



**Fernanda Franco Ventura Santos**

**INVESTIGAÇÃO SISMOESTRATIGRÁFICA NA LAGOA DURÃO-  
SISTEMA DE LAGOS DO BAIXO CURSO DO RIO DOCE,  
LINHARES (ES)**

**Trabalho Final de Curso  
(Geologia)**

**Rio de Janeiro  
Maio de 2009**

**INVESTIGAÇÃO SISMOESTRATIGRÁFICA NA LAGOA DURÃO-  
SISTEMA DE LAGOS DO BAIXO CURSO DO RIO DOCE,  
LINHARES (ES)**

FERNANDA FRANCO VENTURA SANTOS

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário para obtenção do grau em Geologia.

Orientador:  
Claudio Limeira Mello

Aprovada em: 15/05/2009  
Por:

---

Orientador: Claudio Limeira Mello (Depto. Geologia, IGEO/UFRJ)

---

José Carlos Sícoli Seoane (Depto. Geologia, IGEO/UFRJ)

---

Cleverson Guizan Silva (Depto. Geologia, IGEO/UFF)

Dedico esse trabalho aos meus pais, Sergio e Rosangela, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e contribuindo para o meu crescimento profissional e pessoal.

## AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo apoio permanente e incondicional.

Ao **Prof. Dr. Claudio Limeira Mello**, por sua orientação, apoio na elaboração desse e nos demais trabalhos durante esses 5 anos.

Ao **Prof. Dr. Cleverson Guizan Silva** (LAGEMAR/ UFF), por sua valiosa ajuda nos levantamentos sísmicos e nas sondagens realizadas neste trabalho.

Ao técnico **Carlos Henrique** (UFF), por sua ajuda nas etapas de campo e gabinete.

Aos motoristas do Instituto de Geociências, **Sidney da Conceição Belarmino**, **Carlos Alberto da Conceição** (Bota) e **Pedro Augusto M. Ataíde**, pelo apoio na realização dos trabalhos de campo.

Agradeço ao **Prof. Dr. Leonardo Borghi** (Geologia/ UFRJ), por suas sugestões em determinadas etapas do trabalho no Laboratório de Sedimentologia.

À Profa. **Dra. Claudia Gutterres Vilela** (Geologia/ UFRJ) e sua aluna de mestrado da Universidade Federal do Rio de Janeiro **Fabiana Karla de Almeida** (Bióloga), por sua ajuda na etapa de análise de foraminíferos

Aos integrantes do grupo de pesquisa CLM que participaram diretamente ou indiretamente deste trabalho.

Ao **CNPq/ PIBIC**, pela bolsa de Iniciação científica concedida.

Ao **Chico Durão**, local da cidade de Linhares (ES), por seu apoio logístico.

Ao **Sr. José Roberto Guaste**, proprietário do Nívea Lazer Rural, que nos apoiou durante os levantamentos sísmicos e sondagens.

## Resumo

SANTOS, Fernanda Franco Ventura. Investigação Sismoestratigráfica na Lagoa Durão - Sistema de Lagos do Baixo Curso do rio Doce, Linhares (ES). 57p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009

Na região da planície costeira do rio Doce, próximo à cidade de Linhares (ES), ocorre um sistema de lagos barrados, que podem ser divididos em dois subconjuntos principais: os lagos internos, presentes na margem esquerda do rio Doce, encaixados nos tabuleiros da Formação Barreiras, próximos ao contato com o embasamento cristalino pré-cambriano; e os lagos externos, que se desenvolveram no limite entre os tabuleiros da Formação Barreiras e a planície costeira quaternária. Neste último conjunto, destaca-se a lagoa Durão, um dos seus maiores corpos lacustres. Acerca da origem e evolução desses lagos, têm sido considerados os agentes responsáveis pela sua formação as variações quaternárias do nível do mar e/ou mecanismos neotectônicos. Este trabalho tem por objetivo a caracterização sismoestratigráfica da lagoa Durão, como base preliminar para o estudo evolutivo do conjunto de lagos externos do baixo vale do rio Doce. A metodologia adotada neste estudo envolveu: i) a aquisição e interpretação de perfis sísmicos de alta resolução; e ii) a descrição dos depósitos em subsuperfície a partir de cinco sondagens a percussão. Como subproduto do levantamento sísmico foi gerado um mapa batimétrico que mostrou profundidades médias em torno de 4 m. Foram reconhecidas três sismofácies (Sp, Sb e St), quatro superfícies estratigráficas (S1, S2, S3, S4) e três sismossequências (A, B, C). A sismossequência A é limitada no topo por um refletor de média amplitude com geometria convexa para cima, sendo observada apenas na desembocadura do lago; a sismossequência B é delimitada no topo por um refletor de alta amplitude, contínuo ao longo da extensão do lago, cujo sinal sísmico é frequentemente obliterado pela presença de um padrão associado a gás; a sismossequência C é representada por um intervalo transparente contínuo ao longo do lago, limitado na base pela superfície de alta amplitude que limita o topo da sismossequência A. A sismossequência C é atribuída à fase lacustre implantada a partir da barragem do lago; a sismossequência B, na maior parte do lago, é relacionada a uma sedimentação aluvial; a sismossequência A é associada aos cordões arenosos que ocorrem na planície costeira adjacente à desembocadura dos lagos.

Palavras-chave: Quaternário; sistema de lagos do Rio Doce (ES); sismoestratigrafia.

## Abstract

SANTOS, Fernanda Franco Ventura. Seismostratigraphic investigation in the Durão Lake - low Doce river lake system, Linhares (Espírito Santo, Brazil). 57p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009

At the Doce River coastal plain, near to Linhares (State of Espírito Santo, Southeastern Brazil), there is a barred lake system, which can be divided in two main groups: the internal lakes, located on the left margin of the Doce River, in incised valleys on the tablelands of the Barreiras Formation, near the contact with the Precambrian crystalline basement; and external lakes, which were developed on the limit between the Quaternary coastal plain and the tablelands of the Barreiras Formation. The Durão Lake stands out as one of the largest lake bodies in the external lakes. The origin and the evolution of the low Doce River lake system are related to Quaternary sea level changes and/or neotectonic mechanisms. The present work aims to develop a seismostratigraphic investigation of the Durão Lake as a preliminary basis for the study about the external lakes evolution. The methodology applied in this study involved: i) the acquisition and interpretation of high-resolution seismic profiles, and ii) a description of the subsurface deposits from five percussion drills. As result of the seismic survey was produced a bathymetric map showing average depths around 4 m. Three seismofacies (Sp, St and Sb), four stratigraphic surfaces (S1, S2, S3 and S4) and three seismosequences (A, B, C) were recognized. The seismosequence A is limited on the top by a medium-amplitude reflector with convex-upward geometry. It was observed only in the mouth of the lake. The seismosequence B is bounded on the top by a high-amplitude reflector, which is continuous along the length of the lake. The seismic signal of this reflector is often obliterated by the presence of a pattern associated with gas. The seismosequence C is represented by a transparent continuous interval along the lake, limited by the high-amplitude surface that corresponds to the top of the seismosequence A. The seismosequence C is attributed to the sedimentation after the lake damming. The seismosequence B is related to an alluvial sedimentation, in most part of the lake. The seismosequence A is associated with coastal sandy ridges that occur in the Quaternary plain at the mouth of the lake.

Key words: Quaternary; Doce river lake system; seismostratigraphy.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA LAGOA DURÃO NA ÁREA DE ESTUDO, COM AS PRINCIPAIS VIAS DE ACESSO (FONTE: <i>MAPS GOOGLE</i> ).....	4
FIGURA 2 - MAPA HIPSOMÉTRICO, ELABORADO NO PRESENTE ESTUDO, SOBREPOSTO AO SOMBREAMENTO DO RELEVO (MODIFICADO DE HATUSHIKA, 2005).....	6
FIGURA 3 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA ESTUDADA, NO BAIXO VALE DO RIO DOCE (ES), SOBREPOSTO AO MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO DA REGIÃO (MODIFICADO DE HATUSHIKA, 2005).....	7
FIGURA 4 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO ESPÍRITO SANTO (VIEIRA <i>ET AL.</i> , 1994).....	10
FIGURA 5 – VISTA AÉREA DOS TERRAÇOS MARINHOS HOLOCÊNICOS, COM DESTAQUE PARA OS CORDÕES LITORÂNEOS DISPOSTOS PARALELAMENTE ENTRE SI, ONDE SÃO OBSERVADAS AS CRISTAS E CAVAS COM CRESCIMENTO DE VEGETAÇÃO (FONTE: <i>GOOGLE EARTH</i> ).....	13
FIGURA 6- CONJUNTOS DE LAGOS BARRADOS DO SISTEMA LACUSTRE DO BAIXO VALE DO RIO DOCE (FONTE: <i>MAPS GOOGLE</i> ).....	15
FIGURA 7 - MODELO DE EVOLUÇÃO DAS PLANÍCIES COSTEIRAS BRASILEIRAS, COM OS DIFERENTES ESTÁGIOS EVOLUTIVOS, SEGUNDO MARTIN <i>ET AL.</i> (1993 <i>IN</i> HATUSHIKA, 2005). ....	19
FIGURA 8 - CURVA DE VARIAÇÃO DO NÍVEL DO MAR DURANTE O HOLOCENO NA COSTA DO ESPÍRITO SANTO (MARTIN <i>ET AL.</i> , 1997).....	20
FIGURA 9 - FURO PRD-20 (BANDEIRA JR. <i>ET AL.</i> , 1975), LOCALIZADO NA DESEMBOCADURA DO LAGO JUPARANÃ, ONDE O PALEOCANAL ESCAVADO FOI PREENCHIDO POR SEDIMENTOS ESTUARINOS DURANTE A ÚLTIMA TRANSGRESSÃO, SUPERPOSTOS POR DEPÓSITOS FLUVIAIS (MODIFICADO DE SUGUIO & KOHLE, 1992). ....	21
FIGURA 10 - MAPA BATIMÉTRICO DO LAGO JUPARANÃ, MOSTRANDO A ASSIMETRIA BATIMÉTRICA, COM AS MAIORES PROFUNDIDADES PRÓXIMO À BORDA OESTE DO LAGO (HATUSHIKA, 2005).....	23
FIGURA 11- MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS SÍSMICOS LEVANTADOS NA LAGOA DURÃO.....	25
FIGURA 12 - ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO. ....	26
FIGURA 13 - CONFIGURAÇÃO DA INSTALAÇÃO DO TRANSDUTOR NO BARCO.....	27
FIGURA 14 - CONFIGURAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO LEVANTAMENTO SÍSMICO NA LAGOA DURÃO. ....	27
FIGURA 15 - PRINCIPAIS PADRÕES DE TERMINAÇÃO DE REFLETORES SÍSMICOS UTILIZADOS NA INTERPRETAÇÃO SISMOESTRATIGRÁFICA (MODIFICADO DE SEVERIANO RIBEIRO, 2001). ....	30
FIGURA 16 - CONFIGURAÇÃO DAS PRINCIPAIS SISMOFÁCIES (MODIFICADO DE SEVERIANO RIBEIRO, 2001). ...	31
FIGURA 17 - Balsa e alguns equipamentos utilizados na realização das sondagens na Lagoa Durão. ....	33
FIGURA 18 – TRECHO DA LINHA SÍSMICA LONGITUDINAL L3 MOSTRANDO AS SISMOFÁCIES IDENTIFICADAS NA LAGOA DURÃO. (A) SISMOFÁCIES ST e SB. (B) SISMOFÁCIES ST e SP. ....	35
FIGURA 19 – LINHA SÍSMICA TRANSVERSAL T8 MOSTRANDO AS SUPERFÍCIES E SISMOSSEQUÊNCIAS IDENTIFICADAS.....	37
FIGURA 20 – LINHA SÍSMICA LONGITUDINAL L6 MOSTRANDO AS SUPERFÍCIES E SISMOSSEQUÊNCIAS IDENTIFICADAS.....	37

FIGURA 21– MAPA BATIMÉTRICO DA LAGOA DURÃO.....	38
FIGURA 22– MODELO DIGITAL DA BATIMETRIA NA REGIÃO DA DESEMBOCADURA DA LAGOA DURÃO.....	39
FIGURA 23 - LOCALIZAÇÃO DA SONDAÇÃO LD-01 NA LAGOA DURÃO.....	39
FIGURA 24 - POSICIONAMENTO DA SONDAÇÃO LD-01 NA LINHA SÍSMICA LONGITUDINAL L6.....	40
FIGURA 25- DESCRIÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA SONDAÇÃO LD-01, COM AS SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS. ....	41
FIGURA 26- LOCALIZAÇÃO DA SONDAÇÃO LD-02 NA LAGOA DURÃO.....	42
FIGURA 27- POSICIONAMENTO DA SONDAÇÃO LD-02 NA LINHA SÍSMICA LONGITUDINAL L6.....	42
FIGURA 28- DESCRIÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA SONDAÇÃO LD-02, COM OS SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS. ....	43
FIGURA 29 - LOCALIZAÇÃO DA SONDAÇÃO LD-03 NA LAGOA DURÃO.....	44
FIGURA 30 - POSICIONAMENTO DA SONDAÇÃO LD-03 NA LINHA SÍSMICA LONGITUDINAL L4.....	44
FIGURA 31- DESCRIÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA SONDAÇÃO LD-03, COM OS SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS. ....	45
FIGURA 32- LOCALIZAÇÃO DA SONDAÇÃO LD-04 NA LAGOA DURÃO.....	46
FIGURA 33- POSICIONAMENTO DA SONDAÇÃO LD-04 NA LINHA SÍSMICA LONGITUDINAL L3.....	46
FIGURA 34- DESCRIÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA SONDAÇÃO LD-04, COM OS SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS. ....	47
FIGURA 35- LOCALIZAÇÃO DA SONDAÇÃO CF 01 EM VALE FLUVIAL AFLUENTE DA LAGOA DURÃO. ....	48
FIGURA 36- DESCRIÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA SONDAÇÃO CF-01.....	49
FIGURA 37- DESCRIÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA SONDAÇÃO CF-01.....	50
FIGURA 38- (A) LINHA SÍSMICA ESTUDA POR HATUSHIKA (2005) NO LAGO JUPARANÃ. A SISMOSSEQUÊNCIA A CORRESPONDE A DEPÓSITOS ALUVIONARES ARENOSOS E A SISMOSSEQUÊNCIA B CORRESPONDE A DEPÓSITOS LACUSTRES, AMBOS DISCORDANTES SOBRE OS DEPÓSITOS DA FORMAÇÃO BARREIRAS (IN HATUSHIKA, 2005). (B) LINHA SÍSMICA NA DESEMBOCADURA DA LAGOA DURÃO. A SISMOSSEQUÊNCIA A ESTA ASSOCIADA A DEPÓSITOS DE CORDÕES ARENOSOS, PRESENTES NA PLANÍCIE COSTEIRA QUATERNÁRIA. A SISMOSSEQUÊNCIA B CORRESPONDE A DEPÓSITOS ALUVIONARES ARENOSOS E A SISMOSSEQUÊNCIA C CORRESPONDE A DEPÓSITOS LACUSTRES. ....	52
FIGURA 39- MAPA GEOLOGICO DO QUATERNÁRIO COSTEIRO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (MODIFICADO DE MARTIN, 1997).....	53

## SUMÁRIO

1-	INTRODUÇÃO.....	1
2-	OBJETIVOS .....	3
3-	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	4
3.1-	LOCALIZAÇÃO E PRINCIPAIS ASPECTOS FISIográfICOS.....	4
3.2-	GEOLOGIA REGIONAL .....	7
3.3-	FISIOGRAFIA DOS LAGOS DO BAIXO VALE DO RIO DOCE.....	14
4-	TRABALHOS ANTERIORES.....	17
4.1-	EVOLUÇÃO QUARTERNÁRIA DAS PLANÍCIES COSTEIRAS BRASILEIRAS .....	17
4.2-	ORIGEM DO SISTEMA DE LAGOS DO BAIXO VALE DO RIO DOCE.....	20
5-	METODOLOGIA .....	24
5.1-	LEVANTAMENTO SÍSMICO NA LAGOA DURÃO .....	24
	5.1.1- Equipamento Utilizado .....	24
	5.1.2- Processamento e Montagem dos Perfis Sísmicos.....	28
5.2-	ANÁLISE SISMOESTRATIGRÁFICA .....	29
5.2.1-	SISMOESTRATIGRAFIA .....	29
	5.2.1.1- Reflexão Sísmica .....	29
	5.2.2- Sismossequências e Padrão de Terminação dos Refletores Sísmicos .....	30
	5.2.3- Sismofácies .....	30
5.3-	ANÁLISE BATIMÉTRICA.....	32
5.4-	DESCRIÇÃO DOS DEPÓSITOS EM SUBSUPERFÍCIE.....	32
6-	RESULTADOS.....	34
6.1-	ANÁLISE SISMOESTRATIGRÁFICA NA LAGOA DURÃO .....	34
	6.1.1- Sismofácies .....	34
	6.1.2- Superfícies Estratigráficas e Sismossequências.....	35
6.2-	CARACTERIZAÇÃO BATIMÉTRICA .....	38
6.3-	CARACTERIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS EM SUBSUPERFÍCIE .....	39
7-	CONCLUSÕES.....	51
8-	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51

## 1- INTRODUÇÃO

A planície costeira desenvolvida à desembocadura do rio Doce localiza-se no setor centro-leste do estado do Espírito Santo, próximo à cidade de Linhares, com uma superfície de cerca de 2.500 km<sup>2</sup> (Martin *et al.*, 1993). Neste complexo costeiro, destaca-se a presença de dezenas de corpos lacustres barrados, encaixados no platô terciário da Formação Barreiras, que, junto aos lagos e lagunas presentes na planície quaternária, compõem o sistema de lagos do baixo vale do rio Doce.

Hatushika (2005) subdividiu o sistema de lagos barrados do baixo curso do rio Doce de acordo com as suas características geomorfológicas e a sua distribuição em relação ao rio Doce. Denominou como lagos internos o conjunto de corpos lacustres situados na margem esquerda do rio Doce, que se encontram encaixados nos tabuleiros da Formação Barreiras, próximo ao embasamento cristalino pré-cambriano; e como lagos externos aqueles que se desenvolveram no limite entre os tabuleiros da Formação Barreiras e a planície costeira quaternária. Inserida neste contexto, a lagoa Durão representa um dos maiores corpos lacustres do sistema de lagos externos, sendo escolhido para o estudo aqui realizado devido a sua acessibilidade e dimensão.

Suguió & Kohler (1992), através de dados de sondagem obtidos por Bandeira Jr. *et al.* (1975) na região da desembocadura do lago Juparanã, propuseram que a formação do sistema de lagos do baixo vale do rio Doce estaria relacionada às flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário. Hatushika *et al.* (2005), em estudos realizados no lago Juparanã, principal corpo lacustre da região, consideraram não só as flutuações do nível do mar durante o Quaternário mas

também a atuação de mecanismos neotectônicos na compartimentação e configuração geomorfológica regional.

## **2- OBJETIVOS**

O presente estudo tem como objetivo principal a caracterização sismoestratigráfica da lagoa Durão através da sísmica de alta resolução e da investigação dos depósitos em subsuperfície a partir de sondagens, como base preliminar para o estudo acerca da origem e evolução do sistema de lagos externos na região do baixo vale do rio Doce (ES).

### 3- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1- Localização e Principais Aspectos Fisiográficos

A lagoa Durão está localizada a nordeste do centro urbano de Linhares, na porção centro-leste do estado do Espírito Santo (Figura 1). Os acessos à lagoa Durão são realizados por vias secundárias a partir da BR-101, a poucos quilômetros a norte de Linhares, no sentido de São Mateus (ES).



Figura 1 - Localização da lagoa Durão na área de estudo, com as principais vias de acesso (Fonte: *Maps Google*).

O clima característico da região é tropical úmido. Atuam, com maior frequência, a Massa Tropical Atlântica (mTa) e a Massa Polar Atlântica (mPa) e, com menor intensidade, a Massa Equatorial Continental (mEc) e Massa Tropical Continental (mTc). A umidade do ar é elevada, aproximando-se de 90% nas regiões serranas e adjacências do litoral, com amplitude térmica diária maior do que a anual, variando entre 10 a 15° C. As temperaturas médias anuais são elevadas, em torno de 26° C, e mesmo nos meses mais frios (junho e julho), as temperaturas médias são superiores a 18° C.

A vegetação da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas (IBGE, 1992), popularmente tratada como “Floresta de Tabuleiro”.

Em termos hidrográficos, a lagoa Durão tem como principais tributários os córregos Farias e Amargoso.

A fisiografia do relevo na região do baixo vale do rio Doce pode ser caracterizada por três províncias geomorfológicas principais, segundo Martin *et al.* (1993): a região serrana, os tabuleiros terciários e a planície quaternária. Estes três domínios geomorfológicos, descritos a seguir, podem ser bem visualizados no mapa hipsométrico apresentado na Figura 2.

A região serrana apresenta terrenos com cotas superiores 200 m de altitude. São áreas situadas a oeste dos lagos barrados, referentes ao embasamento cristalino pré-cambriano.

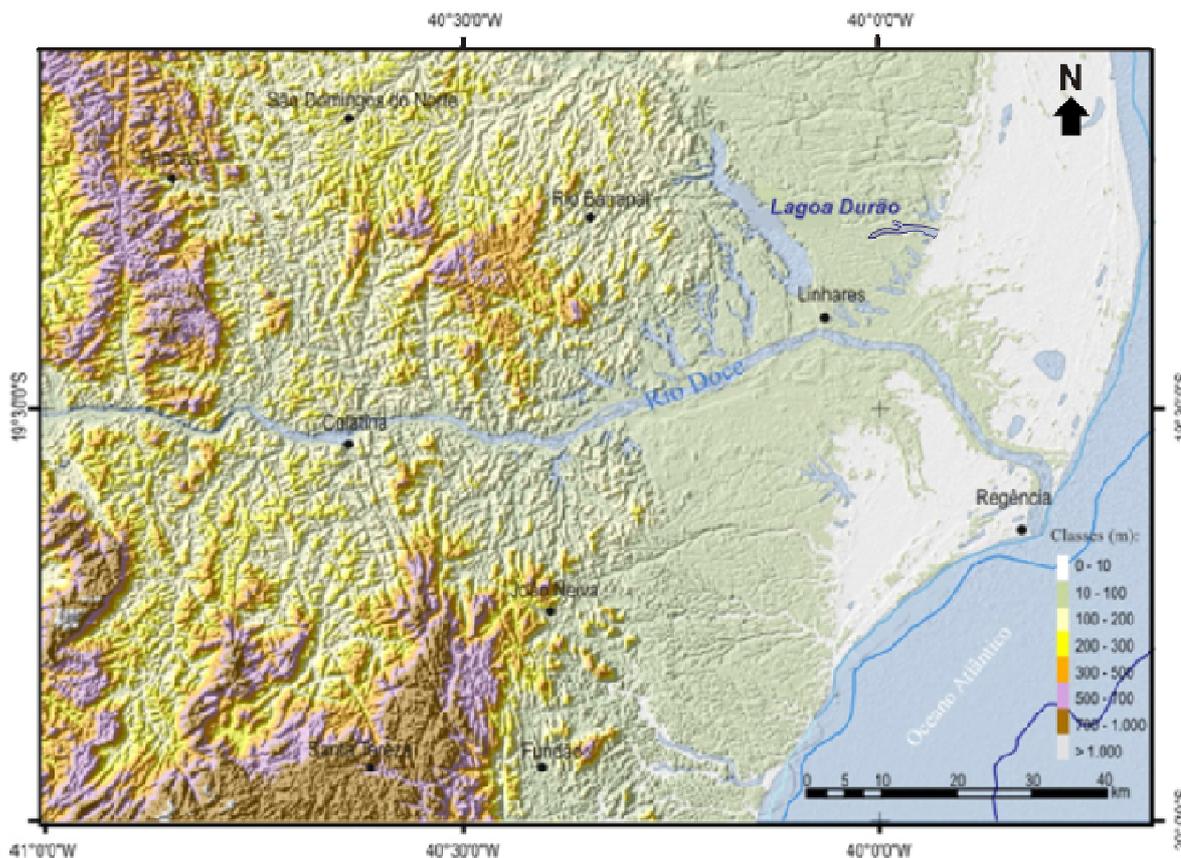


Figura 2 - Mapa hipsométrico, elaborado no presente estudo, sobreposto ao sombreamento do relevo (modificado de Hatushika, 2005)

Os tabuleiros terciários estão situados a leste da região serrana, esculpidos sobre os sedimentos da Formação Barreiras. As cotas predominantemente ocorrem entre 10 e 100m. Compõem uma superfície plana e suavemente inclinada para o mar, ocorrendo, nas áreas costeiras, uma extensa linha de falésias (Martin *et al.* 1993; 1997).

A planície costeira quaternária é caracterizada por ser uma área topograficamente baixa, com uma variação altimétrica do nível do mar até cerca de 10m. Essa área tem uma forma de crescente assimétrico, convexo para o oceano, com largura máxima de 35 km, entre Barra do Riacho e Conceição da Barra (Martin *et al.*, 1997).

### 3.2- Geologia Regional

A região do baixo vale do rio Doce fica localizada no limite entre as províncias Mantiqueira e Costeira (Almeida *et al.*, 1977).

Segundo Silva *et al.* (1987), a geologia da região do baixo vale do rio Doce é composta por rochas do embasamento pré-cambriano, caracterizado principalmente pelos complexos Paraíba do Sul e Medina, recobertas pelos depósitos da Formação Barreiras e depósitos quaternários (Figura 3).

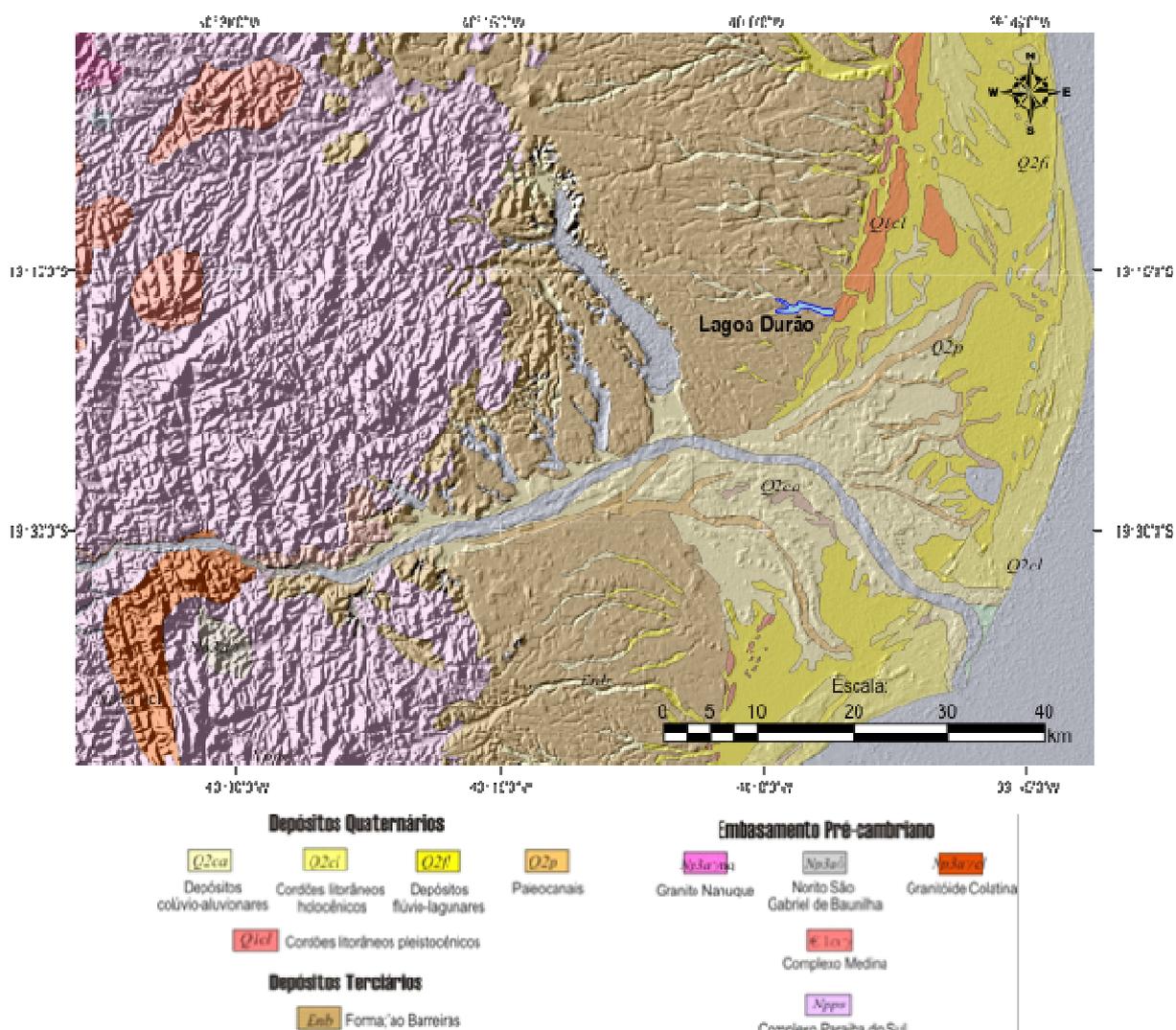


Figura 3 - Mapa geológico da área estudada, no baixo vale do rio Doce (ES), sobreposto ao modelo digital de elevação da região (modificado de Hatushika, 2005).

O Complexo Paraíba do Sul é caracterizado por metatexitos e gnaisses aluminosos kinzigíticos e lentes calcissilicatadas. Atribui-se uma idade relacionada ao Ciclo Transamazônico, que posteriormente veio a ser retrabalhada durante o Brasileiro (Silva *et al.* 1987).

O Complexo Medina está associado a atividades ígneas e ocorre frequentemente sob forma de batólitos de composição granítica a granodiorítica, provavelmente ligada à fusão total de litotipos do Complexo Paraíba do Sul. Essas atividades ígneas têm caráter sin a tarditectônico (Silva *et al.*, 1987).

A região apresenta um padrão estrutural bastante complexo, com feições de lineamentos de diversas direções, estruturas dobradas e presenças de massas ígneas e intensa tectônica rúptil, registrada em sistemas de falhas e alinhamentos regionais (Silva *et al.*,1987). Um desses alinhamentos estruturais corresponde à faixa de lineamentos Colatina, com direção NNW-SSE, que pode estar associada tanto à xistosidade do embasamento quanto a reativações tectônicas mesozóicas-cenozóicas.

A Formação Barreiras constitui o registro sedimentar final da bacia do Espírito Santo (Silva *et al.*,1997), como mostra a Figura 4. A origem e a evolução tectono-sedimentar desta bacia têm uma história muito semelhante às demais bacias da margem leste continental brasileira, relacionada à separação do supercontinente Gondwana, no Neocomiano (Viera *et al.*,1994), podendo ser dividida em três sequências deposicionais, associadas as suas fases tectônicas distintas: rifte, transicional e, por último, margem passiva.

A Formação Barreiras consiste em arenitos grossos a conglomeráticos, com uma matriz caulínica, e argilitos levemente arenosos, de cor esbranquiçada a

avermelhada. Segundo Morais (2007), o registro sedimentar da Formação Barreiras está relacionado a paleoambientes de canais fluviais entrelaçados.

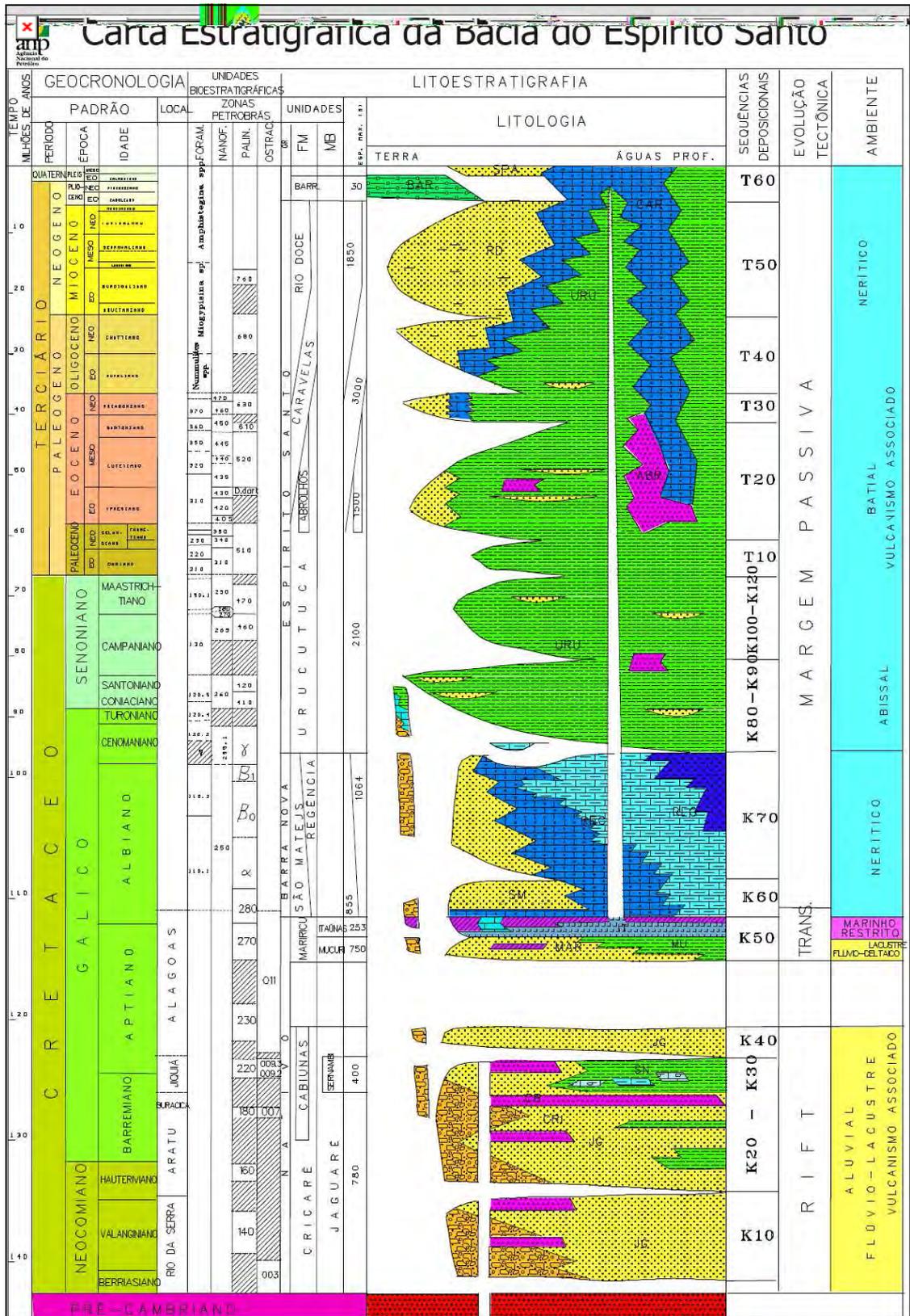


Figura 4 - Coluna estratigráfica da bacia do Espírito Santo (Vieira *et al.*, 1994).

Os sedimentos quaternários encontram-se distribuídos ao longo da planície costeira do rio Doce e em vales fluviais dos principais tributários da região.

Segundo Martin *et al.* (1993 e 1997), os depósitos quaternários constituem terraços marinhos (holocênicos e pleistocênicos), depósitos lagunares holocênicos, de manguezais, de turfa, fluviais arenosos e argilo-arenosos holocênicos, depósitos aluviais e coluviais indiferenciados, e arenitos de praia.

Ao longo da planície costeira do rio Doce, são reconhecidas pelo menos duas gerações de depósitos marinhos arenosos. Ocorrem em forma de cristas praias, formadas em diferentes níveis marinhos durante o Quaternário.

Os cordões litorâneos são prismas praias formados a partir da progradação da planície costeira dominada por ondas (*strandplains*) ou da frente deltaica pretérita quando associada a uma desembocadura fluvial, também sob o domínio de ondas. Estes prismas alongados são isolados e abandonados devido à migração da linha de costa em direção ao oceano, e posicionam-se por trás da atual frente deltaica (Martin *et al.*, 1993). A denominação de terraço marinho empregada por estes autores se refere ao conjunto de cordões litorâneos formados na mesma geração, ou seja, são individualizações hierárquicas deste cordões litorâneos, atribuídas a fases de construções distintas.

Os terraços marinhos pleistocênicos são representados por sedimentos arenosos escuros (*coffee rock*), cimentados em profundidade, com a ausência de fragmentos de conchas, devido à dissolução por ácido húmico, e óxido de ferro nos horizontes superficiais. Estruturas sedimentares, na maior parte dos casos, são destruídas devido aos processos pedogenéticos. Porém bioturbações do icnogênero *Ophiomorpha* foram observadas em associação com camadas tabulares do arenito escuro com estratificação cruzada (Dominguez *et al.*, 1987). Ocorrem nas porções

mais internas da planície costeira, com altitudes que chegam a 9 m, diminuindo em direção ao oceano. Estes terraços mais antigos são datados em 123.000 anos AP, referentes à Penúltima Transgressão (Dominguez *et al.*, 1987; Martin *et al.*, 1993).

Já os terraços marinhos holocênicos, situados externamente em relação aos pleistocênicos, são compostos por areias mais claras, de baixa coesão, com presença de conchas (Martin *et al.*, 1993). Segundo Martin *et al.* (1993), as cristas praias holocênicas são mais contínuas e próximas entre si (Figura 5), comparadas às cristas pleistocênicas, e apresentam idades inferiores a 5.100 anos AP (Última Transgressão). Sedimentologicamente, os cordões holocênicos da planície costeira do rio Doce são constituídos de areias quartzosas médias a grossas, mal selecionadas, com grânulos e seixos, e grande quantidade de minerais pesados concentrados em lâminas, principalmente ilmenita, magnetita, zircão e turmalina (Bandeira Jr. *et al.*, 1975). Segundo estes autores, estratificação planar horizontal é a estrutura mais aparente, nitidamente evidenciada pelos níveis de minerais pesados. Tubos do icnogênero *Ophiomorpha* também foram observados, estando associados a camadas tabulares inclinadas com estratificação cruzada (Dominguez *et al.*, 1987). Conchas de bivalves e gastrópodes, e carapaças de foraminíferos são observados nestes depósitos.



Figura 5 – Vista aérea dos terraços marinhos holocênicos, com destaque para os cordões litorâneos dispostos paralelamente entre si, onde são observadas as cristas e cavas com crescimento de vegetação (Fonte: *Google Earth*).

Diversas discontinuidades são observadas entre os cordões litorâneos da planície costeira do rio Doce. Essas discontinuidades são mais evidentes nos terraços holocênicos, onde truncamentos e pequenas fragmentações dos cordões são facilmente identificáveis em fotografias aéreas e imagens de satélite. As alternâncias de erosão e construção dos prismas arenosos têm sido atribuídas, por diversos autores, a diferentes processos ao longo do Holoceno e que contribuíram para várias gerações de cordões litorâneos holocênicos.

Depósitos lagunares ocorrem separando os terraços arenosos pleistocênicos dos holocênicos, compostos por sedimentos argilo-arenosos ricos em matéria orgânica e conchas de moluscos de ambientes lagunares. Martin *et al.* (1997) atribuem a formação deste sistema lagunar ao estágio de submersão em 5.100 anos

AP. Subidas do nível do mar entre 3.900-3.600 e 2.800-2.500 anos AP promoveram a reocupação parcial destas lagunas.

A tendência de ressecção, ocorrida após 5.100 anos AP, propiciou a transformação destas lagunas em turfeiras, com camadas de turfa de até 0,5m.

Os depósitos fluviais argilo-arenosos e arenosos holocênicos são representados na planície costeira por paleocanais do rio Doce, que, segundo Suguio *et al.* (1981), Dominguez *et al.* (1987) e Martin *et al.* (1993 e 1997), apresentam características de um clássico delta dominado por processos fluviais, com padrão pé-de-pássaro. Sondagens executadas nestes depósitos (Bandeira Jr. *et al.*, 1975) mostraram que os sedimentos fluviais repousaram sobre as paleolagunas identificadas.

Os sedimentos areno-argilosos encontrados nos vales frequentemente acima do limite atingido pela Penúltima Transgressão foram agrupados por Martin *et al.* (1993) e denominados de depósitos aluviais e coluviais indiferenciados, devido às diferentes idades destes sedimentos, que não puderam ser separados.

### **3.3- Fisiografia dos Lagos do Baixo Vale do Rio Doce**

O sistema lacustre da região do baixo vale do rio Doce abrange cerca de 60 lagos, dispostos em domínios distintos ao longo da planície costeira. Em geral, estes lagos foram separados em dois grupos, de acordo com a sua distribuição na planície costeira quaternária: lagos barrados e lagos litorâneos (Figura 6).

Hatushika (2005) em estudos realizados no baixo curso do rio Doce dividiu os lagos barrados em dois conjuntos distintos devido à morfologia e domínio em que se encontram (Figura 6).

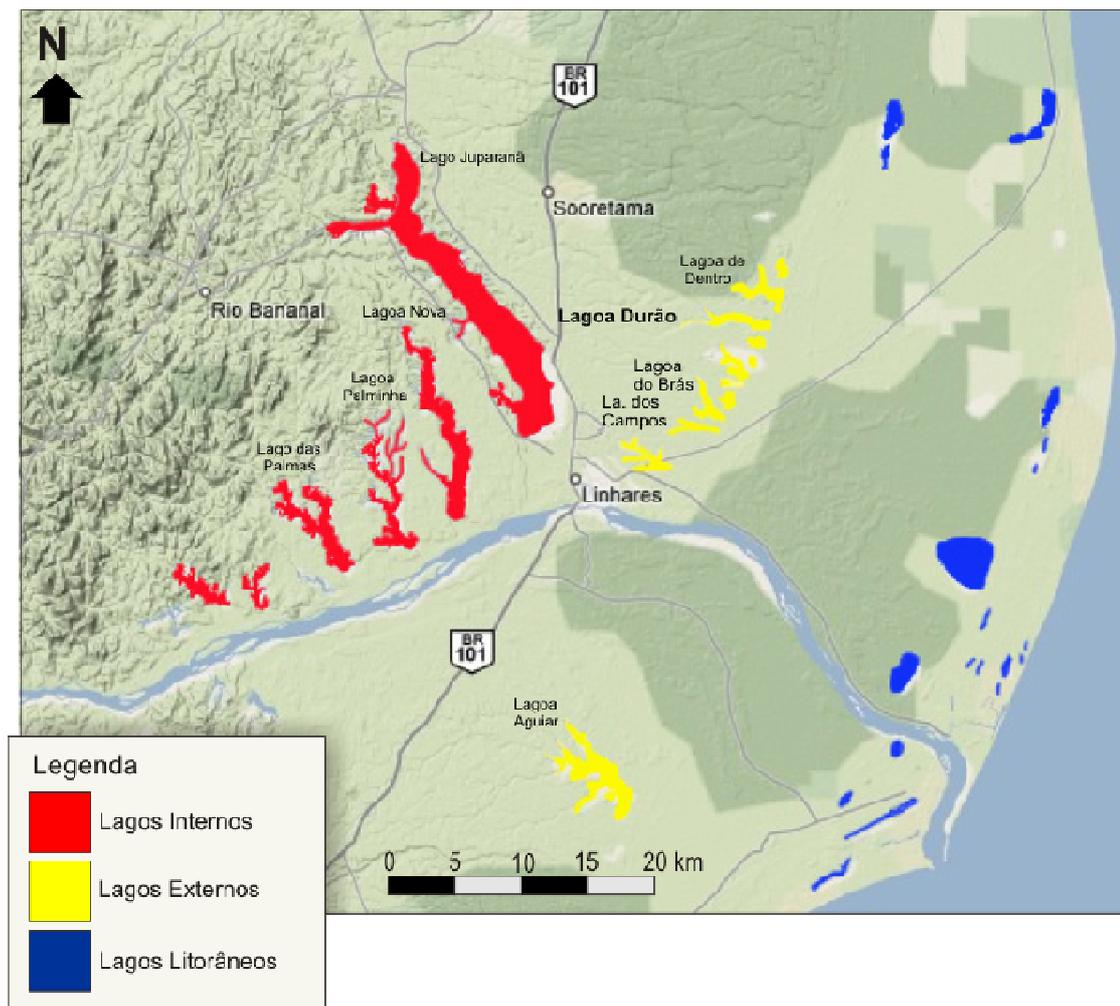


Figura 6- Conjuntos de lagos barrados do sistema lacustre do baixo vale do rio Doce (Fonte: *Maps Google*).

O primeiro conjunto, compostos por lagos situados sobre os tabuleiros terciários, com suas desembocaduras no domínio dos depósitos fluviais do rio Doce, são referidos como **lagos internos**, destacando-se as lagoas Juparanã, Nova, Palminhas e Palmas. Apresentam maiores dimensões e suas profundidades podem chegar a 45m (Borges, 2009). As bordas dos lagos internos são fortemente orientadas na direção NW-SE e suas desembocaduras barradas possuem orientação NE-SW. Estes lagos, com exceção do lago Juparanã, possuem forma dendrítica, caracterizados por contornos irregulares de suas margens.

O outro conjunto, os **lagos externos** (Figura 6), são compostos por lagos dispostos entre os terrenos terciários e a planície costeira quaternária. Possuem cerca de 1 a 10 km de extensão, com alinhamento em direções que variam entre NW-SE e WNW-ESE. Em especial, a lagoa Durão, objeto de estudo deste trabalho, se destaca diante dos demais lagos externos por sua acessibilidade e dimensão perante os outros lagos deste conjunto, possuindo cerca de 7 km de extensão.

Os lagos litorâneos situam-se no interior dos conjuntos de cristas praias holocênicas adjacentes à linha de costa, sugerindo que estes tenham evoluído diferentemente em relação aos lagos barrados, estando possivelmente associados às flutuações do nível do mar durante o Holoceno.

## 4-TRABALHOS ANTERIORES

### 4.1- Evolução quarternária das planícies costeiras brasileiras

Nos primeiros estudos efetuados em planícies associadas a importantes desembocaduras fluviais na costa brasileira, Bacoccoli (1971) classificou os depósitos litorâneos quaternários situados nos domínios dos rios Parnaíba, Jaguaribe, São Francisco, Jequitinhonha, Paraíba do Sul e do rio Doce na categoria de deltas dominados por ondas, adotando a definição de Scott & Fisher (1969), que teriam sido formados a partir da acreção lateral de cristas praias durante o Holoceno. Esta classificação de delta “altamente destrutivo” dominado por ondas foi inicialmente contestada por Dominguez *et al.* (1982a), sendo corroborado pelos trabalhos de Bittencourt *et al.* (1982), Dominguez *et al.* (1982b), Suguio *et al.* (1981) e Dominguez *et al.* (1983). Diferentemente de Bacoccoli (1971) e Bandeira Jr. *et al.* (1975), esses autores não atribuíram a formação das planícies costeiras brasileiras a processos deltaicos, entendendo que os rios mencionados anteriormente, não consistiriam na principal fonte das areias acumuladas em suas desembocaduras, e sim devido aos sedimentos retrabalhados na plataforma e lançados na região costeira pela ação da deriva litorânea.

Martin *et al.* (1993) propuseram um modelo de evolução das planícies costeiras brasileiras situadas entre Macaé (RJ) e Maceió (AL), no qual podem ser observados oito estágios distintos, que serão citados a seguir:

O **1º estágio** é atribuído ao período de sedimentação da Formação Barreiras (Plioceno), caracterizado por clima semi-árido, com presença de chuvas esporádicas, que teriam formado depósitos de leques aluviais nos sopés das encostas (Figura 7-1). O nível relativo do mar, neste período, encontrava-se abaixo

do nível atual, com os depósitos da Formação Barreiras recobrimdo grande parte da presente plataforma continental.

No **2º estágio**, caracterizado por clima consideravelmente mais úmido (Pleistoceno), teria cessado a deposição dos sedimentos continentais da Formação Barreiras, e ocorrido a Transgressão Antiga ou a antepenúltima transgressão. Nesta fase, a porção externa da Formação Barreiras foi parcialmente erodida, resultando em uma extensa linha de falésias (Figura 7-2).

No **3º estágio** o clima retoma as condições de semi-aridez, ocorrendo uma regressão marinha posterior ao máximo da Transgressão Antiga. Novos depósitos aluviais se formaram (Figura 7-3), distribuindo-se ao longo do sopé das falésias da Formação Barreiras.

O **4º estágio** corresponde ao máximo da Penúltima Transgressão (123.000 anos AP). Com o nível do mar mais elevado, os sedimentos continentais originados no estágio anterior e parte dos depósitos da Formação Barreiras foram parcialmente erodidos, ocorrendo o retrabalhamento das linhas de falésias formadas no segundo estágio. Nesta etapa, os vales fluviais foram afogados, dando origem a estuários e lagunas (Figura 7-4).

O **5º estágio** caracteriza-se por uma etapa de construção dos terraços litorâneos pleistocênicos, na subsequente regressão marinha que se seguiu após a Penúltima Transgressão, formando cristas praias progradantes (Figura 7-5).

O **6º estágio** correspondente a uma fase de dissecação dos terraços pleistocênicos e dos depósitos da Formação Barreiras, pois o nível do mar voltou a subir, alagando as planícies costeiras pleistocênicas durante a Última Transgressão em 5.100 anos AP, como demonstrado na curva de flutuações do nível do mar da Figura 8. Estabeleceu-se nesta fase um conjunto de ilhas-barreiras (Figura 7-6).

Com o isolamento provocado por estas ilhas-barreiras, as áreas protegidas do mar aberto foram ocupadas por lagunas de dimensões consideráveis.

No **7º estágio** as lagunas formadas no estágio anterior foram assoreadas por deltas intralagunares, com canais distributários dispostos segundo o padrão pé-de-passaro (Figura 7-7). Este assoreamento levou ao desenvolvimento de pântanos e turfeiras nas planícies costeiras.

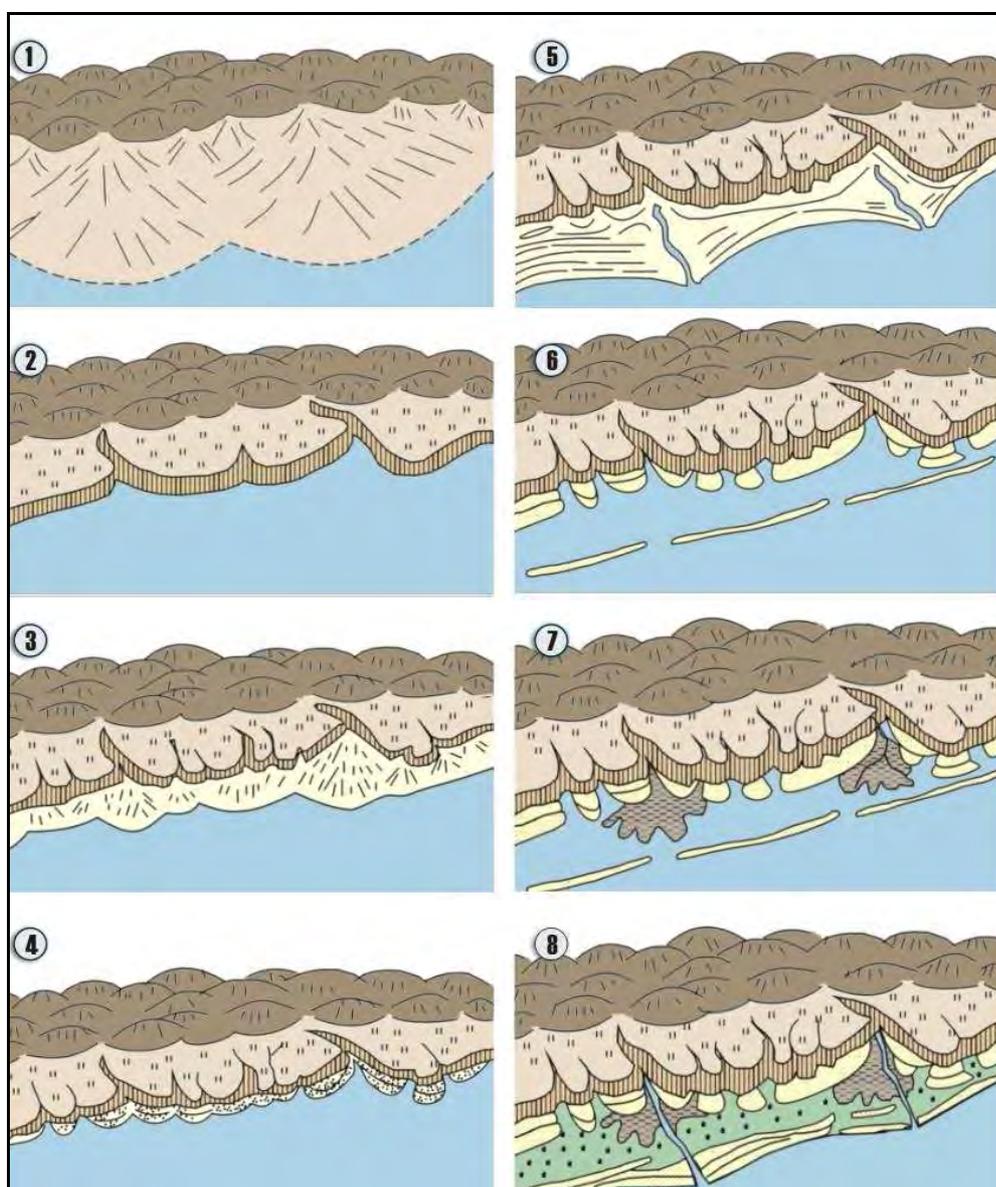


Figura 7 - Modelo de evolução das planícies costeiras brasileiras, com os diferentes estágios evolutivos, segundo Martin *et al.* (1993 *in* Hatushika, 2005).

Por último, o **8º estágio** é caracterizado pelo rebaixamento do nível do mar após o máximo transgressivo de 5.100 anos AP, formando os terraços marinhos holocênicos a partir das ilhas-barreiras originais (Figura 7-8).

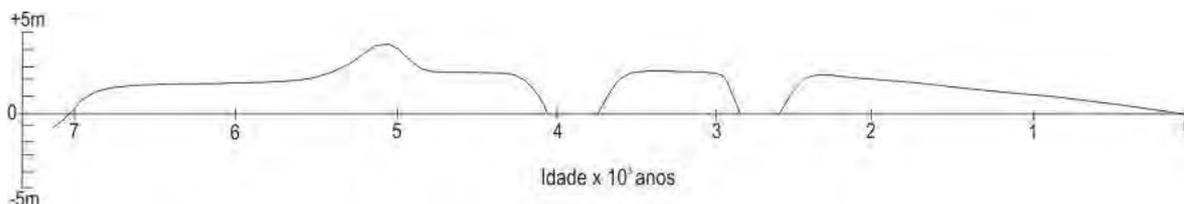


Figura 8 - Curva de variação do nível do mar durante o Holoceno na costa do Espírito Santo (Martin *et al.*, 1997).

#### 4.2- Origem do Sistema de Lagos do Baixo Vale do Rio Doce

Diversos trabalhos foram realizados para o estudo da planície costeira do rio Doce, mas acerca da origem e evolução do sistema de lagos na região ainda são bastante reduzidos.

Suguió & Kohler (1992) atribuíram a possível barragem das desembocaduras destes lagos às flutuações do nível do mar durante o Quaternário. Segundo estes autores, a origem dos lagos iniciou-se com a forte dissecação de antigos tributários do rio Doce durante o máximo da Última Glaciação (entre 15.000 e 18.000 anos AP). Esses vales teriam sido escavados por mais de 100 m abaixo do nível do mar atual, o que explicaria, desta maneira, as elevadas profundidades encontradas na lagoa das Palmas, com cerca de 45 metros de profundidade, e na lagoa Nova, chegando a 32 m de profundidade. Em seguida, com a tendência de subida do nível relativo do mar, atingindo entre 4 e 5 metros acima do nível marinho atual em 5.100 anos AP, os principais tributários do rio Doce teriam sido afogados, formando ambientes

estuarinos e lagunares. Suguio & Kohler (1992) associaram o afogamento destes antigos vales e a colmatção de lamas estuarinas sobre a superfície escavada à possível barragem destes paleotributários, originando o sistema de lagos do baixo vale do rio Doce.

No furo de sondagem PRD-20, posicionado a 2 km a oeste da cidade de Linhares (ES), sobre a desembocadura do Lago Juparanã (Figura 9), descrito por Bandeira Jr. *et al.* (1975), foram reconhecidos 10 a 15 metros de depósitos fluviais indiferenciados sobre 45 a 50 metros de lamas estuarinas, ricas em organismos marinhos.

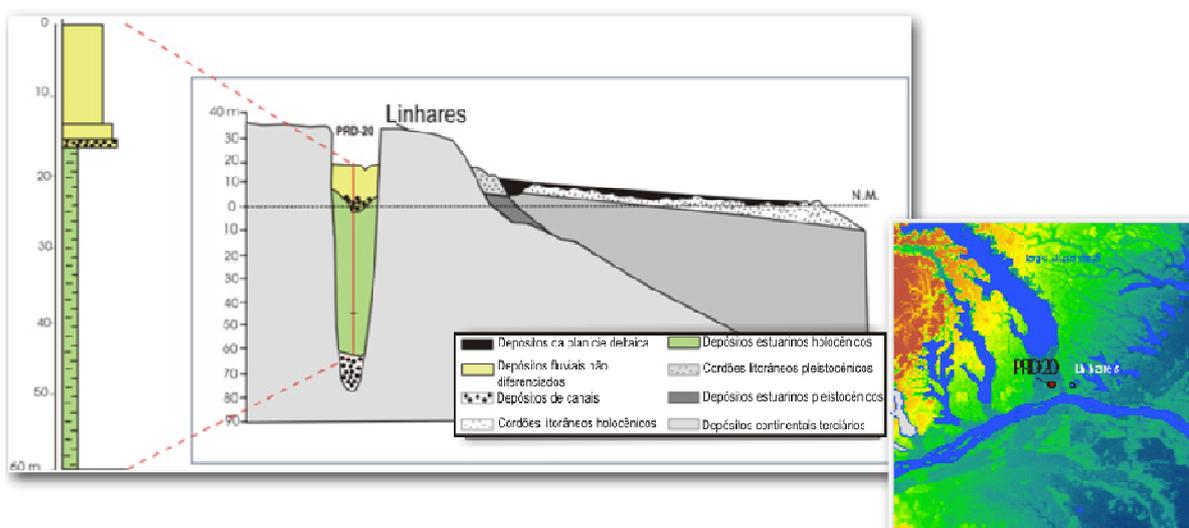


Figura 9 - Furo PRD-20 (Bandeira Jr. *et al.*, 1975), localizado na desembocadura do lago Juparanã, onde o paleocanal escavado foi preenchido por sedimentos estuarinos durante a última transgressão, superpostos por depósitos fluviais (modificado de Suguio & Kohler, 1992).

Hatushika (2005) e Hatushika *et al.* (2005), em estudos realizados no lago Juparanã, associaram a origem e evolução deste sistema de lagos não só às variações do nível do mar ocorridas durante o Quaternário, mas também à atuação de movimentos neotectônicos, identificando dois principais regimes de tensões que

formaram correlacionados às principais fases tectônicas descritas na literatura, permitindo o posicionamento cronológico das estruturas tectônicas quaternárias reconhecidas.

O regime tectônico mais antigo identificado foi o regime de transcorrência dextral E-W, com distensão máxima na direção NE-SW e compressão SE-NW, onde planos de falha normais dextrais ESE-WNW, dextrais E-W a ENE-WSW e sinistrais normais N-S a NNW-SSE afetam sedimentos pleistocênicos e terciários em afloramentos adjacentes às margens do lago Juparanã. Falhas com orientação NW, associadas a este regime, podem ter controlado a escavação do “vale Juparanã” e, posteriormente, sua dinâmica de sedimentação, resultando no alinhamento do lago Juparanã e dos demais lagos internos barrados e na assimetria batimétrica próximo à borda oeste do lago (Figura 10). Este regime foi correlacionado à fase de transcorrência dextral E-W identificada por Riccomini (1989) e Salvador & Riccomini (1995), na região do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), e Mello (1997), no médio vale do rio Doce (MG), de idade Pleistoceno final a Holoceno inicial.

O segundo regime identificado, mais recente, foi o de distensão NW-SE, com planos de falha normais com orientação NE e ENE afetando depósitos terciários e quaternários. Foi associado à fase distensiva holocênica identificada por Riccomini (1989) e Mello (1997), no RCSB e no médio vale do rio Doce (MG), respectivamente. Esse evento neotectônico holocênico está associado aos lineamentos NE, podendo estar intimamente ligado à barragem do lago Juparanã e dos demais lagos internos.

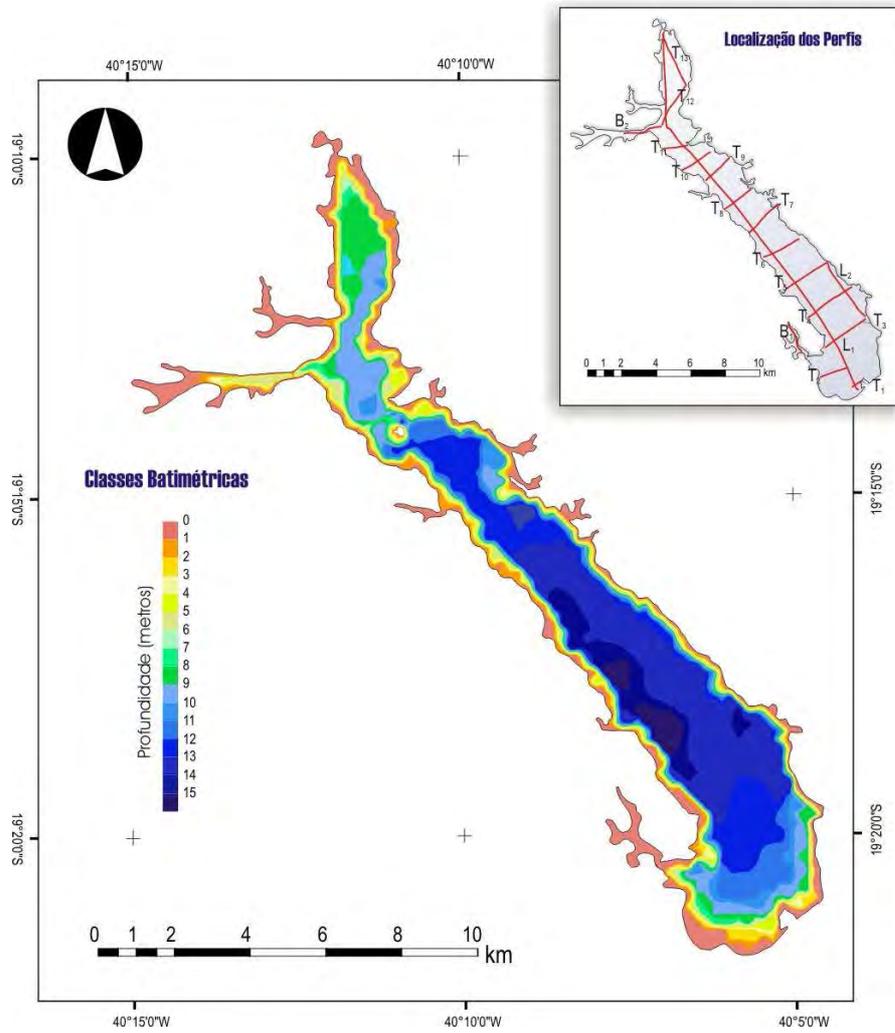


Figura 10 - Mapa batimétrico do lago Juparanã, mostrando a assimetria batimétrica, com as maiores profundidades próximo à borda oeste do lago (Hatushika, 2005).

## 5- METODOLOGIA

### 5.1- Levantamento Sísmico na Lagoa Durão

O levantamento geofísico foi feito com um equipamento sísmico de alta resolução, com o apoio e orientação do Professor Dr. Cleverton Guizan Silva, do Depto. Geologia da Universidade Federal Fluminense (LAGEMAR/ UFF), que disponibilizou e operou o equipamento sísmico durante a etapa de aquisição dos dados.

Foram levantados 27 perfis sísmicos, seguindo um padrão transversal e longitudinal ao longo da lagoa Durão (Figura 11).

As seções sísmicas permitiram a interpretação e a análise sismoestratigráfica, realizadas posteriormente em gabinete. Como subproduto foram efetuadas análises batimétricas, com o objetivo de reconhecer a morfologia de fundo da lagoa Durão.

#### 5.1.1- Equipamento Utilizado

O equipamento opera a uma frequência de 10 kHz, alimentado por uma bateria de 24 V. Os pulsos elétricos são gerados pela unidade de controle (*sensor unit*), como ilustrado na Figura 12, onde o sinal é amplificado e enviado para o transdutor que opera com a potência 300 W, sendo este último o transmissor e receptor das ondas sonoras, simultaneamente (Figuras 13 e 14). A comutação dos dados junto ao *laptop*, a tensão de alimentação e a transmissão/recepção do sinal enviado pelo transdutor são realizados por diferentes interfaces da unidade de controle, através de três cabos distintos.

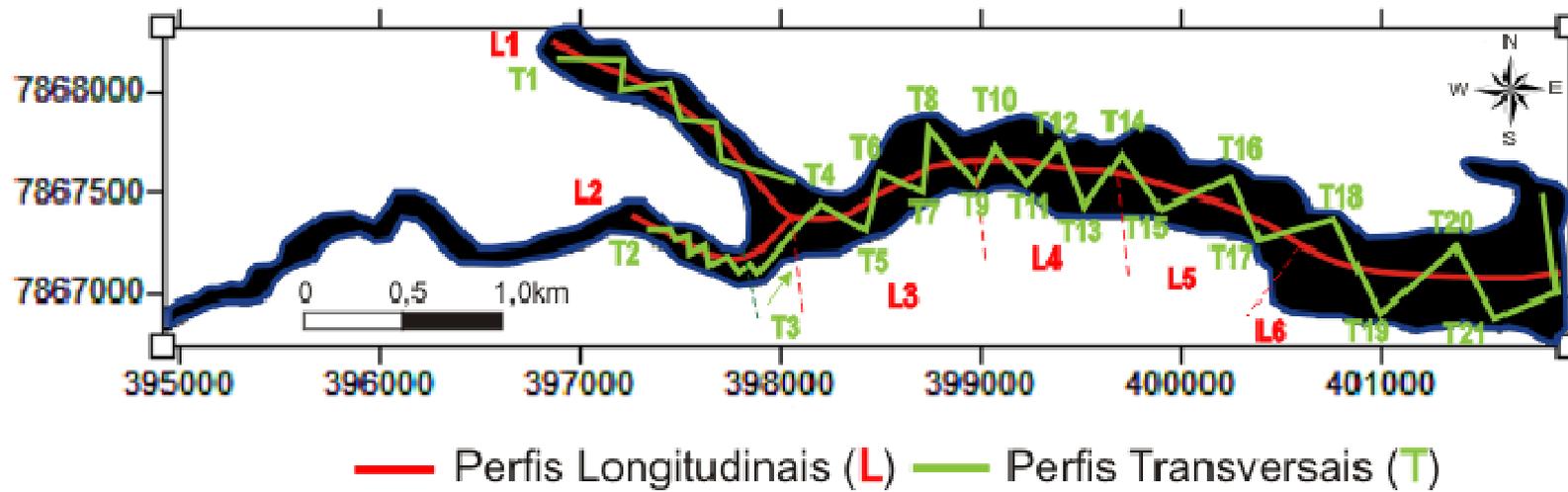


Figura 11- Mapa de localização dos perfis sísmicos levantados na lagoa Durão.

Segundo o fabricante deste equipamento, dependendo do tipo de substrato, o imageamento dos estratos pode alcançar uma resolução de até 6 cm, em uma espessura máxima de 40 m de sedimentos. Entretanto, na prática, a espessura máxima alcançada foi em torno de 2 metros de sedimentos, a partir do fundo do lago, devido à elevada atenuação causada por um refletor de alta amplitude, responsável pela absorção de quase toda energia da onda sísmica transmitida pela fonte e pela ausência de reflexão em materiais homogêneos.

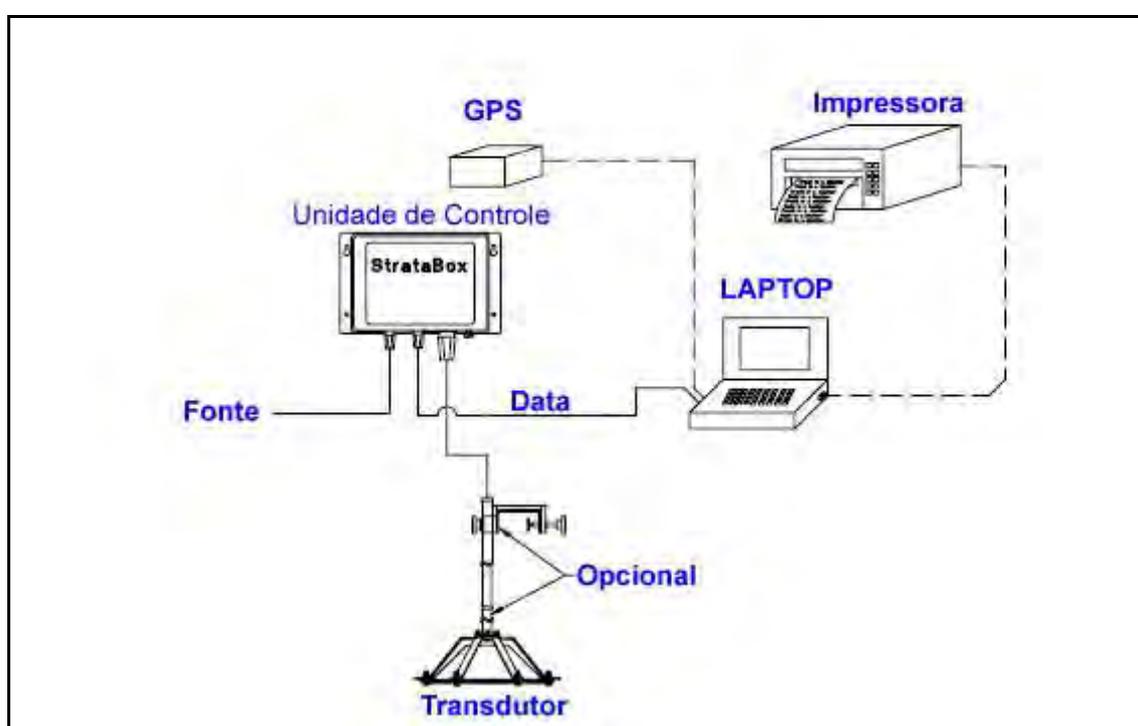


Figura 12 - Esquema de funcionamento do equipamento.

Os dados são transferidos para um *laptop*, que, com a utilização do *software* do próprio equipamento, permite a visualização e registro das seções sísmicas. Para o posicionamento das linhas sísmicas foi utilizado o GPS (modelo E-Trex, do fabricante Garmin).

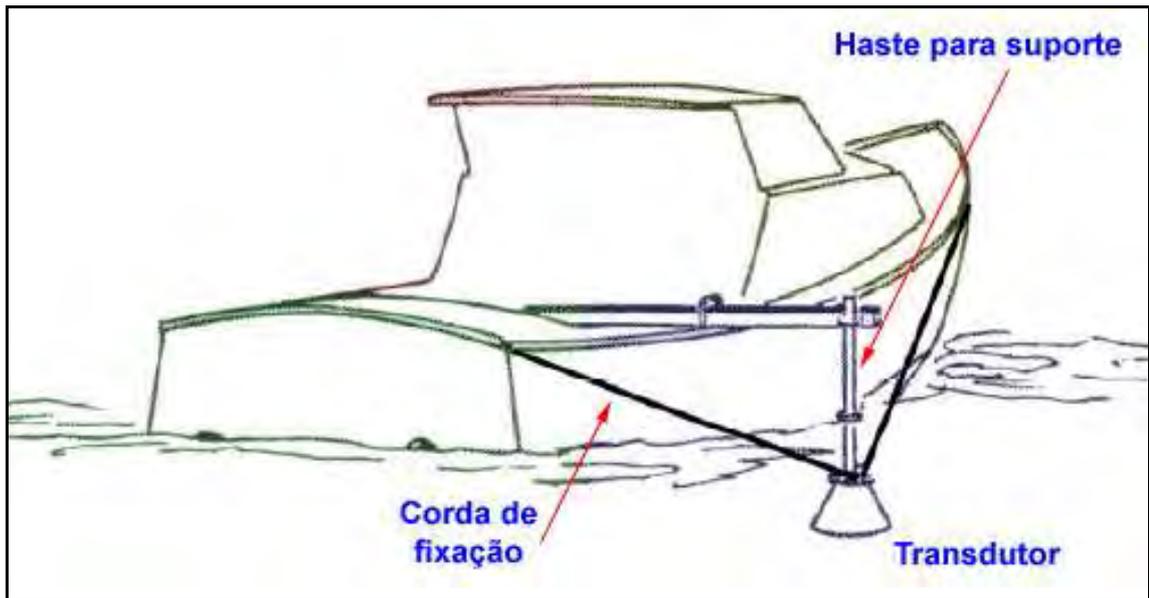


Figura 13 - Configuração da instalação do transdutor no barco.

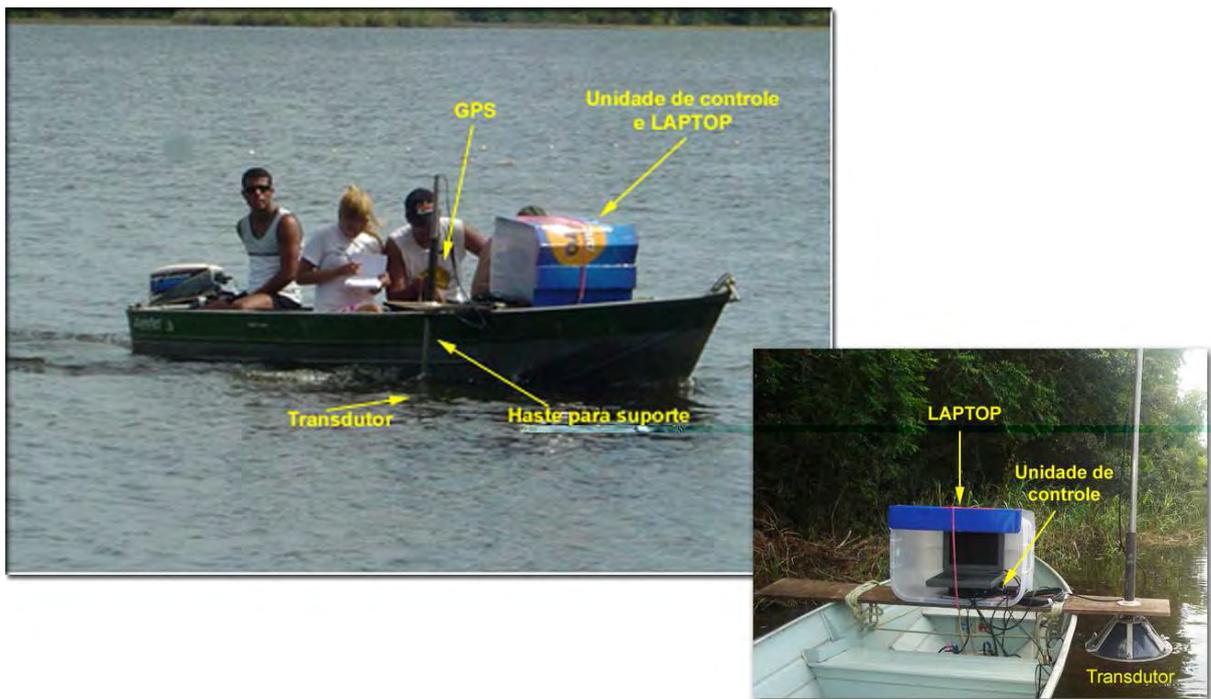


Figura 14 - Configuração dos equipamentos utilizados no levantamento sísmico na lagoa Durão.

### 5.1.2- Processamento e Montagem dos Perfis Sísmicos

O *software* do próprio equipamento *StrataBox™* apresenta o registro sísmico na forma da seção sísmica pronta, no mesmo instante em que o dado é coletado.

Este programa, porém, não permite a saída dos dados em um programa computacional de interpretação sísmica, nem a extração gráfica da seção pronta. O procedimento adotado neste trabalho para a recuperação dos perfis sísmicos foi a captura das imagens projetadas na tela do computador, a partir da visualização da seção adquirida no campo pelo mesmo *software* utilizado no levantamento sísmico. Posteriormente, estas imagens foram montadas digitalmente, utilizando-se o programa computacional *CorelDraw® X3*.

O método utilizado não necessitou de processamentos sísmicos para a elaboração das seções sísmicas, visto que o resultado do registro dos dados é representado por uma seção sísmica sequenciada, com a escala vertical já fornecida em metros pelo *software*. Porém, foi necessária a montagem das seções sísmicas, para que estas fossem devidamente interpretadas.

A interpretação das seções sísmicas foi realizada no programa *CorelDraw® X3*, sendo tratadas e finalizadas neste mesmo programa.

Para o controle do posicionamento das linhas em planta, utilizou-se o aplicativo *ArcMap* do *software ArcGis™ 9.3*.

Sinais indesejáveis, como ruídos e múltiplas, não foram eliminados da linha sísmica, dificultando parte da interpretação das reflexões sísmicas.

## 5.2- Análise Sismoestratigráfica

### 5.2.1- Sismoestratigrafia

A sismoestratigrafia ou estratigrafia sísmica é um método estratigráfico de interpretação de dados sísmicos, que permite uma melhor compreensão da evolução tectono-sedimentar de uma bacia.

Os parâmetros utilizados para a interpretação sismoestratigráfica neste estudo seguem aqueles propostos por Mitchum *et al.* (1977), sendo eles: as configurações dos refletores sísmicos, amplitude das reflexões e continuidade dos traços sísmicos.

#### 5.2.1.1- Reflexão Sísmica

A reflexão sísmica é o registro do tempo de percurso (ida e volta) de ondas sísmicas geradas artificialmente na superfície e refletidas em interfaces físicas das rochas (Severiano Ribeiro, 2001). Essas interfaces demarcam o contraste de impedância acústica (relação densidade-velocidade, segundo a Equação 1) entre dois meios distintos, atribuídas a litologias distintas ou discontinuidades físicas, impostas por superfícies estratigráficas, como discordâncias erosivas ou superfícies estratais.

$$I = \rho V$$

(Equação 1)

I- Impedância Acústica

$\rho$ - Densidade

V- Velocidade

### 5.2.2- Sismossequências e Padrão de Terminação dos Refletores Sísmicos

Segundo Mitchum *et al.* (1977), uma sismossequência (ou sequência sísmica) consiste em um conjunto de refletores concordantes separados por superfícies de descontinuidades indicadas por terminações sísmicas.

Os padrões de terminação de refletores sísmicos mais utilizados na interpretação sismoestratigráfica estão ilustrados na Figura 15, onde estes parâmetros definem os limites superiores e inferiores das sismossequências.

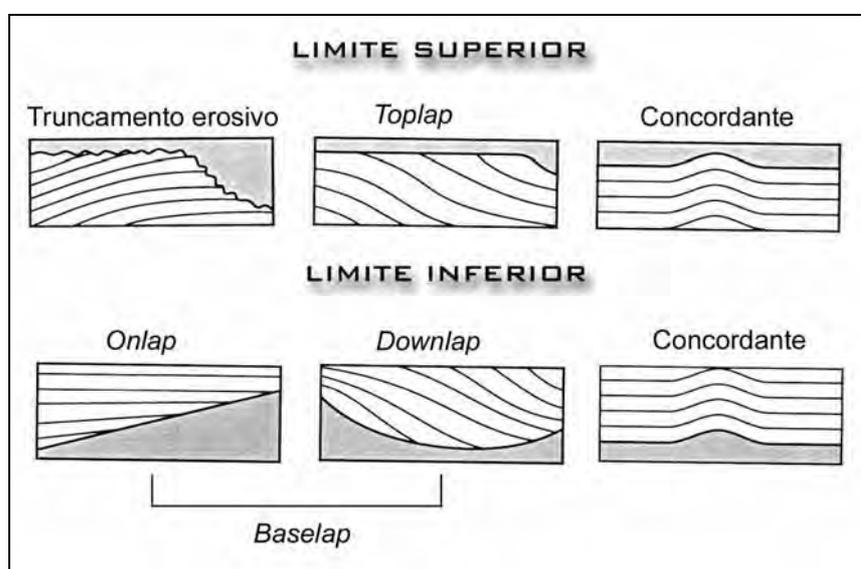


Figura 15 - Principais padrões de terminação de refletores sísmicos utilizados na interpretação sismoestratigráfica (modificado de Severiano Ribeiro, 2001).

### 5.2.3- Sismofácies

A análise de fácies sísmicas ou sismofácies, de acordo com Mitchum *et al.* (1977), consiste no reconhecimento dos padrões de refletores sísmicos dentro de sismossequências, sendo que a organização e a geometria interna destes elementos, identificados em seções sísmicas, implicam em diferentes significados geológicos, específicos para cada configuração de reflexões sísmicas.

Algumas sismofácies sugeridas por Mitchum *et al.* (1977) estão exemplificadas na Figura 16.

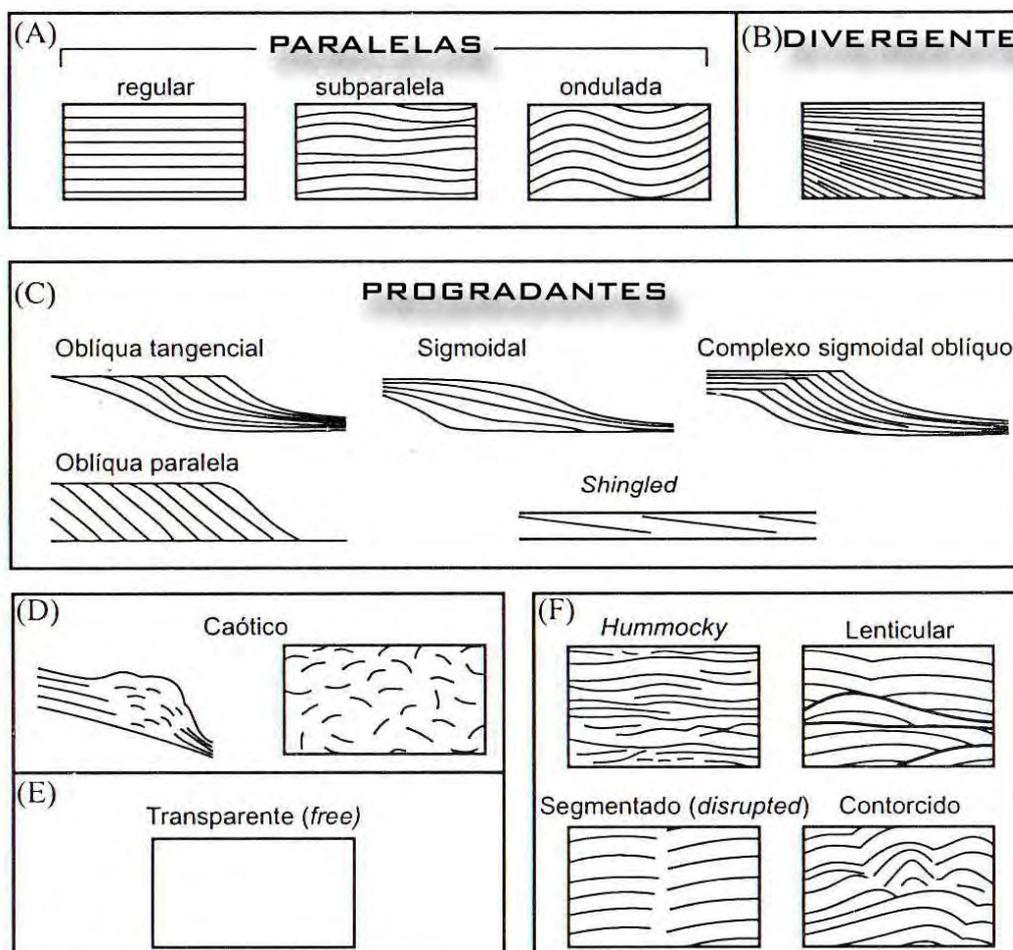


Figura 16 - Configuração das principais sismofácies (modificado de Severiano Ribeiro, 2001).

As fácies sísmicas identificadas foram atribuídas aos possíveis processos de sedimentação na lagoa Durão, sendo individualizadas em sismossequências, limitadas pelas superfícies estratigráficas identificadas nas seções sísmicas. Estas superfícies estratigráficas foram hierarquizadas entre si segundo relações estratigráficas e pelas terminações de seus refletores sísmicos.

### **5.3- Análise Batimétrica**

Os registros sísmicos obtidos na lagoa Durão guardam informações referentes ao posicionamento do ponto, fornecido pelo GPS, e à profundidade do fundo lacustre, definido pelo dado sísmico.

Com a extração destas informações diretamente para uma tabela montada com o aplicativo *Excel*, foi possível importá-las para o software *Surfer® 8.0*, possibilitando a elaboração de curvas e superfícies a partir de pontos com valores altimétricos definidos, através de interpolações por diferentes métodos estatísticos. Foi gerado também um modelo digital de elevação a partir do software *Fledermaus*.

Desta forma, foi possível determinar as curvas de profundidade do fundo do lago, separadas entre si por intervalos batimétricos de 0,4 metros, definindo o mapa batimétrico da lagoa Durão.

O mapa batimétrico e o modelo digital de elevação foram tratados e finalizados no programa *CorelDraw®X3*.

### **5.4- Descrição dos depósitos em subsuperfície**

Para a investigação dos depósitos em subsuperfície, foram selecionados cinco pontos para a realização de sondagens utilizando o método a percussão, com objetivo de identificar e descrever as unidades estratigráficas quaternárias na Lagoa Durão. Quatro pontos estão situados no interior da lagoa e um encontra-se localizado no vale fluvial que desemboca próximo a sua cabeceira.

As ferramentas utilizadas para a realização das sondagens foram: tripé com roldanas; guincho mecânico; trado; hastes; barriletes amostradores e peças para cravação deste; martetele e guia; tubos de alumínio com 6cm de diâmetro; metro ou trena; sacos plásticos e etiquetas para identificação das amostras. No caso dos

testemunhos coletados no interior a lagoa, foi improvisada uma plataforma com a utilização de uma balsa (Figura 17).



Figura 17 - Balsa e alguns equipamentos utilizados na realização das sondagens na lagoa Durão.

A descrição dos sedimentos coletados foi feita no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geologia da UFRJ, destacando os seguintes aspectos: granulométrica, cor, estruturas sedimentares e presença de restos orgânicos.

Em um dos testemunhos coletados, foi feito também um teste para verificar a presença de foraminíferos, com a orientação da Prof<sup>a</sup>. Claudia Gutterres Vilela (Depto. Geologia, IGEO/UFRJ) e de sua aluna de mestrado Fabiana Karla de Almeida.

## 6- RESULTADOS

### 6.1- Análise Sismoestratigráfica na lagoa Durão

Das 27 (vinte e sete) seções sísmicas efetuadas, 8 (oito) serão apresentadas neste trabalho como representativas das principais feições encontradas na lagoa Durão – ANEXO Apêndice I. Foram escolhidas 4 linhas sísmicas longitudinais (L3, L4, L6 e L6) e 4 linhas sísmicas transversais (T8, T14, T20 e T21).

#### 6.1.1- Sismofácies

Na análise sismoestratigráfica realizada na lagoa Durão foram identificadas três sismofácies distintas, além de quatro superfícies estratigráficas, que foram associadas aos limites de três sismossequências.

A **sismofácies Sp** é representada por refletores contínuos, paralelos a subparalelos, de média a baixa amplitude (Figura 18-b). Ocorre recobrimdo uma superfície irregular bem destacada, apresentando terminações em *onlap* sobre esta superfície. Esta configuração é associada a depósitos lacustres com acamamento horizontal, onde os refletores de baixa a média amplitude foram atribuídos a sedimentos lamosos.

Encontrada em quase todas as seções sísmicas estudadas, a **sismofácies Sb** é representada por uma faixa de alta amplitude que impede a visualização das camadas subjacentes (Figura 18-a). Ocorre sempre em um nível estratigráfico definido, a aproximadamente 0,5 (meio) metro abaixo do fundo do lacustre, em associação com as sismofácies Sp ou St. Também ocorre de forma mais descontínua, como pequenos bolsões, em níveis um pouco abaixo do que usualmente é encontrada.

Caracterizada pela ausência de refletores sísmicos, **a sismofácies St** (Figura 18) refere-se à fácies sísmica transparente (*reflection free*) de Mitchum *et al.* (1977). Segundo este autor, essa sismofácies indica litologias homogêneas para o método sísmico, além de pacotes sedimentares não estratificados e camadas intensamente redobradas com alto ângulo de mergulho. Neste estudo, esta sismofácies foi interpretada como pacotes homogêneos de sedimentos arenosos e lamosos.

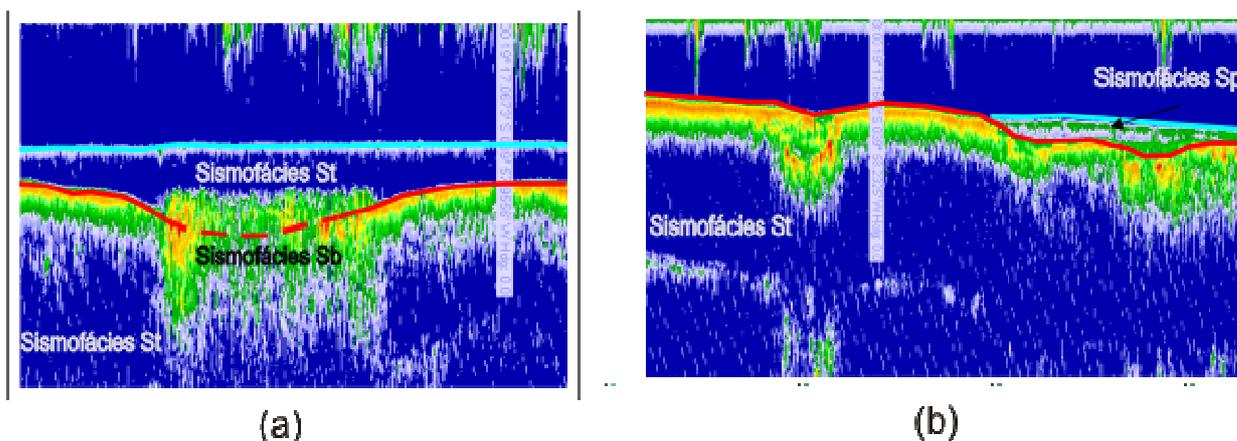


Figura 18 – Trecho da linha sísmica longitudinal L3 mostrando as sismofácies identificadas na lagoa Durão. (a) Sismofácies St e Sb. (b) Sismofácies St e Sp.

#### 6.1.2- Superfícies Estratigráficas e Sismoseqüências

Foram reconhecidas quatro superfícies estratigráficas, hierarquizadas distintamente. Três definidas por refletores de média a alta amplitude, e uma representada por refletor de baixa amplitude.

A superfície **S1** é definida pelo forte refletor com mergulho acentuado presente nas bordas da lagoa Durão (Figura 19). Abaixo desta superfície, não foram encontrados refletores sísmicos, devido à sismofácies St. Esta superfície foi relacionada aos depósitos da Formação Barreiras.

A superfície **S2** também é definida por refletor de alta amplitude, com terminação lateral sobre a superfície mais antiga (S1). Esta superfície, bastante irregular, é identificada abaixo dos refletores da sismofácies Sp e St (Figura 19). São

observados padrões de terminações em *onlap* sobre esta superfície, a partir de refletores referentes às sismofácies Sp.

A superfície **S3** foi definida na desembocadura da lagoa, sendo representada por refletor de média amplitude com geometria convexa e ondulada (Figura 20).

Um refletor de baixa a média amplitude que recobre grande parte do fundo da lagoa, presente acima da sismofácies St, foi denominado de superfície **S4** (Figura 19 e 20). Esta superfície representa o limite superior da sedimentação lacustre.

A superfície **S2** define o limite inferior de uma unidade sísmica ou sismossequência, denominada de sismossequência **C**, cujo padrão de sismofácies St e Sb é predominante (Figura 19 e 20). O limite superior desta sismossequência é representado pela superfície **S4**, normalmente associada ao fundo do lago.

A superfície **S3** está sendo interpretada neste trabalho, como limite de possíveis cordões arenosos, representado pela sismossequência **A** (Figura 20).

Embora não tenha sido possível observar refletores sísmicos entre a superfície S1 e S2, foi definida uma terceira sismossequência (sismossequência **B**), atribuída a depósitos arenosos subjacentes aos sedimentos lacustres (Figura 19). Estes depósitos arenosos foram relacionados à sismofácies St (*reflection free*), responsáveis pela diminuição do contraste de impedância acústica pela onda sísmica.

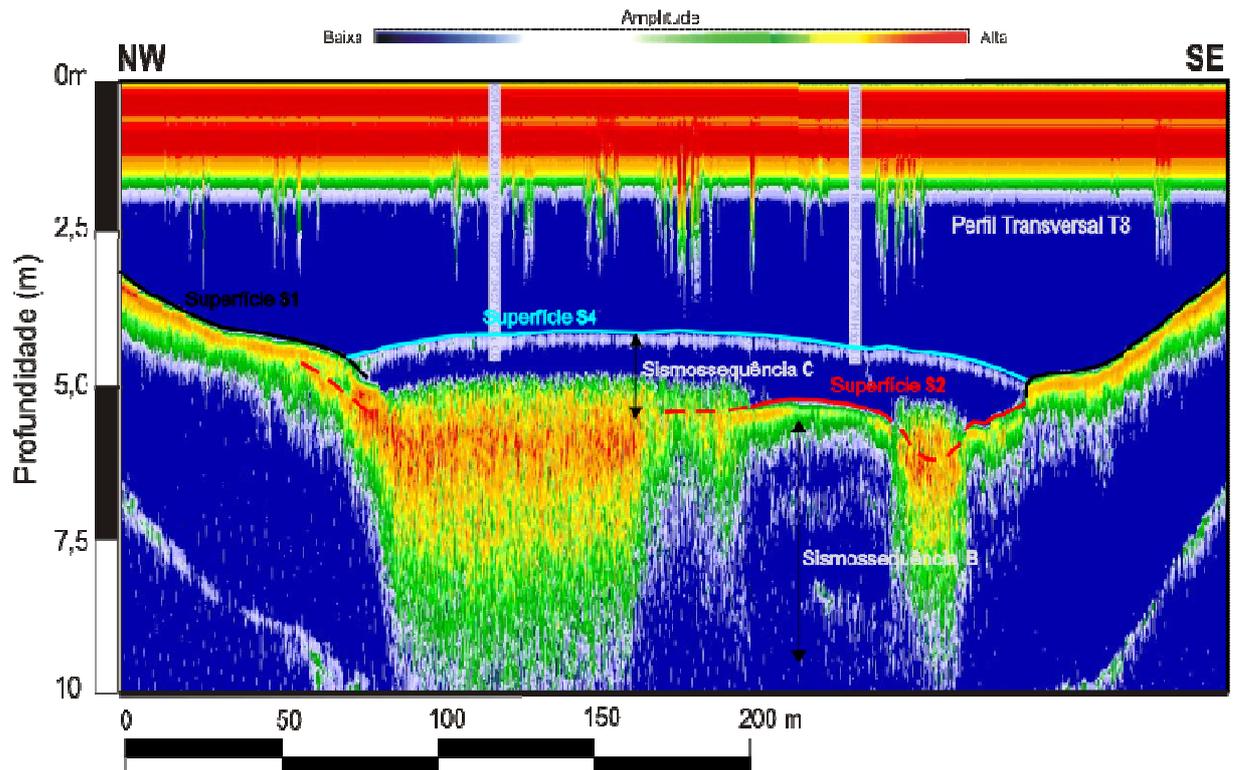


Figura 19 – Linha sísmica transversal T8 mostrando as superfícies e sismossequências identificadas.

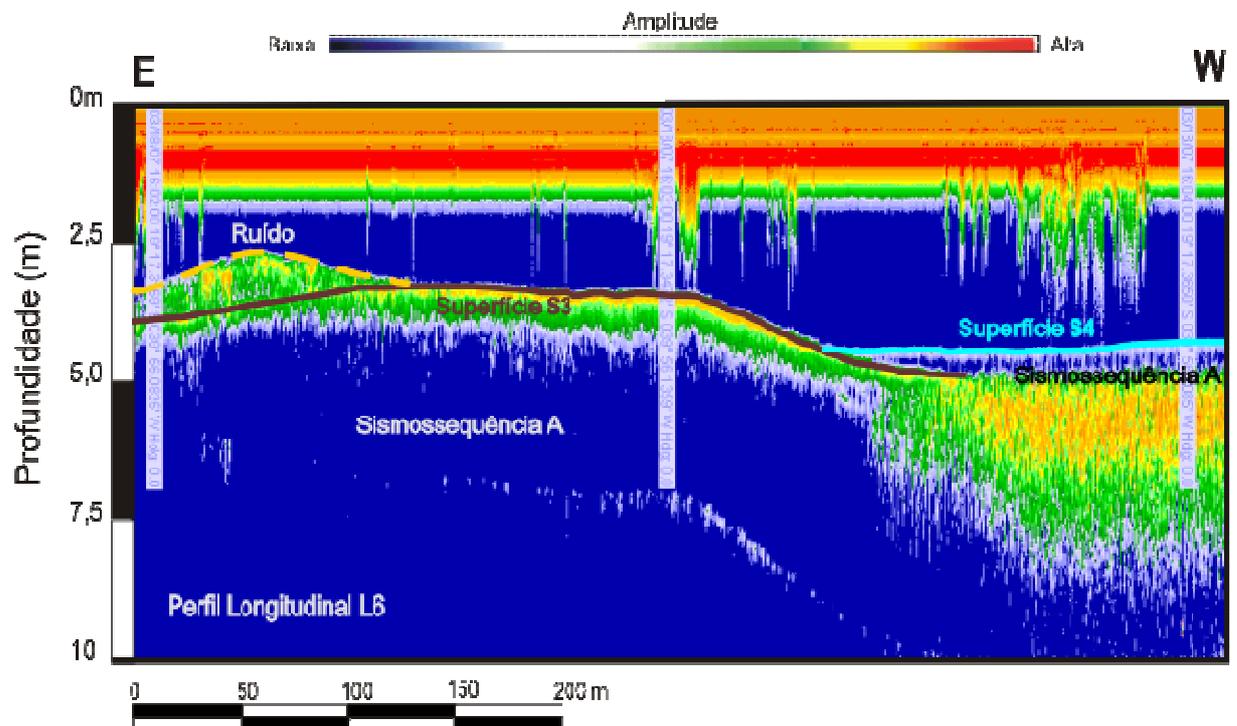


Figura 20 – Linha sísmica longitudinal L6 mostrando as superfícies e sismossequências identificadas.

## 6.2- Caracterização Batimétrica

Como subproduto da aquisição sísmica, foi gerado um mapa batimétrico que permitiu a caracterização da morfologia do fundo da lagoa Durão. Este mapa encontra-se na Figura 21.

A lagoa Durão encontra-se orientada na direção W-E, possuindo aproximadamente 7km extensão. Apresenta um contorno retilíneo que se estende desde sua desembocadura, bifurcando-se em dois braços distintos na porção de sua cabeceira.

Em geral, possui profundidades médias em torno de 4 metros, chegando a profundidades superiores a 6 m, em um trecho entre a porção central e a desembocadura da lagoa. A região da desembocadura apresenta profundidades mais rasas, em torno de 2 metros, como é possível observar no modelo digital na Figura 22.

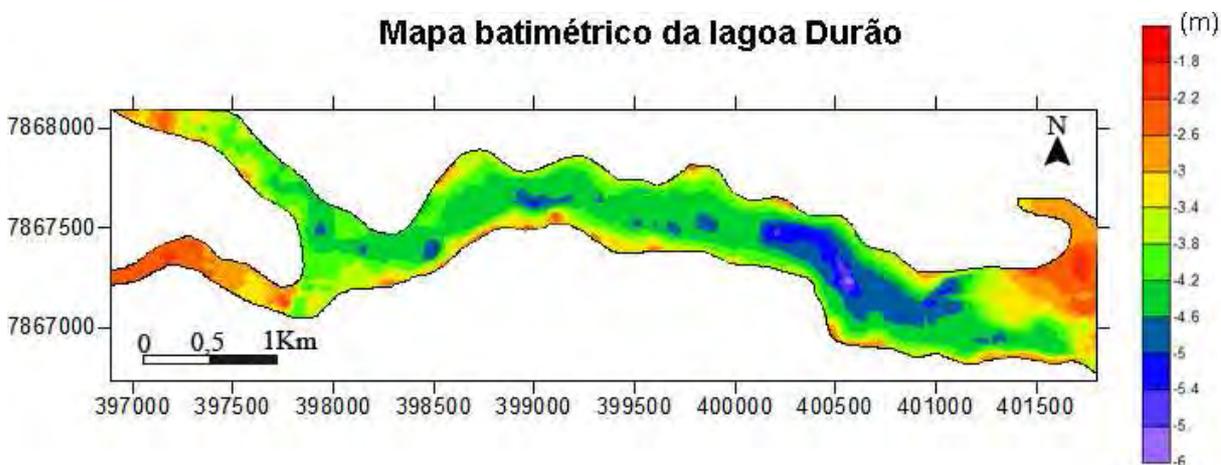


Figura 21– Mapa batimétrico da lagoa Durão.

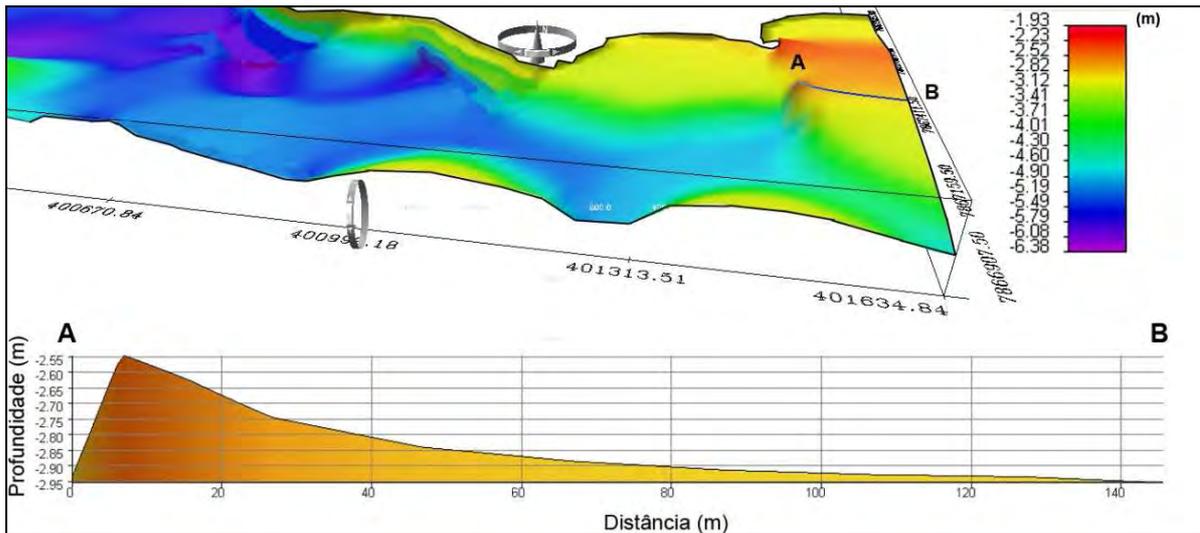


Figura 22– Modelo digital da batimetria na região da desembocadura da lagoa Durão.

### 6.3- Caracterização dos depósitos em subsuperfície

#### 6.3.1- Sondagem LD 01

A sondagem LD 01 foi realizada na região da desembocadura (Figura 23), próximo à planície costeira quaternária. A relação desta sondagem com as unidades sismoestratigráficas pode ser visualizada na linha sísmica longitudinal L6 (Figura 24).

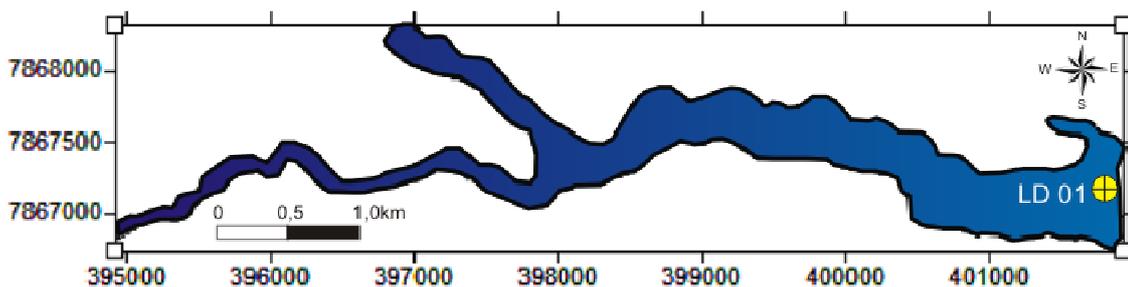


Figura 23 - Localização da sondagem LD-01 na lagoa Durão.

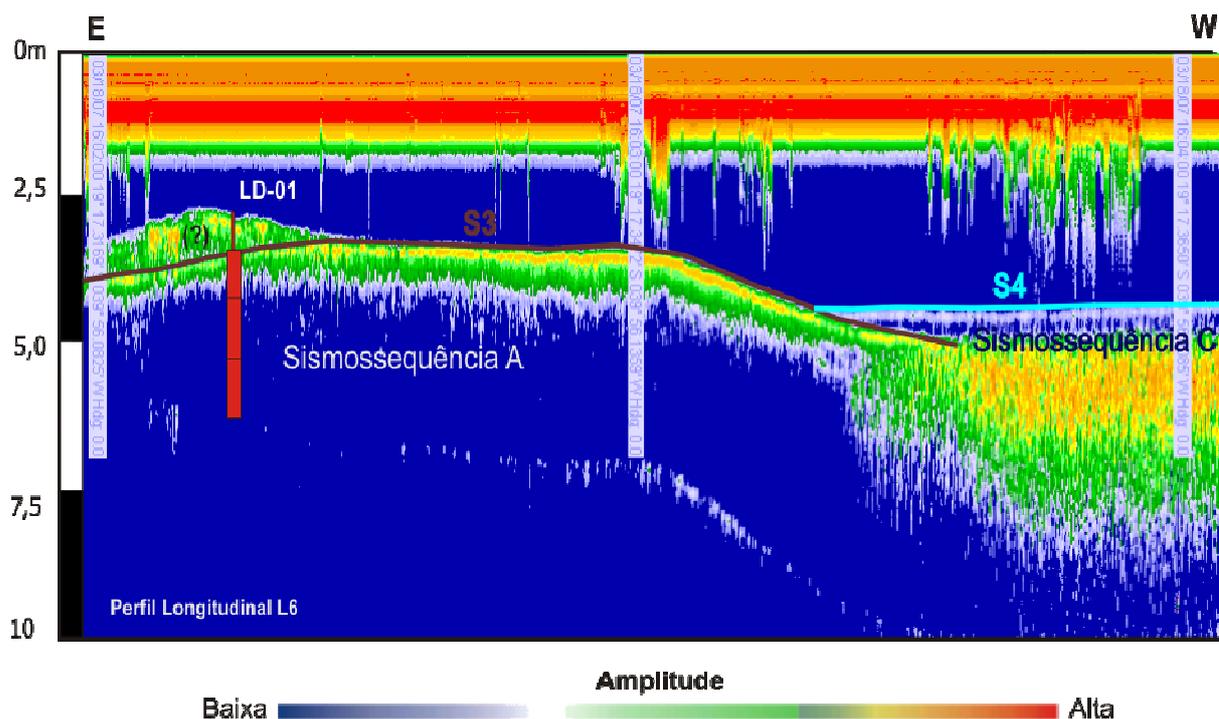
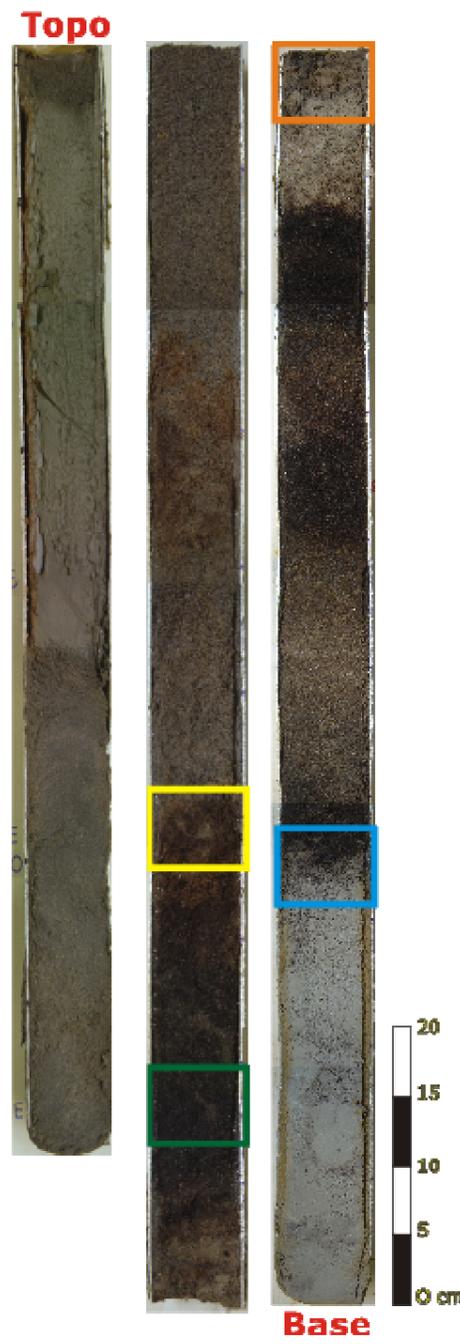


Figura 24 - Posicionamento da sondagem LD-01 na linha sísmica longitudinal L6.

Foram coletados 281,5 cm de sedimentos (Figura 25, Anexo Apêndice II), sendo estes caracterizados por um material argiloso acinzentado na parte superior (aproximadamente 50 cm), seguido por dois pacotes arenosos distintos de coloração amarronzada, com abundante presença de grânulos e seixos, mal selecionados e frequentemente bioturbados. Os aspectos sedimentológicos observados nestes pacotes arenosos são correlacionáveis à descrição dos cordões pleistocênicos feita por Martin *et al.* (1997). Na base da sondagem, observa-se uma argila acinzentada com aproximadamente 40 cm de espessura, bastante compacta, a qual foi responsável pela interrupção da investigação.

# LD-01

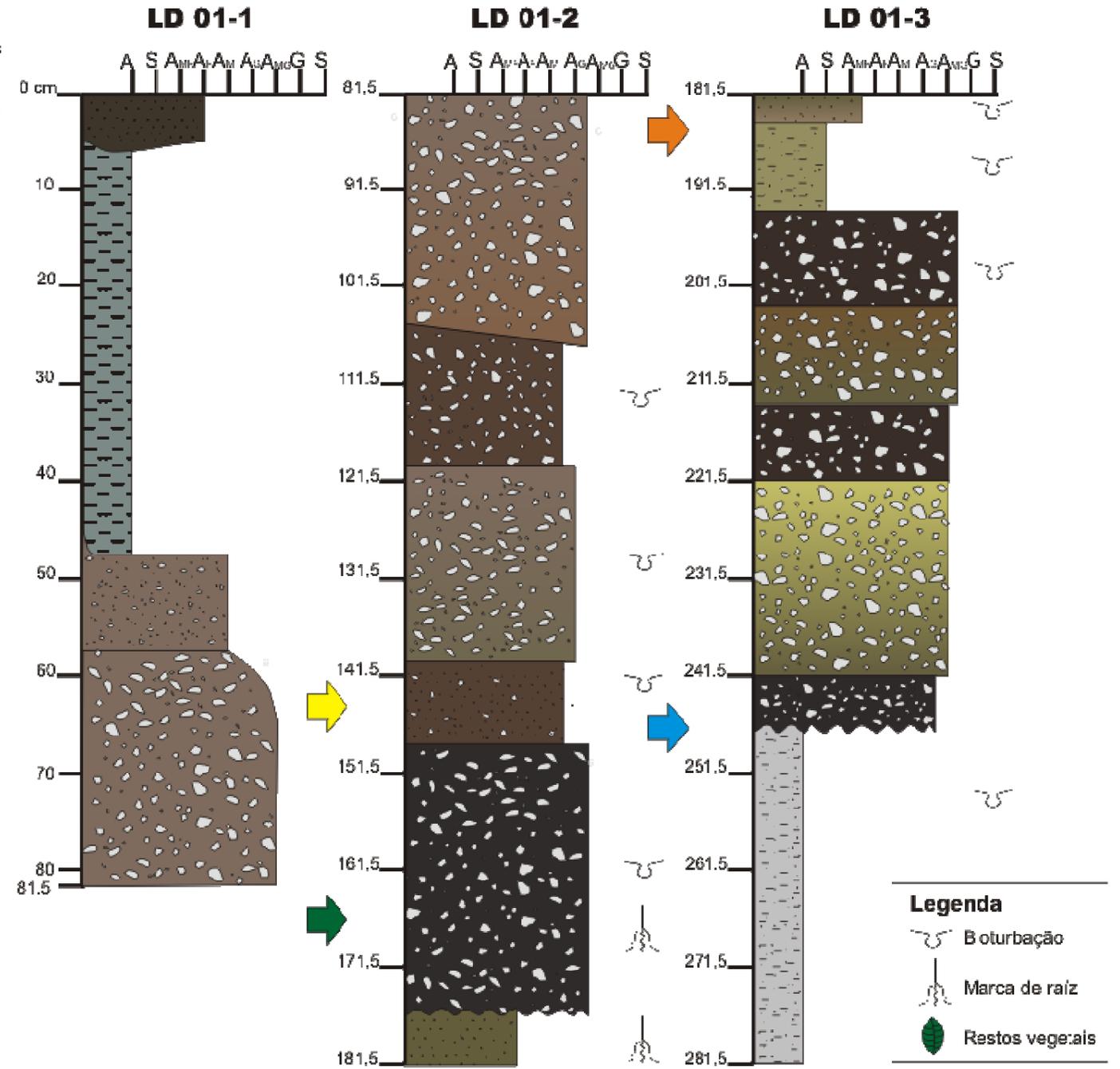


Montagem de fotos da sondagem LD 01



Fotos de detalhe evidenciando algumas características da sondagem LD 01

## Perfil Sedimentológico da sondagem LD 01



Total de sedimento coletado: 281,5 cm

A descrição detalhada dos testemunhos encontra-se em anexo.

Figura 25- Descrição sedimentológica da sondagem LD-01, com as suas principais características.

### 6.3.2- Sondagem LD 02

A sondagem LD 02 também foi realizada próxima à região da desembocadura (Figura 26), sendo a relação desta sondagem com as unidades sismoestratigráficas também visualizada na linha sísmica longitudinal L6 (Figura 27).

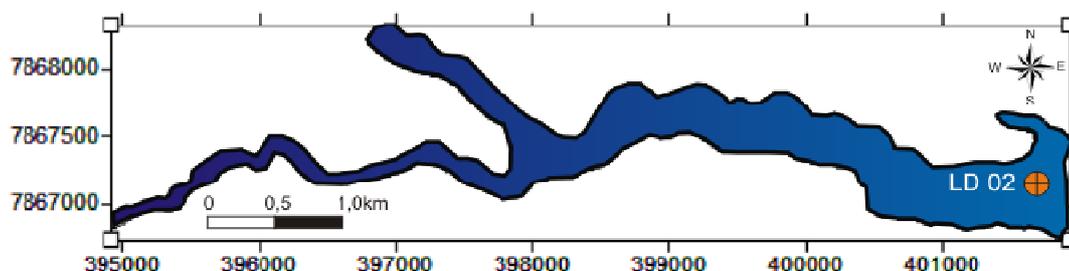


Figura 26- Localização da sondagem LD-02 na lagoa Durão.

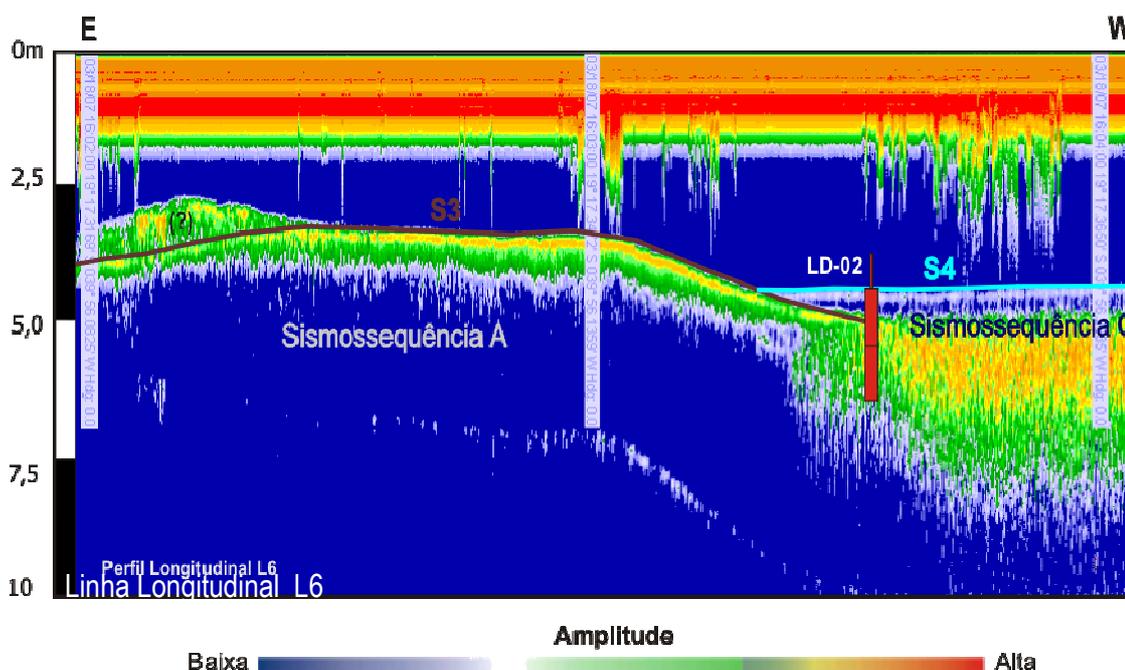


Figura 27- Posicionamento da sondagem LD-02 na linha sísmica longitudinal L6.

Foram coletados 202 cm de sedimentos (Figura 28, Anexo Apêndice II), com 1,30 m de espessura de camadas sílticas e argilosas, seguidos de um intervalo arenoso amarrado, mal selecionado, intensamente bioturbado, com aproximadamente 10 cm de espessura. A interrupção da sondagem ocorreu devido à presença de um pacote areno-argiloso de alta compacidade, com cerca de 45 cm de espessura.

# LD-02

Topo



Base

Montagem de fotos da sondagem LD 02



Sedimentação argilosa frequentemente bioturbada



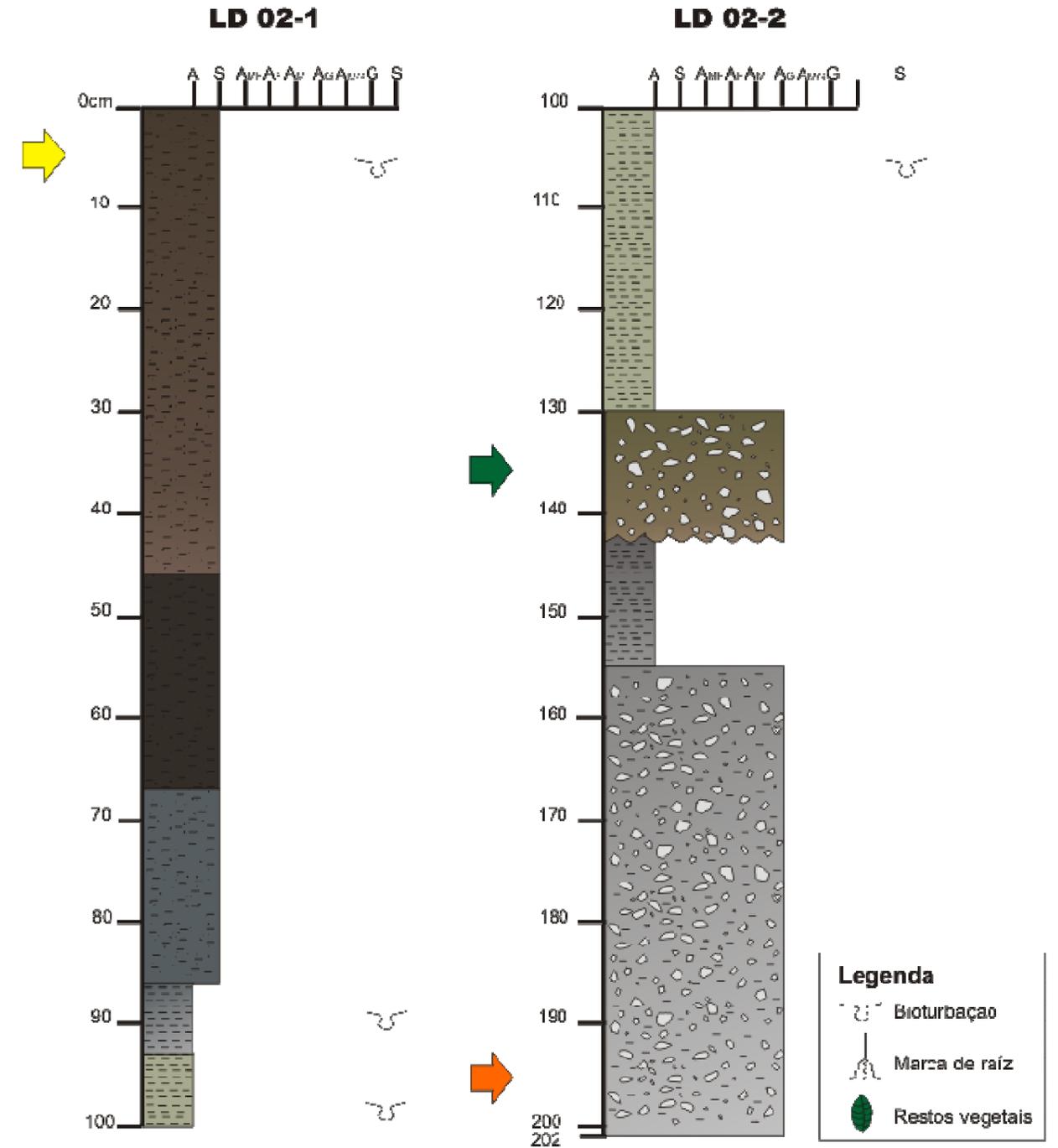
Camada arenosa intensamente mosqueada devido à bioturbação



Material responsável pela interrupção da sondagem devido a sua elevada compacidade

Fotos de detalhe evidenciando algumas características da sondagem LD 02

## Perfil Sedimentológico da sondagem LD 02



A descrição detalhada dos testemunhos encontra-se em anexo.

Figura 28- Descrição sedimentológica da sondagem LD-02, com as suas principais características.

### 6.3.3- Sondagem LD 03

A sondagem LD03 foi realizada próximo à região central da lagoa (Figura 29), sendo a relação desta sondagem com as unidades sismoestratigráficas visualizada na linha sísmica longitudinal L4 (Figura 30).

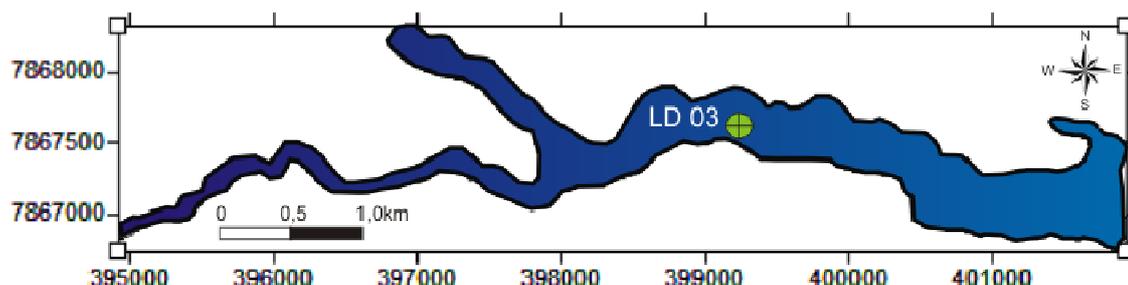


Figura 29 - Localização da sondagem LD-03 na lagoa Durão.

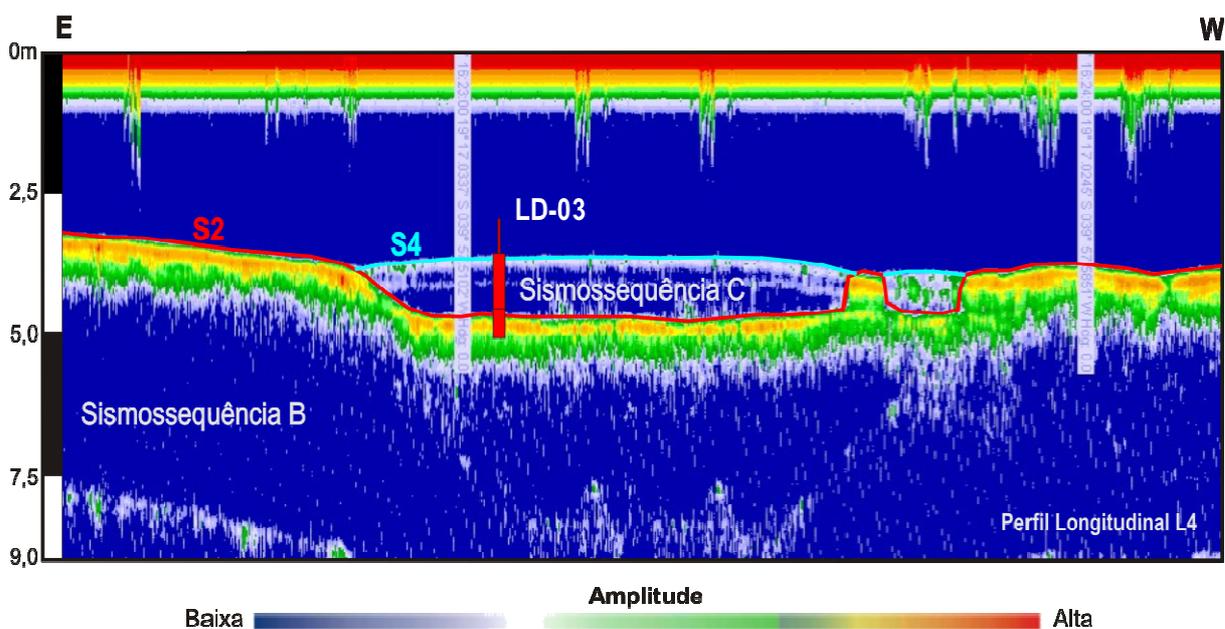


Figura 30 - Posicionamento da sondagem LD-03 na linha sísmica longitudinal L4.

Foram coletados 151 cm de sedimentos (Figura 31, Anexo Apêndice II), descritos por sucessivas camadas sílticas e argilosas amarronzadas. Na base, observa-se novamente a presença de uma argila acinzentada muito compacta.

# LD-03

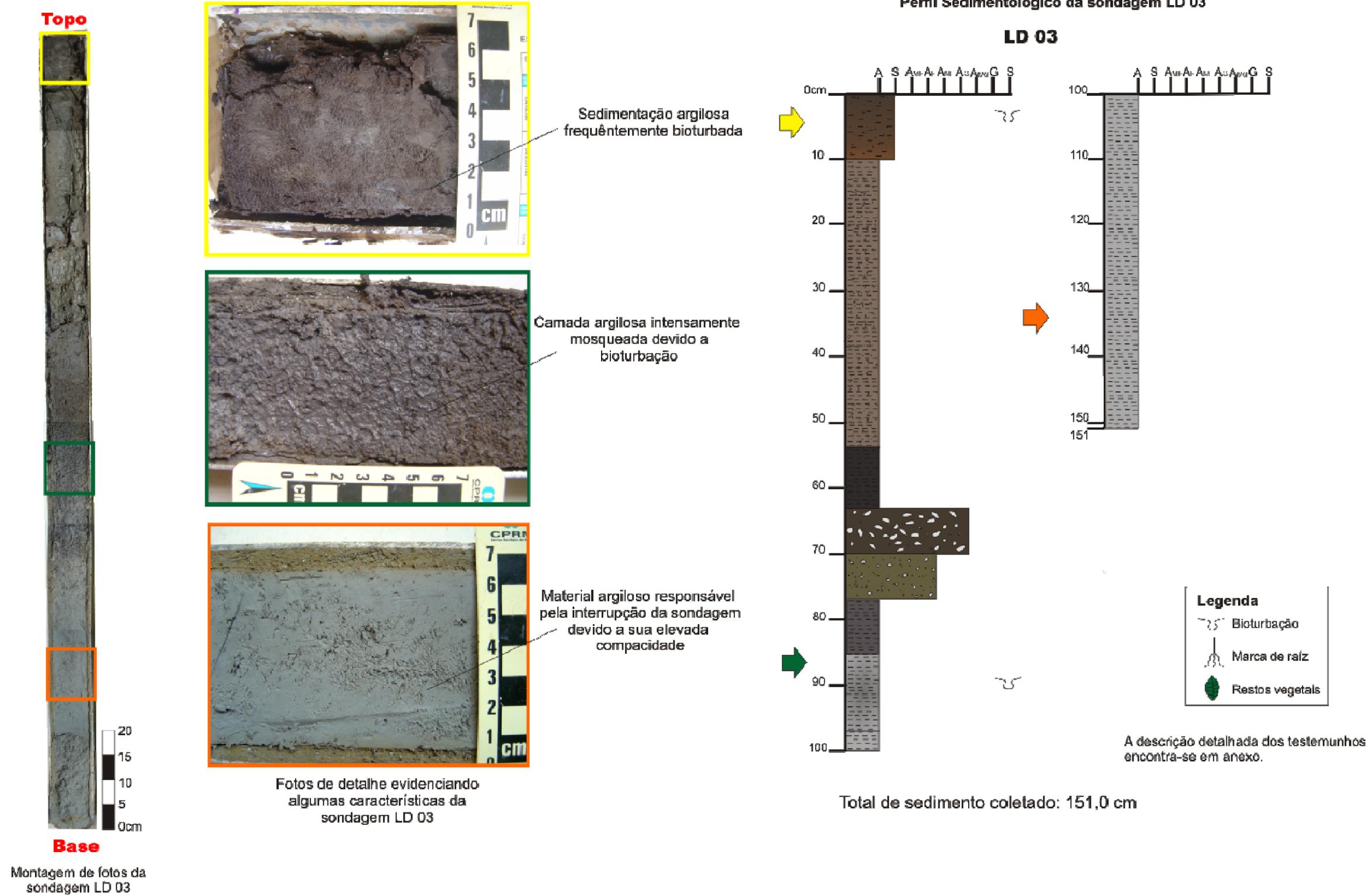


Figura 31- Descrição sedimentológica da sondagem LD-03, com as suas principais características.

#### 6.3.4- Sondagem LD 04

Foi efetuada próximo à cabeceira da lagoa (Figura 32), sendo a relação desta sondagem com as unidades sismoestratigráficas visualizada na linha sísmica longitudinal L3 (Figura 33).

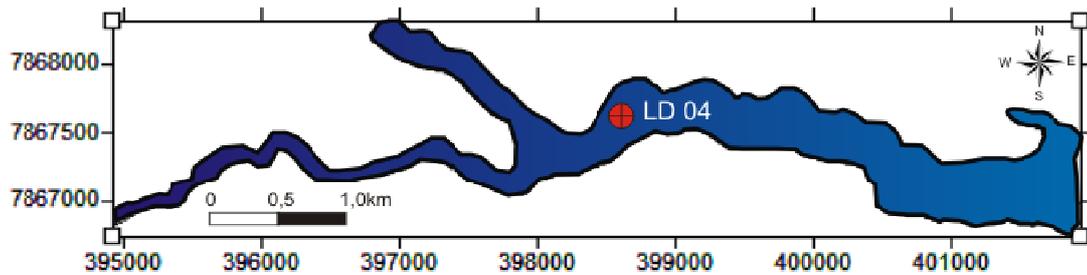


Figura 32- Localização da sondagem LD-04 na lagoa Durão.

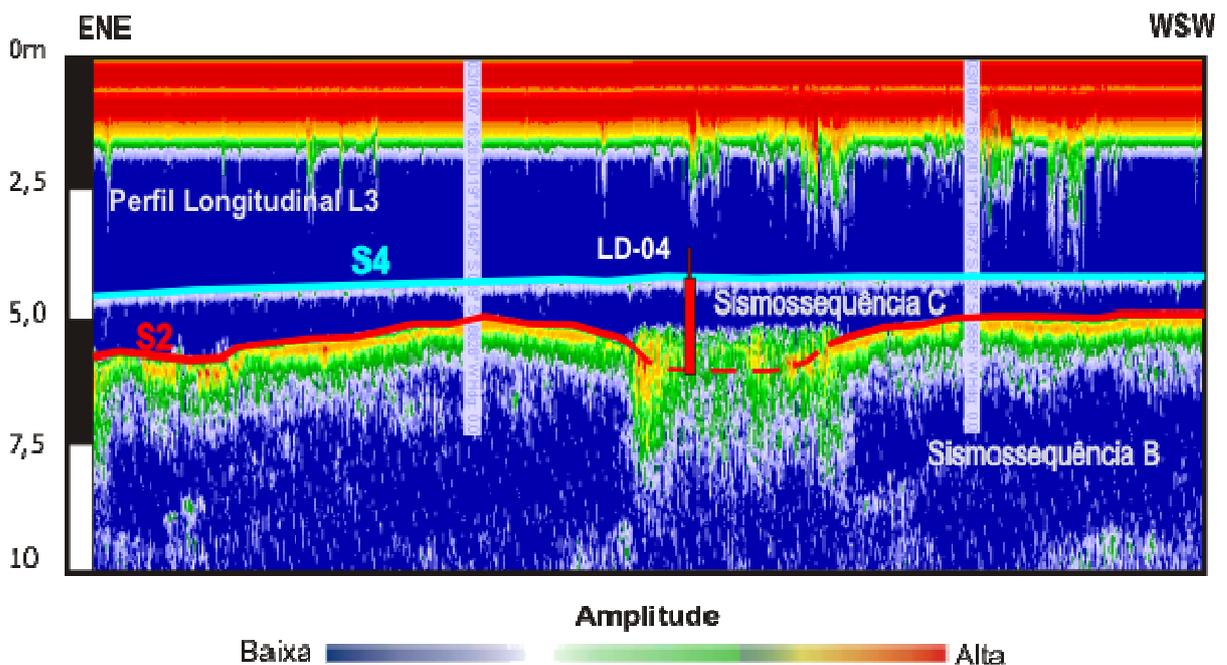
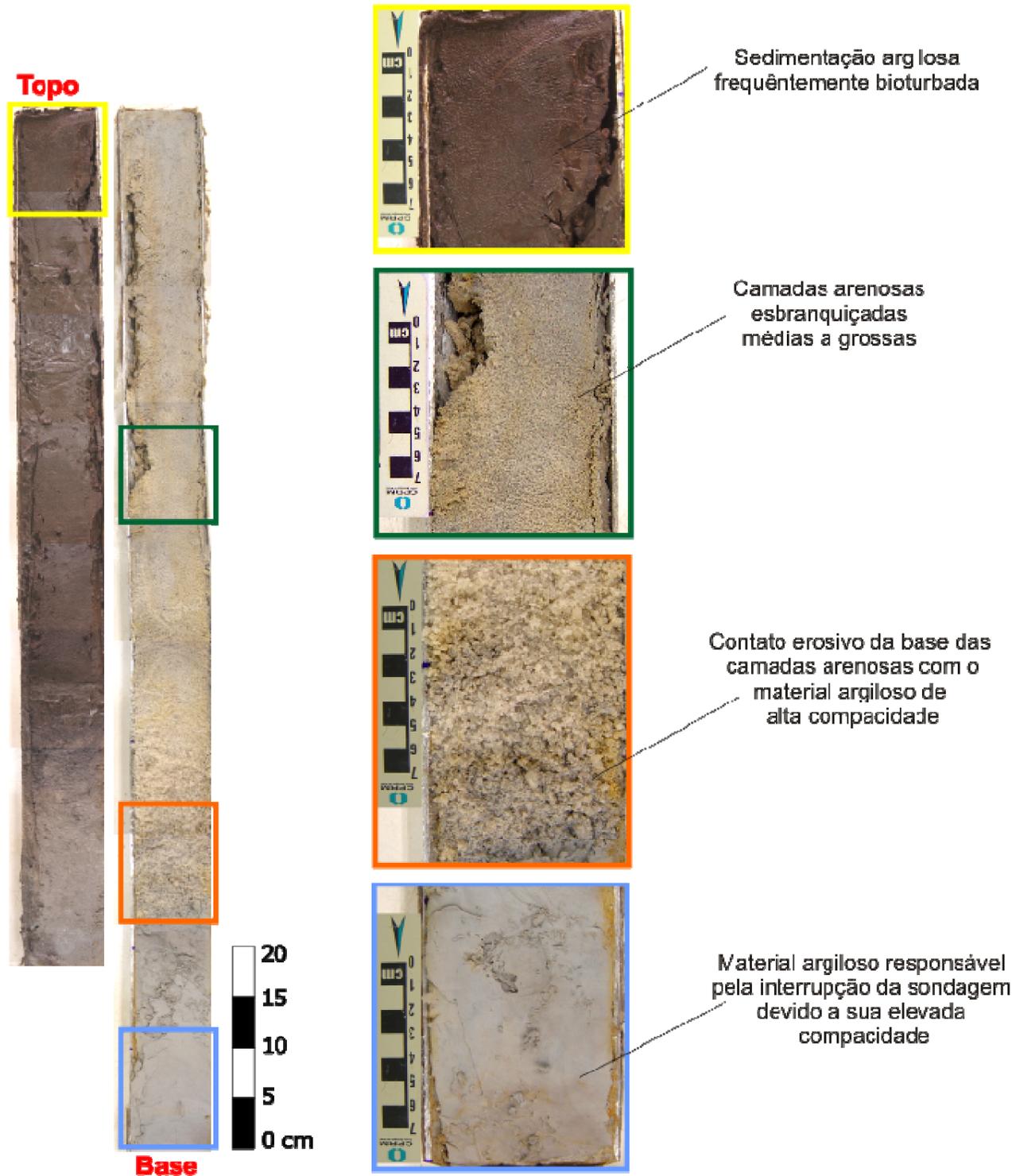


Figura 33- Posicionamento da sondagem LD-04 na linha sísmica longitudinal L3.

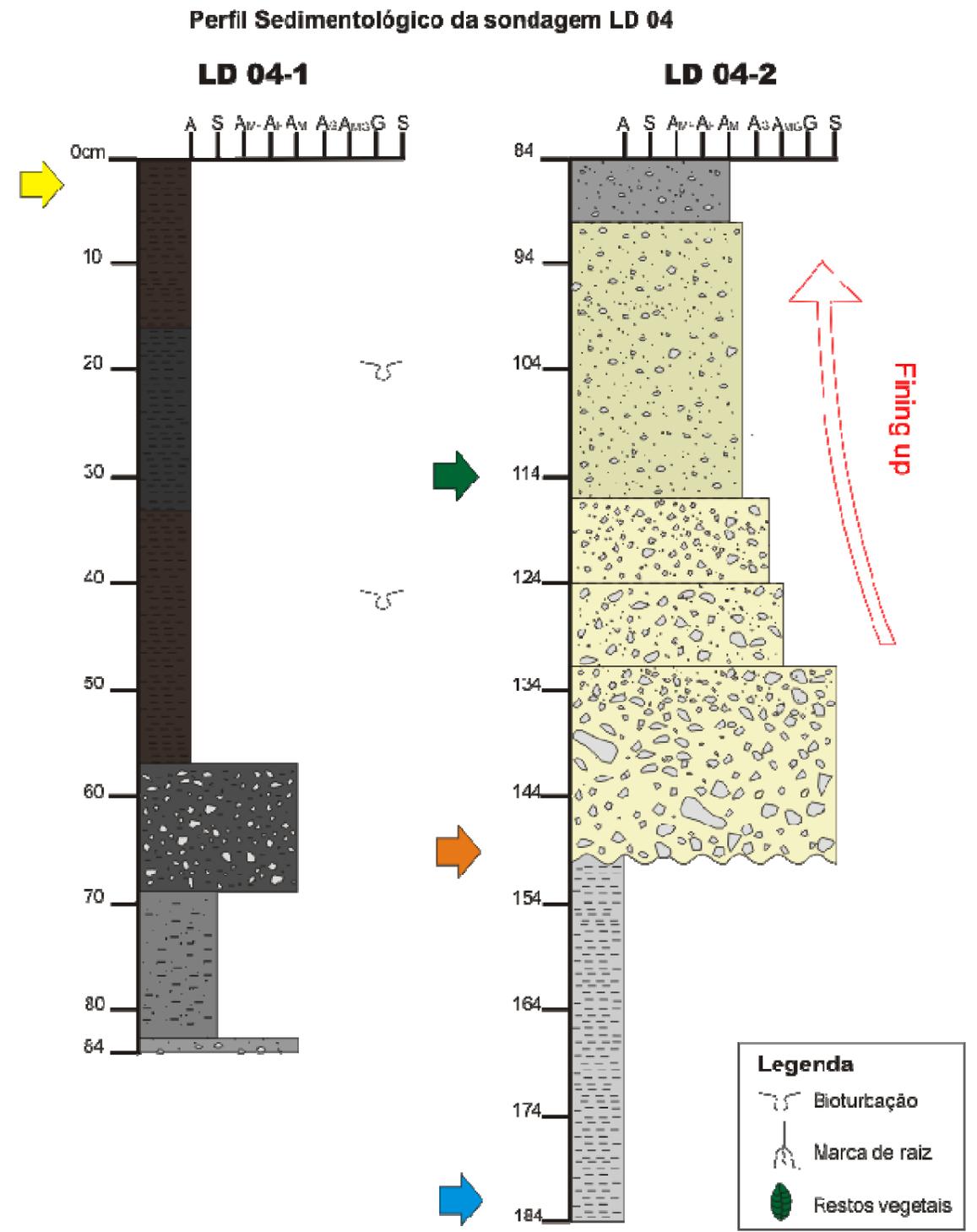
Foi obtido um total de 184 cm de sedimento (Figura 34, Anexo Apêndice II), sendo caracterizada no topo por um intervalo de camadas argilosas amarronzadas, com aproximadamente 80 cm de espessura, seguido por intervalo arenoso esbranquiçado, localmente conglomerático, com aproximadamente 70 cm de espessura, atribuído a depósitos fluviais. Na base, observa-se novamente um material argiloso responsável pela interrupção da sondagem.

# LD-04



Montagem de fotos da sondagem LD 04

Fotos de detalhe evidenciando algumas características da sondagem LD 04



A descrição detalhada dos testemunhos encontra-se em anexo.

Figura 34- Descrição sedimentológica da sondagem LD-04, com as suas principais características.

### 6.3.5- Sondagem CF 01

A sondagem CF 01 foi realizada na margem direita do Córrego Farias, afluente do braço norte da lagoa Durão (Figura 35), em terreno da Fazenda São José.

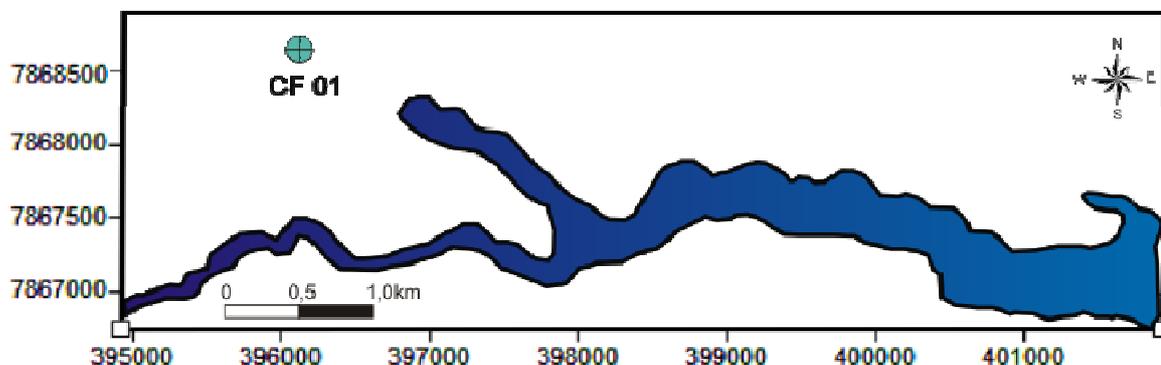


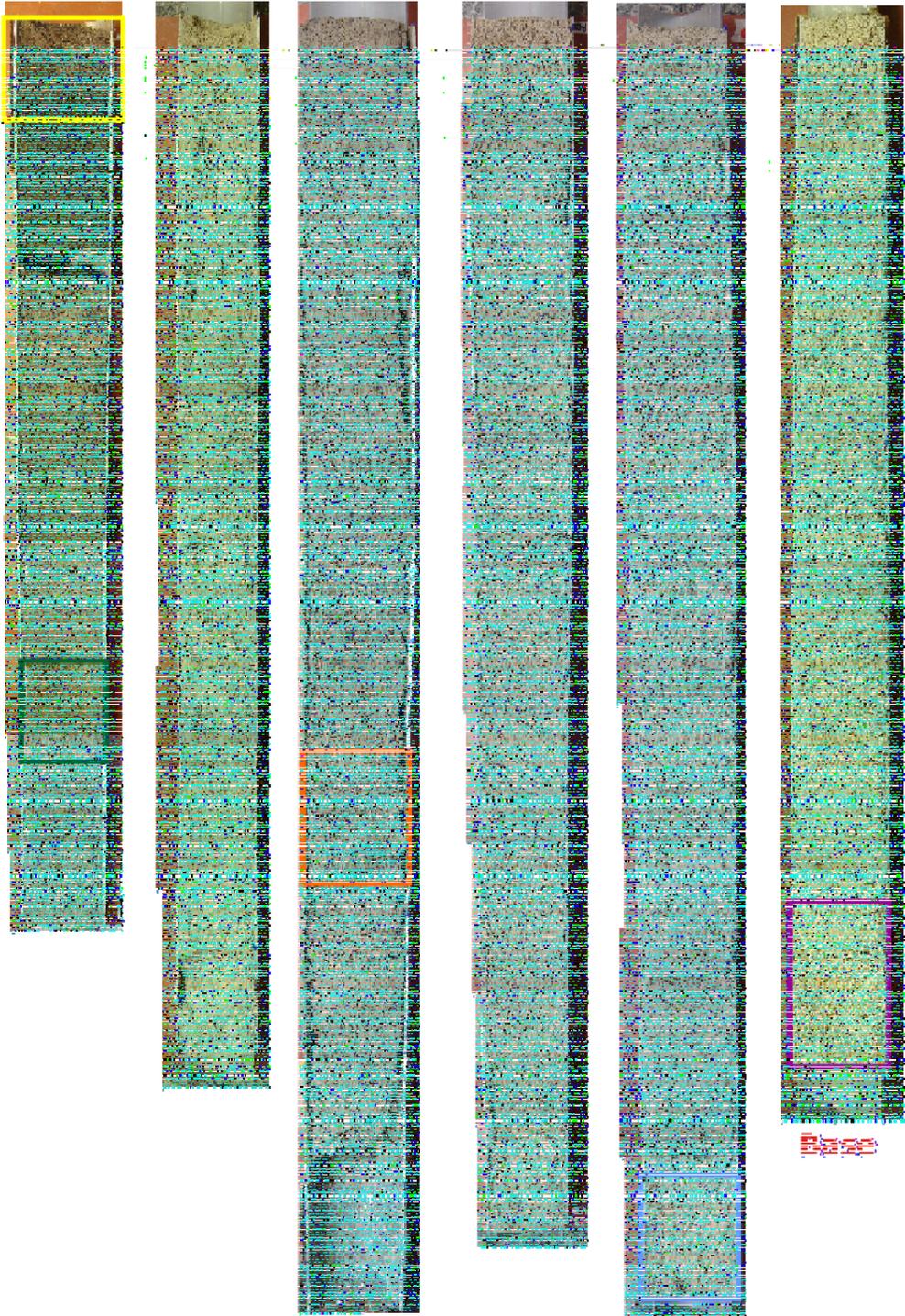
Figura 35- Localização da sondagem CF 01 em vale fluvial afluente da lagoa Durão.

Foi coletado um total de 554 cm de sedimentos (Figura 36 e Figura 37, Anexo Apêndice II), relacionados a sucessivas camadas arenosas, de granulometria predominantemente grossa a muito grossa, mal selecionadas, por vezes conglomeráticas, frequentemente lamosas, com coloração acastanhada, mosqueadas e bioturbadas. Os aspectos sedimentológicos destes depósitos são similares aos descritos para os materiais areno-argilosos encontrados na base das sondagens efetuadas no interior da lagoa.

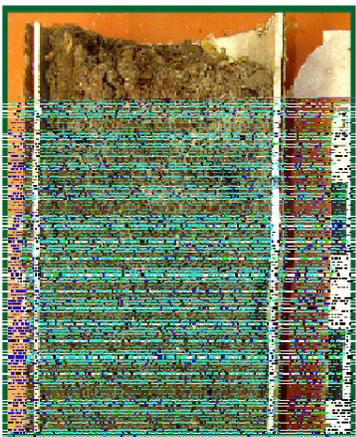


# CF-01

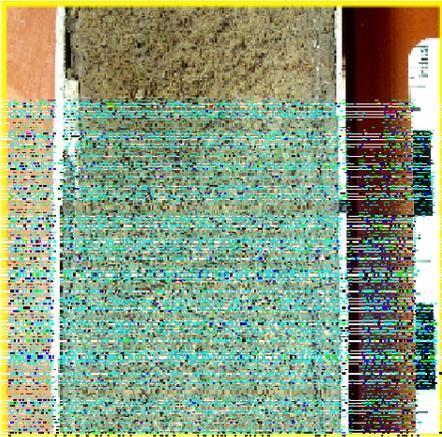
Topo



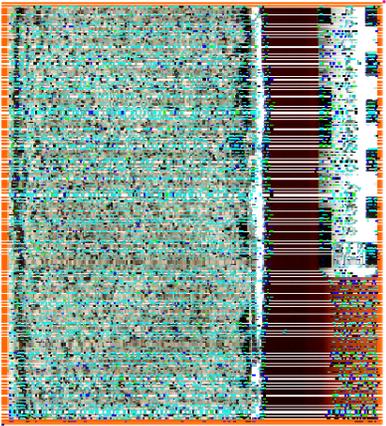
Montagem de fotos da sondagem CF-01



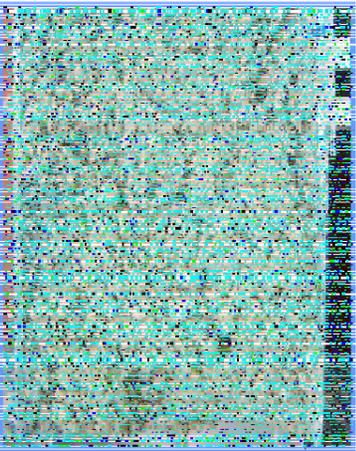
Composta por superfícies de fastenunha.



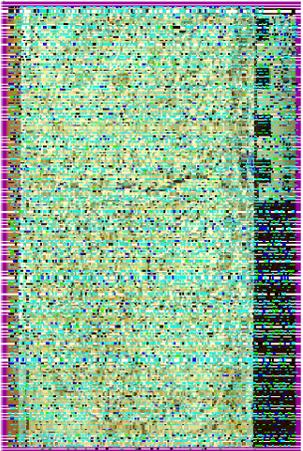
Interfície de zona de oxidação, com grânulos, moqueado e com presença de restos vegetais.



Composta por zona de oxidação, moqueado e com presença de restos vegetais.



Composto fino



Fundo da montagem CF-01

Figura 37- Descrição sedimentológica da sondagem CF-01.

## 7- CONCLUSÕES

Através da análise sismoestratigráfica na lagoa Durão podem ser reconhecidas duas fases sedimentação quaternária relacionadas à evolução desta lagoa: a fase mais antiga, correspondente à sismossequência **B**, refere-se a depósitos arenosos (representados pela sismofácies St), definidos abaixo da superfície S2. Esta unidade pode ser relacionada aos depósitos fluviais holocênicos descritos por Bandeira Jr. *et al.* (1975) na sondagem realizada na desembocadura do lago Juparanã (Figura 9); a fase de sedimentação mais recente, correspondente à sismossequência **C**, é atribuída à fase lacustre, implantada após a barragem da lagoa. Estas fases de sedimentação podem ser correlacionadas àquelas identificadas por Hatushika (2005) nos estudos que realizou no lago Juparanã, sugerindo que os lagos externos evoluíram de maneira similar aos lagos internos (Figura 38).

A sismossequência **A**, observada somente na desembocadura da lagoa Durão, está sendo associada ao registro de cordões arenosos pleistocênicos presentes na planície quaternária adjacente ao sistema de lagos externos (Figura 39). A morfologia de topo desta sismossequência sugere que estes cordões foram escavados pela paleodrenagem da lagoa Durão, o que indicaria que este lago é mais recente que os cordões pleistocênicos.

As análises sismoestratigráficas realizadas não permitem conclusões definitivas sobre o mecanismo de barragem da lagoa Durão.

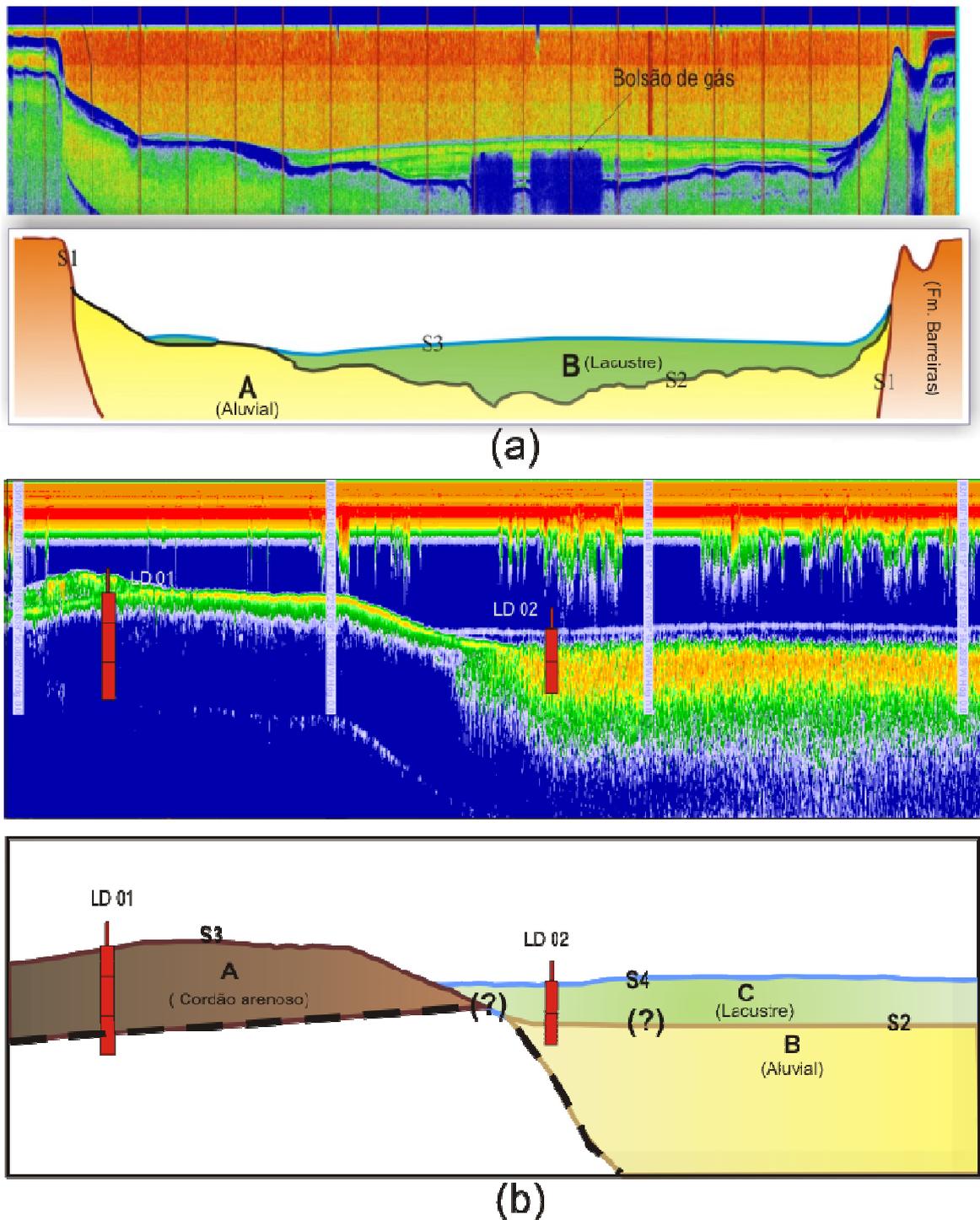


Figura 38- (a) Linha sísmica estuda por Hatushika (2005) no lago Juparanã. A sismossequência **A** corresponde a depósitos aluvionares arenosos e a sismossequência **B** corresponde a depósitos lacustres, ambos discordantes sobre os depósitos da Formação Barreiras (*in* Hatushika, 2005). (b) Linha sísmica na desembocadura da lagoa Durão. A sismossequência **A** esta associada a depósitos de cordões arenosos, presentes na planície costeira Quaternária. A sismossequência **B** corresponde a depósitos aluvionares arenosos e a sismossequência **C** corresponde a depósitos lacustres.

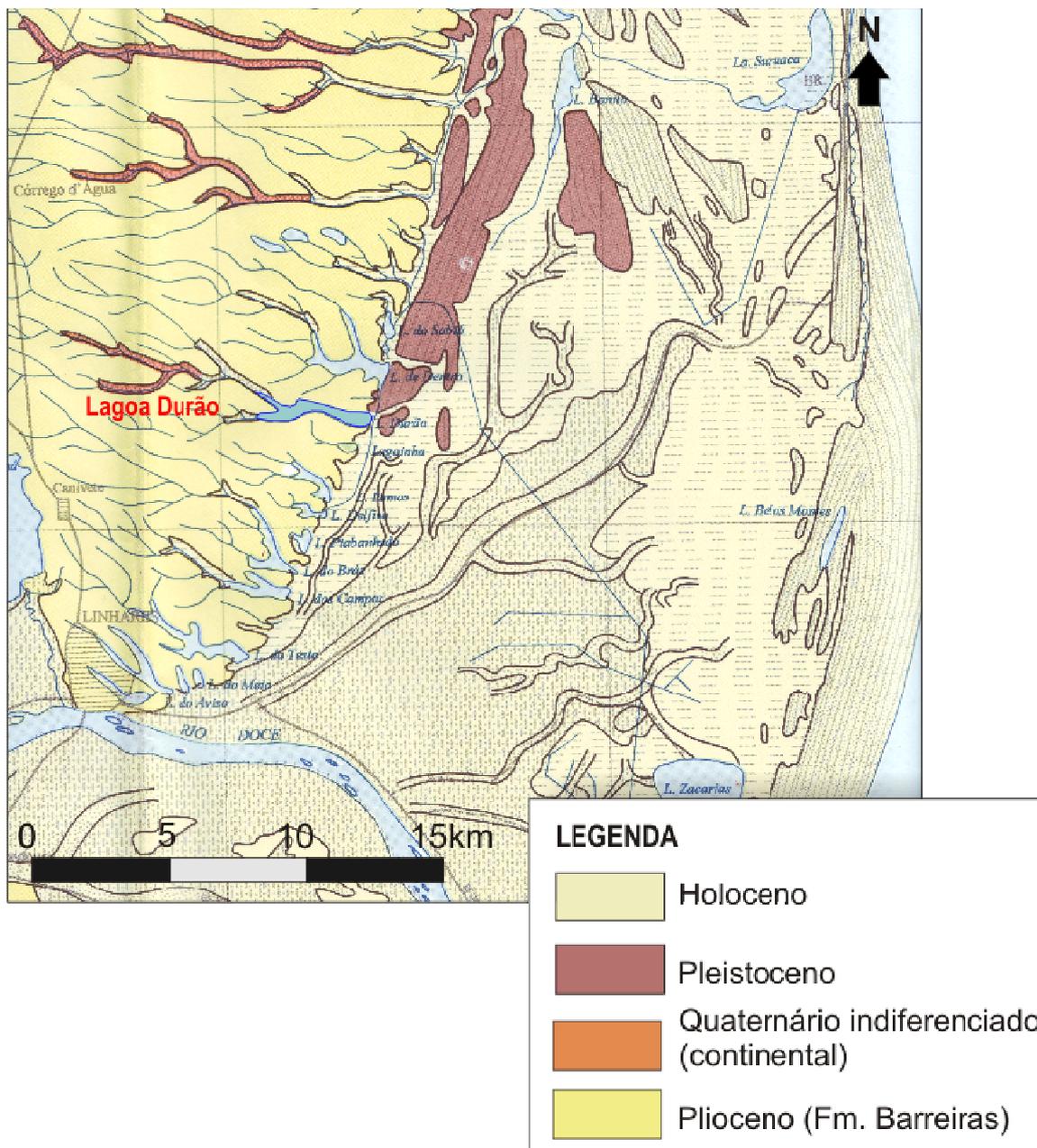


Figura 39- Mapa geológico do quaternário costeiro do estado do Espírito Santo (modificado de Martin, 1997)

Para que o modelo evolutivo proposto seja mais bem embasado, sugere-se a realização de levantamentos sísmicos e sondagens em outros corpos lacustres do conjunto dos lagos externos do baixo curso do rio Doce, em conjunto com datações radiométricas.

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y; BRITO NEVES, B.B. & FUCK, R.A. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: Simp. Geol. Nordeste, 7. SBG. *Anais...* Campina Grande-PB. p.366-391.
- BACOCOLI, G 1971. Os Deltas Marinhos Holocênicos Brasileiros: Uma Tentativa de Classificação. *Boletim Técnico Petrobrás*, 14:5-38.
- BANDEIRA JR., A. N.; PETRI, S. & SUGUIO, K. 1975. *Delta do Rio Doce* (relatório final). Rel. Int. do cenpes, Petrobras, Rio de Janeiro. CPRM. SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL. 2003. Base de dados do livro Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. CD-Rom.
- BORGES, D. A. 2009. Análise integrada da batimetria de um conjunto de lagos barrados e suas relações areais com as respectivas bacias de drenagem na região de Linhares (ES) 2009. 39p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P. e MARTIN, L. - 1981 – Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/ AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Rev. Bras. Geoc.* 11(4):227-237.
- DOMINGUEZ, J.M.L., MARTIN L., BITTENCOURT, A.C.S.P., FERREIRA, Y.A. e FLEXOR, J.M.- 1982<sup>a</sup>- Sobre a validade da utilização do termo delta para designar as planícies costeiras associadas às desembocaduras dos grandes rios da costa brasileira. XXXII Cong. Bras. De Geol., Salvador, Boletim número 2, *Resumos e Breves Comunicações*, p.92..

- DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P. e MARTIN, L., LIMA, R.C.C e COSTA, I.V.G- 1982b – Roteiro de excursão geológica à planície costeira do rio Jequitinhonha (BA) e às turfeiras associadas. XXXII Congr. Bras. Geol., Salvador, Boletim Número 3, Roteiro das Excursões; 201-235.
- FERREIRA, E. B. Z. S. 2008. *Investigação sismoestratigráfica e morfologia de fundo da Lagoa Nova (sistema de lagos barrados do baixo vale do rio doce, Linhares (ES))*. Depto de Geologia, IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de Graduação, 54p).
- FISCHER, W. E. - 1969- facies characterization of gulf coast basin Delta systems, with some Holocene analogies. Transactions of G.C.A.G.S., 19.
- IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Link Download, geociências. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php> > Acesso em: 30 abr. 2008.
- HATUSHIKA, R.S. 2005. *Investigação Sismoestratigráfica do lago Juparanã Baixo Curso do Rio Doce, Linhares (ES)*. Depto. Geologia, IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de Graduação, 84p.
- HATUSHIKA, R.S.; MELLO, C.L.; SILVA, C.G.; COSTA, R.V.C. 2005. *Evidências de atuação neotectônica na formação do lago Juparanã - Linhares (ES)*. In: X CONGRESSO DA ABEQUA (Associação Brasileira de Estudos do Quaternário), Guarapari, 2005. *Anais do X Congresso da Abequa*. CD-ROM.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. & FLEXOR, J. M. 1993. Brasil. *As Flutuações do Nível do Mar Durante o Quaternário Superior e a Evolução Geológica de "Deltas" Brasileiros*. Boletim IG-USP, Publicação Especial, 15: 186p.

- MARTIN, L; SUGUIO, K; DOMINGUEZ, J.M.L. & FLEXOR, J.M. (1997). *Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo*. Belo Horizonte, CPRM. 112 p.
- MELLO, C.L. 1997. *Sedimentação e Tectônica Cenozóica no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas Implicações na Evolução de um Sistema de Lagos*. São Paulo. 275 p (Tese de Doutorado, IG/USP).
- MITCHUM Jr., R.M.; VAIL, P.R. & SANGREE, J.B. 1977. Application of seismic reflection configuration to stratigraphic interpretation. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 6: stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences. In: PAYTON, C.E. (ed.). *Seismic Stratigraphy - application to hydrocarbon exploration*. Tulsa, Am. Assoc. Petrol. Geol., *Mémoir*, **26**:117-133.
- MORAIS, R.M.O. *Sistemas Fluviais Terciários na Área Emersa da Bacia do Espírito Santo (formações Rio Doce e Barreiras*. Programa de Pósgraduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 139p).
- RADAMBRASIL. 1987. *Levantamento de recursos naturais. Programa de integração nacional:Folha SE. 24 Rio Doce. Espírito Santo, IBGE, Vol 34. 544p.*
- RICCOMINI, C. 1989. *O Rifte Continental do Sudeste do Brasil*. São Paulo. 256 p.(Tese de Doutorado, IG/USP).
- SALVADOR, E.D. & RICCOMINI, C. 1995. *Neotectônica da Região do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil)*.R. bras. Geoc. **25**(3): 151-164.
- SEVERIANO RIBEIRO, H.J.P. 2001. Sismo-estratigrafia. In: SEVERIANO RIBEIRO, H.J.P. (ed). *Estratigrafia de seqüências: fundamentos e aplicações*. Rio Grande do Sul, Unisinos, 73-98.

- SEVERIANO RIBEIRO, H.J.P. 2001. *Estratigrafia de seqüências: fundamentos e aplicações*. Rio Grande do Sul, ed. Unisinos, 428 p.
- SILVA, J.M.R.; LIMA, M.I.C.; VERONENSE, V.F.; RIBEIRO JUNIOR, R.M.; ROCCA, R.M. & SILVA JUNIOR, O. 1987. Levantamentos de recursos naturais. Rio de Janeiro, FIBGE. V. 34 p. 23-152, folha SE 24, Rio Doce.
- SUGUIO, K., MARTIN. L. e DOMINGUEZ, J.M.L. - 1981 – Evolução do delta do rio Doce (ES), durante o Quaternário: influência das flutuações do nível do mar. *In*: K. Suguió et al. (eds.), *Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil, 1982, Rio de Janeiro*, 93-116.
- SUGUIO, K. & KOHLER, H.C. 1992. *Quaternary Barred Lake Systems of the Doce River (Brazil)*. *An. Acad. Bras. Ci.*, 64(2): 183-191.
- VIEIRA, R.A.B.; MENDES, M.P.; VIEIRA, P.E.; COSTA, L.A.R.; TAGLIARI, C.V.; BACELAR, A.P. & FEIJO, F.J, 1994. Bacia do Espírito Santo e Mucuri. *Boletim de Geociência da Petrobras, Rio de Janeiro*, 8(1): 191- 202, Jan./Mar.

## **APÊNDICE I**

### **PERFIS SÍSMICOS**

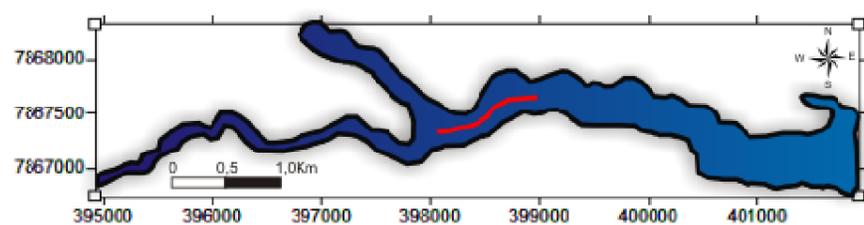
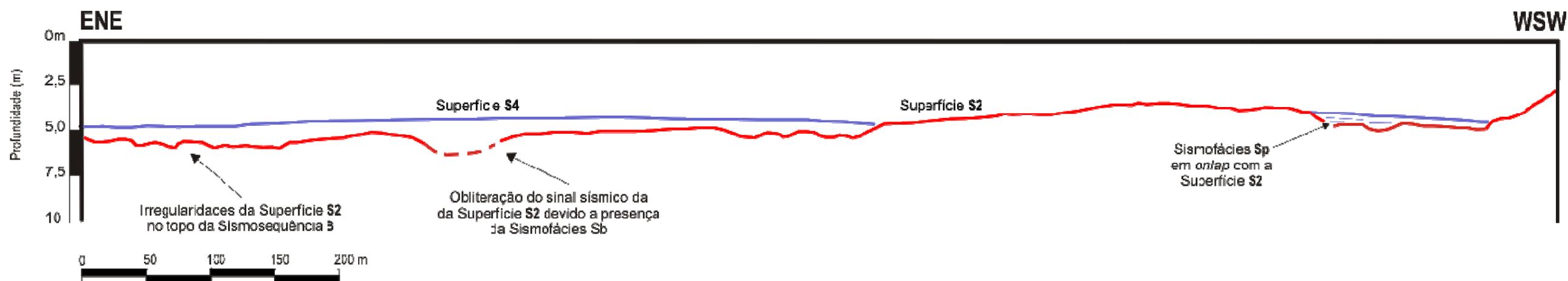
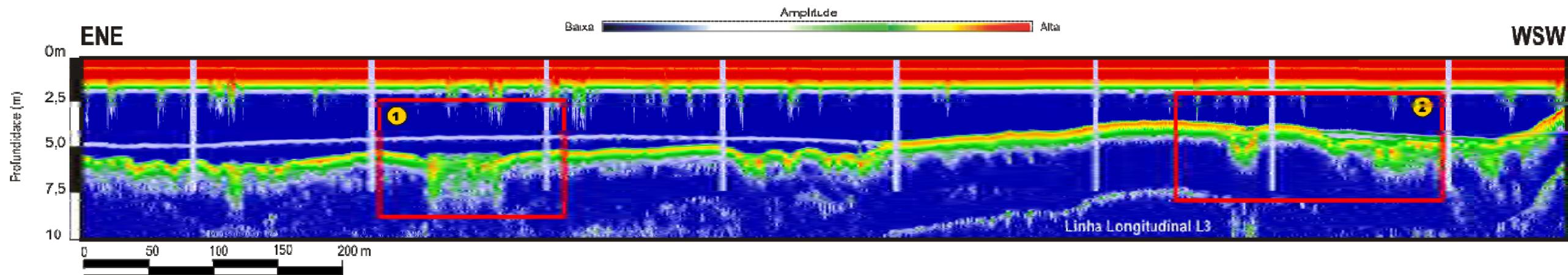
## **APÊNDICE II**

**PERFIS SEDIMENTOLÓGICOS DAS SONDAGENS EFETUADAS NA LAGOA DURÃO**

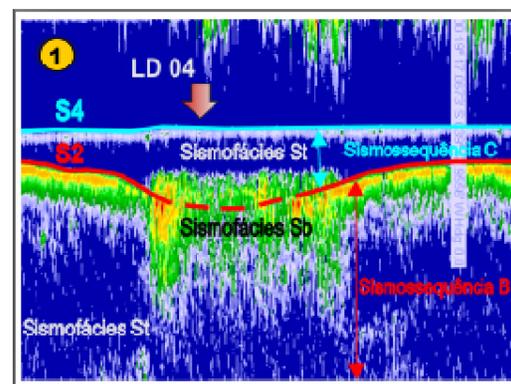
## **APÊNDICE III**

**DADOS DE PROFUNDIDADE OBTIDOS NOS LEVANTAMENTOS SÍSMICOS, COM COORDENADAS**

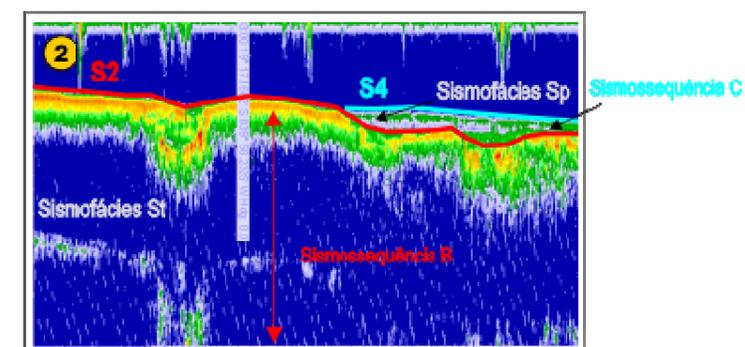
**UTM**



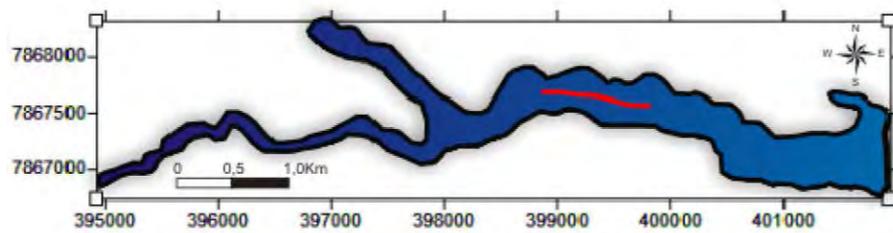
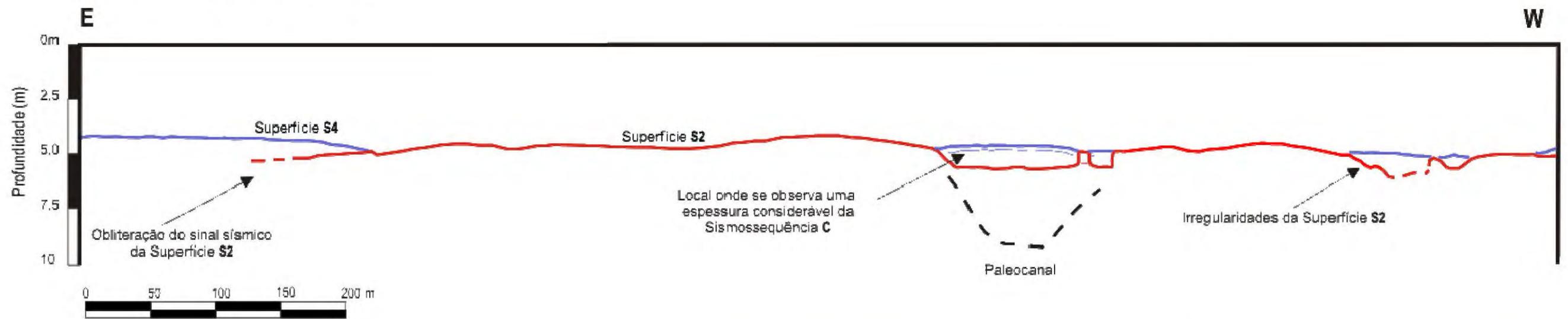
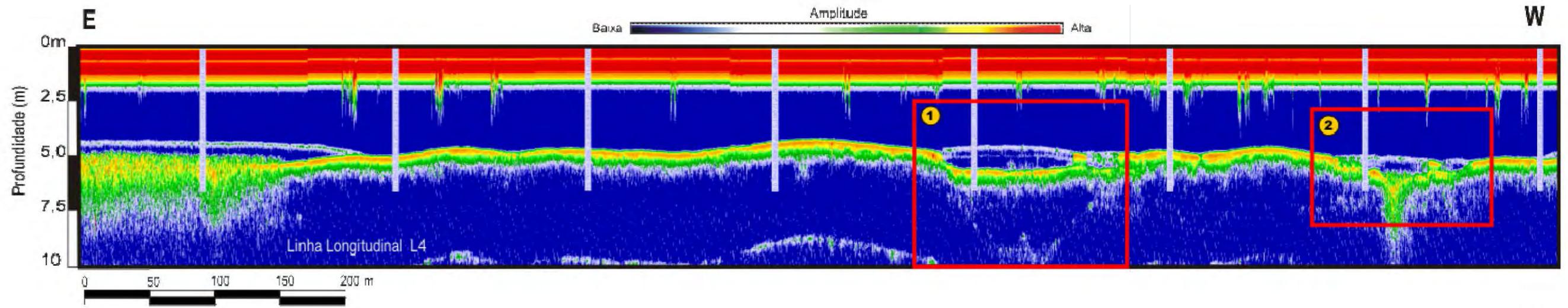
Localização da linha L3 na lagoa Durão



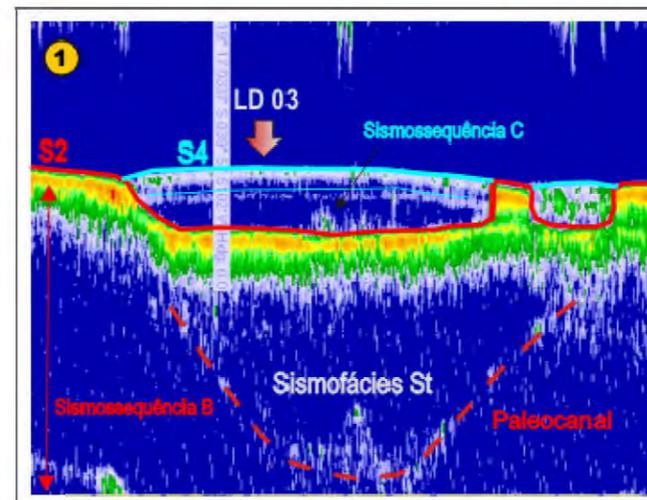
Em detalhe, local de posicionamento da sondagem LD 04, com espessura considerável da Sismosequência C sobre um refletor de média amplitude que representa a Superfície S2.



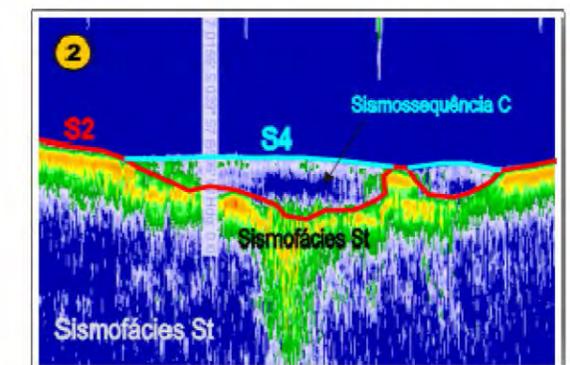
Sismofácies Sp em onlap com a Superfície S2



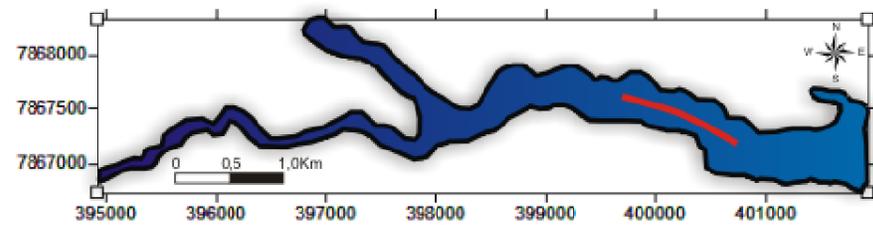
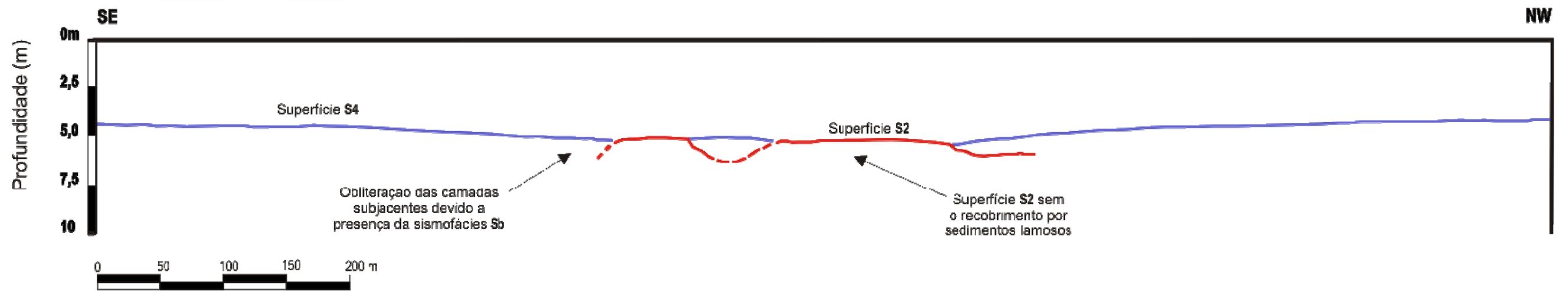
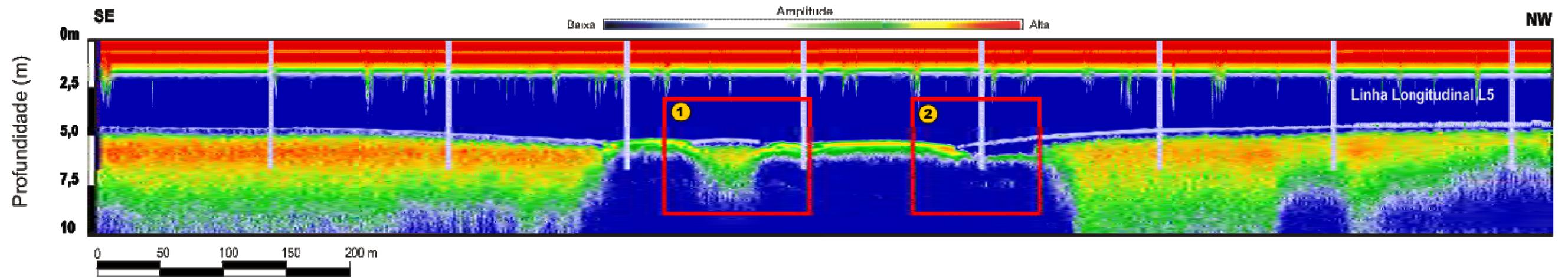
Localização da linha L4 na lagoa Durão



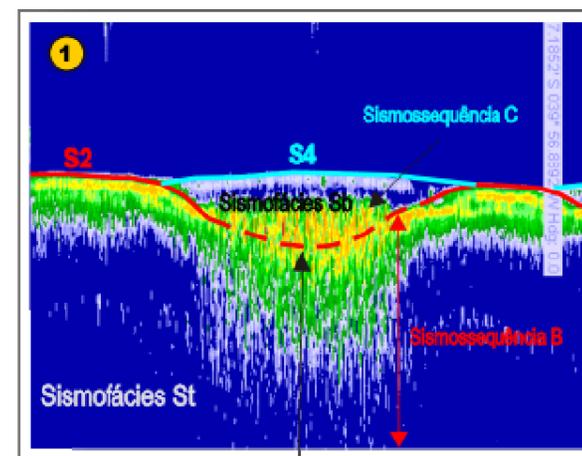
Em detalhe, local de posicionamento da sondagem LD 03, com espessura considerável da Sismossequência C. Abaixo da Superfície S2, padrão de Sismofácies St destacando-se uma feição que sugere a presença de um paleocanal.



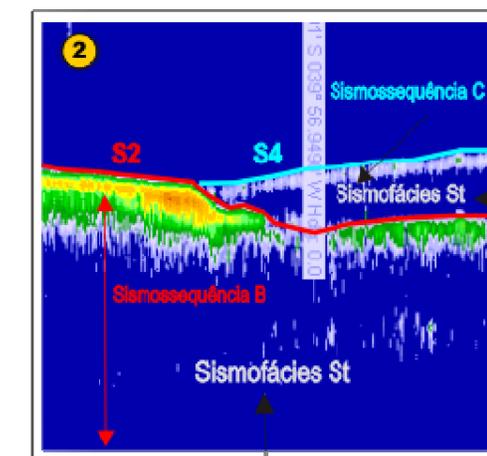
Em detalhe, as irregularidades observadas na Superfície S2.



Localização da linha L5 na lagoa Durão

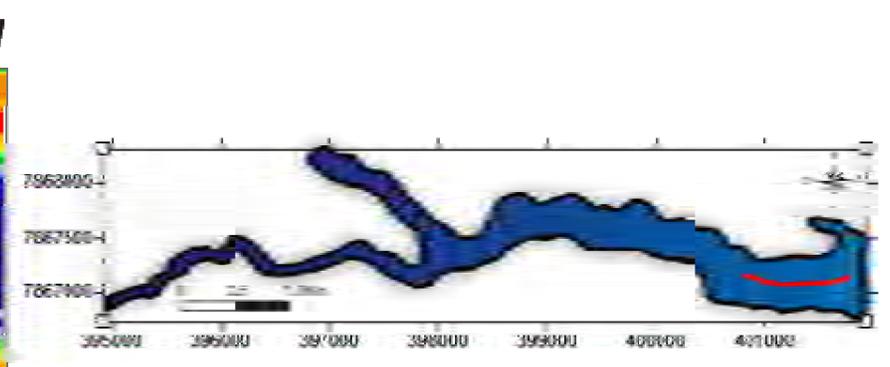
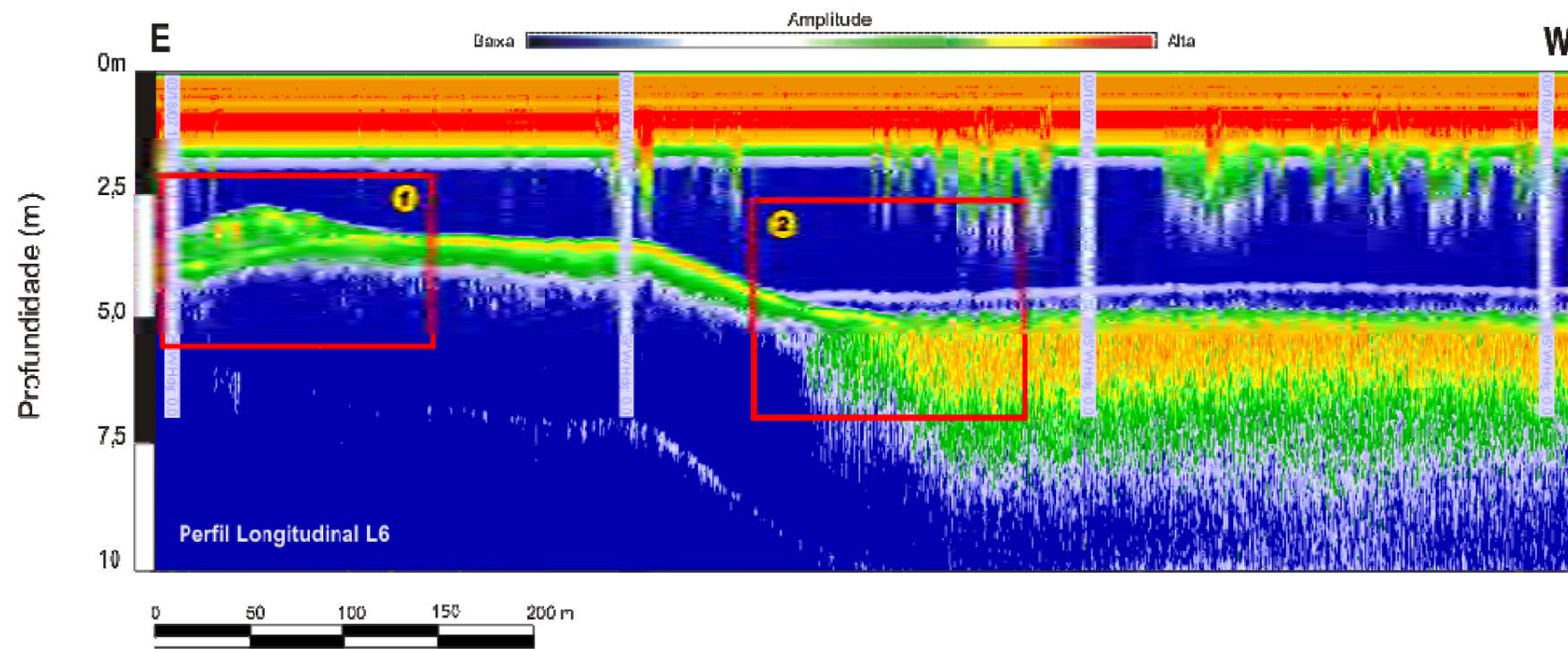


Sismofácies S4 ocorrendo em irregularidades da Superfície S2.



Sismofácies St limitada no topo por um refletor de média a alta amplitude, irregular, interpretada como camadas arenosas maciças

Sismofácies St limitada no topo por um refletor de baixa amplitude interpretada como depósitos lamosos



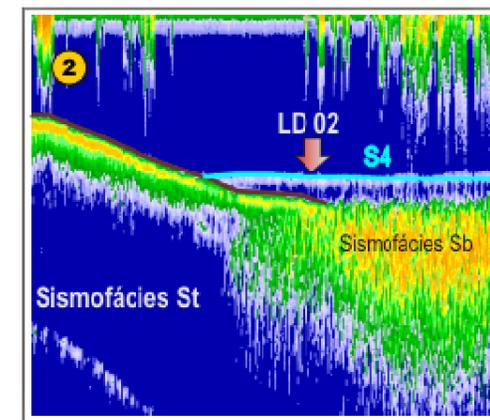
LD 01

S3

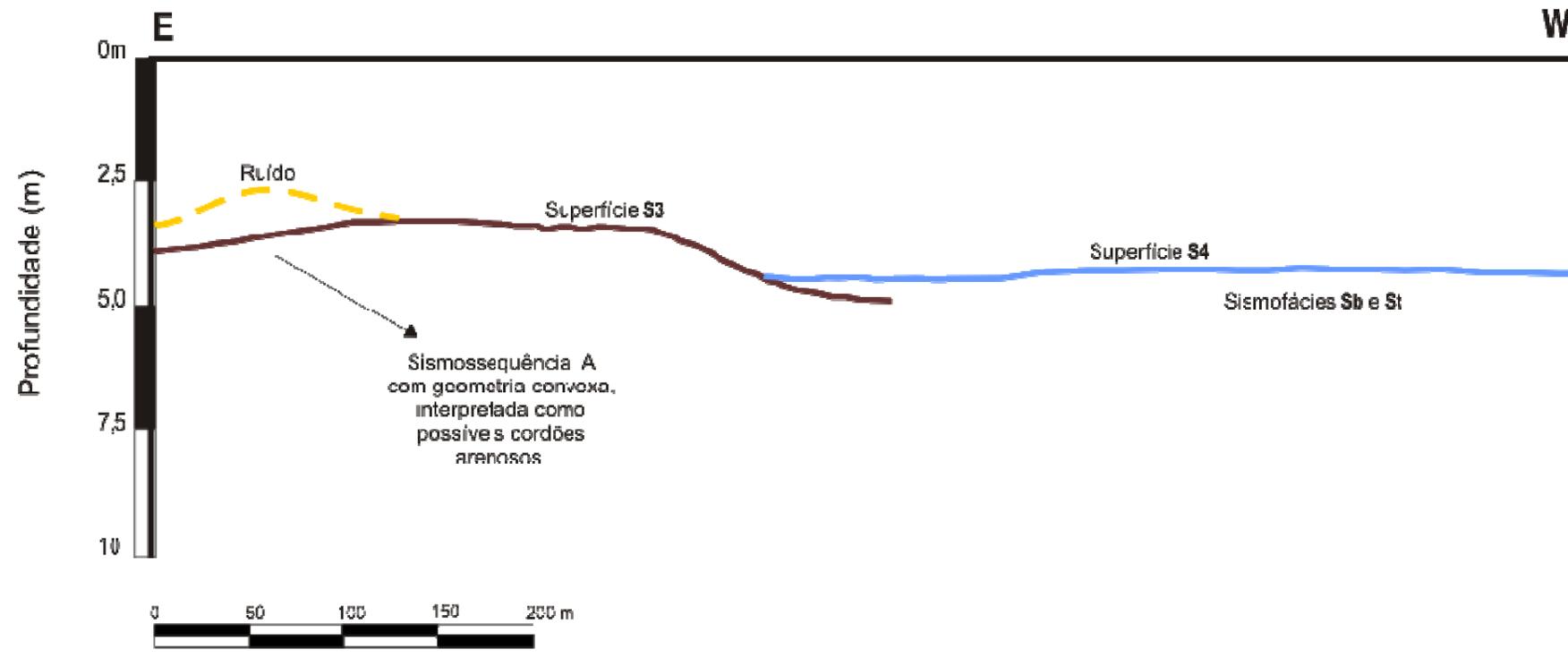
Sismossequência A

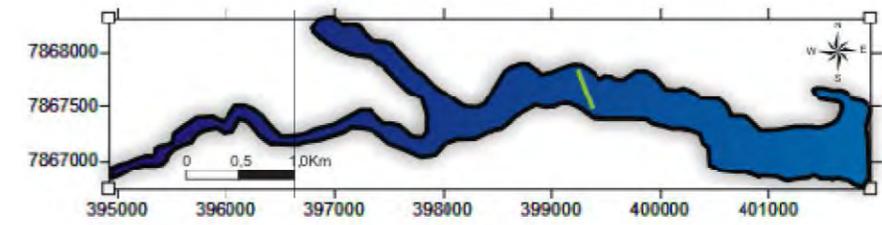
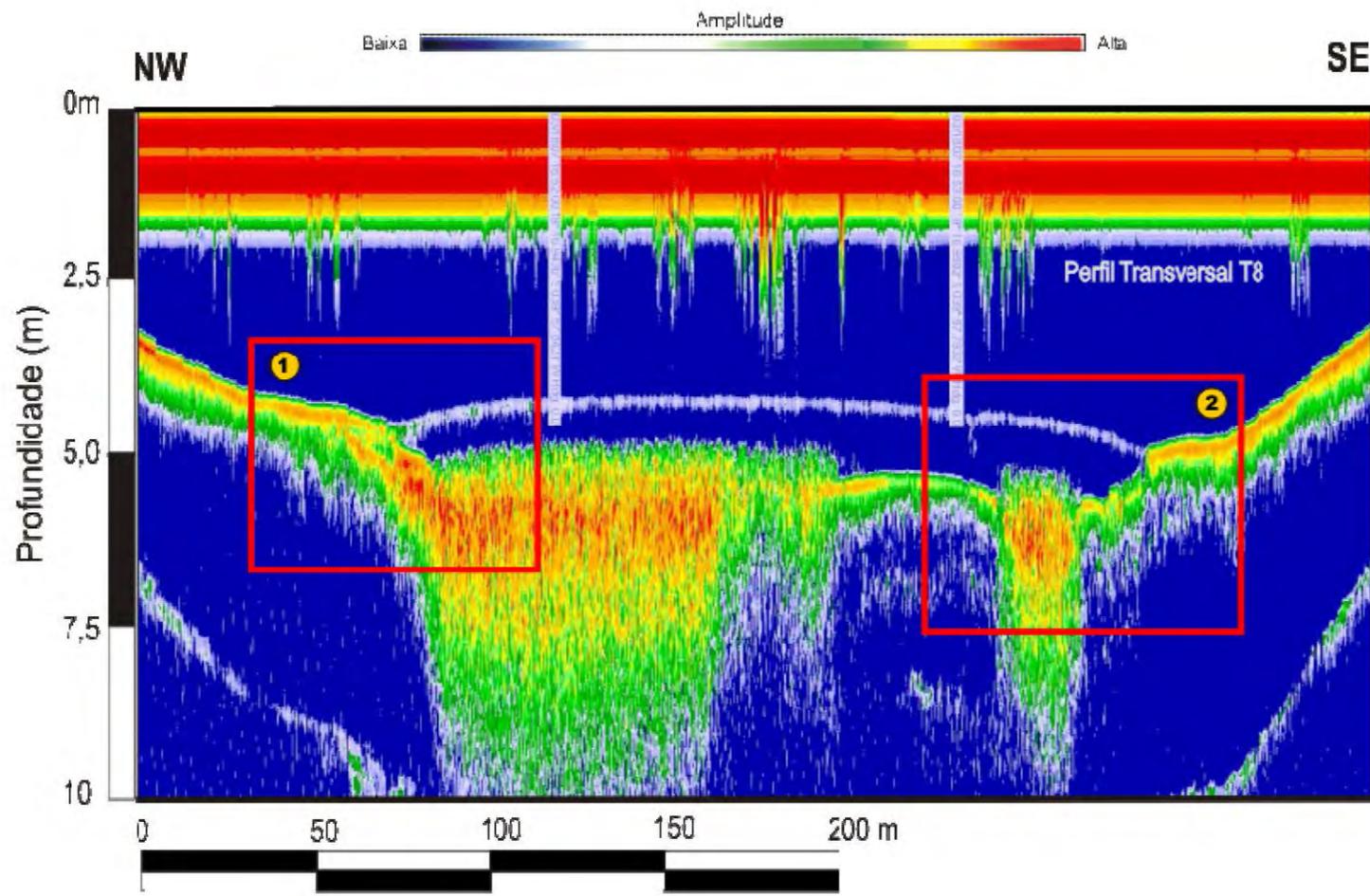
Sismofácies St

Localização da sondagem LD 01.

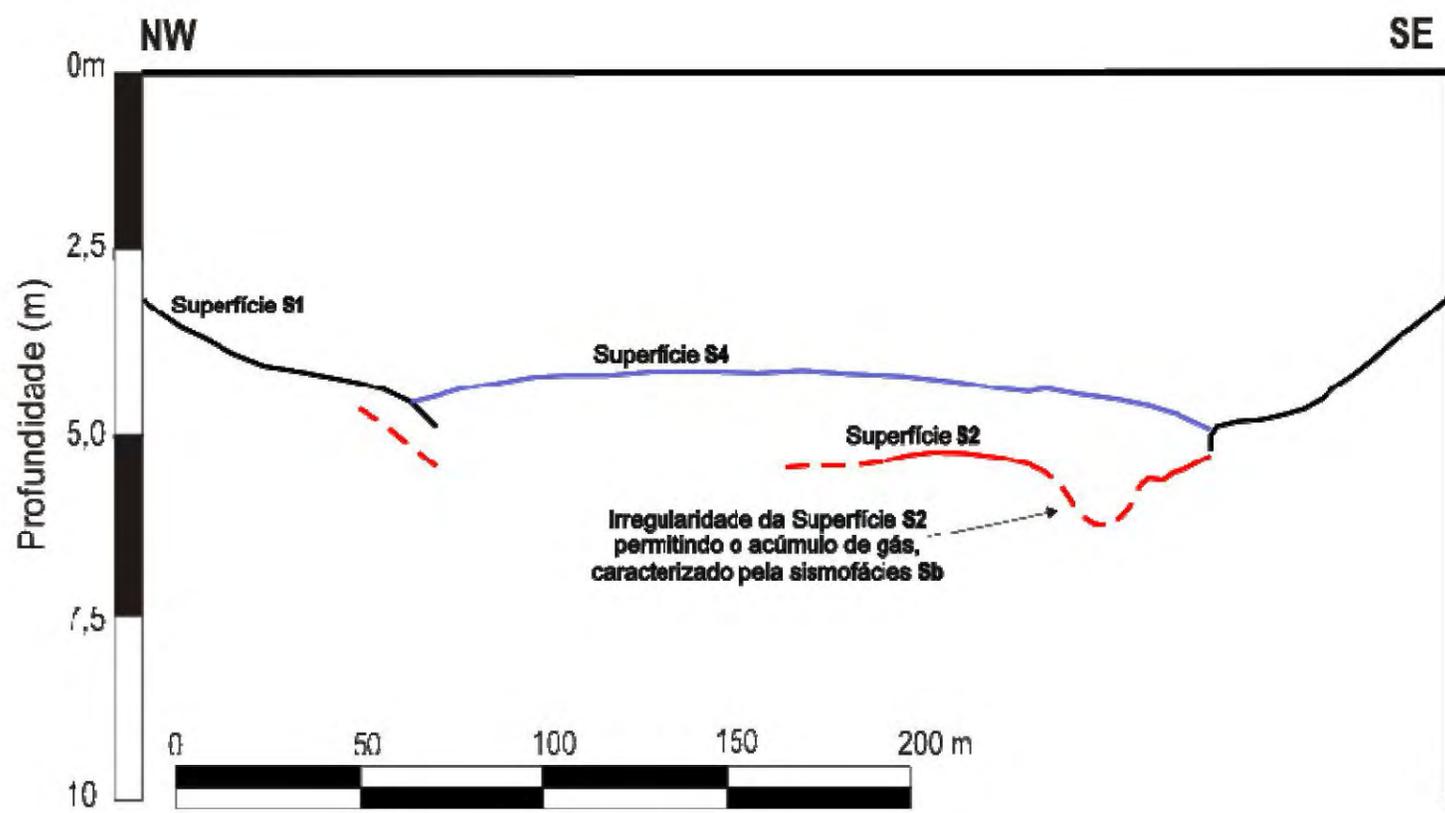
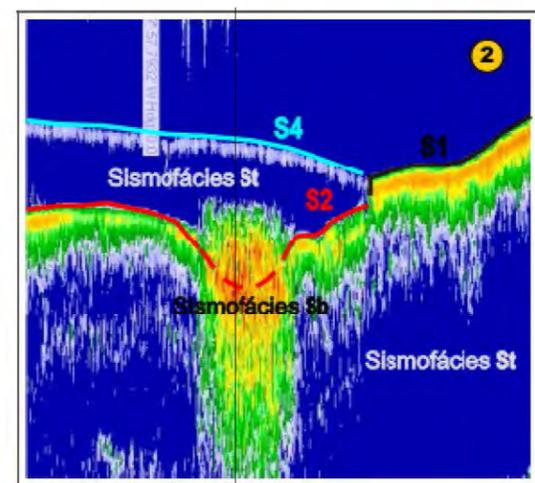
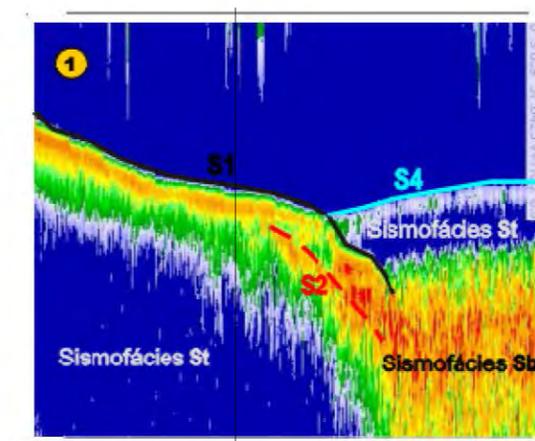


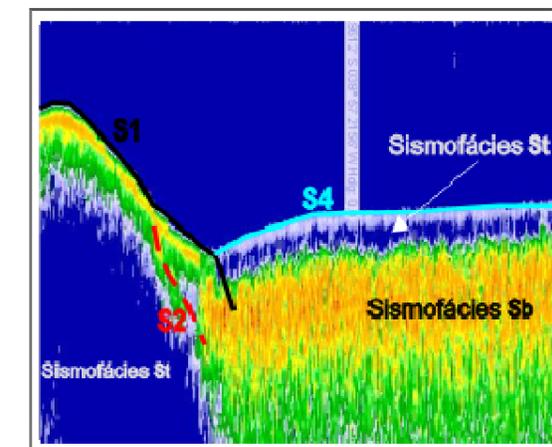
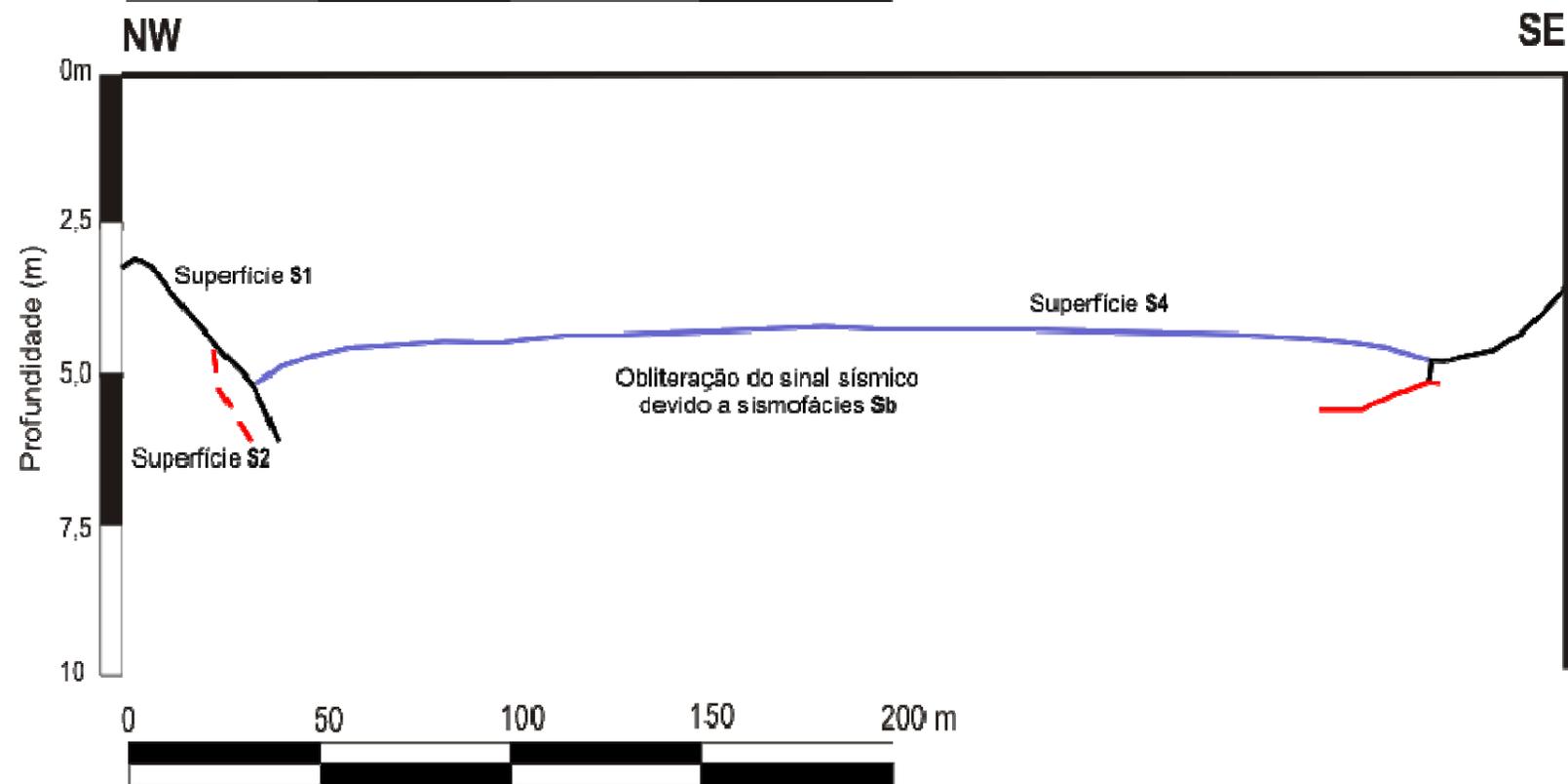
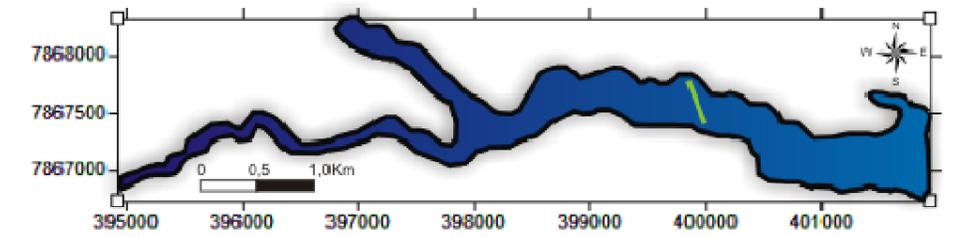
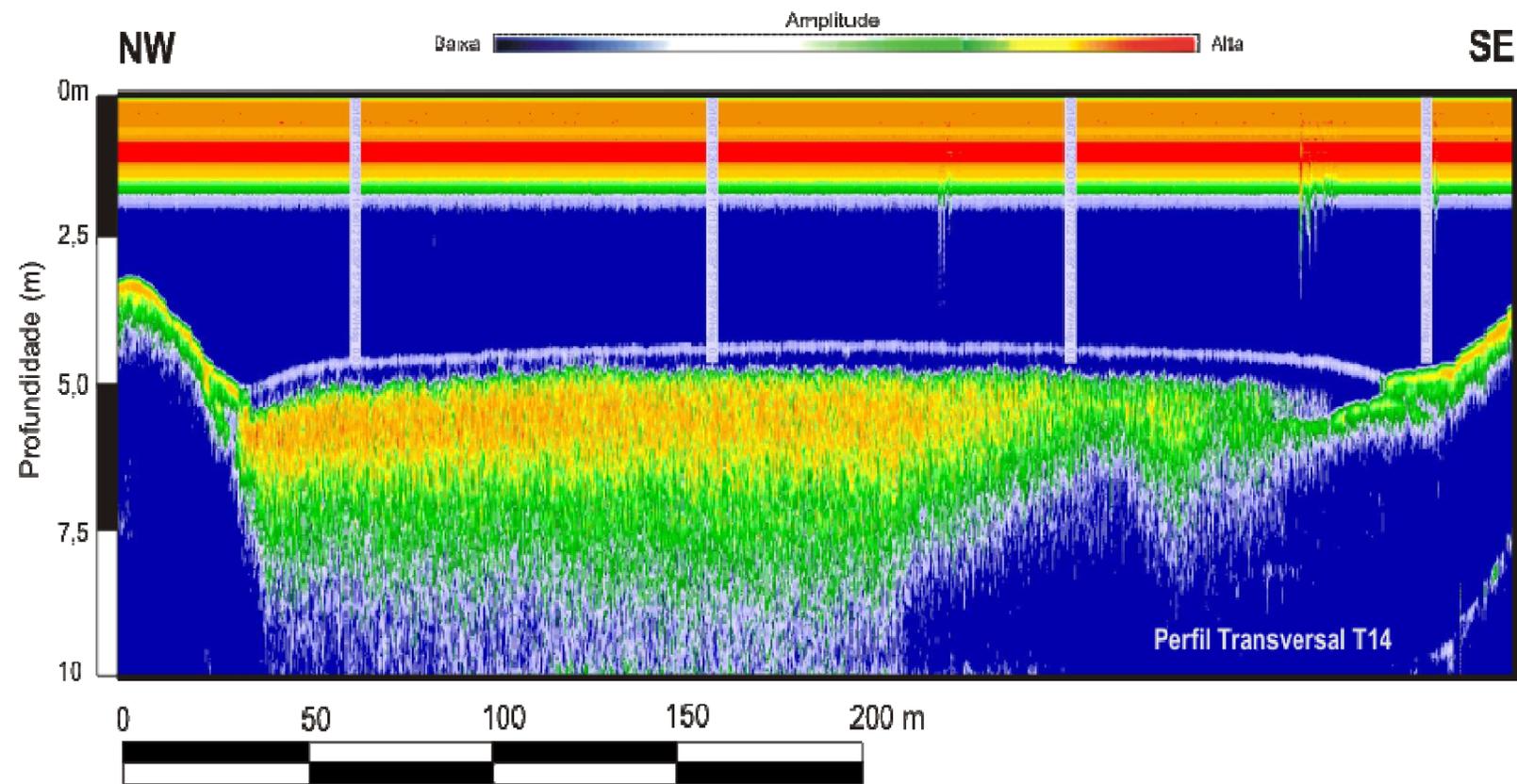
Localização da sondagem LD 02

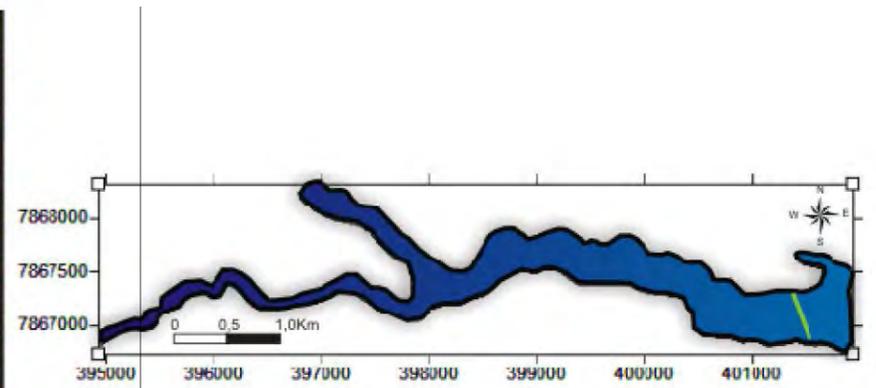
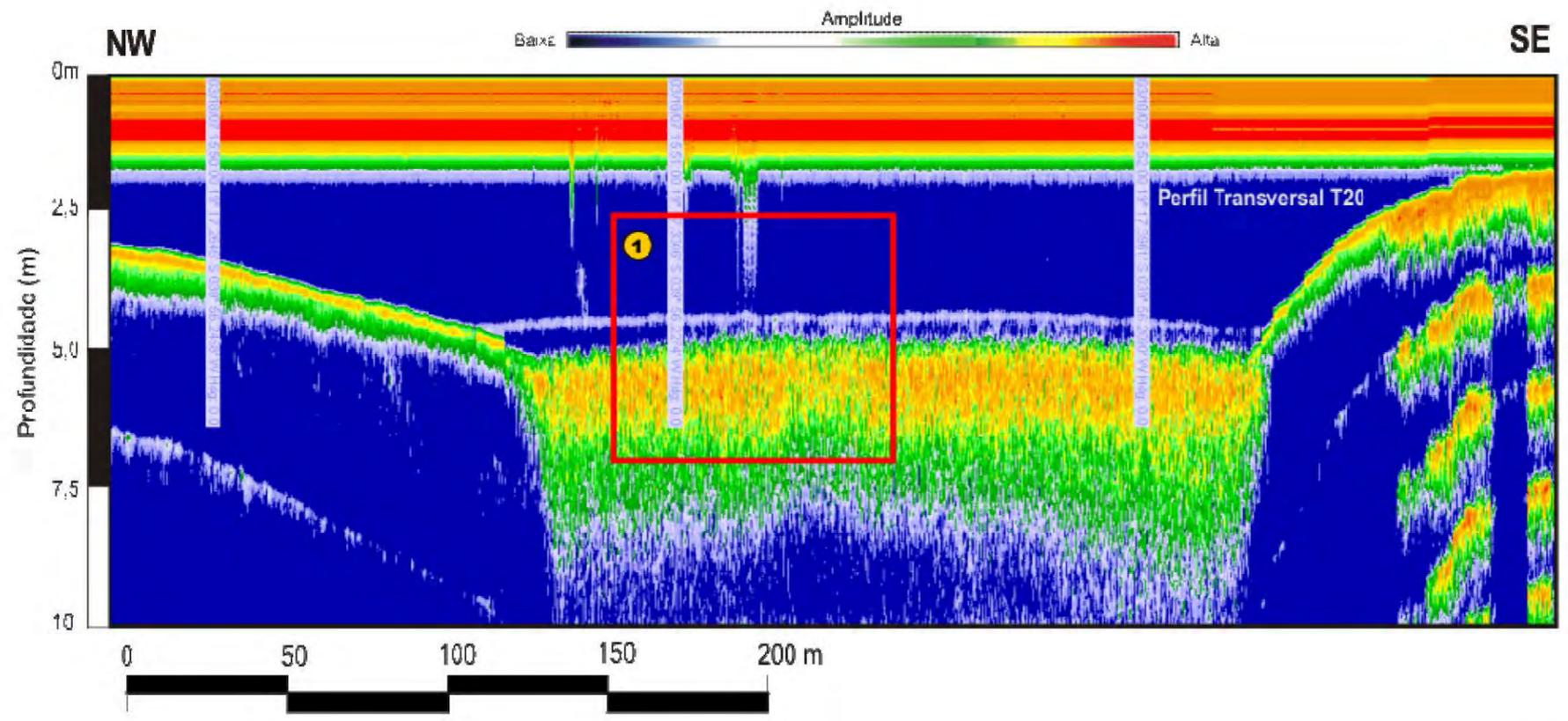




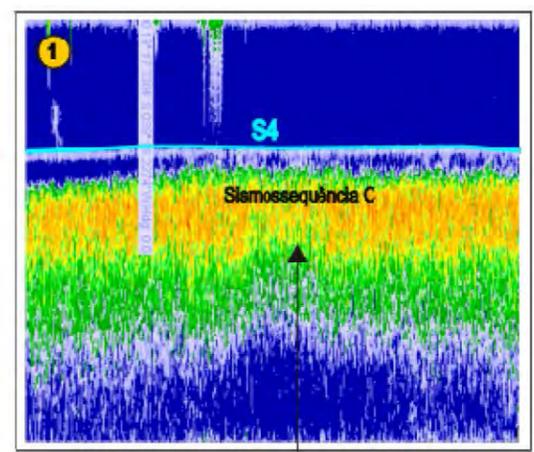
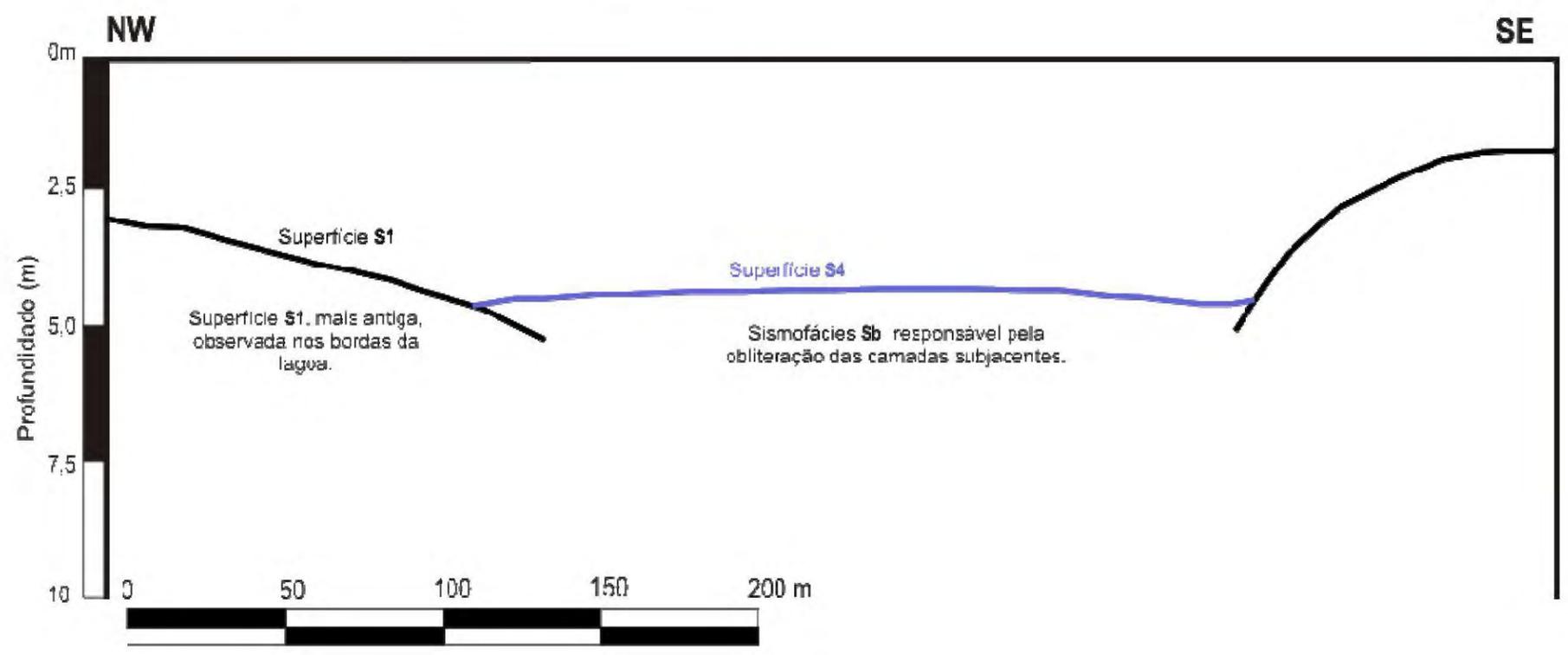
Localização da linha T8 na lagoa Durão



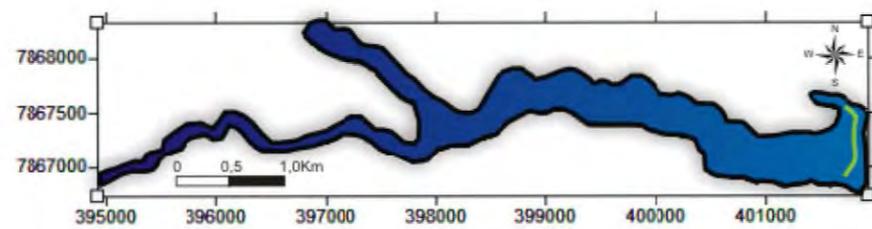
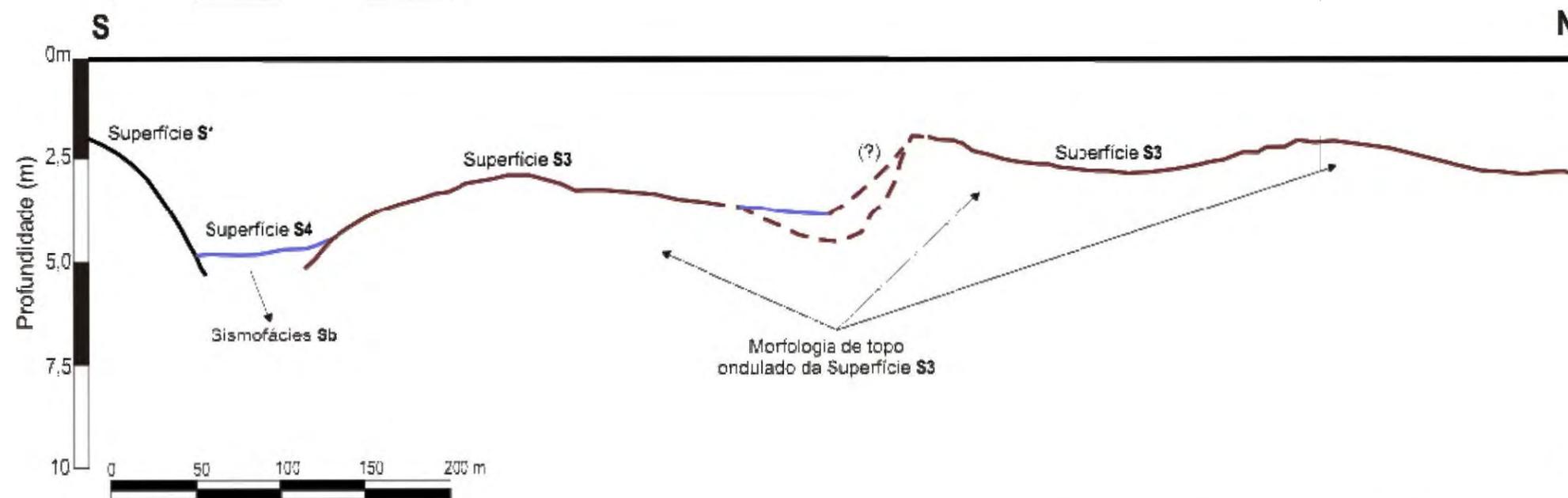
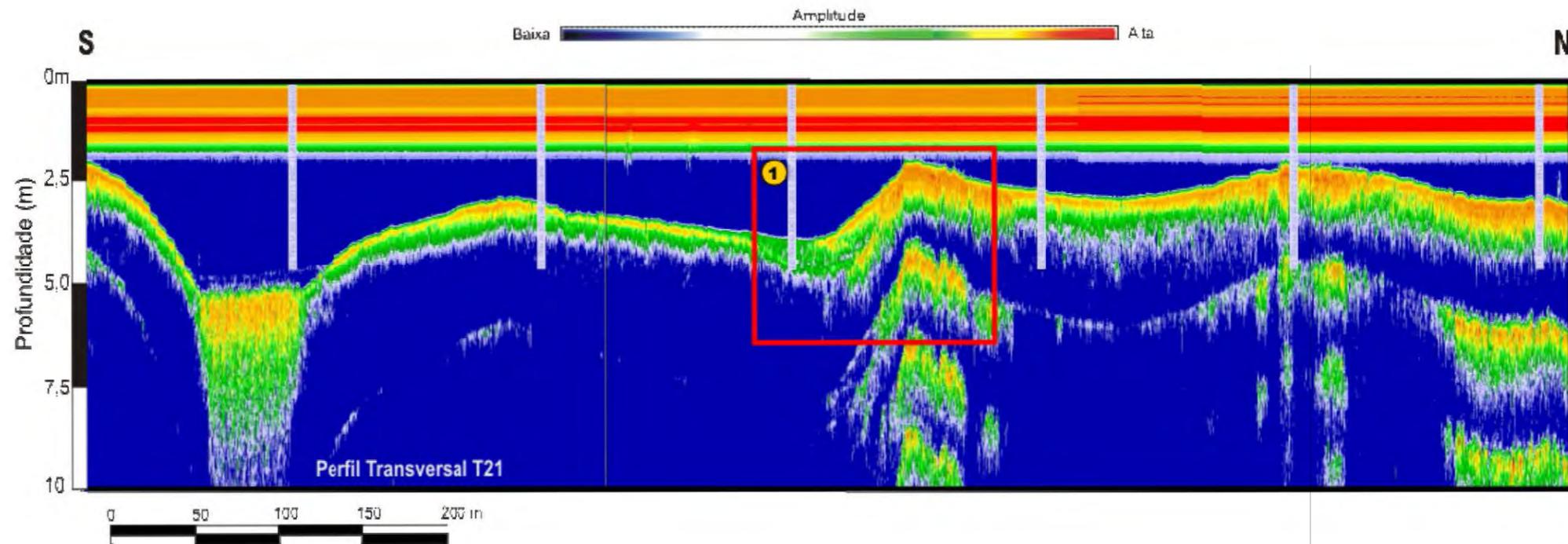




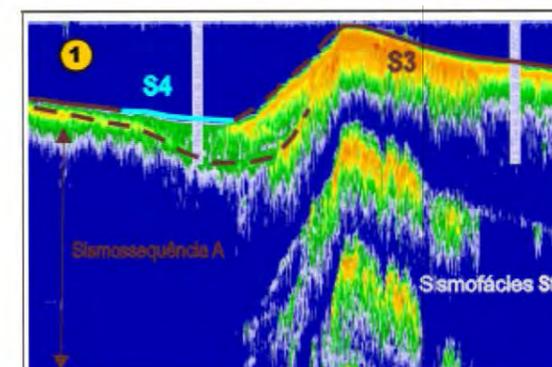
Localização da linha T20 na lagoa Durão



Obliteração das reflexões sísmicas devido ao bolsão de gás, definido e sismofácies S4.

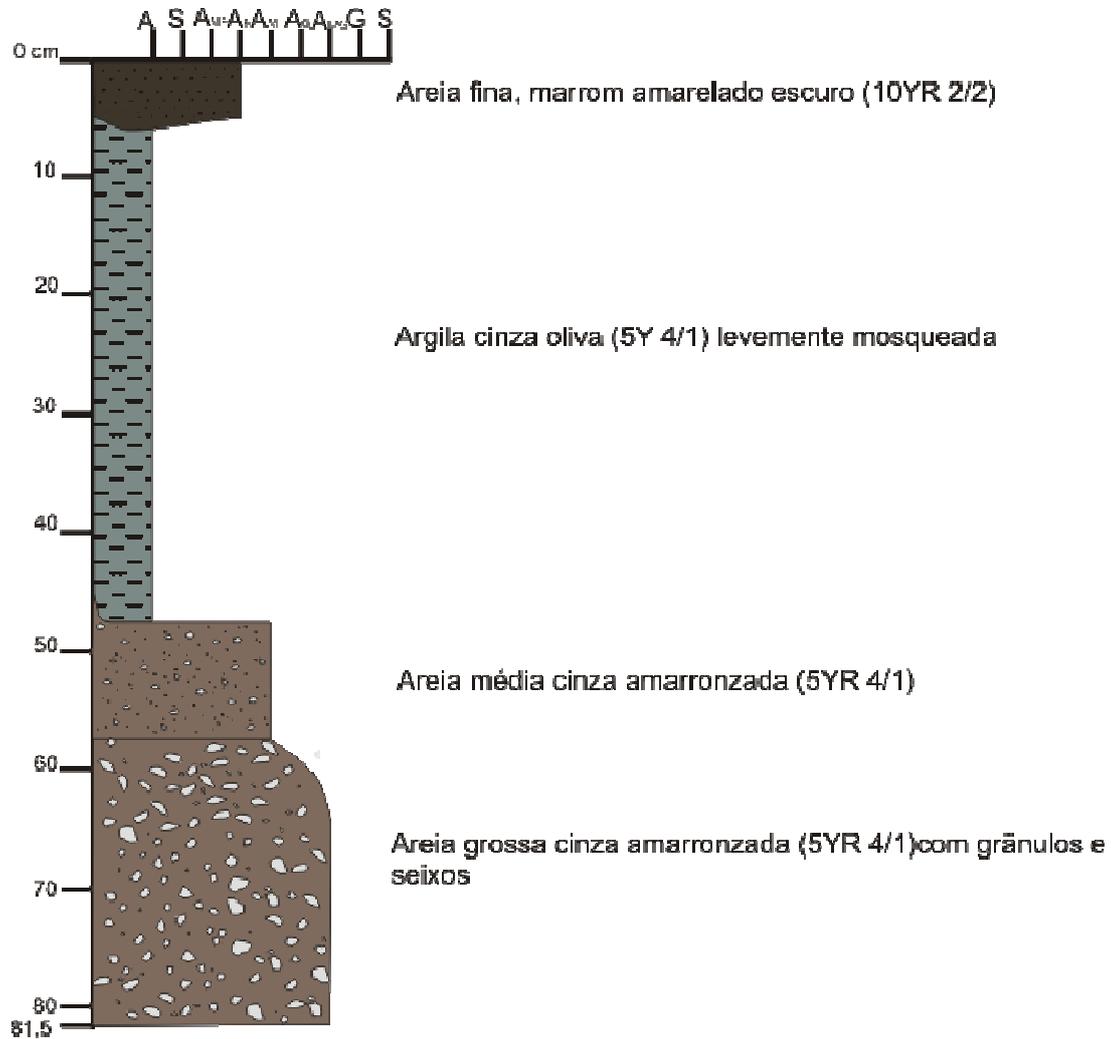


Localização da linha transversal T21 na lagoa Durão



# Perfil Sedimentológico da sondagem LD 01

## LD 01-1

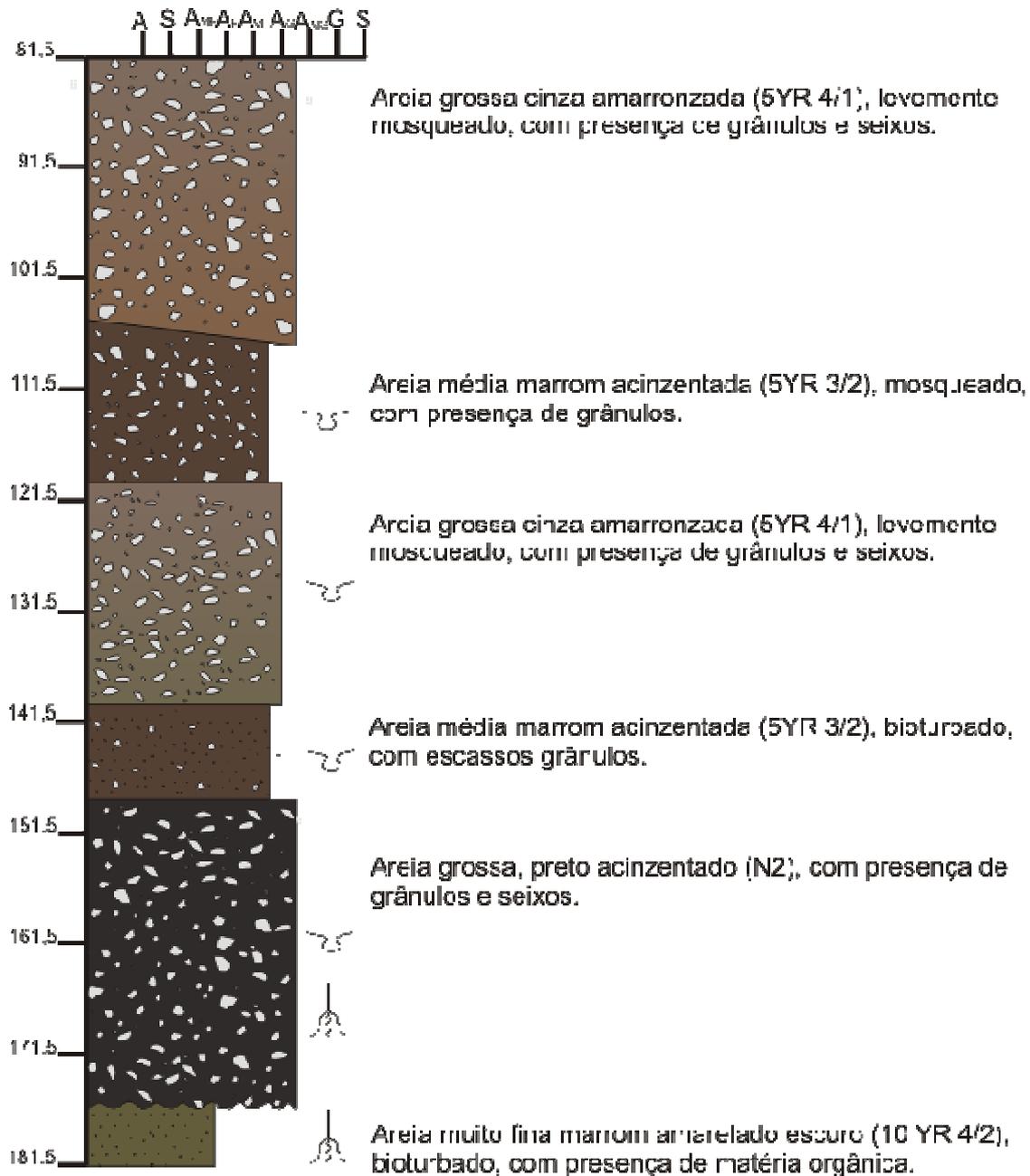


### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

## Perfil Sedimentológico da sondagem LD 01

### LD 01-2

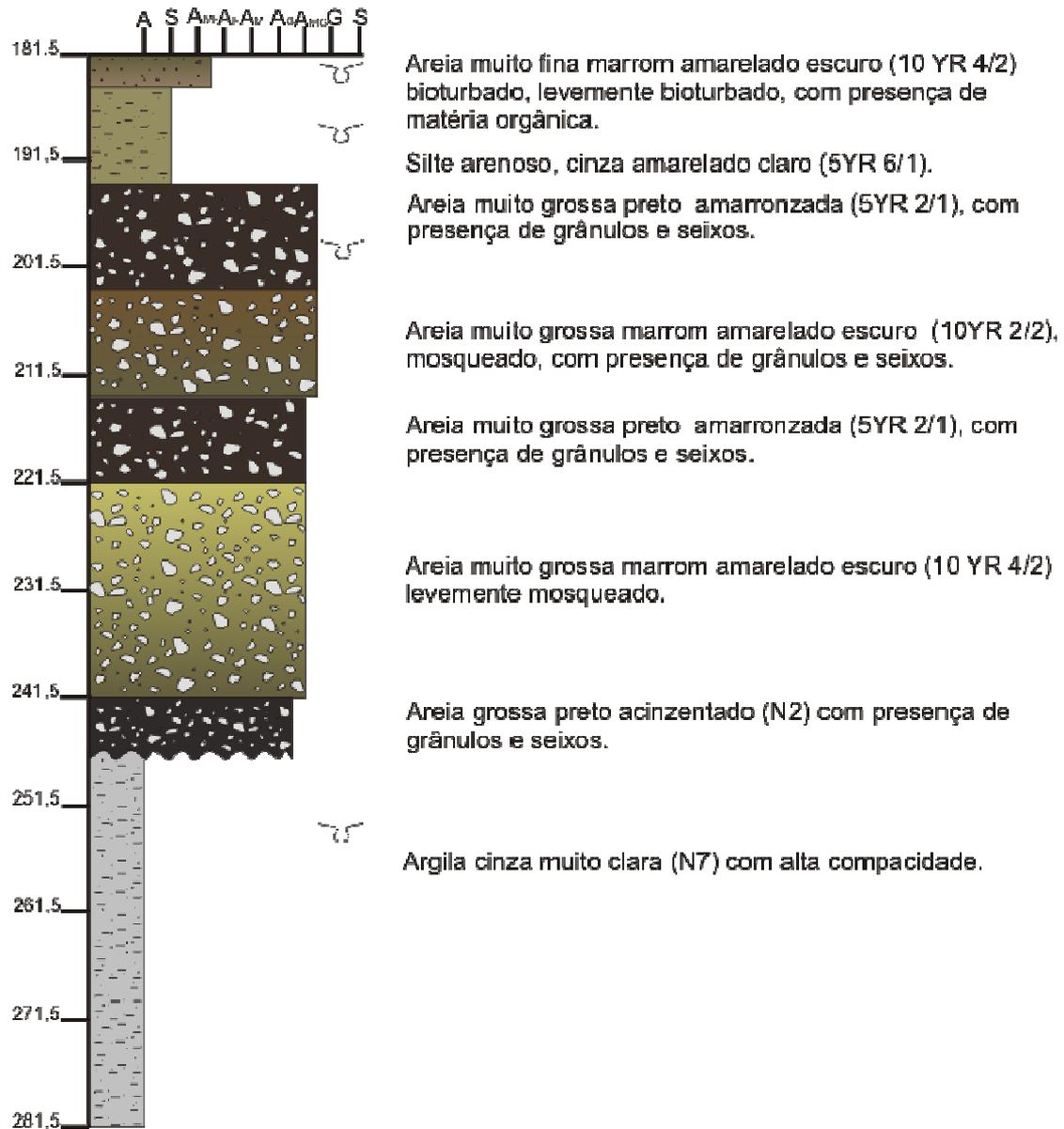


#### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Raízes vegetais

## Perfil Sedimentológico da sondagem LD 01

### LD 01-3



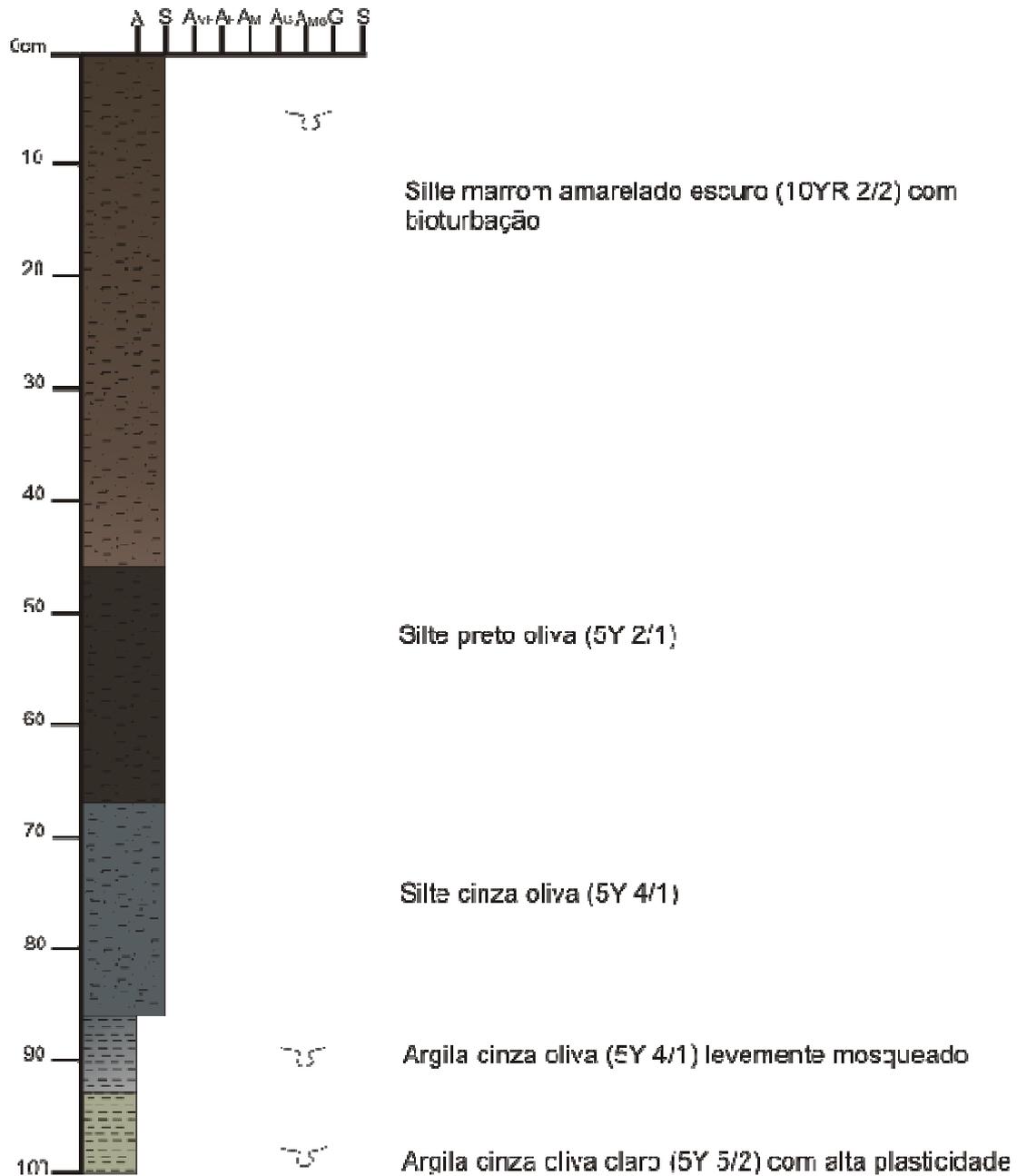
#### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

Total de sedimento coletado: 281,5 cm

## Perfil Sedimentológico da sondagem LD 02

### LD 02-1

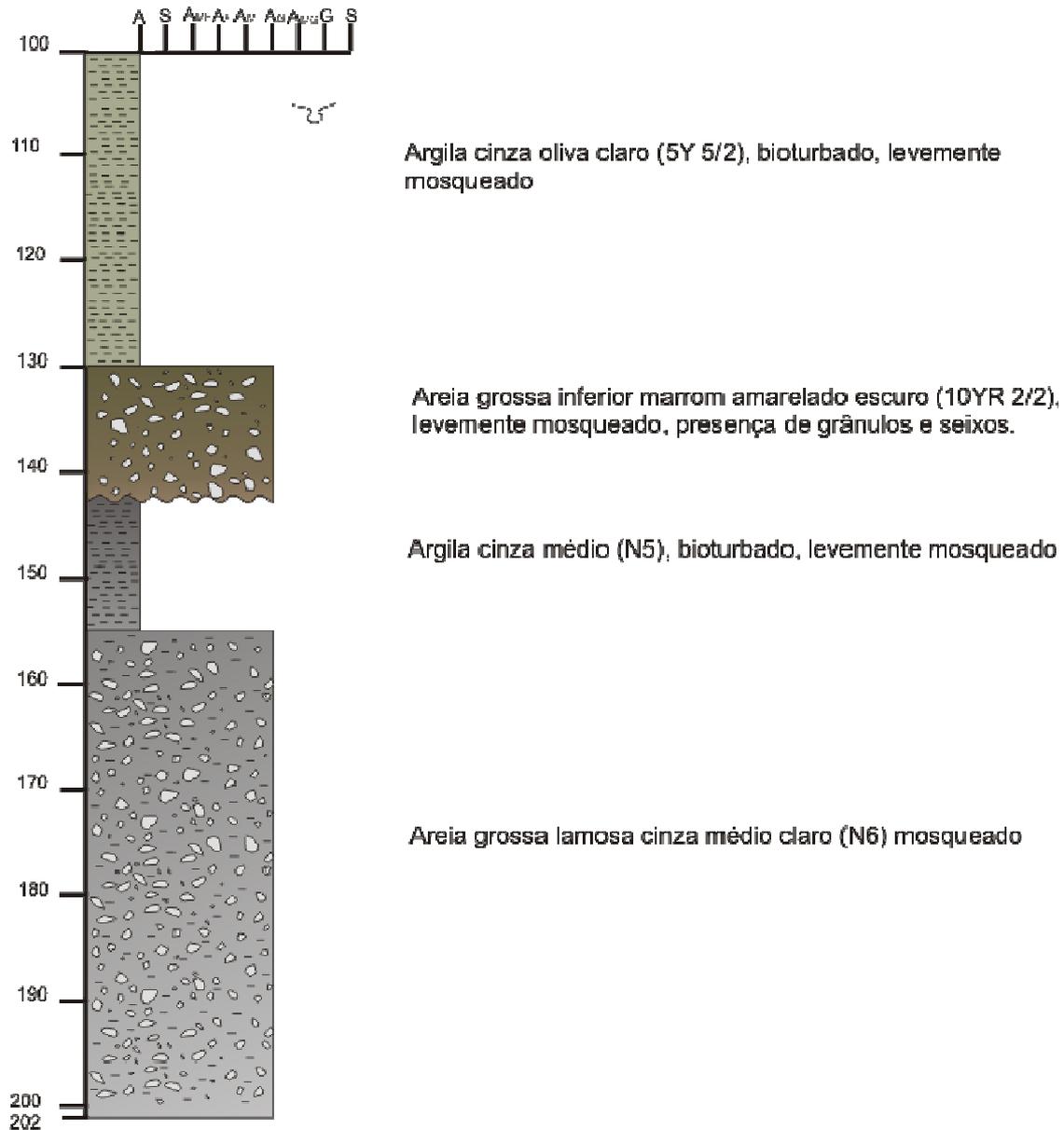


#### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

## Perfil Sedimentológico da sondagem LD 02

### LD 02-2



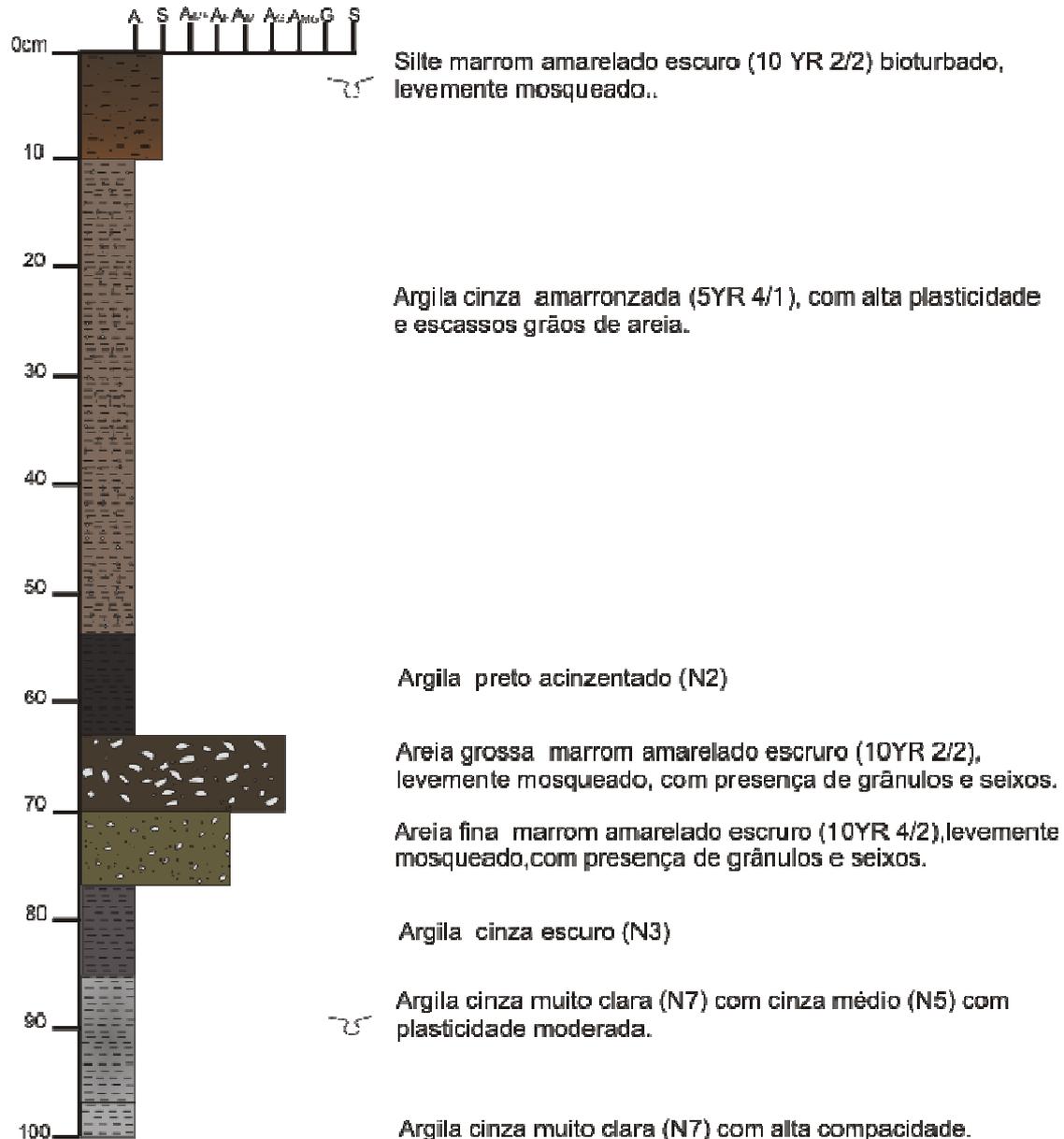
#### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

Total de sedimento coletado: 202,0 cm

## Perfil Sedimentológico da sondagem LD 03

### LD 03

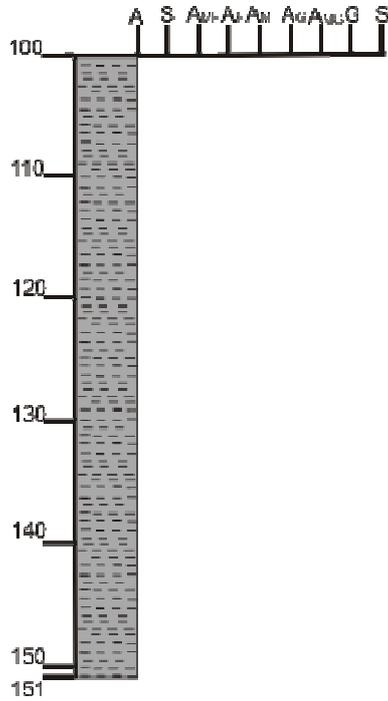


#### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

# Perfil Sedimentológico da sondagem LD 03

## LD 03



Argila cinza muito clara (N7) com alta compactidade.

3

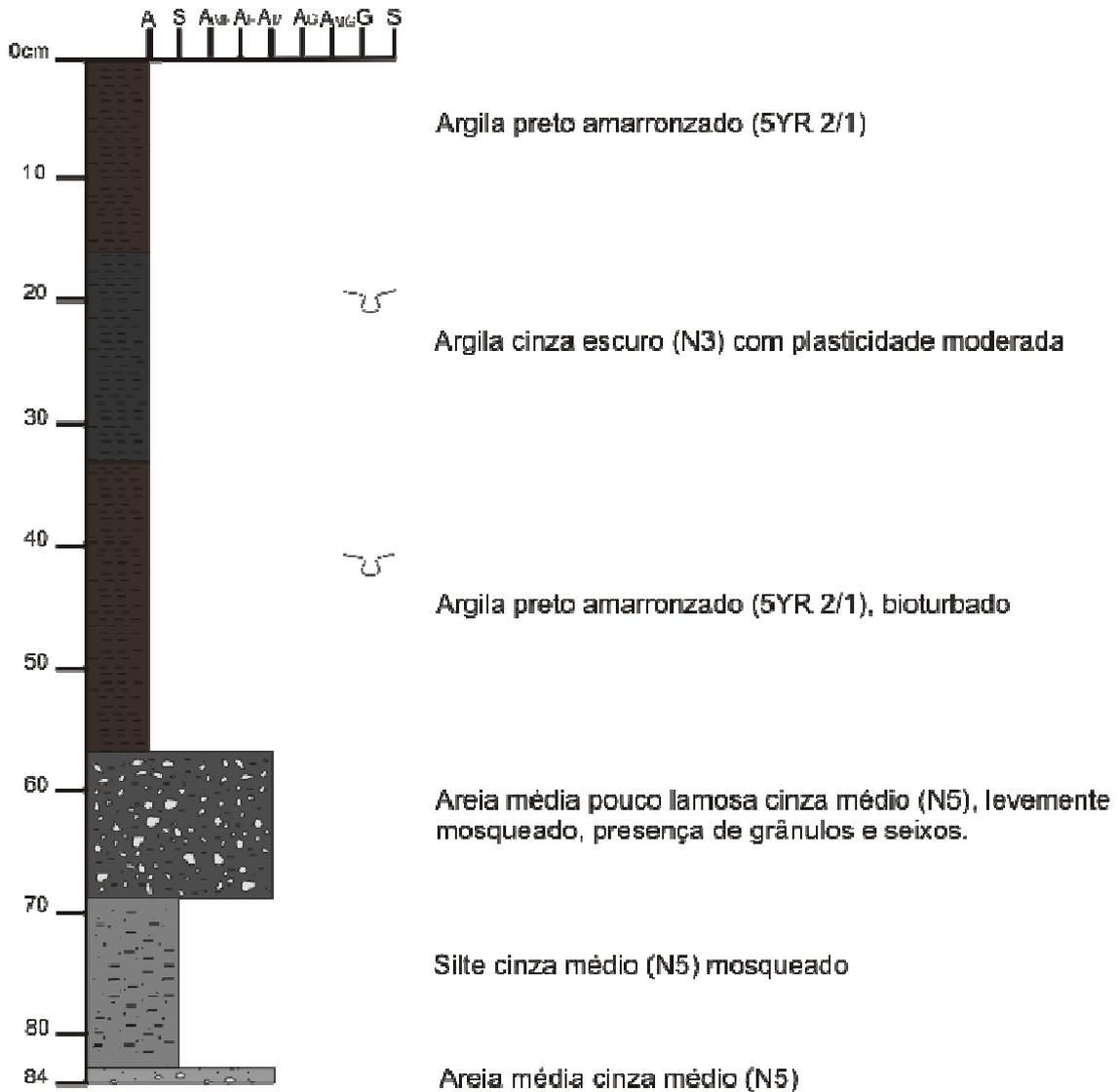
### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

Total de sedimento coletado: 151,0 cm

## Perfil Sedimentológico da sondagem LD 04

### LD 04-1

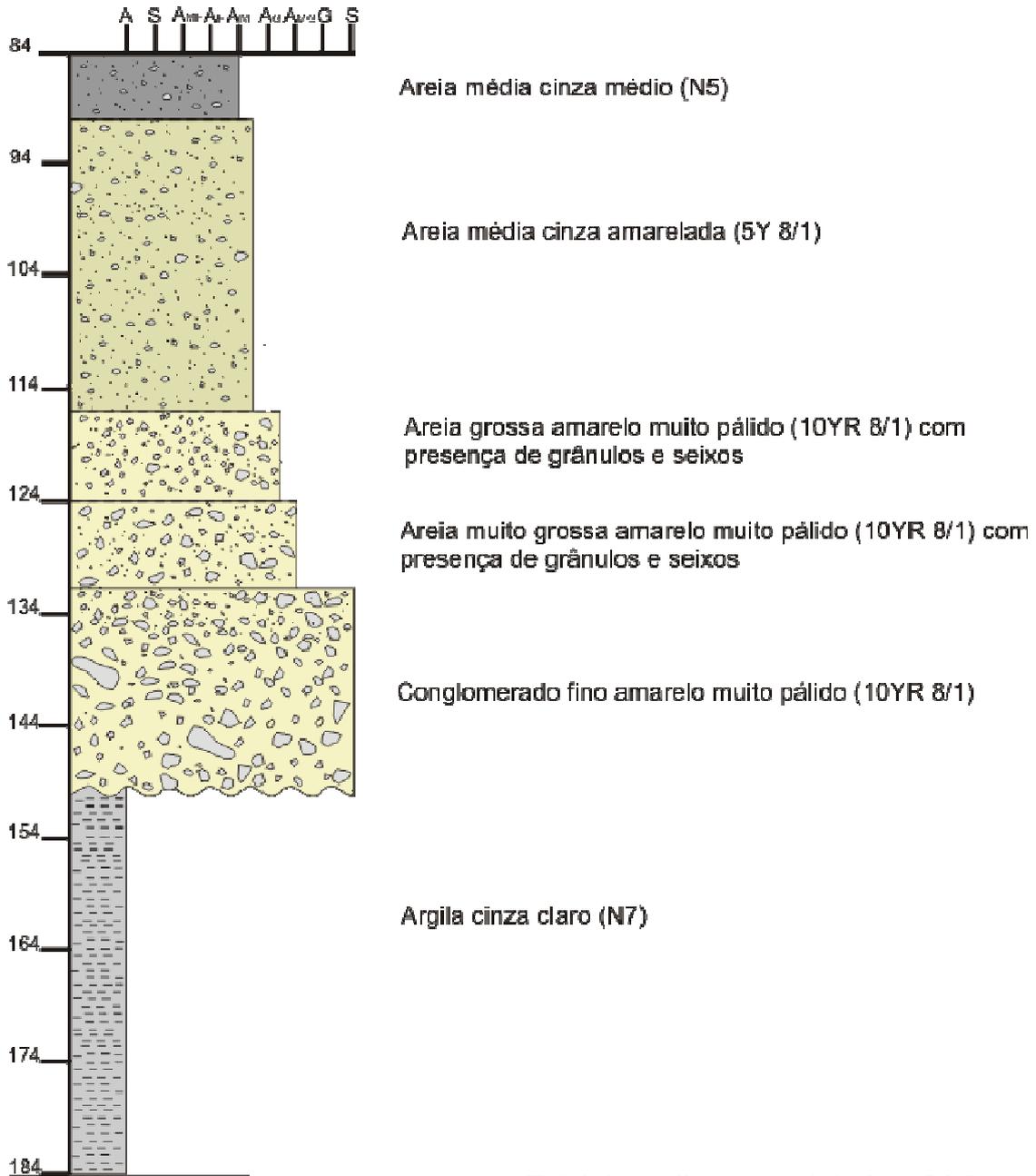


#### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

# Perfil Sedimentológico da sondagem LD 04

## LD 04-2

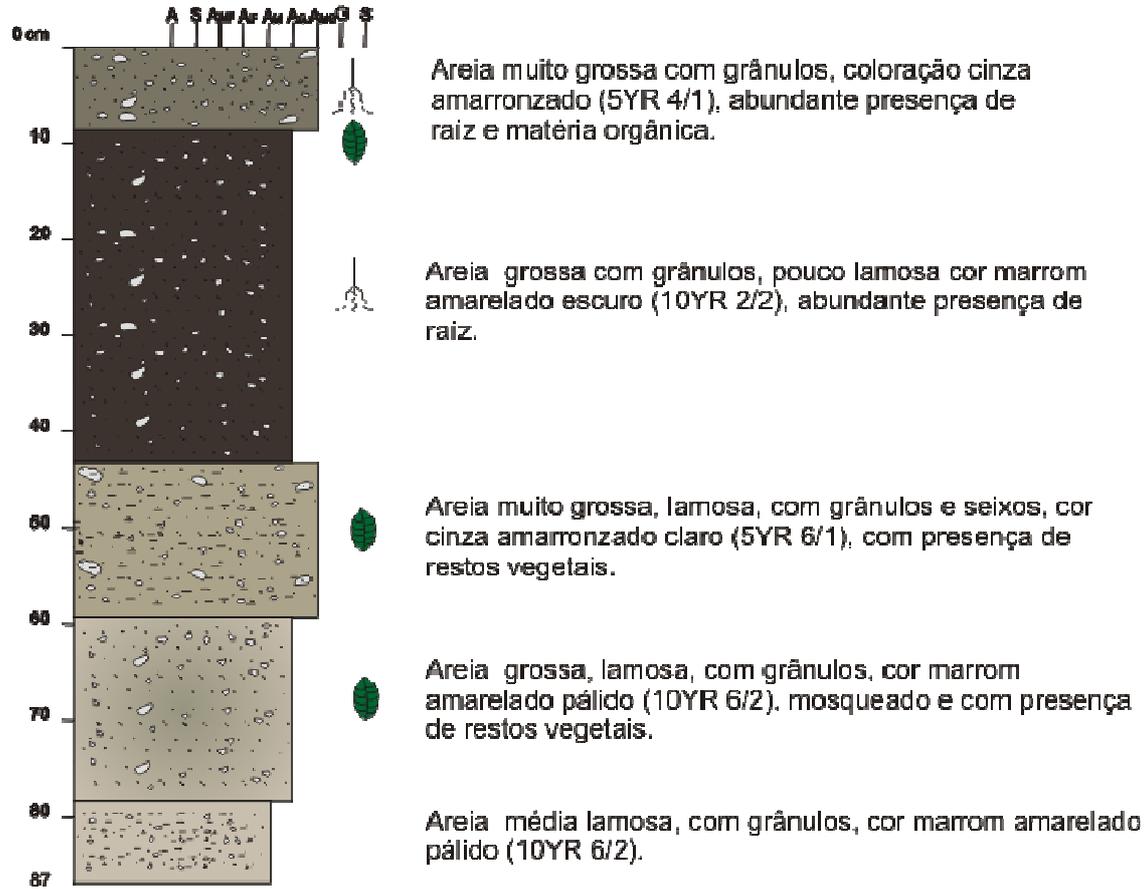


### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

## Perfil Sedimentológico da sondagem CF 01

### CF01-1

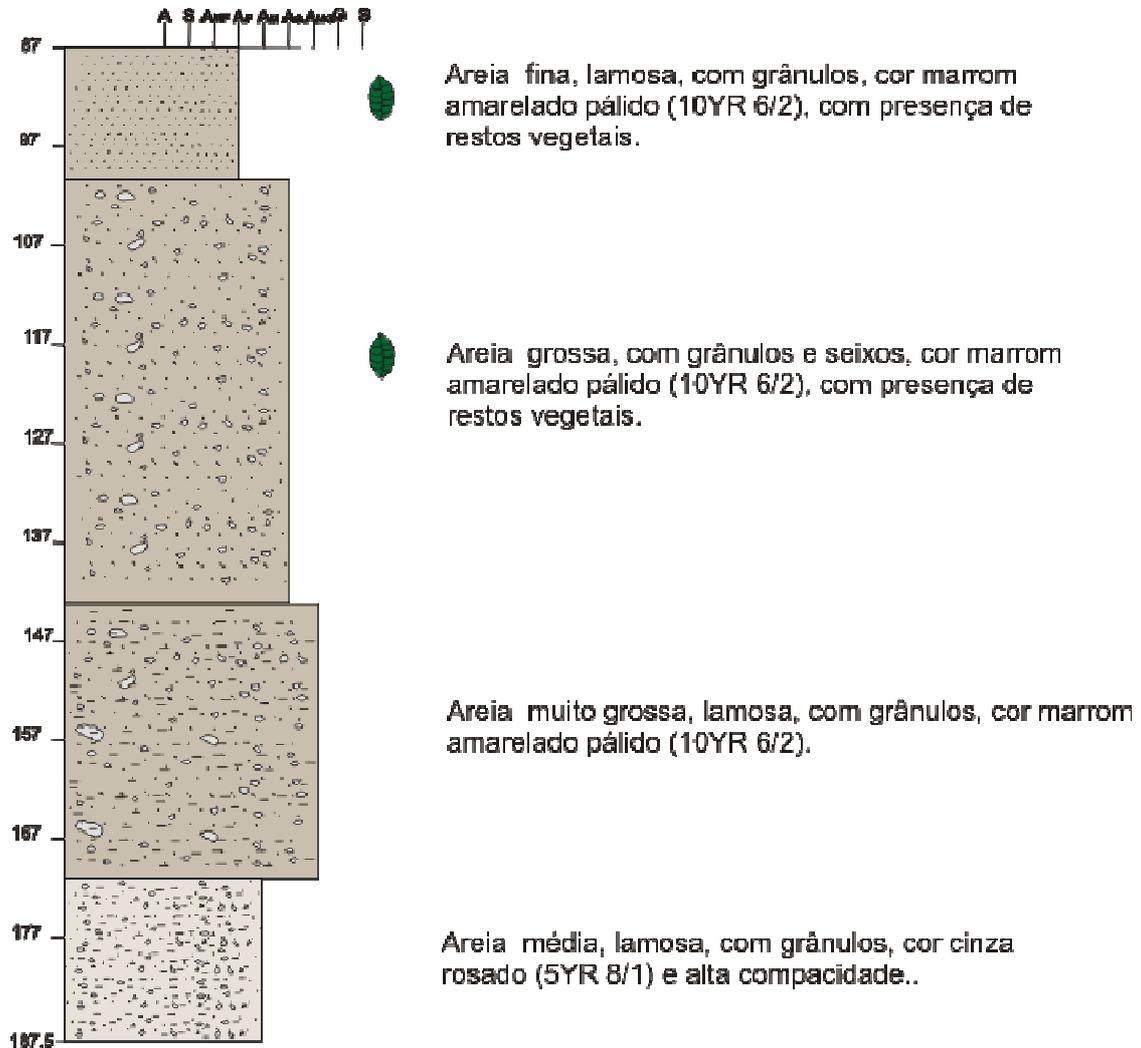


#### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

## Perfil Sedimentológico da sondagem CF 01

### CF01-2

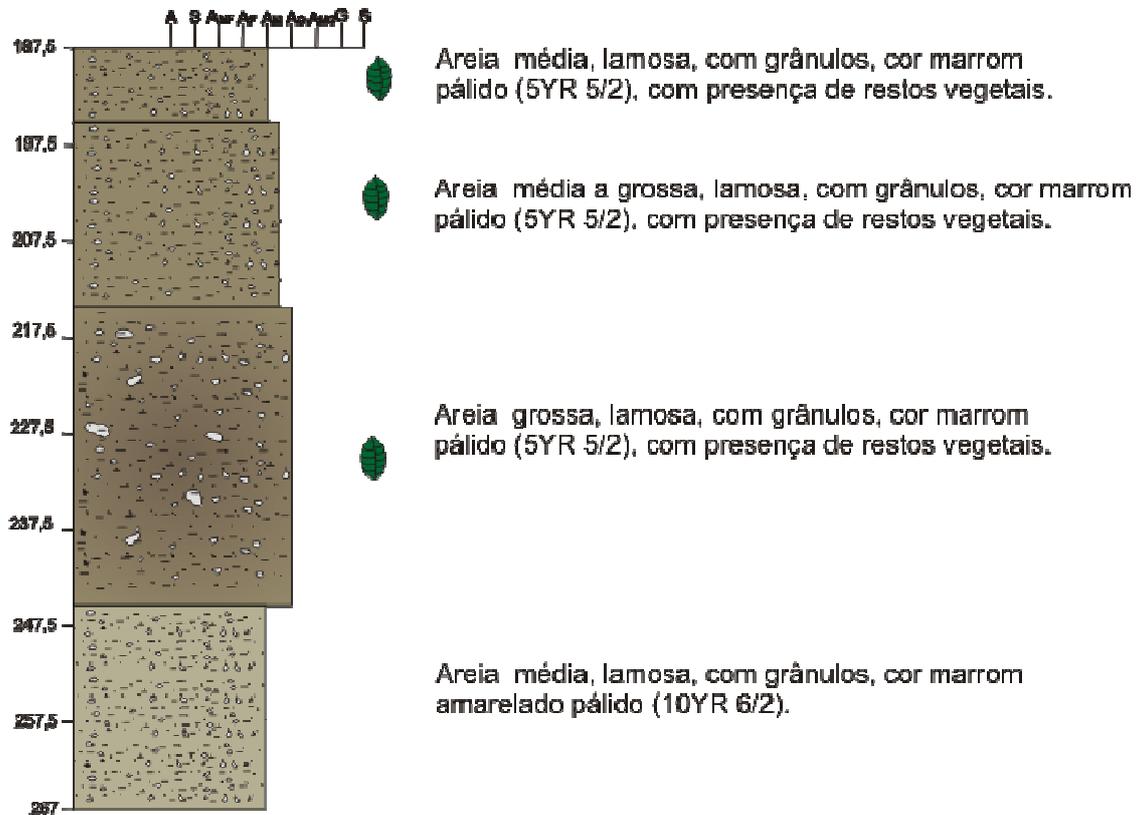


#### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

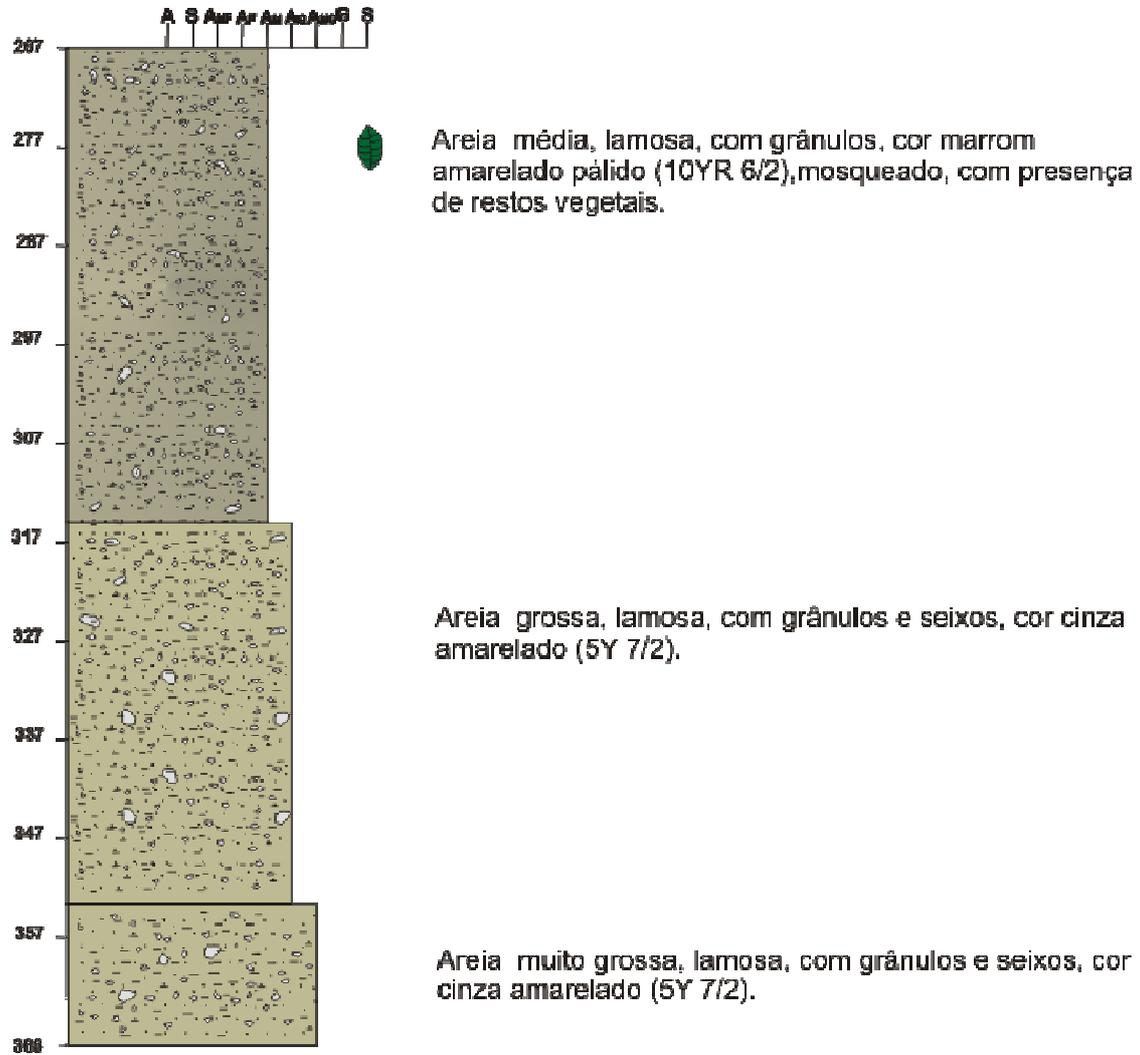
## Perfil Sedimentológico da sondagem CF 01

### CF01-3



## Perfil Sedimentológico da sondagem CF 01

### CF01-4

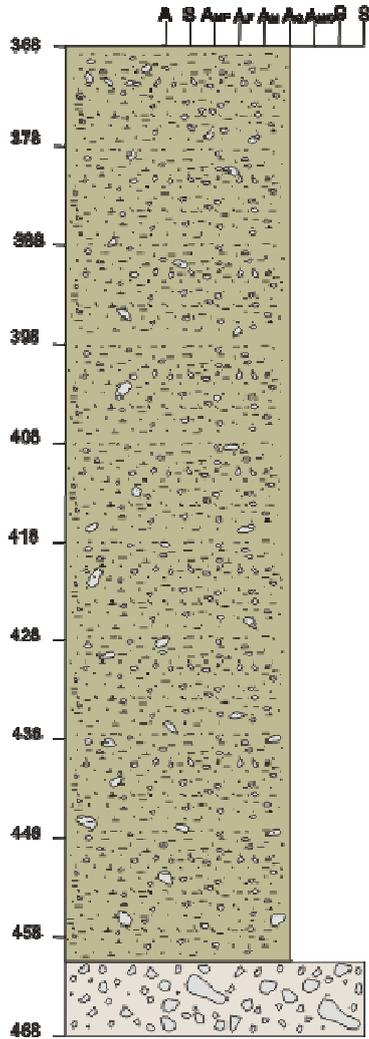


#### Legenda

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

Perfil Sedimentológico da sondagem CF 01

**CF01-5**



Areia grossa, lamosa, com grânulos e seixos, cor cinza amarelado (5Y 7/2).

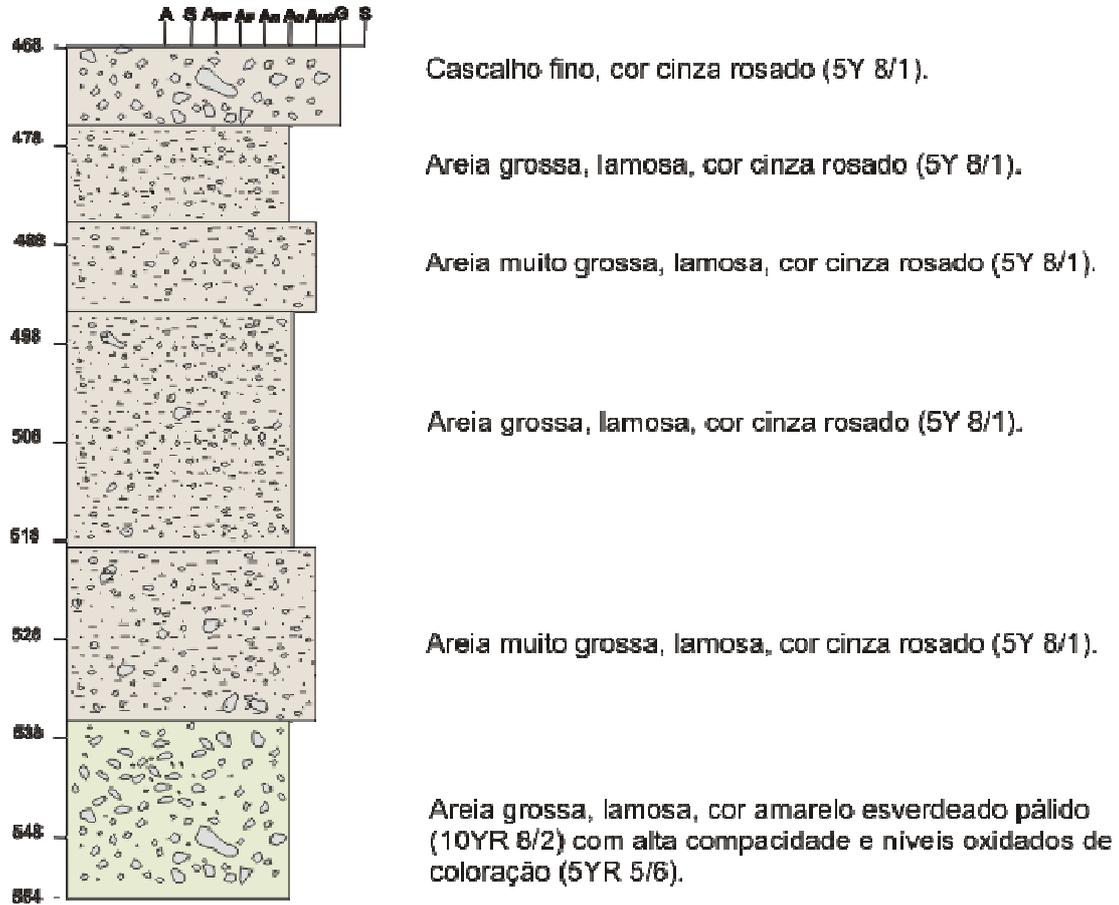
Cascalho fino, cor cinza rosado (5Y 8/1).

**Legenda**

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais

Perfil Sedimentológico da sondagem CF 01

**CF01-6**



**Legenda**

-  Bioturbação
-  Marca de raiz
-  Restos vegetais