

**LEVANTAMENTO GEOFÍSICO COM SÍSMICA DE ALTA
RESOLUÇÃO NA ÁREA DO LAGO GUAÍBA- RS**



Salvador, Janeiro de 2019

Sumário

1- ESCOPO DE FORNECIMENTO	6
2- INTRODUÇÃO.....	7
2.1 ÁREA DE ESTUDO	7
2.1.2 GEOLOGIA	7
2.1.2.1 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA	13
3- METODOLOGIA	16
3.1 EQUIPE TÉCNICA E EQUIPAMENTOS.....	16
3.1.1 EQUIPE TÉCNICA.....	16
3.1.2 EQUIPAMENTOS E PROGRAMAS.....	16
3.2 PRINCÍPIOS DE PERFILAGEM SÍSMICA.....	17
3.3 AQUISIÇÃO DE DADOS	19
3.3.1- ETAPA PRÉ- CAMPO	19
3.3.2- ETAPA DE CAMPO E AQUISIÇÃO.....	22
3.3.2.1 EMBARCAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DE FONTES ACÚSTICAS	24
3.3.2.2 LIMITAÇÕES NA AQUISIÇÃO	25
3.3.3 ETAPA PÓS-CAMPO	27
3.3.3.1 – PROCESSAMENTO DE DADOS.....	27
3.3.3.2 INTERPRETAÇÃO DE DADOS	28
4- RESULTADOS	29
4.1 INTERPRETAÇÃO SÍSMICA	29
4.1.1 UNIDADE 6 – PRESENÇA DE GÁS.....	31
4.1.2 UNIDADE 1 – EMBASAMENTO ACÚSTICO.....	32
4.1.3 UNIDADE 2 – PACOTE ARENOSO	32
4.1.4 UNIDADE 3 – PACOTE DE LAMA TRANSPARENTE.....	33
4.1.5. UNIDADE 4 – PACOTE DE LAMA RÍTIMICA.....	34
4.1.6. UNIDADE 5 – DEPÓSITO DE LAMA RECENTE.....	34
4.1- REPRESENTAÇÃO DE PERFIS SÍSMICOS.....	35
4.2.1 PERFIS SÍSMICOS INTERPRETADOS	36
4.3 PRODUTOS GERADOS – MAPAS	67
4.3.1 MAPA BATIMÉTRICO	68
4.3.2 MAPA DO TOPO EMBASAMENTO ACÚSTICO	70
4.3.3 MAPA DE ISÓPACA UNIDADE 2- PACOTE DE AREIA	73
4.3.4 MAPA DO TOPO DO PACOTE ARENOSO.....	75
4.3.5 MAPA DE ISÓPACAS DO PACOTE LAMOSO TOTAL.....	77

4.3.6 MAPA DE ISOPACA TOTAL.....	79
5- DISCUSSÃO, CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.	81
5.1 DISCUSSÃO	81
5.2 CONCLUSÕES.....	90
5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
6- BIBLIOGRAFIA.....	91
7- ANEXOS.....	93

Figura 1- Mapa Geológico do RS - Lago Guaíba- RS na escala de 1:750.000.....	8
Figura 2- Mapa Sedimentológico de Superfície do Lago Guaíba.....	11
Figura 3- Mapa de Ambientes Depositionais.....	12
Figura 4- Primeira Transgressão Marinha.....	13
Figura 5- Segunda Transgressão Marinha.....	14
Figura 6- Terceira Transgressão Marinha - Ambiente Lacustre.....	14
Figura 7- Última Transgressão Marinha - Ambiente Lacustre.....	15
Figura 8 - Princípios da Perfilação Sísmica através da emissão de ondas acústica.	17
Figura 9- Levantamento Proposto no TR pela Contratante.....	19
Figura 10- Carta Náutica 2111.....	20
Figura 11- Planejamento do Lago Guaíba.....	21
Figura 12- Linhas sísmicas adquiridas.....	23
Figura 13- Embarcação ALINEMAR utilizada no levantamento.....	24
Figura 14- Espaço Interno e Organização Interna das fontes e área de aquisição...	25
Figura 15- Chirp de Alta e Baixa Frequência.....	25
Figura 16- Boomer e hydrophone rebocados no Lago Guaíba, e esquema de fontes usadas.....	25
Figura 17- Limitações para aquisição de campo. Carta Náutica 2111 e fotos tiradas durante a aquisição ilustrando as limitações observadas.....	26
Figura 18- Principais Sismofácies identificadas.....	30
Figura 19- Assinatura Sísmica e Tipos de Gás.....	31
Figura 20- Esquema de Diferença de Alcance Acústico entre fontes.....	35
Figura 21 - Perfis Apresentados neste Relatório.....	37
Figura 22- Perfil Sísmico 30 – Completo.....	38
Figura 23 - Perfil Sísmico 30 - Fonte Chirp.....	39
Figura 24- Perfil Sísmico 30 - Fonte Boomer.....	40
Figura 25- Perfil Sísmico 32- Completo.....	41
Figura 26 - Perfil Sísmico 32 - Fonte Chirp.....	42
Figura 27- Perfil Sísmico 32 - Fonte Boomer.....	43
Figura 28- Perfil Sísmico 35.1 - Completo.....	44
Figura 29- Perfil Sísmico 35.1 - Fonte Chirp.....	45
Figura 30 - Perfil Sísmico 35.1 e 35.2.....	46
Figura 31- Perfil Sísmico 40 - Completo.....	47
Figura 32- Perfil Sísmico 40 - Fonte Chirp.....	48
Figura 33- Perfil Sísmico 40 -Fonte Boomer.....	49
Figura 34- Perfil Sísmico 44 - Completo.....	50
Figura 35 - Perfil Sísmico 44 - Fonte Chirp.....	51
Figura 36- Perfil Sísmico 44 - Fonte Boomer.....	52
Figura 37- Perfil Sísmico 45 - Completo.....	53
Figura 38- Perfil Sísmico 45 - Fonte Chirp.....	54
Figura 39- Perfil Sísmico 45 - Fonte Boomer.....	55
Figura 40- Perfil Sísmico - Completo.....	56
Figura 41- Perfil Sísmico 48 - Fonte Chirp.....	57
Figura 42- Perfil Sísmico 48 -Fonte Boomer.....	58
Figura 43 - Perfil Sísmico 5- Completo.....	59

Figura 44- Perfil Sísmico 50 - Fonte Chirp	60
Figura 45- Perfil Sísmico 50 - Fonte Boomer	61
Figura 46- Perfil Sísmico 52 - Completo	62
Figura 47- Perfil Sísmico 52- Fonte Chirp	63
Figura 48- Perfil Sísmico 52- Fonte Boomer	64
Figura 49- Perfil Sísmico 54 - Completo.....	65
Figura 50- Perfil Sísmico 54 - Fonte Chirp	66
Figura 51- Mapa Batimétrico	69
Figura 52- Topo do Embasamento Acústico	72
Figura 53- Mapa de Isópaca da Unidade 2	74
Figura 54 - Mapa do Topo do Pacote Sedimentar.....	76
Figura 55 - Mapa de Isópacas de Lama Total	78
Figura 56 - Mapa de Isópacas Totais	80
Figura 57 - Mapa Geológico (Modificado CPRM,2006) e Topo do Embasamento Acústico.....	83
Figura 58 – Destaque para os estratos sedimentares mais internos da bacia de pelotas sobrejacentes ao Lago Guaíba.....	84
Figura 59- Mapa Geológico (Modificado CPRM,2006) e Isópaca da Unidade 2.	86
Figura 60 – Distribuição das camadas camadas de lama rítmica e transparente (UNIDADES 3 E 4)	88

1- ESCOPO DE FORNECIMENTO

O seguinte Levantamento Geofísico foi realizado no Lago Guaíba- RS, localizada nas coordenadas geográficas de 29°55´S a 51°46´W, o levantamento objetivou o mapeamento e modelamento do pacote sedimentar de sub-superfície depositado na área do lago; a determinação do substrato rochoso estável (bedrock) (quando aparente ao método aplicado); a discriminação de camadas e lentes de silte e/ou argila com espessura a partir de 0,30m; a determinação da espessura dos depósitos de areia, para fins de Zoneamento Ambiental na Região do Lago.

A proposta do programa de levantamento especificado no TR de **Processo Administrativo nº 18/0500-0000928-2** abrange 14 linhas longitudinais (N-S), perfazendo um total de 239 km e 20 linhas transversais (E-W), perfazendo um total de 242 km, com espaçamento de 2 km. Total do levantamento: 481 km de linhas sísmicas. O levantamento Sísmico de Alta Resolução consiste na aquisição de informações técnicas, de forma indireta, pela utilização de propriedades sonoras, capazes de perceber diferentes impedâncias acústicas físicas do terreno.

A campanha deste trabalho foi realizada entre os dias 28 de setembro a 10 de outubro de 2018, recobrando toda a área do escopo especificado, com exceção das regiões perigosas a navegação. O seguinte relatório irá apresentar o Serviço Realizado, abrangendo: Introdução e área de estudo; metodologia aplicada, equipe e os equipamentos utilizados, resultados na forma de produtos como perfis sísmicos brutos/interpretados e mapas, por fim, serão apresentadas Discussão e Conclusões.

2- INTRODUÇÃO

2.1 ÁREA DE ESTUDO

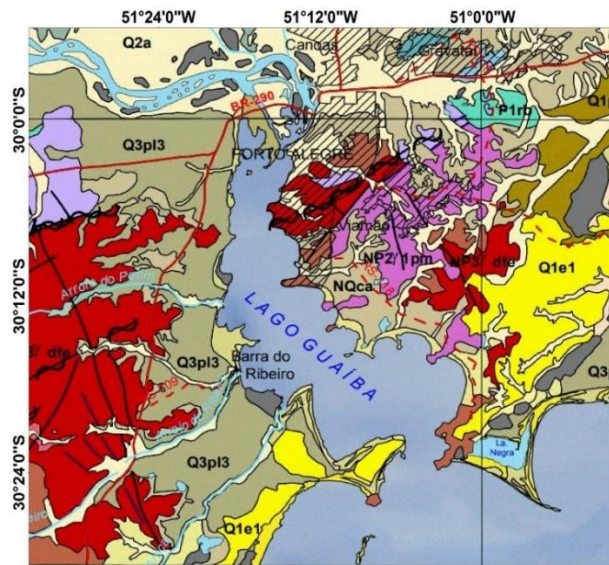
A Bacia do Lago Guaíba (Unidade G80), possui uma área de 2.973 km², sendo 547 km² referente ao espelho d'água. Possui como principais contribuintes os Rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí. (PAZ et al, 2005). Possui 50 km de comprimento desde o delta do Jacuí até a Ponta de Itapuã, com largura mínima de 900m e máxima de 19 km (PAZ et al., 2005). As margens do lago apresentam forma recortada como enseadas, resultantes dos processos hidrodinâmicos atuantes e da herança do relevo. A área do Lago Guaíba abrange um total de 14 municípios (Barão do Triunfo, Barra do Ribeiro, Canoas, Cerro Grande do Sul, Eldorado do Sul, Guaíba, Mariana Pimentel, Nova Santa Rita, Porto Alegre, Sentinela do Sul, Sertão Santana, Tapes, Triunfo e Viamão), possuindo uma população estimada em 1,5 milhões de habitantes (ZONEAMENTO AMBIENTAL, s/d). Ao entorno do lago, são observados diversos usos, entre os quais se destacam: Abastecimento de água potável para a região metropolitana de Porto Alegre; usos para a extração e mineração de areias; usos industriais e descartes de efluentes; usos aquaviários e portuários, agricultura irrigada; proteção de vida aquática; usos urbanos e recreativos, entre outros (PAZ et al., 2005). Diante da abrangência geográfica e importância da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, estudos ambientais são essenciais para o gerenciamento e organização da área e zoneamentos ambiental.

2.1.2 GEOLOGIA

A geologia regional da área de estudo é constituída predominantemente por rochas cristalinas do Escudo Sul-Rio-grandense e depósitos sedimentares da Planície Costeira Interna (Figura 1) (ZONEAMENTO AMBIENTAL, s/d; MENEGAT et al., 1999). As rochas cristalinas encontram-se nas regiões mais elevadas formando morros e cristas graníticas, sendo constituídos por gnaisses, diques riolíticos e litotipos metamórficos. Estas representam rochas Proterozóicas oriundas dos diferentes estágios evolutivos da orogenia do Cinturão Dom Feliciano (MENEGAT et al., 1999). Os depósitos sedimentares apresentam registros do Terci-Quaternário, constituídos

por sedimentos arenosos, aluviões e coluviões nas encostas de morros e baixadas (ZONEAMENTO AMBIENTAL, s/d). Os depósitos quaternários nas margens do lago Guaíba estão relacionados a quatro grandes transgressões marinhas ocorridas na região (LAYBAUER e BIDONE, 2001).

A margem leste do Lago Guaíba é composta predominantemente pelas rochas graníticas expostas nos pontais de enseadas arenosas. Esta margem exhibe ocorrência restrita de sedimentos ao longo de praias e pequenas enseadas. Os sedimentos quaternários são mais representativos ao longo da margem oeste do lago, formando esporões e costas arenosas que se conectam a uma planície pouco dissecada com cerca de 15 km de extensão (ZONEAMENTO AMBIENTAL, s/d).



COLUNA ESTRATIGRÁFICA

ÉON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA	10 ⁶ ANOS	LITOTIPOS / AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO
FANEROZOICO	CENOZOICO	NEÓGENO	PLEISTOCENO HOLOCENO	0,01	<p>NDca Depósitos colúviais-aluviais</p> <p>Q4 Depósito relacionados a barreiras-holocênicas</p> <p>Depósitos colúvio-aluviais (Q4ca); Depósitos Aluviais (Q4a); Depósitos deltaicos (Q4d); Depósitos Eólicos (Q4e); Depósitos Fluvio-lagunares (Q4f); Depósitos praias (Q4p); Depósitos de praias e cristas lagunares (Q4pc); Depósitos de planície lagunar (Q4pl); Depósitos de retrabalhamento edico (Q4re).</p> <p>Q3 Depósito de barreira pleistocênica 3</p> <p>Depósitos Eólicos (Q3e3); Depósitos praias (Q3p3); Depósitos de planície lagunar (Q3pl3).</p> <p>Q2 Depósitos de barreira pleistocênica 2</p> <p>Depósitos Eólicos (Q2e2); Depósitos praias (Q2p2); Depósitos praias edícos (Q2PE2); Depósitos planície lagunar (Q2pl2).</p> <p>Q1 Depósitos de barreira pleistocênica 1</p>
				1,8	<p>JJK1td Formação Botucatu – arenito fino a grosso</p> <p>J3g Formação Guarú – arenito fino a conglomerático</p> <p>GRUPO PASSA DOIS</p> <p>P3T1p Formação Pirambóia – arenito médio a fino</p> <p>P3T1rr Formação Rio do Rasto – pelito e arenito fino</p> <p>P1td Formação Rio Bonito – arcóseo e siltitos</p>
135	<p>PROVÍNCIA PARANÁ</p>				
PROTEROZOICO	NEOPROTEROZOICO	EDJACRIANO		542	<p>PROVÍNCIA MANTIQUEIRA</p> <p>NP3Ydf Suite Granítica Dom Feliciano - sienogranitos, monzogranitos e granodioritos 550 ± 6 Ma Rb-Sr.</p> <p>NP3Yfp Granodiorito Fazenda do Posto</p>

Figura 1- Mapa Geológico do RS - Lago Guaíba- RS na escala de 1:750.000.

- DINÂMICA SEDIMENTAR

O Lago Guaíba constitui uma grande bacia receptora de sedimentos, localizada na margem oeste da cidade de Porto Alegre, compreendendo uma superfície de aproximadamente 500 km² (BACHI et al., 2001; LAYBAUER e BIDONE, 2001). Os terrenos constituídos por rochas vulcânicas, plutônicas e sedimentares das Terras Altas são drenados pela Bacia Sudeste do Rio Grande do Sul, submetidos a taxas médias de precipitação anual de 1300 mm (BACHI et al., 2001). O conjunto de fatores climáticos, geológicos e geomorfológicos da região propiciam condições favoráveis a intemperização e erosão dessas rochas, fornecendo expressivos volumes de sedimentos que são transportados para o Lago Guaíba.

O substrato do Lago Guaíba é composto por diferentes texturas, abrangendo areias, areia siltica, silte arenoso e silte argiloso (LAYBAUER, 2002). Estes sedimentos são transportados para o Guaíba, principalmente, pelos rios Jacuí, Caí, Taquari, Sinos e Gravataí (TOLDO, 1994).

Os tributários da rede de drenagem perdem competência como agentes de transporte, ao ingressarem na ampla bacia deposicional do Guaíba, dando origem ao delta do rio Jacuí ao norte, o qual retém a maioria dos sedimentos mais grosseiros (BACHI et al., 2001). Os sedimentos mais finos no tamanho argila e silte, compostos por quartzo, argilo-minerais e matéria orgânica, ingressam no lago Guaíba como plumas de material em suspensão e são carregados a jusante. Na laguna dos Patos, as plumas podem se estender por mais de 30 km com concentrações superiores a 30 mg/l na superfície da água durante o verão.

Em relação às condições deposicionais no Lago Guaíba, os parâmetros analisados são controlados principalmente pelo nível de energia das correntes e das ondas (BACHI et al., 2001). As águas do Guaíba sofrem forte influência dos ventos, que causam correntes diferentes do escoamento natural em direção a Laguna dos Patos (LAYBOUER e BIDONE, 2001). Isto causa o represamento e inversão dos fluxos de água ao longo do Guaíba (LAYBAUER e BIDONE, 2001). A interação do escoamento natural da água com a circulação das correntes geradas pelos ventos resulta no desenvolvimento de padrões de estratificação, com fluxos e refluxos das águas

registrados ao longo do canal, favorecendo ao Guaíba uma característica de sedimentação das partículas finas por corrente, principalmente nas partes mais profundas ao longo do canal (BACHI et al, 2001). De acordo com Bachi et al. (2001), as taxas de sedimentação do Guaíba podem ser exemplificadas através das taxas registradas na bacia lagunar com valor médio de longo período (Holoceno) = 0,52 mm/ano (TOLDO, 1994), já as taxas de sedimentação obtidas de curto período, através do método Pb^{210} , indicam valores entre 3,5 e 8,3 mm/ano para os últimos 150 anos (BACHI et al, 2001). As discrepâncias entre os valores de curto a longo prazo, refletem os efeitos da ação antrópica, relacionada principalmente à agricultura na região de influência da bacia hidrográfica do sudeste do Estado, gerando uma aceleração das taxas de sedimentação nas últimas décadas.

Estudos anteriores realizados no Lago Guaíba, mostraram que o acúmulo de sedimentos mais finos (silte, argila e matéria orgânica) ocorreu nas regiões mais profundas do lago, a partir da isóbata de 3 m (Fig. 2). Enquanto que os sedimentos mais arenosos prevaleceram no fundo entre a linha de costa e a isóbata de 3 m, sem uma cobertura de sedimentos finos que são constantemente removidas pela ação das ondas (BACHI et al., 2001; LAYBAUER, 2002).

A ausência de uma cobertura lamosa pode ser explicada pela ressuspensão dos sedimentos finos por correntes de turbidez induzidas pelas ondas, onde reduz a taxa de deposição nas áreas rasas com profundidades menores que 3 metros da coluna d'água (BACHI et al., 2001). As ondas presentes no Guaíba exibem altura pequena, curto período e baixa frequência anual. O clima de ondas tem grande influência na geração e distribuição de energia no sistema (LAYBAUER, 2002).

Esta distribuição de sedimentos pode ser visualizada na Figura 1Figura 2, onde os diferentes setores no mapa (A, B, C e D), elaborado por trabalhos anteriores como CECO (1999) e Bachi et al. (2001) indicam o teor de areia em diferentes percentuais que variam entre 90-100; 50-90; 10-50 e 0-10, respectivamente. Os teores de areia nos sedimentos diminuem com o aumento da profundidade, enquanto que os teores de silte e argila (finos) aumentam com a mesma, indicando uma clara relação entre a batimetria do lago e a granulometria dos sedimentos do seu leito (LAYBAUER e BIDONE, 2001; LAYBAUER, 2002).

energia, favorecendo a deposição de sedimentos finos, os quais estão depositados nas regiões mais profundas e no canal. O fundo transicional por sua vez, abrange 41% da área do lago e representa um ambiente de baixa energia com substrato de argila e areia, refletindo a transição entre as áreas de baixa e alta energia. Por fim, o ambiente erosional representando 8% da área do lago, corresponde a área onde predominam condições erosivas, a não deposição de finos e o fundo composto por areias. Segundo o autor, os respectivos ambientes deposicionais estão relacionados com a atual batimetria do canal e com os processos hidrodinâmicos.

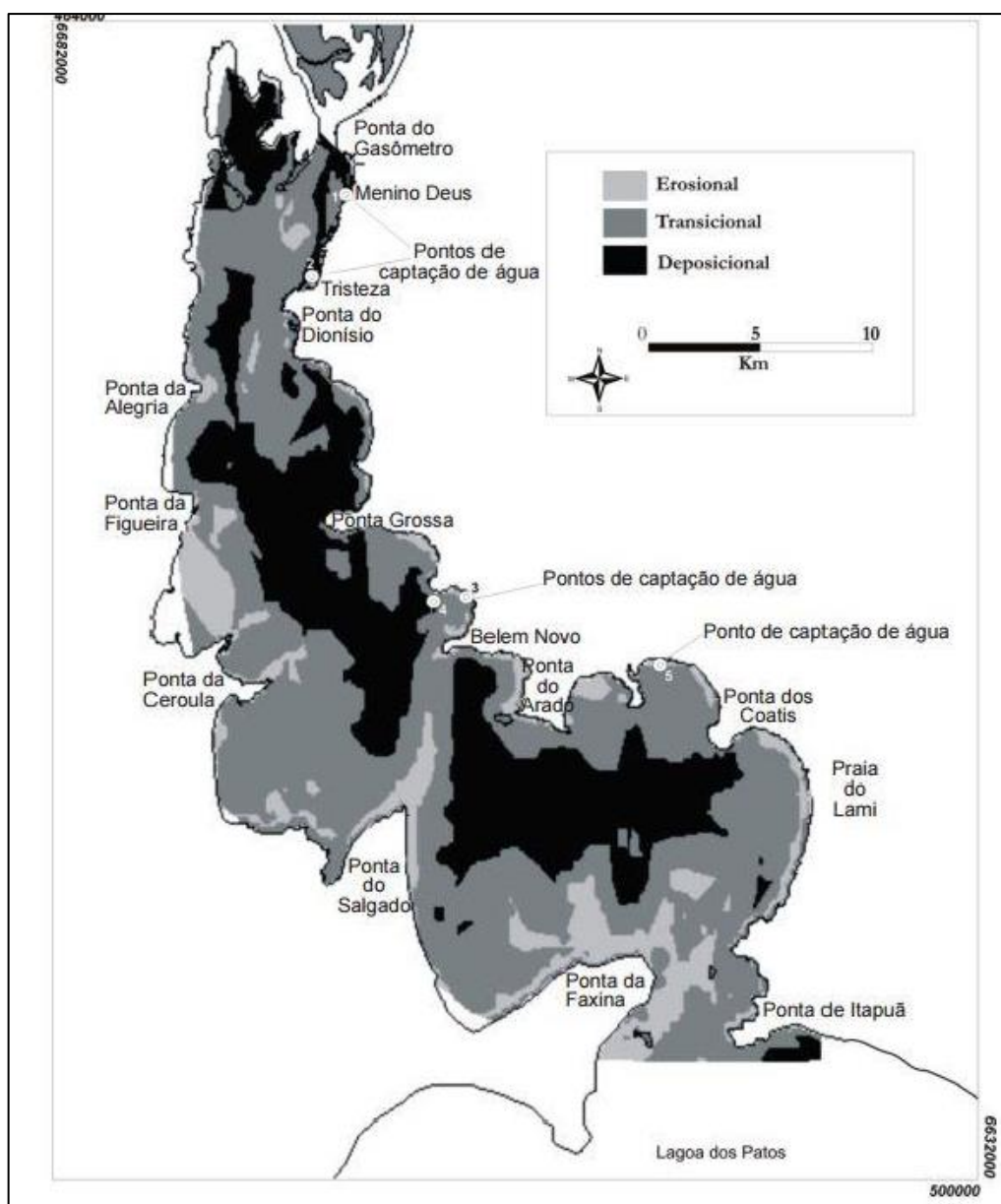


Figura 3- Mapa de Ambientes Depositionais
Fonte: Nicoloid, 2010

2.1.2.1 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

A evolução geológica costeira na região teve grande contribuição dos sedimentos e rochas sedimentares que hoje se encontram submersas na área do Lago. Assim, através de modelos gerados pelo Atlas Ambiental de Porto Alegre, optou-se por descrever os principais estágios evolutivos do lago, para que as unidades encontradas fossem melhor discutidas nos resultados. O modelo a seguir apresentado foi gerado através do Atlas, e reflete variações eustáticas do nível do mar.

- **PRIMEIRA TRANSGRESSÃO MARINHA 400 mil anos AP.**

Este período corresponde ao evento em que ocorreu o derretimento dos lençóis de gelo localizados no polo norte, resultando em uma subida eustática do nível do mar. Na planície costeira do Rio Grande do Sul este período resultou no avanço do mar em várias regiões, incluindo a área do Vale do Guaíba (Figura 4). Neste contexto a região apresentava características marinhas, sendo portanto influenciada pela ação de ondas e correntes marinhas. Destacam-se na época presença de pontais e barreiras arenosas, entre as quais a Coxilha das Lombas, elevação arenosa de uma das paleo-restingas (MENEGAT et al., 1999).

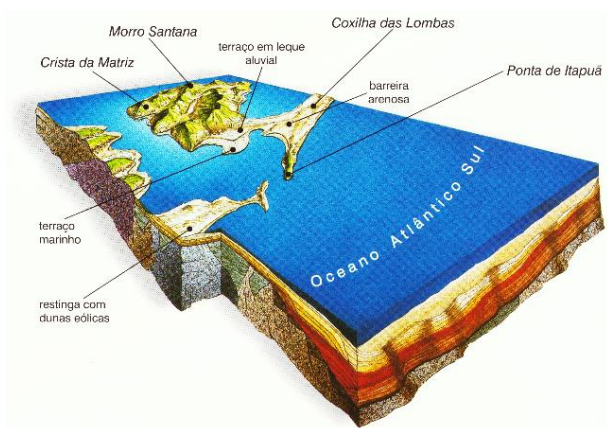


Figura 4- Primeira Transgressão Marinha.
Fonte: MENEGAT et al., 1999.

- **SEGUNDA TRANSGRESSÃO MARINHA 325 mil anos AP.**

A segunda transgressão marinha ocorrida em 325 mil anos AP alagou uma região menor quando comparada a 1ª Transgressão Marinha, neste contexto a região de Porto Alegre ficou ligada ao mar por meio de cordões arenosos, estas áreas emersas favoreceram a ocupação da vegetação, que atualmente encontram-se algumas

turfeiras. Nesta época, o vale do Guaíba continuava a apresentar características marinhas (Figura 5), sendo semelhante a uma baía, banhada pelo Oc. Atlântico, ressalva-se que a geometria das margens já era semelhante ao que se encontra atualmente (MENEGAT et al., 1999).

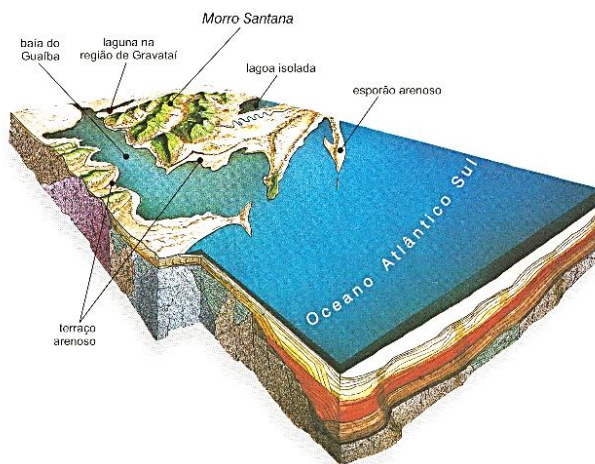


Figura 5- Segunda Transgressão Marinha.
Fonte: MENEGAT et al., 1999

- **TERCEIRA TRANSGRESSÃO MARINHA 120 mil anos AP.**

Neste período houve a formação das barreiras e das restingas que acabaram por fechar a Laguna dos Patos. Nesta fase, o Lago do Guaíba que possuía características marinhas (Paleo-Baía), agora se transforma em um ambiente de Lago (ambiente atual) (Figura 6). Também neste mesmo período houve o desenvolvimento dos terraços fluviais em que se situam as calhas dos arroios e rios que constituem a atual malha hidrográfica (MENEGAT et al., 1999).

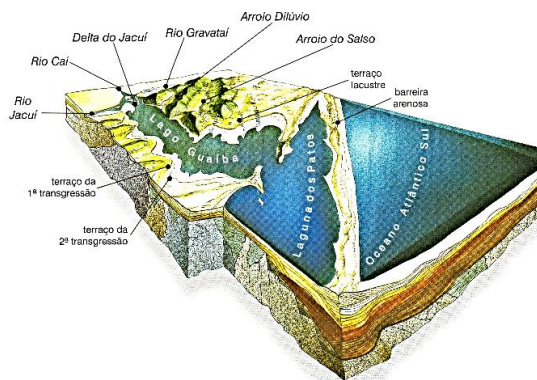


Figura 6- Terceira Transgressão Marinha - Ambiente Lacustre
FONTE: MENEGAT et al., 1999.

- ÚLTIMA TRANSGRESSÃO MARINHA 5 mil anos AP.

Neste período destacam-se o alargamento das restingas e cordões arenosos, a exemplo das restingas que formaram a Lagoa dos Patos, a qual passam a alojar pequenas lagoas isoladas (Figura 7). Os rios e arroios formaram um segundo nível de terraços fluviais. Neste período, o Vale do Guaíba já se apresenta como um ambiente lacustre muito semelhante ao atual. MENEGAT et al., 1999

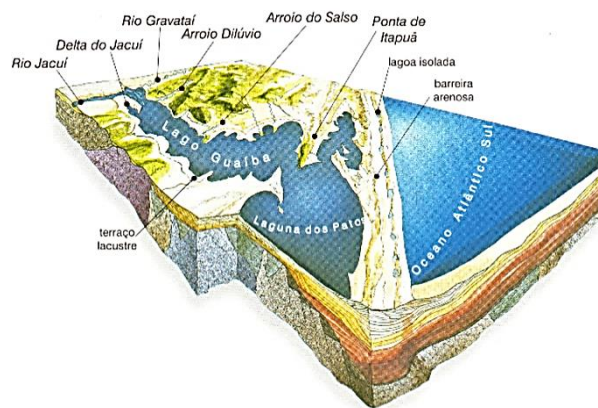


Figura 7- Última Transgressão Marinha - Ambiente Lacustre
FONTE: MENEGAT et al., 1999.

3- METODOLOGIA

3.1 EQUIPE TÉCNICA E EQUIPAMENTOS

3.1.1 EQUIPE TÉCNICA

Na execução do serviço contratado foram utilizados os seguintes profissionais:

a) Etapa de Campo e Pós-Campo

- 01 Gerente de Contratos: Eng. Sérgio Correia Santos
- 01 Oceanógrafo, Msc. Geologia. Doutorando. – Ana Clara Coni e Mello
- 01 Oceanógrafo, Msc. Geologia – Rafael Fonseca Ribeiro
- 01 Geólogo, Msc. Geologia. Doutorando. – Marcela Mathews Halla
- 01 Geofísico, Msc. Geologia; - Isaac Santos

3.1.2 EQUIPAMENTOS E PROGRAMAS

Os equipamentos e programas utilizados fazem parte do sistema MULTI-MODE SONAR SYSTEM da Meridata, que permite a aplicação de diferentes fontes sísmicas de forma simultânea. A seguir estão especificadas as fontes empregadas e suas respectivas frequências de operação:

a) Etapa de Campo

- Fonte de energia sísmica Boomer– Frequência de operação (0.3- 1.5 kHz);
- Hydrophone – Modelo 16.8.5.- SIG STREAMER (Receptor de Sinal Sísmico);
- Fonte do tipo Chirp:
 - Baixa Frequência (LF-chirp) - Frequência de operação (2-8 kHz);
 - Alta Frequência (HF-Chirp) - Frequência de operação (10-18 kHz);
- Sistema de Aquisição Sísmica- Meridata
- DGPS – Hemisphere A 101
- Computador Panasonic CF-53.
- Software MDCS – Marine Geophysical Data Acquisition Software Version 5.2 –MERIDATA
- Monitor Panasonic para visualização e navegação
- Gerador Honda ECGX 6500 – 6.5 KVA

b) Etapa de Escritório

- Software MDPS – Marine Geophysical Data Processing Software Version 5.2
- Software ArcGis 10 – Integração de dados;
- Software Surfer 8.2 – Interpolação de dados;
- Software Seismic Unix – Processamento Sísmico;

3.2 PRINCÍPIOS DE PERFILAGEM SÍSMICA

Os princípios da perfilagem sísmica (Figura 8) se baseiam na característica de converter energia armazenada periodicamente em energia mecânica dentro de um corpo d'água, gerando uma onda de pressão (ondas acústicas) propagada da fonte em direção aos alvos e refletida por qualquer superfície de impedância acústico-sísmica diferente da inicial. A onda refletida é propagada de volta, e enviada aos receptores (sensores de pressão) chamados de *hydrophones*, que irão gravar os parâmetros refletidos. Como toda onda, ela também sofre com os efeitos físicos de reflexão, absorção, difração, refração e espalhamento (McGEE, 1995; MOSHER e SIMPKIN, 1999). Portanto, muitos são os fatores que influenciam em um levantamento sísmico e seus respectivos resultados. Além disso, cada fonte possui características físicas próprias, como forma do pulso, espectro de frequência emitido, resolução, entre outros. Tais características irão conferir diferentes resultados para cada uma das fontes utilizadas.

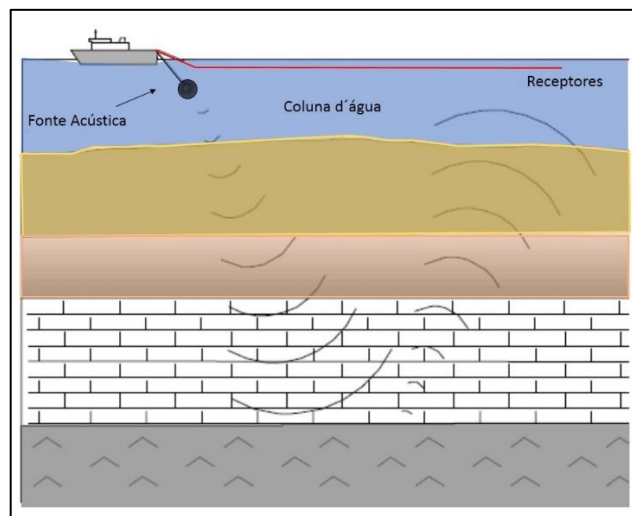


Figura 8 - Princípios da Perfilagem Sísmica através da emissão de ondas acústica.
Modificado de:

Os métodos sísmicos de alta resolução têm sido amplamente utilizados no mapeamento de estruturas submersas, investigação de processos sedimentares, engenharia costeira, exploração mineral e estudos de dragagem (SOUZA, 2006). Neste contexto destacam-se as fontes: *Chirp*, *Boomer* e *Sparker*. Neste Levantamento optou-se pelo uso das fontes *Chirp* e *Boomer*.

As fontes do tipo *Chirp* são ressonantes e produzem um sinal acústico com forma conhecida. São capazes de emitir amplos espectros de frequências em um determinado intervalo de tempo e podem penetrar até 50m no sub-fundo, a depender do tipo de sedimento. Essas fontes possuem alta resolução, podendo imagear camadas centimétricas do fundo investigado (AYRES NETO, 2001; SOUZA, 2006). Em sedimentos lamosos, estas fontes possuem alto poder de penetração acústico, gerando perfis de alta resolução e boa discriminação centimétrica. Em sedimentos arenosos, no entanto, comumente este tipo de fonte acústica não penetra grandes profundidades, o que impõe limitações para sua aplicação no mapeamento de jazidas de areia.

Fontes acústicas como o *Boomer* são do tipo impulsivas, trabalhando em frequências da ordem de 500 a 1500 Hz, chegam a penetrar até 400m abaixo do leito marinho. O sistema *Boomer*, por sua vez, consiste em uma série de bobinas que ao receberem uma corrente elétrica de alta voltagem geram um campo magnético que irá impulsionar uma placa coberta por uma membrana de borracha, o deslocamento brusco desta, gera um sinal acústico bem definido, semelhante a uma batida de tambor (AYRES NETO, 2001). O sinal acústico refletido é captado por *hydrophones* que convertem a onda mecânica em sinal elétrico, que é proporcional à amplitude da interface geológica. Em detrimento do alto poder de penetração, esse tipo de fonte não possui a resolução e discriminação de pequenas camadas sedimentares (da ordem de centímetros), sendo, portanto mais eficaz na investigação de estruturas mais profundas.

Vale ressaltar que por se tratar de um método indireto, a Sísmica Rasa se apresenta como uma importante ferramenta para o conhecimento da geologia, e para a identificação de pacotes sedimentares em grandes áreas. No entanto, apresenta limitações e incertezas inerentes aos métodos, e, portanto não substitui medidas diretas de sondagens e testemunhos.

3.3 AQUISIÇÃO DE DADOS

3.3.1- ETAPA PRÉ- CAMPO

Durante a etapa de Pré-Campo, foi realizada o planejamento das linhas. Estas foram re-planejadas baseadas do Termo de Referência (TR) (Figura 9) requisitado pela contratante, observando as limitações imposta pela batimetria da região. Por se tratar de uma região com diversos acidentes geográficos e áreas muito rasas (batimetria observada na Carta Náutica do Lago Guaíba - Carta 2111- Figura 10), algumas linhas foram remanejadas para áreas mais centrais do canal, mantendo o total de 481 km, como requisitado no TR (Figura 11). No planejamento da Campanha, foi apontado a criticidade da área rasa, para profundidades mais rasas que 2m, ainda regiões apontadas como críticas à navegação a exemplo do Saco da Santa Cruz não foram sondadas. Nesta etapa também houve a mobilização da equipe e equipamentos para a cidade de Porto Alegre.

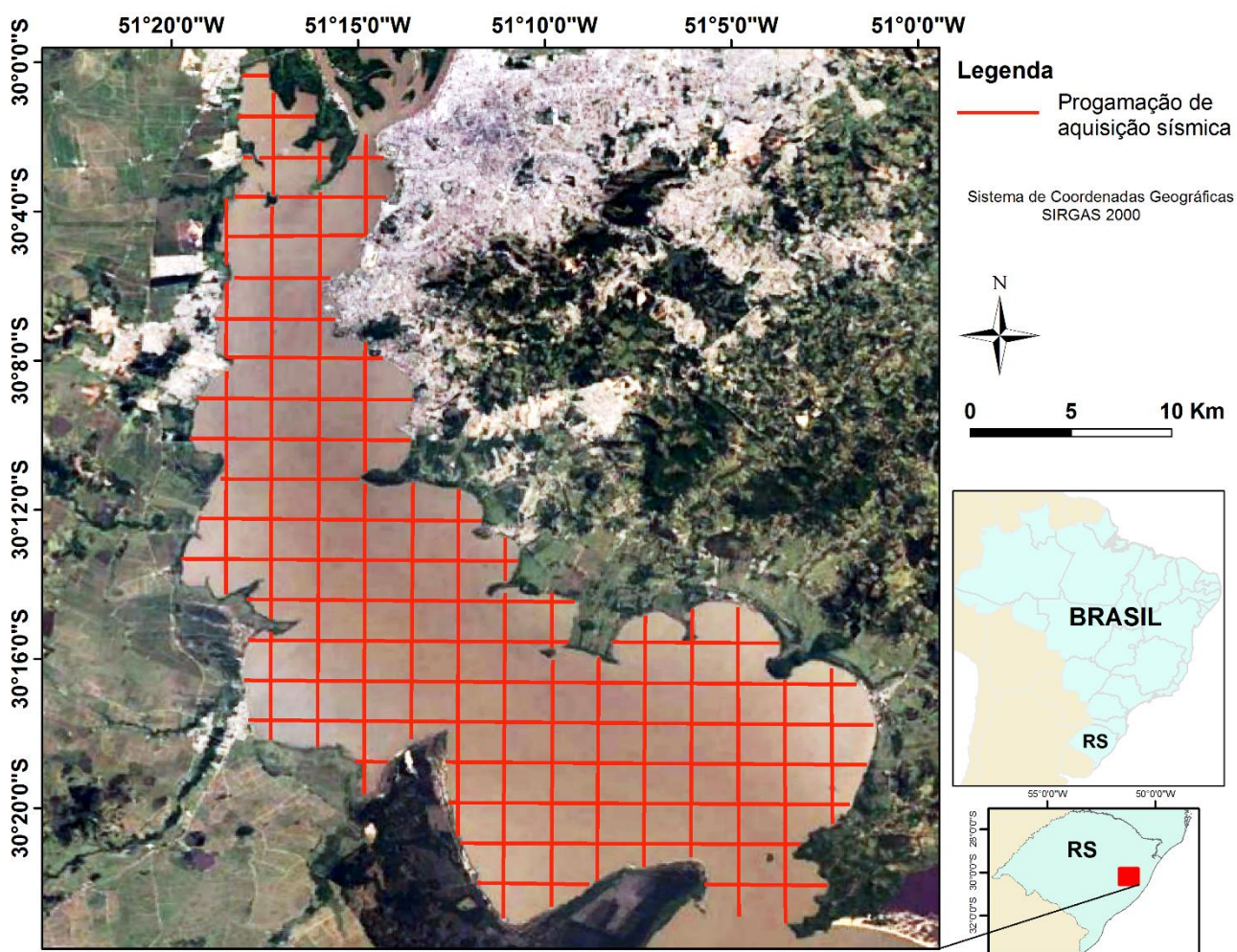


Figura 9- Levantamento Proposto no TR pela Contratante

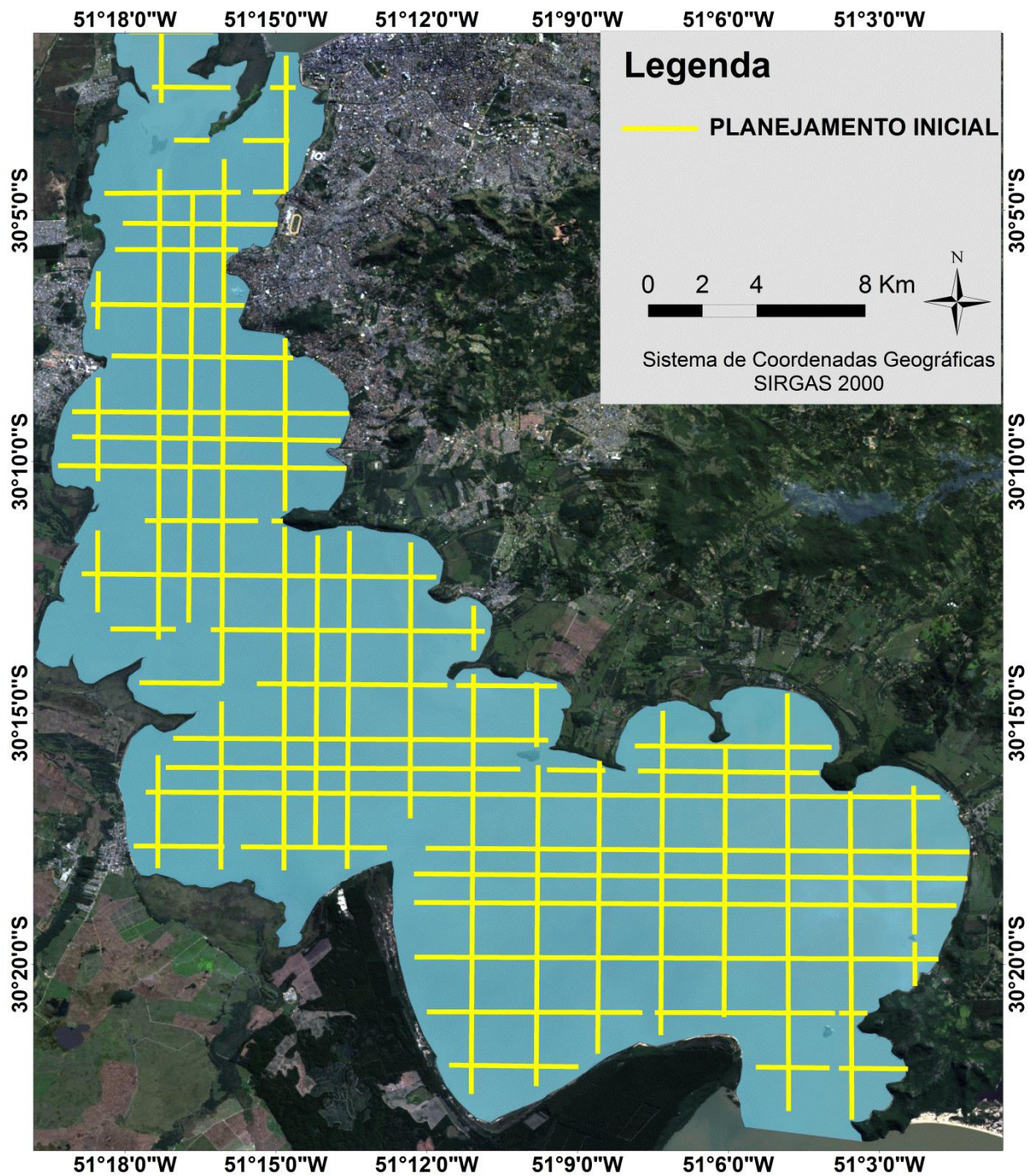


Figura 11- Planejamento do Lago Guaíba.

3.3.2- ETAPA DE CAMPO E AQUISIÇÃO

A etapa de campo foi realizada entre 28 de Setembro a 10 de Outubro de 2018, utilizando software MDCS - Meridata. Foi adquirido um total de 54 linhas sísmicas (Figura 12), totalizando 482 km de dados adquiridos. Por se tratar de uma área muito rasa, muitas limitações operacionais foram observadas. Ainda, diante do fato do levantamento ter ocorrido em um período de chuvas e grande vazão dos rios tributários, o reboque do equipamento Boomer foi comprometida na área norte, devido ao risco de choque com troncos e outros materiais flutuantes. Neste contexto, algumas áreas do norte não foram sondadas com a fonte Boomer. Ressalva-se que esta limitação não comprometeu à interpretação e desenvolvimento do levantamento, devido à presença massiva de gás na região norte observado nos perfis Chirp, que também inviabilizaria a interpretação através da fonte Boomer.

A classificação das linhas ocorreu em concordância com o seu sentido de aquisição. A nomenclatura das mesmas obedece aos padrões geológicos de Linhas Dip (N-S) e Linhas Strike (W-E).

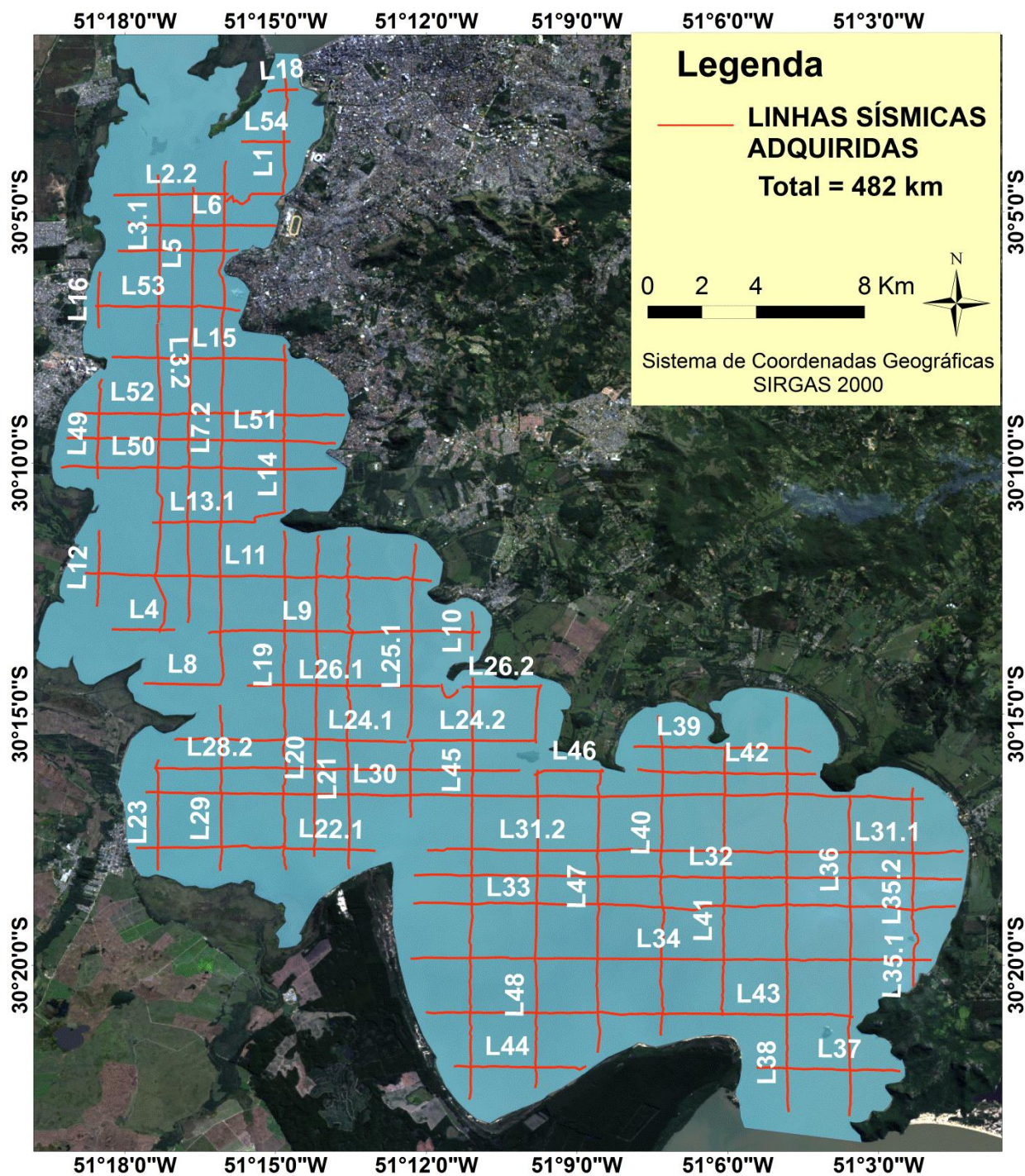


Figura 12- Linhas sísmicas adquiridas.

3.3.2.1 EMBARCAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DE FONTES ACÚSTICAS

Para a seguinte campanha utilizou-se a embarcação Alinemar (Figura 13), onde o arranjo das fontes e as respectivas configurações são citadas abaixo. Também é possível observar a organização interna e as fontes utilizadas nas Figuras 14 a 16.

A configuração das fontes aplicadas foram as seguintes:






- Fonte Chirp:
 - Fixo e submerso no Bordo de Bombordo da embarcação.
 - LFC- Chirp de Baixa Frequência – 2-8 kHz
 - HFC- Chirp de Alta Frequência -10-18 kHz
 - Intervalo de tiro (250 ms).
- Fonte Boomer
 - Rebocado por cabo de 30m na popa de Bombordo.
 - Hydrophone rebocado por cabo de 30m na popa de Boreste.
 - Intervalo de tiro (500 ms) – 80J de Potência.



Figura 13- Embarcação ALINEMAR utilizada no levantamento



Figura 14- Espaço Interno e Organização Interna das fontes e área de aquisição

 <p>HF Chirp (10-18 kHz)</p> <p>LF Chirp (2-8 kHz)</p>	    <p>Unidade de Energia SIG PULSE</p> <p>Fonte Boomer</p> <p>Hidrophone</p>
<p>Figura 15- Chirp de Alta e Baixa Frequência</p>	<p>Figura 16- Boomer e hydrophone rebocados no Lago Guaíba, e esquema de fontes usadas.</p>

3.3.2.2 LIMITAÇÕES NA AQUISIÇÃO

Algumas limitações foram observadas durante a aquisição (Figura 17), principalmente relacionadas às áreas rasas do Lago (profundidades menores do que 2,0m de profundidade), acidentes geográficos como afloramentos rochosos presentes na forma de ilhotas, lajes submersas (representadas na Carta Náutica – 2111), presença de pequenas praias nas enseadas, espaço restrito para adentrar as regiões dos sacos, e a presença de objetos flutuantes no lago a exemplo de troncos. Portanto, as áreas sondadas ocorreram em profundidades de até 1,0m de profundidade e regiões seguras à navegação.

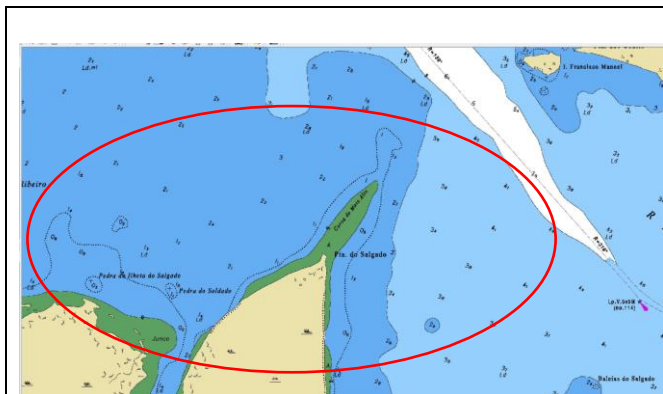


Fig.17A Dificuldade de sondar amplamente a área devido a profundidade ser muito rasa e os obstáculos como as “coroas” ilustradas na CN. Nesta ilustração tem-se a *Coroa do Moro Alto* na Ponta do Salgado e indicações de pedras (afioramentos), como a *Pedra da Ilhota do Salgado*. Em pontilhado profundidades inferiores a 1,0m.



Fig. 17B. Limitação de sondagem devido a presença de obras construídas. Destaque para o Terminal Riocell, presença de vegetação de Junco, e pequenos terminais representados na CN. 2111.

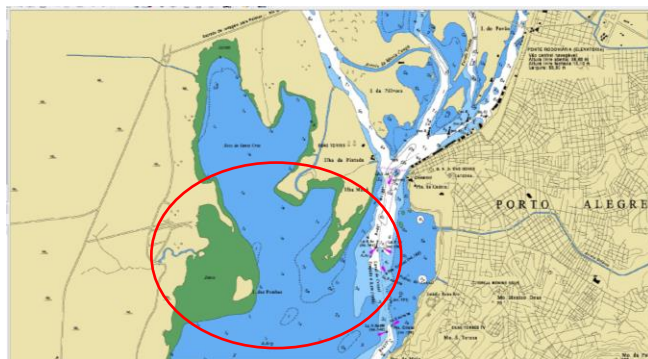


Fig. 17C Presença de obstáculos e áreas rasas na entrada do Saco da Santa Cruz, dificultando a realização do levantamento na região. A área foi apontada como crítica e sem acesso com a embarcação ALINEMAR pelo barqueiro responsável. Devido a criticidade de acesso, a área não foi sondada.



Fig. 17D. Presença afloramentos rochosos na região do lago e nos promontórios entre as enseadas.



Fig. 17E – Presença de Afloramentos Rochosos no lago Gauíba na forma de Ilhota.



Fig. 17F – Presença de Afloramentos Rochosos no lago Gauíba na forma de Ilhas Vegetadas.

Figura 17- Limitações para aquisição de campo. Carta Náutica 2111 e fotos tiradas durante a aquisição ilustrando as limitações observadas

3.3.3 ETAPA PÓS-CAMPO

A etapa Pós-Campo (Escritório), consistiu no processamento e interpretação das linhas adquiridas, integração de dados, geração de mapas e análise de resultados.

3.3.3.1 – PROCESSAMENTO DE DADOS

No processo de aquisição dos dados de sísmica rasa de alta resolução, eventos indesejados aparecem associados aos eventos de interesse como, por exemplo: ruídos de alta e baixa frequência, amplitudes anômalas, múltiplas, ondas diretas padrões de difrações, dentre outros eventos. Esses ruídos aleatórios e coerentes geram distorções no dado, que podem induzir problemas na interpretação da geologia. Isso ocorre, na maioria dos casos, devido às condições ambientais adversas e limitações da técnica.

Para amenizar esses efeitos e obter um dado que melhor represente as propriedades físicas das rochas e sedimentos, que são objeto deste estudo, filtros estatísticos e direcionais foram aplicados com o objetivo de reduzir os efeitos negativos gerados pelos ruídos aleatórios e coerentes, respectivamente. O fluxo de processamento foi executado, utilizando rotinas do software de processamento sísmico *Seismic Unix*.

As rotinas foram executadas de acordo com a seguinte sequência:

- 1 - Edição de traços: Visando eliminar traços ruidosos;
- 2 - Função *mute*: Com objetivo de remover as amplitudes da onda direta;
- 3 - Análise espectral: determinar o espectro de amplitude útil do dado e fornecer parâmetros para o filtro Passa banda;
- 4 - Filtro Passa banda: para limitar a faixa de frequências ao espectro útil do dado sísmico, atenuando assim conteúdos de frequências indesejados, como ruídos de alta e baixa frequência;
- 5 - Filtro de mediana: Para atenuar as amplitudes anômalas;
- 6 - Deconvolução *Spiking*: para comprimir o pulso;
- 7 - Deconvolução preditiva: Para atenuação das múltiplas do fundo do lago;
- 8 - Migração: para corrigir a posição dos refletores e colapsar difrações;
- 9- Aplicação do controle de ganho automático: visando realçar os refletores.

Após a aplicação do conjunto de processos acima foi possível atenuar os ruídos observados, e otimizar os perfis quanto a sua interpretação.

3.3.3.2 INTERPRETAÇÃO DE DADOS

A etapa de interpretação foi realizada através do software MDPS, onde as linhas foram analisadas e interpretadas. Nesta etapa, foi realizada a identificação da profundidade do Embasamento Acústico, e as principais unidades estratigráficas observadas. Também foram identificadas algumas linhas que não apresentaram resultados satisfatórios em relação à fonte Boomer, aqui interpretado como uma possível causa da profundidade ser muito rasa, e gerar alterações no sinal. Nestes casos, optou-se por priorizar a interpretação com a fonte do tipo Chirp.

Posteriormente, as linhas consideradas foram exportadas para ambiente SIG (Software ArcGis e Surfer), onde os dados foram interpolados através do método IDW e então gerados os mapas de Isópacas.

4- RESULTADOS

4.1 INTERPRETAÇÃO SÍSMICA

Considerando o objetivo do levantamento, os trabalhos de interpretação dos perfis sísmicos destinam-se a identificação de refletores pacotes sedimentares, a fim de realizar o modelamento sedimentar da área submersa do Lago Guaíba. Os perfis sísmicos obtidos demonstraram qualidades variáveis, diante de uma série de limitações observadas na área sondada, bem como às variáveis inerentes ao método. Ainda, observaram-se variações e transições litológicas significativas no sentido N-S e E-W da área do lago. Tal variação pode refletir um possível zoneamento geológico e hidrodinâmico no Lago, a qual será tratada no item *Discussões*.

Vale ressaltar que além da interpretação, imageamento de refletores e pacotes sedimentares, também foram identificadas algumas áreas com restrições à interpretação, entre as quais se destacam: (i) Área Impenetrável acusticamente ((AIC) presença massiva do Gás tipo “Cobertor Acústico” e ou “Cortina Acústica”); (ii) Área de baixa penetrabilidade acústica (ABPA) (resultante da presença de Gás do tipo Coluna Acústica), e (iii) Áreas de distorções do sinal (ADS), esta última devido à baixa profundidade (ocorridas com fonte do tipo Boomer, e amenizadas com o processamento). Diante das Áreas AIC e ABPA, em alguns perfis o embasamento acústico não pode ser mapeado. Em outros casos como ADS, priorizou-se a interpretação da fonte Chirp para sua delimitação, tendo em vista que a mesma não apresentou distorções de ADS, e apresentou-se como a fonte de maior resolução e penetração no pacote lamoso.

Para a interpretação e delimitação dos pacotes sedimentares nos perfis obtidos, utilizou-se os princípios da estratigrafia clássica a partir das principais terminações geológicas como *onlap*, *toplap* truncamento de refletores, e assinatura sísmica bem como princípios geofísicos quanto à penetração da fonte, entre outros aspectos, identificou-se um total de 6 principais unidades estratigráficas, listadas a seguir. Ainda, o caráter sísmo-estratigráfico de cada unidade permitiu a individualização de 6 principais sísmo fácies, exemplificadas na Figura 18 e Figura 19. Para cada unidade, será descrito seu comportamento, sua abrangência e principais características na área do Lago.

- (A) Unidade 1 - Embasamento Acústico;
- (B) Unidade 2- Pacote Arenoso;
- (C) Unidade 3 - Pacote de Lama Transparente
- (D) Unidade 4 - Pacote de Lama Rítmica;
- (E) Unidade 5 - Depósito de Lama Recente
- (F) Unidade 6 - Presença de Gás

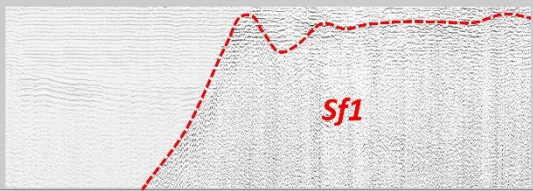
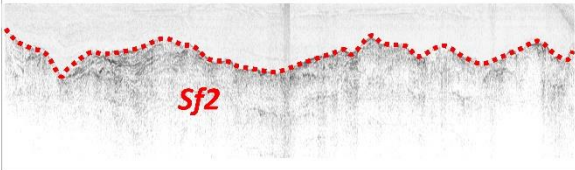
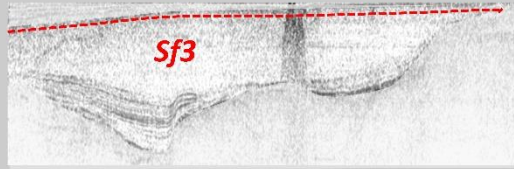
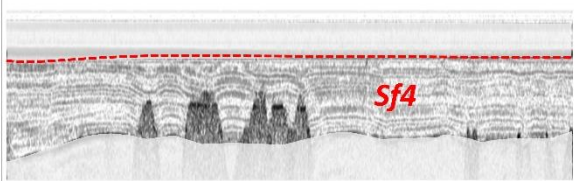
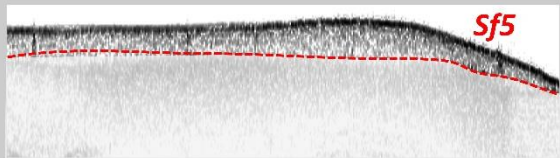
PRINCIPAIS UNIDADES OBSERVADAS –SISMOFÁCIEIS		
PACOTES SEDIMENTARES OBSERVADOS		
UNIDADE 1	EMBASAMENTO ACÚSTICO (Identificado com fonte <i>Boomer</i>)	
UNIDADE 2	PACOTE ARENOSO (Identificado com fonte <i>CHIRP</i>)	
UNIDADE 3	DEPÓSITO LAMA TRANSPARENTE (Identificado com fonte <i>CHIRP</i>)	
UNIDADE 4	PACOTE LAMA RÍTIMICA (Identificado com fonte <i>CHIRP</i>)	
UNIDADE 5	DEPÓSITO DE LAMA RECENTE (Identificado com fonte <i>CHIRP</i>)	

Figura 18- Principais Sismofácies identificadas


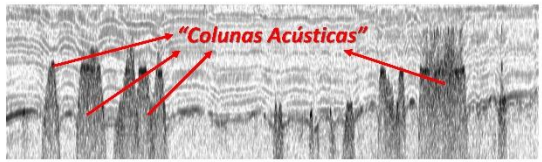
ASSINATURAS SÍSMICAS DO GÁS		
UNIDADE 6 – TIPOS DE GÁS		
UNIDADE 6	GÁS "COBERTOR ACÚSTICO" OU "CORTINA ACÚSTICA" (Identificado com fonte CHIRP)	
UNIDADE 6	GÁS "COLUNA ACÚSTICA" (Identificado com fonte CHIRP)	

Figura 19- Assinatura Sísmica e Tipos de Gás

4.1.1 UNIDADE 6 – PRESENÇA DE GÁS

A presença do Gás mostrou-se dominante em muitos perfis sísmicos. Seguindo a classificação de Garcia-Gil et al., (2007), foram encontrados 3 tipos principais de gás: (i) Cobertor Acústico, (ii) Cortina Acústica; (iii) Coluna Acústica.

A predominância de Gás no sedimento foi observada na região Norte do Lago Guaíba, chegando a representar até 80%- 90% de um perfil sondado. O tipo de Gás mais observados nestas áreas, se apresentou na forma de "Cobertor Acústico" e/ou "Cortina Acústica", neste caso, a penetração do sinal acústico se torna difuso, e quase totalidade do pacote sedimentar abaixo do mesmo se torna impenetravelmente acústico, inviabilizando, portanto, a interpretação do pacote sedimentar ali presente. Uma área estimada de cerca de 136 km² apresenta o gás do tipo Cobertor e/ ou Cortina Acústica em associação com o sedimento, e, portanto, representando um empecilho à interpretação geológica e visualização das unidades. Desta forma, feições de grande importância como o Embasamento Rochoso, não foram visualizados nestas regiões.

De forma geral, observou-se que o gás do tipo Cobertor e Cortina Acústica apresentam uma forte relação com o atual canal do lago, estando concentrado nestas regiões, e ausentes nas margens. Ainda, a presença do mesmo aparenta estar também associado com a Unidade 4 (Lama Rítmica). Neste contexto, em muitos perfis

observou-se um padrão acanalado (paleocanais), preenchidos pela Unidade 4 onde o Gás aflorava em diversos setores.

Na região Sul do Lago por sua vez, a presença de Gás no sedimento ocorreu na forma de Colunas Acústicas, como pequenas perturbações nos sedimentos, e, portanto, não prejudicando a interpretação geológica. Neste caso, a presença de gás foi observada juntamente com as unidades 2, 3 e 4.

4.1.2 UNIDADE 1 – EMBASAMENTO ACÚSTICO

O Embasamento Acústico (EA) interpretado correspondeu em sua grande maioria ao Embasamento Rochoso. Este aparenta exercer um forte controle estrutural na fisiografia do Lago Guaíba, bem como na sedimentação do mesmo. De forma geral, o EA apresenta variáveis cotas, aflorando em diversas áreas do lago na forma de ilhas vegetadas e ilhotas de rochas, mas também ocorrendo em até 90 m abaixo do fundo atual. Ao que diz respeito ao EA observado nos perfis sísmicos, na área norte essa feição não pôde ser adequadamente mapeada, devido a presença do gás e impenetrabilidade acústica. No entanto, nas áreas onde o mesmo pode ser observado ao norte, este se apresenta raso com profundidades de cerca de 10 – 30 m. Na região sul por sua vez, este se apresenta mais profundo, atingindo suas maiores profundidades (90 m) próximo a margem oeste do lago. Destaca-se na região próximo ao Farol de Itapuã, onde este está localizado em 70m de profundidade, tal desnível é visto na Carta Náutica atual, como herança do relevo, e apresentando um grande desnível entre a ponta de Itapuã e o topo do EA. Vale ressaltar que na margem leste, o EA se mostra mais predominante e expressivo, em detrimento da margem oeste, devido a própria geologia da região. A superfície do topo do EA caracteriza-se por feições erosivas visíveis nos perfis sísmicos com ocorrência de paleocanais preenchidos.

4.1.3 UNIDADE 2 – PACOTE ARENOSO

A unidade interpretada como Pacote Arenoso foi definida a partir da impenetrabilidade do Chirp, típico em sedimentos arenosos, e também à assinatura

sísmica desta unidade (SF2). A Unidade 2 é delimitada na sua base pelo Embasamento Acústico (Unidade 1), preenchendo alguns paleocanais, e por pacotes de lamas em seu topo. A unidade apresenta espessuras variáveis da ordem de 2 a 80m de espessura. Na região norte não apresenta grande significância, com espessuras da ordem de 2 a 6m, na região centro-sul do Lago, por sua vez, possui maior expressão, com destaque às margens e bordas das enseadas. Especificamente, na margem oeste, a unidade apresenta as maiores espessuras da ordem de 80m, onde o embasamento apresentou-se mais profundo. Na região sul, próximo a Ponta de Itapuã, também foram encontradas espessuras significativas deste pacote, aflorando muitas vezes no fundo lacustre. A distribuição espacial desta unidade pode ser observada nos Perfis Sísmicos e no Mapa da Isópaca correspondente. O topo desta unidade apresentou uma superfície erosiva com vários paleocanais preenchidos, com larguras entre 0,8 a 3,0 km (Ver Mapa do Topo da Unidade) (Fig. 53). Estima-se em alguns perfis, onde esta unidade atinge maiores espessuras, a possibilidade da ocorrência de rochas sedimentares em maiores profundidades (- 50 m), como foi observado nas porções centro-sul do lago. Nesta mesma região foram observados bancos arenosos nas margens do canal do lago, interdigitados lateralmente com a Unidade 4 (Lama Rítmica).

4.1.4 UNIDADE 3 – PACOTE DE LAMA TRANSPARENTE

A unidade interpretada como Lama Transparente, foi definida a partir da ocorrência da Sismo Fácies SF 3, caracterizada por apresentar um padrão transparente e homogêneo, com espessuras da ordem de até 13m. Sua ocorrência é mais significativa na porção centro-sul do Guaíba, nas partes mais profundas do canal, tornando-se cada vez mais delgada em direção às margens, onde aparenta ter um caráter mais arenoso a medida que atinge profundidades mais rasas. Esta unidade ocorre preenchendo os paleocanais do topo da Unidade 2 (Pacote Arenoso 1), com um preenchimento rítmico na base destes paleocanais e tornando-se mais homogênea em direção ao topo. Seu limite superior é marcado por uma superfície erosiva de refletor forte com a ocorrência de paleocanais menores (largura de centenas de metros) e isolados. Esta unidade não é visualizada nas porções norte e

extremo sul do Lago Guaíba, predominando somente no centro sul entre a Ponta do Arado e a Ponta do Salgado.

4.1.5. UNIDADE 4 – PACOTE DE LAMA RÍTIMICA

A unidade interpretada como Lama Rítmica, foi definida a partir da ocorrência da Sismo Fácies SF 4, a qual apresenta um padrão de lama transparente intercalado com um material mais escuro. Este padrão apresenta-se bem rítmico, e demonstra uma variação de textura pelas diferentes laminações. Estima-se que as laminações mais claras possivelmente representam uma lama siltosa intercalada em um material homogêneo. Essa “ritmicidade” pode ser produto das alternâncias entre eventos de cheias e secas do canal, indicando uma deposição episódica. As espessuras das laminações variam da ordem de 0,20m a 0,50m. Por se tratar de um método indireto, a classificação textural exata não pode ser definida. No entanto através de inferências do método geofísico, pode-se supor a presença de uma lama homogênea intercalada com material siltoso. Esta unidade é delimitada na sua base ora pela Unidade 2 (Pacote arenoso 1), ora pela Unidade 3 (Lama Transparente –quando presente) e no topo pela Unidade 5. Não foram observadas feições erosivas na superfície limítrofe dessa unidade. Esta unidade apresenta maior expressão na região Norte e Central do lago, principalmente no atual canal, com mergulhos em direção ao eixo do canal e respectivo aumento da espessura. Nas proximidades das margens, esta unidade aparenta se tornar suavemente mais arenosa, formando raramente bancos arenosos na porção central sul, próximo a Ponta do Salgado. Também é nesta unidade onde o Gás do tipo Cobertor e Cortina Acústica ocorrem predominantemente, podendo, portanto, estar associada a presença de grandes teores de matéria orgânica.

4.1.6. UNIDADE 5 – DEPÓSITO DE LAMA RECENTE

A unidade interpretada como Lama Recente, foi definida a partir da ocorrência da Sismo Fácies SF 5 (Fig. 16), caracterizada por um padrão homogêneo e muito delgado com espessuras variando entre 0,2 a 1,5 m. Esta unidade constitui uma “capa argilosa” das unidades descritas anteriores, sendo a unidade mais aflorante do fundo do Lago Guaíba. Encontra-se por vezes sobre a Unidade 4 (Lama Rítmica), principalmente ao

longo do canal principal, nas porções mais profundas e centrais do lago. Enquanto que nas margens, tende a ser observada sobre a Unidade 2 (Pacote Arenoso 1), como uma fina película de lama sobreposta às camadas arenosas. Sua distribuição espacial é por vezes descontínua com maiores concentrações nas bordas do canal do lago e na região norte.

4.1- REPRESENTAÇÃO DE PERFIS SÍSMICOS

Por se tratar de um sistema que opera simultaneamente 03 fontes sísmicas, os perfis costumam ser interpretados e apresentados juntos (Fig.20 a 46), demonstrando assim as diferenças em penetração e resolução acústica. No entanto, de forma geral, os perfis da fonte Chirp, apresentaram resultados mais satisfatórios que as demais fontes. Além disso, diante das baixas profundidades da região e da própria Geologia, a fonte Chirp apresentou melhor penetração, resolução e nitidez nos perfis sísmicos. (Fig. 20 a 46). Neste sentido, no presente relatório serão exibidos 10 perfis brutos e interpretados da Fonte Chirp e Boomer, apresentando o perfil em sua totalidade, e com ênfase em feições de interesse. Os demais perfis integrados serão disponibilizados em meio digital.

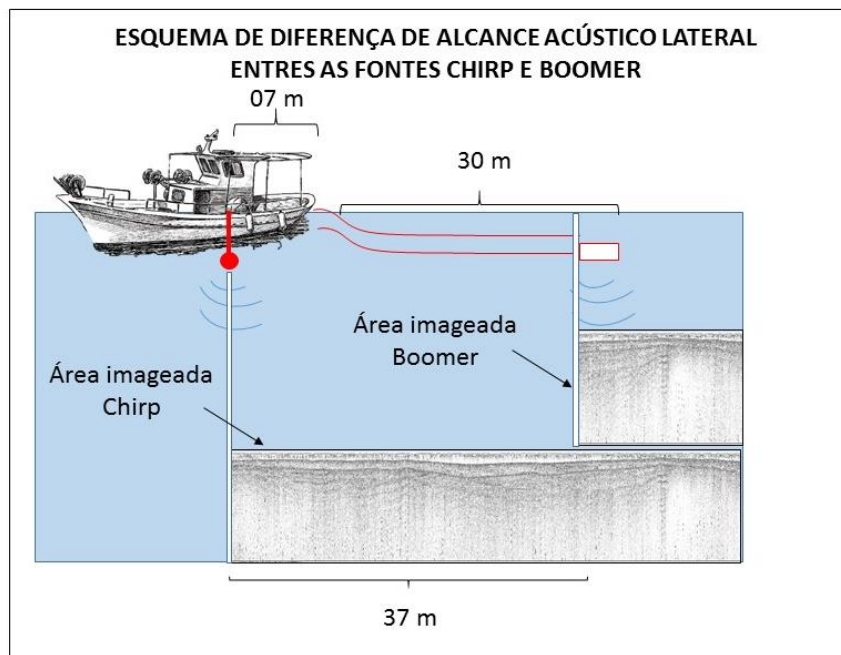


Figura 20- Esquema de Diferença de Alcance Acústico entre fontes.

Neste relatório, optou-se por não utilizar a nomenclatura **Embasamento Rochoso**, devido à dificuldade de classificação litológica do mesmo, e devido à ausência de

medidas diretas. Por conseguinte, optou-se por utilizar a nomenclatura denominada ***Embasamento Acústico***. Sendo este classificado como o refletor mais profundo interpretável e visível. No entanto, como será discutido adiante é muito possível que na maioria dos perfis Embasamento Acústico seja composto por Embasamento Rochoso Cristalino e Embasamento Rochoso Sedimentar.

4.2.1 PERFIS SÍSMICOS INTERPRETADOS

Foram interpretados um total de 54 perfis sísmicos, dentre os quais 54 foram realizados com as fontes Chirp de Alta frequência (HFC), 54 com Chirp de baixa frequência (LFC), e 43 perfis de Boomer. Totalizando a 151 Perfis Sísmicos. A interpretação das fontes é feita de forma integrada, onde há a composição e sobreposição das fontes, auxiliando na interpretação do que é observado em cada uma. De forma geral, os perfis apresentaram boa penetração e resolução, discriminando muito bem as unidades observadas. Os perfis aqui apresentados estão apresentados na Fig. 21.

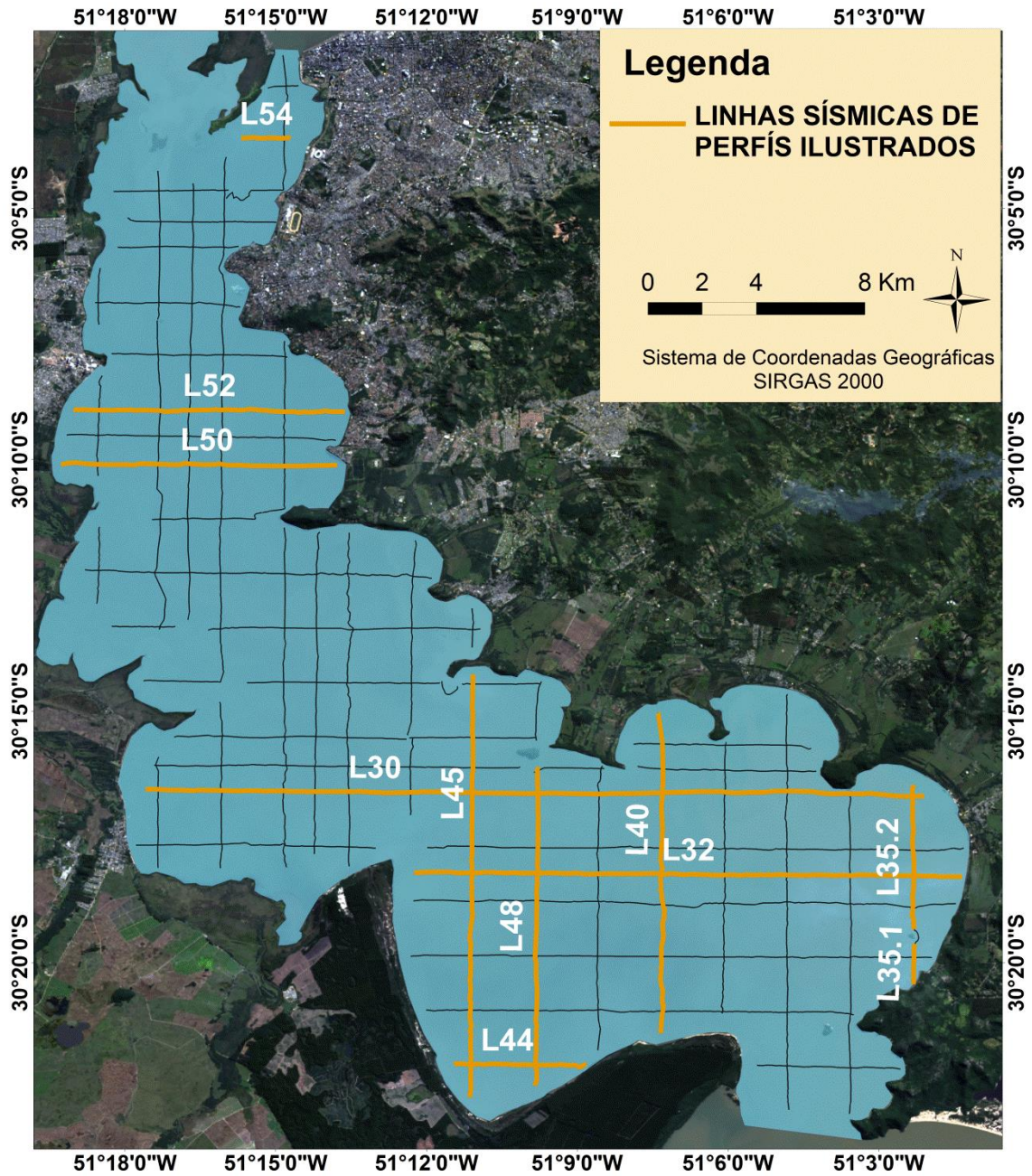
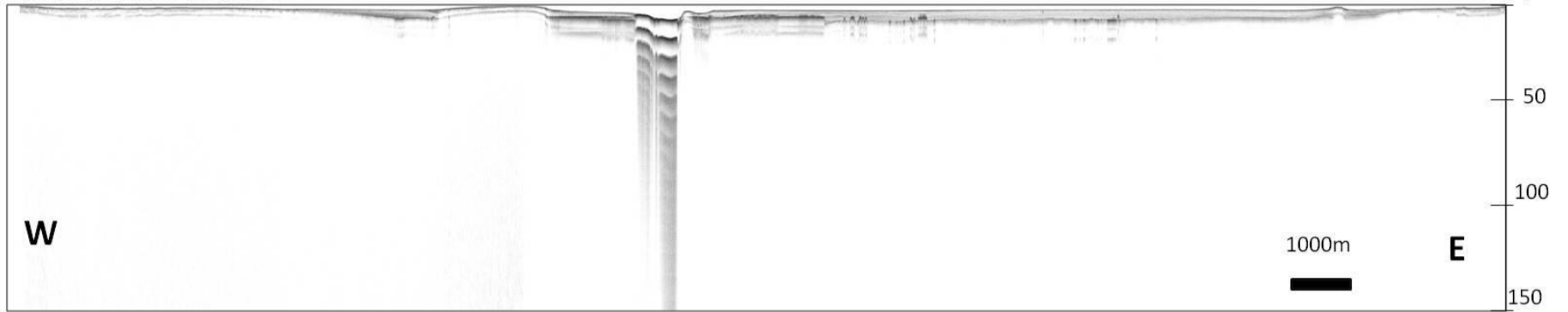


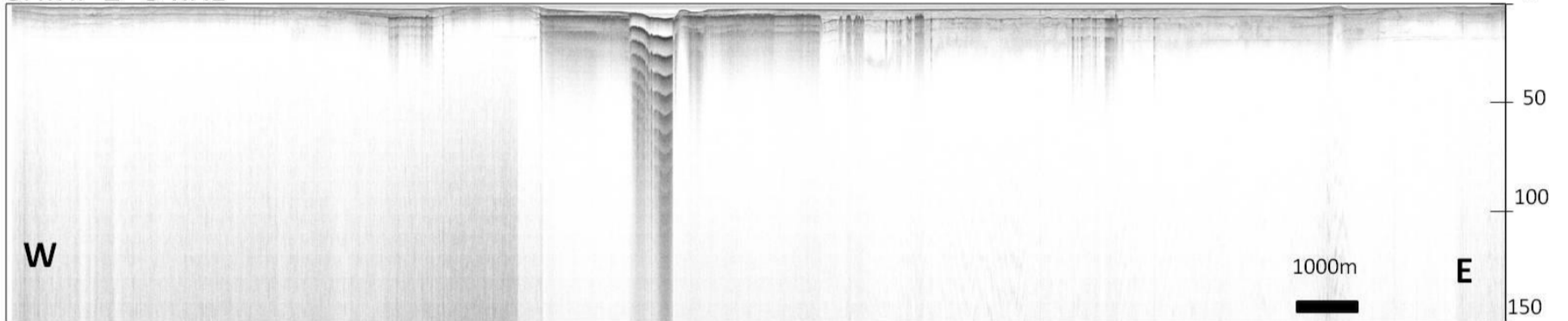
Figura 21 - Perfis Apresentados neste Relatório

PERFIL 30 - STRIKE

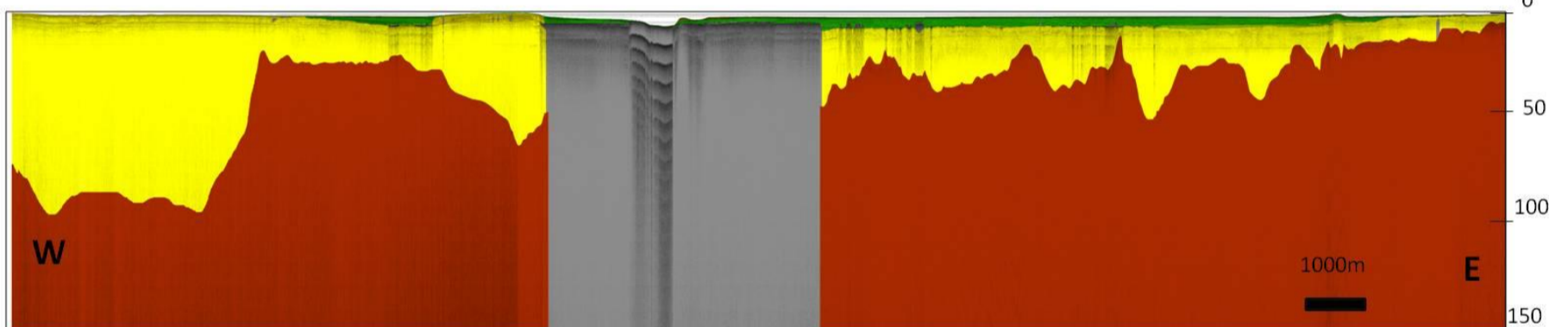
CHIRP 10- 18 kHz



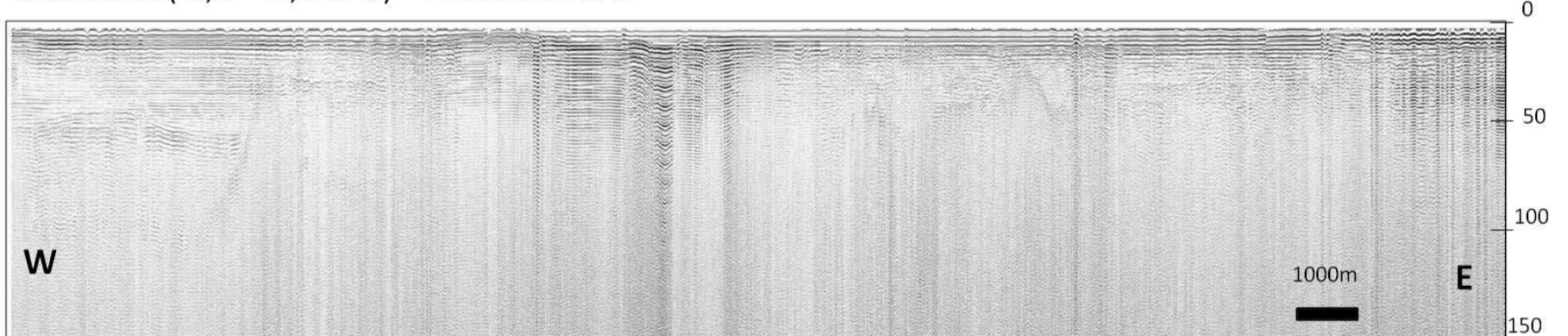
CHIRP 2- 8 kHz



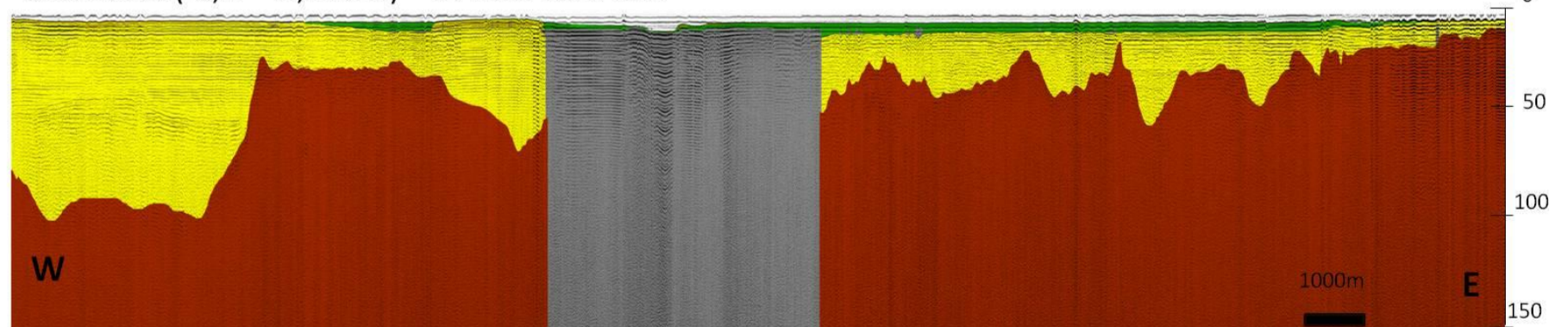
CHIRP INTERPRETADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - PROCESSADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - INTERPRETADO



Legenda

■ Gás

■ Embasamento Acústico



Unidade 2- Pacote Arenoso



Unidade X- Lama recente



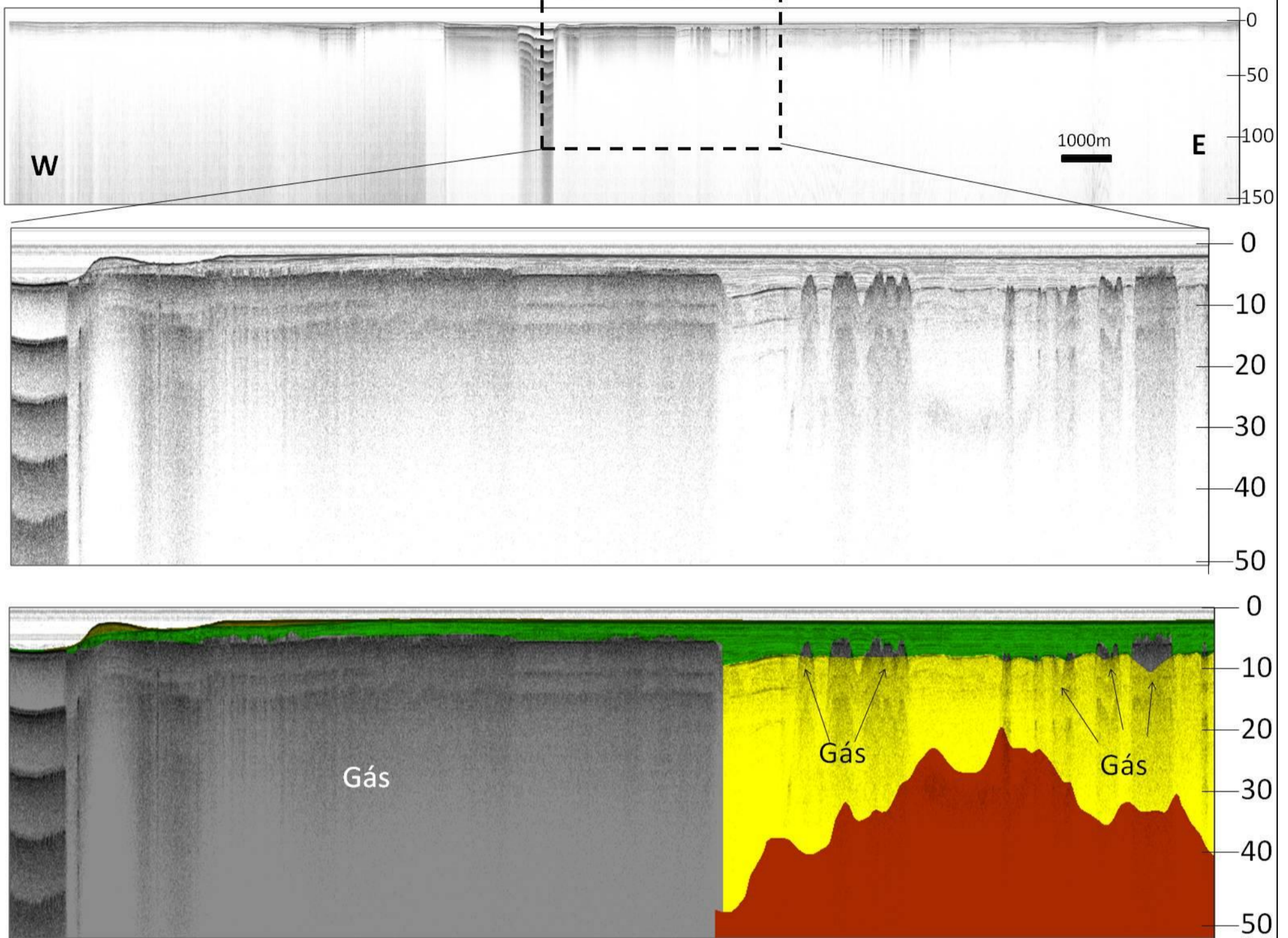
Unidade 4- Lama Rítmica

Escala Vertical em metros

Figura 22- Perfil Sísmico 30 – Completo

PERFIL 30 - STRIKE

CHIRP 2- 8 kHz

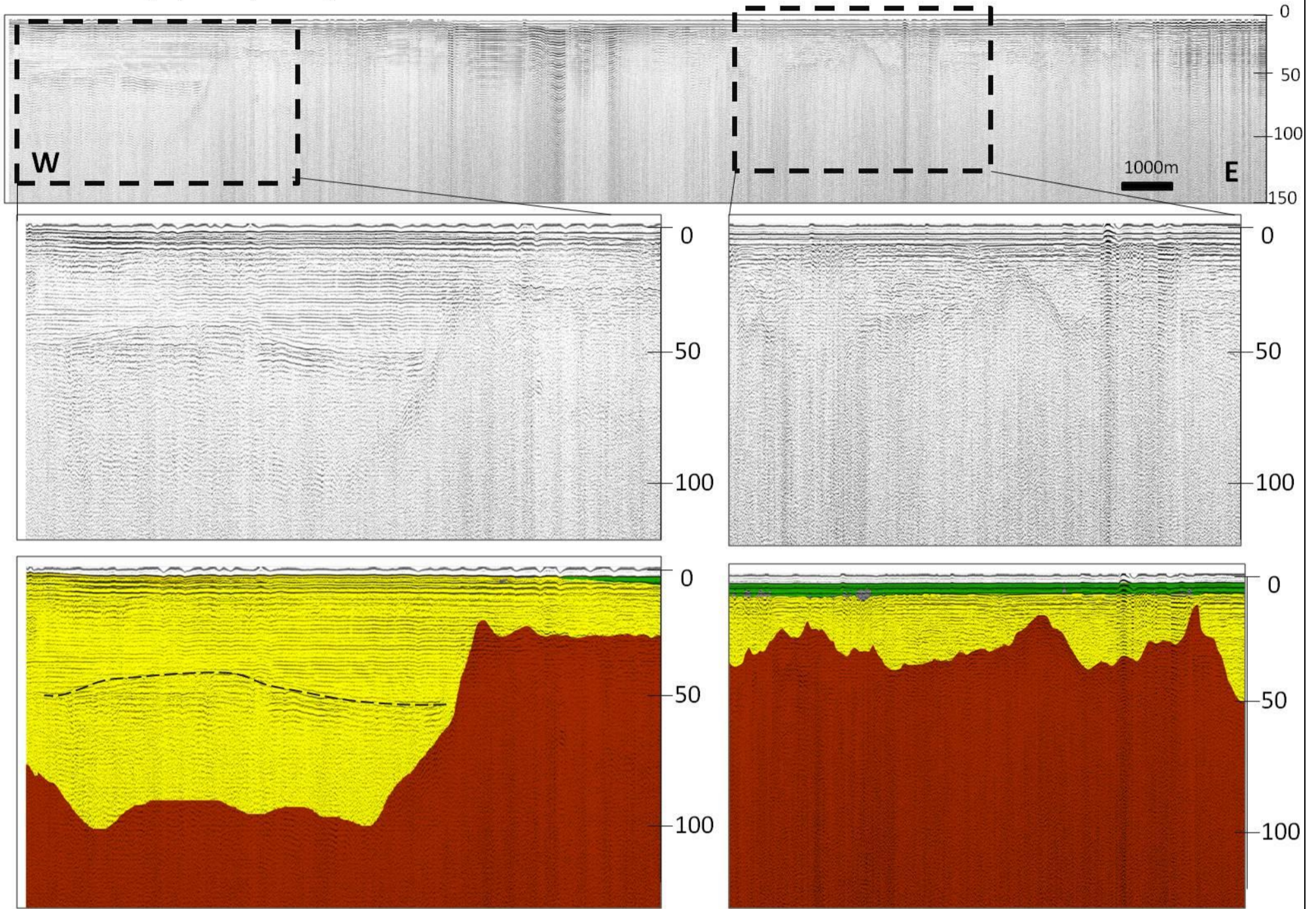


Legenda			
	Gás		Unidade 3- Pacote Arenoso
	Embasamento Acústico		Unidade 4- Lama Rítmica
			Unidade 5- Lama recente

Figura 23 - Perfil Sísmico 30 - Fonte Chirp

PERFIL 30 - STRIKE

BOOMER (0,3 – 1,5 kHz)



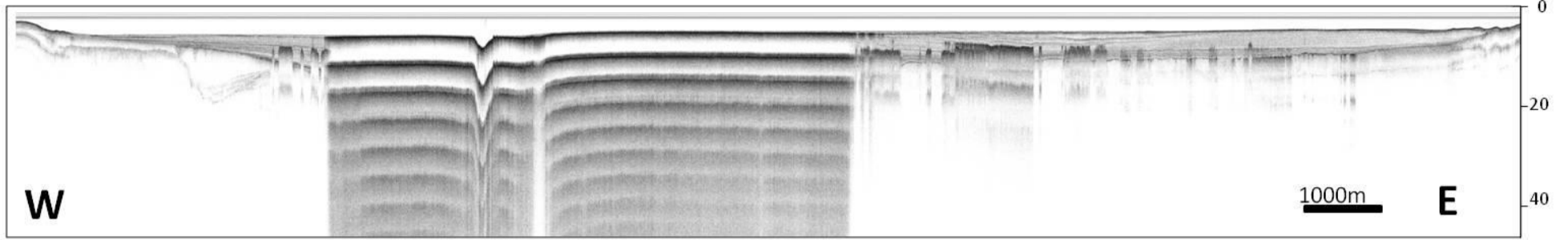
Legenda			
Gás	Unidade 2- Pacote Arenoso	Unidade 5- Lama recente	
Embasamento Acústico	Unidade 4- Lama Rítmica		
Rocha Sedimentar ?			

Escala Vertical em metros

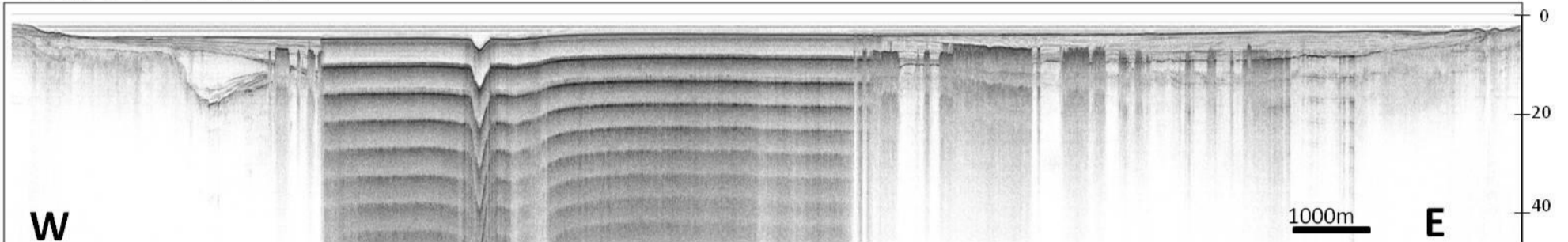
Figura 24- Perfil Sísmico 30 - Fonte Boomer

PERFIL 32 - STRIKE

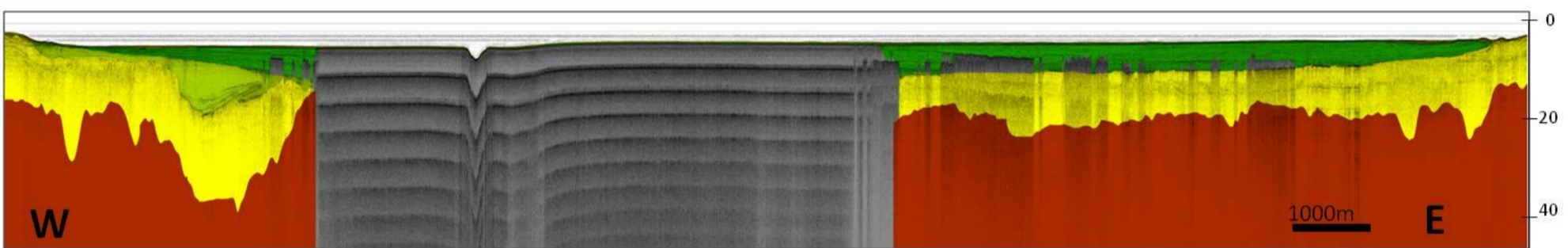
CHIRP 10- 18 kHz



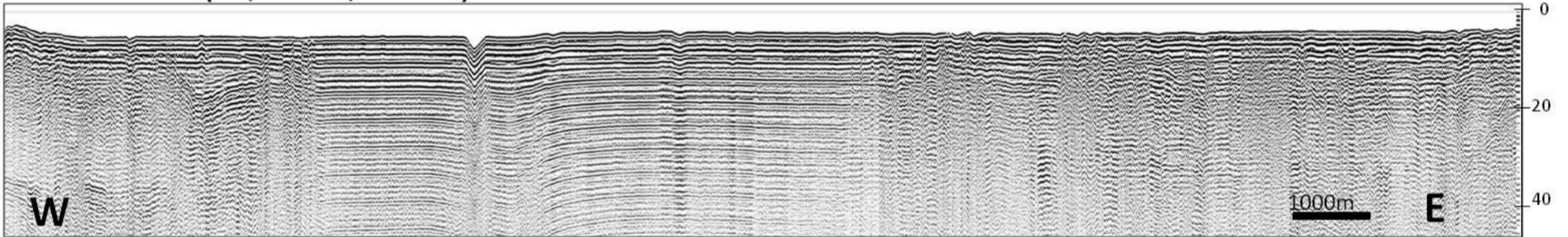
CHIRP 2- 8 kHz



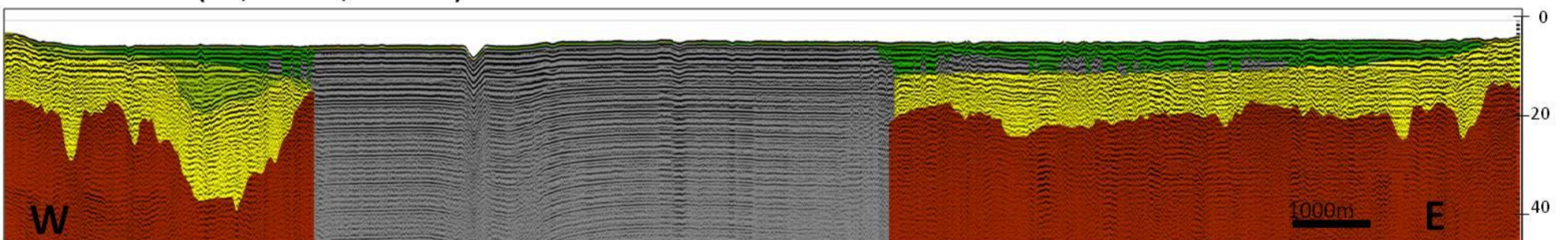
CHIRP INTERPRETADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - PROCESSADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - INTERPRETADO



Legenda

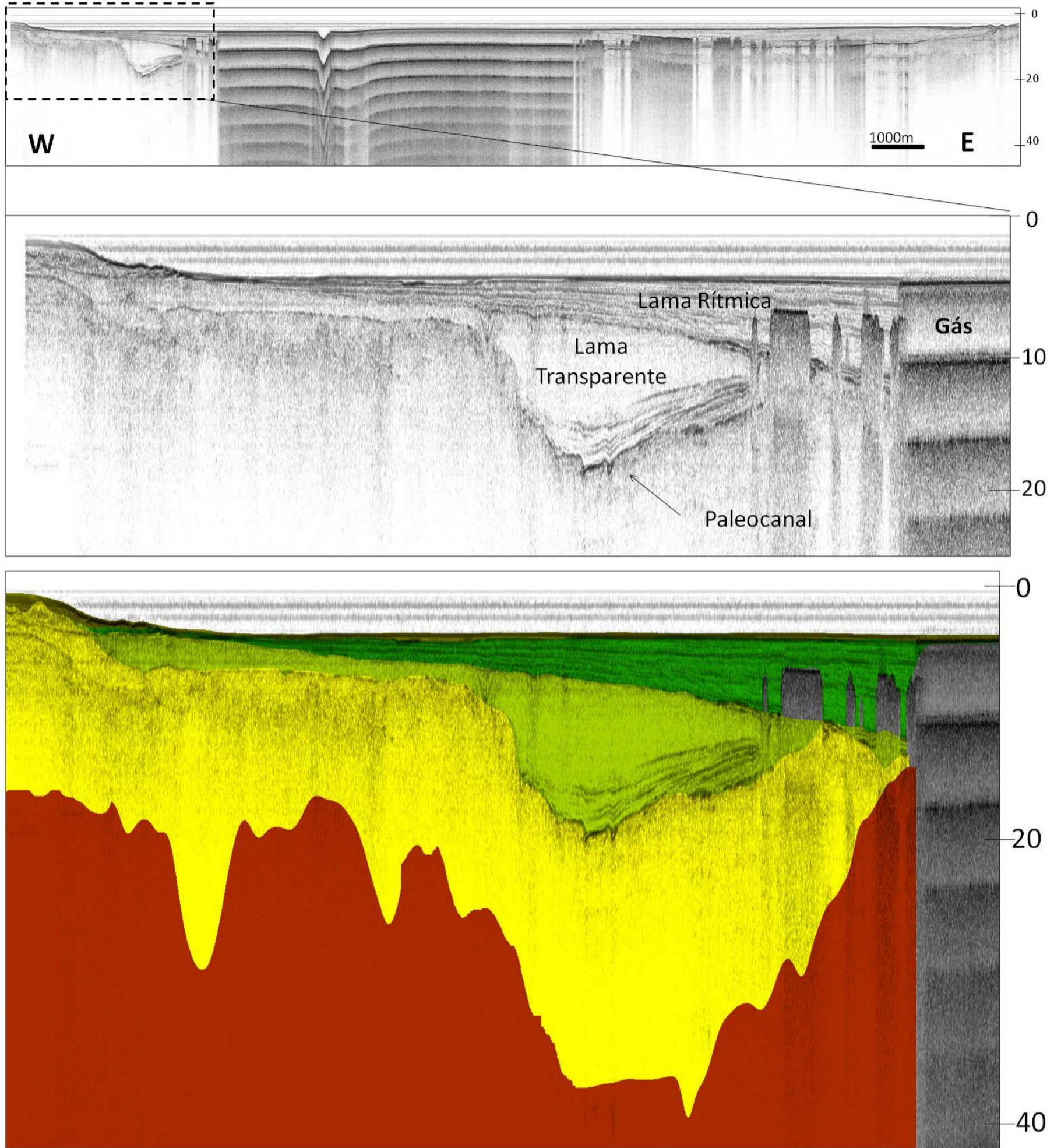
- Gás
- Embasamento Acústico
- Paleocanal
- Superfície Erosiva
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica

Escala Vertical em metros

Figura 25- Perfil Sísmico 32- Completo

PERFIL 32 - DIP

CHIRP 2- 8 kHz



Legenda

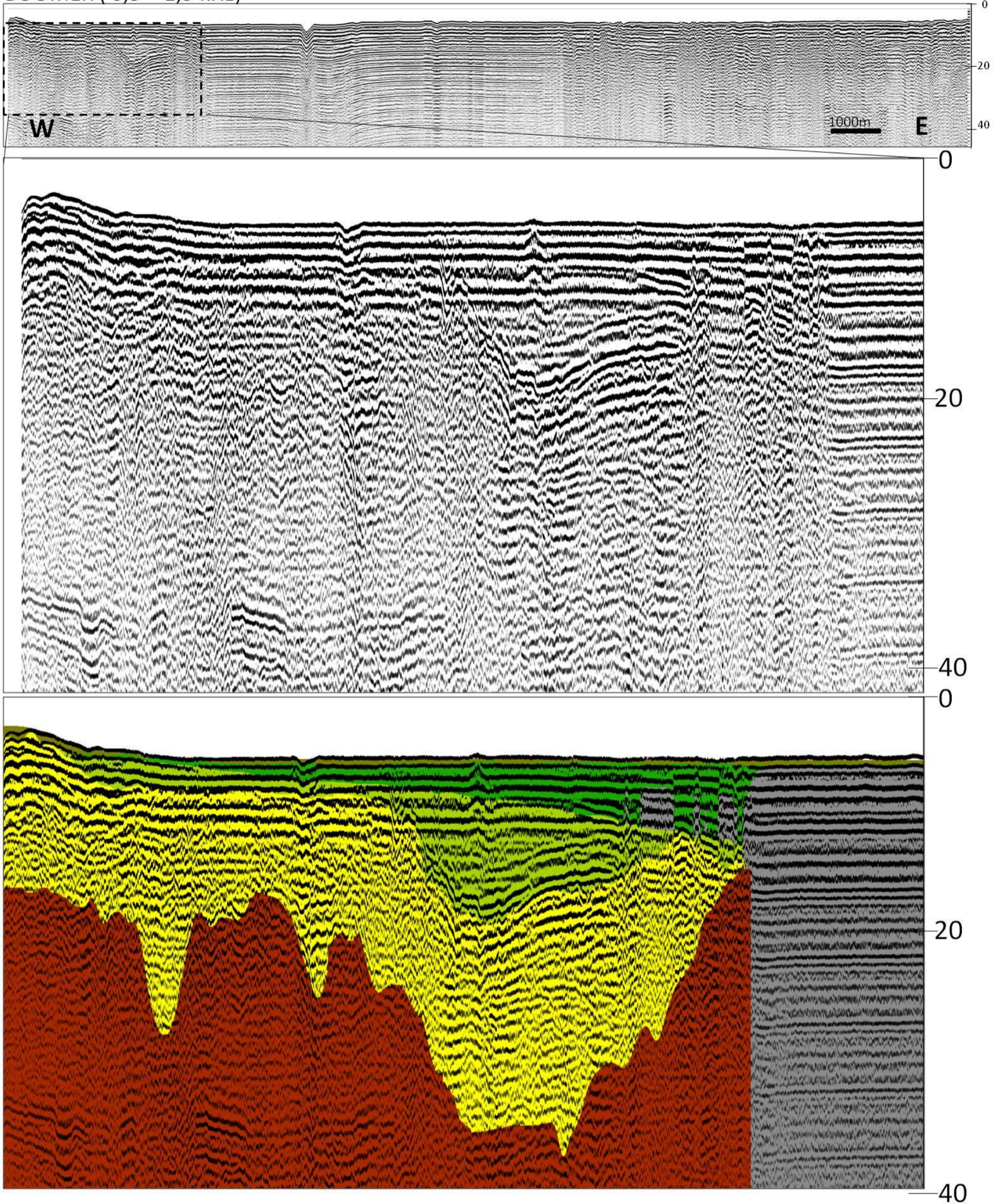
- Gás
- Embasamento Acústico
- Paleocanal
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica
- Unidade 5- Lama Recente

Escala Vertical em metros

Figura 26 - Perfil Sísmico 32 - Fonte Chirp

PERFIL 32 - DIP

BOOMER (0,3 – 1,5 kHz)

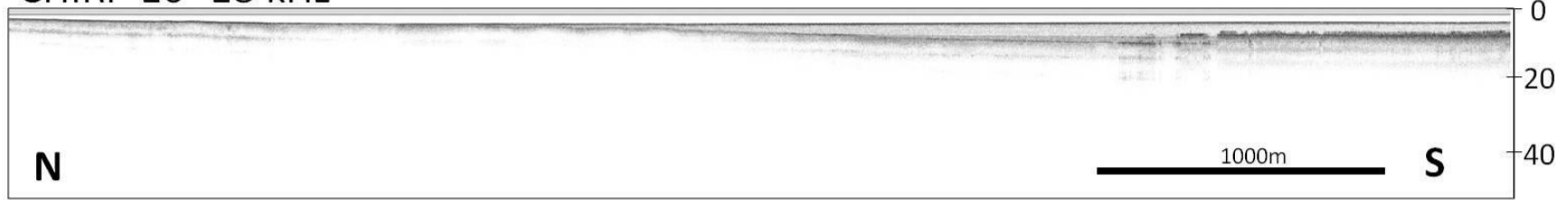


Legenda		Escala Vertical em metros
Gás	Unidade 2- Pacote Arenoso	
Embasamento Acústico	Unidade 3- Lama Transparente	
Paleocanal	Unidade 4- Lama Rítmica	
Superfície Erosiva	Unidade 5- Lama Recente	

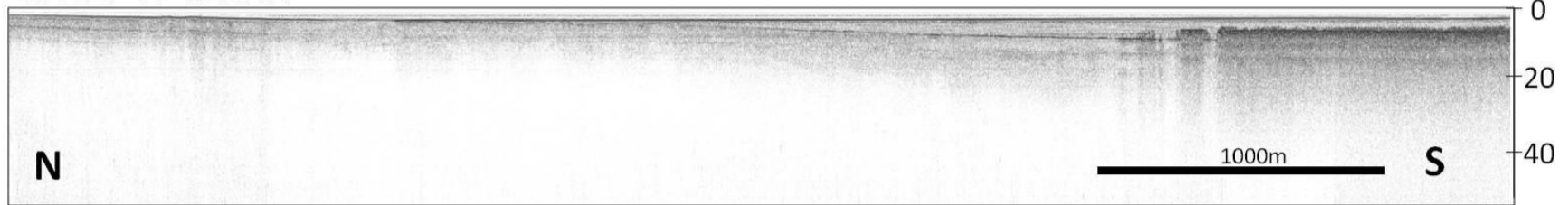
Figura 27- Perfil Sísmico 32 - Fonte Boomer

PERFIL 35.1 - DIP

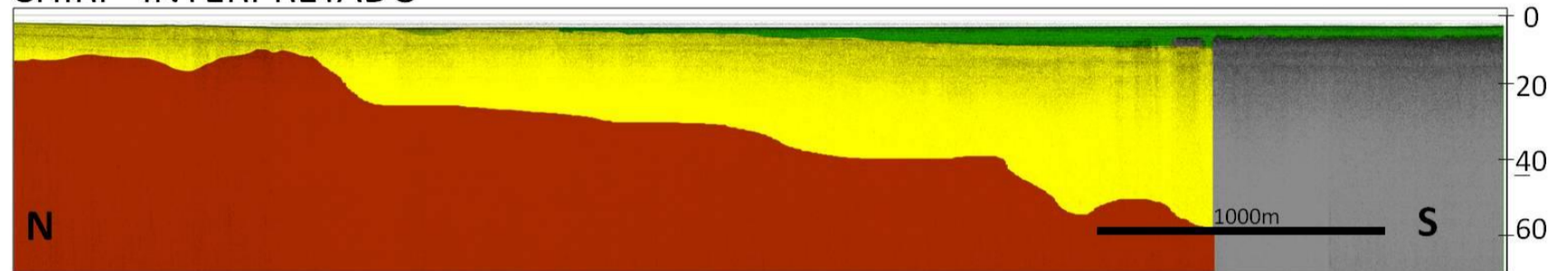
CHIRP 10- 18 kHz



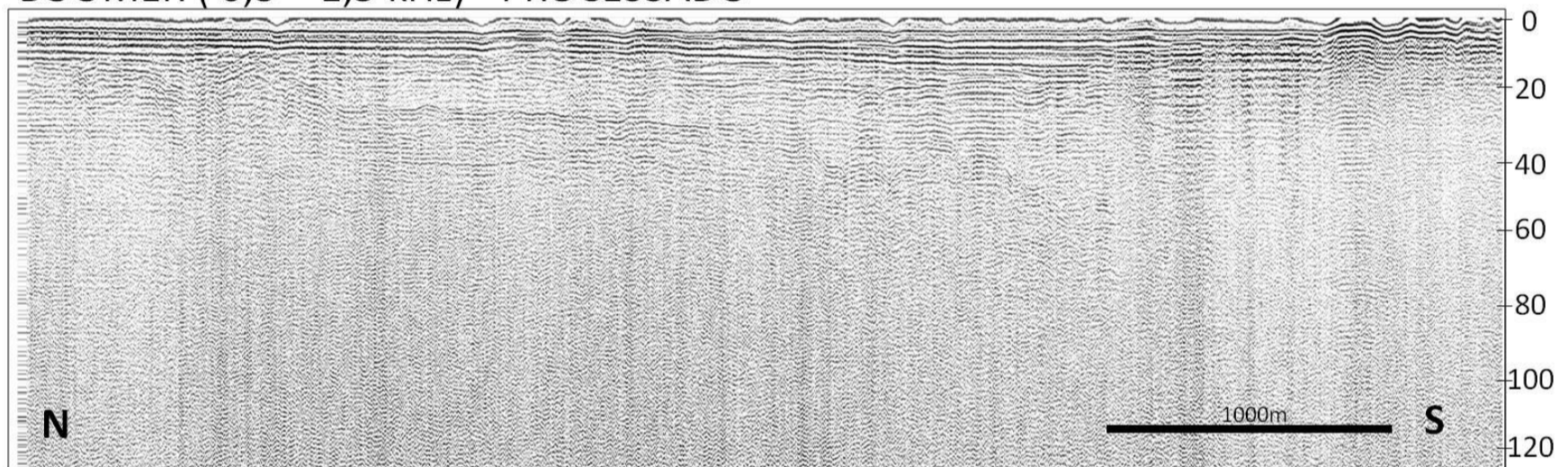
CHIRP 2- 8 kHz



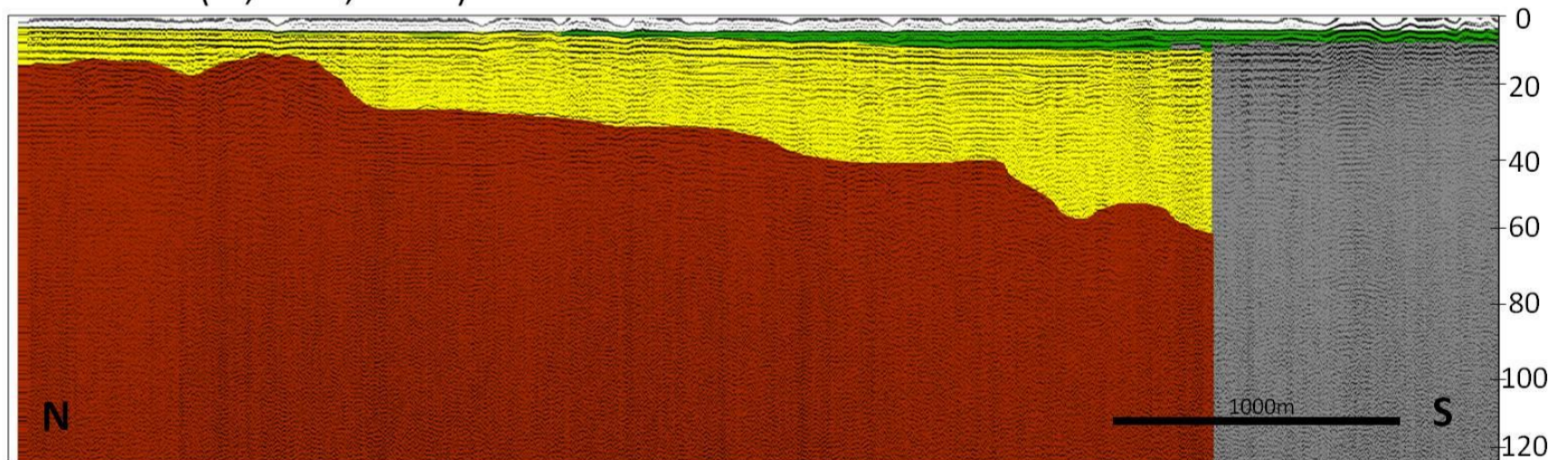
CHIRP INTERPRETADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - PROCESSADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - INTERPRETADO

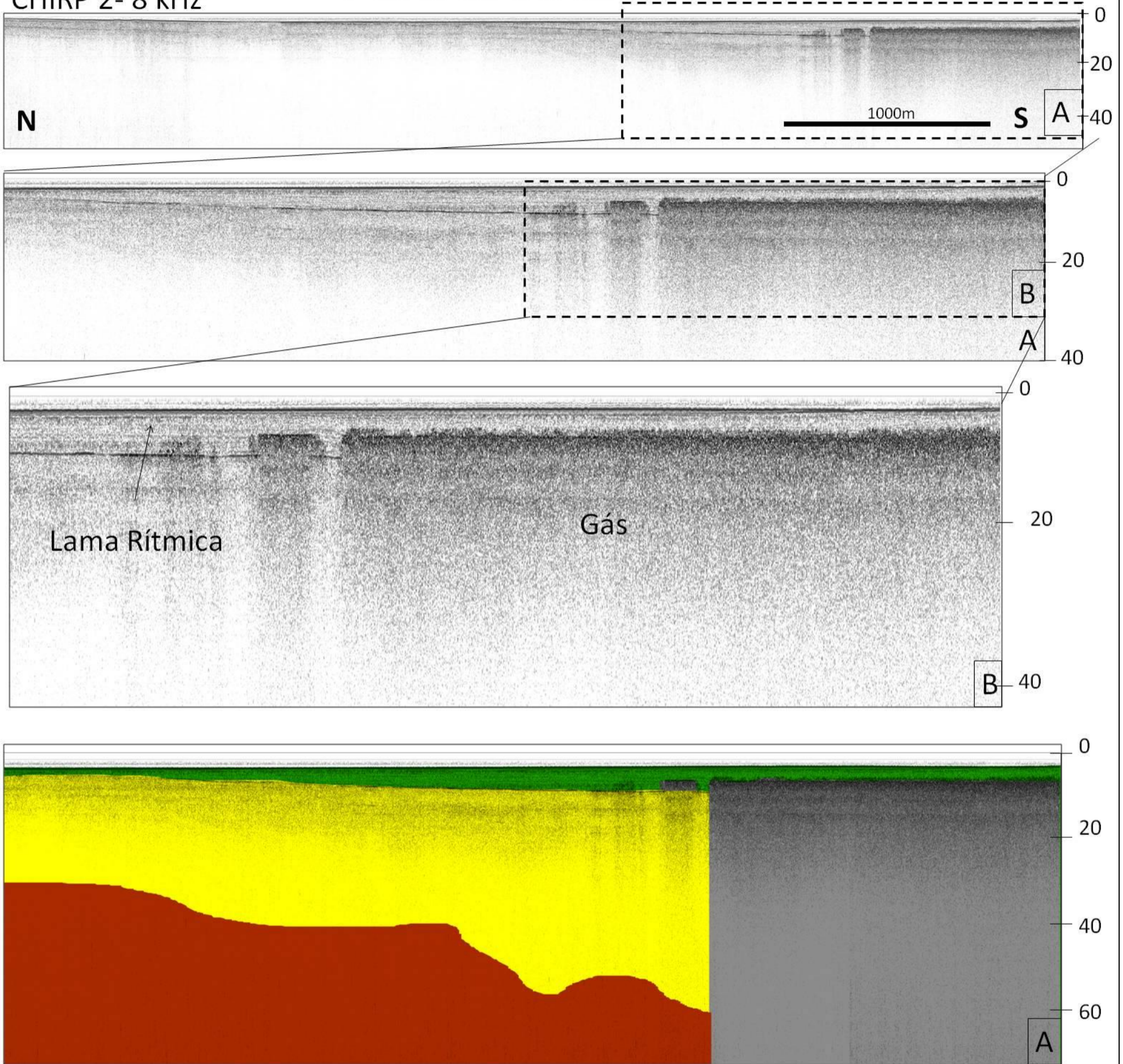


Legenda		Escala Vertical em metros
Gás	Unidade 2- Pacote Arenoso	
Embasamento Acústico	Unidade 3- Lama Transparente	
Paleocanal	Unidade 4- Lama Rítmica	
Superfície Erosiva	Unidade 5- Lama Recente	

Figura 28- Perfil Sísmico 35.1 - Completo

PERFIL 35.1 - DIP

CHIRP 2- 8 kHz



Legenda

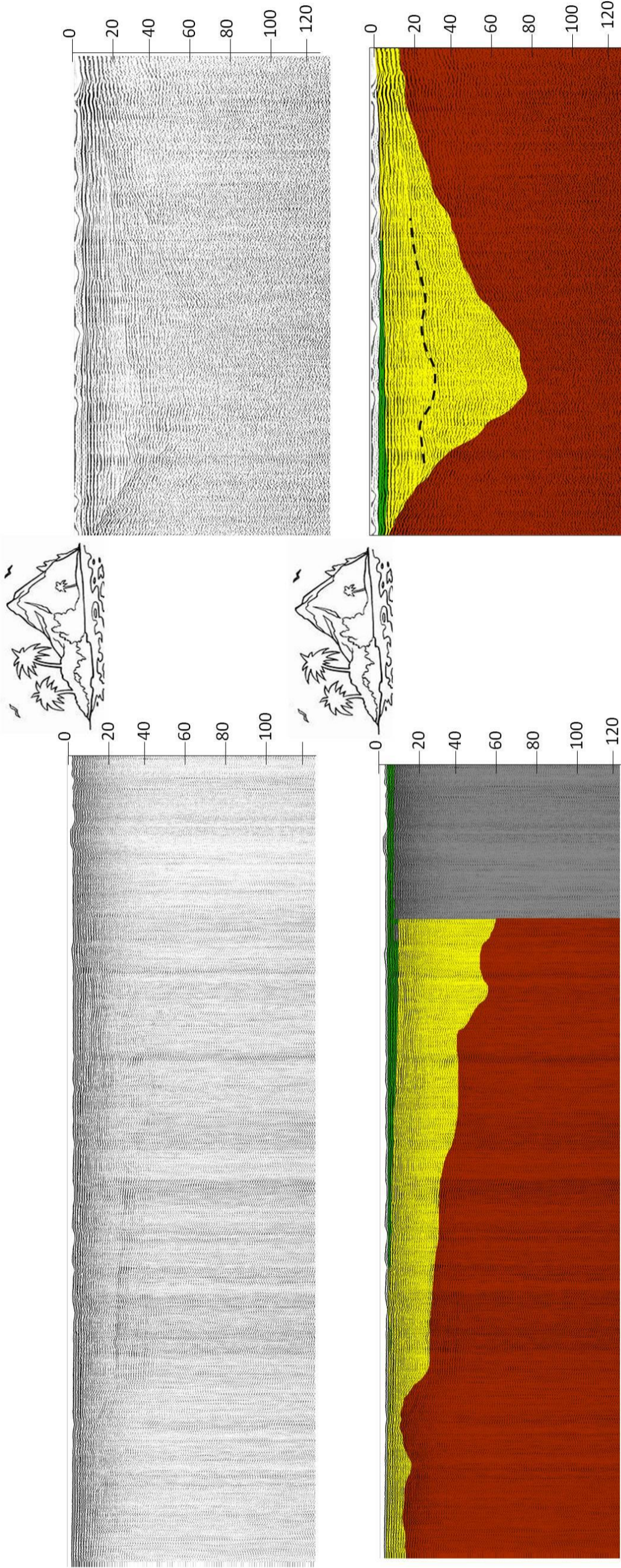
- Gás
- Embasamento Acústico
- Paleocanal
- Superfície Erosiva
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica
- Unidade 5- Lama Recente

Escala Vertical em metros

Figura 29- Perfil Sísmico 35.1 - Fonte Chirp

PERFIL 35.1 e 35.2 - DIP

Acidente Geográfico – Ilha das Pombas



Legenda

- Gás
- Embasamento Acústico
- Paleocanal
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica
- Unidade 5- Lama Recente

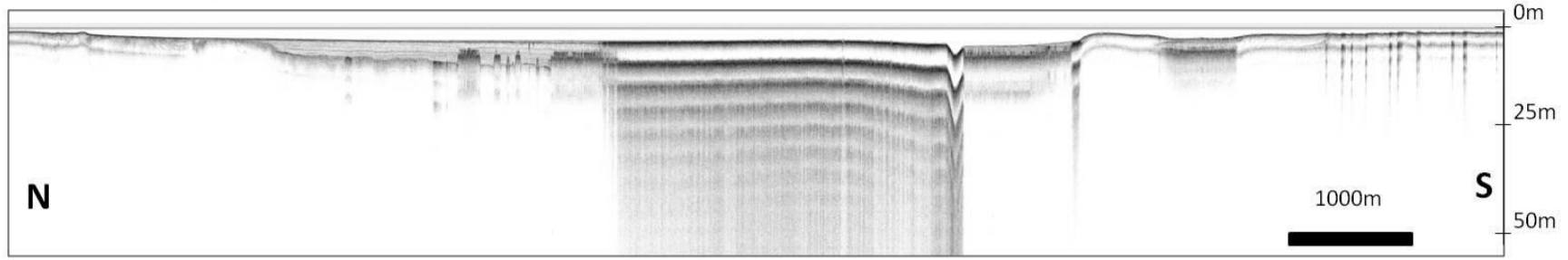
Escala Vertical em metros

Rocha sedimentar ?

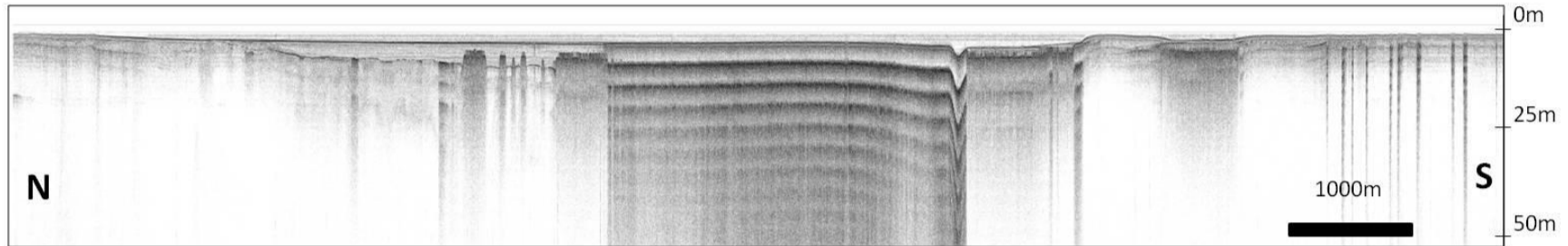
Figura 30 - Perfil Sísmico 35.1 e 35.2

PERFIL 40 - DIP

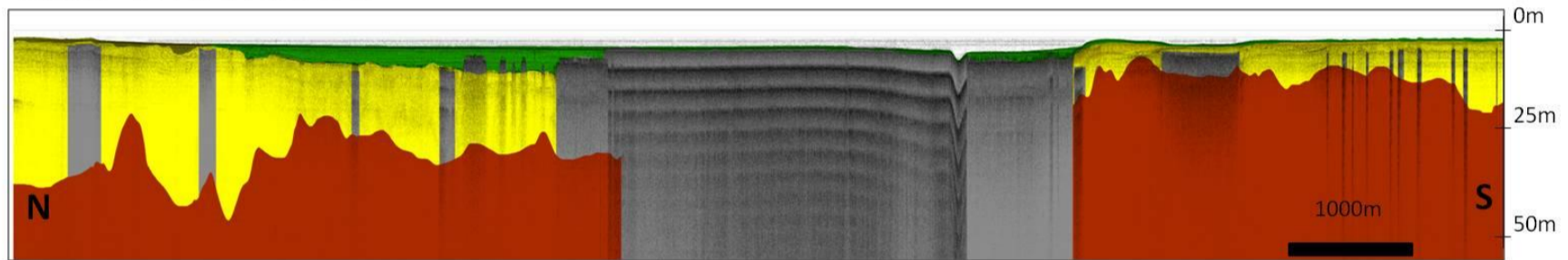
CHIRP 10- 18 kHz



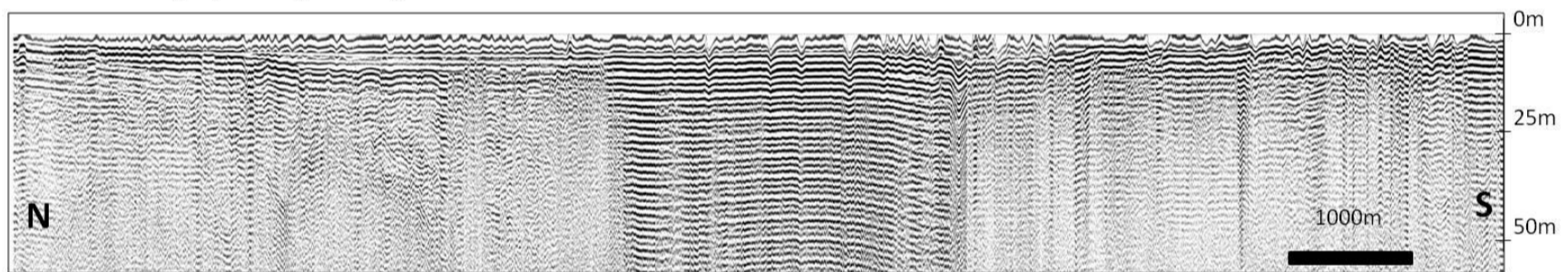
CHIRP 2- 8 kHz



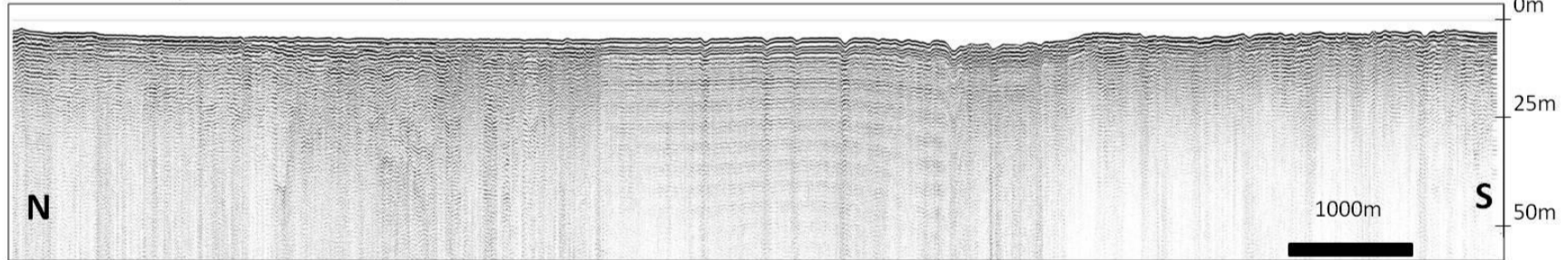
CHIRP INTERPRETADO



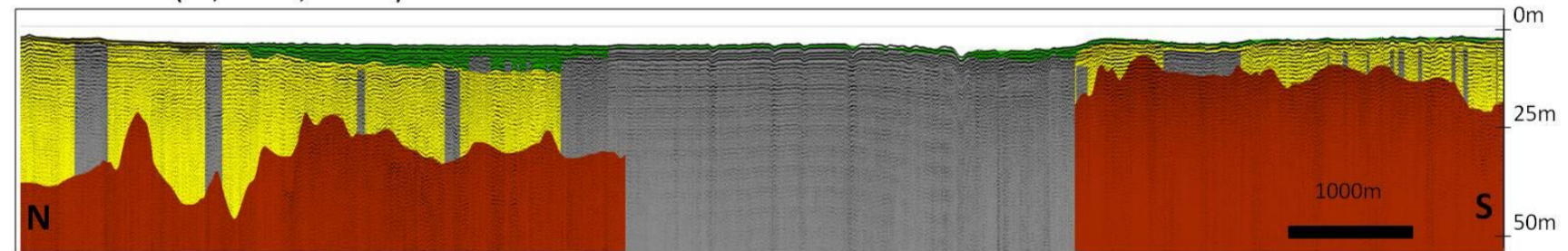
BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - BRUTO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - PROCESSADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - INTERPRETADO

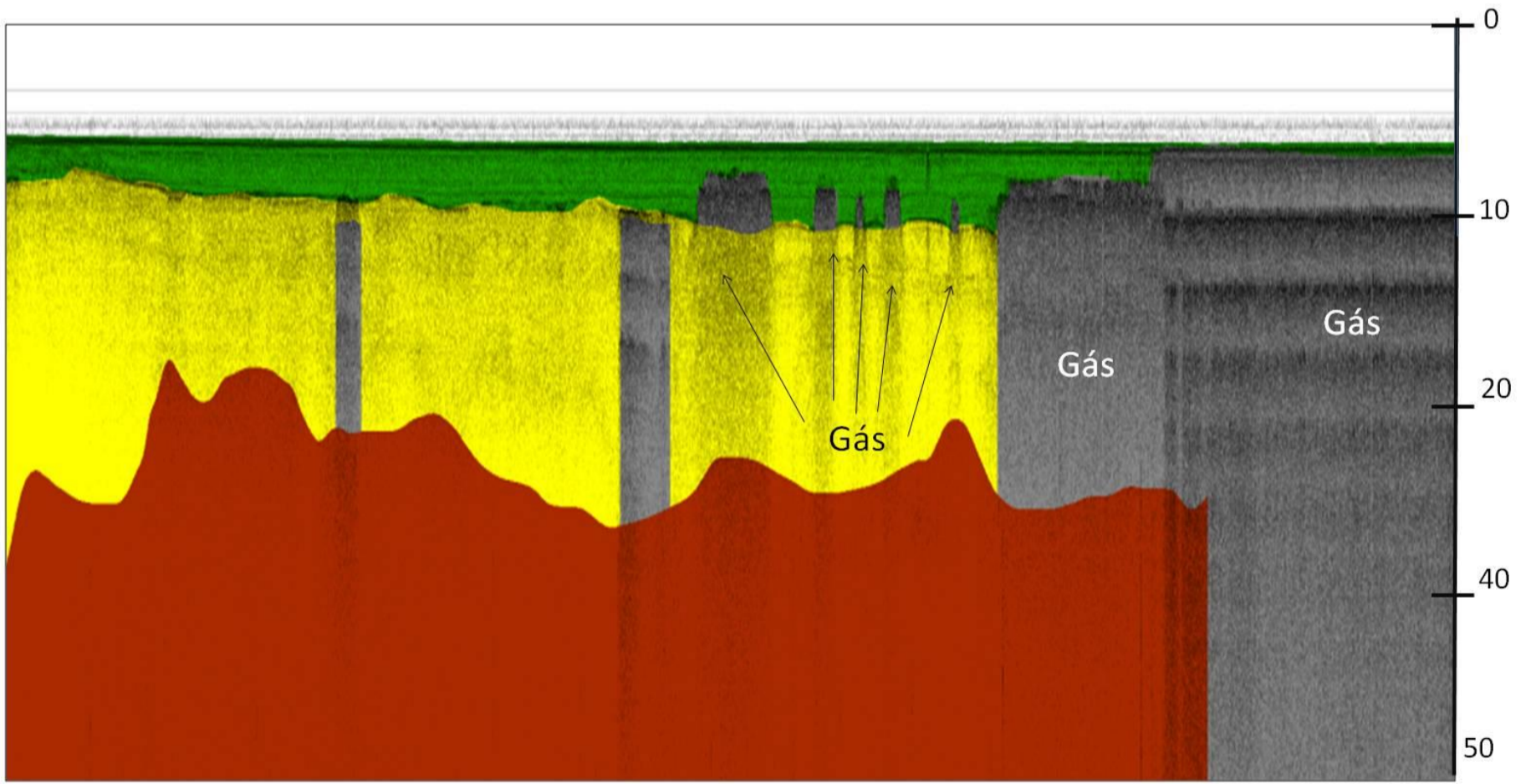
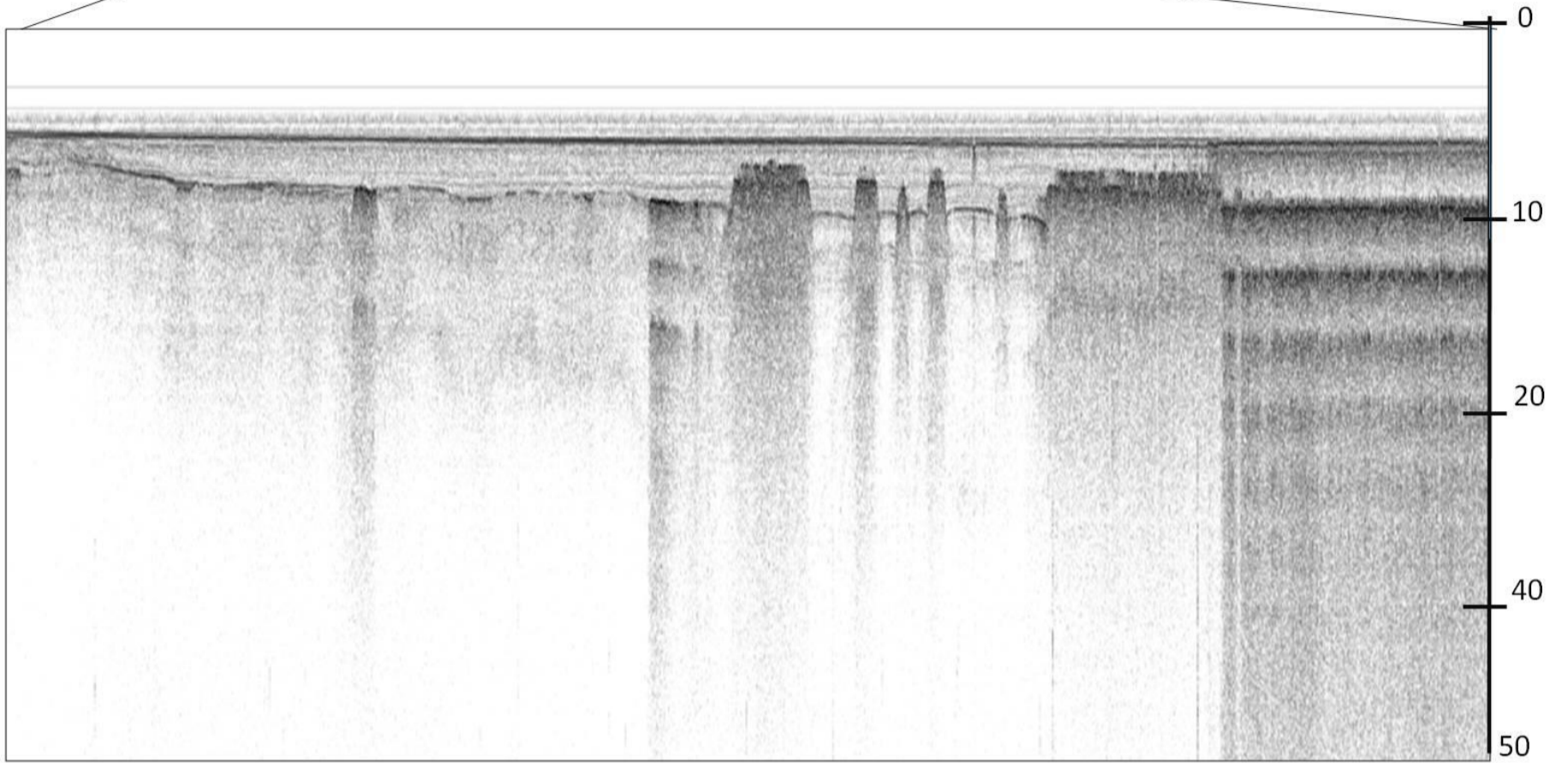
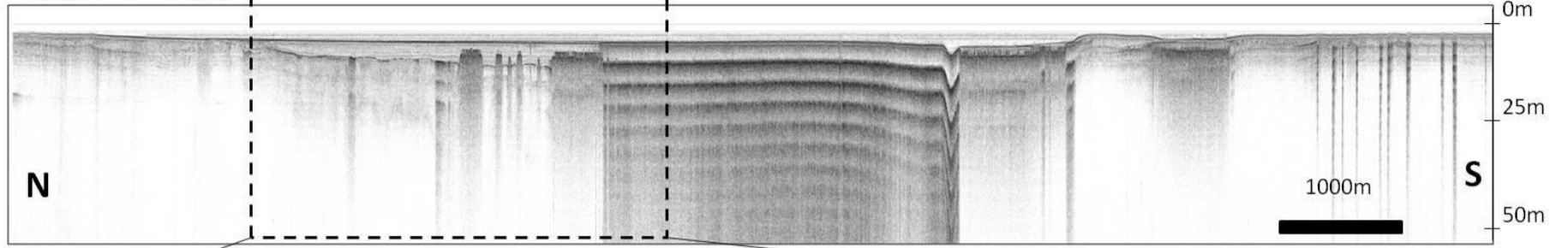


Legenda		Escala Vertical em metros
Gás	Unidade 2- Pacote Arenoso	
Embasamento Acústico	Unidade 4- Lama Rítmica	

Figura 31- Perfil Sísmico 40 - Completo

PERFIL 40 - DIP

CHIRP 2- 8 kHz







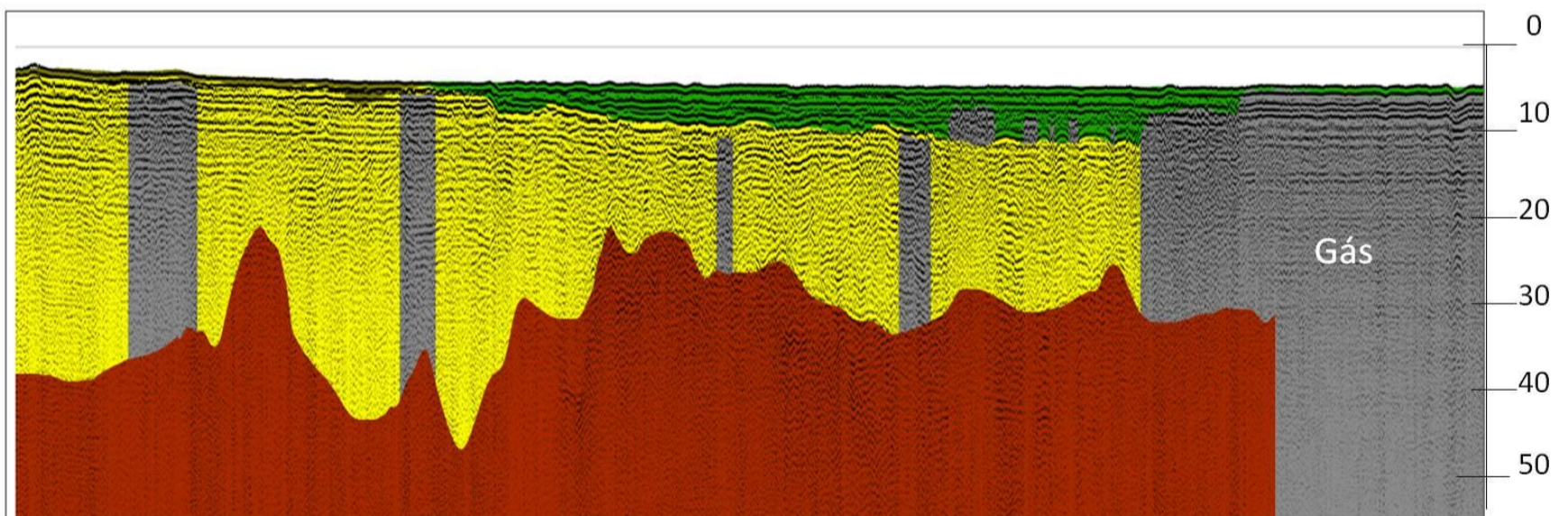
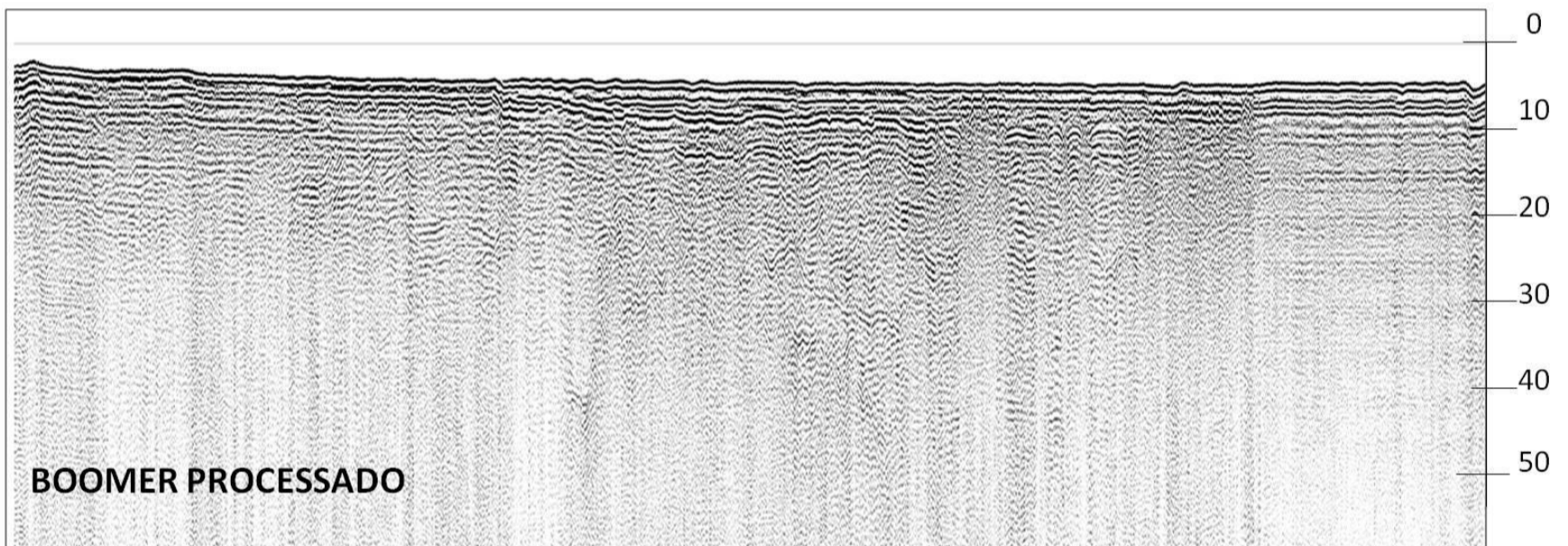
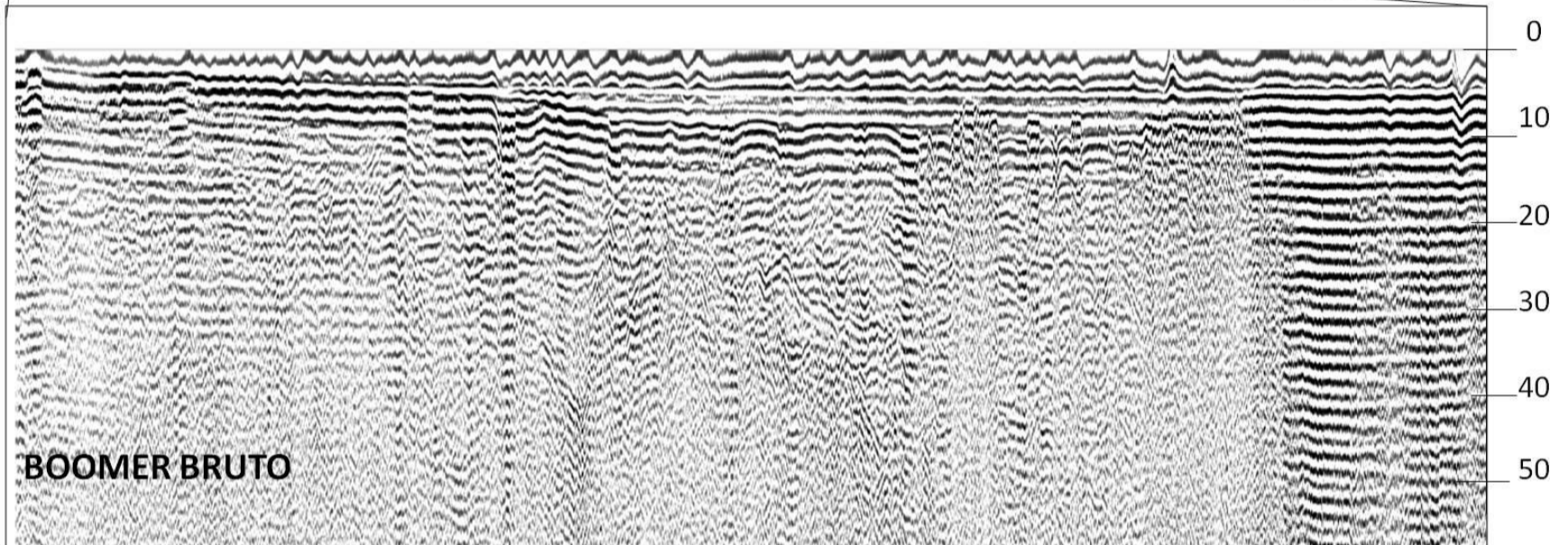
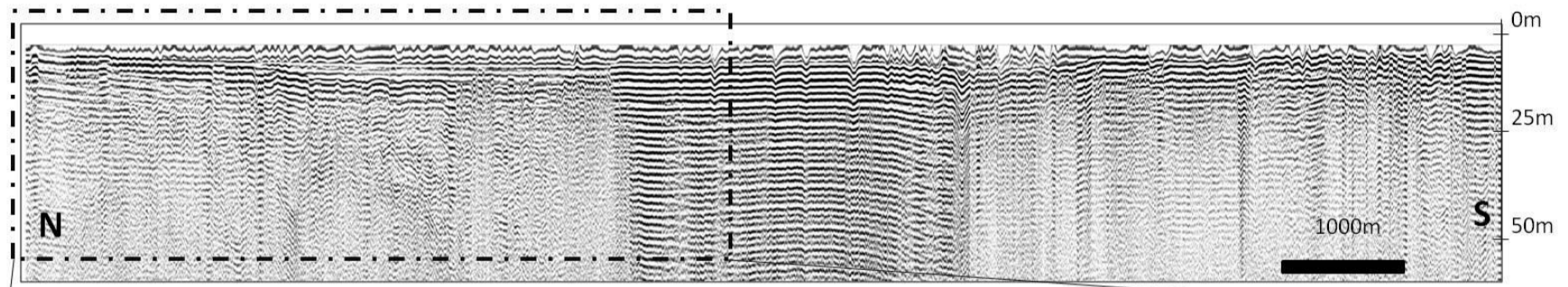
Legenda		Escala Vertical em metros		
	Gás			Unidade 2- Pacote Arenoso
	Embasamento Acústico			Unidade 4- Lama Rítmica

Figura 32- Perfil Sísmico 40 - Fonte Chirp

PERFIL 40 - DIP

BOOMER (0,3 – 1,5 kHz)



Legenda

■ Gás

■ Unidade 2- Pacote Arenoso

■ Embasamento Acústico

■ Unidade 4- Lama Rítmica

Escala Vertical em metros

Figura 33- Perfil Sísmico 40 -Fonte Boomer

PERFIL 44 - STRIKE

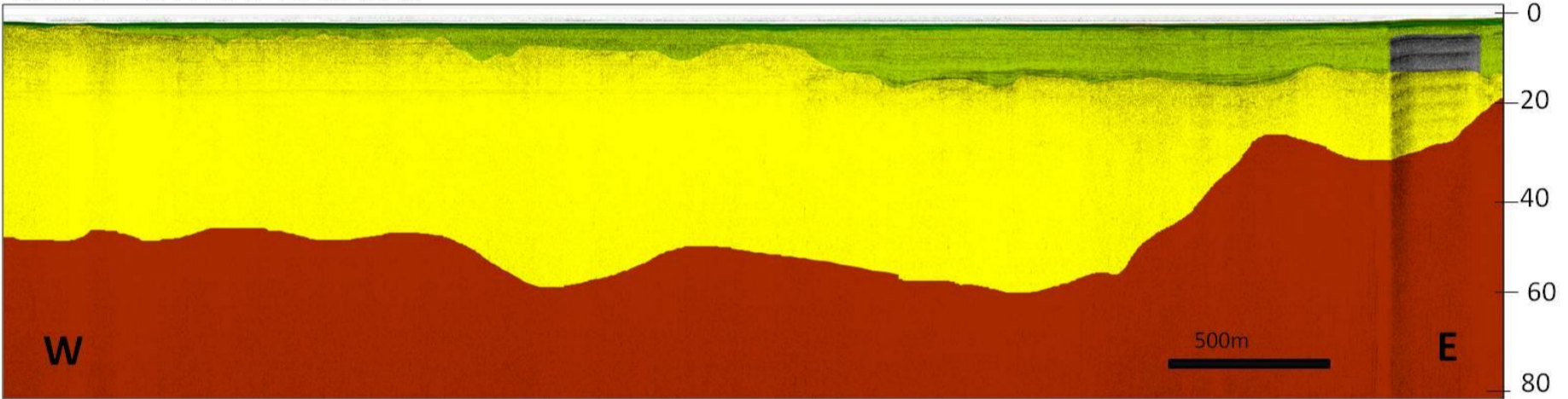
CHIRP 10- 18 kHz



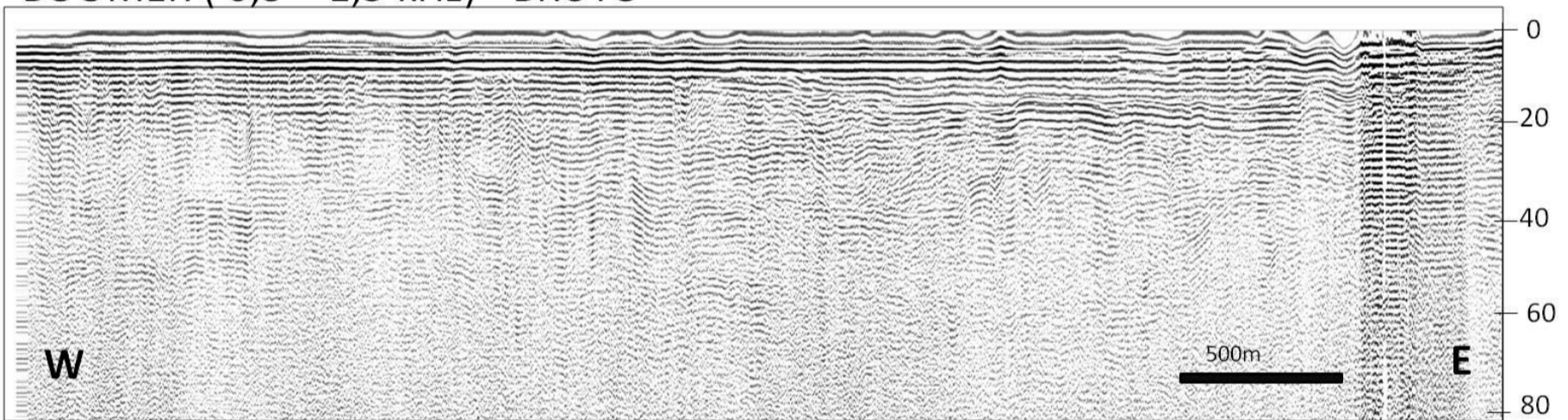
CHIRP 2- 8 kHz



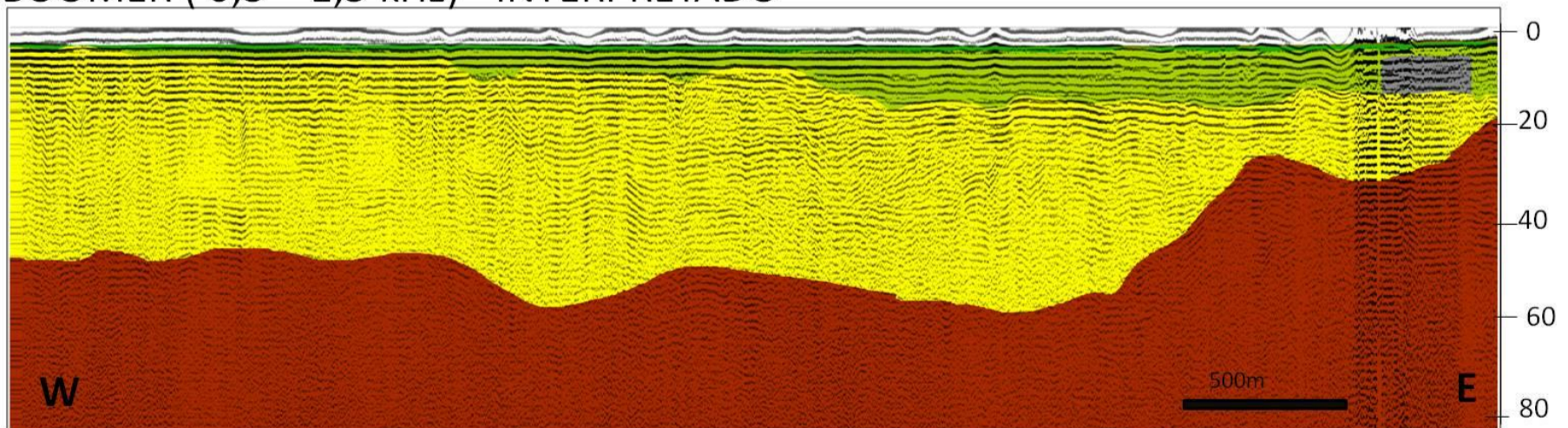
CHIRP INTERPRETADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - BRUTO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - INTERPRETADO



Legenda

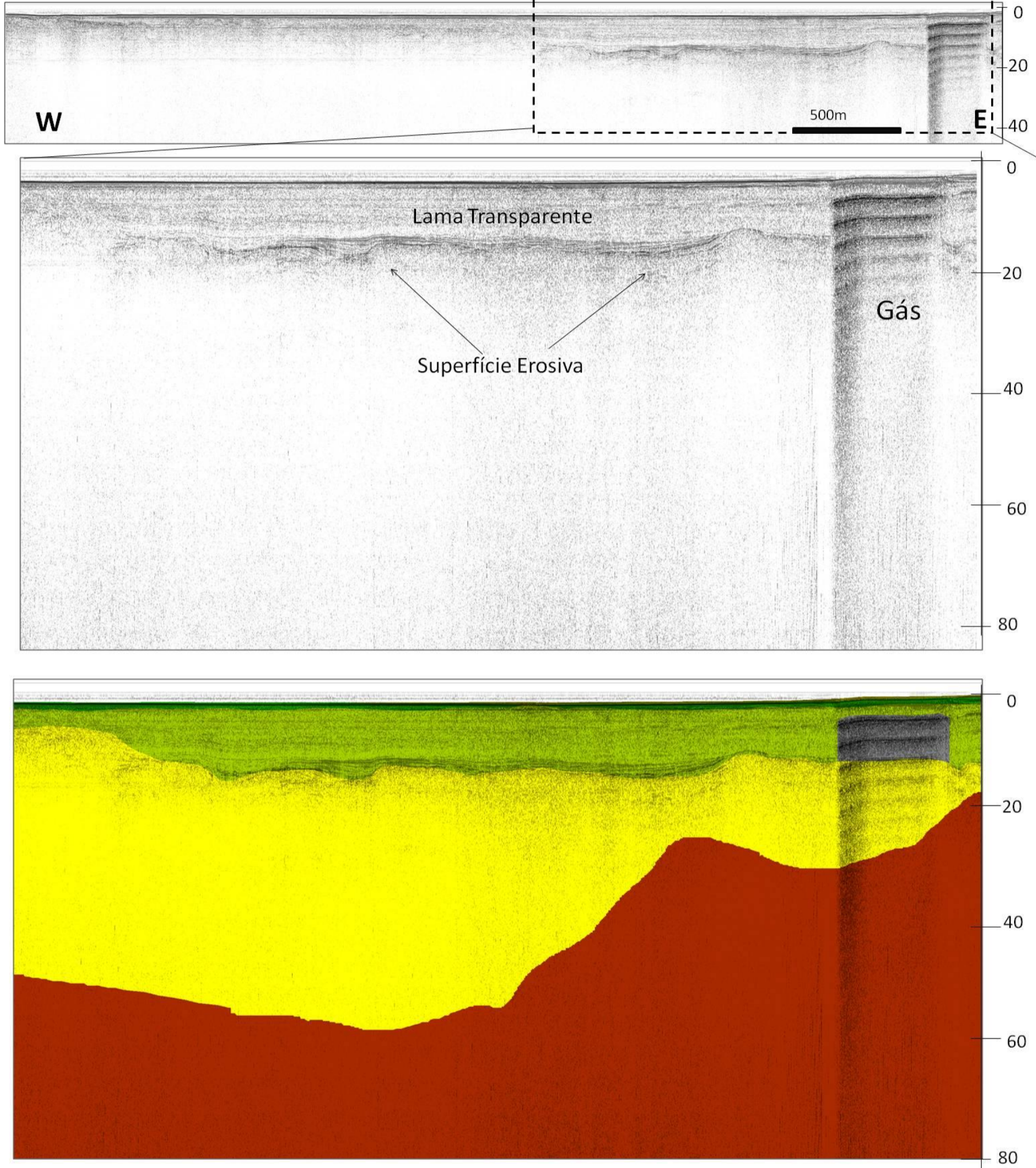
- | | |
|----------------------|------------------------------|
| Gás | Unidade 2- Pacote Arenoso |
| Embasamento Acústico | Unidade 3- Lama Transparente |
| Paleocanal | Unidade 4- Lama Rítmica |
| Superfície Erosiva | Unidade 5- Lama Recente |

Escala Vertical em metros

Figura 34- Perfil Sísmico 44 - Completo

PERFIL 44 - STRIKE

CHIRP 2- 8 kHz



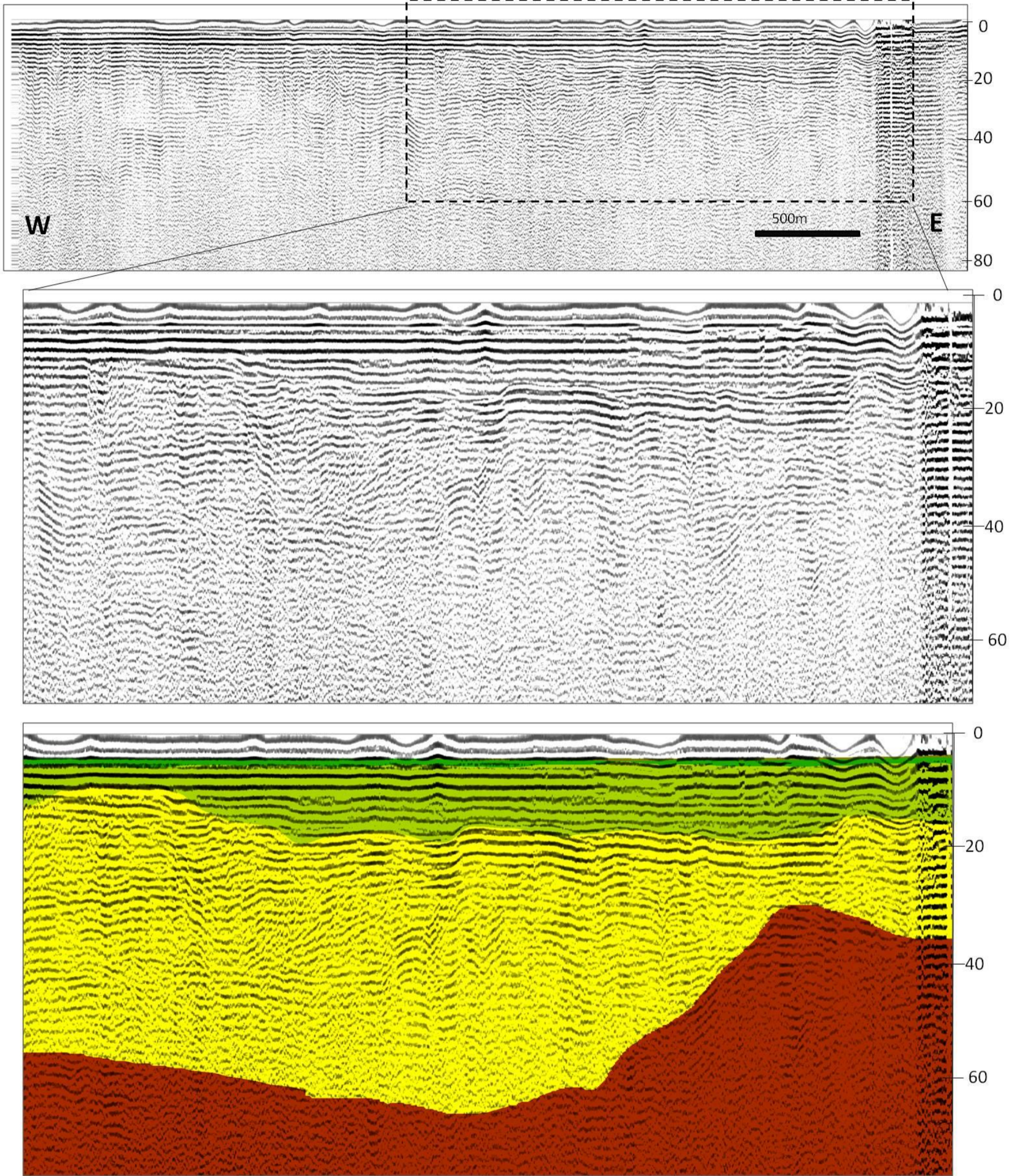
Legenda

- Gás
- Embasamento Acústico
- Paleocanal
- Superfície Erosiva
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica
- Unidade 5- Lama Recente

Escala Vertical em metros

Figura 35 - Perfil Sísmico 44 - Fonte Chirp

BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) **PERFIL 44 - STRIKE**

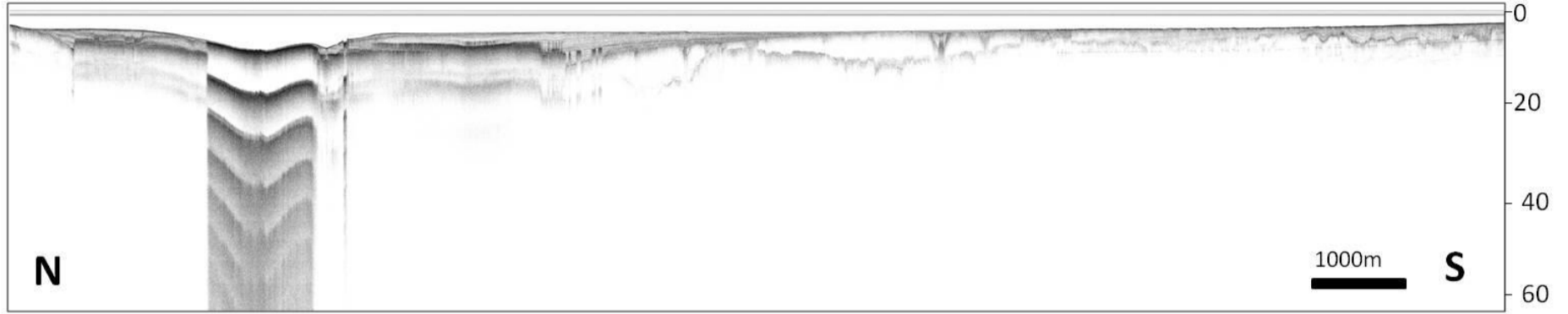


Legenda		Escala Vertical em metros
Gás	Unidade 2- Pacote Arenoso	
Embasamento Acústico	Unidade 3- Lama Transparente	
Paleocanal	Unidade 4- Lama Rítmica	
Superfície Erosiva	Unidade 5- Lama Recente	

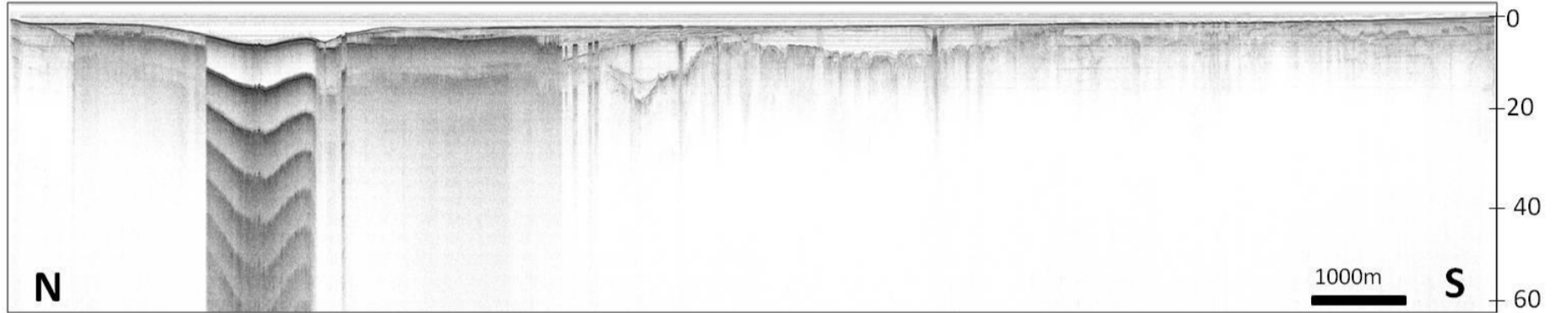
Figura 36- Perfil Sísmico 44 - Fonte Boomer

PERFIL 45 - DIP

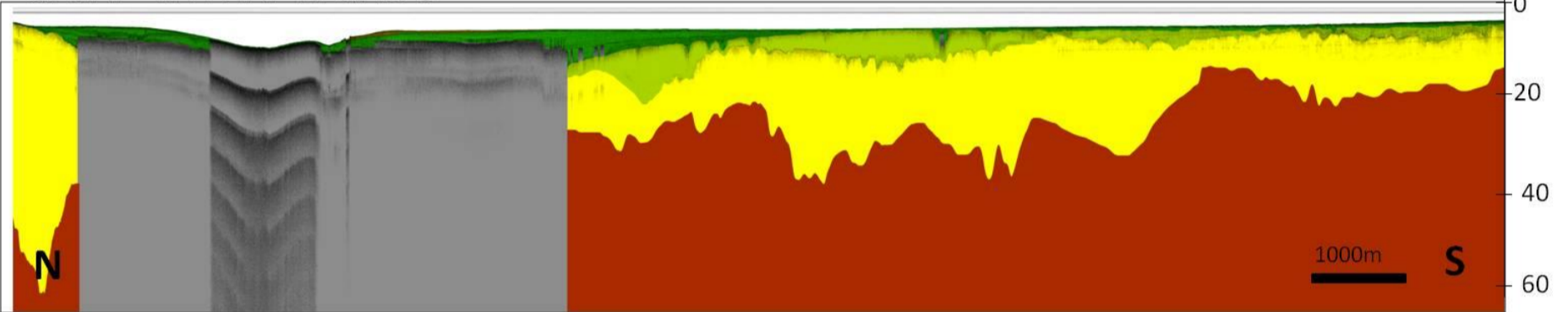
CHIRP 10- 18 kHz



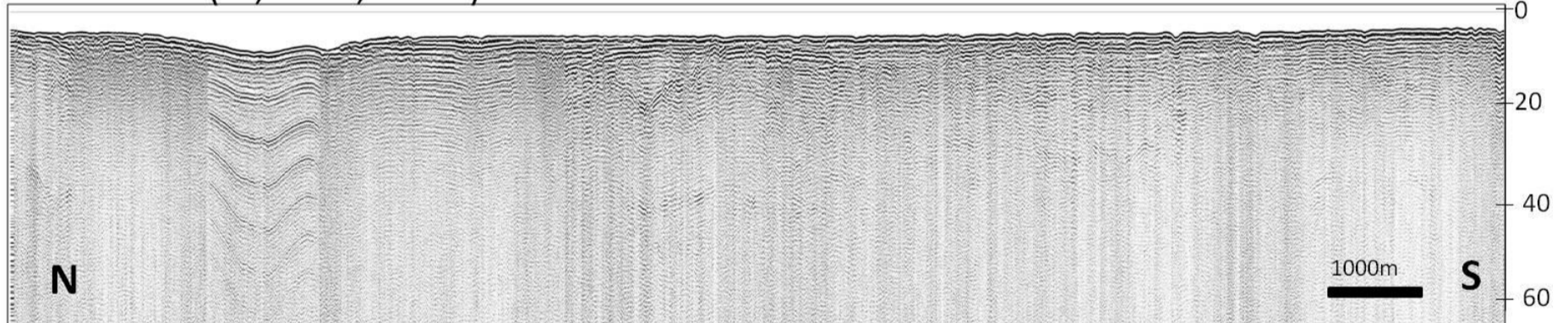
CHIRP 2- 8 kHz



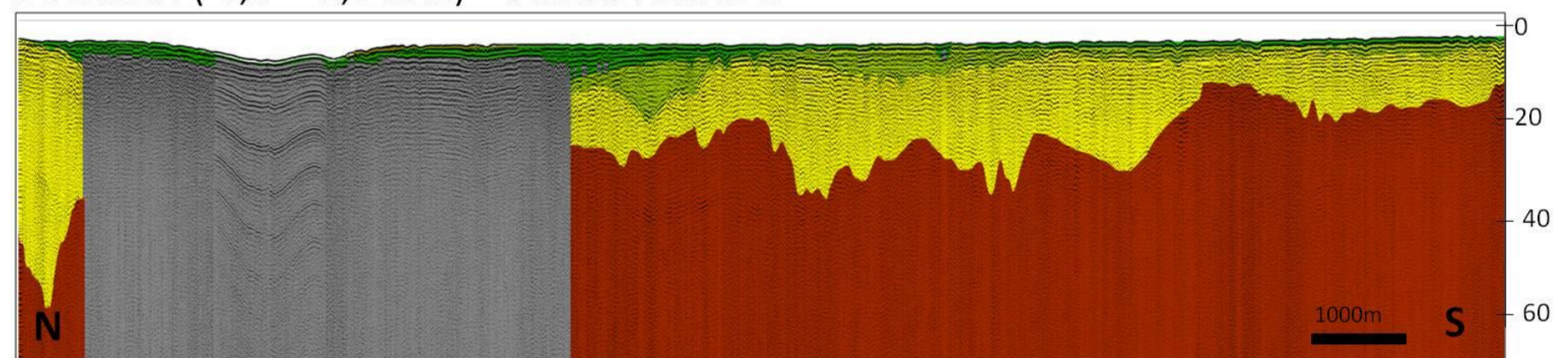
CHIRP INTERPRETADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - PROCESSADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - INTERPRETADO

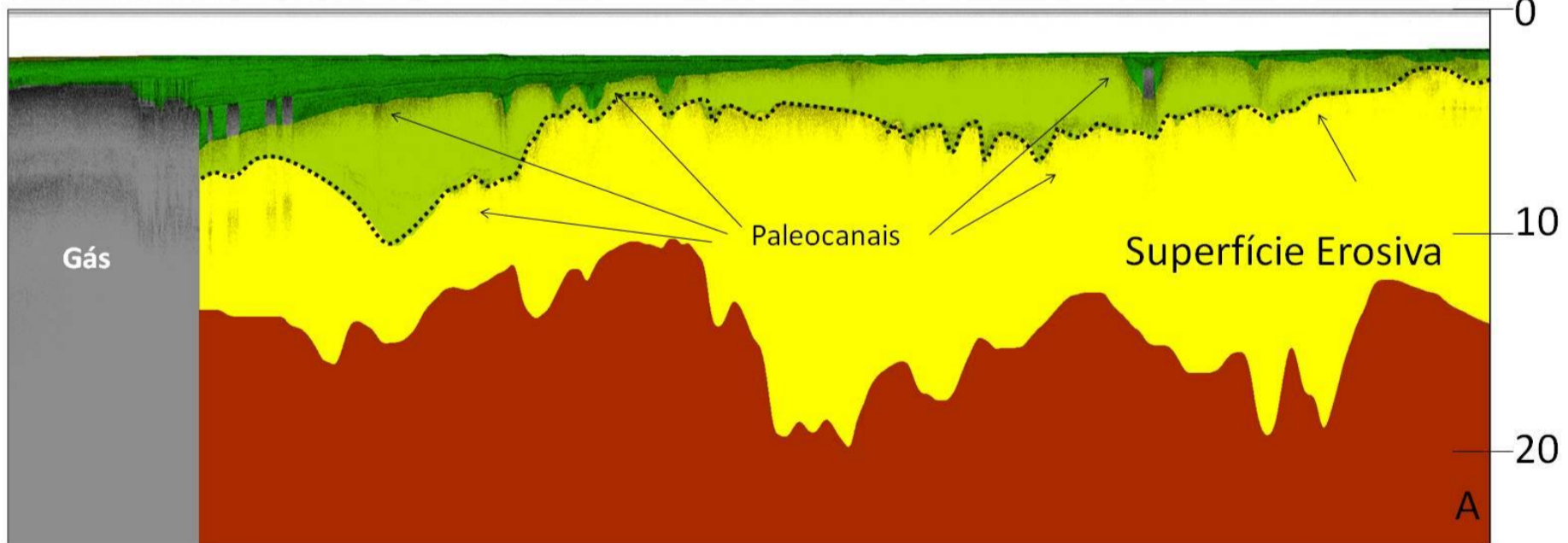
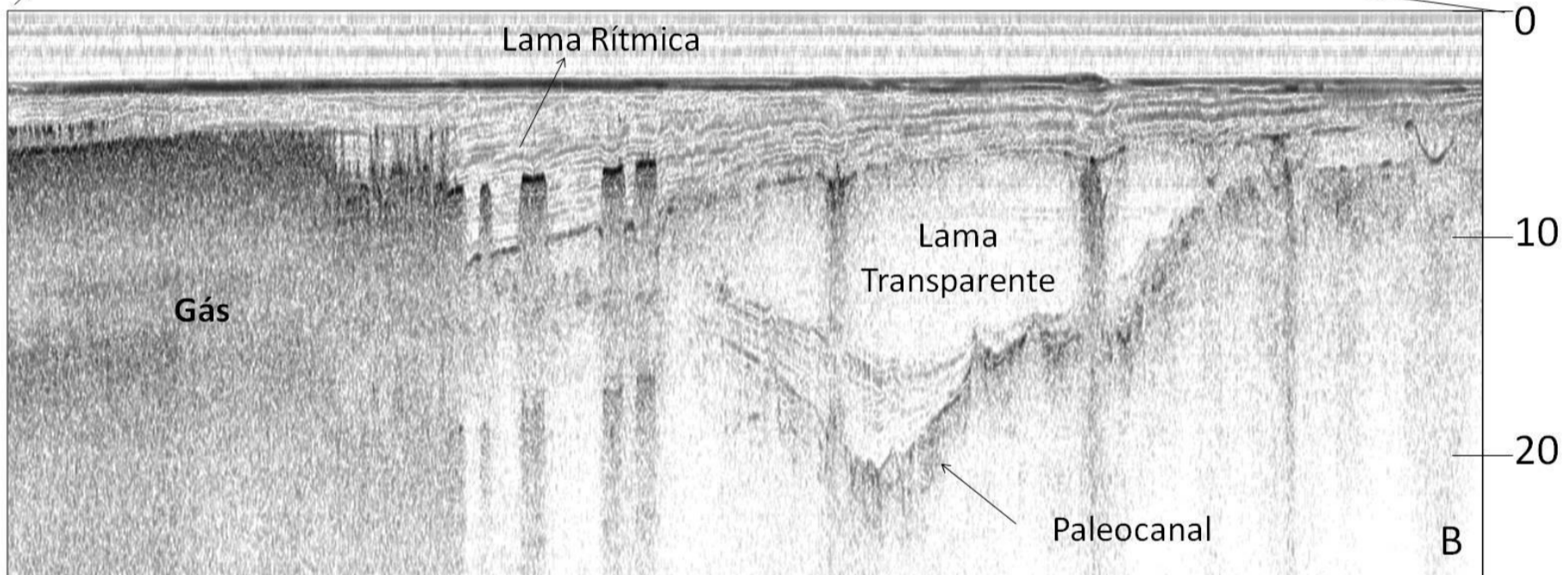
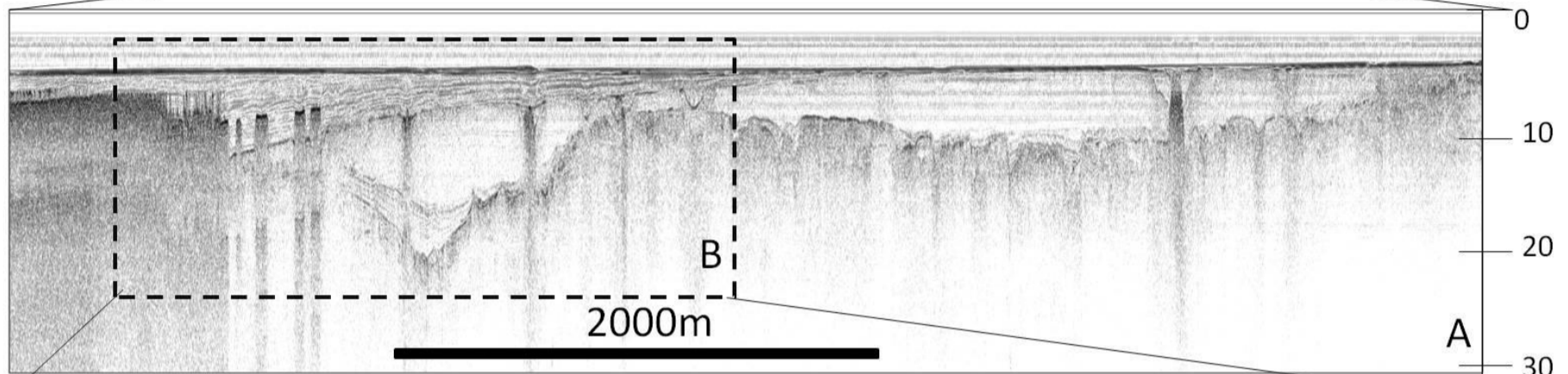
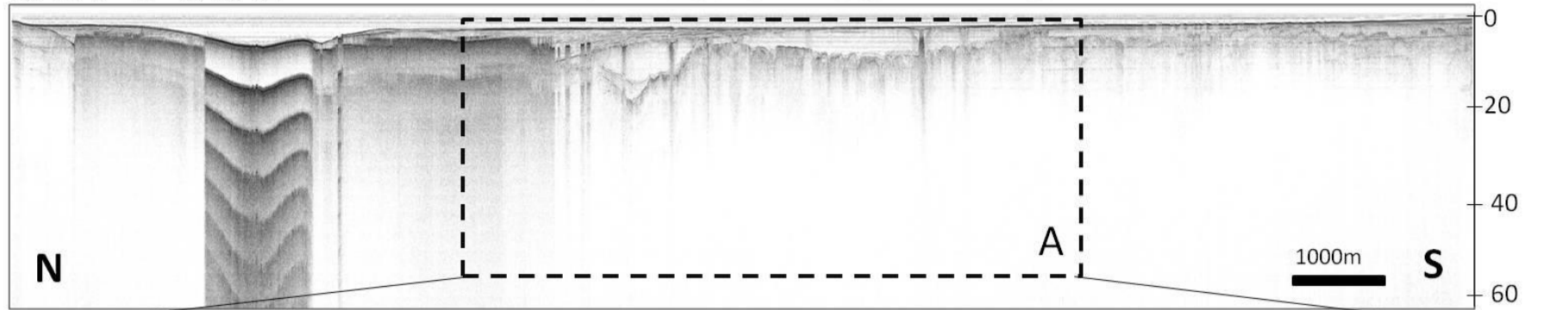


Legenda		
Gás	Unidade 2- Pacote Arenoso	Escala Vertical em metros
Embasamento Acústico	Unidade 3- Lama Transparente	
	Unidade 4- Lama Rítmica	

Figura 37- Perfil Sísmico 45 - Completo

CHIRP 2- 8 kHz

PERFIL 45 - DIP

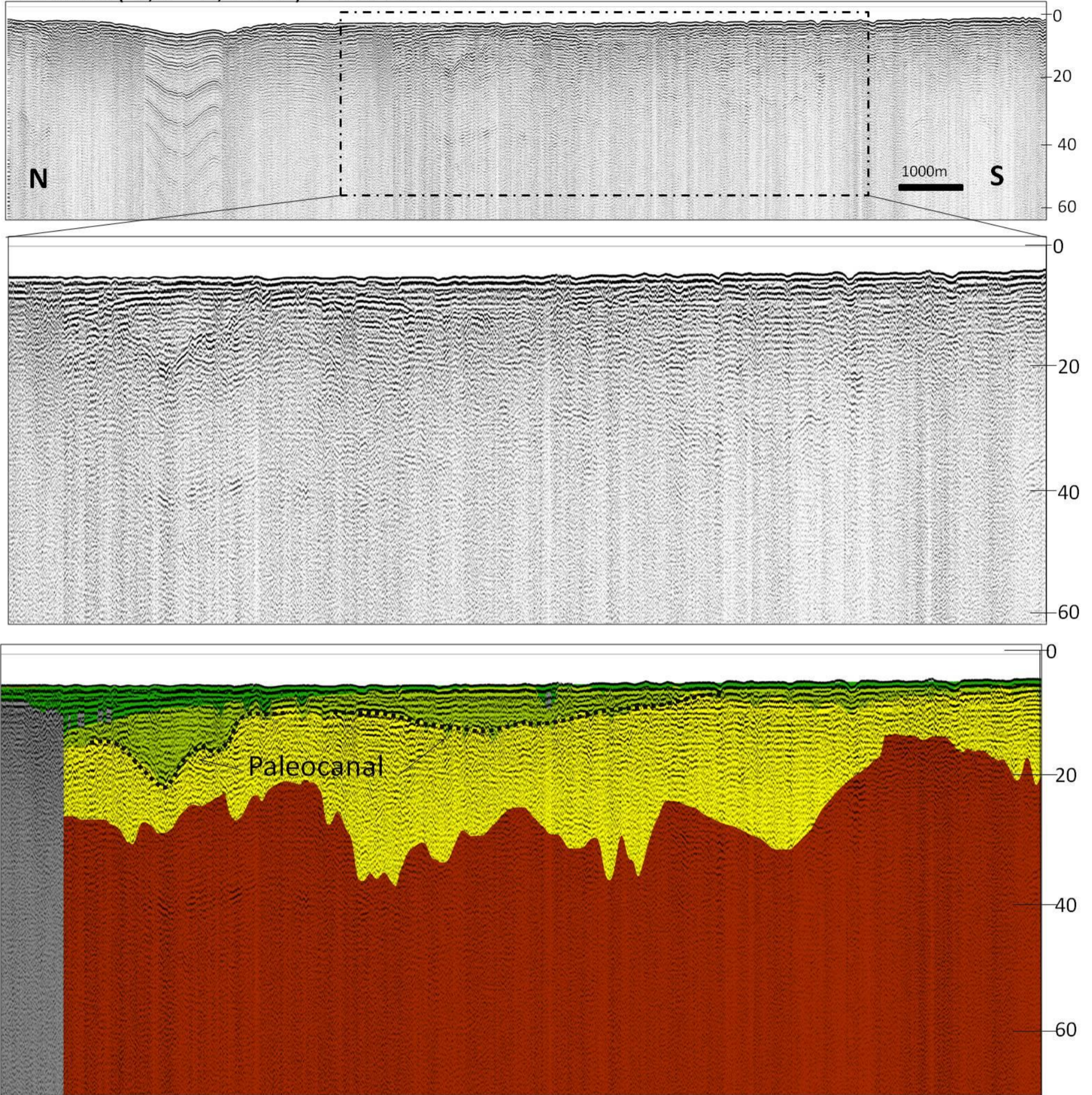


Legenda		Escala Vertical em metros
Gás	Unidade 2- Pacote Arenoso	
Embasamento Acústico	Unidade 3- Lama Transparente	
Paleocanal	Unidade 4- Lama Rítmica	
Superfície Erosiva		

Figura 38- Perfil Sísmico 45 - Fonte Chirp

PERFIL 45 - DIP

BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - PROCESSADO



Legenda

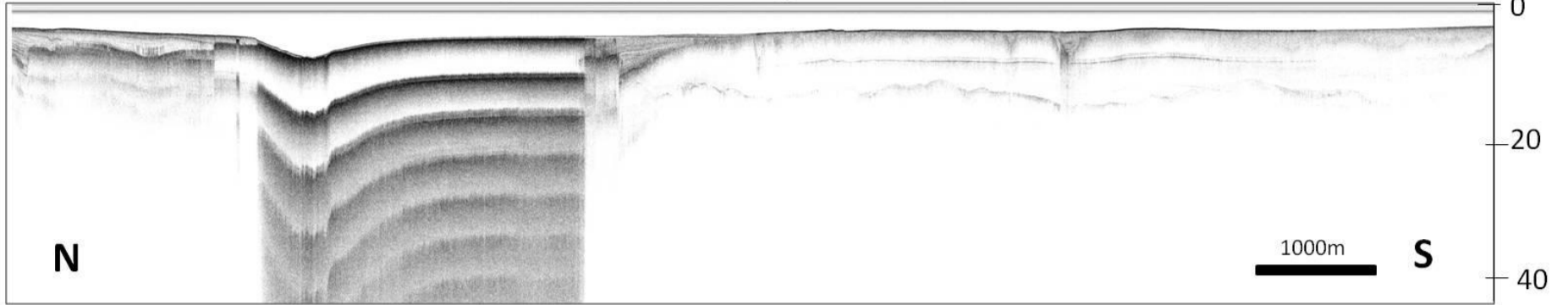
- Gás
- Embasamento Acústico
- Paleocanal
- Superfície Erosiva
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica

Escala Vertical em metros

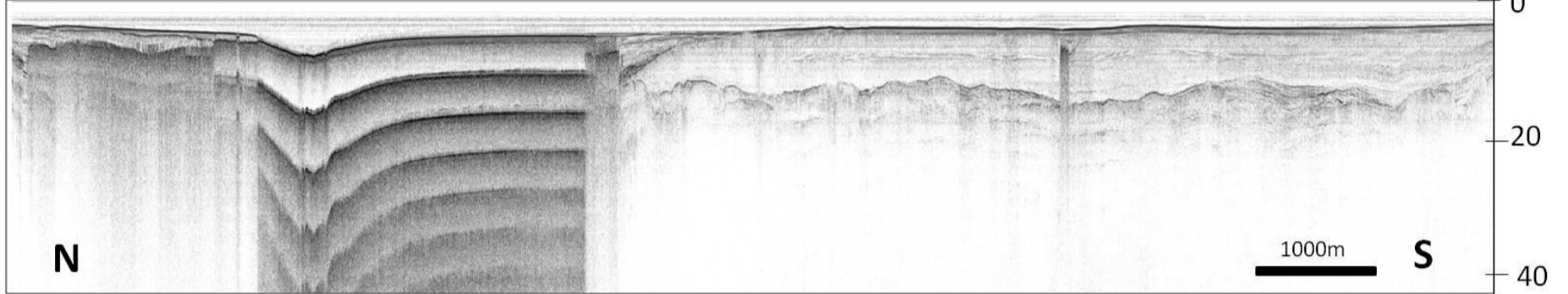
Figura 39- Perfil Sísmico 45 - Fonte Boomer

PERFIL 48 - DIP

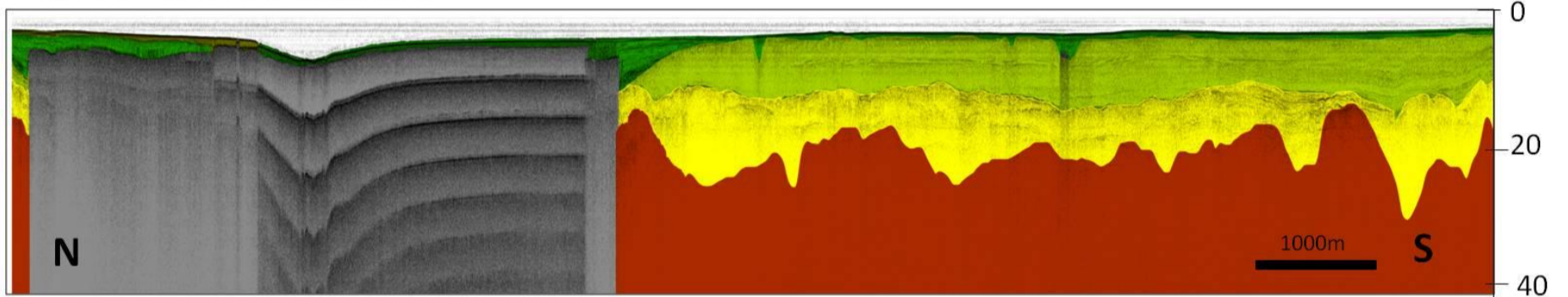
CHIRP 10- 18 kHz



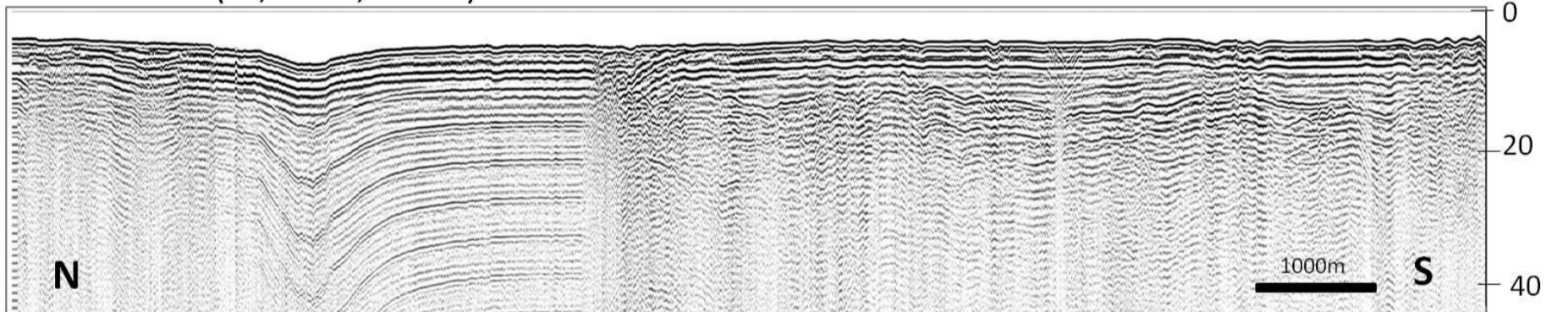
CHIRP 2- 8 kHz



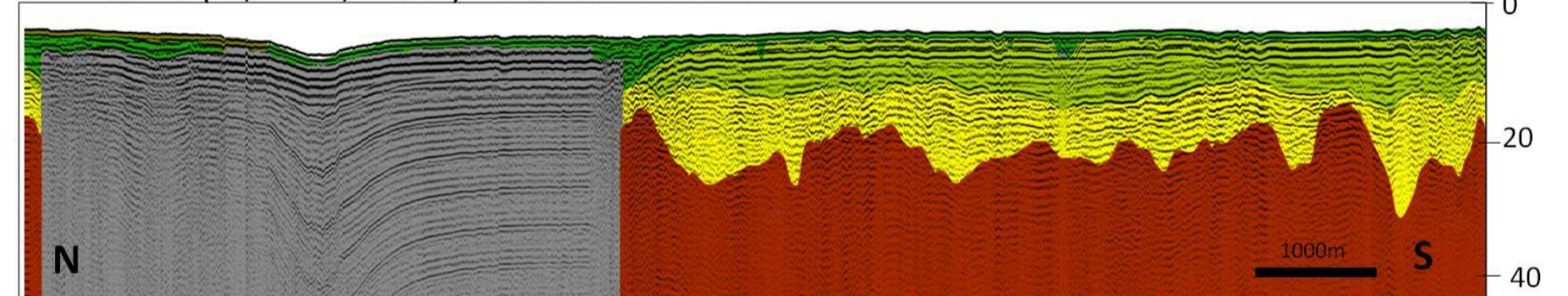
CHIRP INTERPRETADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - PROCESSADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - INTERPRETADO



Legenda

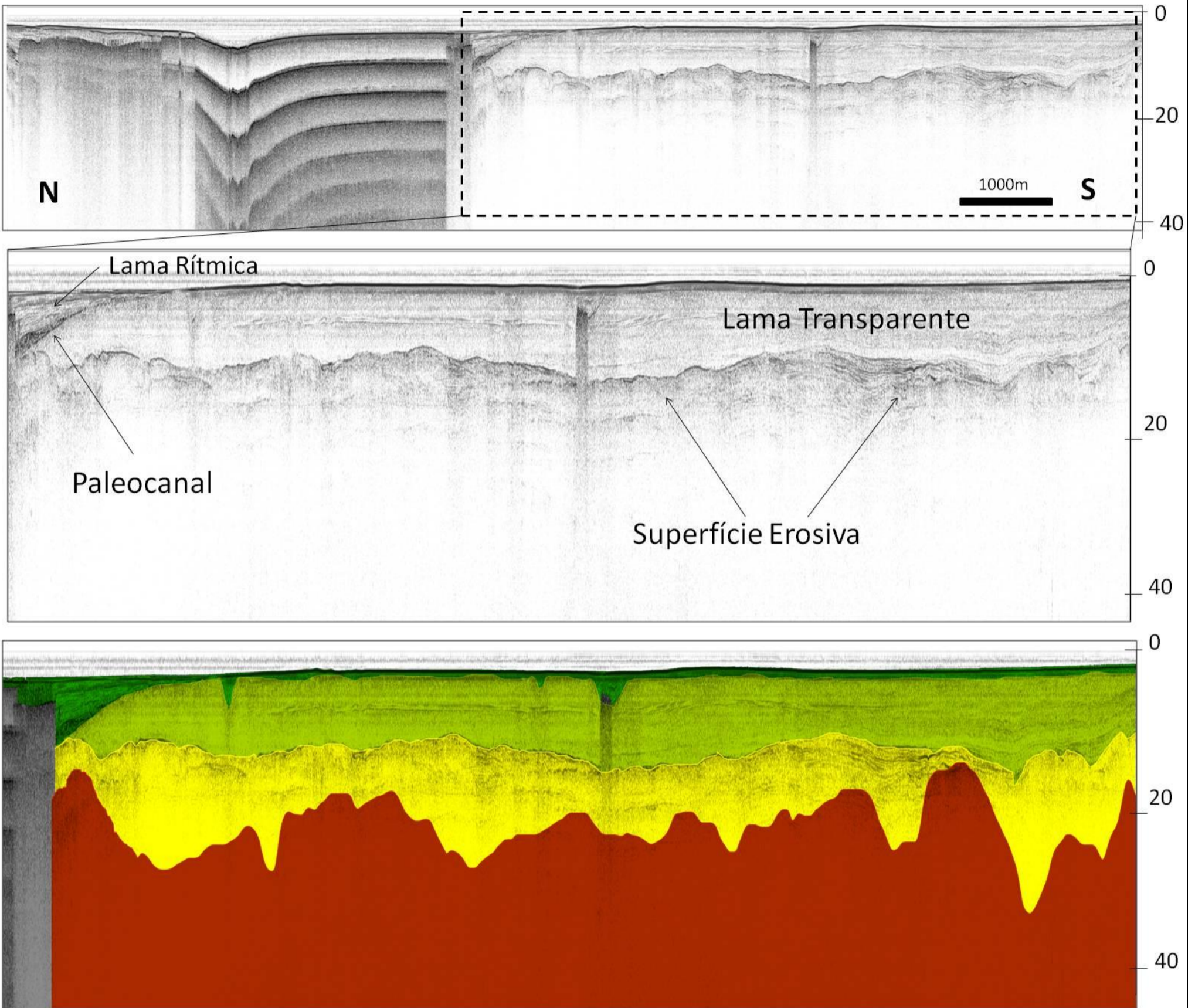
- Gás
- Embasamento Acústico
- Paleocanal
- Superfície Erosiva
- Unidade X- Pacote Arenoso
- Unidade x- Lama Rítmica
- Unidade x- Lama Transparente

Escala Vertical em metros

Figura 40- Perfil Sísmico - Completo

CHIRP 2- 8 kHz

PERFIL 48 - DIP



Legenda

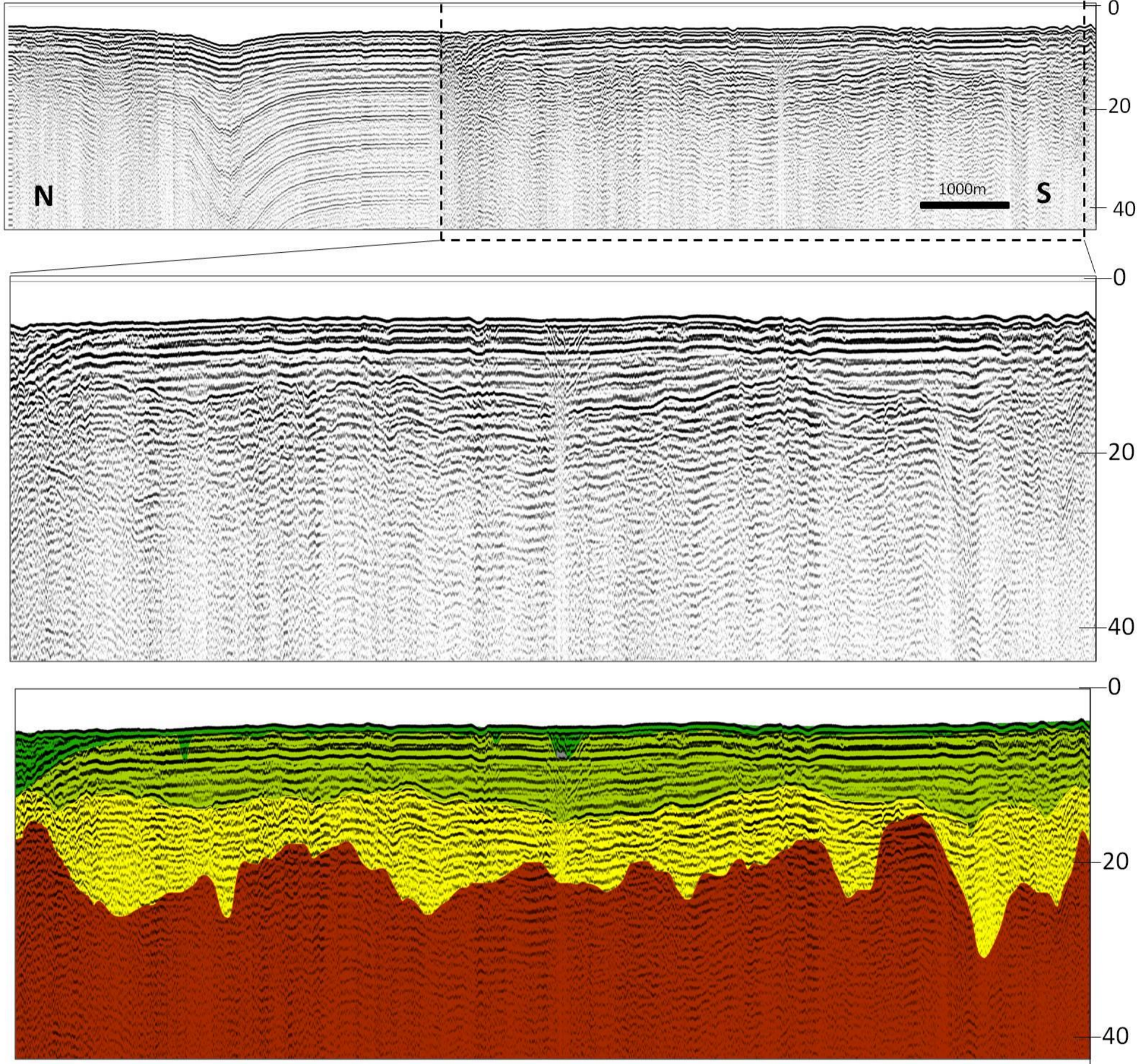
- Gás
- Embasamento Acústico
- Paleocanal
- Superfície Erosiva
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica

Escala Vertical em metros

Figura 41- Perfil Sísmico 48 - Fonte Chirp

PERFIL 48 - DIP

BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - PROCESSADO

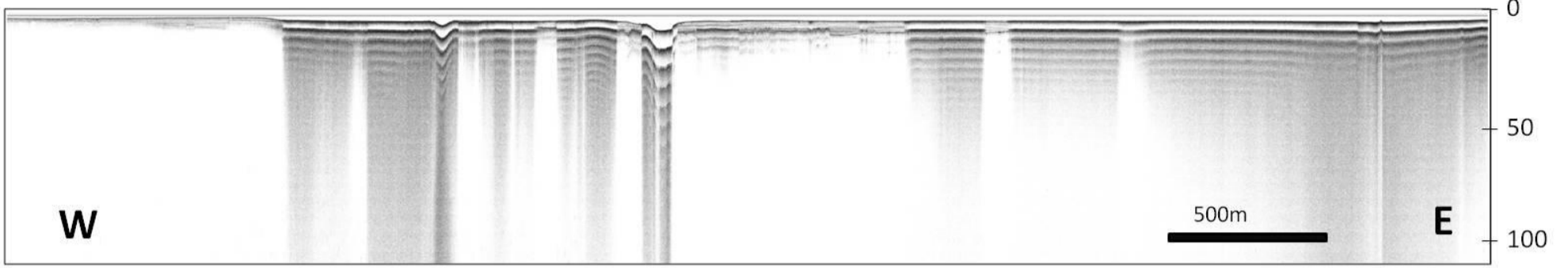


Legenda		Escala Vertical em metros
■ Gás	■ Unidade 2- Pacote Arenoso	
■ Embasamento Acústico	■ Unidade 3- Lama Transparente	
~ Paleocanal	■ Unidade 4- Lama Rítmica	
~ Superfície Erosiva		

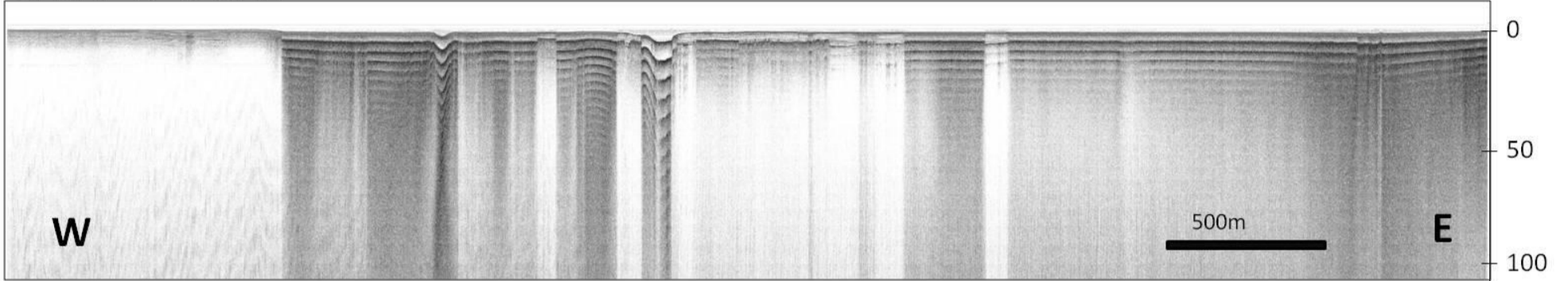
Figura 42- Perfil Sísmico 48 -Fonte Boomer

PERFIL 50- STRIKE

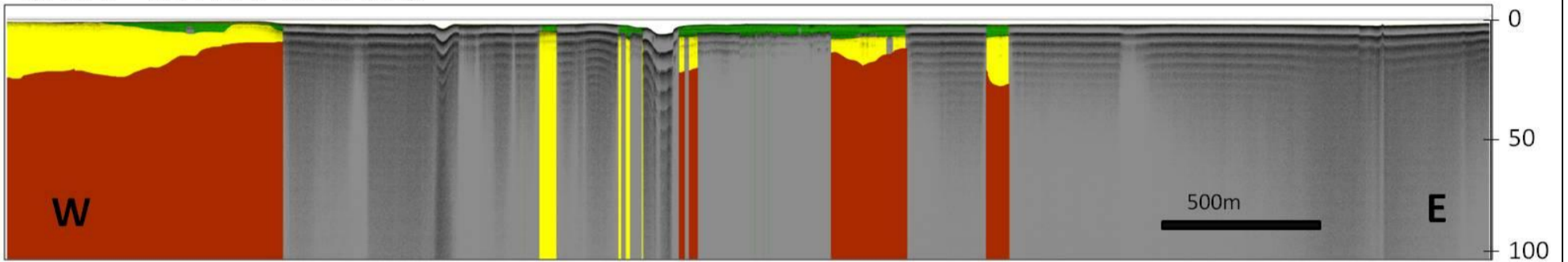
CHIRP 10- 18 kHz



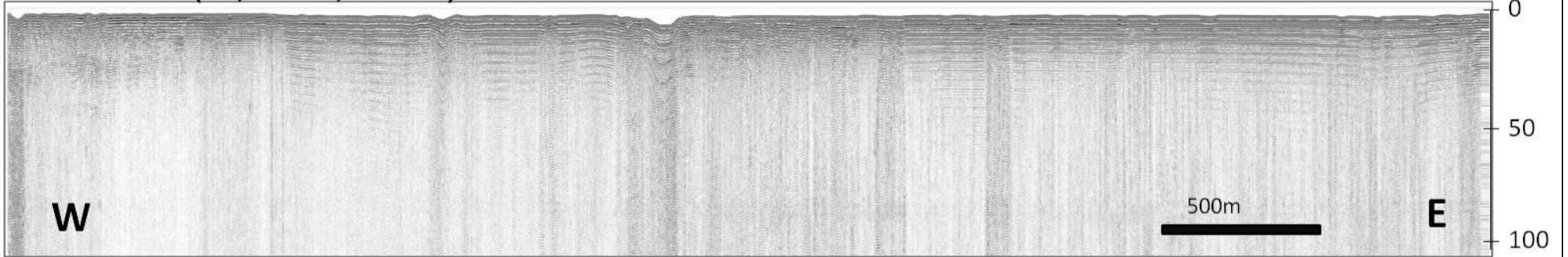
CHIRP 2- 8 kHz



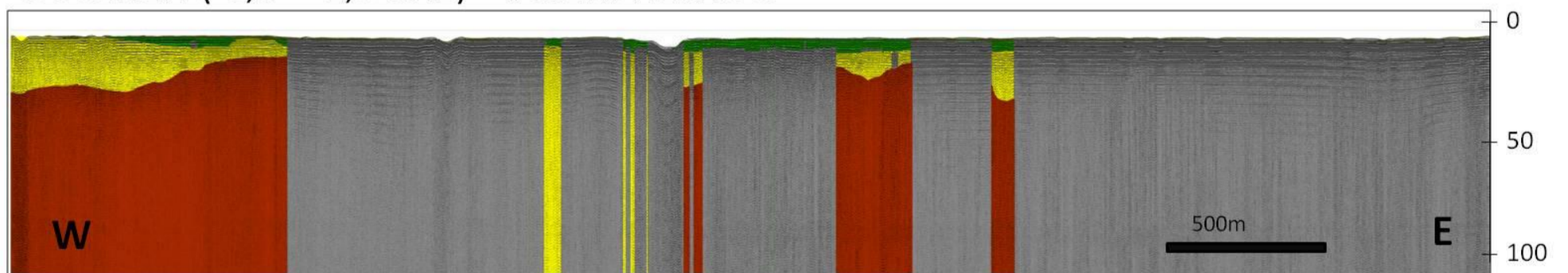
CHIRP INTERPRETADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - PROCESSADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - INTERPRETADO



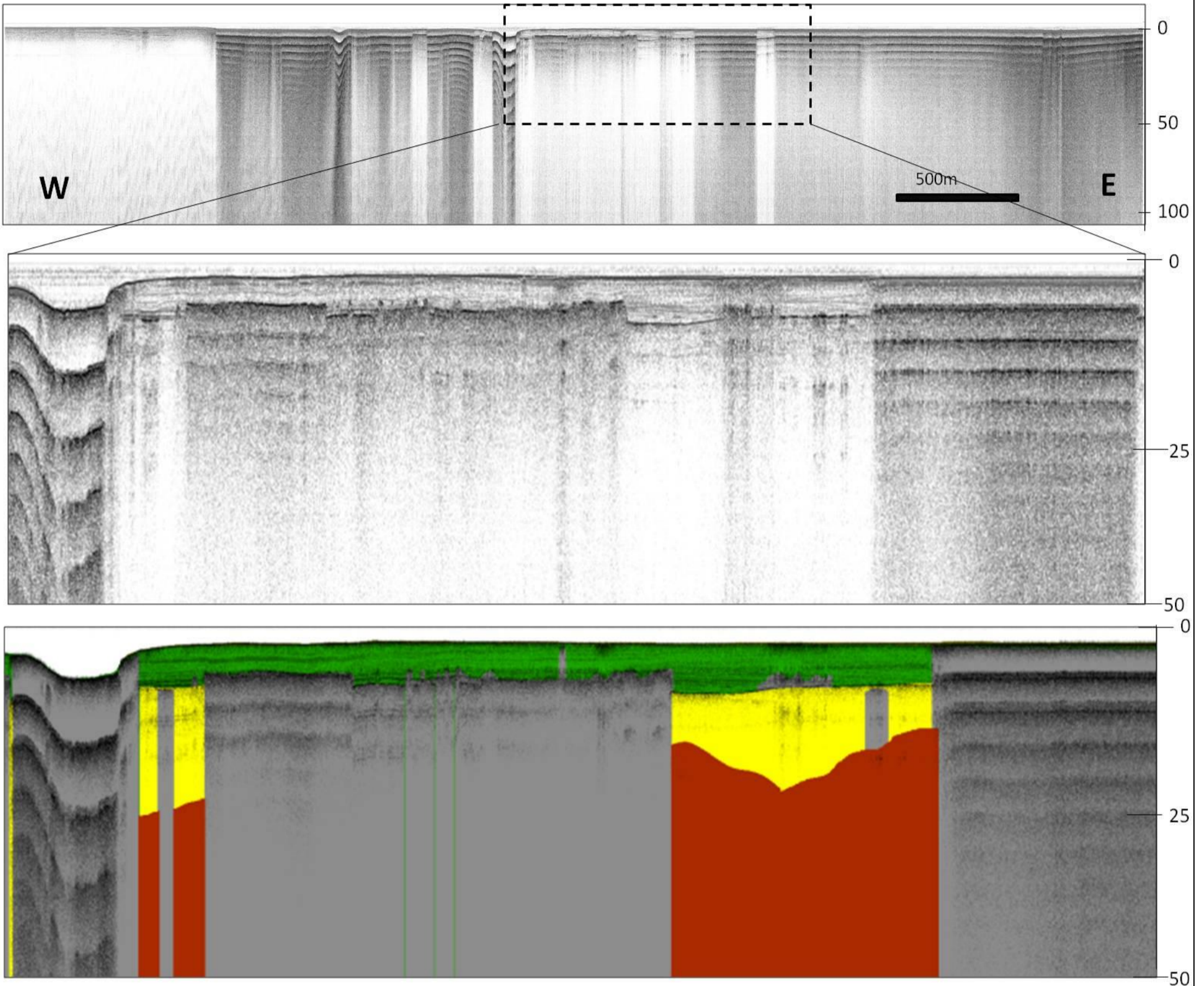
Legenda

- | | | |
|----------------------|------------------------------|---------------------------|
| Gás | Unidade 2- Pacote Arenoso | Escala Vertical em metros |
| Embasamento Acústico | Unidade 3- Lama Transparente | |
| Paleocanal | Unidade 4- Lama Rítmica | |
| Superfície Erosiva | Unidade 5- Lama Recente | |

Figura 43 - Perfil Sísmico 5- Completo

PERFIL 50- STRIKE

CHIRP 2- 8 kHz



Legenda

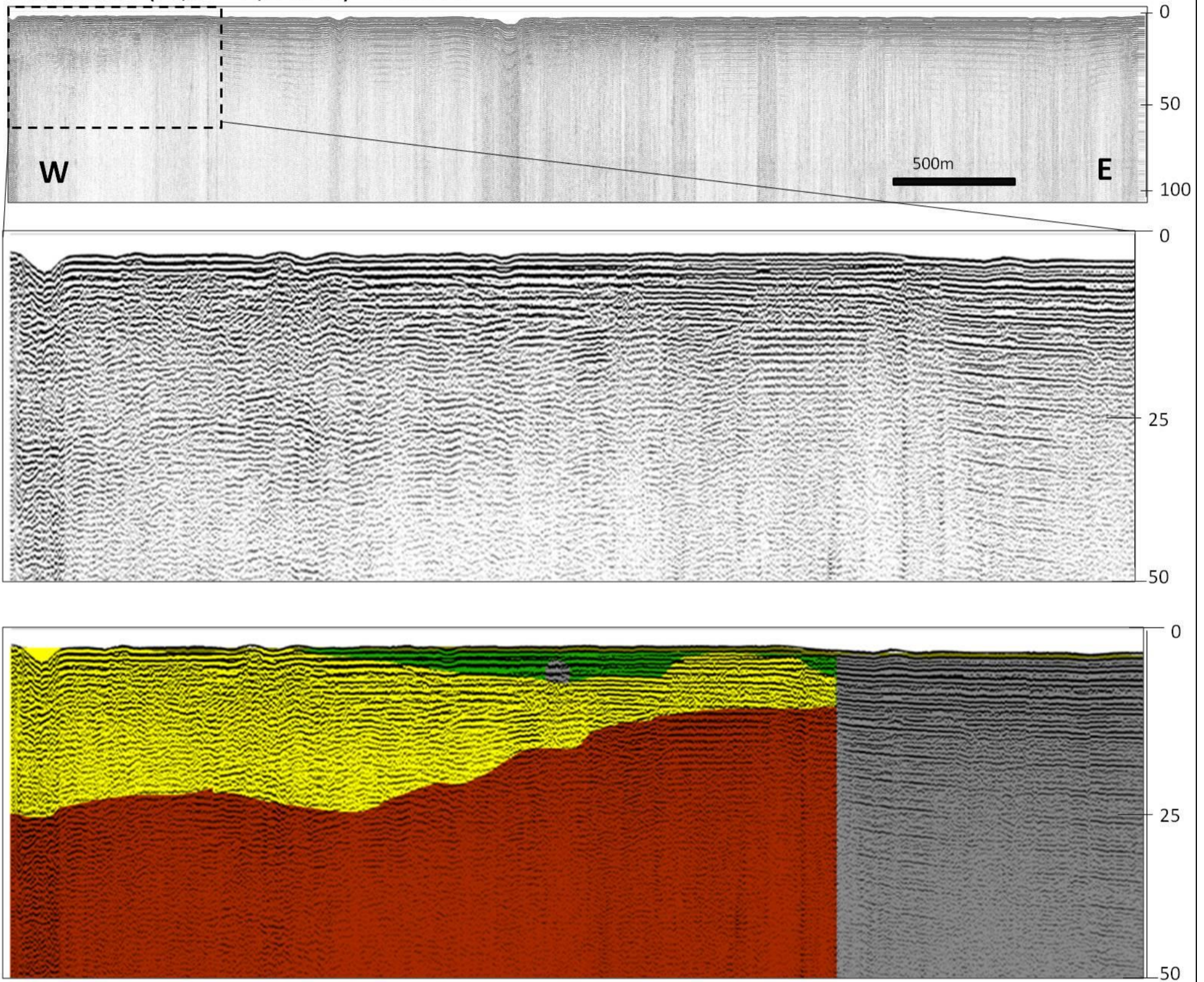
- Gás
- Embasamento Acústico
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica
- Unidade 5- Lama Recente

Escala Vertical em metros

Figura 44- Perfil Sísmico 50 - Fonte Chirp

PERFIL 50- STRIKE

BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - BRUTO



Legenda

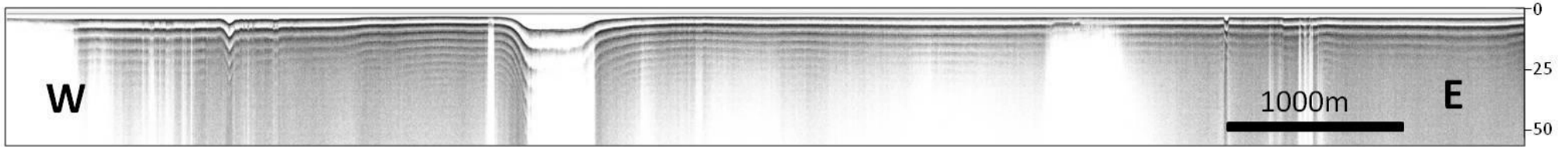
- Gás
- Embasamento Acústico
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica
- Unidade 5- Lama Recente

Escala Vertical em metros

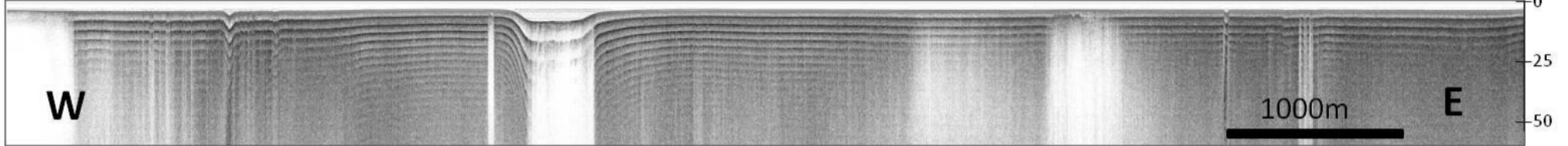
Figura 45- Perfil Sísmico 50 - Fonte Boomer

PERFIL 52- STRIKE

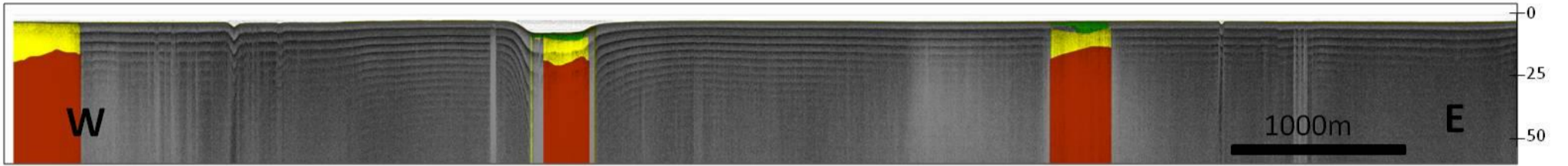
CHIRP 10- 18 kHz



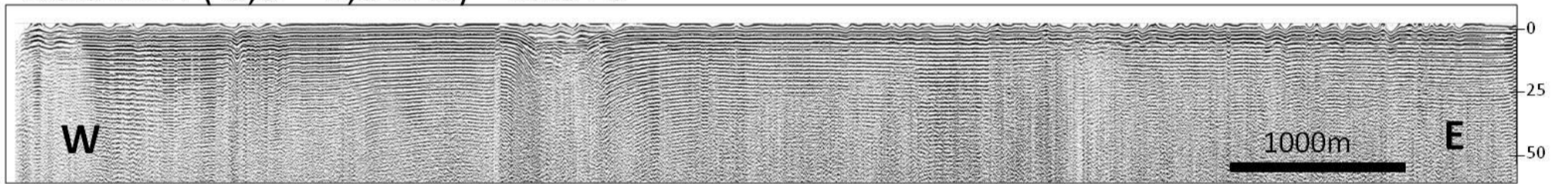
CHIRP 2- 8 kHz



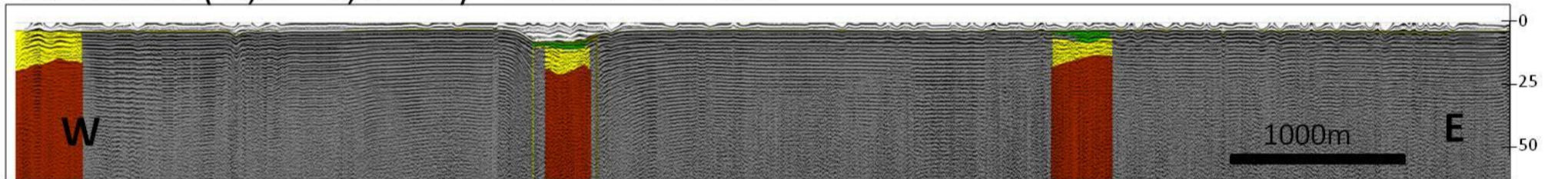
CHIRP INTERPRETADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - BRUTO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - INTERPRETADO



Legenda

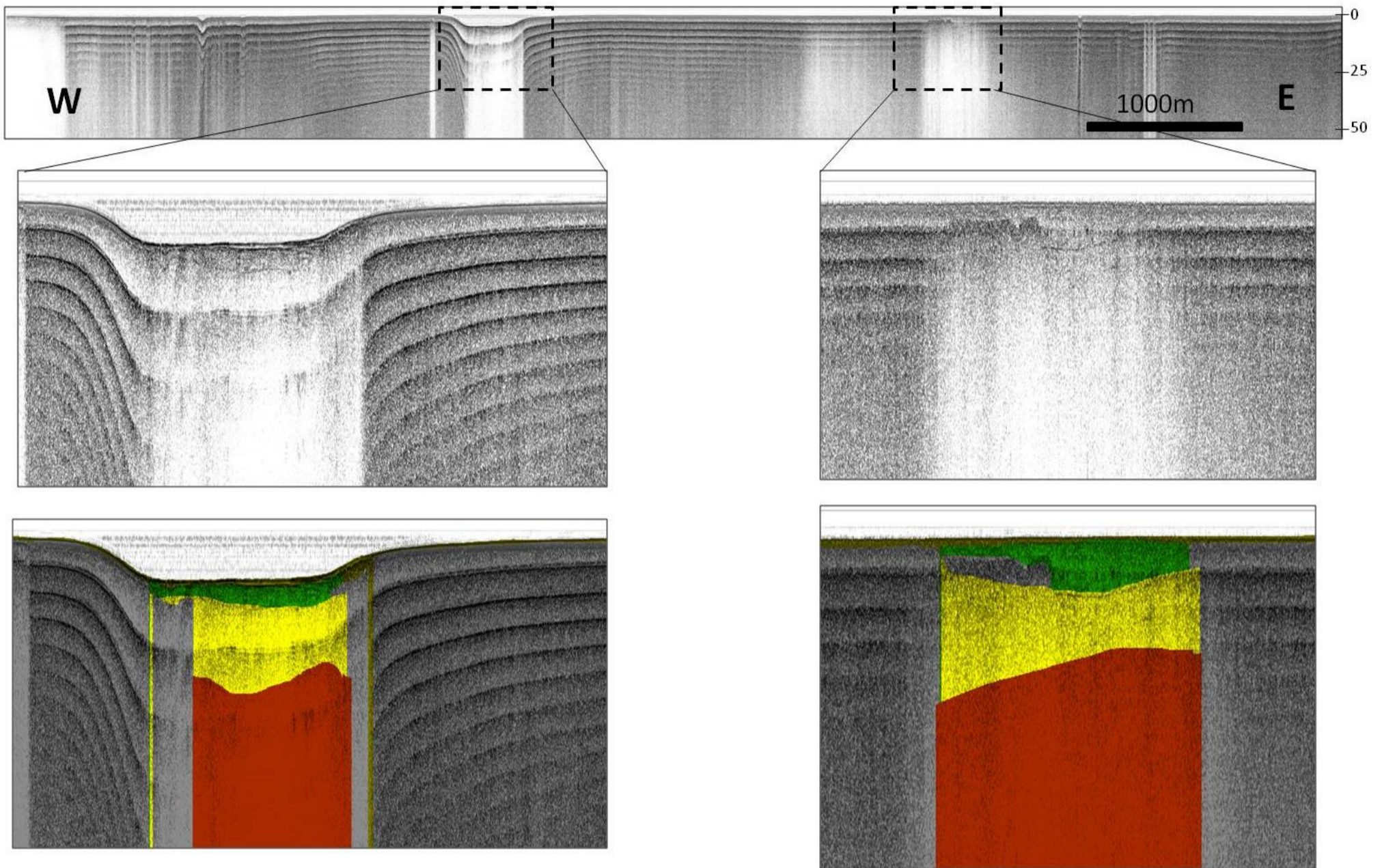
- | | |
|----------------------|------------------------------|
| Gás | Unidade 2- Pacote Arenoso |
| Embasamento Acústico | Unidade 3- Lama Transparente |
| | Unidade 4- Lama Rítmica |
| | Unidade 5- Lama Recente |

Escala Vertical em metros

Figura 46- Perfil Sísmico 52 - Completo

PERFIL 52- STRIKE

CHIRP 10- 18 kHz



Legenda

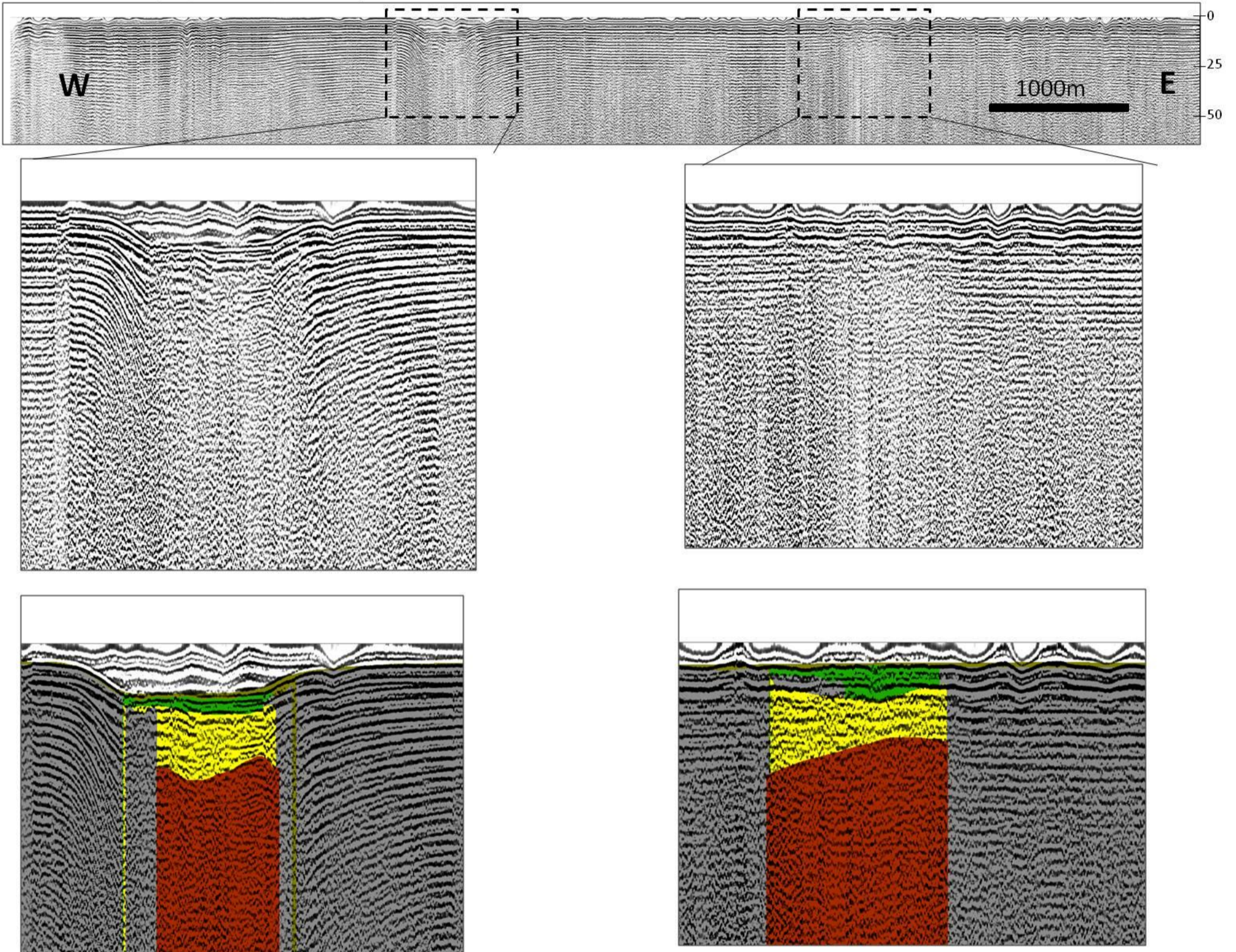
- Gás
- Embasamento Acústico
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica
- Unidade 5- Lama Recente
- Paleocanal
- Superfície Erosiva

Escala Vertical em metros

Figura 47- Perfil Sísmico 52- Fonte Chirp

PERFIL 52- STRIKE

BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - BRUTO



Legenda

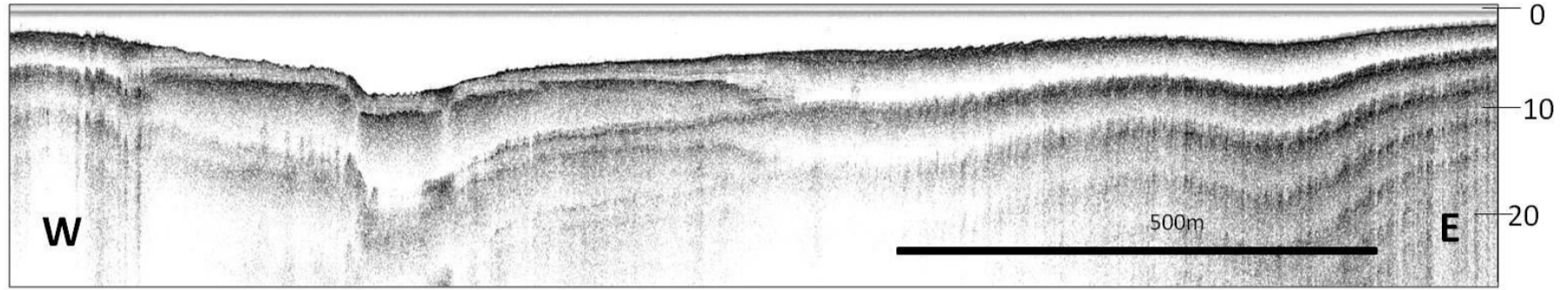
- Gás
- Embasamento Acústico
- Paleocanal
- Superfície Erosiva
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica
- Unidade 5- Lama Recente

Escala Vertical em metros

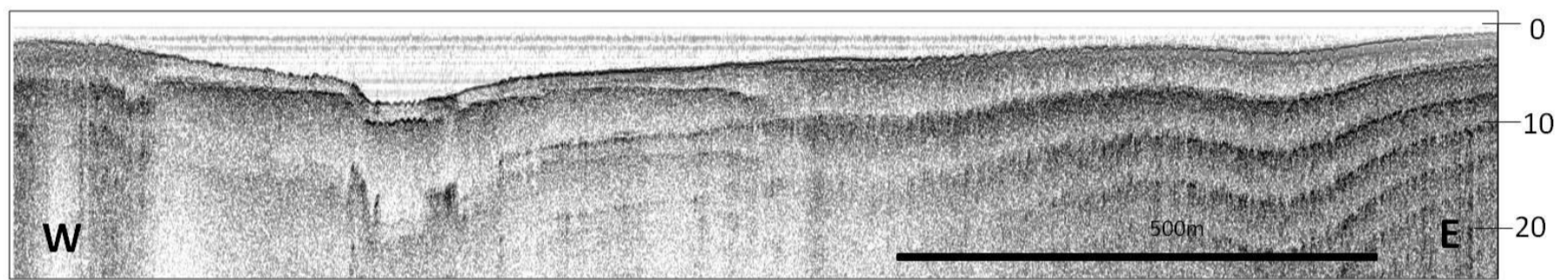
Figura 48- Perfil Sísmico 52- Fonte Boomer

PERFIL 54- STRIKE

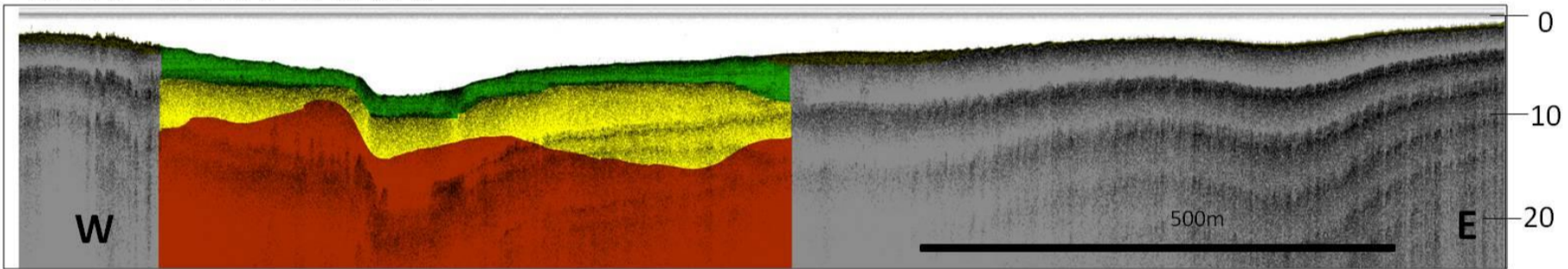
CHIRP 10- 18 kHz



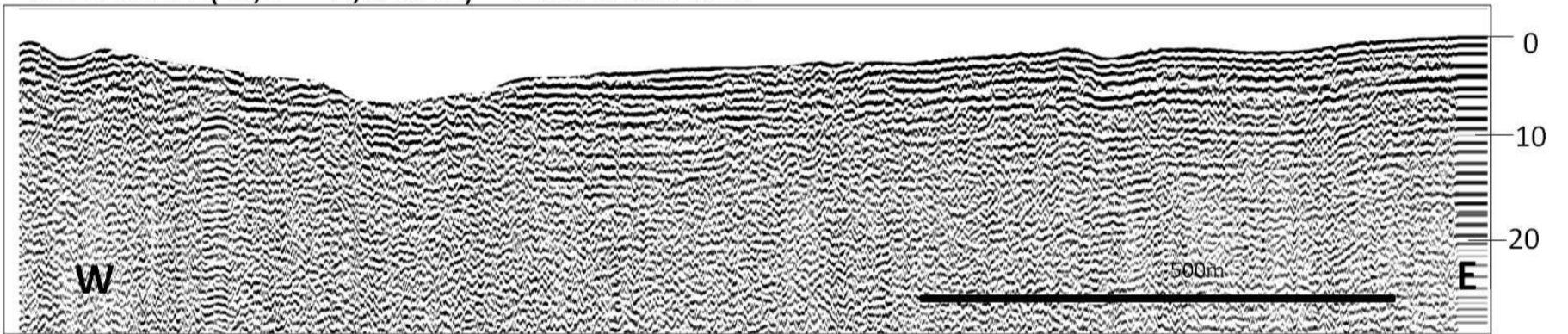
CHIRP 2- 8 kHz



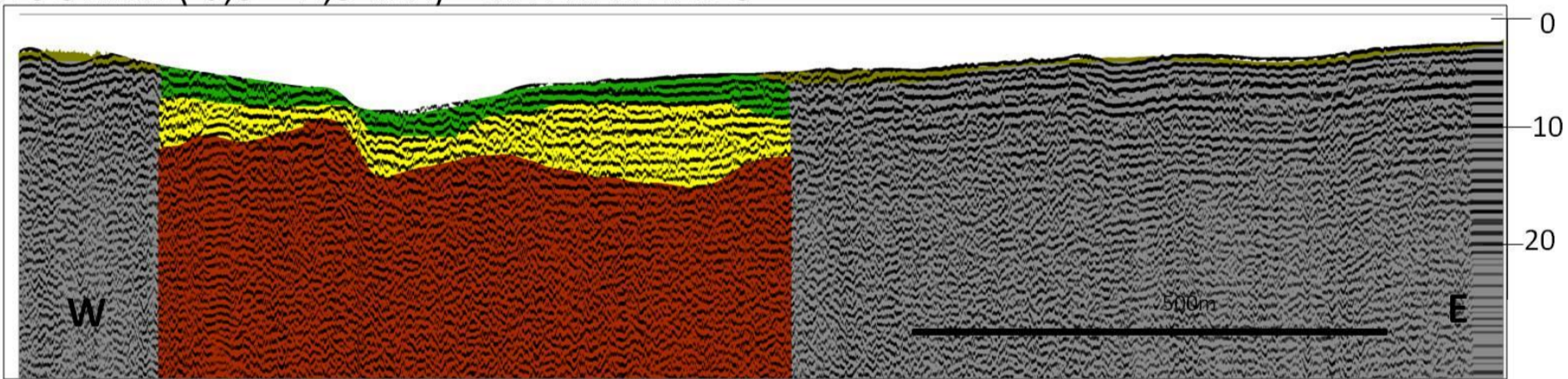
CHIRP INTERPRETADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - PROCESSADO



BOOMER (0,3 – 1,5 kHz) - INTERPRETADO



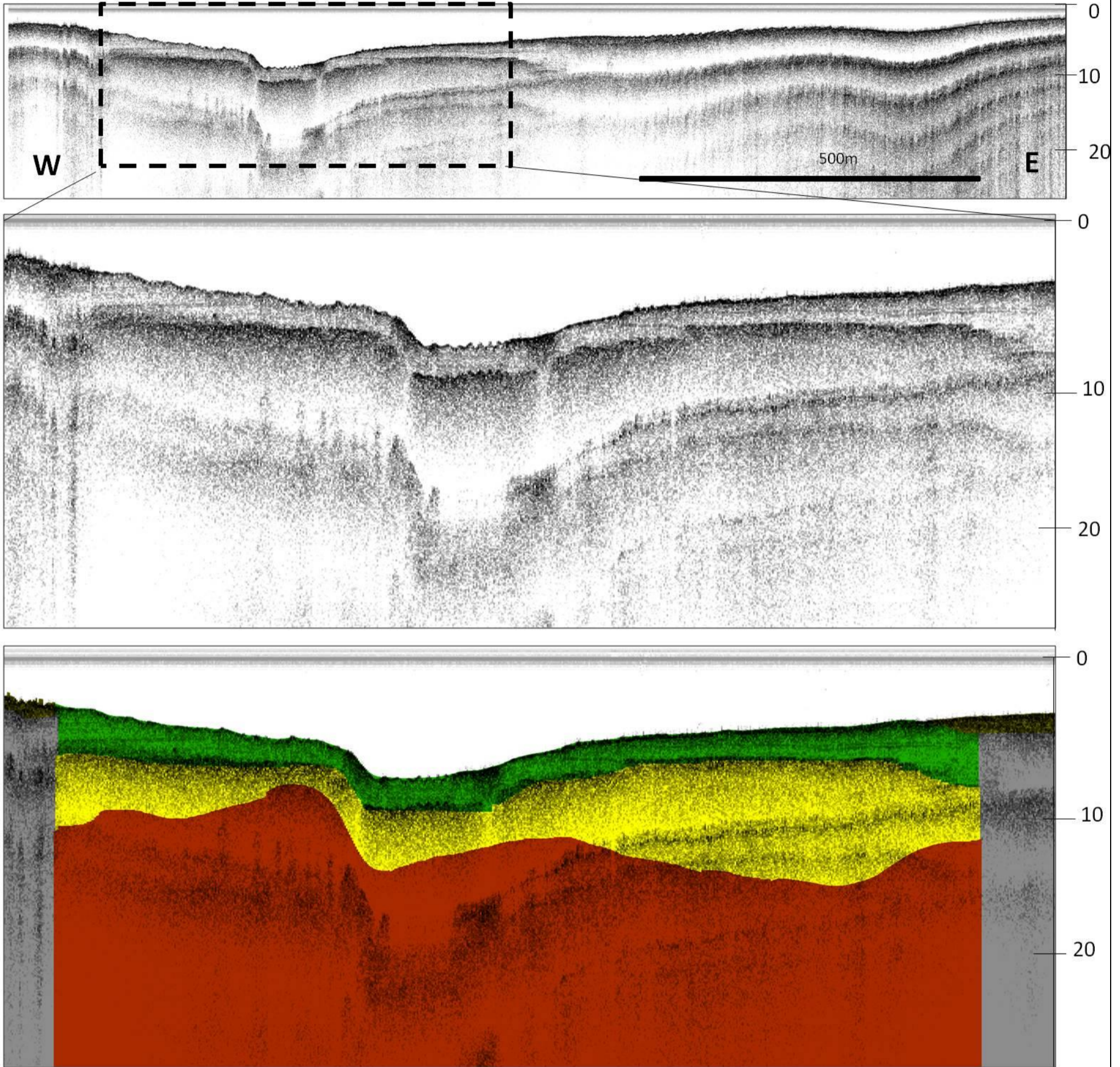
Legenda

Gás	Unidade 2- Pacote Arenoso	Escala Vertical em metros
Embasamento Acústico	Unidade 3- Lama Transparente	
Paleocanal	Unidade 4- Lama Rítmica	
Superfície Erosiva	Unidade 5- Lama Recente	

Figura 49- Perfil Sísmico 54 - Completo

PERFIL 54- STRIKE

CHIRP 10- 18 kHz



Legenda

- Gás
- Embasamento Acústico
- Unidade 2- Pacote Arenoso
- Unidade 3- Lama Transparente
- Unidade 4- Lama Rítmica
- Unidade 5- Lama Recente

Escala Vertical em metros

Figura 50- Perfil Sísmico 54 - Fonte Chirp

4.3 PRODUTOS GERADOS – MAPAS

A análise de mapas é uma importante ferramenta no que diz respeito à compreensão do comportamento do embasamento e dos depocentros de uma área estabelecida. É também de grande valia no processo de tomadas de decisão.

Os mapas apresentados são expressões gráficas dos perfis interpretados, de forma que, os mesmos só possuem valores reais nos locais correspondentes às linhas de sondagem, as demais áreas são estimadas através de processos geoestatísticos de interpolação. O método de interpolação utilizado para geração dos seguintes mapas foi o *Inverse Distance Weight* (IDW), o qual mantém o valor real no ponto adquirido. Foram gerados um total de 6 mapas:

- (i) Mapa Batimétrico;
- (ii) Mapa do Topo do Embasamento Acústico;
- (iii) Mapa de Isópacas do Pacote Arenoso (Unidade 2);
- (iv) Mapa do Topo do Pacote Arenoso;
- (v) Mapa de Isópaca do Pacote Lamoso;
- (vi) Mapa de Isópaca Total

4.3.1 MAPA BATIMÉTRICO

O mapa batimétrico (Figura 51) foi confeccionado a partir dos dados da perfilagem sísmica provenientes da fonte CHIRP de alta frequência, correspondendo ao primeiro contraste de impedância acústica identificado pela fonte. A profundidade máxima foi observada na porção SE do Lago Guaíba, em frente à ponta de Itapuã. (30m de profundidade), corroborando com a Carta Náutica da região. Ao longo do eixo central do lago, existe um canal bem definido, com profundidades variando de 5 a 8 m de profundidade. As áreas mais rasas sondadas foram compreendidas entre 1 e 2 m, estão presentes nas margens do lago em bancos de areia e terraços na porção SW, por exemplo.

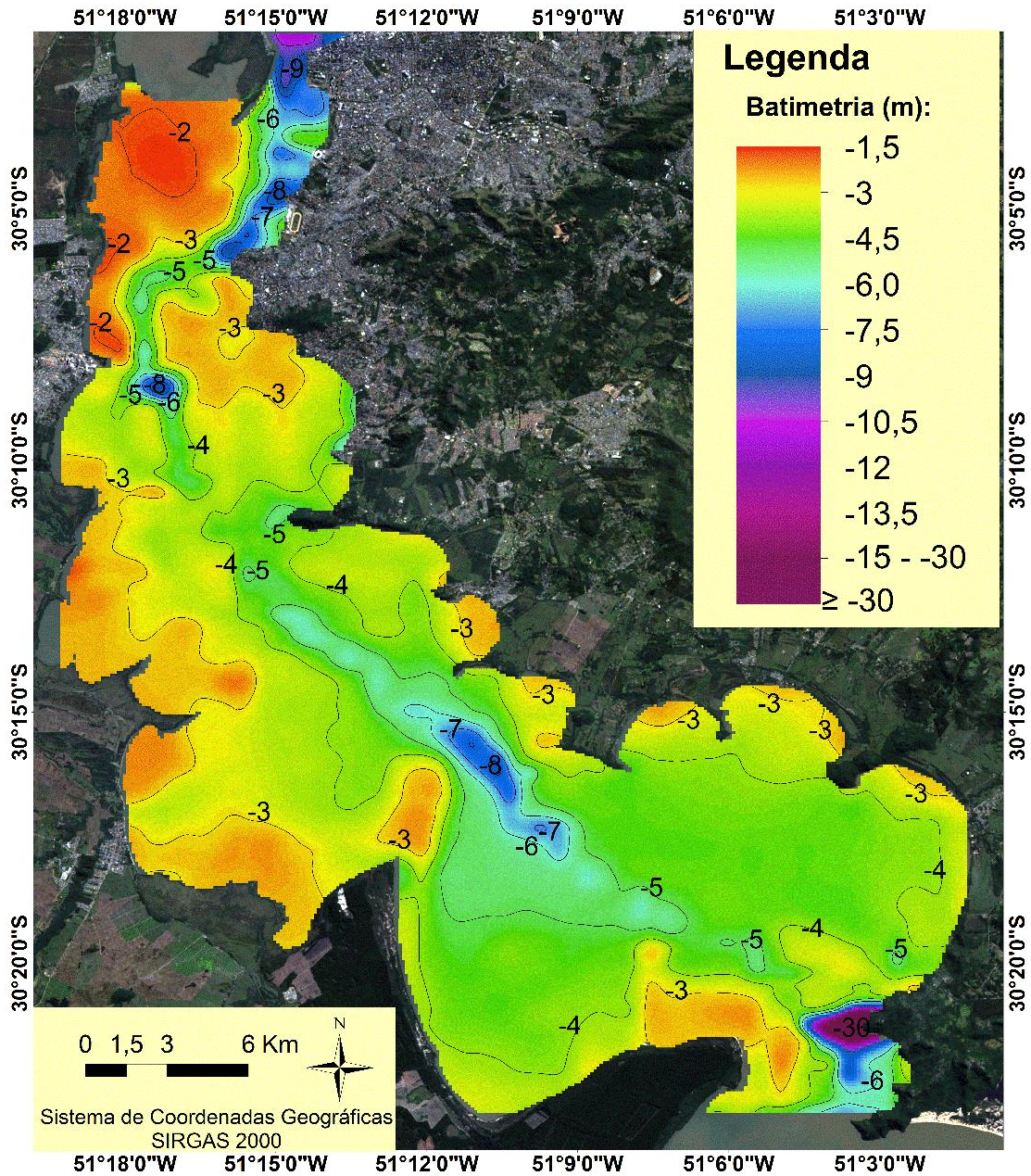


Figura 51- Mapa Batimétrico

4.3.2 MAPA DO TOPO EMBASAMENTO ACÚSTICO

O mapa do topo do embasamento (Figura 52) foi confeccionado através do mapeamento do topo da camada mais basal observada nos perfis sísmicos, por ser a camada limítrofe à penetração do sinal acústico é chamado tecnicamente por embasamento acústico, apresentando profundidades variando de 7 a 90 metros abaixo do fundo. Esta unidade pode ser constituída por diferentes tipos de rochas, a exemplo do *bedrock* (rocha cristalina - observado principalmente nas margens) e rocha sedimentar. Devido a sísmica ser um método indireto, a litologia das respectivas camadas observadas não pode ser confirmada, sendo, portanto, necessárias medidas diretas de sondagem.

A geometria do embasamento apresenta cotas variáveis, aflorando em diversos pontos do Lago como ilhas de rochas cristalinas, e com pontos específicos de grande profundidade a exemplo da desembocadura do lago próximo à Lagoa dos Patos.

De forma geral, o embasamento apresenta as áreas mais rasas nas porções norte, centro-norte, nas margens sudeste e no extremo sul do lago, com profundidades de 7 e 15 m abaixo do substrato. Já as áreas mais profundas estão concentradas nas porções centro-sul e no sul do lago. Na porção norte, a profundidade máxima encontrada foi de 20 m, com médias em torno de 10 m de profundidade. Nessa área, entretanto, como já mencionado anteriormente, existiram algumas limitações na aquisição, principalmente devido à presença de gás no sedimento, impossibilitando a penetrabilidade da onda acústica. Esta mesma limitação foi observada na porção central, onde a presença do gás também é marcante, sendo assim, nestas regiões, esta unidade não pode ser devidamente mapeada. Entretanto, apesar desta limitação, observaram-se, profundidades variando de 30-40 m nas áreas das margens. Na porção mais a sul do lago, o embasamento também se encontra raso, com destaque à região próximo à ponta de Itapuã, ilha das pombas, e na margem sudeste próximo a vila de Itapuã, com embasamento em torno de -10 m, refletindo a heterogeneidade na geometria do mesmo.

As maiores profundidades do embasamento foram observadas na margem oeste da região centro-sul (90m de profundidade), este se caracterizou como um grande depocentro para a Unidade 2. Ainda, este local está associado a rede hidrográfica da região podendo estar associado a algum controle estrutural do embasamento rochoso cristalino. Também nesta mesma área, profundidade média observada é de 40 m e as mínimas entre de 15 e 20 m de prof. Ressalta-se que grandes profundidades também foram observadas em frente e próximo ao Farol de Itapuã, com aproximadamente 80 m de profundidade. Este local especificamente ainda se mantém registrado na Carta Náutica da região, podendo representar uma herança do controle estrutural na região.

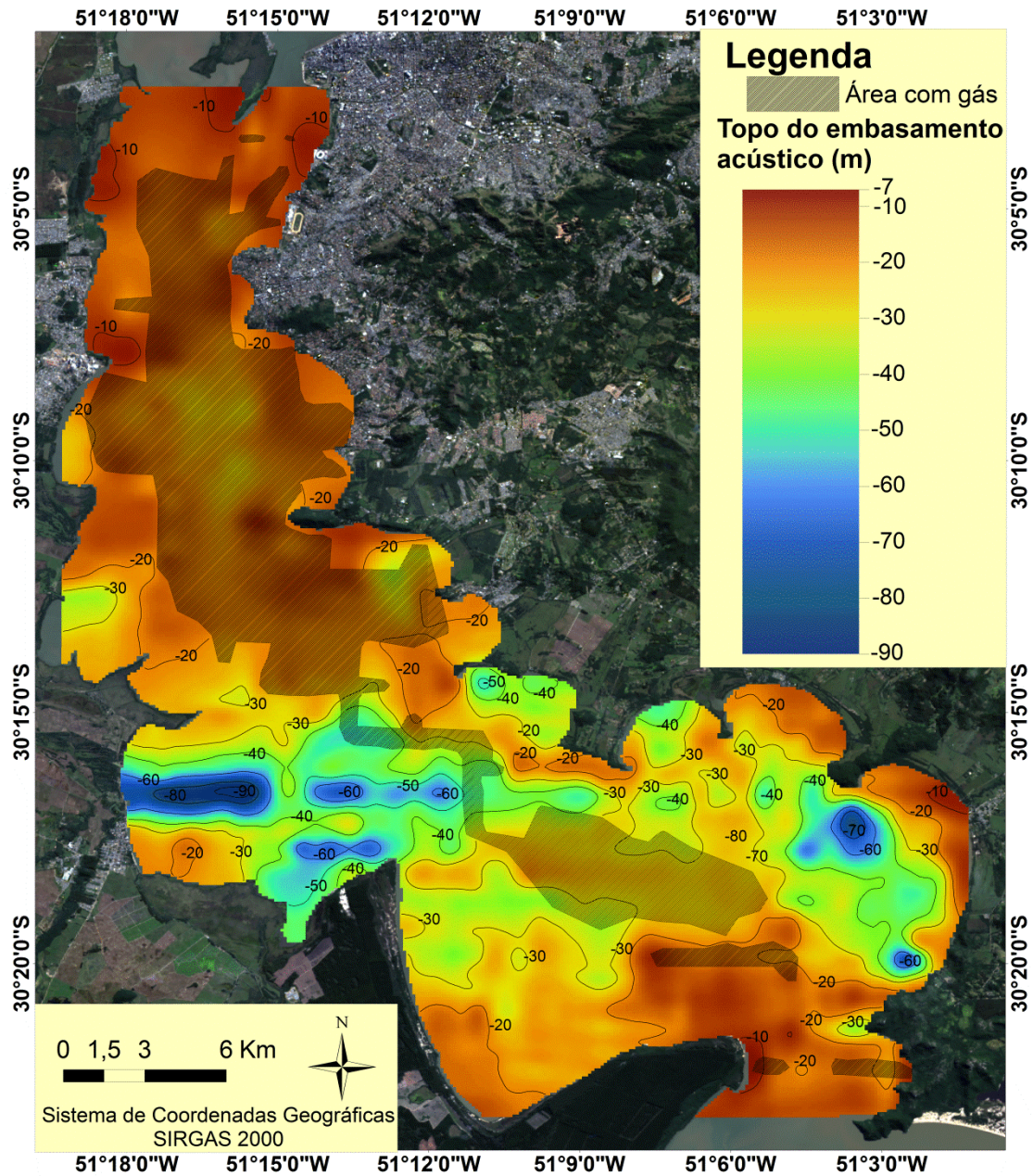


Figura 52- Topo do Embasamento Acústico

4.3.3 MAPA DE ISÓPACA UNIDADE 2- PACOTE DE AREIA

A espessura da Unidade 2 - Pacote Arenoso (isópaca de areia) (Figura 53) foi feito pela subtração do topo da camada da Unidade 2 pelo topo da Unidade 1 (Embasamento Acústico). Esta unidade se depositou predominantemente sobre o embasamento, com espessuras variando entre 2 a 90 m, sendo, portanto, diretamente relacionada com a geometria do embasamento acústico. As maiores espessuras desta unidade estão concentradas principalmente na região centro-sudoeste (variando de 26 a 90 m), devido ao depocentro gerado pelo embasamento profundo. Outro grande acúmulo desse pacote é visto na porção sudeste do lago, nesta área o embasamento acústico também é profundo.

As menores espessuras (2-8 m e 8-14 m) foram encontradas nas margens onde o embasamento acústico é raso (região norte, margens do extremo sul e sudeste), e em parte de onde havia a presença do paleo-canal, citado anteriormente. A presença do gás novamente impossibilitou de ver a espessura dessa camada ao longo de parte do eixo do canal principal.

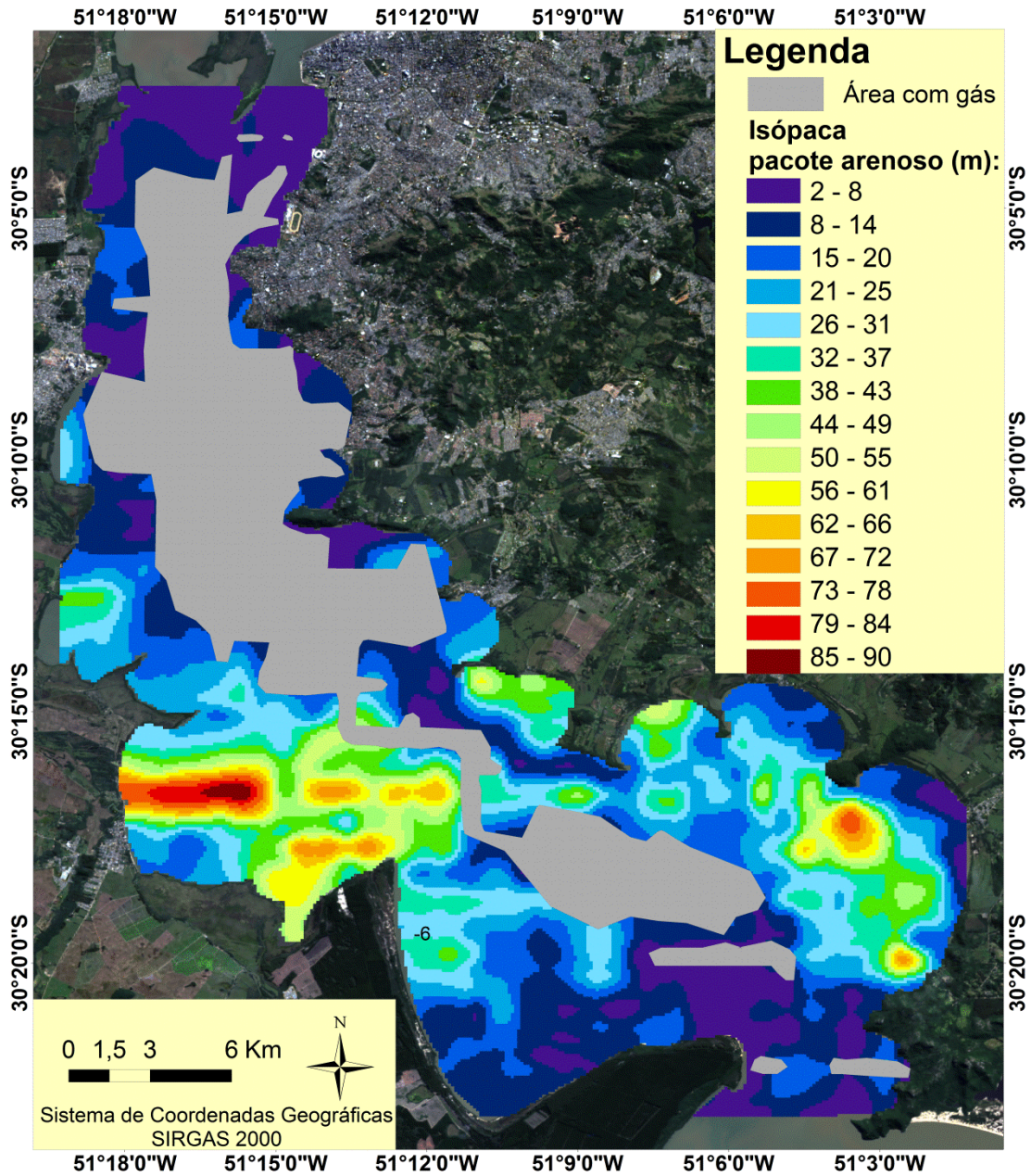


Figura 53- Mapa de Isópaca da Unidade 2

4.3.4 MAPA DO TOPO DO PACOTE ARENOSO

O topo do pacote arenoso (Figura 54) apresentou profundidades variando de 2 a 30 metros, com uma geometria bastante irregular e com diversos paleocanais observados nos perfis adquiridos. Neste contexto, o topo desta unidade foi definido como uma superfície de discordância erosiva devido ao caráter recortado do mesmo.

As áreas onde o topo desta unidade é raso são localizadas nas margens e em alguns bancos e terraços arenosos, estes por sua vez se estendem da margem até o centro do lago, com destaque a porção centro-sudeste, onde um grande terraço é observado próximo à Ponta do Salgado. A área onde o topo é mais profundo, coincide com a atual depressão observada em frente a ponta de Itapuã, com cerca de 30m de profundidade.

Ao longo do eixo do lago, a profundidade média do topo do Pacote Arenoso é cerca de 14 m. Também, observa-se a presença de um antigo canal que aparentemente se bifurcava do eixo do canal principal e fluía para sul, onde atualmente é a Ponta da Faxina. Esse paleocanal possuía aproximadamente 2 a 3 km de largura, podendo estar associado à uma paleo-desembocadura do Lago Guaíba. Esse canal foi posteriormente soterrado por sedimentos lamosos da Unidade 3.

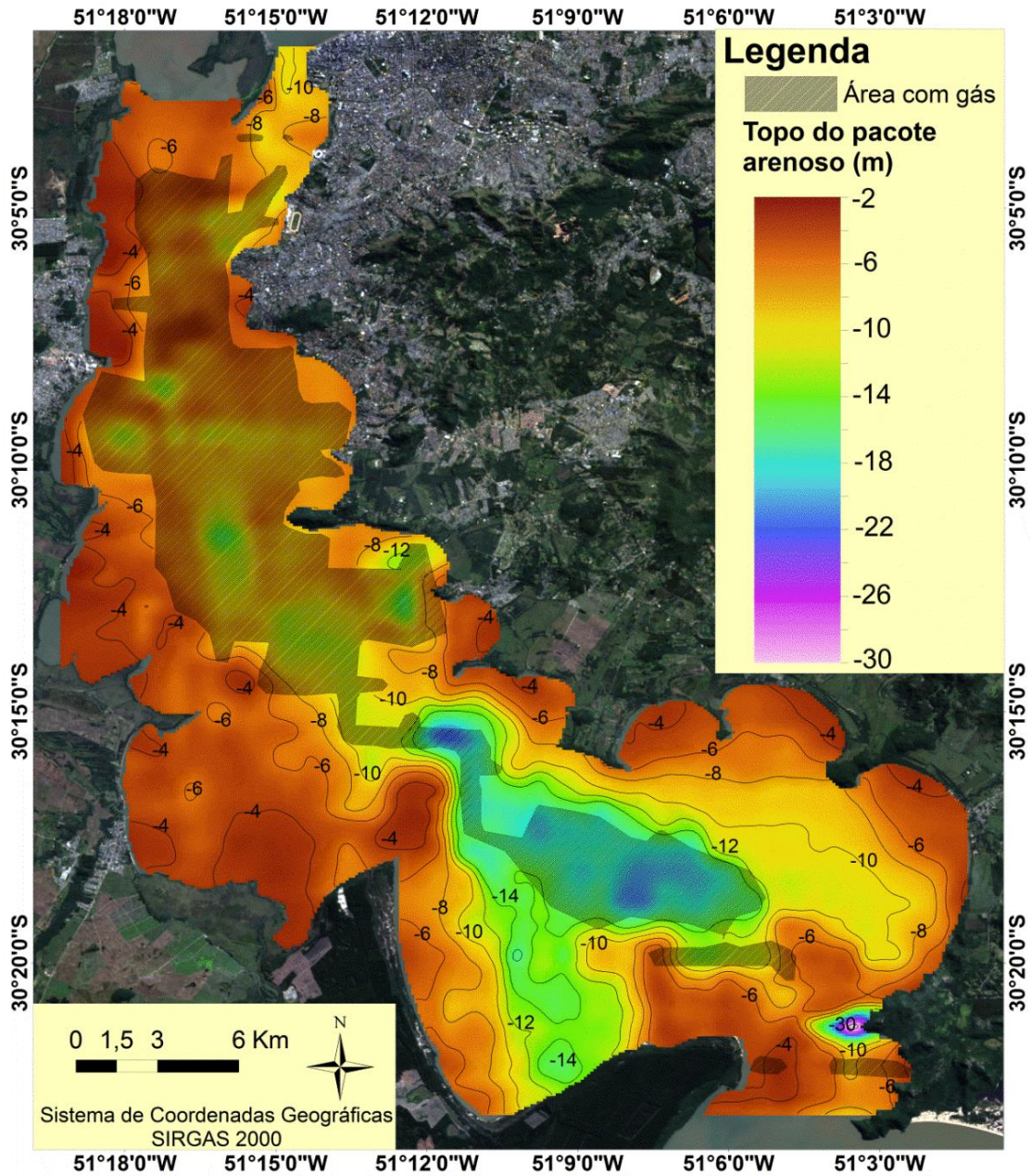


Figura 54 - Mapa do Topo do Pacote Sedimentar

4.3.5 MAPA DE ISÓPACAS DO PACOTE LAMOSO TOTAL

Os pacotes de lama foram mapeados principalmente através das fontes Chirp de alta e baixa frequência, já que estas fontes apresentam boa penetrabilidade em sedimentos lamosos. A espessura do pacote lamoso foi calculada, abrangendo as camadas de lama recente, rítmica e transparente, e calculada pela subtração do topo da cama lamosa pelo topo da superfície do pacote arenoso.

O pacote de lama total (Figura 55) apresenta-se predominante em quase totalidade da região do lago, refletindo o atual ambiente deposicional. As menores espessuras de lama variaram de camadas de 0,15 m a 1,0 m de espessura e foram observadas nas margens do lago, próximo aos promontórios, nos locais onde o topo do pacote arenoso é raso e há a predominância de sedimentos grosseiros. As maiores concentrações de lama, por sua vez, foram observadas região central do lago, com espessuras de até 16 m. Estas concentrações ocorreram principalmente ao longo do canal atual principal, e ao longo do paleocanal formado sobre o pacote arenoso. Junto ao pacote de lama (geralmente Lama Rítmica), observa-se uma tendência de acúmulo de gás, estando este mais presente nos locais de maior espessura desta camada, podendo estar associado ao acúmulo de matéria orgânica e natureza selante do próprio sedimento. Devido à presença massiva de gás no eixo do canal, a observação desta unidade nestes locais foi comprometida, e suas espessuras não puderam ser visualizadas.

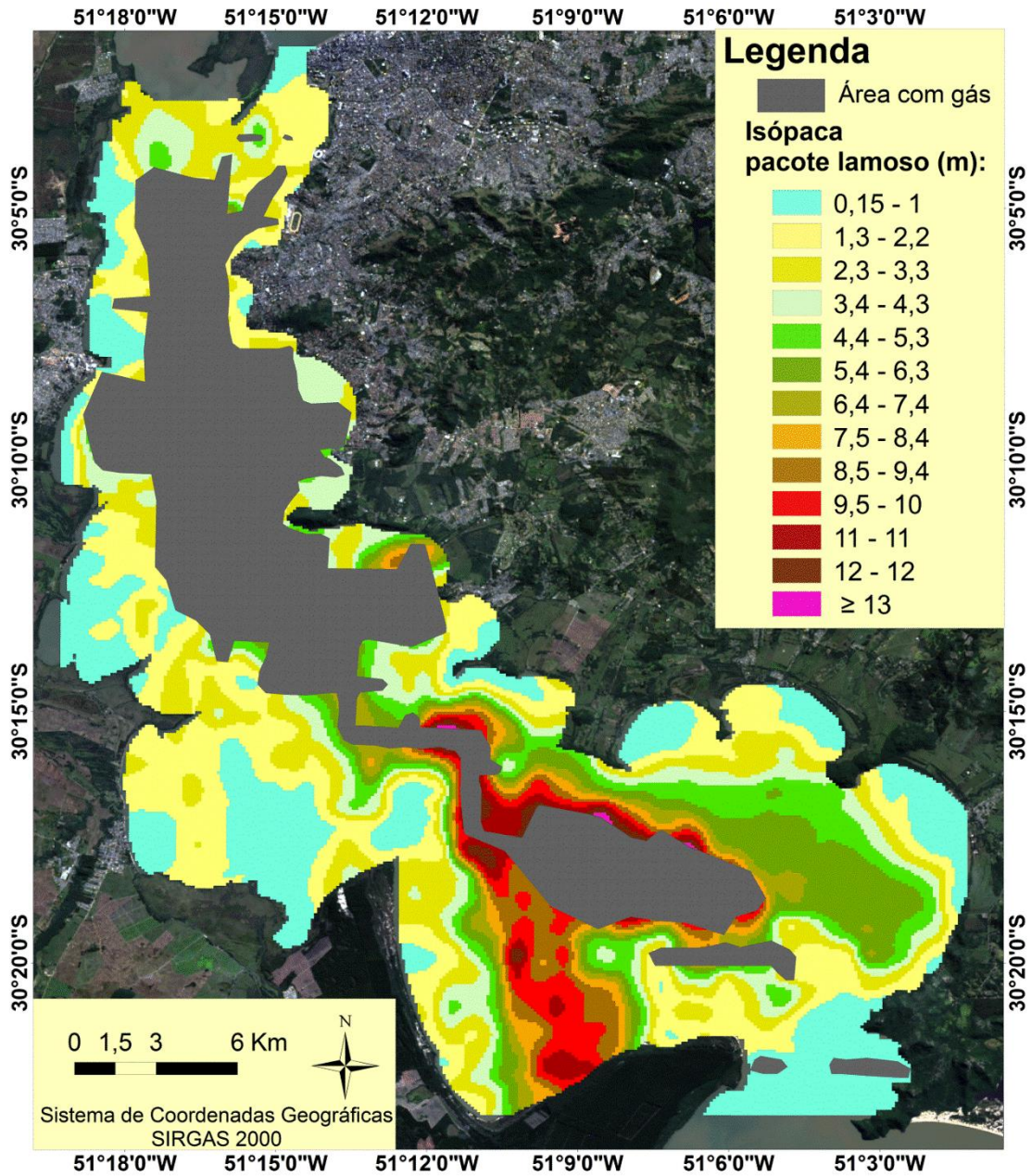


Figura 55 - Mapa de Isópacas de Lama Total

4.3.6 MAPA DE ISOPACA TOTAL

O total de sedimentos depositado no Lago Guaíba (Figura 56), corresponde a soma das Unidades 2, Unidades 3 e Unidade 4, a fim de se obter uma estimativa da quantidade de sedimentos totais depositados sobre o Embasamento Acústico.

Neste contexto, observa-se que as menores espessuras estão localizadas na região norte, enquanto que as maiores espessuras se localizam na região sul. De forma geral a deposição de todo o pacote sedimentar acompanha a geometria do embasamento acústico, o qual se mostrou como principal regulador para os depocentros do lago. Ainda, destacam-se as regiões com espessuras da ordem de 90m que coincidem com as regiões onde o embasamento é mais profundo. Também, vale ressaltar, que grande parte dos sedimentos totais observados nos perfis sísmicos corresponde a Unidade 2 (Pacote Arenoso), o qual está depositado abaixo da camada de lama. Esta unidade apresenta espessuras da ordem de 2 a 90 m, podendo estar presente na forma de sedimentos inconsolidados, ou na forma de rocha sedimentar. A camada de lama por sua vez, ocorre em quase totalidade da superfície do lago, ora como lama recente (fina camada de lama), ora como lama rítmica ou transparente. Esta apresenta espessuras da ordem de 2 a 14 m, sendo as maiores espessuras observadas próximo aos paleocanais, e ao canal atual do lago. Apesar das unidades de lama apresentar valores muito inferiores ao pacote arenoso, aparentemente esta litologia predomina no atual ambiente sedimentar lacustre, sendo o pacote arenoso um sedimento relíquia, podendo estar na forma de sedimento inconsolidado ou de rocha sedimentar.

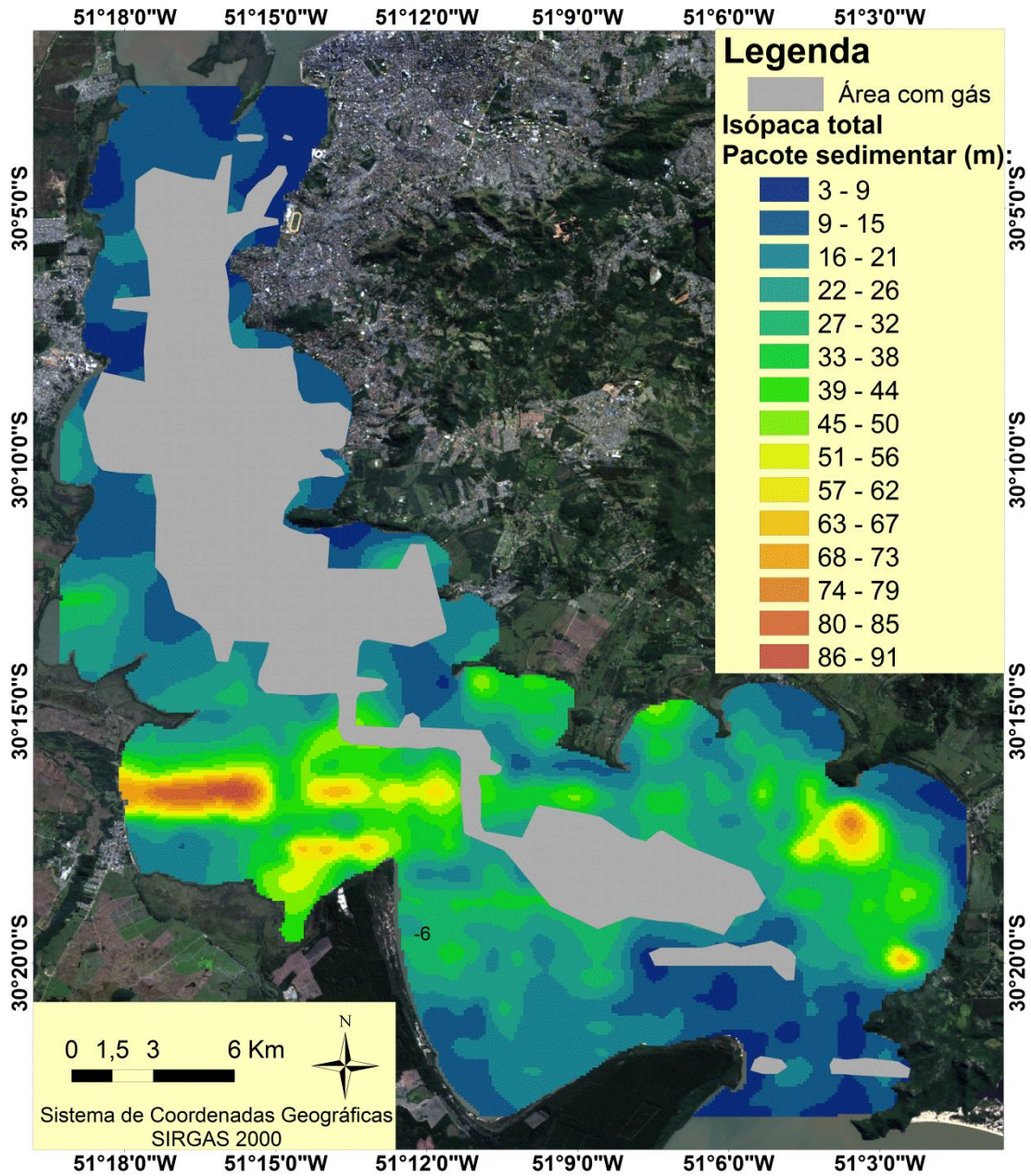


Figura 56 - Mapa de Isópacas Totais

5- DISCUSSÃO, CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.

5.1 DISCUSSÃO

A litologia do entorno do Lago Guaíba apresenta variações de norte a sul (Figura 1), com a maior ocorrência de rochas cristalinas a norte, principalmente na cidade de Porto Alegre. As margens de ambos os lados, nesta região, apresentam a ocorrência de rochas graníticas situadas em pontais rochosos. Este embasamento também foi observado nos perfis em *boomer* (Perfil 50), em profundidades mais rasas de cerca de 20 m abaixo do nível atual, mostrando a influência desta zona de sutura.

As rochas cristalinas do Escudo Sul-Rio-grandense estão mais concentradas, portanto, na porção norte e centro –norte do Guaíba, diminuindo sua expressão para sul, onde prevalecem como cristais graníticas na margem leste. Por isso talvez, o fato de o topo do embasamento acústico ser mais raso na porção norte, visto se encontrar sobre influência da zona de sutura de Porto Alegre.

Quanto aos depósitos sedimentares, estes estão presentes em todas as regiões, com maior expressão na porção sul/sudoeste do Guaíba, e, principalmente em toda margem oeste do Lago. Os depósitos de planície lagunar, constituem o tipo predominante nas margens do Guaíba, seguidos dos depósitos eólicos e dos coluviais-aluviais.

VARIAÇÃO LITOLÓGICA NORTE A SUL (SUBSTRATO DO GUAÍBA)

Os dados mostraram que o Lago Guaíba exibe um fundo mais arenoso nas porções mais proximais do delta do rio Jacuí ao norte, se tornando gradativamente mais lamoso em direção ao baixo-curso do canal, nas porções mais centrais do lago. A porção centro-sul e sul do lago Guaíba tendem a exibir um caráter mais lamoso, com a ocorrência dos sedimentos arenosos mais restrita as margens do lago. Por vezes estes sedimentos arenosos se apresentam cobertos por uma película delgada de lama. No extremo Sul, já nas redondezas da Ponta de Itapuã, o sedimento do fundo lacustre tende a

apresentar um comportamento novamente mais arenoso, com ocorrência de *sandwaves*.

VISÃO GERAL DAS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS MAPEADAS

As seis unidades estratigráficas mapeadas em subsuperfície do fundo lacustre do Guaíba, indicam diferentes eventos deposicionais associadas possivelmente a evolução quaternária do Guaíba (MENEGAT et al., 1999). Com exceção da Unidade 1 (Embasamento Acústico), referente a uma litologia de rocha (sedimentar ou cristalina) de idade mais antiga, e da Unidade 6 referente a dispersão de Gás no ambiente estudado.

UNIDADE 1 – EMBASAMENTO ACÚSTICO

Com relação a interpretação da Unidade 1, obteve certa dificuldade quanto à diferenciação da sua natureza litológica, já que por vezes ela se aparentava sedimentar e em outras cristalina. Sendo assim, preferiu-se indicá-la como unidade mais basal encontrada, ou embasamento acústico.

Nas porções norte e centro-norte do Lago, devido à grande presença de gás, não foi possível obter um bom mapeamento dessa unidade, sendo ela observada apenas nas margens. Nessas áreas o embasamento apresentou-se raso, e sua composição pode ser referente às rochas graníticas, já que, principalmente na região norte, se mostra relacionada com o prolongamento da sutura de Porto Alegre (Figura 57).

A região oeste/centro-oeste do lago foi a que o embasamento mostrou-se em maiores profundidades, favorecendo posteriormente um maior acúmulo de sedimento. Especificamente o perfil 30, ilustra bastante o porquê que o embasamento é tão profundo nessa região. A composição do embasamento acústico nessa região por vezes mostrou-se cristalino (ex: perfil 30), mas acredita-se que não seja assim de forma geral, já que o “escudo cristalino encontra-se um pouco afastado da área (Figura 57). Supõe-se que essas porções mais profundas do embasamento podem ser resposta de processos erosivos de antigas redes de drenagens do Arroio do Ribeiro e do Arroio Araçá, já que apresentam-se com alinhamento nessa direção (Figura 57). Estes antigos

vaes, foram posteriormente preenchidos pelo pacote arenoso, conforme é visualizado no mapa de Isópaca da Unidade 2.

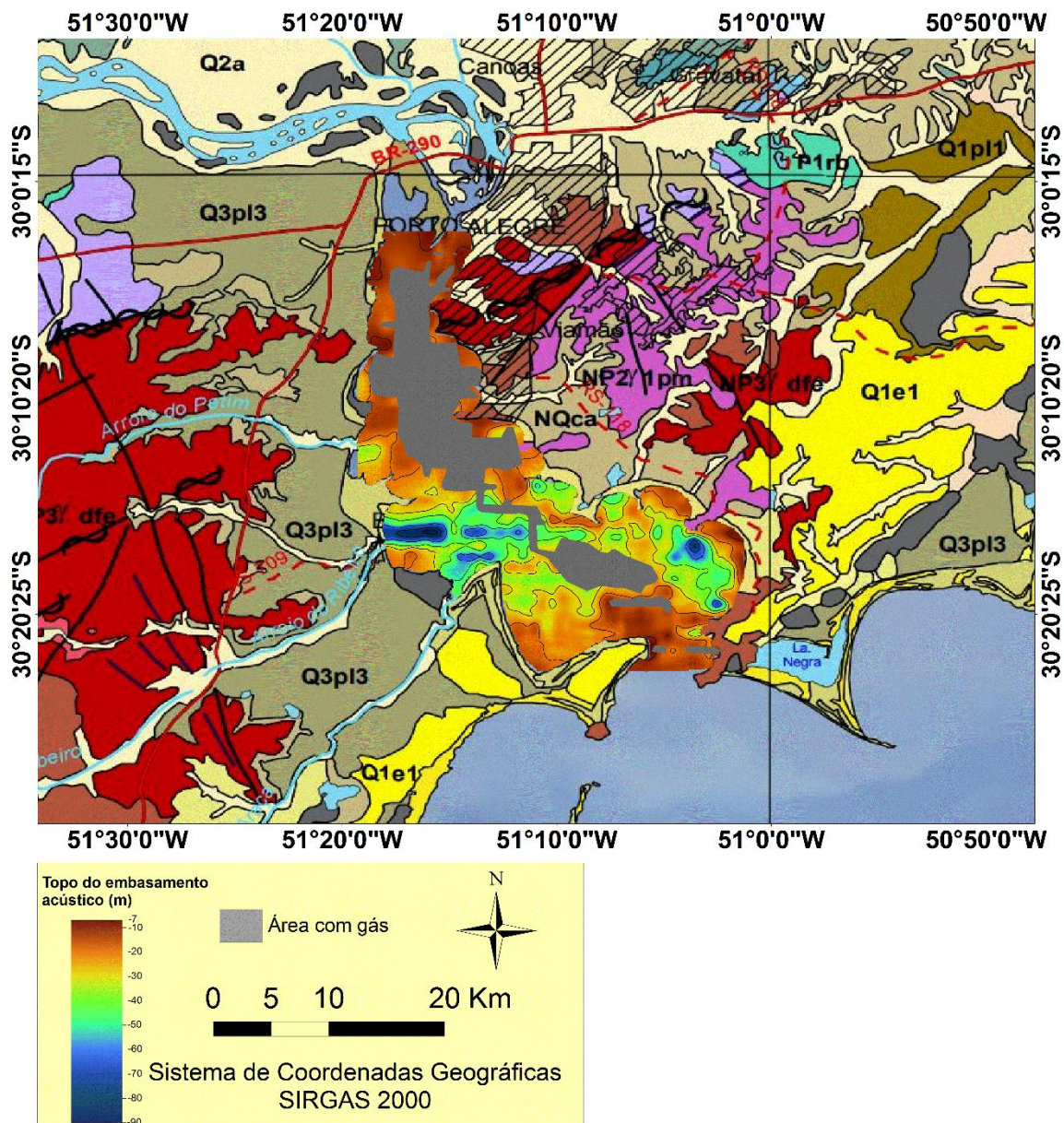


Figura 57 - Mapa Geológico (Modificado CPRM,2006) e Topo do Embasamento Acústico.

Acredita-se que nas porções centro-sul, sul e sudoeste do lago, o embasamento cristalino possa estar em grandes profundidades, não sendo possível seu mapeamento nesse trabalho. Entretanto, Unidade 1 (embasamento acústico) nessas regiões pode ser composto por rochas sedimentares, talvez pertencentes

à porção mais interna da sequência sedimentar da Bacia de Pelotas, conforme ilustrações abordadas por Menegat et al. (1999) no Atlas Ambiental de Porto Alegre (Figura 58).

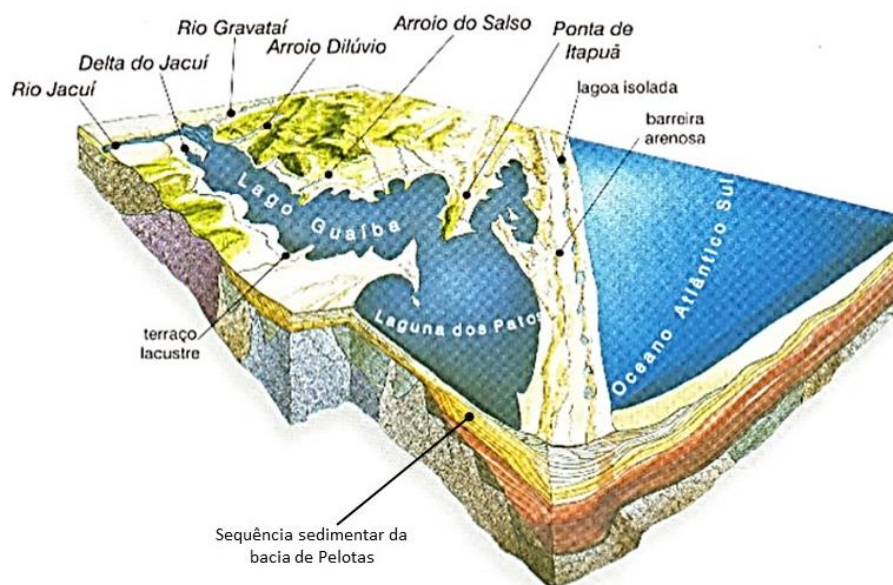


Figura 58 – Destaque para os estratos sedimentares mais internos da bacia de pelotas sobrejacentes ao Lago Guaíba

(Modificado de Menegat et al., 1999).

UNIDADE 2 – PACOTE ARENOSO

A unidade 2 (Pacote Arenoso) sobrejacente a unidade 1, apresenta-se por toda a extensão do lago, correspondendo a unidade de maior espessura dos depósitos sedimentares. As maiores espessuras dessa unidade são justamente nas porções onde o embasamento se encontra em maiores profundidades.

O pacote arenoso ocorre praticamente aflorante nas margens do lago, além de terraços e extensões de bancos de areia nas porções Centro-SW e Sul respectivamente. Essa unidade, quando muito rasa (quase aflorando) apresenta-se por vezes recoberta por fina e delgada cobertura lamosa.

As maiores profundidades registradas pela unidade 2 foram na porção centro-sul, associada a pré-existência de antigos canais na região. É justamente sobre

essas áreas de maior profundidade onde se depositaram as maiores camadas de lama, como pode ser observado na Figura 55 - Mapa de Isópacas de Lama Total No extremo sul do lago, já nos entornos da Ponta de Itapuã, o fundo lacustre do Guaíba torna-se novamente mais arenoso, aparentemente em decorrência do aumento da energia hidrodinâmica.

Ao compararmos o mapa de isópaca do pacote arenoso (Figura 53) com o mapa geológico da região, verifica-se que a maior acumulação de areias na porção centro-sul do Lago está associada a desembocadura de rios em sua margem oeste, como o Arroio do Patim, Arroio do Ribeiro e o Arroio Araça (Figura 59). Estes rios percorrem em seu baixo-curso depósitos de planície lagunar, de textura areno-siltosa (CPRM, 2006), os quais são diretamente transportados para o Guaíba, resultando nas maiores acumulações visualizadas na margem oeste. Também, as grandes espessuras de sedimentos arenosos observados nesta área, podem ser associados a períodos transgressivos, onde o lago apresentava características marinhas, sendo estes, portanto de origem fluvial e de origem marinha em períodos transgressivos.

Nota-se um alinhamento com maiores espessuras do pacote arenoso na margem leste da porção sul (Figura 59), entre a Ponta do Arado e a Ponta de Itapuã (Figura 03.). Este alinhamento pode ser um registro remanescente de uma antiga drenagem esculpida sobre o embasamento mapeado (Figura 52), e, preenchida posteriormente pelos sedimentos arenosos.

A ausência de espessuras significativas na porção norte do Guaíba pode ser explicada pela retenção parcial dos sedimentos ao longo do delta do Rio Jacuí, sem a presença de outros cursos d'água importantes transportando sedimentos para suas margens. Sabe-se também, que a porção norte do Guaíba é truncada pela zona de sutura de Porto Alegre (MENEGAT et al., 1999) composta por cristas e morros graníticos que fornecem menos sedimentos arenosos do que os depósitos Terci-Quaternários vizinhos. Estes depósitos são mais abundantes nas margens da porção centro-sul do Lago, o que corrobora nas maiores acumulações arenosas nestas regiões.

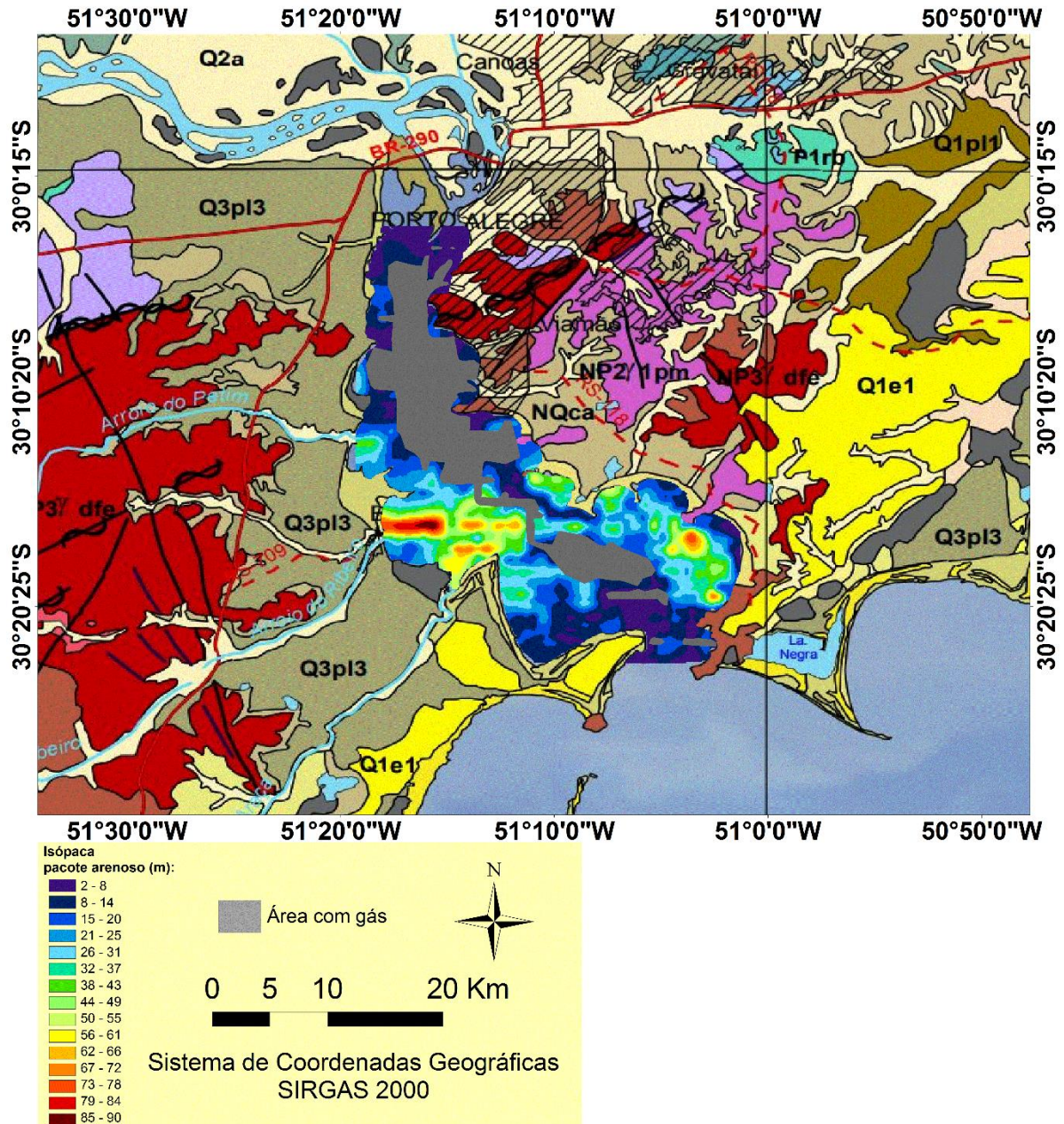


Figura 59- Mapa Geológico (Modificado CPRM,2006) e Isópaca da Unidade 2.

UNIDADES 3, 4 E 5 (PACOTE LAMOSO)

A unidade 3, referida no trabalho como lama transparente é um pacote lamoso presente principalmente na porção sul do lago, principalmente no extremo SW, e não muito aparente na porção norte (Figura 60). Em sua maior parte ela está sobreposta à camada do pacote arenoso, havendo uma tendência de “mescla” das duas camadas em direção a margem, ficando difícil a separação entre as mesmas. Esta unidade constitui um evento de preenchimento dos paleocanais

esculpido no topo do pacote arenoso. Seu caráter homogêneo reflete uma deposição muito lenta, e não episódica, diferentemente da Unidade 4. Devido à presença de feições erosivas no topo desta unidade, com o registro de pequenos paleocanais isolados, infere-se que a mesma pode ter sido erodida nas outras partes do Guaíba, e, por isso, não foi visualizada em toda extensão do lago.

Já a camada 4 (lama rítmica) é vista em sua maior totalidade, sendo mais concêntrica na região do canal principal (Figura 60). Ela se sobrepõe à camada 3 ou pacote arenoso, se mostrando como um depósito mais recente, coincidente com o canal atual. Suas laminações rítmicas indicam a sedimentação episódica recente que rege no sistema lacustre atual. Representando os diferentes períodos de cheias e secas. Estima-se que estas laminações foram depositadas por decantação também, sob taxas de sedimentação bem elevadas. Supõe-se aqui, que essas intercalações lateralmente, são também em resposta das variações de energia que acontece no lago, tanto de ondulações nas margens quanto nas descargas fluviais. É principalmente nessa camada onde ocorre a maior concentração de gás (Unidade 6), por vezes em pequena camada superficial, por vezes aprisionado nessas lentes rítmicas, indicando grandes concentrações de matéria orgânica.

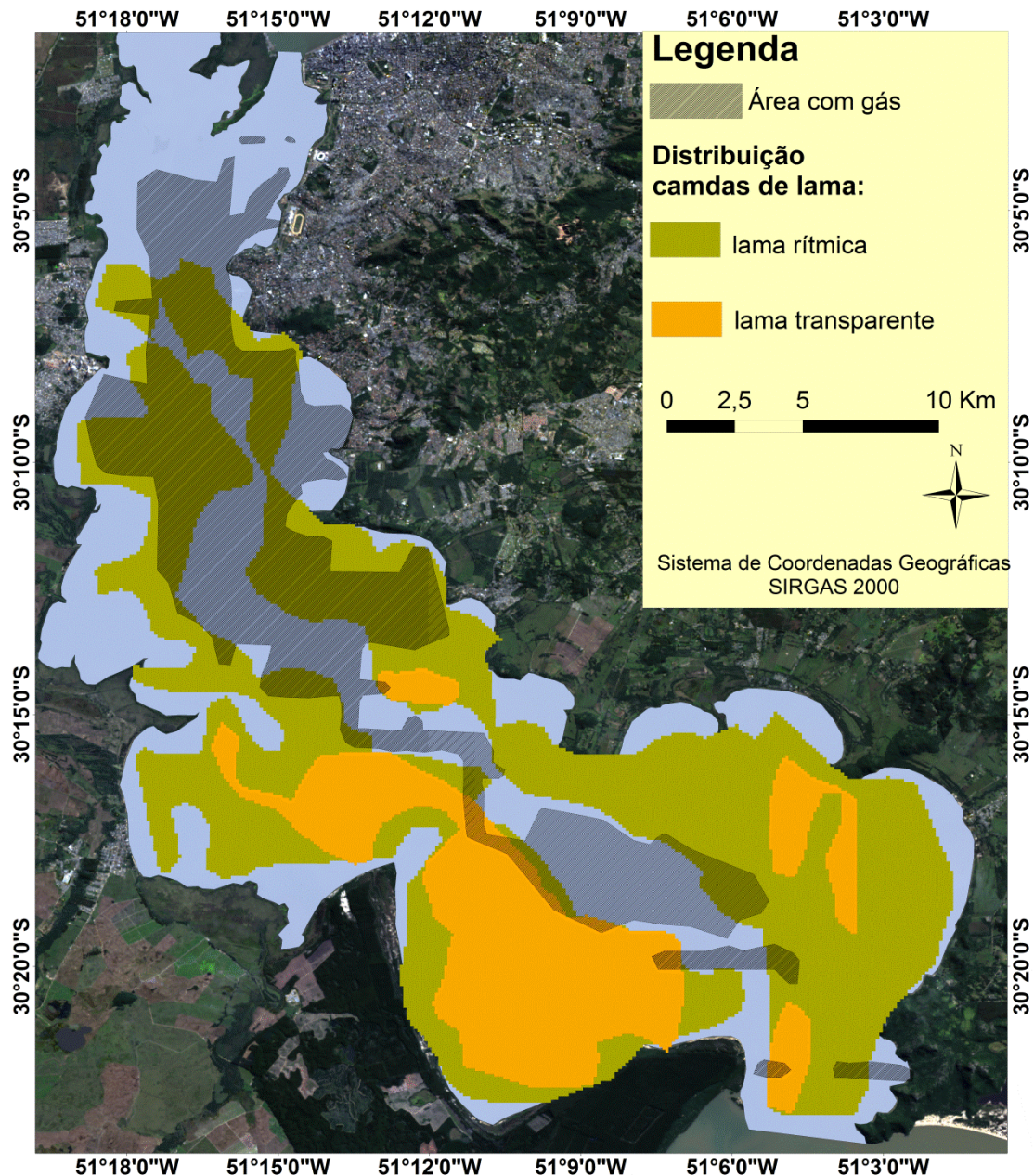


Figura 60 – Distribuição das camadas camadas de lama rítmica e transparente (UNIDADES 3 E 4)

Já a camada 5 (lama superficial) é a fina camada de lama que aparentemente recobre todo o lago atualmente. Ela não é observada em algumas porções concêntricas do canal atual, onde a lama rítmica ainda aflora.

A partir disso, verifica-se que o sedimento superficial ilustra bem a dinâmica energética da região, prevalecendo sedimentos arenosos e mais grosseiros nas regiões de maior influência da ação das ondas e outras correntes, como nas

margens do lago, onde exibem menor coluna d'água, como também nas bordas do canal atual, formando terraços arenosos. Já os sedimentos finos, silto-argilosos, prevalecem no centro do canal, onde já afirmado por Nicoloid (2010), estima-se que a energia de transporte seja menor, prevalecendo a deposição.

Desta forma, o Guaíba apresenta um padrão deposicional típico de um ambiente lacustrino siliciclástico (Neuman et al., 2008), com a ocorrência de sedimentos finos no centro e sedimentos de maior granulometria em suas bordas. Porém, segundo (Bachi et al., 2001), o Lago Guaíba apresenta um fluxo de escoamento (Guaíba – Laguna dos Patos) que mobiliza boa parte destes sedimentos para a Laguna dos Patos.

Vale ressaltar, que o resultado obtido neste relatório se mostra diferente de estudos anteriores, como Bachi et al. (2001), onde os sedimentos arenosos aflorantes nas margens não apresentam uma cobertura lamosa, a qual teria sido removida por ressuspensão dos sedimentos finos sob influência da ação das ondas. No entanto, como visto no método da sísmica rasa, pode-se verificar a presença de uma “capa lamosa” sobrejacente a maioria deste pacote arenoso aflorante no fundo lacustre. A partir disso, considera-se que esta lama representaria uma deposição mais recente (Unidade 5) acumulada por decantação, contraditoriamente do que afirmado por Bachi et al. (2001). Acredita-se que a deposição desta lama dependerá das condições hidrodinâmicas local, visto como ela não é encontrada de forma contínua por toda extensão do lago.

Quanto as superfícies de discordância erosiva, três se destacam:

- (I) O topo do Embasamento Acústico corresponde uma discordância litológica e erosiva, visto como exibe vários paleocanais e outras feições truncadas.
- (II) O topo da Unidade 2 (Pacote Arenoso) corresponde uma discordância erosiva, com o registro de vários paleocanais de maior magnitude, e também pela mudança abrupta do pacote arenoso para o pacote lamoso da unidade sobrejacente. Sendo possivelmente formada durante algum evento de regressão marinha.

- (III) O topo da Unidade 3 (Lama Transparente) corresponde a uma superfície com feições erosivas de menor proporção, com paleocanais menores e isolados, indicando uma mudança no padrão deposicional das camadas lamosas, de homogênea para rítmica.

5.2 CONCLUSÕES

O mapeamento sísmico realizado no Lago Guaíba forneceu informações importantes e inéditas quanto a classificação textural dos sedimentos em subsuperfície do fundo lacustre. Nos últimos anos, a superfície de fundo do Lago Guaíba havia sido estudada e amostrada para específicas finalidades, como por exemplo, para a exploração comercial e dragagem de sedimentos. No entanto, pouco se sabia ainda sobre o comportamento das unidades litotípicas sobrejacentes ao fundo lacustre, e sobre sua distribuição espacial em uma escala de detalhe. A metodologia aplicada da sísmica rasa forneceu, portanto, uma importante ferramenta para gerar informações indiretas de sedimentos de subsuperfície numa resolução de até 0,30 m, determinando diferentes tipos de laminações, pacotes sedimentares e eventos geológicos.

As unidades mapeadas aflorantes no fundo lacustre, coincidiram, em sua maioria, com as previamente citadas na bibliografia. As porções centrais do lago, ao longo do eixo do canal principal, coincidem com a deposição de sedimentos mais lamosos, indicando um caráter mais deposicional como já citado por Nicoloid (2010) (Fig. 3). Enquanto que em direção as margens do lago, estes sedimentos tendem a mostrar uma mistura textural (areia + lama) lateralmente, indicando um padrão transicional de energia das correntes, onde prevalecem tanto a deposição quanto ao transporte dos sedimentos. Já nas margens do Guaíba, o sedimento se torna mais arenoso, dificultando a penetrabilidade do sinal acústico da fonte de som, diferentemente do sedimento lamoso que permite uma melhor visualização em profundidade do sinal sísmico. As margens, portanto, refletiram o caráter mais erosional das correntes do que deposicional, também já abordado por Nicoloid (2010).

Contrapartida a trabalhos anteriores realizados na área, estes sedimentos arenosos das margens apresentam uma “capa lamosa”, correspondente a Unidade 5 (Lama Recente), visível nos perfis sísmicos. A bibliografia cita que estas margens arenosas afloram no fundo lacustre mais raso, sem a presença de uma cobertura argilosa, que teria sido removida pelas correntes oriundas das ondas, que causariam a ressuspensão dos sedimentos mais finos. No entanto, isto nem sempre foi observado. De fato, a margem oeste da porção centro-sul do Guaíba, nas proximidades da Ponta do Salgado, exhibe o pacote arenoso aflorando no fundo lacustre sem a presença desta cobertura lamosa, porém, nas outras regiões, esta cobertura foi sempre visualizada sobrejacente ao pacote arenoso nas margens.

Em relação a presença do Gás (Unidade 6), este impossibilitou uma melhor visualização em alguns perfis, principalmente na porção norte e centro-norte do Guaíba. Este maior acúmulo de gás na região norte é em decorrência da grande quantidade de matéria orgânica transportada pelos rios que se acumulam nesta área. E estão, principalmente, associadas as camadas lamosas da Unidade 4 (Lama Rítmica).

Na porção sul, também obtive a presença de gás onde tem-se as maiores espessuras da Unidade 4. Com base nisso, sugere-se neste trabalho, que estas áreas de maior ocorrência de gás, sejam sondadas futuramente por métodos diretos (testemunhos). Visto como estão localizadas em camadas mais lamosas, que são de interesse do contratante. E em virtude também da dificuldade de informações e visibilidade não adquirida nestas áreas de ocorrência do gás.

5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, é válido reforçar a ideia que os métodos sísmicos são medidas indiretas que auxiliam na interpretação de áreas submersas e de difícil acesso. Porém diante de suas limitações, e até mesmo adversidades geológicas locais, não dispensa a utilização das medidas diretas de testemunhagens e sondagens que auxiliam na averiguação do que fora proposto previamente por este método.

6- BIBLIOGRAFIA

AYRES NETO, A. 2001. **Uso da sísmica de reflexão de alta resolução e da sonografia na exploração mineral submarina.** Brazilian Journal of Geophysics, v.18(3), 16p.

BACHI et al., 2001. **Estudo da Sedimentação do Guaíba.** Revista Quadrimestral de Saneamento Ambiental. ECOS. N. 17; Março 2000. 32-35p.

LAYBAUER, L. (2002), **Estudo do risco ambiental e da dinâmica sedimentológica e geoquímica da contaminação por metais pesados nos sedimentos do lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil.** PhD Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

LAYBAUER, L.; BIDONE, E.D. 2001. **Caracterização Textural dos Sedimentos de Fundo do Lago Guaíba (sul do Brasil) e sua Importância em Diagnósticos Ambientais.** Pesquisas em Geociências, Porto Alegre, v. 28, n. 1, p. 13-26, jun. 2001. ISSN 1807-9806.

McGEE, T.M. 1995. **High-Resolution marine reflection profile for engineering and environmental purposes.** Part A: Acquiring analogue seismic signals. Journal of Applied Geophysics . v.33.271-285p.

MENEGAT, R. et al. 1999. **Atlas Ambiental de Porto Alegre.** Porto Alegre: Universidade/UFRGS. 228p

MOSHER,D.C.; SIMPIKIN,P.G. 1999. **Status and Trends of Marine High-Resolution Seismic Reflection Profiling: Data Acquisition.** Geoscience Canada.v 26.174-188p.

PAZ, A.R.P. et al., 2005. **Uso de Modelagem Hidrodinâmica visando a segmentação de corpos d'água rasos para enquadramento: o caso do Lago Guaíba (RS).** Relatório Técnico 20p.

SOUZA,L.A.P. 2006. **Revisão Crítica da aplicabilidade dos métodos geofísicos na investigação de áreas submersas rasas.** Tese de Doutorado em Ciências-área de Oceanografia Química e Geológica, Universidade de São Paulo, 311p.

TOLDO JR., E. E. 1994. **Sedimentação, predição do padrão de ondas, e dinâmica sedimentar da antepraia e zona de surfe do sistema lagunar da lagoa dos patos.** 183 p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ZONEAMENTO AMBIENTAL, para atividade de mineração no Lago Guaíba. s/d. **Relatório Técnico.** Porto Alegre. Rio Grande do Sul.

García-García, A., Orange, D.L. Miserocchi, S. Correggiari, A. Langone, L. Lorenson, T.D. Trincardi F., Nittrouer, C.A., What controls the distribution of shallow gas in the Western Adriatic Sea?.Continental Shelf Research 27, 2007. pp. 359–374.

ANEXOS

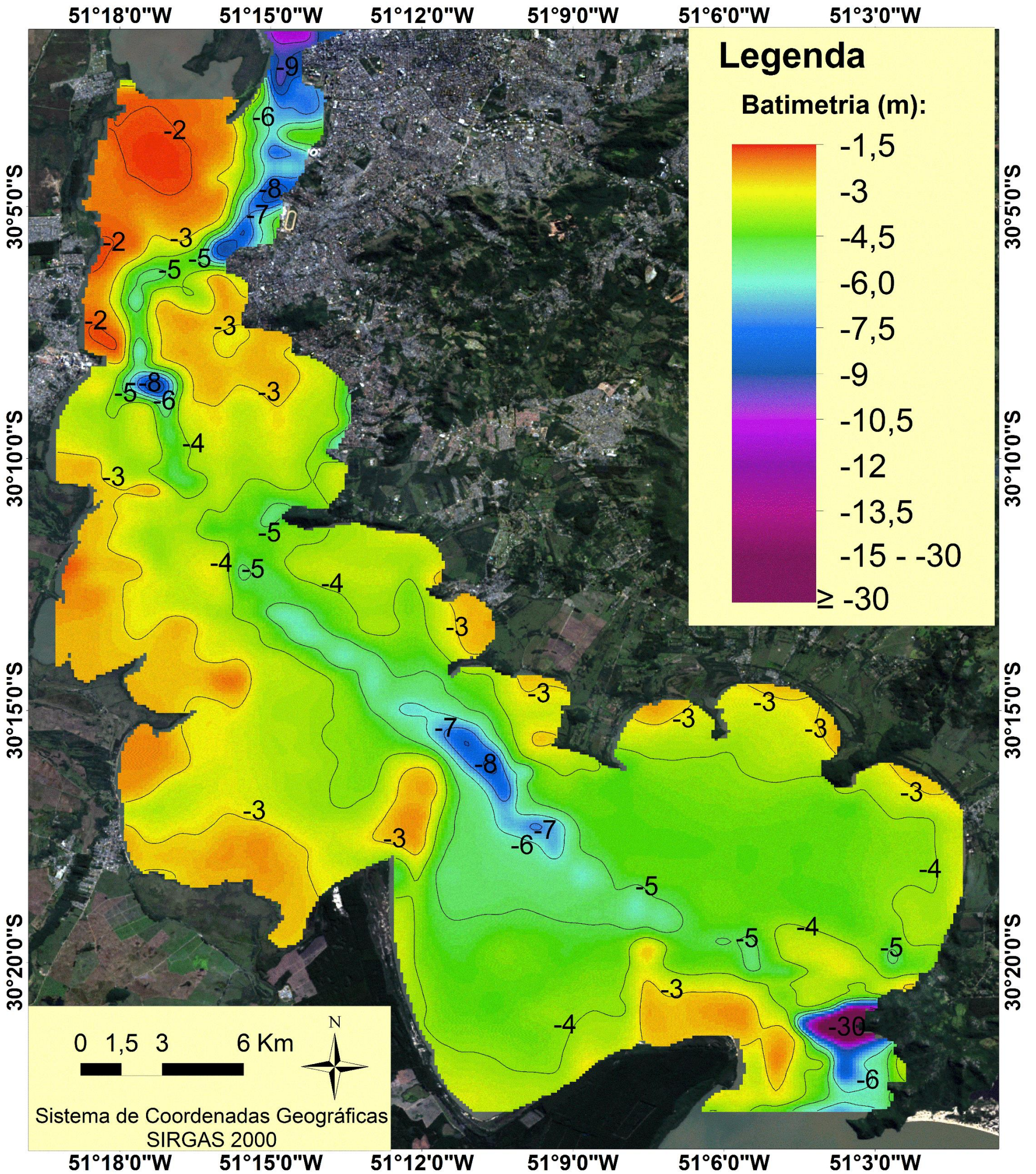
TABELA DE CONTROLE DE DADOS ADQUIRIDOS

Nome	Rótulo	Dimensão (km)	Equipamento
20180928_122247 ; 20181008_4307 (parte sul)	L1	4,988	CHIRP ; CHIRP E BOOMER (parte sul)
20180928_125656	L2.1	1,032	CHIRP
20180928_130426	desvio	1,376	CHIRP
20180928_132409	L2.2	3,684	CHIRP
20180928_141014	L3.1	5,474	CHIRP
20180928_144239 ; 20181008_134650 (parte sul)	L3.2	11,538	CHIRP ; CHIRP E BOOMER (parte sul)
20180928_163119	L5	16,067	CHIRP
20180928_183654	L6	4,799	CHIRP
20180929_101656	L7.1	3,98	CHIRP
20180929_103953	desvio	1,132	CHIRP
20180929_104654	L7.2	14,321	CHIRP
20180929_121326	L8	2,45	CHIRP
20180929_124519	L9	8,725	CHIRP
20181008_104413	L10	1,441	CHIRP E BOOMER
20180929_141930 ; 20181008_1142088(123305)	L11	11,212	CHIRP ; CHIRP E BOOMER (Parte leste e oeste)
20181008_130025_	L12	2,849	CHIRP E BOOMER
20180929_162448	L13.1	3,307	CHIRP
20180929_164320	desvio	0,408	CHIRP
20180929_164554	L13.2	0,778	CHIRP
20180929_165007	L14	6,128	CHIRP
20180929_173346	L15	5,639	CHIRP
20180929_181601	L16	2,089	CHIRP
20180929_183409	L17	3,875	CHIRP
20181001_204303	L18	0,989	CHIRP E BOOMER
20181003_115806	L19	12,645	CHIRP E BOOMER
20181003_134239	L20	11,898	CHIRP E BOOMER
20181003_152010	L21	12,513	CHIRP E BOOMER
20181003_171416	L22.1	2,859	CHIRP E BOOMER
20181003_173612	desvio	0,481	CHIRP E BOOMER
20181003_175156	L22.2	1,012	CHIRP E BOOMER
20181003_175949	L22.3	3,671	CHIRP E BOOMER
20181003_184135	L23	4,123	CHIRP E BOOMER
20181003_191603	L24.1	7,436	CHIRP E BOOMER

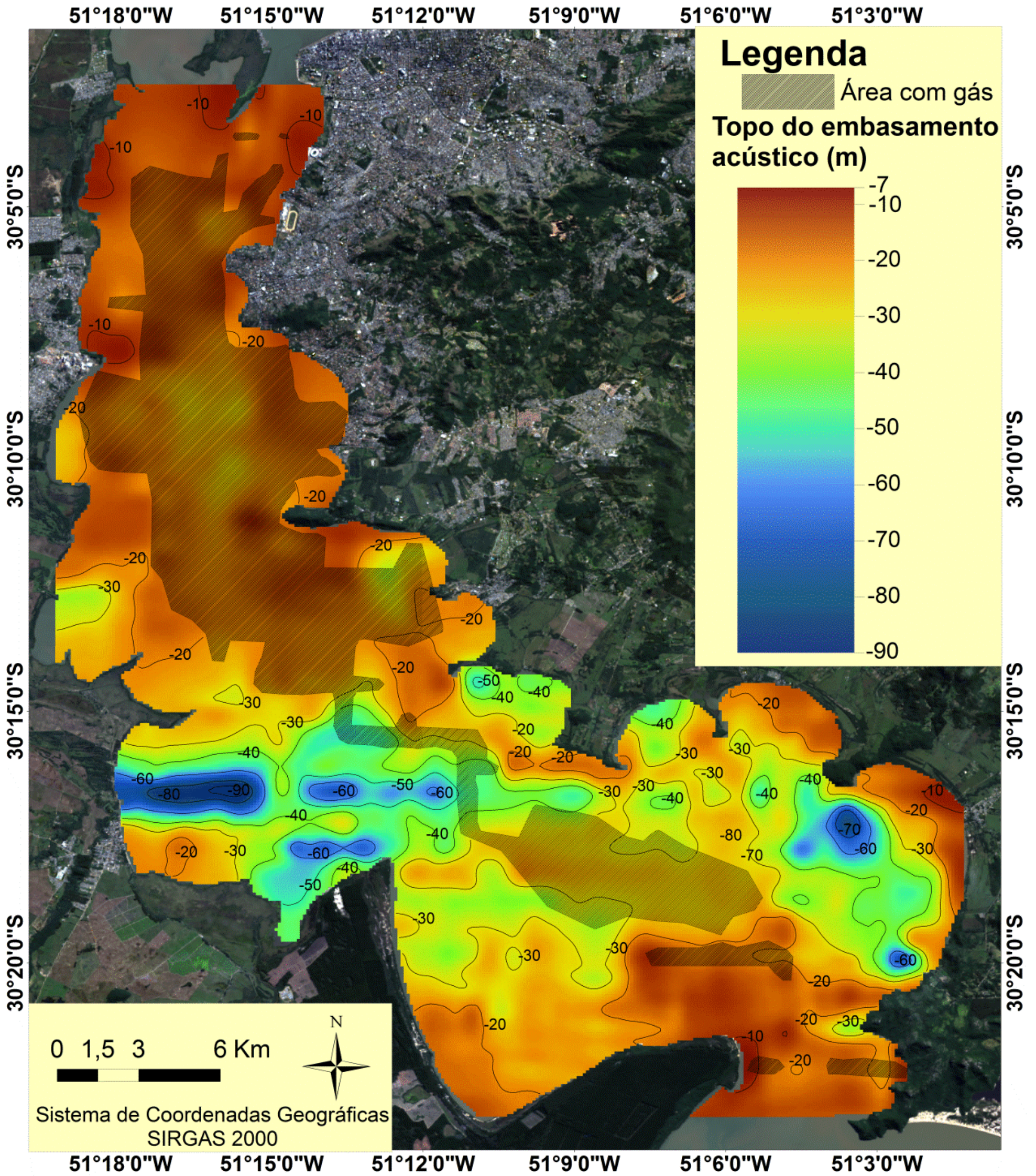
20181003_201409	L25.1	7,199	CHIRP E BOOMER
20181004_121950	L26.1	6,16	CHIRP E BOOMER
20181004_130610	desvio	1,031	CHIRP E BOOMER
20181004_132038	L26.2	2,505	CHIRP E BOOMER
20181004_134224	L27	2,192	CHIRP E BOOMER
20181004_140228	L24.2	4,044	CHIRP E BOOMER
20181004_143914	L25.2	2,862	CHIRP E BOOMER
20181004_153218	L28.1	2,406	CHIRP E BOOMER
20181004_153218	L28.2	9,294	CHIRP E BOOMER
20181004_173705	L29	6,134	CHIRP E BOOMER
20181004_185001	L30	24,888	CHIRP E BOOMER
20181005_094246	L31.1	11,142	CHIRP E BOOMER
20181005_120830	L32	17,518	CHIRP E BOOMER
20181005_140624	L33	17,482	CHIRP E BOOMER
20181005_163824	L34	16,674	CHIRP E BOOMER
20181005_184811	L35.1	1,489	CHIRP E BOOMER
20181005_185859	desvio	0,613	CHIRP E BOOMER
20181005_190332	L35.2	5,347	CHIRP E BOOMER
20181006_094133	L36	11,85	CHIRP E BOOMER
20181006_112239	L37	4,604	CHIRP E BOOMER
20181006_121637	L38	15,366	CHIRP E BOOMER
20181006_145622	L39	5,727	CHIRP E BOOMER
20181006_155810	L40	11,889	CHIRP E BOOMER
20181006_174211	L41	10,069	CHIRP E BOOMER
20181006_191856	L42	5,726	CHIRP E BOOMER
20181007_100542	L43	13,72	CHIRP E BOOMER
20181007_121146	L45	15,631	CHIRP E BOOMER
20181007_142707	L46	2,283	CHIRP E BOOMER
20181007_144636	L47	10,521	CHIRP E BOOMER
20181007_155955	L44	4,296	CHIRP E BOOMER
20181007_164702	L48	11,746	CHIRP E BOOMER
20181008_132555	L4	2,047	CHIRP E BOOMER
20181008_145950	L49	3,747	CHIRP E BOOMER
20181008_153650	L50	8,861	CHIRP E BOOMER
20181008_164609	L51	8,63	CHIRP E BOOMER
20181008_174949	L52	8,72	CHIRP E BOOMER
20181008_192050	L53	4,683	CHIRP E BOOMER
20181008_210054	L54	1,583	CHIRP E BOOMER
20181005_094246	L31.2	6,073	CHIRP E BOOMER

Mapas em Tamanho A3

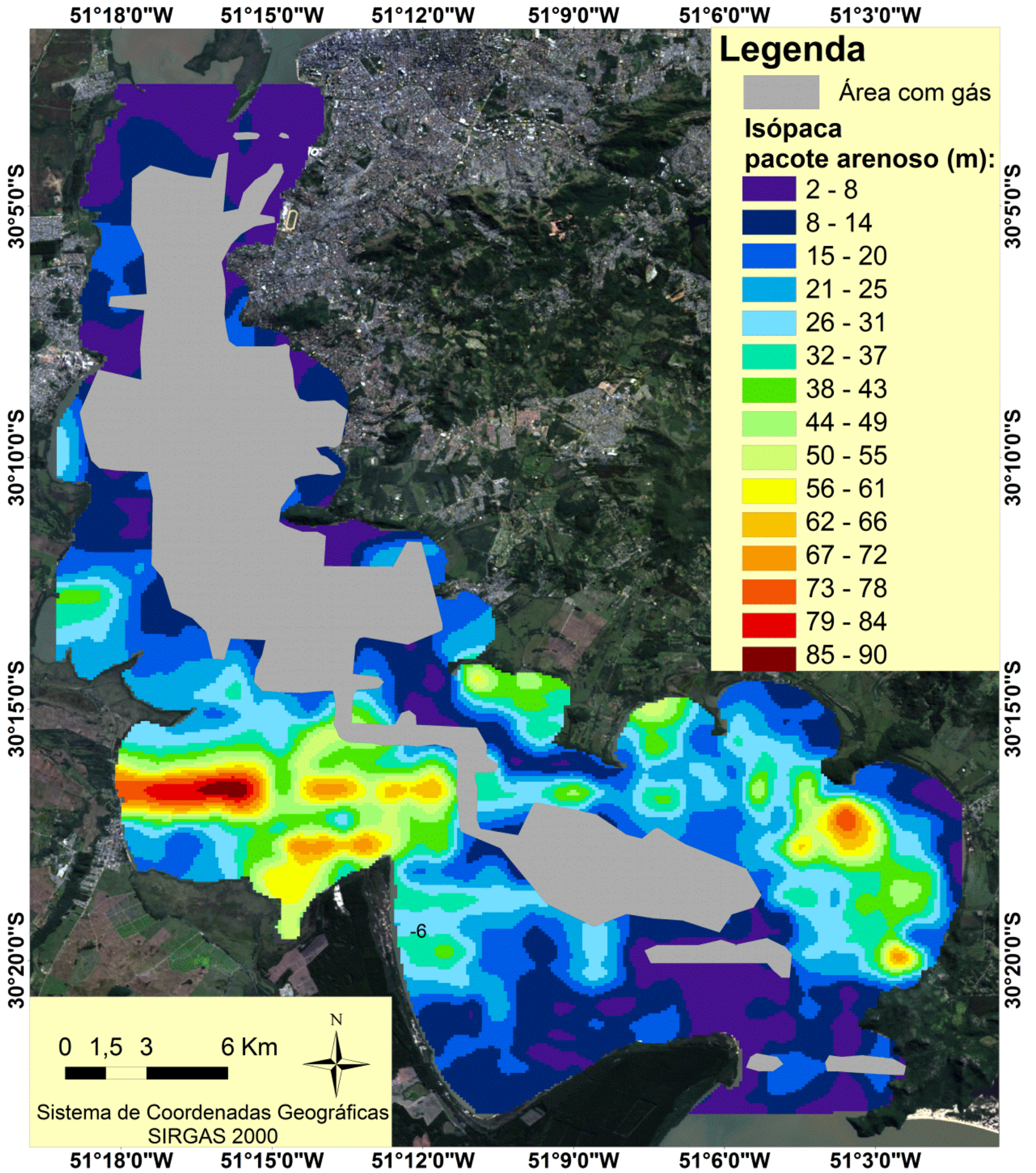
MAPA BATIMÉTRICO



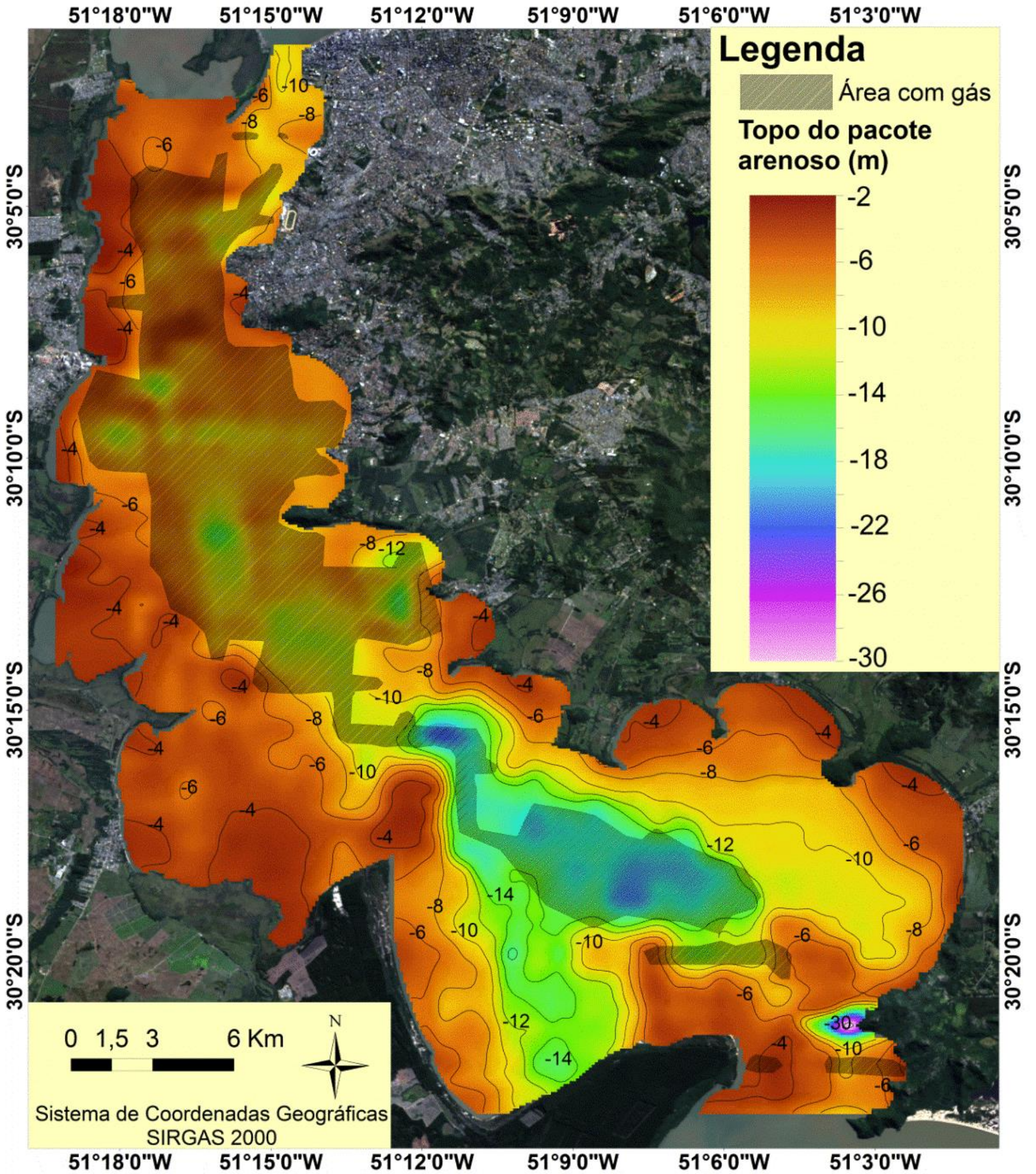
MAPA TOPO DO EMBASAMENTO



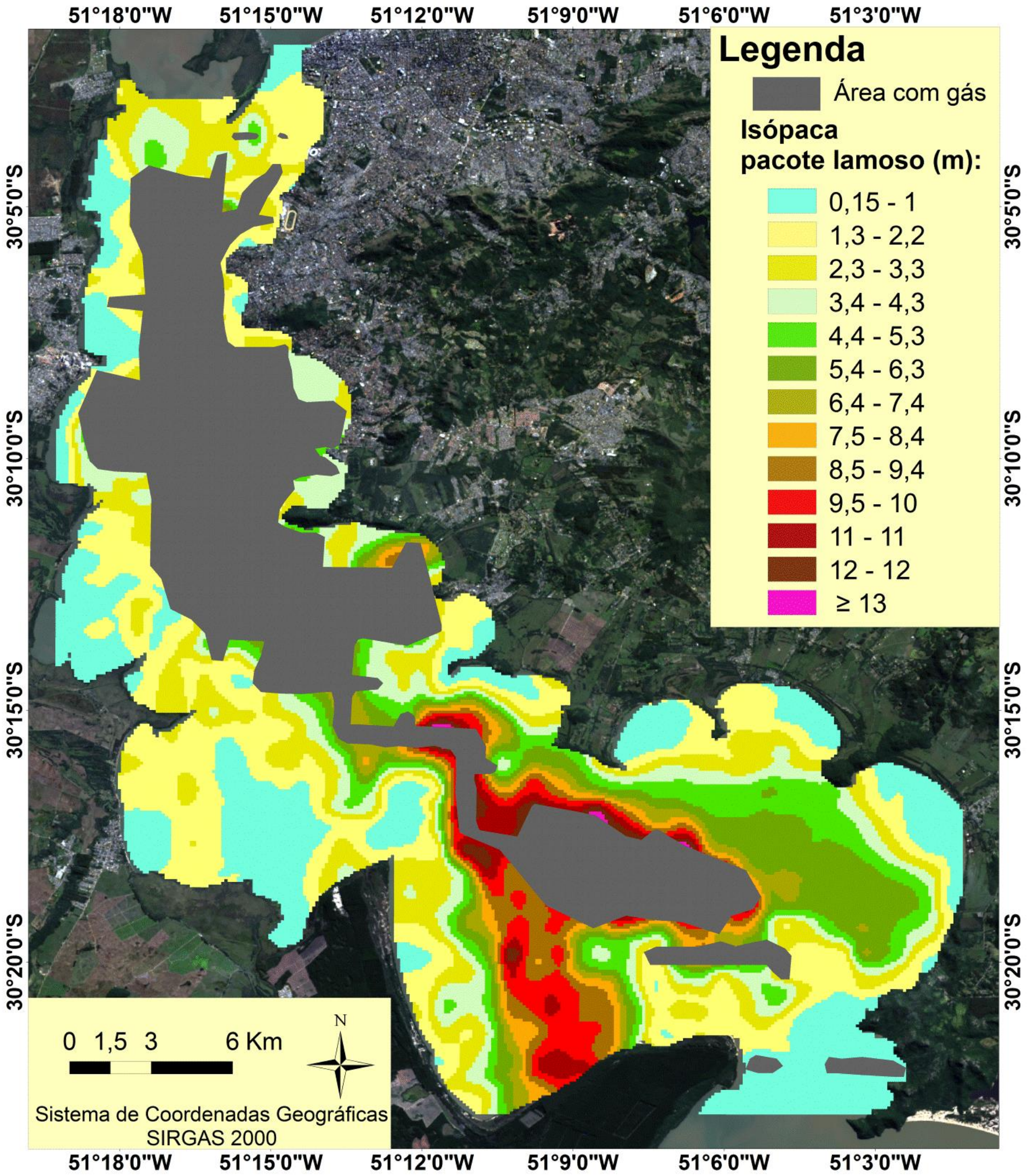
MAPA DE ISOPACA DE AREIA



MAPA DO TOPO UNIDADE 2



MAPA ISÓPACA DE LAMA



MAPA DE ISÓPACAS TOTAL

