo de sondagem realizado em Mostardas, contendo as variações faciológicas observadas na amostra.	29

- Fig. 13 (A) – Imagem sísmica, com principais superfícies de impedância acústica, com perfil litológico posicionado e correlacionado; (B) – Ampliação do segmento da imagem (A), onde está o Perfil litológico. 32
- Fig. 14 (A) – Fóssil de *Anomalocardia brasiliiana* selecionado em amostra coletada na profundidade de 11,5 m.; (B) – Fóssil de *Anomalocardia brasiliiana* selecionado em amostra coletada na profundidade de 13,4 m. 33
- Fig. 15 Estrutura e relações estratigráficas dos Sistemas Laguna Barreira. 34
- Fig. 16 Feição geomorfológica “Barra Falsa” e suas relações espaciais com a Barreira Arenosa III e Barreira Arenosa IV. 38
- Fig. 17 (A)- Imagem sísmica com destaque ao padrão e configuração interna progradante oblíquo, dos refletores. (B)- Morfologia de uma sessão transversal de um rio meandrante. (C) – Meandro atual do Rio Camaquã. 42
- Fig. 18 Correlação entre o furo de sondagem A (realizado em 2002 na “Barra Falsa”) e o furo de sondagem B (realizado em 2010 dentro da laguna). 44

LISTA DE QUADROS

QUADRO	DESCRIÇÃO	PÁGINA
Quadro 1	Parâmetros de reflexão sísmica usados em sismo-estratigrafia e seus significados geológicos.	11
Quadro 2	Apresenta a localidade, a coordenada, o dia, o total de metros perfurados, a profundidade da lâmina d'água e o tempo de duração da execução para cada furo.	14

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. ÁREA DE ESTUDO	3
3. METODOLOGIA	6
3.1. SÍSMICA.....	6
3.1.1. Dados Sísmicos	8
3.2. SISMO-ESTRATIGRAFIA	9
3.3. DADOS DE SONDAGEM ESTRATIGRÁFICA.....	13
3.4. CORRELAÇÃO POÇO – PERFIL	15
4. RESULTADOS	17
4.1. PALEOCANAL DE BOJURU.....	17
4.1.1. Histogramas de Distribuição Granulométrica	17
4.1.2. Perfil Litológico.....	18
4.1.3. Correlação entre Perfis Sísmico e Litológico	20
4.1.4. Datação Fossilífera	25
4.2. PALEOCANAL DE MOSTARDAS.....	26
4.2.1. Histogramas de Distribuição Granulométrica	26
4.2.2. Perfil Litológico.....	28
4.2.3. Correlação entre Perfis Sísmico e Litológico	30
4.2.4. Datação Fossilífera	33

5. DISCUSSÃO	34
5.1. ESTUDOS SÍSMICOS NA LAGOA DOS PATOS	35
5.2. “BARRA FALSA” - EVIDÊNCIA DE UM PALEOCANAL DE LIGAÇÃO COM O OCEANO.....	36
5.3. INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS.....	38
5.3.1. Integração dos Dados de Bojuru.....	39
5.3.1.1. Correlação com furos de sondagens anteriores	41
5.3.2. Integração dos Dados de Mostardas	45
5.4. COMPARAÇÃO COM CURVAS GLACIO-EUSTÁTICAS	46
5.5. RELEVÂNCIA DO ESTUDO DE PALEOCANAIS	47
6.CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) está situada na porção leste do estado do Rio Grande do Sul; é a porção mais superficial e proximal do pacote sedimentar da Bacia de Pelotas (Tomazelli & Villwock, 2000).

Na PCRS, feições geomorfológicas indicam variações glacio-eustáticas do nível do mar ocorridas no Quaternário. Dentre estas, recebem destaque, neste trabalho, paleocanais de drenagens fluviais.

Os paleocanais da PCRS têm sua gênese vinculada aos eventos de regressão marinha ocorridos no final do Quaternário. A identificação das paleodrenagens foi feita a partir da interpretação de dados de mapeamentos sísmicos de alta resolução e frequência (3,5 kHz), realizados em 2002 e 2006. Refletores sísmicos revelaram a geometria e as dimensões dos paleocanais. A formação dos canais de drenagem fluvial e o seu preenchimento sedimentar são marcados nos registros sísmicos por superfícies de refletores e estes eventos estão relacionados, respectivamente, a regressões e transgressões marinhas.

Foram realizados por Weschenfelder *et al.*, (2005b) e Weschenfelder *et al.* (2008) trabalhos utilizando amostras de um furo de sondagem estratigráfica na feição geomorfológica conhecida como “Barra Falsa”, correlacionado a perfis sísmicos. A “Barra Falsa” foi interpretada como remanescente de um antigo canal de ligação entre a Lagoa dos Patos e o Oceano Atlântico (Toldo *et al.*, 1991). Porém, há questionamentos quanto a esta afirmação, pois no mapeamento sísmico realizado em 2002 e 2006, o paleocanal estaria cerca de 5 km de distância do local de realização da sondagem, sendo a Barra Falsa uma estimativa da trajetória da antiga drenagem fluvial.

Recursos possibilitaram que fosse executado um furo de sondagem dentro da Lagoa dos patos, no exato local onde o mapeamento sísmico acusou a presença dos paleocanais.

Na tentativa de corroborar a interpretação obtida a partir das imagens sísmicas, as amostras dos testemunhos de sondagem foram analisadas por meio de

estudos granulométricos e datação de fósseis, que permitiram a montagem de um perfil litológico.

O objetivo principal deste trabalho é identificar nas amostras coletadas nos testemunhos de sondagem uma correspondência na imagem sísmica, buscando uma ligação entre a sísmica e o perfil litológico. Objetivos secundários do trabalho são: comprovar interpretações feitas anteriormente e contribuir no estudo evolutivo da PCRS.

2. ÁREA DE ESTUDO

A Província Costeira do Rio Grande do Sul é um termo proposto por Villwock (1972) para se referir a “um grupo de elementos geológicos característico da margem continental brasileira entre os paralelos 28° 40' e 33° 45' de latitude sul”.

A Província Costeira do Rio Grande do Sul está em *onlap* sobre o Escudo Sul riograndense Pré-Cambriano, rochas vulcânicas e sedimentares da Bacia do Paraná, Paleo-Mesozóicas. Nela está contida a mais ampla planície costeira do país, que cobre uma área de 33.000 km², possui uma linha de costa com uma orientação NE-SW estendendo-se por uma distância de cerca de 620 km, desde Torres até a desembocadura do Arroio Chuí. Em alguns setores a PCRS alcança 100 km de largura, preservando o registro geológico e geomorfológico do Quaternário (Tomazelli & Villwock, 2000).

A respeito do transporte e da descarga de sedimentos para o Oceano Atlântico, Tomazelli & Villwock (2000) afirmam que “... desde Torres ao Chuí, a costa arenosa baixa, somente é interrompida, de forma temporária, em dois locais mais importantes, correspondentes às desembocaduras da Laguna de Tramandaí e da Lagoa dos Patos”.

As mudanças mais importantes ocorridas na PCRS foram causadas por oscilações glacio-eustáticas. Segundo Corrêa (1986) o último evento transgressivo começou há aproximadamente 17.500 anos, quando o nível do mar estava aproximadamente 120-130 metros abaixo do atual. Utilizando dados batimétricos, Corrêa (1986) identificou 5 terraços marinhos distintos na plataforma continental do Rio Grande do Sul, que teriam sido formados durante as transgressões do Holoceno. A presença destes terraços está vinculada, provavelmente, às antigas linhas de costa formadas quando o nível do mar estabilizou-se temporariamente sobre estas superfícies, durante a grande transgressão holocênica.

Segundo Tomazelli & Villwock (2000) o crescimento e modelamento morfológico da PCRS ocorreram durante o Quaternário, iniciando com o desenvolvimento de um sistema de leques aluviais nas áreas próximas às áreas fonte, seguidos da construção de quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira, responsáveis pela formação dos corpos lagunares na PCRS em consequência de variações no nível do mar.

A Lagoa dos Patos merece destaque dentre os corpos lagunares desenvolvidos na PCRS, principalmente pela sua dimensão, com 240 Km de extensão orientada na direção NE-SW, largura de 40 Km, profundidade média de 6 metros e cobrindo uma área de aproximadamente 10.000 Km². A laguna recebe água de uma enorme rede de drenagens e tem somente um ponto de descarga, na desembocadura do Canal de Rio Grande (Toldo *et al.*, 2000).

Toldo (1991) estudou a gênese do corpo lagunar através das características morfológicas e sedimentológicas da Lagoa dos Patos, fazendo parte desse estudo processos costeiros responsáveis pela construção de paleolinhas de costa e a formação de pontais e bancos arenosos, que adentram o corpo lagunar.

Leinz (1948) realizou um dos primeiros trabalhos que identificaram paleodrenagens na PCRS, por meio de furos de sondagem na região do Passo do Mendonça, às margens do Rio Camaquã. O autor concluiu que: *“...o leito atual do Rio Camaquã é muito mais elevado do que seu leito original. Este antigo leito do rio possui uma profundidade mínima de 55 metros (talvez mais) e seu piso está, hoje, 35 metros mais baixo que o nível do mar...”*

Com relação a “Barra Falsa”, situada na localidade de Bojuru (margem leste da Lagoa dos Patos), Toldo *et al.* (1991) evidenciaram a feição como sendo uma feição reliquiar de um paleocanal que comunicava a Lagoa dos Patos ao Oceano Atlântico. Nesse trabalho o grupo de pesquisa utilizou para tal interpretação a datação e identificação microfaunística de materiais biodetríticos obtidos de testemunhos geológicos do piso lagunar.

Estudos desenvolvidos por meio de dados sísmicos de alta frequência (3,5 kHz) e resolução foram realizados na região da PCRS, principalmente em Bojuru, identificaram estruturas de formação e preenchimento sedimentar de paleocanais. Foi efetuado um furo de sondagem estratigráfica na “Barra Falsa”, correlacionando com os dados sísmicos. Diversos estudos concluíram que o paleocanal identificado em Bojuru era o antigo leito do Rio Camaquã e a “Barra Falsa” é uma evidência do seu antigo trajeto (Weschenfelder *et al.*, 2005a, 2005b; Weschenfelder *et al.*, 2007; Weschenfelder *et al.*, 2008; Weschenfelder *et al.*, 2010).

Neste estudo a abordagem será feita para as áreas de Bojuru e Mostardas, em locais previamente selecionados a partir de dados sísmicos, os quais indicaram a presença de paleocanais. Nestes locais foram realizados dois furos de sondagem estratigráfica dentro da laguna (Fig. 1).

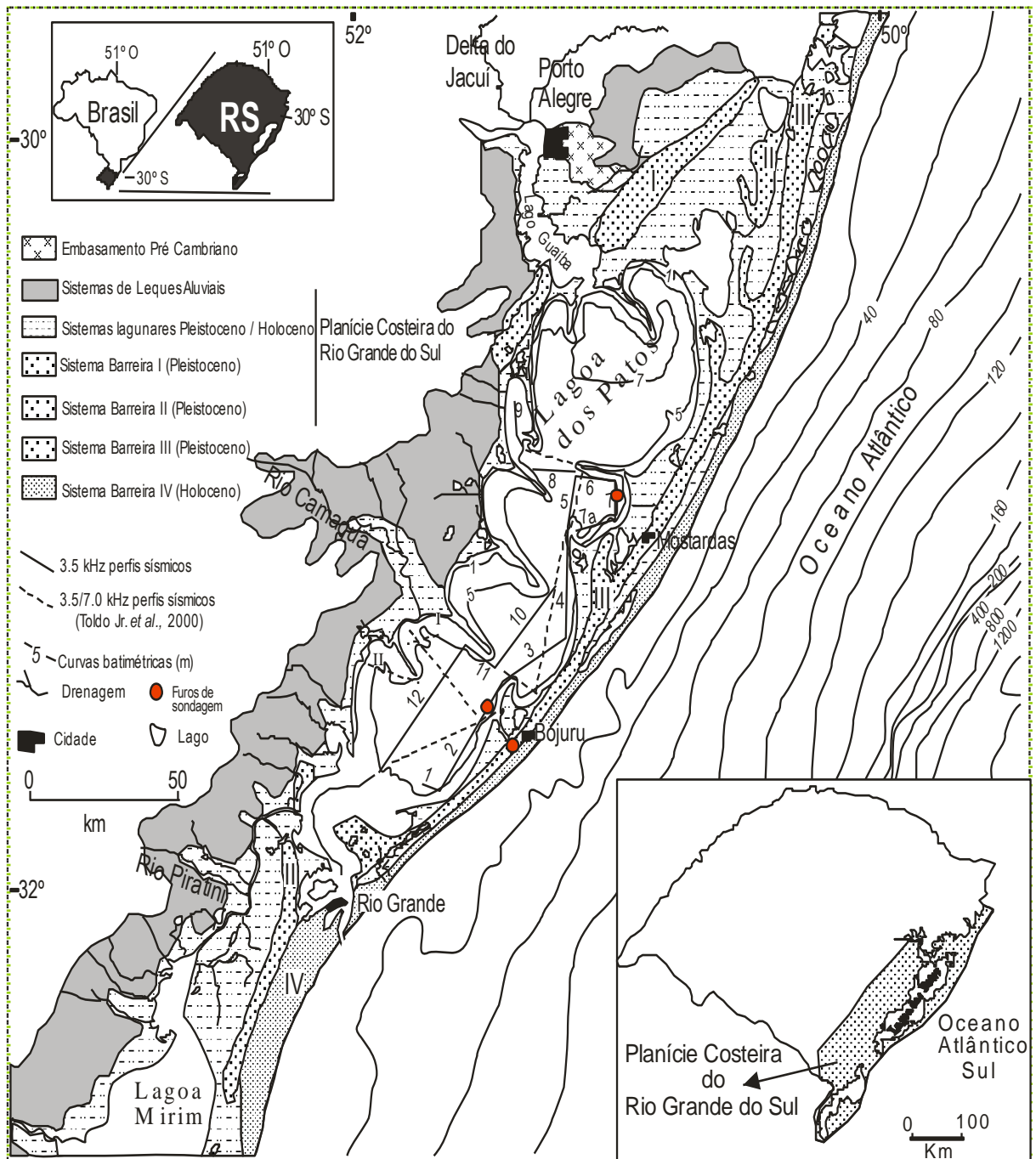


Figura 1. Mapa de localização da Lagoa dos Patos, dos perfis sísmicos e dos furos de sondagem, na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Planície Costeira do Rio Grande do Sul, modificada de Tomazelli e Vilwock, 2000).

3. METODOLOGIA

Neste capítulo serão abordadas as metodologias utilizadas neste trabalho, que compreendem basicamente métodos sísmicos, sismo-estratigráficos, de sondagem estratigráfica e de correlação entre perfil litológico e perfil sísmico. Alguns conceitos a respeito das metodologias também serão apresentados.

3.1. SÍSMICA

A sísmica tem grande valor nos estudos geológicos, pois por meio dos estudos sísmicos é possível analisar os registros, que permitem a interpretação da evolução geológica de uma bacia sedimentar. Em uma imagem sísmica podem aparecer estruturas sedimentares de preenchimento, de erosão, falhas, estruturas do embasamento, mergulho e espessura de camadas, presença de gás biogênico, além de outras feições morfológicas existentes abaixo da superfície.

Os métodos sísmicos baseiam-se no fato de as ondas elásticas se propagarem no meio físico, durante a propagação cada meio físico tem uma resposta diferente à passagem da onda elástica; a diferença nas respostas é influenciada por propriedades físicas dos materiais como porosidade, conteúdo de fluidos e composição mineral (Ribeiro, 2001).

Um dos principais elementos utilizados na sísmica para reconhecimento de diferentes superfícies e contatos entre litologias é a impedância acústica, produto entre a velocidade do som e a densidade do meio físico no qual a onda se propaga. O coeficiente de reflexão é função da diferença de impedância acústica entre dois meios. Quanto maior for esta diferença, maior será a quantidade de energia refletida. Um sedimento mais compacto, menos poroso e com um teor de água menor será mais denso e refletirá uma quantidade maior de energia. Por outro lado, sedimentos porosos e saturados, com densidade um pouco maior que a da água do mar, serão pouco reflectivos (Ayres, 2001).

A variação nas propriedades físicas dos materiais permite a aplicação de métodos acústicos no estudo de camadas sedimentares. Quando uma frente de onda desloca-se e encontra uma interface entre dois meios físicos com propriedades

elásticas diferentes, parte da energia será direcionada para o segundo meio, parte será refletida e parte será absorvida.

Existem vários tipos de fontes sísmicas utilizadas na aquisição de dados sísmicos, cada uma com uma frequência específica para a profundidade que se deseja estudar. De uma maneira geral, quanto maior for o espectro de frequência de uma fonte sísmica, maior será a sua atenuação e, por conseguinte, menor sua capacidade de penetração abaixo do fundo. Os canhões de ar de grande volume emitem um sinal de baixa frequência, em torno de 60Hz, e são usados para investigação geológica até profundidades da ordem de 4 a 5 quilômetros abaixo do fundo marinho. É utilizado principalmente pela indústria do petróleo em arranjos de vários canhões que são disparados de forma a melhorar a forma do pulso acústico transmitido (Ayres, 2001).

As fontes com frequências mais altas produzem um registro com maior resolução: em outras palavras, permitem uma maior definição de imagem das camadas geológicas logo abaixo do fundo. Para esta finalidade foram desenvolvidos alguns tipos de fontes especiais que emitem um sinal na faixa de 3 a 7 kHz.

Quanto menor a frequência maior o comprimento de onda do sinal e, portanto menor a capacidade de diferenciar duas camadas muito próximas. A escolha de um equipamento do tipo SBP (*sub-bottom profiler*) implica normalmente na utilização de um sinal acústico com frequência da ordem de 2 a 12 kHz.

As fontes ressonantes (utilizadas neste trabalho) são ao mesmo tempo emissoras e receptoras do sinal sísmico, diferentemente dos sistemas que utilizam *boomers* e *sparkers* como fontes sísmicas, que necessitam de um receptor (hidrofonos). As principais características das fontes ressonantes são a melhor repetibilidade do sinal emitido e a baixa potência necessária para geração dos sinais. São equipamentos mais simples e compactos permitindo a operação em embarcações de pequeno porte. A capacidade de penetração destas fontes pode chegar a 50 metros abaixo do fundo, dependendo do tipo de sedimento.

3.1.1. Dados Sísmicos

Com o intuito de ampliar os conhecimentos que se referem à geologia costeira do estado do Rio Grande do Sul, foram realizados mapeamentos sísmicos de alta resolução e frequência (3,5) kHz na Lagoa dos Patos, nos anos de 2002 e 2006, a bordo da Lancha Oceanográfica LARUS da Fundação Universidade do Rio Grande (FURG). Os perfis sísmicos foram distribuídos ao longo de aproximadamente 700 Km de extensão, na Lagoa dos Patos, geralmente paralelos à costa ou aos pontais arenosos.

Foi utilizado na aquisição dos dados um equipamento perfilador de subsuperfície GeoAcoustics, sistema analógico e digital, que pode operar em um intervalo de frequência de 2 a 12 kHz. Esse sistema de aquisição é composto basicamente por transmissor (Geopulse 5210 A), transdutor (Geopulse 132B) de quatro elementos, impressora (EPC HSP 1086), unidade de processamento (GeoPro) e unidade digital com software de aquisição (*SonarWiz*). O transdutor foi fixado na lateral da embarcação, servindo ao mesmo tempo como emissor e receptor do sinal acústico. Durante o levantamento os dados sísmicos foram gravados no formato digital SEG-Y e simultaneamente impressos em papel termicamente ativado.

Foram observadas nos registros, mais especificamente nos perfis próximos e paralelos, às localidades de Bojuru, Mostardas e Ranchinho, reflexões sísmicas truncadas caracterizando canais fluviais.

A figura 2 a seguir ilustra de maneira sucinta como ocorre a aquisição sísmica por meio do método sísmico ressonante, utilizado neste trabalho.

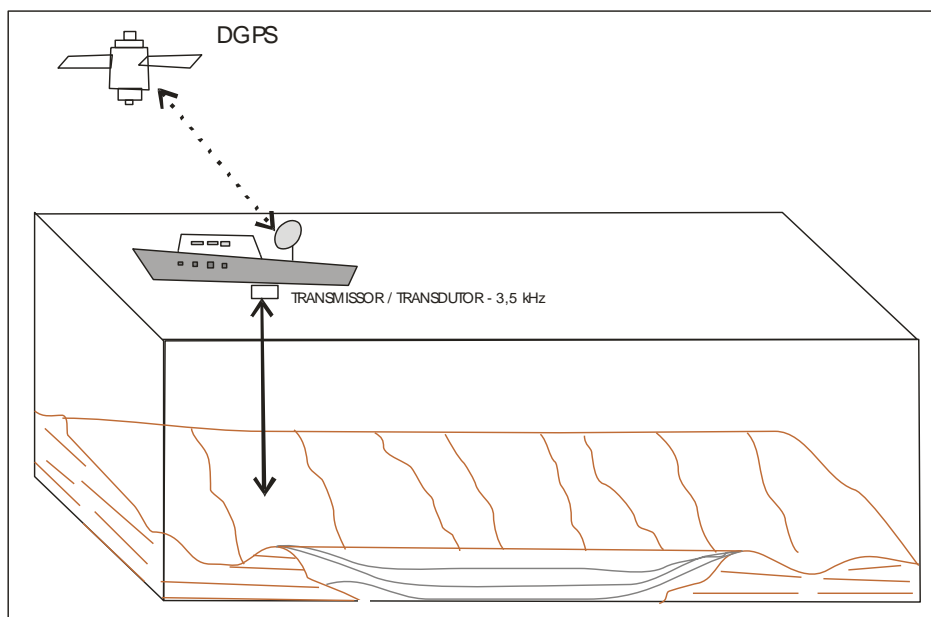


Figura 2. Ilustração representando método sísmico com fonte ressonante de 3,5 kHz.

3.2. SISMO-ESTRATIGRAFIA

Um dado sísmico coletado no estado bruto deve passar por etapas de edição e processamento, como eliminar traços ruidosos e aqueles danificados por problemas instrumentais, para refinar a imagem e tornar menos trabalhosa à etapa interpretativa. As imagens sísmicas foram submetidas a um filtro digital fornecido pelo software *SonarWiz*, este permite a escolha do padrão de visualização de imagem desejado.

Depois de realizada a edição e o processamento das imagens, são aplicados conceitos sismo-estratigráficos na interpretação das mesmas. Os refletores se agrupam em unidades sísmicas, que tem seus limites marcados por paralelismo ou angularidade em relação às terminações de refletores. A principal análise a ser feita é a observação e caracterização das terminações dos padrões de refletores sísmicos, separando-os em unidades sismo-estratigráficas. Os principais padrões de terminação de refletores utilizados na estratigrafia sísmica são: *lapout*, *onlap*, *downlap*, *toplap*, truncamento e a concordância ou conformidade, apresentados na figura 3 (Ribeiro, 2001).

O *lapout* ocorre quando os refletores ocorrem em seus limites deposicionais originais, ele pode ser um *baselap* quando ocorre no limite inferior de uma unidade sísmica, ou *toplap* quando ocorre no limite superior. O *baselap* pode ocorrer de duas

maneiras distintas: 1- *onlap*: quando uma reflexão/estrato, inicialmente horizontal, termina contra uma superfície inicialmente inclinada ou quando uma reflexão/estrato inclinado termina mergulho acima contra uma superfície de maior inclinação; 2- *downlap*: quando uma reflexão/estrato, inicialmente inclinada termina mergulho abaixo contra uma superfície inicialmente horizontal ou inclinada (Ribeiro, 2001).

No *toplap* as reflexões/estratos terminam lateralmente, diminuindo gradualmente de espessura mergulho acima e ascendendo ao limite superior assintoticamente. No *truncamento* os estratos/reflexões terminam lateralmente por terem sido seccionadas de seu limite deposicional original, podendo ser erosional ou estrutural. A *concordância/conformidade* é quando as reflexões/estratos de duas unidades sísmicas ou sequências adjacentes se apresentam paralelas com a superfície que as delimitam e pode ocorrer no topo ou na base da unidade sísmica (Ribeiro, 2001).

Fácies sísmica é um conjunto de reflexões sísmicas que por suas características inerentes se diferem de reflexões adjacentes. Por meio da observação dos parâmetros de fácies sísmica é possível realizar interpretações geológicas, como demonstrado no quadro 1, a seguir.

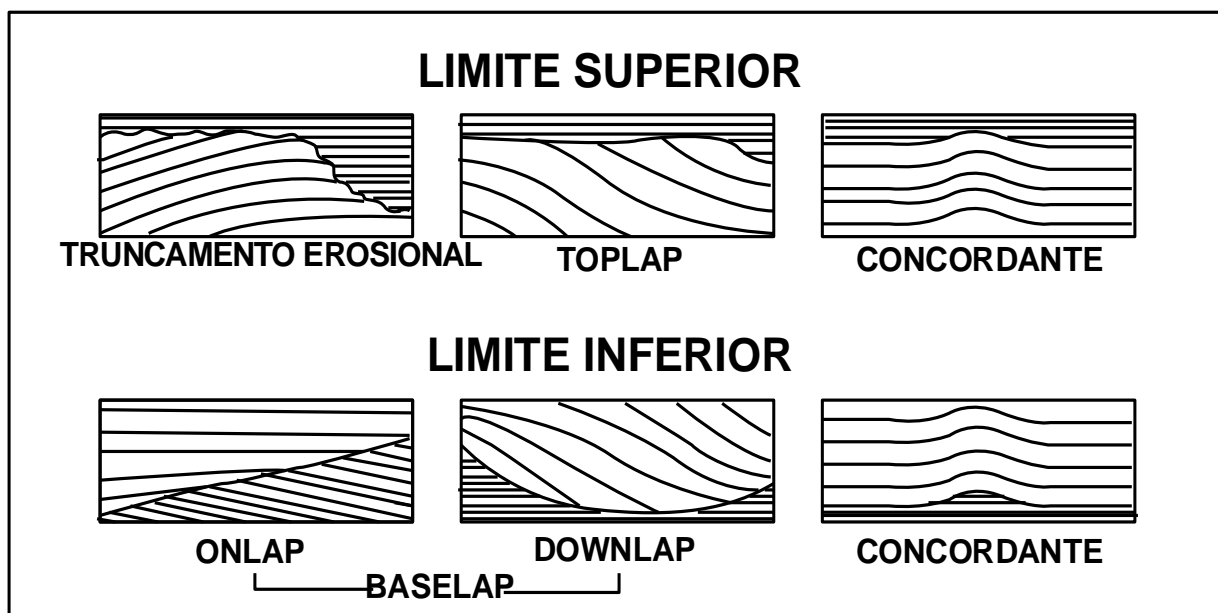


Figura 3. Padrões de terminação de refletores, nos limites superior e inferior, de uma sequência sísmica (modificado de Ribeiro, 2001).

Quadro 1. Parâmetros de reflexão sísmica usados em sismo-estratigrafia e seus significados geológicos (modificado de Ribeiro, 2001).

Parâmetros de Fácies Sísmica	Interpretação Geológica
Configuração das reflexões	Padrão de estratificação; Processo deposicional; Erosão e Paleotopografia; Contato de fluidos;
Continuidade das reflexões	continuidade dos estratos; processo deposicional;
Amplitude das reflexões	contraste velocidade / densidade; espaçamento dos estratos; conteúdo fluido;
Frequência das reflexões	espessura dos estratos; conteúdo fluido;
Velocidade intervalar	estimativa de litologia; estimativa de porosidade; conteúdo de fluido;
Forma externa e associação areal das fácies sísmica	ambiente deposicional; fonte sedimentar; sítio geológico;

Na análise de fácies sísmica um dos parâmetros que melhor a caracteriza e que é um dos mais utilizados é a configuração interna dos refletores (Fig. 4).

As configurações *paralelas/subparalelas* indicam uma taxa de sedimentação uniforme sobre um substrato estável ou uniformemente subsidente. As configurações *divergentes* indicam uma variação em área na taxa de deposição, inclinação progressiva do substrato ou os dois fatores em conjunto. As configurações *progradantes* ocorrem quando os estratos superpõem-se lateralmente, esse padrão é denominado clinofoma. Os diferentes tipos de clinofomas ocorrem em função de variações na razão de deposição e profundidades da lâmina d'água (Ribeiro, 2001).

As *configurações caóticas* sugerem um arranjo desordenado da superfície de reflexão, que pode ser consequência de ambientes com energia alta a variável, deformações, dobramentos, grande número de pequenas fraturas, etc. O padrão de *reflexão transparente* indica intervalos com ausência de reflexão, que pode ser consequência de redobramentos ou mergulhos muito abruptos do pacote

sedimentar, camadas maciças, litologias homogêneas e que não são refletidas através do método sísmico adotado ou corpos ígneos. A *configuração hummocky* é caracterizada por refletores sub-paralelos, ondulados e segmentados com terminações não-sistemáticas. Esse padrão é interpretado como lobos de estratos interdigitados de prodelta, área interdeltáica de águas rasas ou leques turbidíticos de sopé de talude (Ribeiro, 2001).

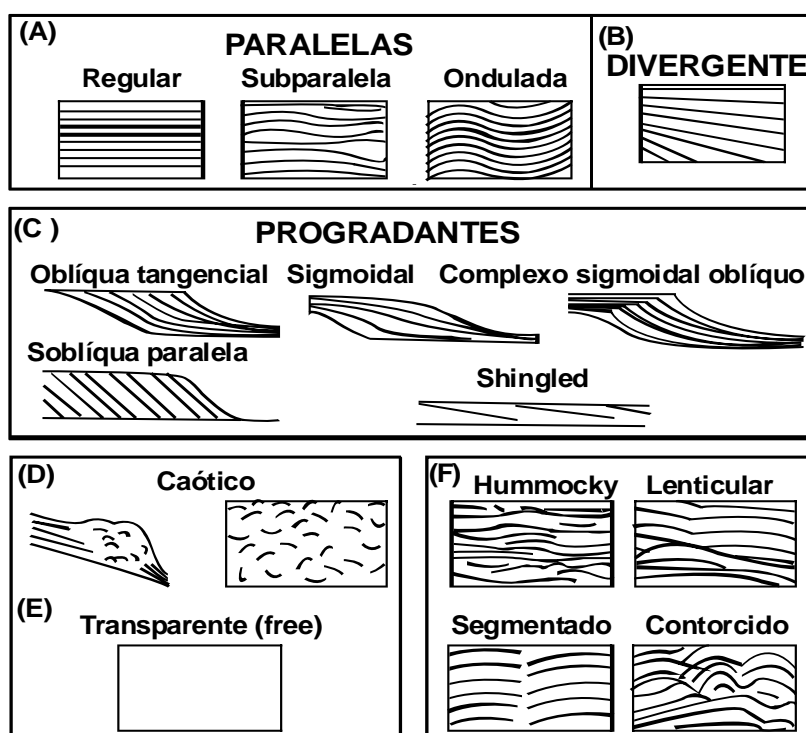


Figura 4. Padrões de configuração interna de refletores sísmicos (modificado de Ribeiro, 2001).

Além das configurações internas, a geometria externa dos pacotes de refletores é utilizada como ferramenta de auxílio na identificação do ambiente deposicional. Na figura 5 estão exemplificados os principais tipos de geometria externa dos pacotes, divididas em dois grupos: tipos de montiforma e tipos de preenchimento. A geometria externa em *montiforma* representa sedimentação que causou uma elevação topográfica, pode ser resultado de processos sedimentares, vulcânicos ou biogênicos. As feições de *preenchimento* são interpretadas como deposição em superfícies de topografia negativa do relevo, podendo ser preenchimento de canais, feições erosivas ou feições estruturais (Ribeiro, 2001).



Figura 5. Padrões de geometria externa dos pacotes sedimentares (Ribeiro, 2001).

3.3. DADOS DE SONDAGEM ESTRATIGRÁFICA

Em janeiro de 2010 foram realizados 3 furos de sondagem estratigráfica, dentro da Lagoa dos Patos, nos exatos locais onde paleocanais haviam sido identificados pela análise dos dados sísmicos. A localização exata dos pontos foi atingida com auxílio de GPS. A etapa de sondagem estratigráfica recuperou amostras de até 30 metros de profundidade.

O equipamento utilizado na sondagem foi basicamente um SPT (*standard penetration test*) padrão. Este material é constituído por: tripé equipado com sarilho, roldanas, cabos, tubos metálicos de revestimento com diâmetro interno de 2,5"; hastes de aço para avanço da perfuração; martelo de ferro (65 kg) para cravação das hastes; amostrador bipartido com duas polegadas de diâmetro e 80 cm de comprimento; conjunto motor-bomba para circulação da água no avanço da perfuração (motor 6,5 HP a gasolina e bomba de 1,5"); demais equipamentos acessórios.

O equipamento SPT foi instalado sobre uma balsa sustentada em tonéis e piso de madeira com uma área superficial de aproximadamente 20 m². Este equipamento era leve e de fácil montagem e desmontagem, o que era uma

necessidade, já que era transportado por um caminhão e montado e desmontado na margem da laguna a cada execução de nova sondagem. Uma embarcação robusta foi utilizada para transporte da equipe e para rebocar a balsa da margem até o local onde era realizado o furo de sondagem estratigráfica (Fig. 6).



Figura 6. (A) - Balsa montada com o equipamento SPT, sendo rebocada até o local de execução do furo de sondagem; (B) Equipe trabalhando na execução do furo de sondagem.

O quadro 2 a seguir apresenta algumas características de cada furo de sondagem:

Quadro 2. Apresenta a localidade, a coordenada, o dia, o total de metros perfurados, a profundidade da lâmina d'água e o tempo de duração da execução para cada furo.

Localidade e Coordenadas do furo de sondagem	Total de metros perfurados	Profundidade da lâmina d'água	Dia e Tempo de duração da execução
BOJURU 31°31,5111' S 051°29,8325' W	19,00	8,00	21/01/2010 09h30min.- 19h30min.
MOSTARDAS 31°00,4180' S 051°00,1650' W	22,70	7,30	22/01/2010 08h00min.- 20h30min.
PALMARES 30°32,8670' S 50°42,9030' W	22,5	6,00	24/01/2010 07h00min.- 18h30min.

3.4. CORRELAÇÃO POÇO – PERFIL

A técnica de correlação entre perfis sísmicos e furos de sondagem já é consagrada; a maioria dos estudos visam atender as necessidades do mercado do petróleo.

Neste trabalho são empregadas técnicas para correlação das fácies sísmicas reconhecidas nas imagens, com o perfil litológico e estratigráfico elaborado a partir do furo de sondagem. As diferenças litológicas observadas nas amostras do testemunho devem se destacar nas imagens sísmicas, considerando que as reflexões variam sua intensidade conforme as diferenças de impedância acústica do meio.

Como visto anteriormente, a principal variável física utilizada na sísmica é o tempo que a onda leva em seu percurso desde o instante em que ela é emitida até o seu retorno a um receptor. Este tempo varia conforme o meio físico em que a onda se desloca, pois a velocidade de deslocamento da onda é variável conforme o meio. Portanto, é possível calcular a profundidade em que estão dispostos os refletores sísmicos, em relação a um perfil litológico, já que sabemos o tempo do percurso de ida e volta da onda e sua velocidade no sedimento está disponível na bibliografia.

Foram calculadas as profundidades e espessuras de cada fácies sísmica, utilizando uma velocidade de deslocamento de onda sísmica de 1500 m/s para água e de 1650 m/s para sedimento (Jones, 1999). O tempo de deslocamento da onda foi fornecido pelo *software* de aquisição sísmica.

Para fins de correlação, na execução do furo de sondagem tomou-se nota da profundidade de cada amostra coletada. As amostras foram peneiradas para análise granulométrica, com utilização de peneiras com mesh de 0,062 mm a 1,00 mm, classificando-as em lama (areia + silte), areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa e areia muito grossa.

A partir das análises granulométricas foram elaborados histogramas com dados de cada amostra arenosa e com estes foram construídos perfis litológicos utilizados na correlação. As amostras arenosas passaram por uma análise com auxílio de uma lupa, onde 40 grãos foram observados e classificados segundo as seguintes características: composição mineralógica, esfericidade, arredondamento e polimento do grão.

Algumas amostras coletadas nos furos de sondagem continuam conchas com bom estado de preservação. Conchas coletadas em amostras de diferentes profundidades do perfil litológico foram enviadas ao laboratório BETA ANALYTIC INC., no intuito de datar o material pelo método C-14, quatro conchas de três espécies foram selecionadas. Das amostras oriundas do furo de sondagem estratigráfica de Bojuru foram enviadas as espécies *Ostrea equestris* e *Heleobia australis* e oriundas do furo de sondagem estratigráfica de Mostardas foram selecionadas duas conchas da espécie *Anomalocardia brasiliana*. Desta forma foi atribuído caráter temporal ao modelo de evolução paleogeográfica proposto.

A correlação é de grande importância, pois a sísmica proporciona uma visão espacial da disposição das litofácies encontradas no furo de sondagem estratigráfica, que permite uma interpretação da evolução dos processos sedimentares ocorridos.

Com o intuito de unir os trechos dos perfis sísmicos e litológicos de mesma profundidade, esta teve que ser calculada nos perfis sísmicos, já que os dados eram obtidos em milissegundos e não em metros.

Os milissegundos, que representam o tempo em que a onda leva para se deslocar na água e no sedimento foram fornecidos pelo *software* de aquisição sísmica. De posse dos dados contendo o tempo de deslocamento da onda e da velocidade de deslocamento na água e no sedimento, aplicou-se a seguinte fórmula matemática para o cálculo da conversão de tempo de deslocamento em metros: $velocidade = (distância / 2) / tempo$, onde a distância é dividida por 2, pois o tempo registrado pelo aparelho é referente a ida e volta da onda sísmica.

4. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos pelo processamento, análise e correlação dos dados obtidos através do mapeamento sísmico de alta frequência (3,5 kHz), furos de sondagem estratigráfica realizados nas localidades de Bojuru e Mostardas e datações efetuadas por meio do método C-14.

No mapeamento sísmico realizado em 2002 foram obtidos perfis paralelos e ortogonais a margem leste da Lagoa dos Patos, nos perfis 2 e 7 foram identificadas paleodrenagens, ambos paralelos a margem lagunar.

4.1. PALEOCANAL DE BOJURU

No perfil 2 o paleocanal está localizado próximo a localidade de Bojuru (Fig. 1). Na imagem sísmica este paleocanal apresenta uma largura de cerca de 2 km de extensão e na sua porção mais profunda ultrapassa 30 metros de profundidade.

Weschenfelder *et al.* (2008) realizou um furo de sondagem na feição geomorfológica “Barra Falsa” e propôs que a tal feição seria remanescente de um paleocanal afogado no Holoceno, correlacionando o furo às imagens sísmicas obtidas em 2002. Porém, na imagem sísmica o canal estaria a 5 km da “Barra Falsa” e dentro da laguna, abaixo do fundo lagunar. No trabalho de 2008 a feição geomorfológica foi considerada como a trajetória mais provável da paleodrenagem.

Com o objetivo de comprovar o proposto em 2008, no ano de 2010 foi realizado um furo de sondagem no exato local onde a sísmica havia indicado a existência do paleocanal; a localização foi possível com auxílio do sistema de posicionamento de GPS.

4.1.1. Histogramas de Distribuição Granulométrica

Histogramas são a forma mais clara de representar distribuições de classes granulométricas. O tamanho de grão está representado pelo eixo x dos histogramas, enquanto o eixo das ordenadas ilustra a frequência simples.

É notável na figura 7 que as classes granulométricas mais grossas (valores de Φ negativo) estão dispostas no lado esquerdo do eixo x, já as classes granulométricas mais finas (valores de Φ positivo) estão dispostas no lado direito do eixo x.

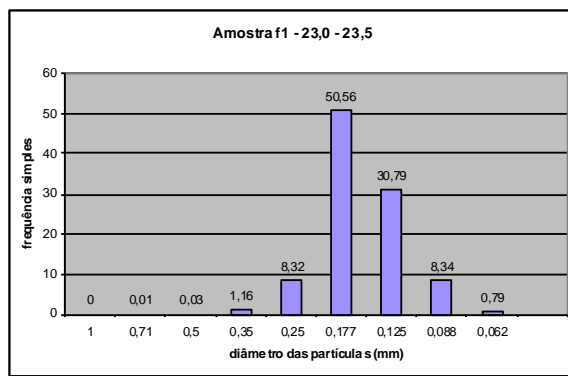
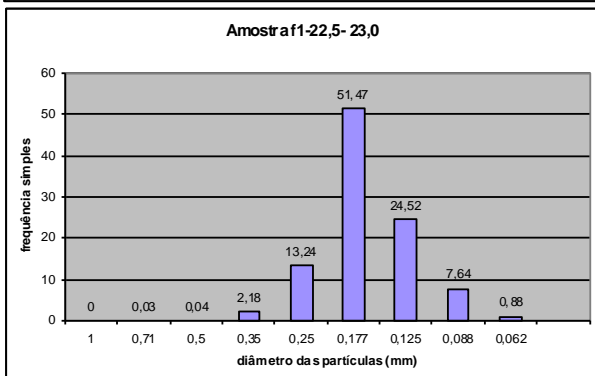
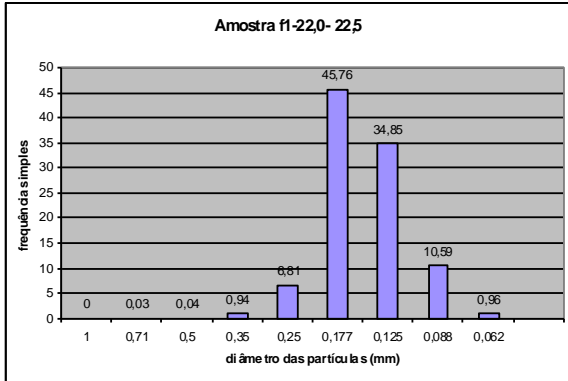
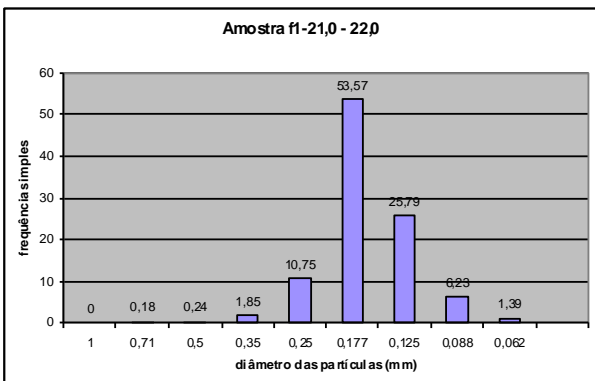
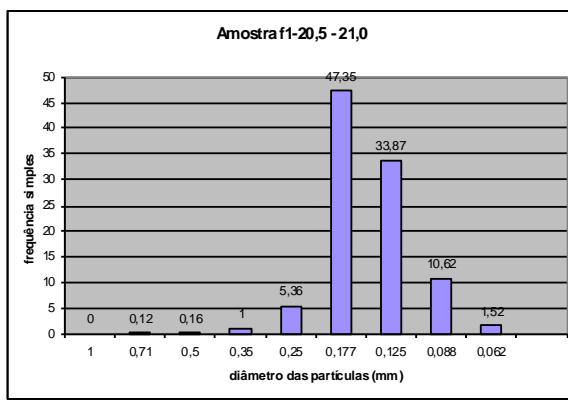
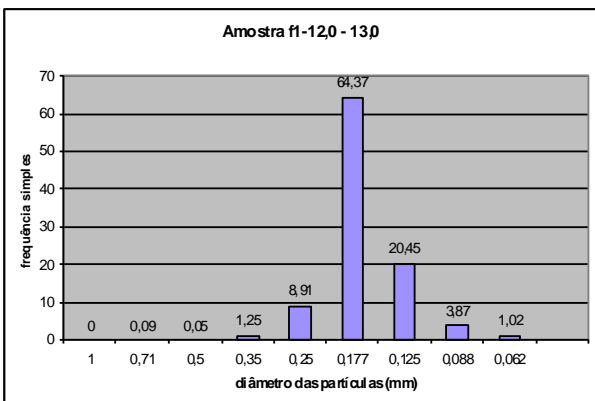
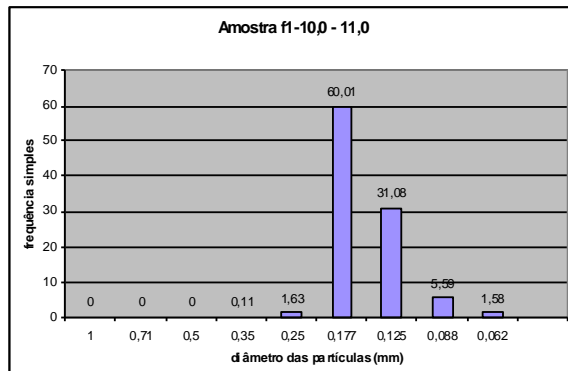
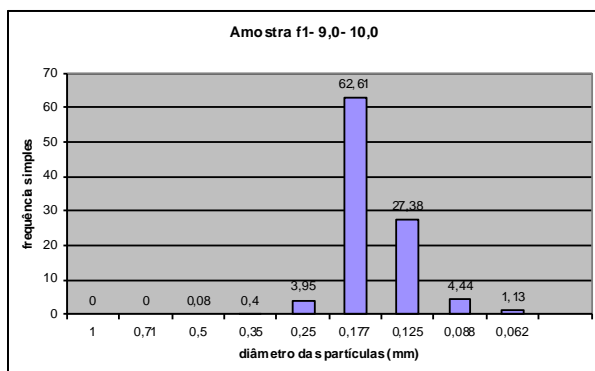
Analisando os histogramas que ilustram as frequências simples, foi constatado que as areias são bem selecionadas e tem assimetria positiva. A classe granulométrica predominante é areia fina e a moda do tamanho de grão é de 0,177 mm, a moda secundária é o tamanho de grão 0,125 mm. As areias são compostas principalmente por grãos de quartzo, subarrendondados, com grau de esfericidade médio a alto e brilhosos.

4.1.2. Perfil Litológico

Com o refinamento dos dados de laboratório, transcrevendo-os na forma de histogramas, foi possível fazer uma integração de dados para a construção de um perfil litológico do furo de sondagem realizado em Bojuru.

Observando a figura 8 são notáveis variações de propriedades faciológicas conforme a profundidade analisada. As principais mudanças nas fácies representadas na figura 8 são as variações granulométricas, presença de conteúdo fóssilífero e cor do material sedimentar. Esta integração de dados e construção do perfil litológico é de extrema importância, pois o produto visual obtido servirá de alicerce para correlação entre as variações nas propriedades faciológicas e as imagens sísmicas.

Alguns fósseis encontrados nas amostras do furo de sondagem apresentam alto grau de preservação. Dentre os macrofósseis, destacam-se conchas com poucas ranhuras e íntegras, inclusive foi encontrado um bivalve fechado.



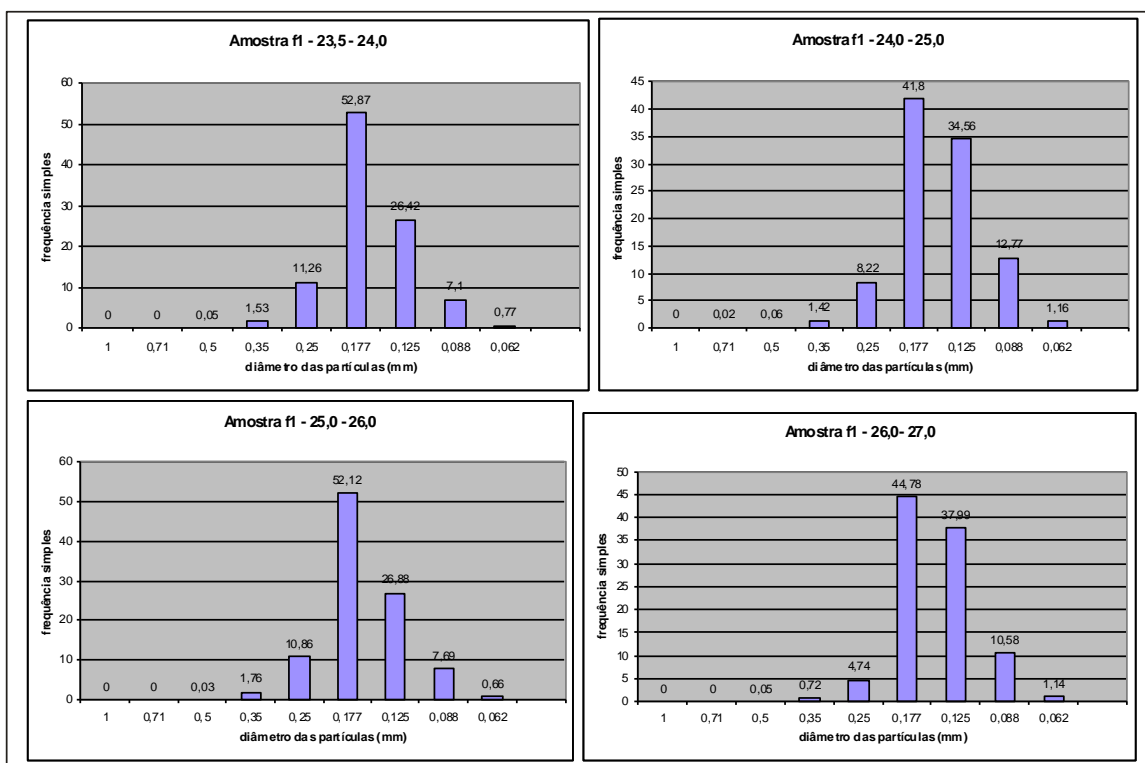


Figura 7. Histogramas de frequências simples, intervalo granulométrico de $\frac{1}{2}\Phi$, de cada amostra arenosa coletada no furo de sondagem de Bojuru.

4.1.3. Correlação entre Perfis Sísmico e Litológico

A correlação entre as imagens sísmicas e o furo de sondagem é um dos objetivos principais deste trabalho. Foi possível fazer esta analogia entre as duas fontes de informação, pois a alta frequência de 3,5 kHz na qual foram coletados os dados sísmicos obtém imagens de alta definição, que discriminam variações muito pequenas nas propriedades físicas do meio.

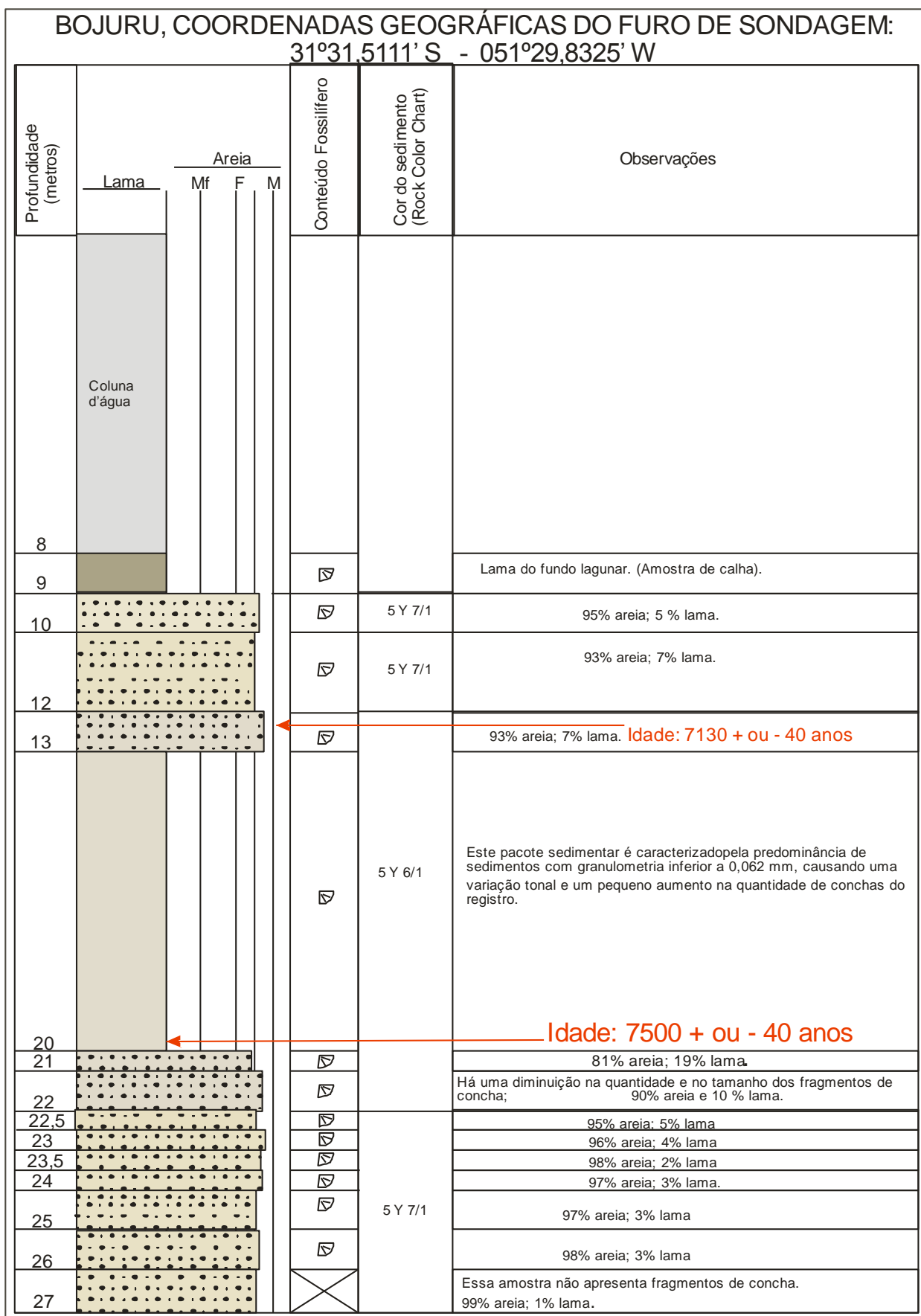


Figura 8. Perfil litológico do furo de sondagem realizado em Bojuru, com características faciológicas.

Para facilitar a visualização foi construída uma ilustração apresentada na figura 9, onde o perfil litológico foi simplificado e inserido na imagem sísmica, exatamente na posição representativa de onde a perfuração foi executada. Isso foi possível, pois o mapeamento sísmico foi feito com auxílio de um sistema DGPS, fornecendo as coordenadas da trajetória da lancha. Desta forma, o furo foi realizado exatamente na coordenada em que está representado na imagem da figura 9.

O perfil sísmico da figura 9 tem orientação SO-NE, paralelo à margem lagunar. O fundo lagunar está a uma profundidade de 8 metros da superfície d'água.

Reflexões fortes, que marcam grandes contrastes de impedância acústica, tendem a formar reflexões múltiplas, que são considerados ruídos no sinal e podem atrapalhar na interpretação dos dados, devem ser traçadas e analisadas minuciosamente.

A figura 9A também apresenta destaque às principais superfícies de impedância acústica, denominadas S - S' - S'' e S'''. As superfícies citadas individualizam unidades sísmicas, onde diferentes padrões de terminação e de configuração interna dos refletores são observados, destacando principalmente, variações granulométricas existentes no perfil litológico.

Observando cada unidade sísmica separadamente algumas características podem ser atribuídas aos pacotes sedimentares com base nos dados disponíveis, como por exemplo, padrão de terminação de refletores, configuração interna de refletores e características faciológicas associadas.

A superfície S é a mais profunda dentre as 4 destacadas na imagem. A sondagem não alcançou limite inferior desta fácies sísmica, portanto para a análise e interpretação destes depósitos utilizou-se apenas as classificações sísmicas possíveis, com base nos refletores dispostos abaixo do limite inferior da tal superfície.

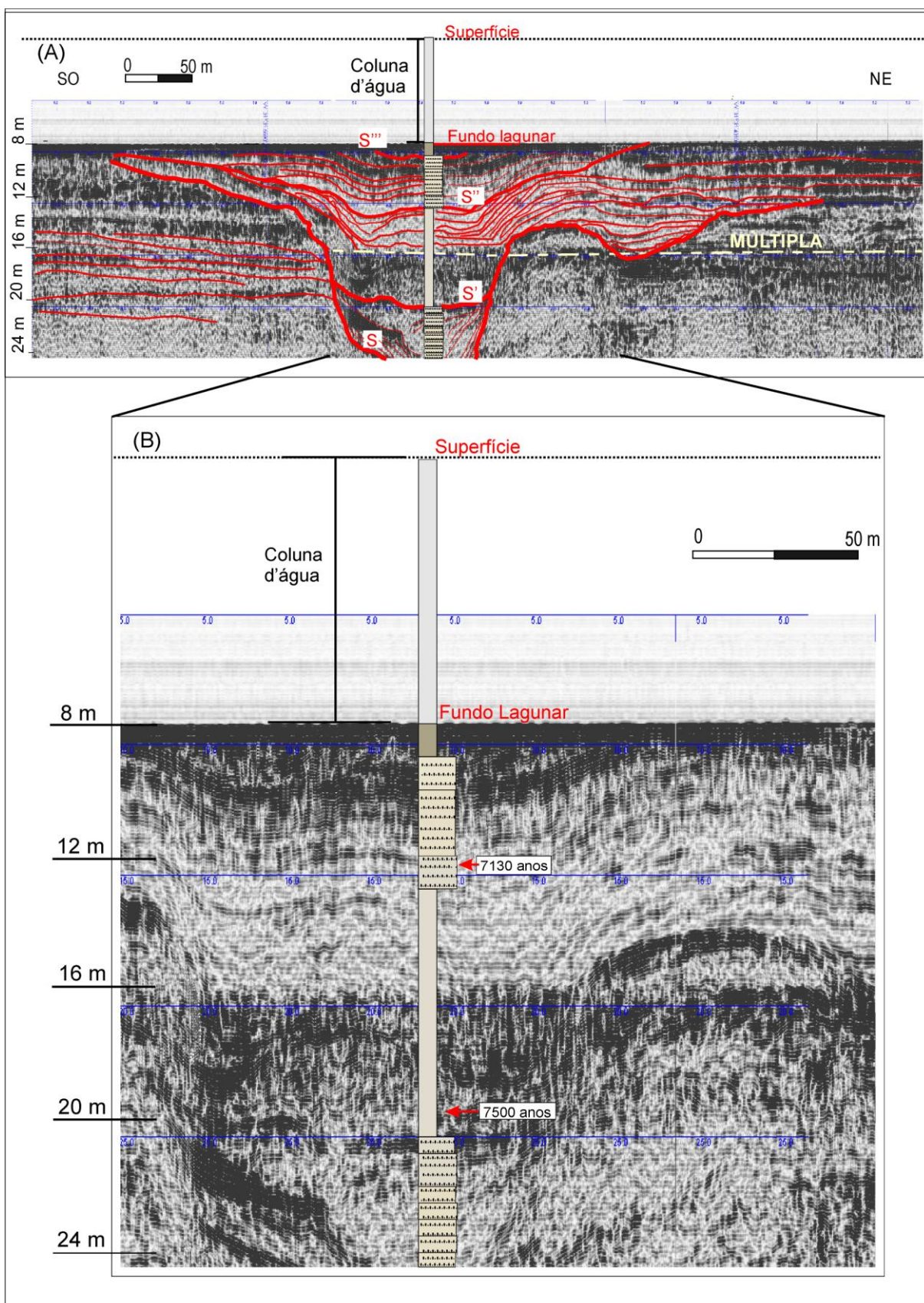


Figura 9. (A) – Imagem sísmica com principais superfícies de impedância acústica destacadas, o perfil litológico está posicionado e correlacionado; (B) – Ampliação do segmento da figura 9A, onde está correlacionado o perfil litológico.

Foram classificados refletores com padrão de configuração interna paralelos e regulares e padrão de terminação com truncamento erosional marcado pela própria superfície S.

A partir do início do limite superior da superfície S depositou-se um pacote arenoso com cerca de 4 metros de espessura, contendo refletores bem fortes, com padrão de terminação de refletores em *downlap* contra o interior do canal e em *onlap* contra a superfície S. O padrão de configuração interna de seus refletores é paralelo e as amostras apresentam pequenas e escassas conchas, a maioria fragmentadas.

A próxima superfície que limita duas unidades sísmicas é a S'. A unidade sismo-estratigráfica sotoposta apresenta terminação de alguns refletores em *toplap* contra o limite inferior desta superfície. No limite superior está uma nova unidade sismo-estratigráfica, que está sobreposta ao pacote arenoso, depositando um pacote lamoso com cerca de 8 metros de espessura com grande número de fragmentos de concha em algumas camadas. Quanto aos refletores da base deste pacote, entre 20,5 e 16 metros, a qualidade da imagem está prejudicada pela presença de uma reflexão múltipla oriunda da reflexão do fundo lagunar. Entretanto, dos 16 aos 13 metros a qualidade da imagem é boa, contendo refletores fracos com padrão de terminação em *onlap* contra as margens do canal e configuração interna paralela ondulada.

A superfície S'' limita o topo do pacote lamoso, que está sotoposto a um pacote arenoso de cerca de 4 metros de espessura. Este pacote arenoso possui areias finas com conteúdo fóssilífero bem preservado, inclusive é da base deste pacote a amostra coletada na profundidade de 12-13 metros, onde foi identificado um fóssil de bivalve fechado. Os refletores são fortes e bem marcados, possuem padrão de terminação em *onlap* contra as margens do canal e configuração interna dos refletores paralela ondulada.

A superfície S''' marca o final do pacote arenoso e o início de um pacote lamoso de cerca de 1 metro de espessura com uma reflexão muito forte e bem marcada.

4.1.4. Datação Fossilífera

Nas amostras coletadas havia conchas de várias espécies. Foram selecionadas duas conchas das espécies *Ostrea equestris* (Fig. 10A) e *Heleobia australis* (Fig. 10B) para serem realizadas datações pelo método C-14, conferindo desta forma caráter temporal às interpretações.

O fóssil da espécie *Ostrea equestris* foi coletado em uma amostra de profundidade de 12-13 metros, forneceu uma idade de 7130 +/- 40 anos. A concha possui formato irregular (10 x 12 mm), com estrias irregulares na valve superior. O hábitat da *Ostrea equestris* é tipicamente marinho, salinidade em torno de 20 a 25 g/l, fixa-se em rochas e destroços submersos na região de intermaré até 20 m. Nesta amostra foi coletado o bivalve fechado, referido anteriormente, que assegura que os fósseis foram pouco transportados e soterrados logo após a morte, assegurando a qualidade da datação (Holz & Simões, 2002; Rios, 1994).

O fóssil da espécie *Heleobia australis* foi coletado a uma profundidade de 19 a 20 metros, sendo atribuída uma idade de 7500 +/- 40 anos. A concha tem formato oval-cônico alongado (4,5 – 2 mm), subperfurada, superfície suave com algumas linhas de crescimento. É uma espécie tipicamente estuarina (Rios, 1994).

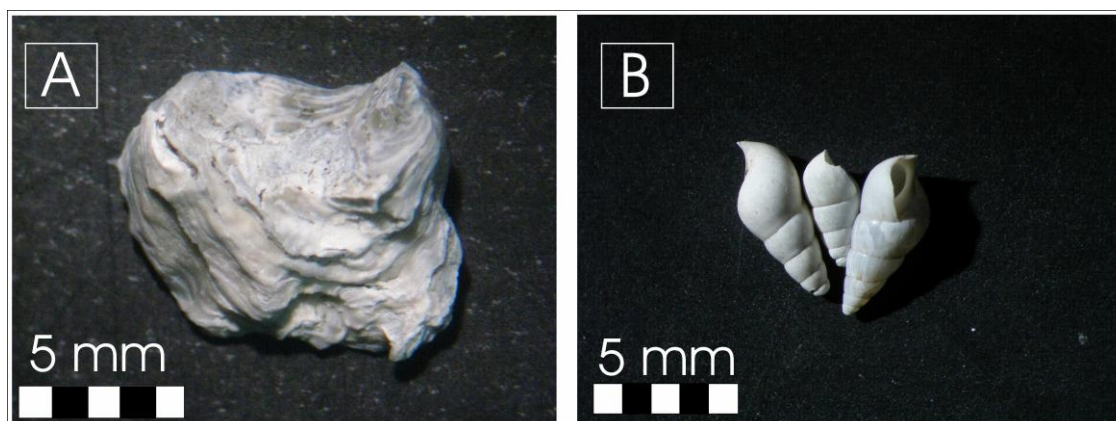


Figura 10. (A) – Fotografia do fóssil da espécie *Ostrea equestris*, selecionado na amostra de 12 a 13 m de profundidade. ; (B) – Fotografia do fóssil da espécie *Heleobia australis*, selecionado na amostra de 19 a 20 m de profundidade.

4.2. PALEOCANAL DE MOSTARDAS

No perfil sísmico 7 a paleodrenagem está localizada próxima a localidade de Mostardas. Na imagem sísmica este paleocanal apresenta uma dimensão de cerca de três quilômetros de extensão e na sua porção mais profunda ultrapassa 30 metros de profundidade.

Com o objetivo de correlacionar dados, em 2010 foi realizado um furo de sondagem no exato local onde a sísmica havia indicado a existência do paleocanal, com auxílio do sistema de posicionamento de GPS.

4.2.1. Histogramas de Distribuição Granulométrica

No eixo das abscissas dos histogramas (Fig.11) estão dispostos os tamanhos de grão em milímetros, já no eixo das ordenadas estão os valores das frequências simples. Os histogramas demonstram que estas amostras são compostas por areias finas bem selecionadas, ora com assimetria positiva, ora aproximadamente simétricas.

A classe granulométrica predominante é areia fina e a moda do tamanho de grãos é de 0,125 mm, a moda secundária é o tamanho de grão 0,177 mm. São compostas principalmente por grãos de quartzo, subarredondados, com grau de esfericidade médio a alto e brilho moderado.

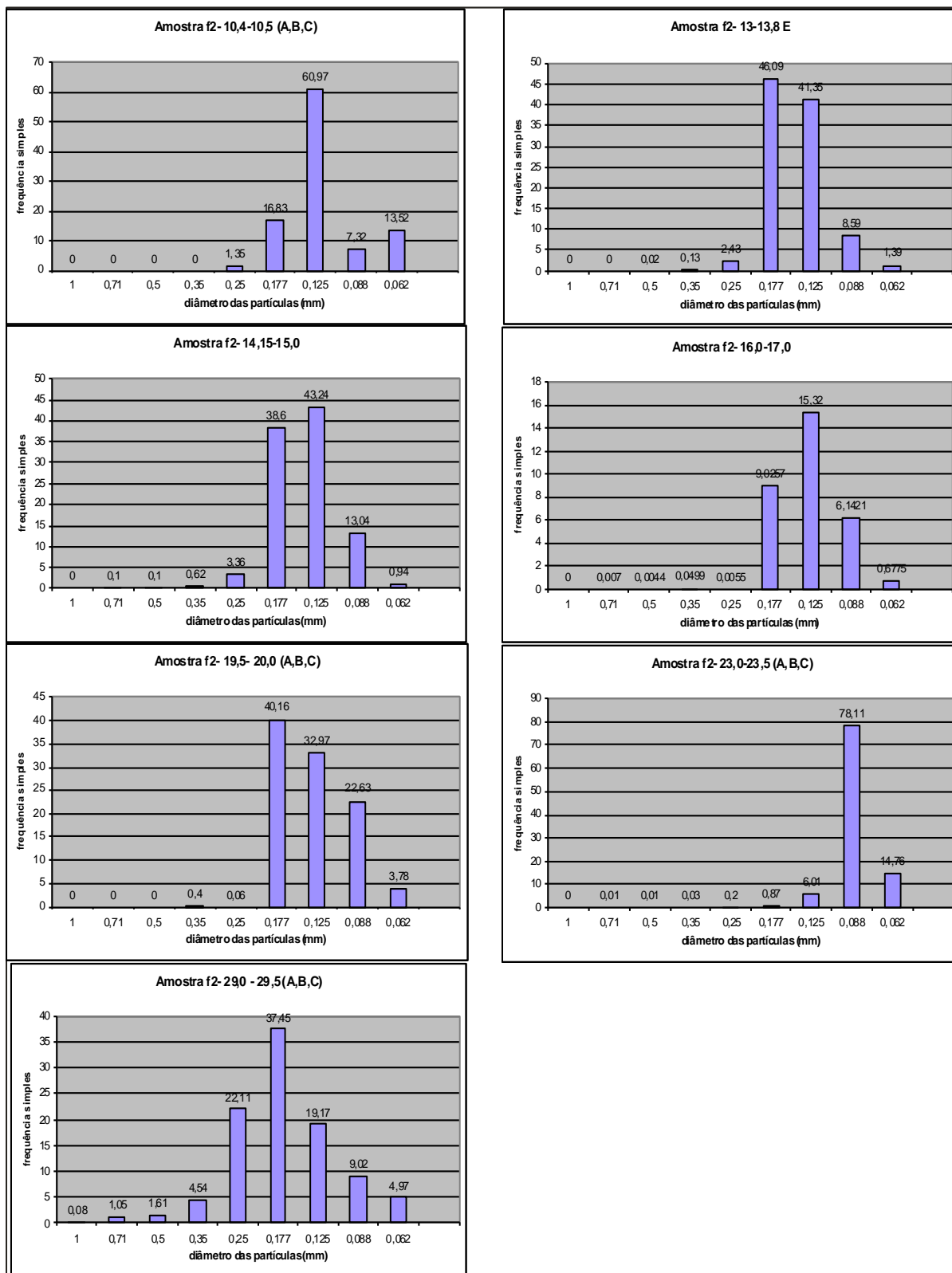


Figura 11. Histogramas de frequências simples, intervalo granulométrico de $\frac{1}{2}\Phi$, de cada amostra arenosa coletada no furo de sondagem de Mostardas.

4.2.2. Perfil Litológico

Após a construção dos histogramas e análise dos demais dados foi possível a montagem de um perfil litológico, para o furo de sondagem da região de Mostardas. Neste perfil (Fig.12) está uma série de dados referentes a cada profundidade específica do furo de sondagem estratigráfica.

Observando a figura 12 é notável a variação das propriedades faciológicas conforme a profundidade analisada. As principais mudanças apresentadas na figura 12 são as variações granulométricas, presença de conteúdo fossilífero e cor do material sedimentar. Esta integração de dados e construção do perfil litológico é de extrema importância, pois a imagem obtida servirá de alicerce para correlação entre as variações nas propriedades faciológicas e os registros sísmicos.

Duas conchas bem preservadas foram selecionadas para datação pelo método C-14, as amostras das quais as conchas foram coletadas tem profundidades de 11 e 13 metros. Há uma pequena distância entre as profundidades de coleta de fósseis para datação, pois boa parte do perfil não continha conchas.

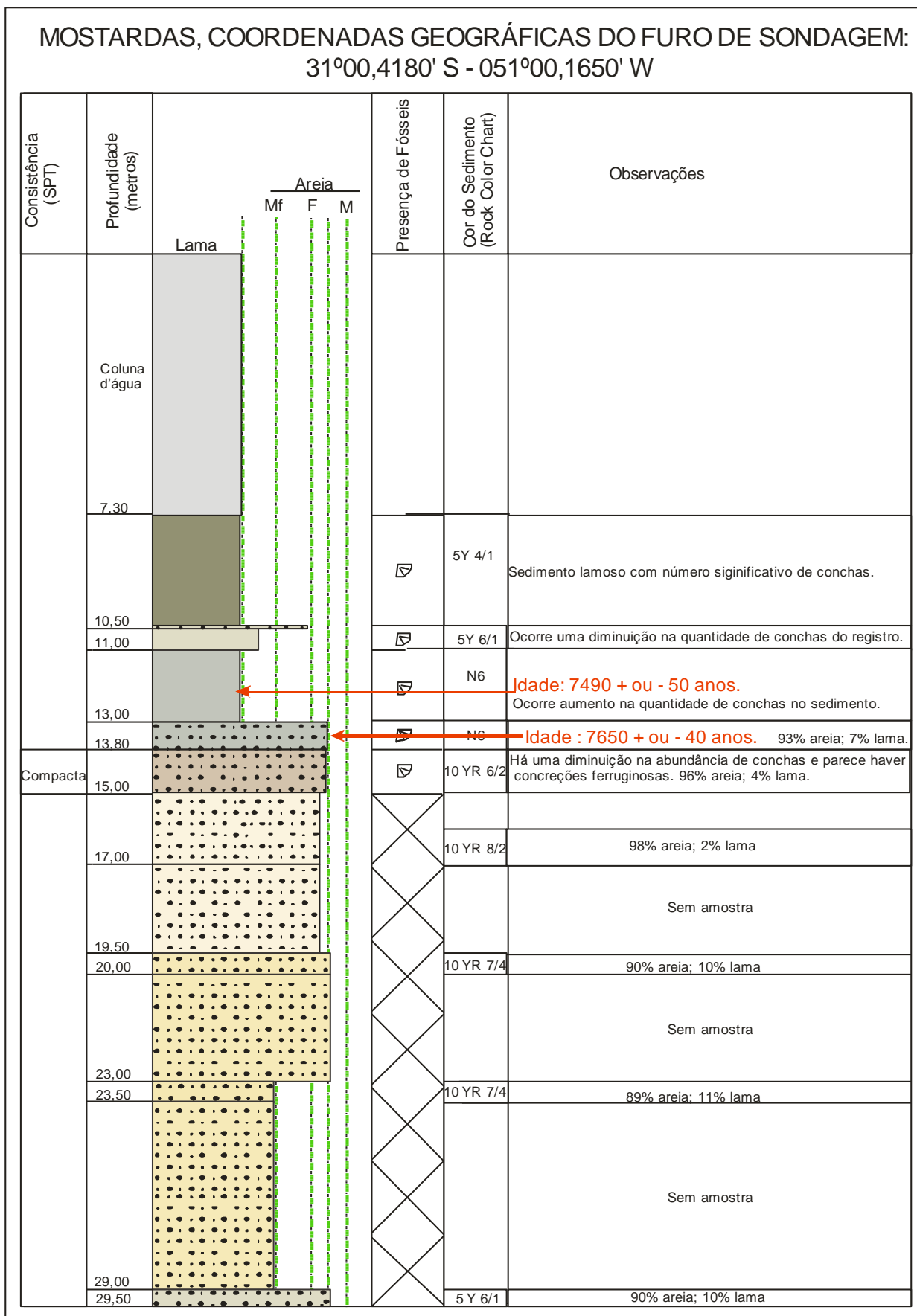


Figura 12. Perfil litológico do furo de sondagem realizado em Mostardas, com as variações faciológicas.

4.2.3. Correlação entre Perfis Sísmico e Litológico

O trecho do perfil sísmico 7, ilustrado na figura 1, tem orientação Norte-Sul. O fundo lagunar está a uma profundidade de 7,30 metros, representado no perfil litológico.

A figura 13A apresenta o trecho do perfil 7 onde foi identificado o paleocanal. Nesta imagem estão destacadas as principais superfícies reconhecidas e tracejadas duas reflexões múltiplas. Dentre as reflexões múltiplas, uma é mais rasa e linear, respectiva a forte reflexão do fundo lagunar e outra mais profunda e curvilínea, que é respectiva a um forte refletor (superfície J) mapeado entre 12 e 14 metros.

A figura 13B é uma ampliação de um segmento da figura 13A, onde não foram traçadas linhas para que os refletores fossem visualizados com suas características originais.

Da porção mais profunda do furo de sondagem, 29,50 metros, até a profundidade de 13 metros há muito pouca variação granulométrica, portanto não há reflexões fortes e bem marcadas. Esta unidade sísmo-estratigráfica trata-se de um pacote de areia fina praticamente afossilífero, com conchas aparecendo apenas a partir da profundidade de 15 metros em direção ao topo, o que impossibilitou a datação do material mais profundo. Como é o trecho de maior profundidade, o sinal sísmico emitido estava atenuado e teria que haver uma superfície reflectiva muito forte para aparecer na imagem. No entanto, é possível a visualização de alguns refletores fracos, estes são inclinados e caracterizam um padrão de configuração interna progradante suboblíquo paralelo.

A uma profundidade de aproximadamente 14 metros, há um refletor muito forte e bem marcado. A esta mesma profundidade ocorre no perfil litológico uma variação abrupta na granulometria, responsável pelo forte contraste de impedância acústica. Esta superfície representa uma camada que possuía boa compactação, necessitando um maior número de pancadas, para cravar o amostrador durante a sondagem SPT.

Esta superfície foi denominada J e acima dela depositou-se um pacote lamoso com cerca de 4 metros de espessura e quantidade de conchas abundante, possibilitando a realização de datações. Nos 2 metros da base deste pacote os refletores são fortes, ocorrem com padrão de terminação de refletores em *onlap* contra a superfície J e padrão de configuração interna paralela regular. A

profundidade de aproximadamente 10,50 metros depositou-se uma camada de areia fina, que é marcada na imagem sísmica por um conjunto de refletores de 1,5 metros de espessura. Os refletores gerados por esta camada possuem padrão de terminação de refletores em *downlap* e de configuração interna progradante oblíqua tangencial.

Há um forte refletor no último metro (topo), causado pelo contraste de impedância acústica existente no trajeto de deslocamento da onda sísmica deixando o meio físico aquoso para um meio físico lamoso e mais denso, o fundo lagunar.

No perfil sísmico sete, a visualização das estruturas e disposição das camadas do paleocanal está mascarada em algumas porções do perfil pela presença de gás disseminado. De acordo com Vasconcellos (2006) a gênese de gás disseminado ocorre na presença de paleodepressões topográficas, como por exemplo, paleodrenagens. Isto ocorre, pois nestes baixos topográficos deposita-se material sedimentar de granulometria fina e com alto teor de matéria orgânica, que ali é posteriormente degradada por bactérias e transformada em gás.

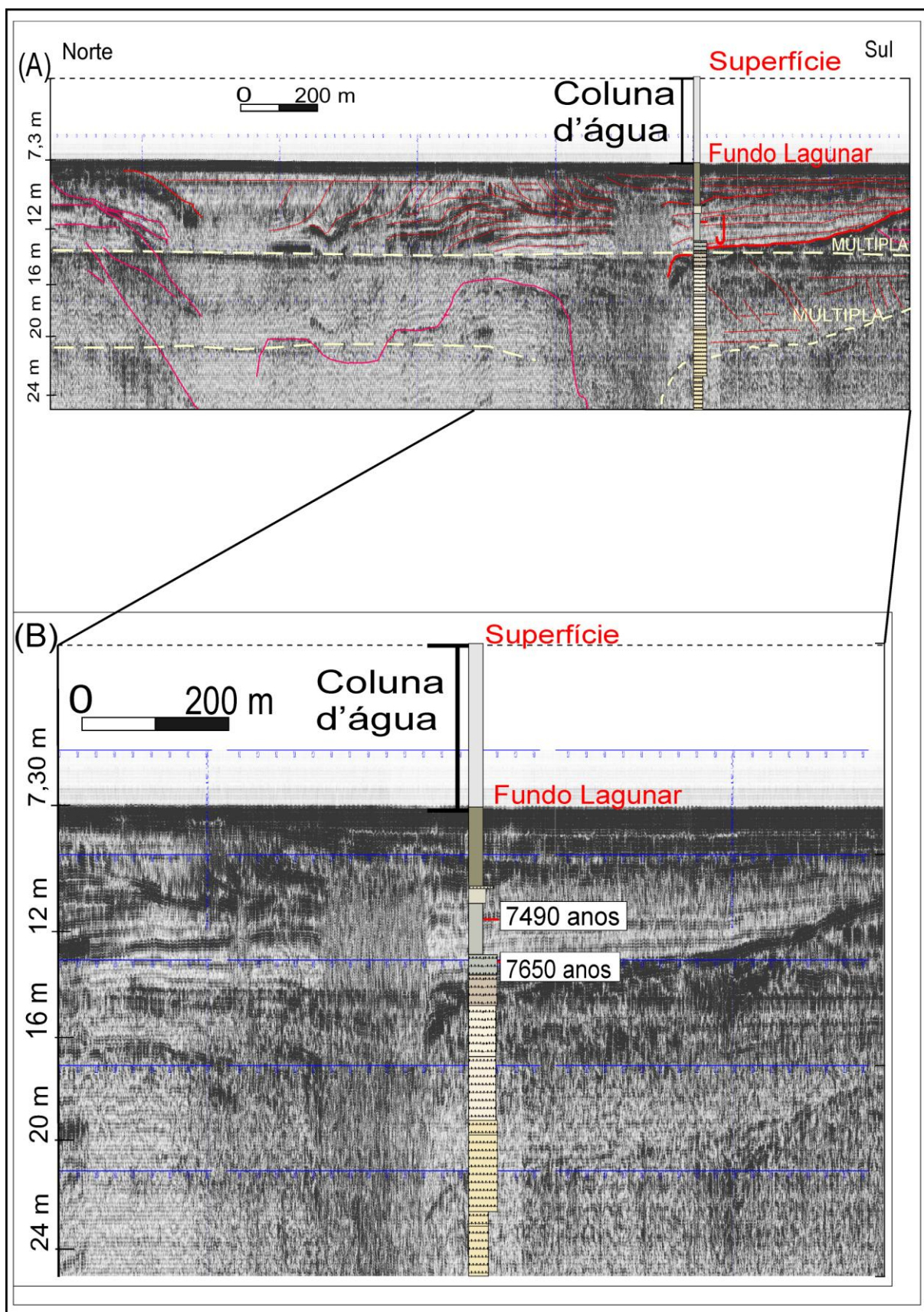


Figura 13. (A) – Imagem sísmica, com principais superfícies de impedância acústica destacadas em vermelho, apresenta perfil litológico posicionado e correlacionado; (B) – Ampliação do segmento da imagem (A), onde está o perfil litológico.

4.2.4. Datação Fossilífera

Duas conchas da mesma espécie, *Anomalocardia brasiliiana*, foram datadas para o furo de sondagem realizado em Mostardas. As conchas foram coletadas das profundidades de 11,5 - 12,3 metros e de 13,4 - 13,5 metros, resultando em idades de 7490 +/- 50 anos e 7650 +/- 40 anos. (Fig. 14A, Fig 14B).

Esta espécie é marinha e possui cor amarelada, com raios radiais amarronzados e pontos marrons. É uma espécie que sobrevive em fundos arenolamosos, de águas marinhas rasas (Rios, 1994).



Figura 14. (A) – Fóssil de *Anomalocardia brasiliiana* selecionado em amostra coletada na profundidade de 11,5 metros.; (B) – Fóssil de *Anomalocardia brasiliiana* selecionado em amostra coletada na profundidade de 13,4 metros.

5. DISCUSSÃO

Os sedimentos terrígenos clásticos depositados durante o Quaternário da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) foram retrabalhados, em suas porções distais, por pelo menos quatro ciclos transgressivos-regressivos, que se correlacionam aos quatro últimos eventos glaciais que caracterizaram o final do Cenozóico (Tomazelli & Villwock, 2000).

Os quatro ciclos transgressivos citados são evidenciados pela presença de quatro sistemas do tipo laguna barreira, preservados na PCRS. As barreiras do sistema marcam o máximo transgressivo de cada evento. Os Sistemas Laguna Barreira I, II e III são pleistocênicos, o único holocênico é o Sistema Laguna Barreira IV (Fig. 15).

Portanto, para cada sistema laguna barreira reconhecido ocorreu pelo menos um evento de regressão da linha de costa e outro de transgressão posterior. Estes dados fomentaram os seguintes questionamentos: Onde estariam as paleodrenagens que escavaram a superfícies da Planície Costeira do Rio Grande do Sul durante o Pleistoceno? Quais seriam os rios que drenaram a PCRS? Como e por que ocorreu seu preenchimento? Os estudos sísmicos ajudam a solucionar estes questionamentos.

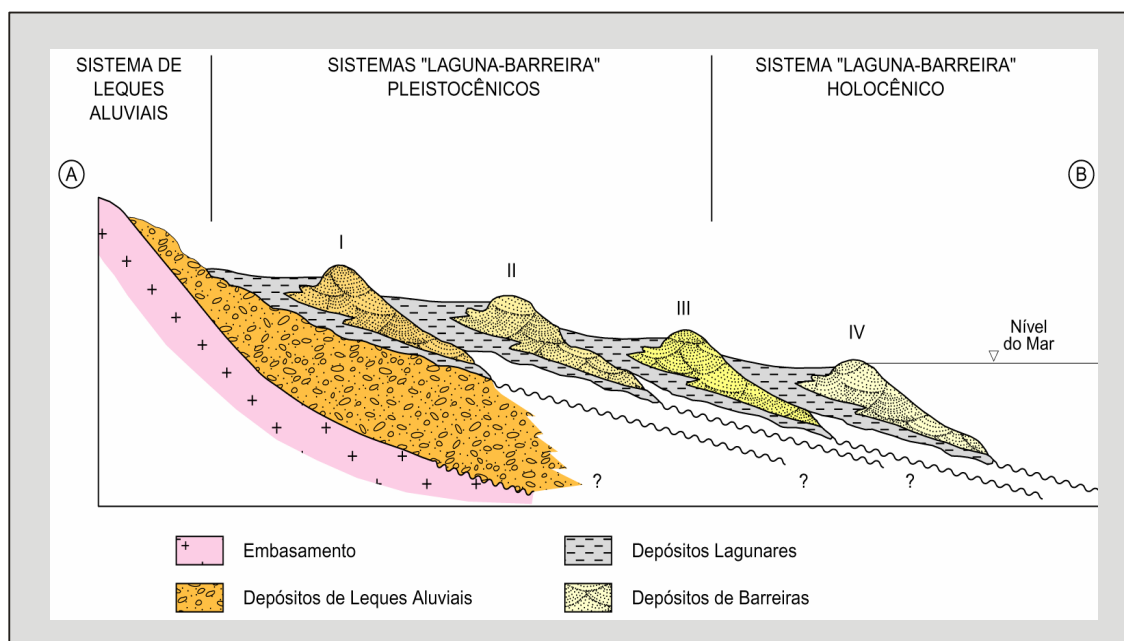


Figura 15. Esquema simplificado ilustrando a estrutura e relações estratigráficas dos Sistemas Laguna Barreira (modificado de Tomazelli e Vilwock, 2000).

5.1. ESTUDOS SÍSMICOS NA LAGOA DOS PATOS

A pesquisa utilizando o auxílio de métodos sísmicos de alta resolução e frequência está em um momento de ascensão na Lagoa dos Patos, ganhando destaque em trabalhos recentes.

Com relação a sedimentação holocênica na Lagoa dos Patos, Toldo *et al.* (2000) publicaram um estudo, onde caracterizaram a sedimentação holocênica da Lagoa dos Patos, através de dados sísmicos obtidos na frequência de 7 kHz. Concluem que a sedimentação holocênica da laguna começou há 8 ka, sobre uma superfície pleistocênica.

Evidências de estruturas de barreira no canal de acesso à Laguna dos Patos, foram estudadas por Corrêa *et al.* (2003). Esse estudo constatou, através de imagens sísmicas, a presença de estruturas de barreiras junto ao canal de acesso ao porto de Rio Grande, caracterizando nesta área, a presença de antigos cordões arenosos transgressivos-regressivos que em época passada bloqueavam a comunicação da Laguna dos Patos com o Oceano Atlântico.

A identificação do crescimento de pontais arenosos na Lagoa dos Patos, por meio da análise e interpretação de imagens sísmicas de alta resolução (3,5 kHz), foi realizada por Pereira (2005). A interpretação foi feita com base na caracterização e classificação de refletores sísmicos.

Concentrações de gás raso no fundo da Lagoa dos Patos foram detectadas por Weschenfelder *et al.* (2006) caracterizando anomalias nas imagens sísmicas, para tanto realizaram um estudo sísmico de 3,5 kHz.

Com auxílio de dados sísmicos de alta resolução e frequência (3,5 kHz) Weschenfelder *et al.* (2008) realizaram estudos onde observaram a partir das imagens sísmicas feições de estruturas erosivas indicativas de paleocanais, representadas por superfícies de truncamento de refletores. Estas estruturas erosivas são consequência de um rebaixamento no nível do mar ocorrido durante o Quaternário, que expôs a superfície da PCRS durante o Pleistoceno a sistemas de drenagem fluvial.

Em um trabalho multidisciplinar Weschenfelder *et al.* (2005), publicaram uma interpretação paleoambiental da região de Bojuru. Para tanto, foi efetuado

inicialmente, um mapeamento utilizando sísmica de alta frequência e resolução, onde foi identificado um paleocanal na região da Lagoa dos Patos próximo a Barra Falsa, confirmando as afirmações feitas por Toldo *et al.* (1991). Então, na Barra falsa foi realizado um furo de sondagem estratigráfica SPT (*standard penetration test*), que forneceu amostras para análises sedimentológicas, estratigráficas, palinológicas e cronológicas. Com esta abundância de dados, concluíram que a estrutura observada na sísmica caracterizava um paleocanal de ligação com o Oceano Atlântico, que foi formado durante regressões pleistocênicas e foi preenchido com sedimentos durante a transgressão holocênica.

Segundo apresentado por Bortolin (2010), no XXII Salão de Iniciação Científica da UFRGS, é possível correlacionar superfícies de impedância acústicas identificadas em imagens sísmicas de alta resolução com perfis litológicos construídos a partir de amostras de testemunhos de sondagem obtidas na Lagoa dos Patos.

Os paleocanais de Mostardas e Bojuru foram identificados em dois perfis sísmicos, praticamente paralelos a costa e que portanto apresentam sessões transversais ao eixo do canal. Paleocanais com este posicionamento perpendicular à costa é um fenômeno esperado para uma planície costeira que foi exposta durante um evento de recuo da linha de costa.

As principais publicações relacionadas às questões mencionadas anteriormente (pg.34) foram realizadas por (Toldo *et al.*, 1991; Weschenfelder *et al.*, 2005a, 2005b; Weschenfelder *et al.*, 2007; Weschenfelder *et al.*, 2008; Weschenfelder *et al.*, 2010).

Este trabalho contribui na elaboração de respostas algumas das perguntas feitas anteriormente, fazendo uma integração de um grande conjunto de dados.

5.2. “BARRA FALSA” - EVIDÊNCIA DE UM PALEOCANAL DE LIGAÇÃO COM O OCEANO

Um dos trabalhos publicados que investigaram parte das repostas aos questionamentos mencionados anteriormente é o de Toldo *et al.* (1991) que levanta a possibilidade da feição geomorfológica “Barra Falsa” ser um indício de um paleocanal de ligação entre a Lagoa dos Patos e o Oceano Atlântico.

Localizada a 87 quilômetros ao norte da atual desembocadura da Lagoa dos Patos, ocupando uma área da ordem de 15 Km², com uma profundidade média inferior a 1 metro, a “Barra Falsa” tem seu maior eixo ao longo de 8 Km na direção oeste-leste. Toldo *et al.* (1991) concluiu que o fechamento deste canal teria ocorrido a cerca de 2080 anos por processos de desenvolvimento da Barreira IV (holocênica).

Observando a figura 16 é notável que a Barreira Arenosa IV (holocênica) limita a feição “Barra Falsa”. É notável também que seus 15 Km² estão limitados às áreas da Barreira Arenosa III (pleistocênica). Estas observações geomorfológicas permitem concluir que caso esta feição seja de um canal de ligação com o oceano, sua gênese ocorreu no Pleistoceno e sua extinção provavelmente durante o Holoceno.

Corrêa (1986) identificou na plataforma continental do Rio Grande do Sul terraços marinhos, que evidenciam a subida do nível do mar durante o Holoceno. Segundo Corrêa (1986) e Corrêa & Toldo (1998), a grande transgressão do Holoceno iniciou-se a aproximadamente 18.000 anos atrás, ocorrendo de forma descontínua, apresentando durante o processo pequenas regressões. Portanto, o processo de preenchimento sedimentar da “Barra Falsa” também deve ter iniciado neste momento.

Weschenfelder *et al.* (2005) propôs que um paleocanal mapeado por métodos sísmicos, em um perfil paralelo a margem lagunar, localizado a 5Km da “Barra Falsa” seria o seu construtor. Para tanto, realizou um furo de sondagem estratigráfica na feição geomorfológica, fornecendo dados para análises sedimentológicas, palinológicas e geocronológicas. Caracterizando seis estágios de evolução geológica, conforme variações do nível relativo do mar. Concluíram que o canal foi escavado durante o último evento regressivo do Pleistoceno e, durante a transgressão holocênica, foi preenchido com sedimentos fluviais, estuarinos e marinhos.

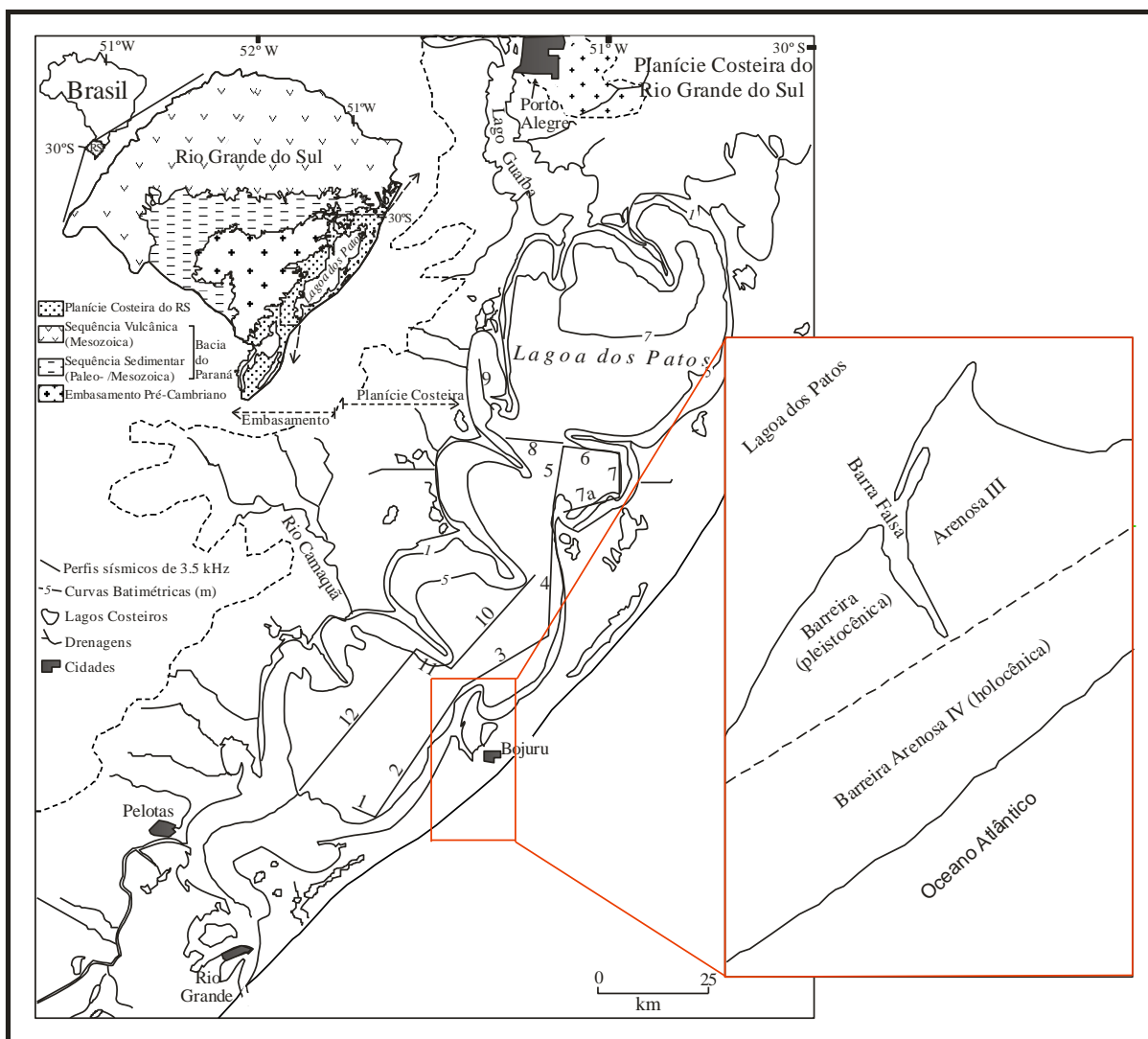


Figura 16. Feição geomorfológica “Barra Falsa” e suas relações espaciais com a Barreira Arenosa III e Barreira Arenosa IV (detalhe modificado de Toldo *et al.*, 1991).

5.3. INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS

A alta frequência na qual foram gerados os dados sísmicos, 3,5 kHz, permite um produto visual de alta resolução tornando possível a observação de pequenas variações nas propriedades físicas da pilha sedimentar. Obtém-se, desta forma, uma correlação satisfatória entre imagem sísmica e perfil litológico.

Para evidenciar esta correlação criaram-se ilustrações (Fig. 9 e 13) com trechos dos perfis sísmicos e sobrepuseram-se a elas uma representação simplificada do perfil litológico criado previamente.

5.3.1. Integração dos Dados de Bojuru

Sedimentos arenosos bem selecionados, com bimodalidade granulométrica bem marcada são propriedades características da atuação do vento como agente de transporte. Assim como o brilho, resultado do polimento dos grãos caracteriza a água como agente transportador.

O brilho dos grãos observados em lupa, a geometria de canal interpretada na sísmica e o conteúdo fóssilífero nos permitem concluir que houve um canal drenando a região. Portanto, um rio erodiu a superfície, gerando o truncamento dos refletores marcados pela superfície S (Fig.9). Este rio erodiu, transportou e redepositou os sedimentos da PCRS.

Pequenas variações na granulometria do perfil litológico indicam mudanças na competência de transporte da drenagem, que provavelmente variaram conforme mudanças do regime fluvial (discutidas à frente).

Os refletores mais fortes obtidos em Bojuru são os de granulometria mais grossa, como pode ser observado na figura 9.

Na figura 9A é possível observar que a profundidade atingida pelo furo de sondagem não alcança o limite inferior da fácies sísmica sotoposta à superfície S, o que não permite realizar interpretações seguras sobre tais pacotes sedimentares, porém é notável que as camadas abaixo da superfície S são truncadas por ela. Provavelmente esse truncamento erosional ocorreu durante a última regressão pleistocênica. Acima desta superfície a inclinação relativamente elevada dos refletores é justificada pela presença da composição arenosa das camadas, que tem ângulo de repouso maior que camadas lamosas.

Este pacote arenoso representa o primeiro momento de preenchimento do canal, que pela geometria simétrica e bem encaixada do rio e pela granulometria composta por areia fina possibilita pensar que a energia do rio estava mais alta. Provavelmente esta mudança na morfologia do rio é ocasionada pela elevação do nível do mar, que causa preenchimento parcial do rio, por material sedimentar, devido a perda de competência do rio causada por diminuição na diferença de energia potencial entre a área fonte e o nível de base. Esta conclusão pode ser aplicada a todas as próximas etapas de preenchimento do canal (Rosgen, 1942; Fielding *et al.*, 2005).

Dos 20 metros aos 13 metros há a diminuição da granulometria, a drenagem passa a depositar lama, o que corresponde as expectativas de diminuição de energia da drenagem e diminuição da inclinação das estruturas de preenchimento.

Logo acima da Superfície S' a qualidade da imagem está perturbada pelo ruído de uma múltipla, gerada pela forte reflexão do fundo lagunar. Porém ainda é possível observar a geometria do canal, que dos 20 aos 16 metros sutilmente aumenta sua largura e diminui em profundidade, depositando lama.

Acima dos 16 metros por meio da observação de estruturas paralelas onduladas e da geometria do corte transversal do canal, é nítido que o canal aumenta sua largura e diminui sua profundidade. Na figura 9 estas mudanças morfológicas também são visíveis e levando em conta fatores como: geometria da sessão transversal, mais profunda na esquerda da imagem e mais rasa na porção a direita, estruturas progradantes oblíquas tangenciais na porção a direita da imagem (interpretadas como migração de barras de canal, destacadas na figura 17); Provavelmente o rio muda seu caráter bem encaixado, com geometria definida, para tornar-se um rio meandrante típico de planícies (Rosgen, 1942; Fielding *et al.*, 2005).

A deposição deste pacote lamoso (20 a 13 metros) durou aproximadamente 400 anos, como pode ser verificado no perfil litológico, que contém datações locais próximas aos limites deste pacote. Portanto neste período entre 7500 e 7130 anos atrás depositou-se no canal uma espessura de cerca de 8 metros de lama, resultando numa taxa de deposição média em torno de 2 centímetros por ano. Estas altas taxas de sedimentação provavelmente ocorreram por perda na competência do rio, relacionadas a subida do Nível Médio do Mar (N.M.M).

Acima dos 13 metros retorna a sedimentação arenosa, a morfologia da drenagem mantém-se com a alta razão largura / profundidade, o que juntamente com o conteúdo fossilífero estuarino e a posição stratigráfica acima da idade de datação mais recente (7130 anos), permitem concluir que provavelmente a drenagem se tornou um corpo estuarino no máximo transgressivo do holocênico. O máximo transgressivo do Holoceno, segundo Corrêa (1986), ocorreu há 5.100 anos atrás.

Na amostra entre 12 e 13 metros foi encontrado o fóssil do bivalve fechado. Os músculos adutores que mantêm as valvas unidas são menos mineralizados que a concha e são muito frágeis, portanto apenas alguns dias após a morte do invertebrado estes ligamentos sofrem necrólise (dependendo da energia do

ambiente). Portanto a alta taxa de sedimentação deste pacote e a diminuição da competência do rio, já observadas nas profundidades de 20 a 13 metros e típicas de ambientes estuarinos em máximos transgressivos, propiciaram a preservação do bivalve com as valvas fechadas (Holz & Simões, 2002).

No último metro (topo) do perfil o forte refletor escuro foi interpretado como o fundo lagunar, produto do contraste de impedância acústica no deslocamento da água para o sedimento lamoso depositado.

5.3.1.1. Correlação com furos de sondagens anteriores

Leinz (1948) estudou furos de sondagem a diamante realizados na região do Passo do Mendonça, localidade situada em um trecho do rio Camaquã a cerca de 50 Km de sua desembocadura na Lagoa dos Patos. Esta é a última área em que o trajeto do rio corta o embasamento, em seguida penetra a Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

Nessa localidade o leito do rio propriamente dito é constituído por rocha granítica do embasamento, possuindo apenas pequena espessura de 1-2m de espessura de cascalhos e seixos grandes. Toda a margem esquerda do rio, com cerca de 400 metros de largura, está coberta por areia, elevando-se até 5 metros sobre o nível normal (Leinz, 1948).

Na área coberta por areia foram realizados por Leinz (1948) quatro furos de sondagem, atingindo profundidades de 58, 40, 40 e 35 metros. Elas atravessaram apenas depósitos arenosos e pouco cascalho. A proveniência destes sedimentos soltos é do próprio rio Camaquã, como foi comprovado por alguns seixos de quartzo e turmalina, material este muito comum nas cachoeiras do rio (Leinz, 1948).

Leinz (1948) concluiu que o leito atual do rio Camaquã é muito mais elevado do que seu leito pretérito. O antigo leito possui uma profundidade de no mínimo 55 metros e seu piso está, hoje, 35 metros mais baixo que o nível do mar. Estas conclusões são coerentes com os dados obtidos neste trabalho, pois observando a figura 9, o leito do paleocanal identificado está aproximadamente 30 metros abaixo do nível do mar atual.

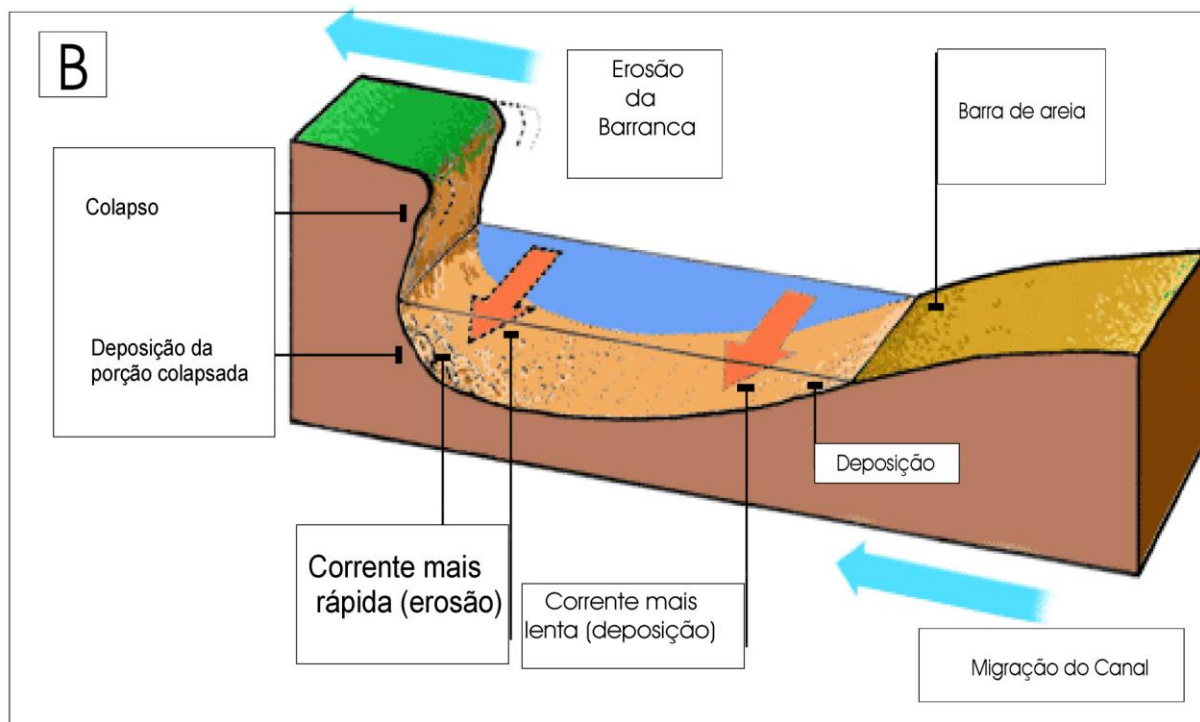
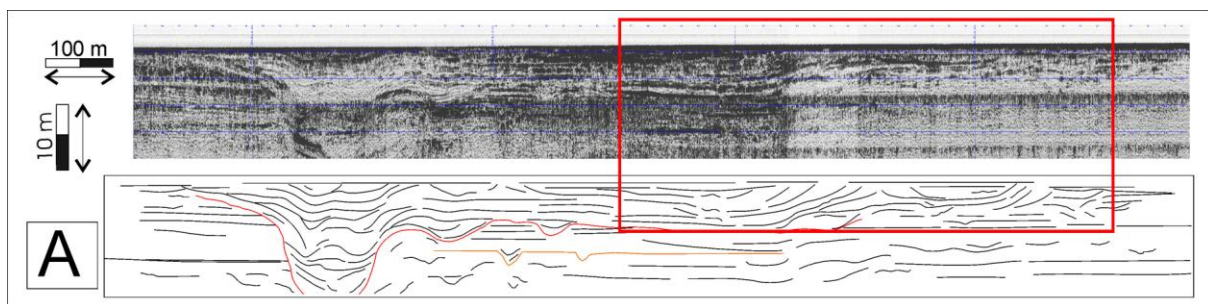


Figura. 17. (A)- Imagem sísmica com destaque ao padrão de configuração interna progradante oblíquo, dos refletores. (B)- Ilustra morfologia de uma sessão transversal de um rio meandrante. (C) – Imagem de um meandro atual do Rio Camaquã, situado a 15 Km da Lagoa dos Patos.

Os dados do furo de sondagem realizado por Weschenfelder *et al.* (2005) foram disponibilizados para fins de correlação com este trabalho, permitindo a configuração da figura 18, onde é notável a semelhança granulométrica obtida nos dois perfis litológicos.

Ambos os perfis A, realizado em 2002, e B contém um pacote arenoso na base com cerca de quatro metros de espessura, seguido de um pacote lamoso de aproximadamente oito metros de espessura e no topo um pacote arenoso com quase quatro metros de espessura. Na base destes perfis há um pacote arenoso depositado aproximadamente entre 9400 e 7500 anos atrás, o que lhe confere uma idade holocênica. A base deste pacote de areia fina não está registrada na imagem sísmica, porém provavelmente está representada pela superfície S. O topo deste pacote está a uma profundidade de 20,5 metros e está bem marcado pela superfície de impedância acústica S'.

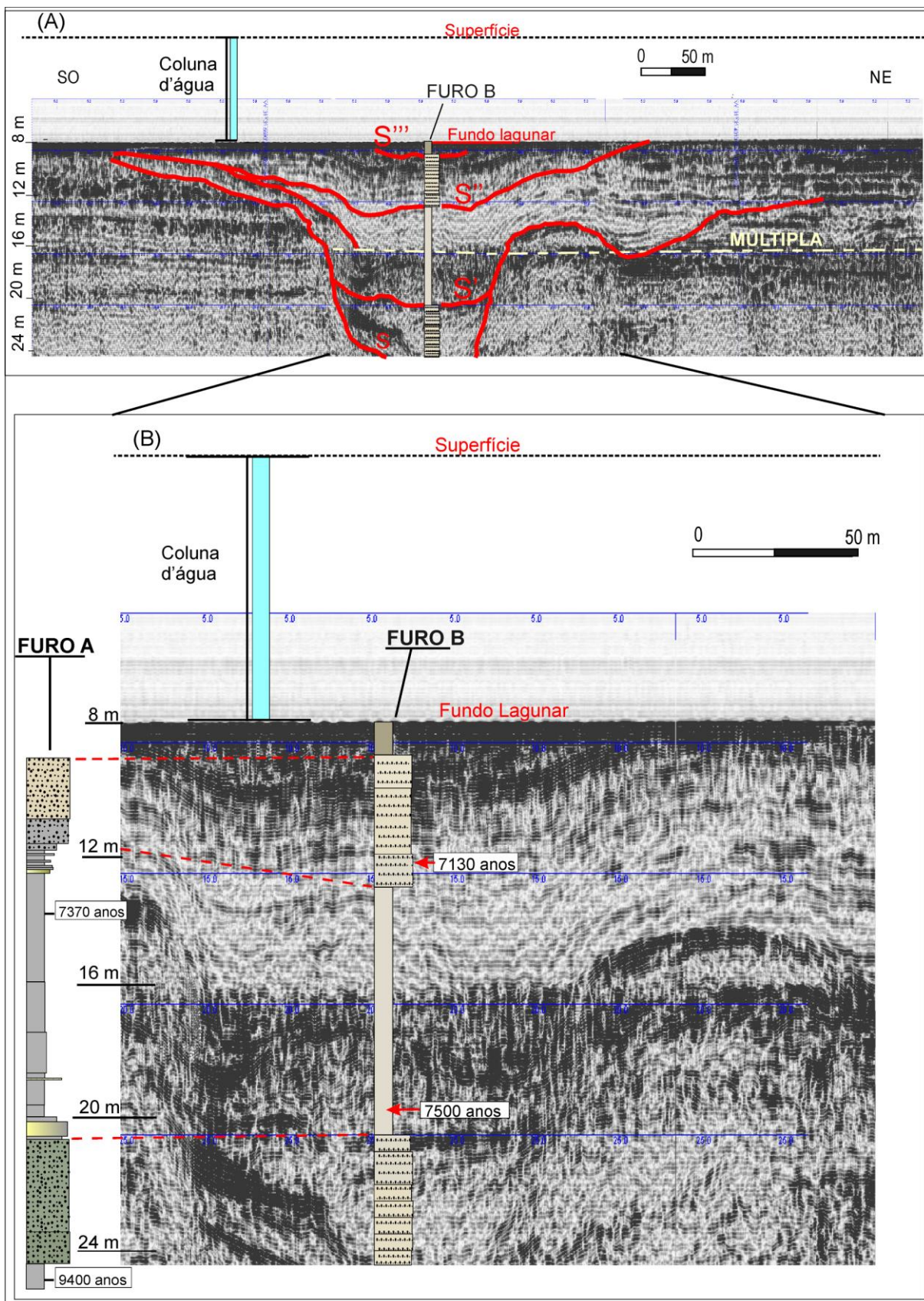


Figura 18. Esquema ilustrando a correlação entre o furo de sondagem A (realizado em 2002 na “Barra Falsa”) e o furo de sondagem B (realizado em 2010 dentro da laguna).

5.3.2. Integração dos Dados de Mostardas

Na figura 12 é possível observar que, a base do perfil litológico realizado em Mostardas está a uma profundidade de 29,5 metros, é constituído da base até uma profundidade de 13 metros por apenas um pacote arenoso praticamente afossilífero.

Neste trecho abaixo dos 15 metros poucos refletores se destacam, estes são truncados pela superfície J, caracterizando a erosão fluvial.

Na figura 13 uma múltipla intercepta o perfil litológico a uma profundidade de 21 metros, oriunda de um forte refletor que secciona o perfil litológico a uma profundidade de aproximadamente 13 metros. Quando este pacote atinge 15 metros de profundidade ele começa a apresentar fósseis de conchas quebradas, que representam o início da sedimentação fluvial. Portanto, os depósitos costeiros da base do perfil foram erodidos, retrabalhados, transportados e parte deles depositados novamente pelo transporte fluvial, formando a superfície erosiva J. A datação de amostras, em profundidades mais rasas, revelou que estes pacotes são mais antigos que 7600 anos, podendo ser areias da Barreira III pleistocência (Fielding *et al.*, 2005).

Os refletores em *onlap* contra a superfície J significam um aumento da largura e uma diminuição da profundidade do rio, processo semelhante foi descrito anteriormente relacionado aos dados de Bojuru, para um período correspondente do tempo geológico. Também analogamente ao observado em Bojuru o material sedimentar depositado para esta época é lamoso.

Na figura 13 há dois grupos de refletores com configuração interna oblíqua tangencial a uma profundidade acima de 10,5 metros, onde há uma lente de areia fina no perfil litológico. Foi identificada a esquerda do perfil litológico, a esta profundidade, uma região topograficamente mais elevada, a partir da qual estão presentes os dois grupos de refletores progradantes tangenciais oblíquos interpretados como estruturas de migração de barras progradando em direções opostas a partir do alto topográfico.

Sobreposta a esta camada arenosa deposita-se lama e no último metro (topo) um refletor bem marcado evidencia o contraste entre a velocidade de propagação de onda na lama do fundo lagunar e na água da laguna.

Observações sobre a geometria do canal não puderam ser realizadas com precisão tal qual em Bojuru, pois há neste segmento do perfil gás disseminado, típico de regiões de topografia rebaixada (paleocanal) e preenchida com sedimento rico em matéria orgânica (Vasconcellos, 2006).

5.4. COMPARAÇÃO COM CURVAS GLACIO-EUSTÁTICAS

Os processos responsáveis pela gênese e afogamento dos paleocanais na PCRS estão diretamente ligados a variações glacio-eustáticas. Quando o nível relativo do mar esteve cerca de 120 -130 metros abaixo do atual a linha de costa também recuou, expondo a superfície da PCRS aos processos de erosão, transporte e deposição (Corrêa, 1986; Corrêa, 1995; Corrêa & Toldo., 1998; Weschenfelder *et al.*, 2005a, 2005b; Weschenfelder *et al.*, 2007; Weschenfelder *et al.*, 2008; Weschenfelder *et al.*, 2010).

No paleocanal de Bojuru é notável que a paleodrenagem possuía aproximadamente entre 9400 anos e 7300 anos um canal confinado, com baixa razão largura/profundidade, que escavava a superfície S. Porém, a uma profundidade de cerca de 13 metros o canal principal parece ter sido preenchido por material sedimentar do próprio rio (perda de competência) e suas águas expandiram os limites laterais do canal, aumentando a razão largura/profundidade, adquirindo caráter estuarino.

Processo semelhante ocorre no paleocanal de Mostardas indicado pelas estruturas em *onlap* contra a superfície J, na porção a direita da figura 13. As perturbações causadas pela presença de gás disseminado impossibilitam a descrição detalhada da evolução da geometria do corte transversal do rio.

Observando a escala temporal de preenchimento dos paleocanais e as estruturas observadas na sísmica conclui-se que a área extravasada além da caixa dos rios não é simplesmente uma planície de inundação formada por enchentes sazonais. O mais plausível é que quando o nível do mar estava mais baixo, a diferença de energia potencial entre os rios e o depocentro da bacia era maior, fazendo com que as paleodrenagens escavassem mais rapidamente a Planície Costeira formando um canal bem pronunciado.

A subida progressiva do nível do mar diminuiu a diferença de energia potencial entre o nível de base da bacia e os rios, afogando os rios com material sedimentar. Os rios por sua vez, não tendo mais um canal bem marcado para seguir o curso, expandiram suas margens, escavando porções laterais da planície costeira, que também foram afogadas provavelmente durante o máximo transgressivo de 5100 anos atrás.

5.5. RELEVÂNCIA DO ESTUDO DE PALEOCANAIS

Uma das principais características das regiões costeiras é a rápida mudança na geomorfologia e geografia das regiões por meio da atuação de processos morfodinâmicos, que podem ser físicos, químicos ou biológicos (Baptista Neto, 2004).

Na Planície Costeira do Rio Grande do Sul as principais mudanças ocorridas são oriundas de processos morfodinâmicos relacionados a variações glacio-eustáticas. O entendimento de algumas destas mudanças ocorridas na morfologia da PCRS recentemente vem favorecendo a compreensão de estudos de outras áreas, inclusive o estudo de paleocanais.

Pesquisadores das Ciências Biológicas da UFRGS realizaram pesquisas com tuco-tucos (*Ctenomys minutus*). Estes animais são roedores que habitam a PCRS, e apresentaram variabilidade genética e morfológica ao longo de trechos desta planície. Estes animais têm pequena capacidade de nadar e os pesquisadores concluíram que paleocanais pretéritos existentes na região de Bojuru e Mostardas seriam barreiras físicas responsáveis pela variabilidade fenotípica e genética dos roedores (Fornel *et al.*, 2010).

O Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) elaborou um Boletim Técnico com a finalidade de diagnosticar áreas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul sujeitas a apresentar problemas com excesso de sais. Para o solo das localidades de Bojuru e Mostardas obtiveram valores anômalos de: porcentagem de sódio trocável (PST) e da condutividade elétrica de solo saturado (CEes). Para justificar estes resultados, atribuíram a existência de paleocanais nas localidades, que preenchidos com sedimentos permeáveis teriam um fluxo subterrâneo de água salobra (Carmona *et al.*, 2011).

6. CONCLUSÕES

A integração de dados propostas por este trabalho permitiu o alcance de conclusões relevantes sobre geometria e preenchimento de paleocanais, evolução geográfica e geológica da PCRS inseridas no contexto do tempo geológico.

As principais conclusões atingidas são:

*A feição em destaque na imagem sísmica é típica de um paleocanal preenchido, com refletores sendo truncados pela superfície S da base do canal.

*As superfícies de impedância acústica observadas nas imagens sísmicas são correlacionáveis com variações, principalmente granulométricas, observadas nos perfis litológicos construídos a partir de amostras dos furos de sondagem.

*Descontinuidades sísmicas observadas nos perfis sísmicos 2 e 7 representam processos erosivos e deposicionais ocorridos durante o final do Pleistoceno e Holoceno.

*A gênese dos paleocanais de Bojuru e Mostardas ocorreram durante o último evento de regressão da linha de costa pleistocênico. O preenchimento sedimentar destas paleodrenagens aconteceu durante a transgressão Holocênica e a fase de mar alto.

*Variações na diferença de energia potencial, entre o nível de base e a área fonte, modelaram a geometria e as estruturas de geração e preenchimento das camadas sedimentares dos paleocanais. Este preenchimento ocorre por perda de competência do rio durante subidas do nível do mar.

*A feição geomorfológica “Barra Falsa” é uma evidência de um paleocanal de ligação entre um sistema de drenagem (extinto no Holoceno) com o Oceano Atlântico.

*As superfícies erodidas durante a última regressão Pleistocênica, eram sedimentos inconsolidados da Barreira III.

*Os paleocanais identificados são atribuídos aos antigos leitos dos rios Camaquã e Jacuí.

REFERÊNCIAS

- Ayres, A. N. 2000. Uso da Sísmica de Reflexão de Alta Resolução e da Sonografia na Exploração Mineral Submarina. *Brazilian Journal of Geophysics*, 18 (3): 241-256.
- Baptista Neto, J. A., Ponzi, V. R. A. & Sichel, S. E. 2004. *Introdução à Geologia Marinha*. Rio de Janeiro, Editora Interciencia; 279p.
- Bortolin, E. C. 2010. Integração de Dados Sísmicos, Estratigráficos e Sedimentológicos no Estudo da Evolução Geológica e Paleogeográfica da Lagoa dos Patos, RS *In: XXII SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, Porto Alegre, 2010.
- Carmona, F. C. 2011. *Salinidade da água e do solo e seus efeitos sobre o arroz irrigado no Rio Grande do Sul*. Cachoeirinha, IRGA, 54p. (Boletim Técnico, 10).
- Corrêa, I. C. S., 1986. Evidence of Sea Level Fluctuation in the Rio Grande do Sul Continental Shelf, Brazil. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 4: 237-249.
- Corrêa, I. C. S. 1995. Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul-Brásil. *Marine Geology*, 130:163-178.
- Corrêa, I. C. S. & Toldo Jr., E. E. 1998. The Sea Level Stabilization in the Rio Grande do Sul Continental Shelf, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70(2):213-219.
- Corrêa, I. C. S., Alliota, S & Weschenfelder, J. 2003. Evidências de Estruturas de Barreira no Canal de Acesso à Laguna dos Patos. *In: II CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA*.
- Fielding, C. R., Trueman, J. D., Dickens, G. R., & Page. M. 2005. Geomorphology and internal architecture of the ancestral Burdekin River across the Great Barrier Reef shelf, north-east Australia. *In: Michael, D. B., Susan B. M. & F. L. Suzanne (Ed.). Fluvial sedimentology VII*, p. 321-247.

- Fornel, R., Cordeiro-Estrela, P. & Freitas, T.R.O. 2010. Skull Shape and Size Variation in *Ctenomys minutes* (Rodentia: Ctenomyidae) in Geographical, chromosomal polymorphism, and environmental contexts. *Biological Journal of the Linnean Society*.101:705-720.
- Holz, M. & Simões M.G. 2002. *Elementos Fundamentais de Tafonomia*. Porto Alegre, Editora UFRGS. 231p.
- Jones, E.J.W. 1999. *Marine Geophysics*. Chichester, Editora Wiley. 466p.
- Leinz, V. 1948. A Fossa do Camaquã no Passo do Mendonça, R.G.S. *Mineração e Metalurgia*, Vol. XIII, 73: 21 -22.
- Pereira, C. M. 2005. Reconhecimento e Mapeamento de Fácies Sísmicas nos Pontais Arenosos da Lagoa dos Patos, RS. Trabalho de Graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Ribeiro, H. J. P. 2001. *Estratigrafia de Sequências. Fundamentos e Aplicações*. São Leopoldo, Editora: Unisinos; 427p.
- Rios, E.C. 1994. *Seashells of Brazil*. Rio Grande, Editora: Fundação Universidade Federal de Rio Grande (2ª edição) 367p.
- Rosgen, D. 1996. *Applied River Morphology. Colorado*, Editora: Wildland Hydrology (2ª edição); 385p.
- Toldo Jr., E. E., Ayup-Zouain, R. N., Corrêa, I. C. & Dillenburg, S. R. 1991. Barra Falsa: Hipótese de um Paleocanal Holocênico de Comunicação Entre a Lagoa dos Patos e o Oceano Atlântico. *PESQUISAS*, 18 (2): 99 – 103.
- Toldo Jr., E. E.1991. Morfodinâmica da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul. *PESQUISAS*, 18 (1): 58 – 63.
- Toldo, E. E. Jr., Dillenburg, S. R., Corrêa, I. C., Almeida & L. E.S.B.2000. Holocene Sedimentation in Lagoa dos Patos Lagoon, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 16 (3): 816 - 822.
- Tomazelli, J. L., Villwock, J. A.2000. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ, M. & De Ros, L. F. **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. CIGO/UFRGS; 444p.

- Vasconcellos, V.E.B.2006. *Acumulações de gás raso no substrato da Lagoa dos Patos reveladas por sísmica de alta resolução: caracterização, mapeamento e condicionantes*. Trabalho de Graduação – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
- Villwock, J.A.1972.*Contribuição da Geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul* Porto Alegre Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Weschenfelder, J., Corrêa, I. C. & Alliota, S. 2005a. Elementos Arquiteturais do Substrato da Lagoa dos Patos Revelados por Sísmica de Alta Resolução. *Pesquisas em Geociências*, 32 (2): 57- 67.
- Weschenfelder, J., Corrêa, I. C., Alliota, S., Pereira, C. M. & De Vasconcellos, V.E.B. 2006. Shallow Gas Accumulation in Sediments of the Patos Lagoon, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78(3): 607-614.
- Weschenfelder, J., Medeanic, S.,Corrêa, I. C.; Alliota, S., Pereira, C. M., De Vasconcellos, V. E.B. 2005b. Holocene Paleoenvironmental Changes in the Bojuru Region, RS, Brazil: a Multidisciplinary Approach. *In: IX CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*.
- Weschenfelder, J.,Corrêa, I. C., Toldo, E. E. Jr. & Baitelli, R. 2008. Paleocanais Como Indicativo de Eventos Regressivos Quaternários do Nível do Mar no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica*,26 (3): 367 – 375. Porto Alegre.
- Weschenfelder, J., Corrêa, I. C., Toldo, E. E. Jr.& Baitelli, R. 2007. Regressões Marinhas Quaternárias do Sul do Brasil Indicados por Sistemas de Paleodrenagens. *In: XII CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR*, 15 a 19 de abril.
- Weschenfelder, J.,Corrêa, I. C., Toldo, E. E. Jr. & Baitelli, R. 2010. A drenagem pretérita do Rio Camaquã na costa do Rio Grande do Sul. *Pesquisas em Geociências*,37 (1): 13 – 23.