

**Universidade Federal Fluminense**

**Instituto de Geociências**

**Departamento de Geologia – Laboratório de Geologia Marinha**

**Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha**



**DETALHAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA  
REGIÃO SUL DO PLATÔ DE SÃO PAULO E  
NORTE DA BACIA DE PELOTAS A PARTIR  
DE DADOS BATIMÉTRICOS MULTIFEIXE**

**IZABEL KING JECK**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**IZABEL KING JECK**

**DETALHAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA REGIÃO SUL DO PLATÔ DE  
SÃO PAULO E NORTE DA BACIA DE PELOTAS A PARTIR  
DE DADOS BATIMÉTRICOS MULTIFEIXE**

**Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Geologia e Geofísica Marinha da  
Universidade Federal Fluminense,  
como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em  
Ciências (M.Sc.). Área de  
concentração: Geologia e Geofísica  
Marinha**

**NITERÓI, 2006**

**IZABEL KING JECK**

**DETALHAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA REGIÃO SUL DO PLATÔ DE  
SÃO PAULO E NORTE DA BACIA DE PELOTAS A PARTIR  
DE DADOS BATIMÉTRICOS MULTIFEIXE**

**Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Geologia e Geofísica Marinha da  
Universidade Federal Fluminense,  
como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em  
Ciências (M.Sc.). Área de  
concentração: Geologia e Geofísica  
Marinha**

**Aprovada em**

**Banca Examinadora**

---

**Prof. Jorge Jesus Cunha Palma, Dr.**

**Orientador**

**Universidade Federal Fluminense**

---

**Prof. Dieter Muehe, Dr.**

**Universidade Federal do Rio de Janeiro**

---

**Prof. Adalberto da Silva, Dr.**

**Universidade Federal Fluminense**

---

**Prof. Cleverson Guizan Silva, Dr.**

**Universidade Federal Fluminense**

J44 Jeck, Izabel King.  
Detalhamento geomorfológico da região sul do platô de São Paulo e norte da Baía de Pelotas a partir de dados batimétricos multifeixe / Izabel King Jeck. – Niterói: [s.n.], 2006.  
77 f.  
Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) - Universidade Federal Fluminense, 2006.

1.Geomorfologia submarina. 2.Batimetria. I.Título.

CDD 551.46084

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente a todos que me incentivaram a iniciar e a concluir este curso e a apresentar esta dissertação, em especial a Deus.

Agradeço à Mariana que teve paciência e soube compreender os momentos em que não pude dar atenção a ela e ao Domingos, que sempre me apoiou e contribuiu com sugestões e orientações.

Agradeço aos meus pais que sempre me orientaram dentre outras coisas, desde a infância, a seguir o caminho dos estudos e a ter perseverança e confiança.

Ao Centro de Hidrografia da Marinha, que me apoiou nesta escolha, autorizando minha ausência do trabalho em diversas oportunidades.

Ao meu orientador, Jorge Palma, pela ajuda, disposição e orientação.

A todos os professores do LAGEMAR, por todo o aprendizado adquirido em suas aulas e nos momentos de consulta, bem como às secretárias, sempre dispostas a solucionar os problemas.

Aos que trabalham ou trabalharam comigo, pelas sugestões e explicações.

Novamente, a todos que contribuíram neste processo, muito obrigado.

## RESUMO

O detalhamento morfológico da região sul do Embaio de São Paulo e norte da Bacia de Pelotas foi obtido pela utilização de dados de ecobatimetria multifeixe, que possibilitou a identificação de feições menores de relevo de modo contínuo. As feições maiores de relevo e seu contexto regional foram obtidos pela utilização de dados de batimetria monofeixe disponíveis.

Por meio do processamento foi possível recuperar dados batimétricos multifeixe, que apresentaram problemas de aquisição, e construir um modelo digital do terreno (MDT) que, associado a registros de 3,5 kHz, agregou importantes informações sobre feições e processos de morfogênese e sedimentação na plataforma, talude e sopé continentais bem como no platô de São Paulo.

Foi observado que locais de deslizamento e de desmoronamento como descritos por Mello et al. (1992), e de zonas de escarpas e falhas, como descritos por Lima (2004), quando inseridos em um contexto regional, configuram uma região de grande remoção de sedimentos nos taludes superior e médio.

Esta região apresenta-se como um anfiteatro regional formado por uma cicatriz de remoção, com alvéolos de deslizamento e desmoronamento associados, causando uma reentrância do talude. Em águas mais rasas foram identificadas escarpas e cristas com até 100 metros de relevo, individualizando patamares, e pequenos canais associados, de direção NW-SE, onde os processos de remoção teriam sido iniciados. Os sedimentos, ao serem removidos esculpiram as escarpas e desenvolveram canais, por onde foram conduzidas correntes de fluxos gravitacionais e transporte de massa.

Em maiores profundidades são observados dois canais de grande expressão topográfica, denominados canais A e B, com canais secundários e feições locais de deslizamento e desmoronamento associadas. Estes canais teriam sido os responsáveis pela canalização dos sedimentos removidos dos níveis mais rasos para águas profundas, contribuindo para a modelagem da grande cicatriz de remoção.

Associado a esta cicatriz, no limite norte da bacia de Pelotas foram identificados canais paralelos à direção geral do talude, denominados canais C,

em profundidades de 1300 a 1500 metros, relacionados a falhamentos lístricos. A origem destes falhamentos pode ter sido o peso dos sedimentos acumulados e a intensa dinâmica sedimentar da região, localizada entre os canais A e B.

Na porção sul do patamar superior do platô de São Paulo foi identificada a ocorrência de estruturas halocinéticas sob a forma de cristas, que individualizam microbacias preenchidas por depósitos turbidíticos. Estas cristas estão arranjadas num padrão de mosaico que delimitam baixos topográficos de formas predominantemente losangulares, sugerindo bacias rômbricas.

Além das feições descritas acima, outras foram confirmadas como *pockmarks* na plataforma externa e talude superior, e campos de ondas de lama e canais de contorno na elevação continental.

## ABSTRACT

The detailed morphology in the region between the South of São Paulo Embayment and the North of the Pelotas Basin was obtained by using multibeam data, which allowed the identification of seafloor small features. Bigger features and its regional context were obtained using singlebeam data.

The multibeam data had problems in the acquisition but using processing tools the data was recovered and a digital terrain model was calculated. With this model, integrated with 3,5kHz profiles, important information regarding features and morphogenesis and sedimentary processes in the continental shelf, slope, rise and also in the São Paulo Plateau, were obtained.

It was observed that slump and slide regions described by Mello et al. (1992), and regions with scarps and faults described by Lima (2004), seem to be part of a huge region of sedimentary removal in the upper and intermediate slope, if inserted in a regional context.

This region remains as a removal scar with related slump/slide lobes that generated a slope retrocession. Scarps and ridges, up to 100 m high, were identified in shallow waters. They individualize steps and small channels with the NW-SE direction, where the removal process was probably initiated. The sediments, as were been removed, sculpted the scarps and channels, being conducted by gravitational and mass flows.

Two huge channels, named A and B, were observed in deeper waters. Those channels are associated with secondary channels and local slump/slide features and must have been the pathway to deeper water of the sediments removed from shallow waters, helping in the development of the huge removal scar.

Associated with this scar, in the north boarder of the Pelotas Basin, it was identified the presence of channels parallel to the slope isobaths, between 1300 and 1500 meters depth, named C channels. Those channels must be related to listric faults originated by the sediments weight and by the intense sedimentary dynamic in the region between channels A and B.

In the South portion of the São Paulo Plateau it was identified the presence of ridges related to halocinetic structures. Those ridges individualize

microbasins in a lozenge-shaped, suggesting rhombic basins, filled by turbiditic sediments.

Besides the features described above, some other were also confirmed like the pockmarks - in the continental shelf and in the upper slope – and the mud wave and the contour channels, in the continental rise.

## ÍNDICE

Resumo.....	vi
Abstract.....	viii
Índice.....	x
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas.....	xiv
Lista de Anexos.....	xiv
1. Introdução.....	1
2. Geologia da área.....	3
2.1. Fisiografia.....	3
2.1.1. Plataforma Continental.....	3
2.1.2. Talude Continental.....	5
2.1.3. Platô de São Paulo.....	6
2.1.4. Elevação Continental.....	7
2.1.5. Elevação do Rio Grande.....	8
2.2. Arcabouço tectônico.....	8
2.2.1. Bacia de Santos.....	9
2.2.2. Plataforma de Florianópolis.....	9
2.2.3. Bacia de Pelotas.....	10
2.3. Circulação Oceânica.....	10
3. Metodologia e dados utilizados.....	12
3.1. Generalidades sobre ecosondagem monofeixe e multifeixe.....	12
3.1.1. Posição e atitude da embarcação.....	14
3.1.2. Velocidade do som da água do mar.....	15
3.2. Dados monofeixe .....	16
3.3. Dados multifeixe e perfilagem superficial.....	17
3.4. Integração dos dados monofeixe e multifeixe.....	28
3.4.1. Geração dos modelos.....	28
3.4.2. Junção dos modelos.....	29
4. Resultados.....	34
4.1. Região de <i>pockmarks</i> .....	36
4.2. Região de cristas diapíricas no Platô de São Paulo.....	38

4.3. Região de feições de remoção e transporte de massa no talude continental.....	40
4.4. Região de ondas de lama e canal de contorno.....	52
4.5. Interpretação Geomorfológica.....	55
5. Conclusões.....	59
6. Bibliografia.....	62
7. Anexos .....	68

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa fisiográfico da região (modificado de Zemruscki, 1979) com a área de estudo demarcada pelo retângulo preto duplo.....	2
Figura 2: Modelo digital do terreno (descrito posteriormente no item 3.4.1) onde podem ser observadas as duas reentrâncias do talude descritas por Lima (2004).....	4
Figura 3: Comparação entre ecobatímetro monofeixe e multifeixe – a faixa ensonificada é função da abertura angular do ecobatímetro e da profundidade local.....	12
Figura 4: Largura da varredura multifeixe (SEABEAM, 1997).....	13
Figura 5: Movimentos translacionais da embarcação.....	14
Figura 6: Movimentos rotacionais da embarcação.....	14
Figura 7: Efeito da refração no feixe acústico (SEABEAM, 1997). A seta vermelha apresenta a posição geometricamente estimada para o feixe, a seta verde apresenta a posição real do feixe após a refração.....	16
Figura 8: Dados utilizados (Geodas, Leplac IV, Leplac XI e MV Knorr).....	18
Figura 9: Não coincidência de dois perfis batimétricos superpostos em função de inclinação no transdutor.....	19
Figura 10: Definição do valor angular de balanço.....	21
Figura 11: Visualização de problemas de velocidade do som.....	23
Figura 12: Falta de definição do fundo pelos feixes externos. Na área demarcada pela linha preta observa-se a dispersão dos dados referente aos feixes externos da cada linha de sondagem.....	23

Figura 13: Variação do tamanho do <i>footprint</i> em função da profundidade.....	24
Figura 14: Quinta tentativa. Os quadros 1 e 2 apresentam a mesma situação sendo que no segundo os pontos eliminados não são apresentados.....	24
Figura 15: Os quadros inferiores apresentam um detalhe da região demarcada pelo retângulo preto do quadro superior. O quadro esquerdo apresenta o MDT gerado com dados monofeixe com tamanho de célula de 1000 metros. O quadro da direita apresenta o MDT gerado com dados multifeixe e tamanho de célula de 200 metros, superposto ao MDT gerado com dados monofeixe e com tamanho de célula de 4000 metros.....	31
Figura 16: Imagem da porção norte da região de estudo pela superposição de modelos gerados a partir de dados multifeixe e a partir de dados monofeixe.....	32
Figura 17: Imagem da porção sul da região de estudo pela superposição de modelos gerados a partir de dados multifeixe e a partir de dados monofeixe.....	33
Figura 18: Localização das principais feições observadas na batimetria multifeixe.....	35
Figura 19: Batimetria na região das depressões circulares. Os perfis batimétricos estão indicados no mapa superior pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.....	37
Figura 20: Batimetria na região sul do Platô de São Paulo. Os perfis batimétricos estão indicados no mapa superior pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.....	39
Figura 21: Região de feições de remoção (A) e transporte de massa (B) no talude continental.....	40
Figura 22: Batimetria na região das estruturas de deslizamento. Os perfis batimétricos estão indicados no mapa superior pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.....	41
Figura 23: Registro de 3,5 kHz – Linha 19981023, correspondente ao perfil H-H' da figura 22.....	42
Figura 24: Batimetria na região dos canais A e B. Os perfis definidos em	

preto são descritos a seguir.....	43
Figura 25: Batimetria na região do canal A. Os perfis batimétricos estão indicados na figura 24 pelas linhas pretas A seta ao lado direito indica o exagero vertical.....	44
Figura 26: Registro de 3,5 kHz – Linha 19981023. A linha tracejada no MDT acima indica a posição do perfil.....	45
Figura 27: Batimetria na região do canal B – seção norte. Os perfis batimétricos estão indicados na figura 24 pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.....	46
Figura 28: Registro de 3,5 kHz – Linha 19981024/25. A linha tracejada no MDT acima indica a posição do perfil.....	47
Figura 29: Batimetria no canal B – seção sul. Os perfis batimétricos estão indicados na figura 24 pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.....	48
Figura 30: Batimetria na região dos canais C. Os perfis definidos em preto são descritos a seguir.....	49
Figura 31: Batimetria no canal C. Os perfis batimétricos estão indicados na figura 30 pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.....	50
Figura 32: Registro de 3,5 kHz – Linha 19981025. A linha tracejada no MDT acima indica a posição do perfil.....	51
Figura 33: Batimetria na região das ondas de lama e canal de contorno. Profundidades em metros.....	53
Figura 34: Batimetria no campo de ondas de lama e no canal de contorno. Os perfis batimétricos estão indicados na figura 33 pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.....	54
Figura 35: Cicatrizes de deslizamento e <i>debris</i> no talude continental de Israel. Exagero vertical de 46x. Almagor e Wiseman (1980).....	56
Figura 36: Bloco diagrama de uma cicatriz de deslizamento na margem atlântica africana, (Embley, 1980).....	57
Figura 37: MDT gerado com dados multifeixe superposto ao mapa de principais feições e processos sedimentares proposto por Lima (2004). A continuação do canal de contorno em direção aos contrafortes do Platô de	

São Paulo está indicada em vermelho.....	58
Figura 38: Rotina utilizada para o processamento dos dados batimétricos (Modificado de CARIS, 2001).....	70
Figura 39: Percurso da embarcação com a apresentação de dados espúrios de posição em verde.....	72
Figura 40: Gráfico com valores de balanço, caturro, arfagem e rumo.....	73
Figura 41: Variação do peso da medida em função da distância ao nó da célula (modificado de CARIS, 2001).....	74
Figura 42: Variação do peso da medida em função do ângulo de incidência do feixe (modificado de CARIS, 2001).....	75

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Apresentação das tentativas realizadas a fim de verificar qual polinômio melhor se ajustava à morfologia.....	26
---	----

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1.....	68
Tabela 1: Relação das linhas batimétricas monofeixe.....	68
Tabela 2: Relação das linhas batimétricas multifeixe. As linhas marcadas com asterisco tiveram os perfis de 3,5 kHz utilizados.....	69
Anexo 2 – Processamento dos dados multifeixe.....	70
1. Configuração do projeto.....	70
2. Edição dos sensores.....	71
3. Integração.....	73
4. Planilha.....	73
5. Edição das sondagens.....	75
6. Depuração de superfície.....	76
7. Exportação dos dados.....	77

## 1. Introdução

Inúmeras expedições vêm sendo realizadas na Margem Sul Brasileira desde a década de 60 com coleta de dados oceanográficos, geológicos e sísmicos. Tal interesse deve-se principalmente às atividades exploratórias de óleo e gás nas áreas das bacias de Campos, Santos e Pelotas.

Neste contexto, a bacia de Campos é a mais conhecida uma vez que possui as maiores reservas de hidrocarbonetos do Brasil. Diversos levantamentos de detalhe vêm sendo desenvolvidos nesta região, sendo os processos geomorfológicos bem conhecidos. Ao contrário da bacia de Campos, nas bacias de Santos e Pelotas, os levantamentos de detalhe são escassos, possibilitando apenas a caracterização regional da geomorfologia.

No ano de 1998, o Navio de Pesquisa MV Knorr - cruzeiro 159-5, do Instituto Oceanográfico Woods Hole (WHOI), realizou levantamento na região sul do embaiamento de São Paulo a fim de estudar a paleoceanografia da região. Para isto, foram adquiridos, entre outros, dados de batimetria multifeixe e perfis de 3,5kHz. A partir da utilização destes dados multifeixe foi possível um maior detalhamento morfológico das regiões sul do platô de São Paulo e norte da bacia de Pelotas.

O presente trabalho visou a utilização destes dados no mapeamento de feições particulares da área, de modo a contribuir para o estudo dos processos que modelam o relevo. Neste sentido foram identificadas feições menores de relevo, como regiões de depressões circulares de colapso na plataforma continental externa e no talude superior, região de feições de remoção e transporte de massa no talude superior e médio com a formação de canais e escarpas, campos de ondas de lama na elevação continental, e cristas de sal no patamar superior do platô de São Paulo.

A fim de possibilitar a contextualização regional dos dados multifeixe, os mesmos foram integrados a dados de batimetria convencional monofeixe e de perfilagem de subfundo da área.

A partir da interpretação e da correlação das feições acima descritas com trabalhos anteriores, é possível comprovar e complementar o entendimento dos processos atuantes nesta porção da margem e caracterizar com detalhe suas expressões morfológicas.

A figura 1 apresenta a região de estudo, associada ao mapa fisiográfico (modificado de Zembruski, 1979) da região Sul Brasileira abrangendo a região sul do Embaimento de São Paulo nas províncias morfológicas de plataforma externa, talude e sopé continentais.

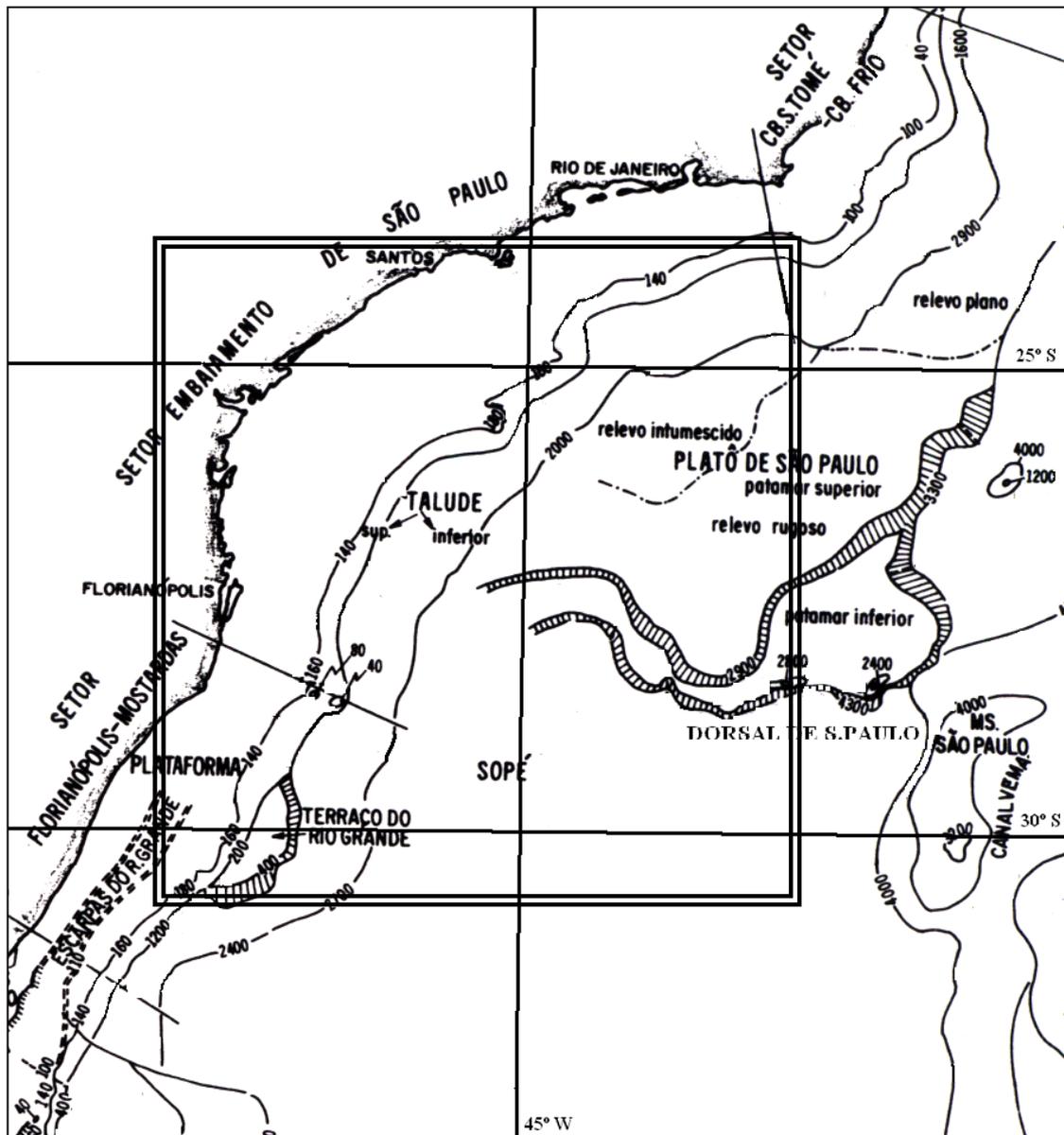


Figura 1: Mapa fisiográfico da região (modificado de Zembruski, 1979) com a área de estudo demarcada pelo retângulo preto duplo.

## **2. Geologia da área**

### **2.1. Fisiografia**

A classificação e a nomenclatura da fisiografia da margem continental em estudo seguiram os critérios de Heezen et al. (1959) propostos para o Atlântico Norte e modificados posteriormente por Chaves et al. (1979) para a Margem Continental Brasileira.

Em função de características morfológicas similares ou conjuntos de detalhes topográficos menores, a Margem Sul Brasileira foi dividida por Zemruscki (1979) em quatro setores: Cabo de São Tomé – Cabo Frio, Embaiamento de São Paulo, Florianópolis – Mostardas e Cone do Rio Grande.

A área em estudo, localizada entre os paralelos 24°S e 31°S e meridianos 042°W e 049°W, está contida quase totalmente no setor Embaiamento de São Paulo (figura 1), que se estende desde o alto de Cabo Frio até à plataforma de Florianópolis.

Com base no trabalho de Zemruscki (1979), são descritas a seguir as províncias de plataforma, talude e elevação continentais, assim como o platô de São Paulo e a elevação do Rio Grande, presentes na área de estudo.

#### **2.1.1. Plataforma Continental**

A plataforma continental apresenta um relevo muito suave, com gradiente em torno de 1:1000, largura média de 130 km e máxima de 220 km ao largo de Santos – SP, em torno da latitude 25°S. Seus contornos batimétricos são paralelos à linha de costa e definem uma superfície regular, sem formas topográficas acrescenciais ou erosivas de grande expressão. É uma plataforma do tipo deposicional-construcional, cuja geomorfologia é moldada por progradação dos sedimentos provenientes do continente e por subsidência contínuas.

O arcabouço desta região foi estruturado durante a abertura do Atlântico Sul, recebendo sobre si, até o Terciário aproximadamente, volumosa carga sedimentar. Desde então a plataforma tem sido submetida aos efeitos das oscilações do nível do mar, sendo exposta alternadamente à ação de agentes

subaéreos e marinhos, responsáveis pela modelagem do atual relevo superficial.

A linha da quebra da plataforma ocorre, em geral, entre as isóbatas de 100 e 300 metros, refletindo nestas profundidades o traçado da linha de costa.

Nas regiões entre 26°S e 27°S, e 28°S e 29°S, Lima (2004) identificou a quebra da plataforma em profundidades anômalas de 500 metros, formando patamares individualizados por reentrâncias do talude (figura 2).

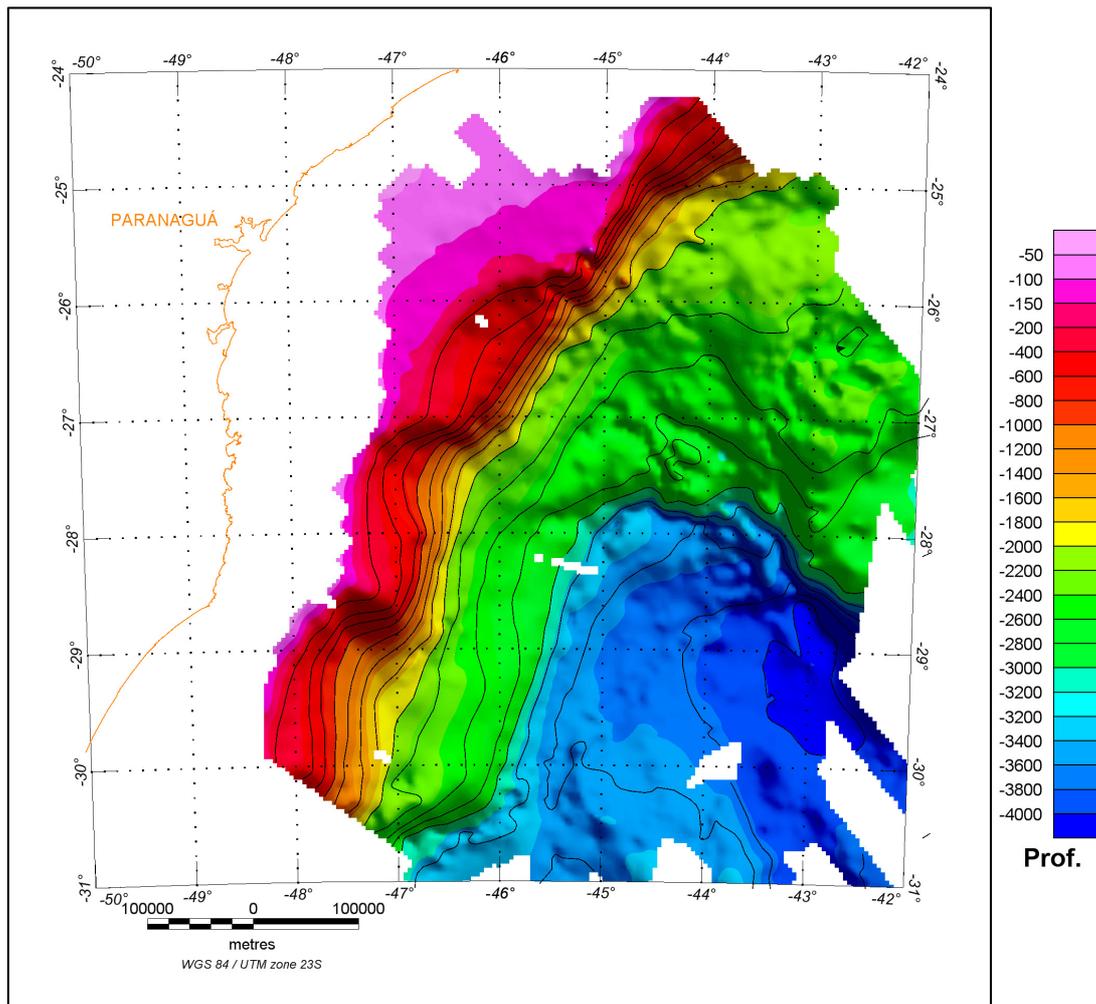


Figura 2: Modelo digital do terreno (descrito posteriormente no item 3.4.1) onde podem ser observadas as duas reentrâncias do talude descritas por Lima (2004).

No primeiro patamar, na Bacia de Santos, a autora descreve a presença de afloramentos de antigas camadas truncadas pelo fundo marinho, sugerindo a ausência de sedimentos chegando na borda da plataforma, ou a presença de

correntes marinhas muito vigorosas que impossibilitam a deposição ou mesmo erodem o fundo.

No segundo patamar, na Bacia de Pelotas, a mesma autora descreve situação semelhante. A presença de uma escarpa individualizando duas seqüências prográdantes, com diferentes padrões de falhamento, sugere que houve um intervalo de tempo sem deposição.

### **2.1.2. Talude Continental**

Na Margem Sul Brasileira, em geral, podem-se distinguir duas seções de talude: a superior, mais estreita e íngreme, com declividade em torno de 3º; e a inferior, mais larga e menos íngreme, com declividade oscilando entre 0,8º e 2º. Esta individualização é bem marcada na porção sul do Embaiamento de São Paulo (figura 1).

O talude continental nesta região tem direção geral NE-SW, tendendo a acompanhar a linha de costa, com exceção da região entre as latitudes de 27ºS e 28ºS, e 29ºS e 30ºS, quando fica quase N-S.

A morfologia do talude nesta região é descrita por Lima (2004) como muito irregular, especialmente no talude superior. Mello et al. (1992) identificou a presença de zonas de instabilidade, relacionadas a processos de deslizamento e escorregamento nesta região.

Figueiredo et al. (1999) e Piauilino (2002) descreveram no talude superior a presença de depressões circulares de colapso, denominadas *pockmarks* (Hovland e Judd, 1988 apud Piauilino, 2002), cuja origem é associada ao escape de hidrocarbonetos. A disposição destas depressões segue lineamentos relacionados a falhamentos gerados pela movimentação de sal.

Segundo Piauilino (2002), a sedimentação no talude mostra predominância de sedimentos compostos por lamas e margas. Eventualmente encontram-se sedimentos terrígenos, como os observados a partir de amostras de fundo e da textura sonográfica na região dos *pockmarks*, compostos principalmente por areia fina a média.

A largura e a declividade do talude nesta região variam em função da presença do platô de São Paulo.

### **2.1.3. Platô de São Paulo**

O platô de São Paulo é uma feição de grande envergadura regional, cuja área (aproximadamente 212.000 km<sup>2</sup>) e significado geológico lhe conferem importância equivalente às demais províncias. Trata-se de um platô marginal que forma um patamar extenso e relativamente suave, intercalado entre duas faixas de maior declividade.

Heezen et al. (1959), Fairbridge (1966) e Hedberg (1973) interpretaram os platôs marginais como unidades fisiográficas inclusas no talude continental, fazendo limite com o sopé por meio de encostas íngremes denominadas escarpamentos marginais.

O platô de São Paulo interrompe o talude superior a profundidades entre 1800 a 2000 metros, e se estende como uma superfície de baixo gradiente (em média 1:400) até 3000 - 3300 metros (figura 1). Tem como limite oeste a isóbata de 2000 metros; como limite leste a escarpa marginal (escarpa externa), com profundidades de 3000 a 3400 metros e desníveis de 200 a 500 metros; como limite norte a cadeia Vitória-Trindade; e como limite sul a Zona de Fratura do Rio Grande, em especial a feição topográfica da dorsal de São Paulo. Está segmentado em dois níveis: o patamar superior, definido desde o talude até a isóbata de 2900 metros, cujo limite é definido por uma pequena escarpa (escarpa interna); e o patamar inferior.

O platô é constituído por espesso pacote sedimentar, onde são observadas seqüências evaporíticas, sob a forma de domos e maciços salinos, depositadas no estágio de proto-oceano, durante o processo de abertura do Atlântico sul.

A área de estudo abrange parte da porção sul do platô (figura 1), com microrelevo recortado e ondulado, profundamente influenciado pela halocinese.

A dorsal de São Paulo é uma cordilheira vulcânica submarina alongada na direção E-W, que forma uma escarpa abrupta da ordem de 2000 metros (Kumar e Gamboa, 1979).

#### 2.1.4. Elevação Continental

A elevação continental, província mais extensa da margem sul brasileira, é constituída por uma cunha sedimentar essencialmente plana que se inclina desde a base do talude até a planície abissal.

Segundo Castro (1992), a sedimentação na elevação deve ser constituída por leques submarinos correspondentes à deposição de sedimentos por correntes de turbidez, e blocos distais de escorregamento. Complementarmente, Mello et al. (1992), Silva et al. (1999) e Lima (2004) descrevem a presença de turbiditos e contornitos nesta região.

Mello et al. (1992) descrevem nesta região um extenso campo de ondas de lama em profundidades maiores que 3400 metros, relacionadas a sedimentos finos transportados pela Água Antártica de Fundo (AAF). Posteriormente, Silva et al. (1998) descrevem estas ondulações como estacionárias, que vem se desenvolvendo por agradação vertical em uma mesma posição, por um longo período de tempo. Apresentam duas dimensões: as ondas maiores, com 10 Km de comprimento por 40 m de altura, intercaladas com ondas menores, com 3 Km de comprimento e 15 m de altura. Lima (2004) relaciona a formação destas ondas à deposição de partículas finas nos locais onde a velocidade do fluxo do canal de contorno é reduzida.

Silva et al. (1999) descrevem, também, a oeste do campo de ondas, a presença de uma escarpa com relevo de 500 metros e um canal na sua base. Na margem direita deste canal observaram um depósito de *drift* (contornito), que se afina em direção ao campo de ondas. Em algumas situações os sedimentos do contornito preenchem as cavas das ondas.

Complementando, Lima (2004) caracterizou os depósitos laterais à borda leste do canal, como depósitos de diques marginais, associados ao transbordamento de fluxos sedimentares de alta densidade. Descreveu o canal como um canal de contorno, responsável pela redistribuição da AAF, sendo o principal corredor de transporte de sedimentos de mar profundo nesta região.

Fridlund (2000) descreve a existência de uma depressão topográfica em torno de 4000 metros ligada ao canal de São Paulo. Esta depressão é gerada pela recirculação da AAF e é controlada estruturalmente pelas Zonas de Fratura do Rio Grande (denominada pelo autor como Zona de Fratura de

Florianópolis) e de Porto Alegre, apresentando relevo relativo em torno de 500 metros.

### **2.1.5. Elevação do Rio Grande**

A elevação do Rio Grande é uma área assísmica de embasamento oceânico elevado (Gamboa e Rabinowitz, 1984). Teve origem no eixo de expansão do Atlântico Sul, há aproximadamente 86 Ma. A partir de sua geração, subsidiu termicamente recebendo sedimentação pelágica até o Eoceno Médio, quando intenso vulcanismo afetou a região (Gamboa, 1981 e Gamboa, 1995).

Segundo estes autores, a elevação do Rio Grande é dividida em duas porções, leste e oeste, com história geológica e padrões estruturais distintos. A porção leste, com direção aproximada norte-sul, é paralela ao atual centro de espalhamento do Atlântico sul, apresenta um vale central e é limitada por zonas de fratura. A porção oeste apresenta forma elíptica e profundidades médias em torno de 2000 metros. Inúmeros *guyots* são observados nesta porção, com profundidades médias de 700 metros.

Gorini e Carvalho (1984) dividiram a elevação em três porções: oriental, central e ocidental, estas duas últimas correspondentes respectivamente às porções leste e oeste de Gamboa (1981). A porção ocidental, presente na área de estudo, está quase totalmente coberta pelo sopé continental e é observada como um alto do embasamento, separada da porção central por uma depressão topográfica N-S, denominada Canal Vema (LePichon et al., 1971), responsável pela passagem da AAF da bacia da Argentina para a bacia do Brasil.

## **2.2. Arcabouço Tectônico**

A margem continental sul brasileira tem seu arcabouço formado por falhamentos e lineamentos paralelos à linha de costa, que geram semi-grabens com rejeitos de 3000 a 5000 metros, relacionados a lineamentos estruturais do Pré-Cambriano (Ponte e Asmus, 1976); estruturas transversais E-W que, em geral, estão na continuação de Zonas de Fratura, ou posicionados no limite

tectônico relacionado a estas (Asmus e Guazelli, 1981); e estruturas geradas pela tectônica do sal presente no platô de São Paulo.

Estes três componentes controlaram e controlam toda a sedimentação na margem sul, responsáveis pelo macro-relevo atual.

A partir do Cretáceo inferior a médio, foi individualizada uma série de bacias marginais do tipo rifte ao longo da costa brasileira, associadas aos primeiros pulsos tectônicos que ocasionaram a separação da América do Sul e da África.

Na área de estudo, em particular, foram desenvolvidas as bacias marginais de Santos e Pelotas, separadas estruturalmente pela plataforma ou alto de Florianópolis.

### **2.2.1. Bacia de Santos**

A bacia de Santos situa-se entre as latitudes 23°S e 28°S, entre a costa e a cota batimétrica de 2000 m, ocupando cerca de 275.000 km<sup>2</sup> (Pereira e Feijó, 1994). É limitada pelo arco de Cabo Frio, ao norte, e pela plataforma de Florianópolis, ao sul.

A exemplo de outras bacias marginais, apresenta seqüências das fases rifte, transicional e pós-rifte, e espessuras sedimentares na faixa de 4000 a 6000 metros, com depocentros superiores a 8000 metros (Gomes et al. 1993). Durante o Aptiano teve início a deposição de extensos pacotes evaporíticos nesta bacia.

Pereira e Feijó (1994) revisaram a litoestratigrafia desta bacia, descrevendo a ocorrência de vulcânicas máficas sobrepostas por sedimentos carbonáticos, evaporíticos e clásticos finos. No Eocretáceo-Paleoceno foram depositados sedimentos clásticos vermelhos aluviais e flúvio-deltaicos (Schlumberger, 1985).

### **2.2.2. Plataforma de Florianópolis**

A plataforma de Florianópolis, também denominada alto de Florianópolis (Gonçalves et al., 1979), é uma região de embasamento raso que limita estruturalmente as bacias de Santos e de Pelotas. No mesmo paralelo, para

leste, observa-se a dorsal de São Paulo cujo prolongamento faz parte da Zona de Fratura do Rio Grande (Alves, 1981).

Durante o Aptiano, os altos topográficos formados na África pela cadeia vulcânica de Walvis, e na América do Sul pela dorsal de São Paulo e pela plataforma de Florianópolis, atuaram como barreira à livre circulação marinha na bacia de Santos (Asmus e Porto, 1972).

### **2.2.3. Bacia de Pelotas**

A porção brasileira da bacia de Pelotas localiza-se no extremo sul da margem continental brasileira, entre a latitude 28°S, ao norte, e o limite com as águas uruguaias, ao sul. Esta porção abrange uma área de 210.000 Km<sup>2</sup>, entre a costa e a cota batimétrica de 2000 metros (Silveira e Machado, 2004).

Seu preenchimento vulcano-sedimentar pode ser dividido em três fases: rifte – preenchimento lacustre, pós-rifte – sedimentos marinho rasos e vulcanoclásticos, e drift – sedimentos marinhos francos.

Seu depocentro relaciona-se ao cone do Rio Grande (Alves, 1977) atingindo um máximo de 12 km de sedimentos (Gomes et al., 1993).

### **2.3. Circulação Oceânica**

As massas d'água presentes na região em estudo são caracterizadas por diferentes temperaturas, densidades e direções de fluxo.

A massa d'água superior na coluna é a Água Central do Atlântico Sul (ACAS ou SACW) entre profundidades de 60 e 600 metros, migrando de norte para sul, com salinidade entre 34.5 e 36 ‰ e temperatura entre 6° e 18°C (Sverdrup et al., 1942 apud Ferreira da Silva, 1981).

Como indicado por Ferreira da Silva (1981) e Hogg et al. (1996), a circulação de mar profundo nesta região abrange a Água Intermediária da Antártica (AIA ou AAIW), a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN ou NADW) e a Água Antártica de Fundo (AAF ou AABW).

A AIA é formada na Convergência Antártica e se espalha a partir da corrente circumpolar Antártica migrando para o norte em profundidades entre

700 e 1100 metros. Tem como característica a baixa salinidade (menos que 34,5 ‰) (Ferreira da Silva, 1981), dividindo-se em dois sistemas de circulação, um subtropical anticiclônico a 35°S, e outro tropical ciclônico a 15°S (Hogg et al., 1996).

A APAN migra de norte para sul com um giro anticiclone e apresenta como características a salinidade entre 34,7‰ e 35‰ e a temperatura entre 2°C e 4°C. Esta massa tem origem no Atlântico norte, na junção das correntes da Groenlândia e do Labrador (Ferreira da Silva, 1981). É encontrada na elevação continental e ao sul do platô de São Paulo entre as profundidades de 2000 a 3000 metros.

A AAF é gerada pelo degelo do Mar de Weddell misturada às águas menos frias e muito salinas do Mar de Ross. Desloca-se para o norte, abaixo da IPAN. À medida que migra em direção à bacia Argentina, suas características físicas se alteram. Geralmente o limite superior desta massa d'água é dado pela isolinha de temperatura potencial de 2°C (Speer e Zenk, 1993 apud Hogg et al., 1996).

Na região em estudo, a AAF encontra-se abaixo de 3500 metros. Hogg et al (1996) observaram uma recirculação para sul desta massa d'água, na depressão topográfica em torno de 4000 metros ao sul do Platô de São Paulo, descrita por Fridlund (2000).

A passagem da AAF da bacia argentina para a bacia do Brasil é impedida pela barreira topográfica da elevação do Rio Grande (Gamboa, 1981). Contudo, através do Canal Vema, da passagem abissal de São Paulo (Mézeris et al., 1993) e do Canal Hunter (Speer et al., 1992) esta massa d'água alcança latitudes menores.

O fluxo pelo canal Vema é afunilado e acelerado, produzindo uma significativa força erosional /dissipativa na corrente. O fluxo desacelera quando alcança a bacia brasileira, possibilitando a formação de depósitos de *drift*, como descritos por Mello et al. (1992) ou de *contournite fan*, como descritos por Mézeris et al. (1993). Contudo, ainda é suficientemente intenso para retrabalhar os sedimentos na bacia do Brasil.

Mello et al. (1992) consideram que a AAF, em geral, é o agente geológico dominante na bacia sul brasileira.

### 3. Metodologia e dados utilizados

O detalhamento de feições topográficas relevantes na área de estudo foi realizado com base nos seguintes dados disponíveis:

- Dados de ecossondagem monofeixe, que proporcionaram uma caracterização morfológica regional, e;
- Dados de ecossondagem multifeixe e perfilagem subsuperficial, que proporcionaram o detalhamento morfológico e considerações sobre os processos geológicos responsáveis pela modelagem do relevo.

#### 3.1. Generalidades sobre ecossondagem monofeixe e multifeixe

A ecossondagem é uma técnica utilizada desde o início do século XX para medir profundidades por meio da transmissão de pulsos acústicos para o fundo oceânico e pela recepção de suas reflexões (ecos).

Até o início dos anos 60, as profundidades eram obtidas por meio de ecobatímetros monofeixe, que são equipamentos que fazem a medição do fundo a partir de um pulso com um único feixe (figura 3).

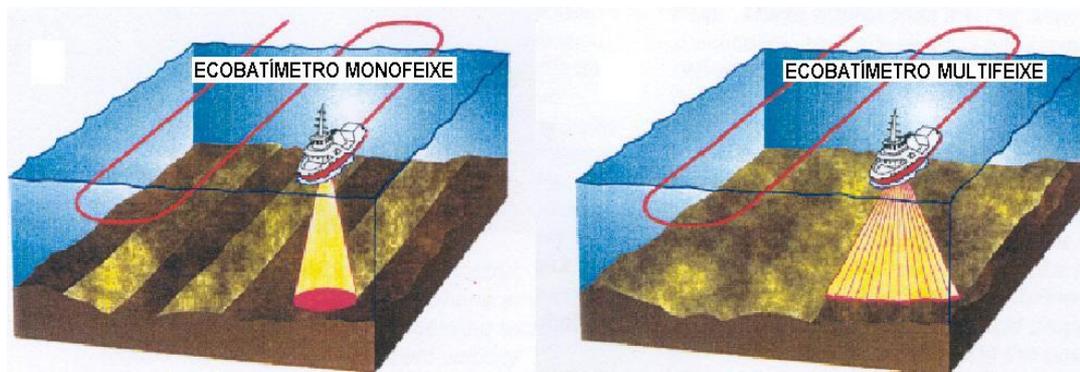


Figura 3: Comparação entre ecobatímetro monofeixe e multifeixe – a faixa ensonificada é função da abertura angular do ecobatímetro e da profundidade local.

Em 1964 a SeaBeam Instruments patenteou a técnica de sondagem a partir de feixes múltiplos que, naquela ocasião, empregava dois arranjos de sonares, individuais e ortogonais, um para transmissão e outro para detecção do sinal acústico, proporcionando uma cobertura do fundo de 60 graus.

Com o desenvolvimento desta técnica, aprimorou-se a aquisição batimétrica, chegando-se nos dias de hoje aos ecobatímetros denominados multifeixe.

Os ecobatímetros multifeixe são equipamentos capazes de medir, a partir de um único pulso com vários feixes, as profundidades de um conjunto de pontos do fundo do mar, perpendiculares à rota da embarcação, permitindo a ensonificação (*ensonification*) de uma área contínua (figura 3).

A área do fundo oceânico ensonificada por cada pulso é definida como “largura da varredura” (*swath*) e pode ser expressa em termos angulares ou métricos, que neste caso, varia com a profundidade. A figura 4 apresenta esquematicamente uma varredura multifeixe (SEABEAM, 1997).

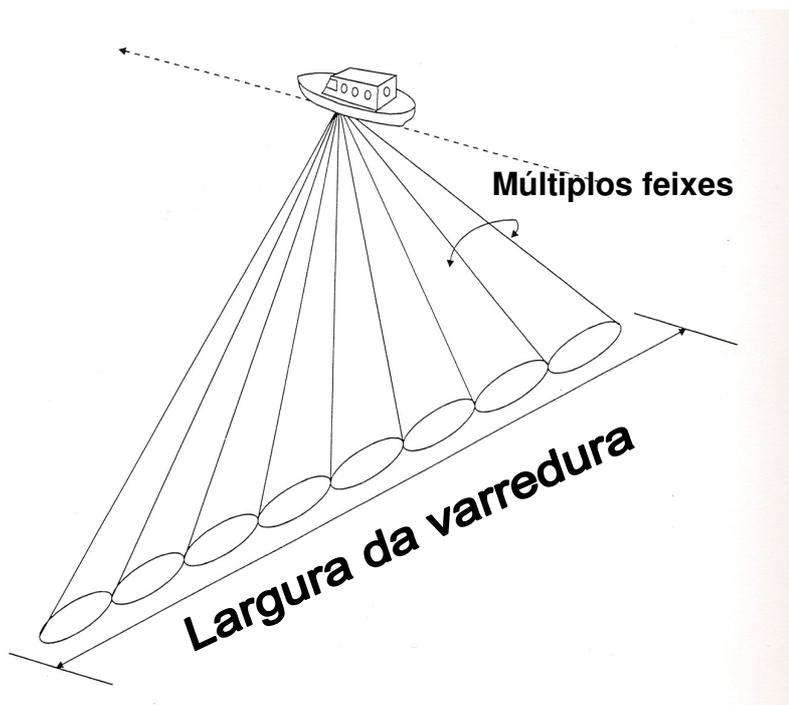


Figura 4: Largura da varredura multifeixe (SEABEAM, 1997).

É fundamental no sistema multifeixe a determinação da posição de cada feixe da varredura no fundo do mar, que se dá em função da geometria de emissão e recepção do sistema, da posição e da atitude da embarcação, e da velocidade do som na água.

### 3.1.1. Posição e atitude da embarcação

Todos os feixes emitidos em determinado pulso estão vinculados à posição da embarcação obtida pelo sistema de posicionamento neste instante.

No que se refere aos movimentos a que uma embarcação é submetida no mar, podem ser divididos em translacionais e rotacionais.

Os movimentos translacionais são os longitudinais – eixo X (*surge*), os transversais – eixo Y (*sway*), e a arfagem - eixo Z (*heave*) (Figura 5)

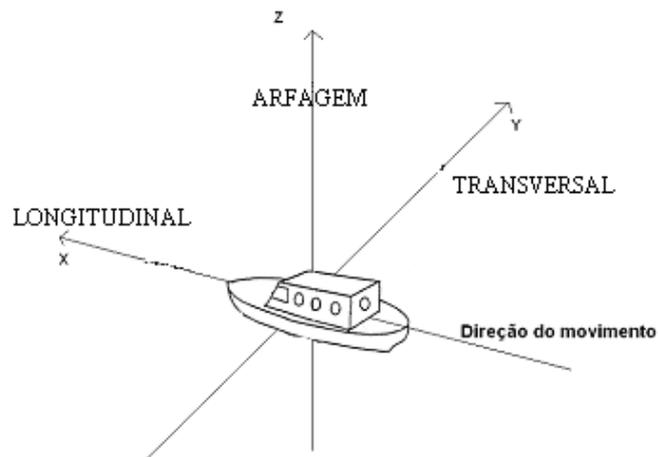


Figura 5: Movimentos translacionais da embarcação.

Os movimentos rotacionais são o balanço (*roll*), o caturro (*pitch*), e o cabeceio (*yaw*) (figura 6).

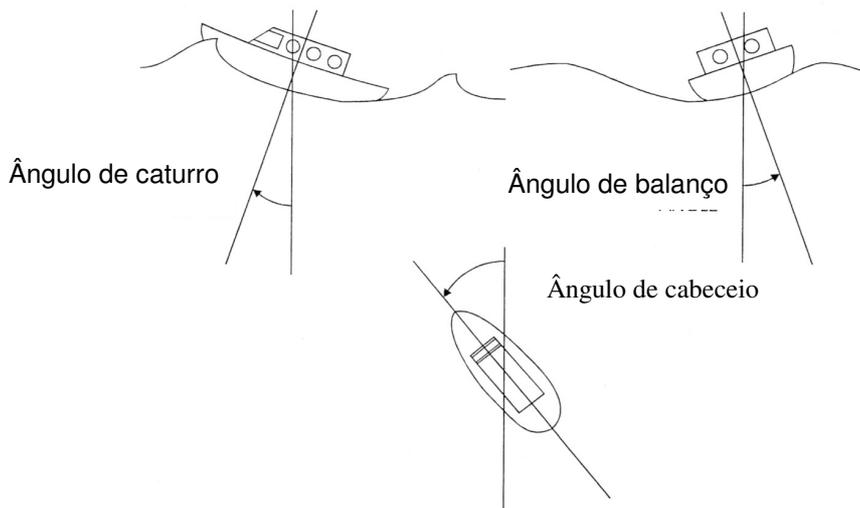


Figura 6: Movimentos rotacionais da embarcação.

A posição de cada feixe no fundo do mar é diretamente influenciada por estes movimentos, sendo necessário medi-los a fim de serem compensados.

As oscilações translacionais longitudinais e transversais são medidas diretamente pelo sistema de posicionamento; as oscilações de cabeceio são medidas pela agulha giroscópica; e as oscilações de arfagem, caturro e balanço são medidas por um sensor de movimentos, capaz de identificar em cada eixo as respectivas variações da aceleração.

É necessário que os planos de orientação (eixos x, y e z) do sensor de movimento, do transdutor e da embarcação sejam coincidentes. Qualquer diferença de alinhamento entre estes criará feições espúrias na aquisição. O perfeito alinhamento destes planos é difícil de ser obtido por ocasião da instalação. Contudo, é possível executar posteriormente calibrações no sistema, a fim de medir a diferença angular de alinhamento entre os sensores, e inserir posteriormente esta correção.

### 3.1.2. Velocidade do som da água do mar

A determinação da profundidade por meio de ecobatímetros baseia-se na propagação acústica de uma onda mecânica no meio marinho. A fim de se determinar o percurso desta onda na água, é necessário identificar a velocidade do som nas diferentes camadas.

A figura 7 demonstra o efeito de refração no feixe em função de diferentes velocidades nas diferentes camadas d'água.

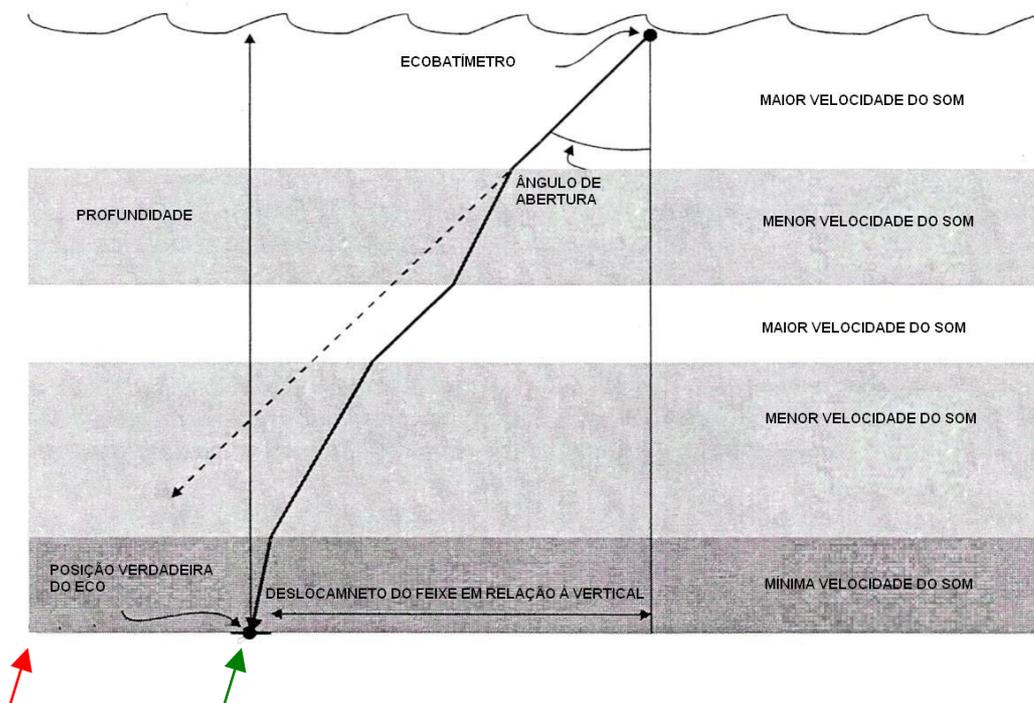


Figura 7: Efeito da refração no feixe acústico (SEABEAM, 1997). A seta vermelha apresenta a posição geometricamente estimada para o feixe, a seta verde apresenta a posição real do feixe após a refração.

### 3.2. Dados monofeixe

A fim de possibilitar a inserção dos dados multifeixe no contexto regional, foram utilizados dados batimétricos monofeixe adquiridos pelo Projeto LEPLAC (comissões IV e XI) e disponíveis no GEODAS (GEOphysical DATA System – NGDC/NOAA).

O GEODAS é um banco de dados geofísicos marinhos mundial, onde foram obtidos os dados batimétricos sem processamento. O processamento destes dados se deu pela avaliação visual do perfil de profundidade em relação à morfologia e pela comparação dos valores, supostamente espúrios, com profundidades próximas, adquiridas em outras comissões. Confirmando-se a não validade do ponto, o mesmo foi eliminado.

Os dados adquiridos pelo projeto LEPLAC foram cedidos pela SECIRM (Secretaria Interministerial para Recursos do Mar) já processados. Informações sobre este processamento podem ser obtidas em DHN (1998).

A tabela 1 do anexo 1 apresenta as linhas batimétricas monofeixe utilizadas de cada uma das bases.

### **3.3. Dados multifeixe e de perfilagem superficial**

O Navio de Pesquisa MV Knorr, do Instituto Oceanográfico Woods Hole (WHOI) realizou levantamento na região sul do platô de São Paulo e norte da bacia de Pelotas, com o objetivo de estudar a circulação oceânica e recuperar a paleoceanografia da região. Para isto, foram adquiridos, entre outros, dados de batimetria multifeixe e perfis de 3,5kHz, utilizados nesta dissertação.

A tabela 2 do anexo 1 apresenta as 30 linhas multifeixe utilizadas, totalizando 5.896 km adquiridos.

O ecobatímetro multifeixe utilizado no cruzeiro 159-5 foi o Seabeam 2112 da empresa ELAC, com sistema de posicionamento GPS.

O Seabeam 2112 possui as seguintes características:

- 12 kHz de frequência;
- 150° de abertura angular de 50 a 300 metros; 90° de abertura angular em profundidades maiores que 300 metros;
- 150 feixes com largura de 1°x1° ou 2°x2°, cada feixe;

Quanto aos registros 3,5 kHz, foram analisados alguns perfis considerados relevantes na descrição dos processos geológicos, que estão indicados com um asterisco na tabela 2 do anexo 1.

A figura 8 apresenta, de uma forma integrada, a distribuição dos dados utilizados neste trabalho.



distorção da medida, afetando os resultados e causando um desvio, geralmente constante, do valor correto.

Os erros aleatórios são acidentais e inevitáveis, encontrados em qualquer observação e provenientes de causas diversas. Sua influência sobre as observações é aleatória, não permitindo outro tratamento senão o da análise estatística. Imperfeições na gravação dos sensores em função de sua saturação é um exemplo deste erro.

O processamento da batimetria multifeixe foi realizado no programa CARIS HIPS – versão 5.4, desenvolvido pela empresa CARIS - Universal System, e seguiu a rotina descrita no anexo 2. Serão abordados neste tópico os itens considerados relevantes no processamento. Demais procedimentos considerados padrão não serão comentados.

Como pode ser observado na figura 9, o feixe de duas linhas superpostas apresentam valores de profundidade distintos para a mesma região. A linha 19981010, em vermelho, e linha 19981020, em azul, apresentam uma diferença de até 30 metros para o mesmo local.

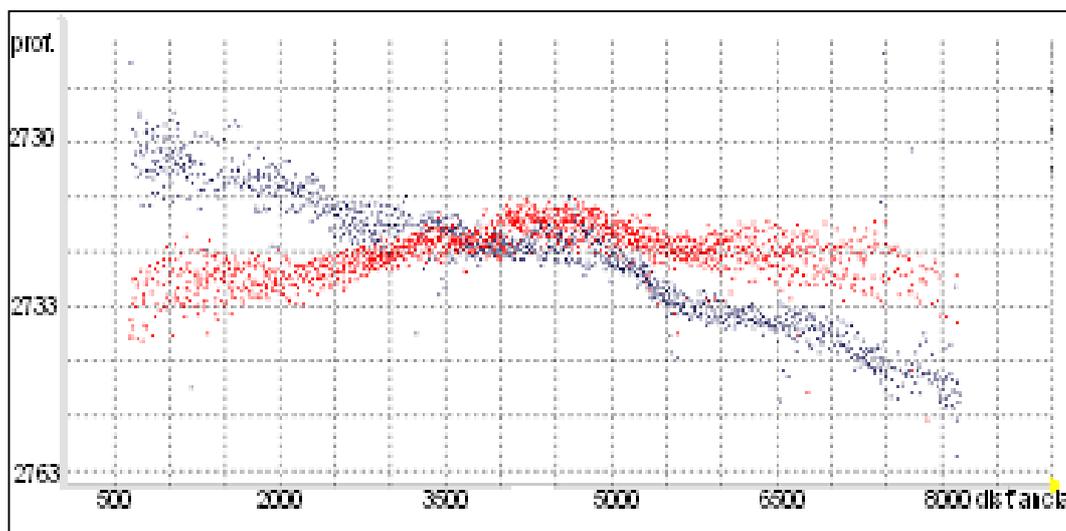


Figura 9: Não coincidência de dois perfis batimétricos superpostos em função de inclinação no transdutor.

Este efeito é causado quando os eixos de orientação do sensor de movimento não estão alinhados com os eixos do transdutor, apresentando um deslocamento angular em relação à vertical. Como abordado no item 3.1.1., antes da aquisição devem ser realizados procedimentos de calibragem, de modo que o desalinhamento seja medido e corrigido.

A correção deste erro foi realizada por meio do módulo de calibragem. Foram avaliados valores de inclinação do transdutor de  $0,25^\circ$ ,  $0,5^\circ$  e  $0,75^\circ$ , como apresentado na figura 10. Na janela da esquerda são apresentadas as linhas de sondagem observadas em planta, na janela da direita, os dados batimétricos em perfil contidos na área definida pelo retângulo azul do quadro da direita.

No quadro A são apresentados os dados como foram adquiridos, ou seja, com o problema de inclinação do transdutor não corrigido. No quadro B, que apresenta os dados com um incremento angular de  $0,25$  graus para a inclinação do transdutor, é observado que os perfis se aproximaram. No quadro C, com o valor de  $0,5$  graus, os perfis se superpõem, alcançando o ajuste. No quadro D, com o valor de  $0,75$  graus, o ajuste obtido no quadro C não é alcançado, ou seja, os perfis perdem a superposição.

Foi definido o valor de  $0,5$  graus de inclinação do transdutor como o melhor a ser assumido, sendo o mesmo inserido na configuração da embarcação.

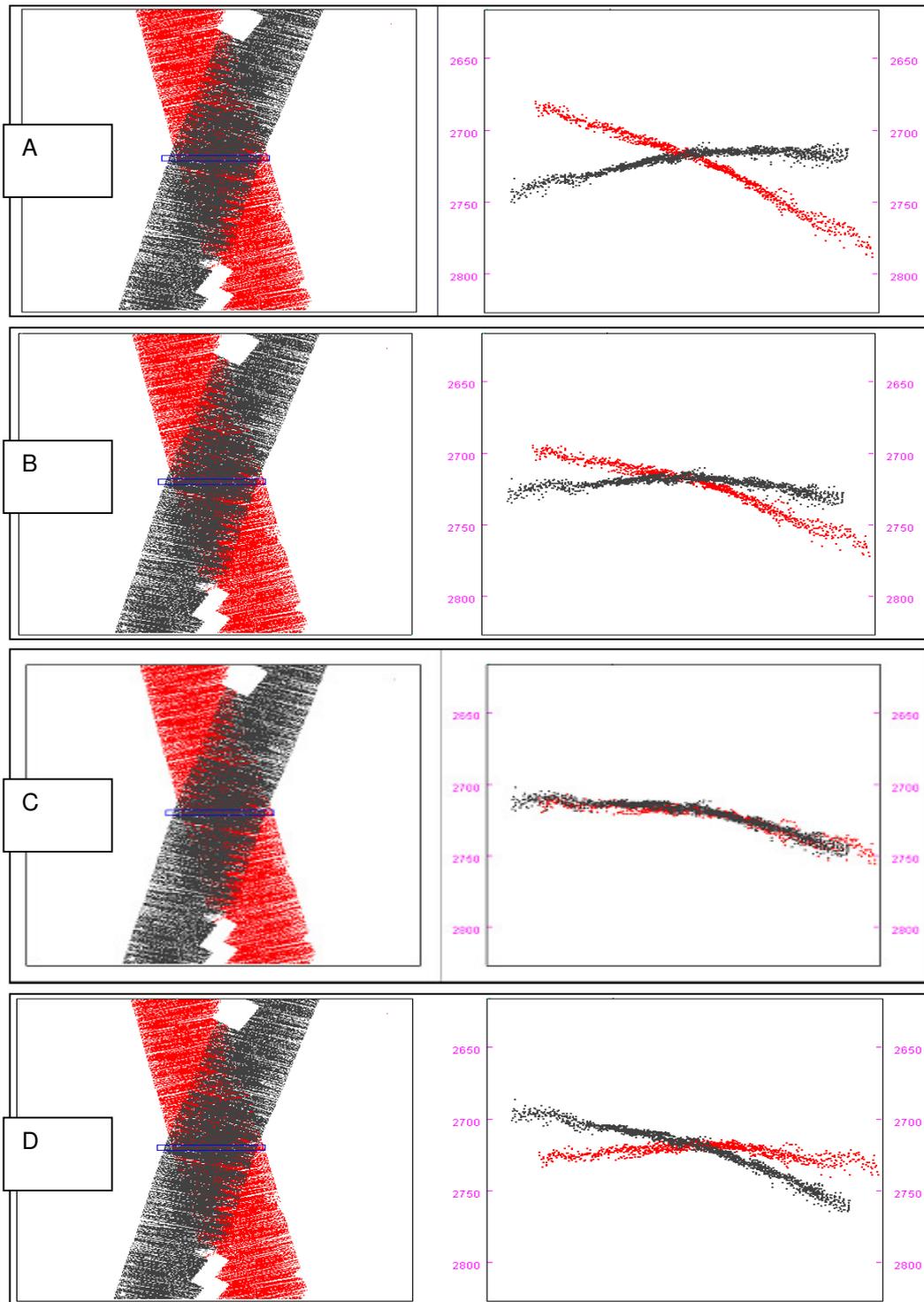


Figura 10: Definição do valor angular de balanço.

Na fase de edição dos sensores, em relação ao posicionamento, foram adotados dois critérios para a eliminação dos dados espúrios:

a) as posições das estações de testemunhagem e das estações oceanográficas não foram eliminadas uma vez que o navio ficava fundeado ou à deriva, percorrendo percursos irregulares.

b) as posições consecutivas nas quais a velocidade da embarcação, estimada pelo posicionador, era maior do que 30 nós foram eliminadas. A velocidade de 30 nós (maior velocidade apresentada na planilha) é excessiva para um navio de pesquisa. Embora este valor ainda corresponda a um valor espúrio de posição, este patamar foi considerado satisfatório uma vez que, para o detalhamento morfológico desejado, este deslocamento espúrio da posição não comprometerá o resultado final.

Não foi aplicada correção de maré em virtude de o valor da redução ser desprezível para as profundidades trabalhadas. A região costeira sul brasileira é classificada como uma região de micromarés. O registro de maré mais próximo da área é a Estação Maregráfica da Ilha do Mel, que apresenta uma amplitude máxima de 1.6 metros (MMA,1996).

Durante a comissão foram realizadas 21 perfilagens visando à determinação da velocidade de propagação do som na água (Torres, 1998), os perfis adquiridos foram incorporados aos dados no momento da aquisição, com isso os dados foram automaticamente corrigidos.

Embora a velocidade do som tenha sido corrigida a bordo, em algumas situações, como na figura 11, foi observada a não coincidência dos feixes externos em linhas superpostas. Nesta figura cada cor representa a varredura de uma linha de aquisição. A porção central da varredura representa a profundidade real. A partir desta região central, em direção às extremidades da varredura, os feixes foram sendo deslocados para cima, dando um aspecto côncavo ao perfil. No caso da linha azul claro pode ser observado que este deslocamento atinge mais de 15 metros do centro da varredura em relação aos feixes externos.

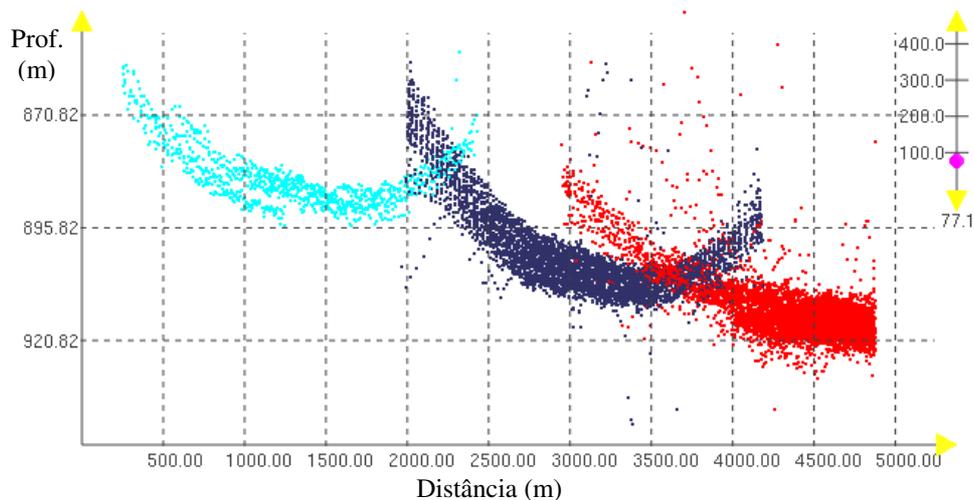


Figura 11: Visualização de problemas de velocidade do som.

A correção deste erro poderia ser obtida pela substituição do perfil de velocidade do som utilizado por outro perfil mais adequado à situação acústica do momento da aquisição. Contudo, como esta incorreção não foi observada ao longo de toda a linha, provavelmente em função de alguma característica local da massa d'água, não seria apropriada a substituição do perfil de velocidade para toda linha.

Outro erro não aleatório observado em quase todas as linhas foi a falta de definição do fundo pelos feixes externos. A figura 12 apresenta duas linhas onde são observados dados espúrios de profundidade nos feixes externos.

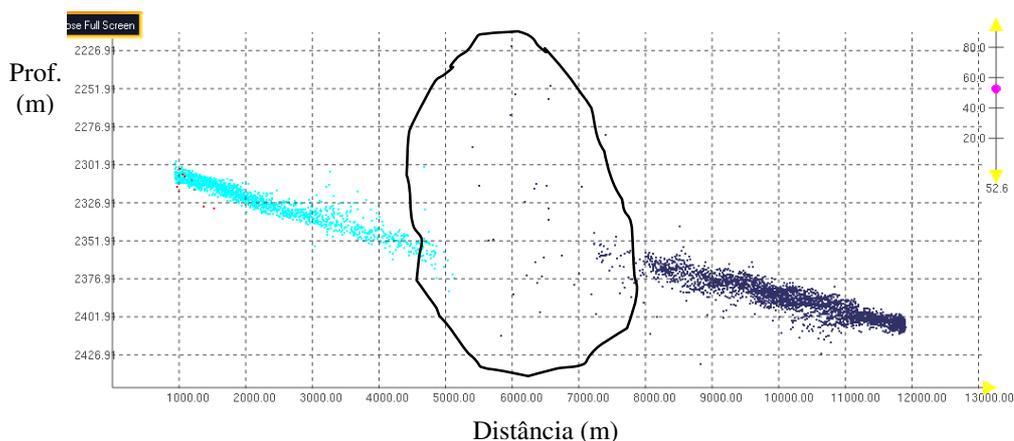


Figura 12: Falta de definição do fundo pelos feixes externos. Na área demarcada pela linha preta observa-se a dispersão dos dados referente aos feixes externos da cada linha de sondagem.

Em função destes dois erros, optou-se pela eliminação dos feixes externos a partir de um filtro único aplicado a todas as linhas.

O filtro foi definido de forma que os feixes 1 a 20 e 130 a 150 fossem desprezados, o que minimizou os efeitos espúrios provocados pelo problema de velocidade do som e pela falta de definição do fundo pelos feixes externos. Na região de canais os feixes externos foram revalidados, quando possível, a fim de preservar a continuidade lateral destas feições.

Com a aplicação dos filtros descritos acima, foi obtida a eliminação dos erros sistemáticos e grosseiros.

Seguiu-se então a etapa de depuração estatística dos dados, inicialmente por meio da definição do *tile*, como descrito no item 6 do anexo 2.

A análise da morfologia, identificando as dimensões aproximadas das feições menores de relevo observadas nos dados multifeixe, conduziu à escolha do tipo de *tile* utilizado.

Uma feição de 500 metros de diâmetro na plataforma é amostrada por mais de um pulso acústico; a mesma feição, em região mais profunda, será amostrada por apenas um pulso (figura 13). Admitindo-se que cada pulso adquira 30 informações de profundidade, a feição na plataforma será amostrada, por exemplo, por 90 informações enquanto que a mais profunda apresentará 30 informações.

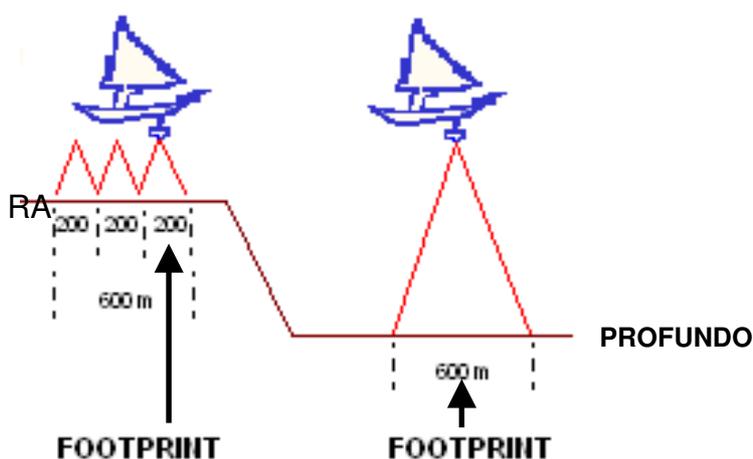


Figura 13: Variação do diâmetro do *footprint* em função da profundidade.

Esta diferença de amostragem ocorre em função dos diferentes *footprints* (área abrangida – ensonificada - por cada feixe), uma vez que o tamanho da área ensonificada varia com a profundidade.

Os dados utilizados encontram-se entre profundidades de 137 a 4088 metros, não apresentando a mesma densidade de informações do fundo nas diferentes profundidades.

Em testes realizados, definindo-se o *tile* por densidade de pontos, foi observado que em regiões mais profundas, para alcançar a densidade de, por exemplo, 50 medidas em cada *tile*, a área abrangida estendia-se demasiadamente, englobando diferentes profundidades com diferentes características (diferentes feições).

Como consequência desta avaliação, o *tile* foi definido por área e não por densidade. Por meio de simulação foi procurado o tamanho ideal desta área e definido o polinômio que melhor se ajustou aos dados. A tabela 1 apresenta as tentativas efetuadas a fim de verificar o ajustamento dos dados.

Tentativa	Polinômio	“Tile” metros	Desvio padrão	Resultados
1 <sup>a</sup>	Cúbico	163	2 e 1	Eliminação demasiada. Foram eliminadas faixas contínuas do fundo. <i>Tile</i> pequeno para o tamanho das feições. O polinômio não foi capaz de reproduzir a batimetria.
2 <sup>a</sup>	Quadrático	163	2 e 1	Eliminação demasiada. Foram eliminados muitos pontos válidos. <i>Tile</i> pequeno para o tamanho das feições. O polinômio não foi capaz de reproduzir a batimetria.
3 <sup>a</sup>	Quadrático	327	2	Eliminação demasiada. Foram eliminados dados em faixas contínuas, a semelhança do que ocorreu na primeira tentativa. Por outro lado, pontos espúrios não foram eliminados. O tamanho do <i>tile</i> parece ter sido adequado uma vez que as feições morfológicas, como a depressão apresentada na seção, foram reproduzidas.
4 <sup>a</sup>	Plano curvo inclinado	327	2	O polinômio se ajustou bem aos dados mas poucos pontos espúrios foram eliminados. Tamanho do <i>tile</i> compatível com dimensão das feições.
5 <sup>a</sup>	Plano curvo inclinado	327	1	O polinômio se ajustou bem aos dados e os dados espúrios foram eliminados. Tamanho do <i>tile</i> compatível com dimensão das feições. Refere-se à região onde são observados canais. Mesmo nesta situação de variação de relevo o polinômio foi capaz de reproduzir as variações batimétricas (Figura 14).

Tabela 1: Apresentação das tentativas realizadas a fim de verificar qual polinômio melhor se ajustava à morfologia.

A figura 14 apresenta o resultado da quinta tentativa, quando foi obtida uma depuração adequada para os dados. O quadro superior apresenta os dados batimétricos, sob a forma de seção (profundidade (m) – eixo y; distância (m) – eixo x), com exagero vertical em trono de 50 vezes. A coloração azul clara e azul escura indicam diferentes linhas de aquisição, os pontos pretos representam os pontos rejeitados. O quadro inferior apresenta a mesma situação sem a apresentação dos pontos rejeitados.

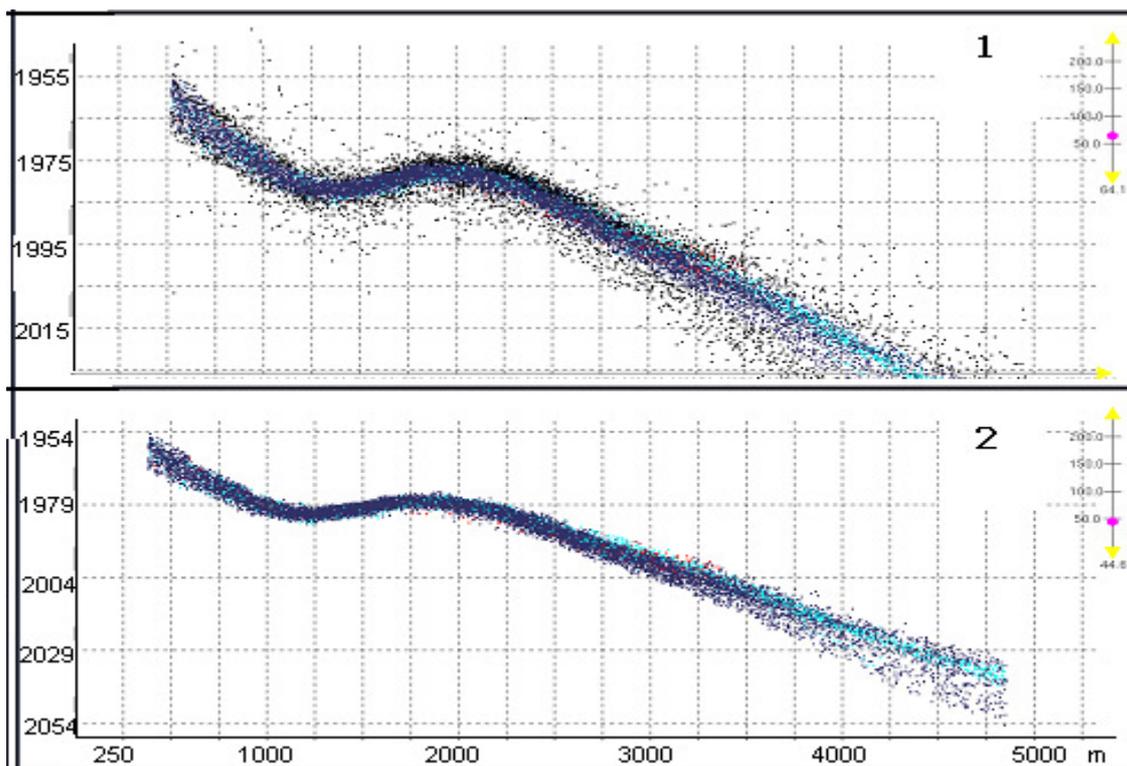


Figura 14: Quinta tentativa. Os quadros 1 e 2 apresentam a mesma situação sendo que no segundo os pontos eliminados não são apresentados.

Pode ser observado, pelos pontos rejeitados (em branco), que a eliminação foi uniforme e consistente, pois não eliminou faixas do fundo oceânico, mas sim pontos espúrios, esparsos.

Com os dados validados, utilizando-se o polinômio plano curvo inclinado, e *tile* de 327 metros, foi calculado um modelo digital do terreno (MDT) com tamanho de célula de 200 metros (escolhido em função da dimensão das feições). Este modelo foi utilizado para a verificação da consistência dos dados e para interpretação e descrição das feições batimétricas observadas nos dados multifeixe.

A fim de possibilitar a integração dos dados multifeixe aos dados monofeixe foi necessário a exportação dos mesmos em formato compatível com o programa OÁSIS MONTAJ (GEOSOFT). Assim sendo, as profundidades foram exportadas a partir do MDT, com amostragem de 200 em 200 metros (tamanho da célula), pelo valor de profundidade média da célula.

### **3.4. Integração dos dados monofeixe e multifeixe**

A integração dos dados batimétricos, realizada no programa OÁSIS MONTAJ (GEOSOFT), teve como objetivo:

- promover uma visualização regional da batimetria com base nos dados monofeixe, distribuídos irregularmente em toda a área;
- inserir os dados multifeixe, com maior detalhamento de relevo, em um contexto regional;

#### **3.4.1 Geração dos modelos**

O primeiro passo para a integração foi a geração de um MDT para cada conjunto de dados. O tamanho de célula de cada modelo foi definido de acordo com a distribuição dos pontos e em função do detalhamento batimétrico produzido por cada conjunto.

Para os dados multifeixe, devido a suas peculiaridades, adotou-se uma célula com menor dimensão, permitindo o detalhamento do fundo com a identificação de feições menores do relevo. Para os dados monofeixe foi utilizado um tamanho de célula maior, uma vez que o objetivo deste modelo foi a visualização das feições de relevo em um contexto regional.

Foram avaliados os modelos de interpolação disponíveis no programa GEOSOFT e definido o de curvatura mínima para a geração dos MDTs. Este modelo se aplica a dados espaçados aleatoriamente com boa amostragem, e sua interpolação se baseia no ajuste de uma função *spline*.

A partir dos dados multifeixe importados foi gerado o MDT com os seguintes parâmetros:

- Tamanho da célula (*cell size*): 200 metros.

Valor definido em função do objetivo do MDT, que era a definição das feições menores de relevo, buscando reproduzir o modelo gerado no programa CARIS, utilizado para a interpretação dos dados.

- *blanking distance*: 200 metros

Este parâmetro define até qual distância os dados serão interpolados. Definindo-se o valor de 200 metros foi evitada a extrapolação do modelo.

A partir dos dados monofeixe depurados foi gerado outro MDT com os seguintes parâmetros:

- Tamanho da célula (*cell size*): 4.000 metros.

Valor definido em função do objetivo do MDT, que foi a definição das feições maiores de relevo.

- *blanking distance*: 20.000 metros

Este parâmetro define até qual distância os dados serão interpolados. Foi definido 20.000 metros em função do afastamento entre linhas.

### **3.4.2 Junção dos modelos**

A junção de dois ou mais modelos no programa OÁSIS MONTAJ só é possível se todos apresentarem o mesmo tamanho de célula.

A fim de contornar tal situação a opção foi escolher um tamanho de célula intermediário para os dois conjuntos de dados, ou seja, aumentar o tamanho de célula do MDT multifeixe e diminuir o tamanho de célula do MDT monofeixe.

Tal ação teria como conseqüência a degradação do detalhamento do MDT multifeixe e a criação de áreas sem informação no MDT monofeixe, uma vez que seriam geradas células em branco, sem profundidade, em função do afastamento entre linhas.

Esta tentativa foi realizada, primeiramente, com os dados monofeixe. Foi calculado um MDT com tamanho de célula de 1000 metros, apresentado no quadro esquerdo da figura 15.

Observando-se este modelo é possível visualizar o surgimento de feições circulares de relevo, como se fossem picos, alinhadas de acordo com o

percurso da embarcação, que não foram geradas no MDT de 4000 metros nem no MDT gerado com dados multifeixe.

O modelo multifeixe mostrou que:

- A região apresenta fundo irregular com ondulações sob a forma de cristas e calhas; e
- Não são observadas feições circulares isoladas (picos).

A partir desta constatação foi concluído que no modelo gerado o afastamento entre linhas é muito superior ao espaçamento entre as medidas ao longo desta linha, gerando feições circulares (picos ou depressões) que não representam o relevo. Tal constatação invalidou o modelo de 1000 metros a partir dos dados monofeixe.

A solução obtida então para a integração dos dados foi a simples superposição dos dois modelos, cada um com um tamanho de célula compatível com as feições e com a amostragem dos dados, utilizando-se a mesma escala de cores e efeito de sombreamento (figuras 16 e 17).

Com esta superposição foi alcançado o objetivo de inserção dos dados multifeixe, com maior detalhamento morfológico, em um contexto regional obtido pelo MDT dos dados monofeixe.

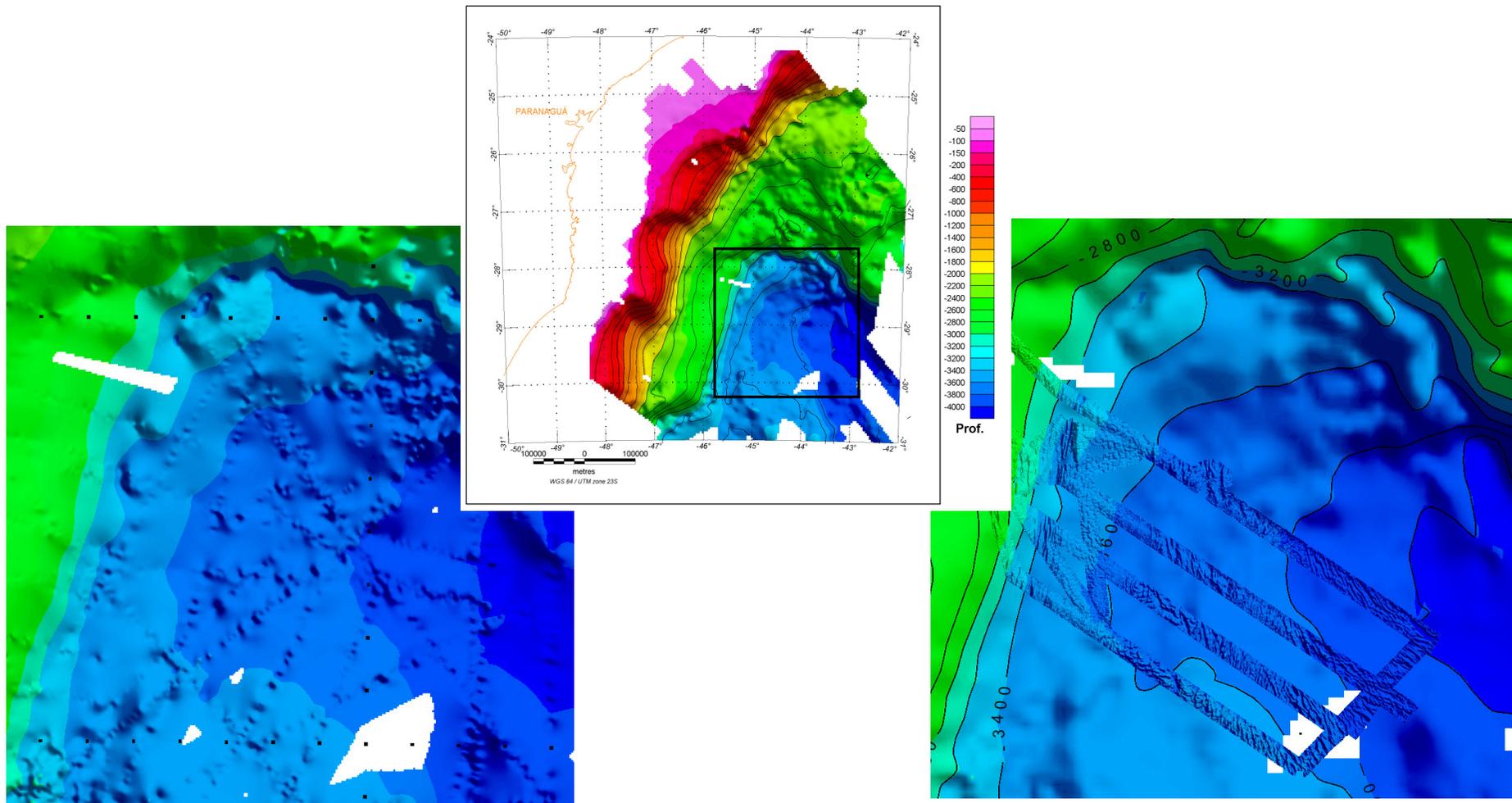


Figura 15: Os quadros inferiores apresentam um detalhe da região demarcada pelo retângulo preto do quadro superior. O quadro esquerdo apresenta o MDT gerado com dados monofeixe com tamanho de célula de 1000 metros. O quadro da direita apresenta o MDT gerado com dados multifeixe e tamanho de célula de 200 metros, superposto ao MDT gerado com dados monofeixe e com tamanho de célula de 4000 metros.

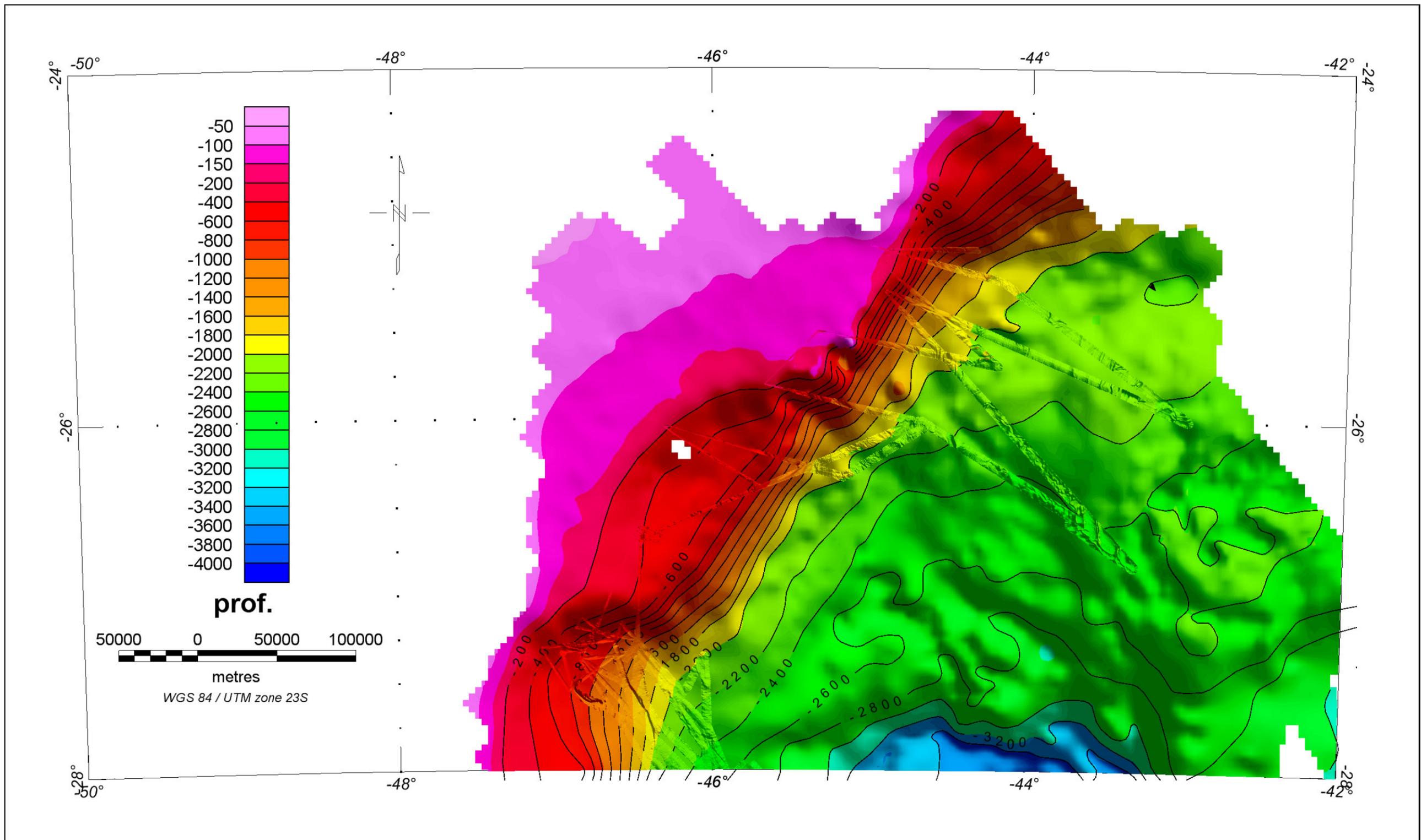


Figura 16: Imagem da porção norte da região de estudo pela superposição de modelos gerados a partir de dados multifeixe e a partir de dados monofeixe.

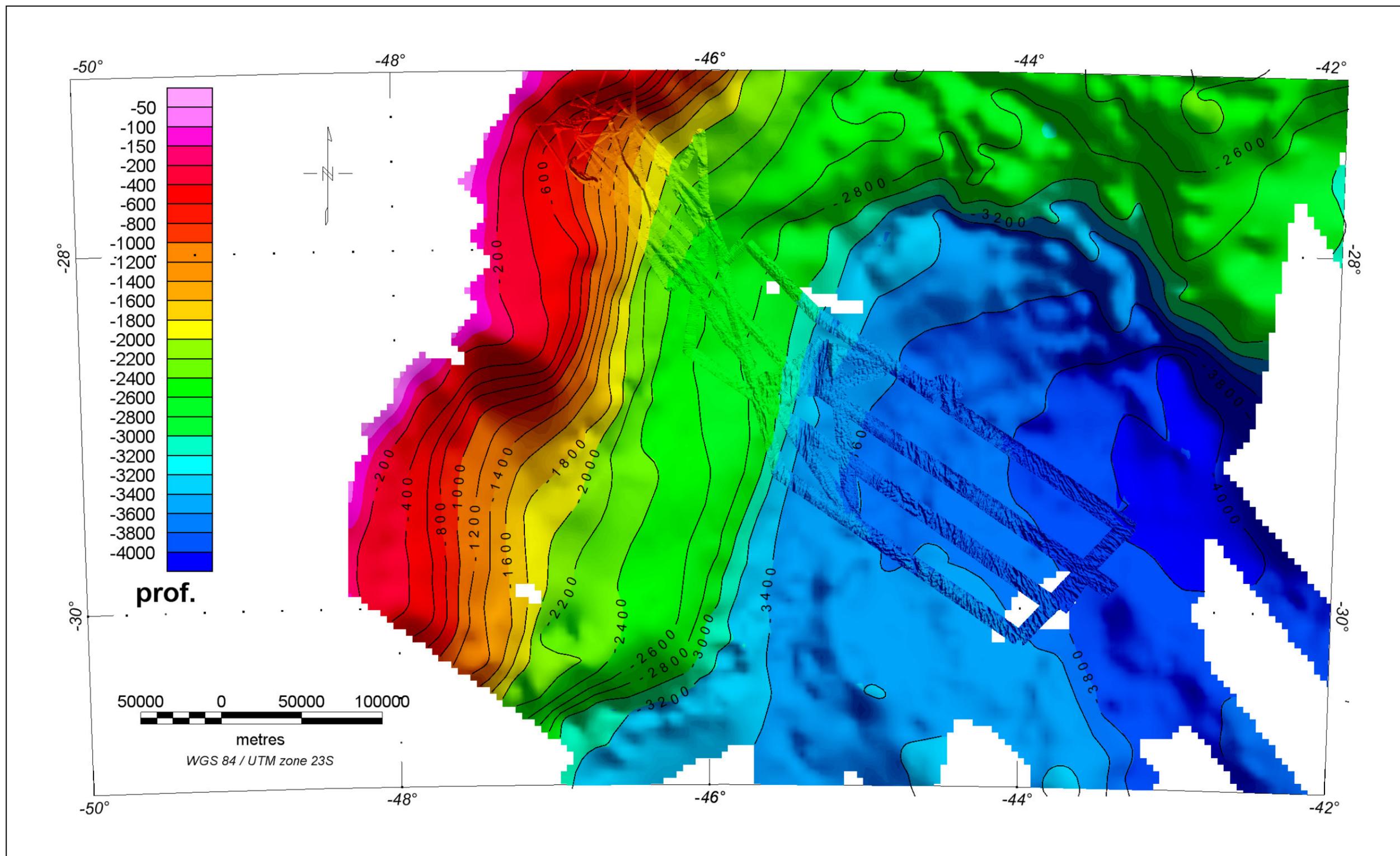


Figura 17: Imagem da porção sul da região de estudo pela superposição de modelos gerados a partir de dados multifeixe e a partir de dados monofeixe.

## 4. Resultados

O levantamento batimétrico multifeixe e a perfilagem subsuperficial de 3,5 kHz permitiram detalhar importantes feições geomorfológicas na região estudada. Estas novas informações contribuem para o conhecimento dos processos responsáveis pela modelagem do relevo da plataforma continental, do talude superior, do sopé continental e do platô de São Paulo, em particular o transporte por fluxo gravitacional de massa e a redistribuição de sedimentos por correntes de fundo nesta parte da bacia do Brasil.

A descrição das feições menores de relevo, observadas nos dados multifeixe, foi obtida a partir do MDT gerado no programa CARIS. A compreensão destas feições em um contexto regional foi alcançada a partir da superposição dos modelos dos dados monofeixe e multifeixe gerados pelo programa GEOSOFT.

As feições observadas com o detalhamento batimétrico distribuem-se em quatro áreas descritas a seguir: região de *pockmarks* (depressões circulares) da plataforma continental externa e talude superior, região de cristas diapíricas no platô de São Paulo, região de feições de remoção e transporte de massa no talude superior e médio, e região de transporte por correntes de fundo no sopé continental (figura 18).

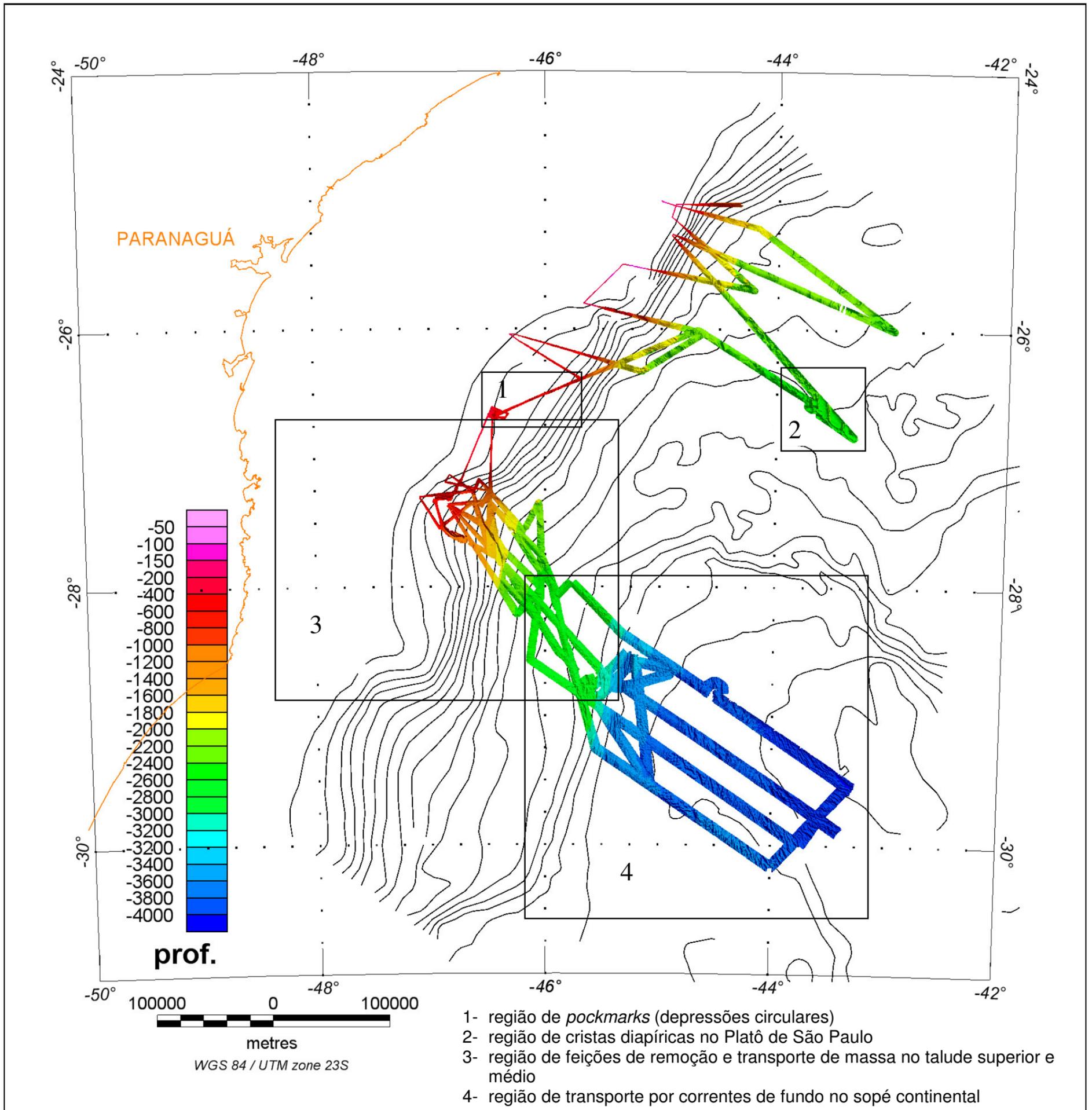


Figura 18: Localização das principais feições observadas na batimetria multifeixe.

#### 4.1. Região de *pockmarks*

Na plataforma continental externa e talude superior em torno da latitude 26°30'S e longitude 046°W, foram mapeadas duas áreas com abundantes depressões de colapso, entre as profundidades de 400 e 900 metros. Tais depressões ocorrem na bacia de Santos, na região em que a plataforma atinge, anormalmente, 400 metros de profundidade e grada, com baixo gradiente, para o talude.

Na região mais rasa (perfis A-A' e B-B' da figura 19), entre 400 e 550 metros, foram mapeadas em torno de 40 depressões com relevo relativo de 25 a 40 metros e diâmetro em torno de 400 metros (área de 130.000 m<sup>2</sup>).

Na região mais profunda (perfis C-C' e D-D' da figura 19), entre 625 e 900 metros, foram mapeadas 15 depressões com relevo relativo de 70 a 80 metros e diâmetros em torno de 600 metros (área de 280.000 m<sup>2</sup>), sendo observada uma depressão com diâmetro de 800 metros (área de 502.000 m<sup>2</sup>).

A geometria das feições é circular e seus flancos apresentam inclinações em torno de 8°, atingindo, excepcionalmente, 12°.

Foram identificadas nesta região, além das depressões, lineamentos sob a forma de vales e escarpas, como o do apresentado no perfil E-E' da figura 19, com relevo relativo de 100 metros e direção aparentemente NW-SE.

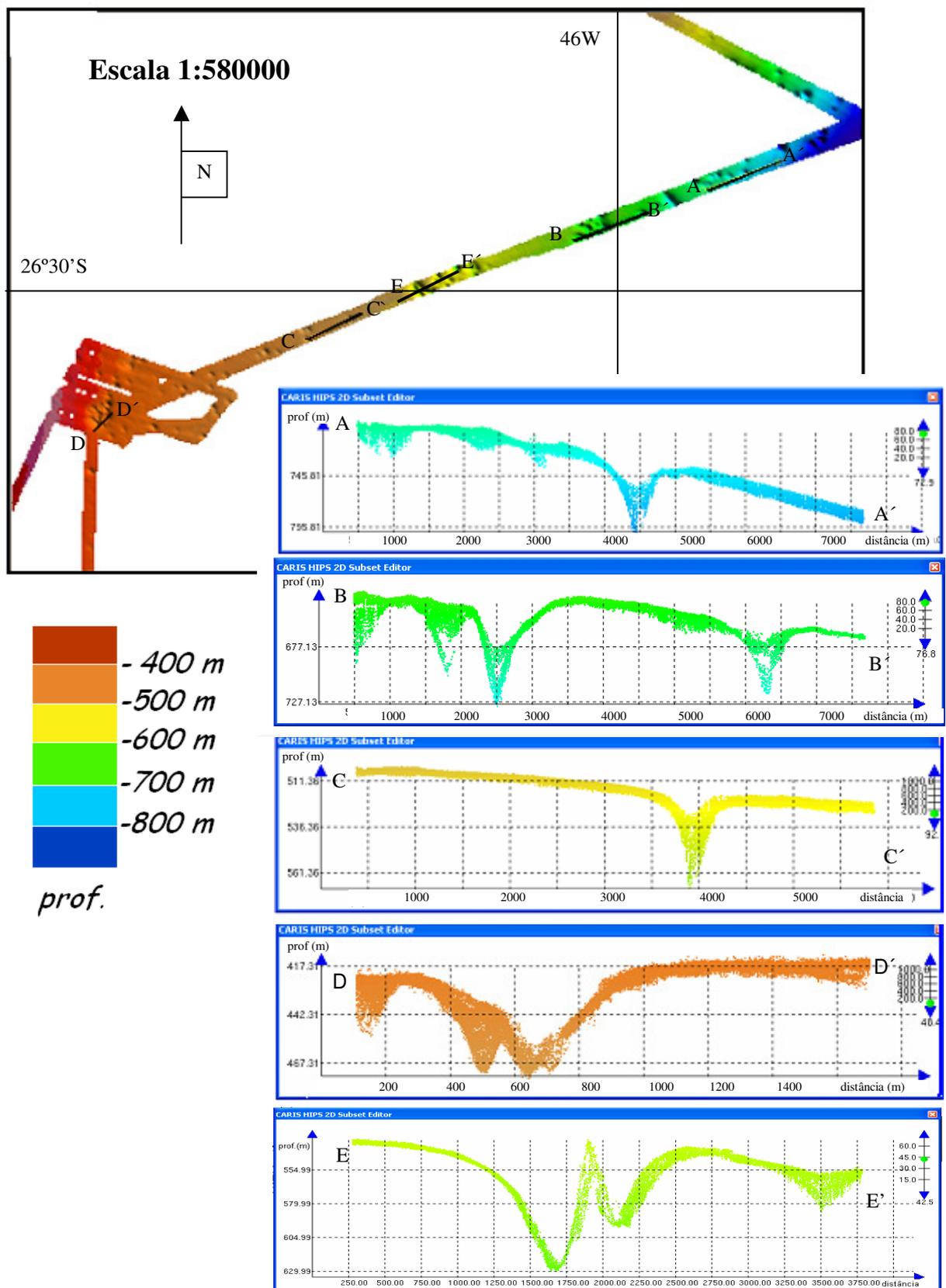


Figura 19: Batimetria na região das depressões circulares. Os perfis batimétricos estão indicados no mapa superior pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.

Figueiredo et al. (1999) e Piauilino (2002) verificaram que tais feições estão dispostas segundo alinhamentos regionais, controlados por falhamentos, e que sua origem é relacionada a exsudações de hidrocarbonetos na superfície marinha. Piauilino (2002) descreve cinco conjuntos de lineamentos nesta região, sendo um deles com direção NW-SE.

Segundo Figueiredo et al. (1999), os movimentos de halocinese provocam falhas verticais e de crescimento nas camadas superiores, por meio das quais os hidrocarbonetos ascendem, formando “vulcões de lama” e exalações de salmoura, com o passar do tempo cria-se um espaço intergranular vazio que acaba por provocar o colapso do material sobrejacente.

O mapeamento batimétrico multifeixe confirmou a distribuição das depressões circulares de colapso e dos lineamentos como anteriormente descritos por Figueiredo et al. (1999) e Piauilino (2002).

#### 4.2. Região de cristas diapíricas no Platô de São Paulo

A figura 20 apresenta a região sul do patamar superior do Platô de São Paulo, onde são observadas elevações alinhadas e depressões, com escarpas de até 100 metros de relevo.

Foram identificadas três cristas com direção N-S, conectadas por uma crista de direção NW-SE, arranjadas num padrão de mosaico que delimitam baixos topográficos de formas predominantemente losangulares, sugerindo bacias rômbricas. As cristas N-S distam uma da outra de 20 a 30 km e estão escalonadas em três patamares, nas profundidades de 2420, 2440 e 2470 metros respectivamente.

Os baixos topográficos foram descritos por Lima (2004) como microbacias, preenchidas por sedimentos com refletores contínuos e plano-paralelos de alta refletividade, interpretados como depósitos turbidíticos.

Segundo Zembruski (1979) o patamar superior da porção sul do Platô de São Paulo foi profundamente influenciada pelo diapirismo de sal.

É interessante observar que muitas vezes, em perfis batimétricos monofeixe, tais feições são interpretadas como domos ou colinas, a partir dos dados multifeixe foi possível identificar a continuidade destas feições,

caracterizando-as como cristas diapíricas que individualizam baixos topográficos.

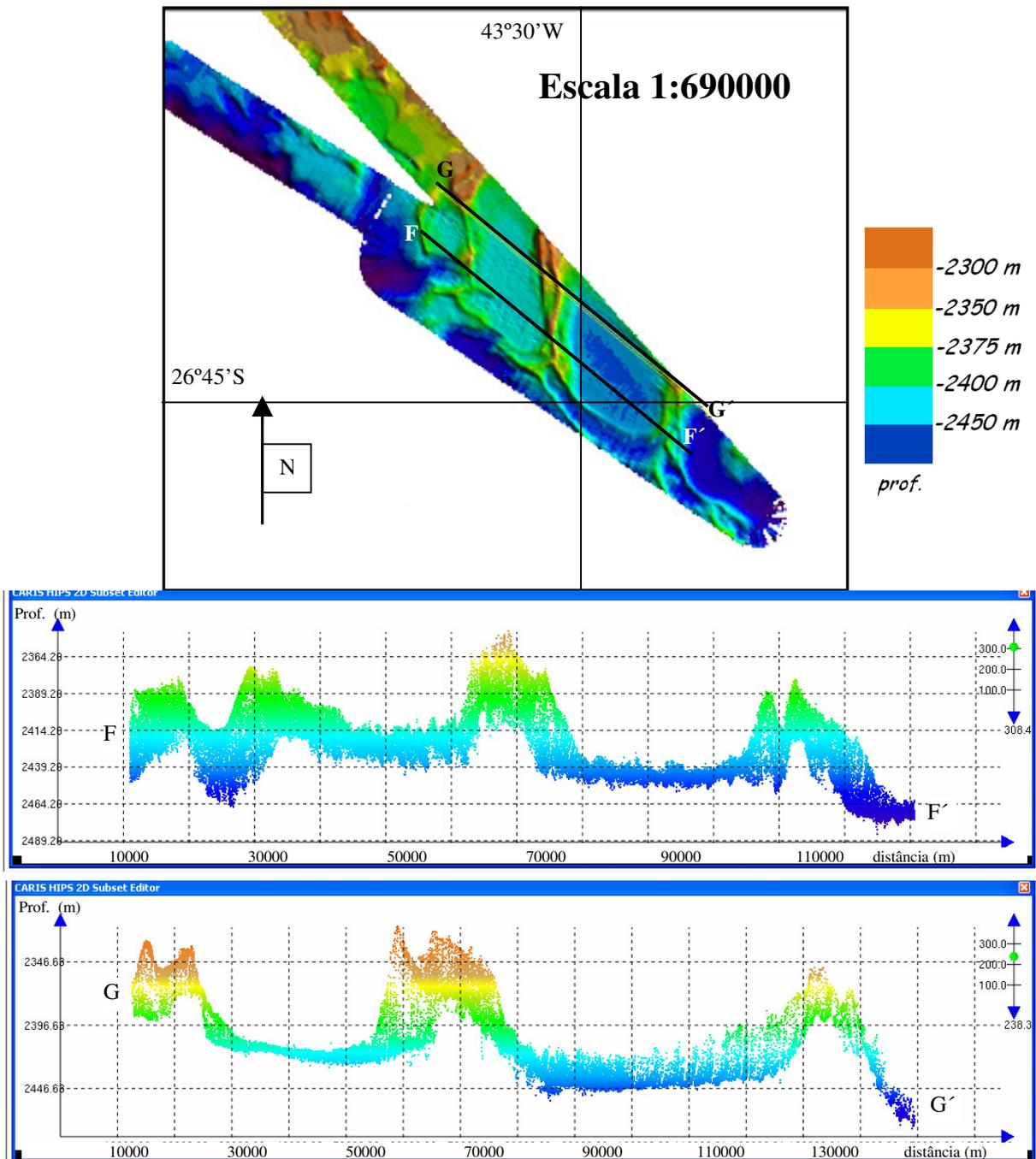


Figura 20: Batimetria na região sul do Platô de São Paulo. Os perfis batimétricos estão indicados no mapa superior pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.

#### 4.3. Região de feições de remoção e transporte de massa no talude continental.

A região norte da bacia de Pelotas, próxima ao seu limite, apresenta feições indicativas de extrema remoção de sedimentos por meio de correntes de fluxos gravitacionais e transporte de massa, intercaladas com feições deposicionais, geradas provavelmente em diferentes episódios.

Observa-se três conjuntos de feições, os dois primeiros relacionados à remoção sedimentar por meio de desmoronamentos e deslizamentos e o terceiro relacionado ao acúmulo sedimentar com feições de rastejamento (*creeping*) e canais encaixados em microfalhas.

A figura 21 apresenta a localização regional destas feições. O retângulo superior (A) refere-se ao primeiro conjunto de feições, o retângulo inferior (B) ao segundo e terceiro conjuntos, como descritos em detalhe a seguir.

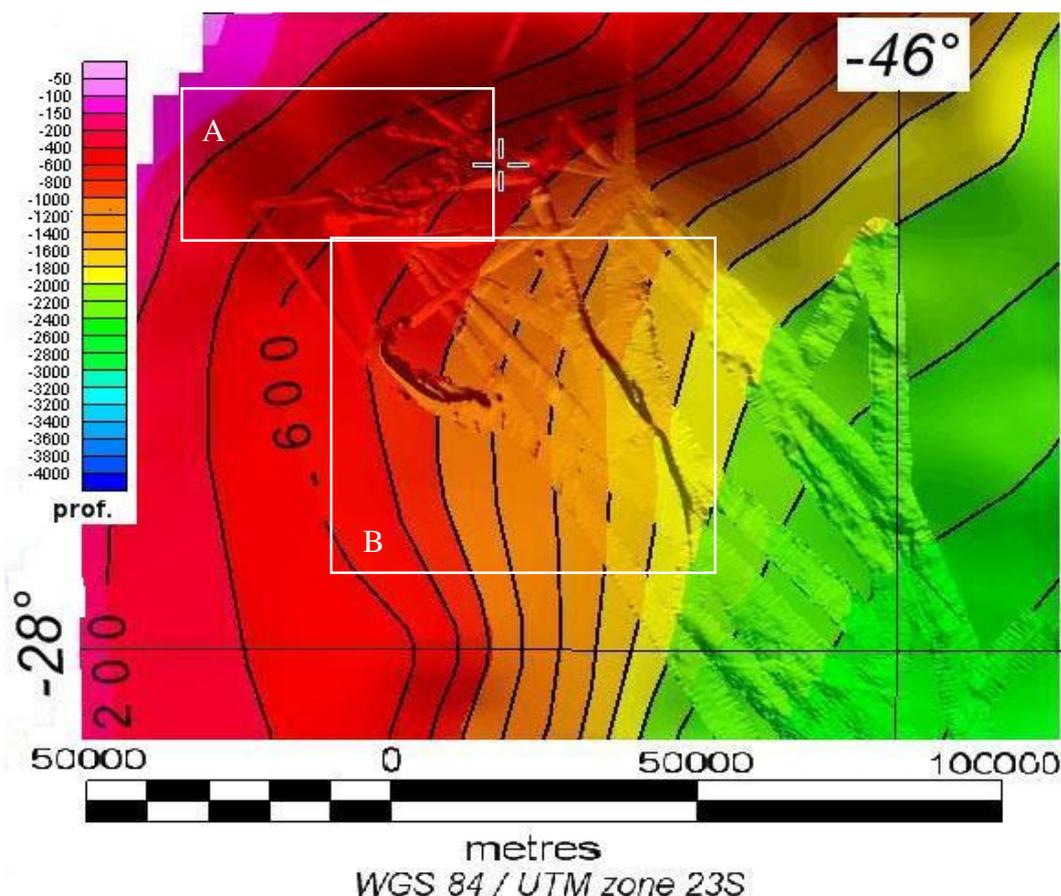


Figura 21: Região de feições de remoção (A) e transporte de massa e remoção (B) no talude continental.

O primeiro conjunto de feições é localizado na porção mais rasa do talude superior, entre as profundidades de 540 a 750 metros. É observada uma topografia irregular do fundo, característica de área de remoção de sedimentos, com diversos altos e depressões, em uma área de aproximadamente 260 km<sup>2</sup> (figuras 21-A e 22).

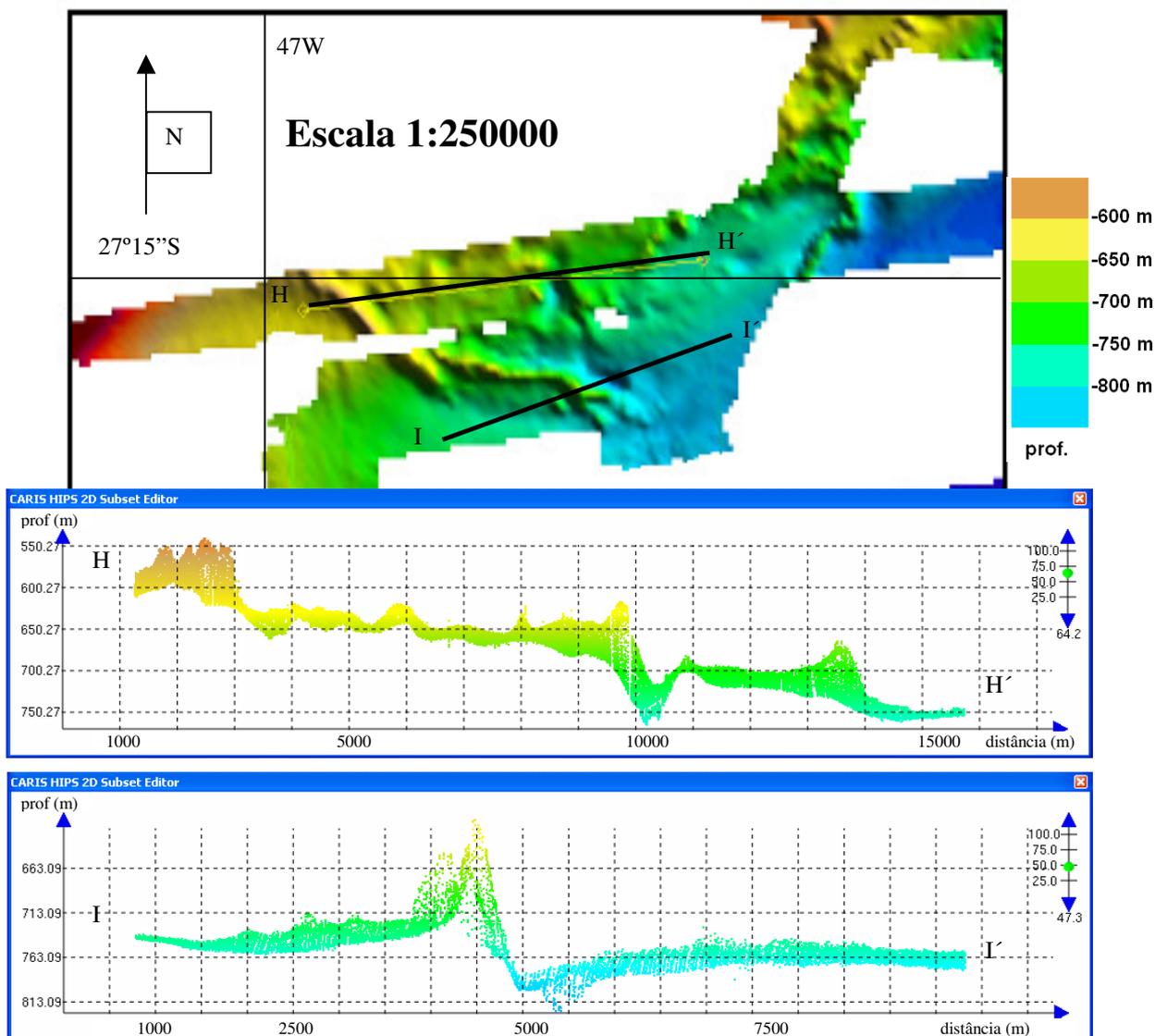


Figura 22: Batimetria na região das estruturas de deslizamento. Os perfis batimétricos estão indicados no mapa superior pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.

São identificados três patamares em profundidades em torno de 640, 700 e 750 metros. Os patamares são separados por cristas e escarpas de até 100 metros de relevo relativo (perfil H-H' - figura 22) em cujas bases são desenvolvidos canais, com direção aproximada NW-SE, e profundidades em

torno de 50 metros abaixo do assoalho oceânico. Além dos canais, outras depressões são observadas, com profundidades de 20 a 50 metros abaixo do fundo, caracterizando a grande irregularidade batimétrica desta região.

O registro de 3,5 kHz (figura 23) desta região apresenta os três patamares intercalados pelas escarpas, que podem representar resquícios da sedimentação anterior, não carregada pelas correntes gravitacionais, formando cristas relíctas.

A orientação das escarpas e dos canais subordinada (figura 22) mostra uma convergência em direção a SE, o que deve indicar uma direção preferencial de fluxo NW-SE.

A observação destes três patamares em planta e no registro de 3,5 kHz (figura 23) sugere a sucessão de pelo menos três eventos erosivos na região.

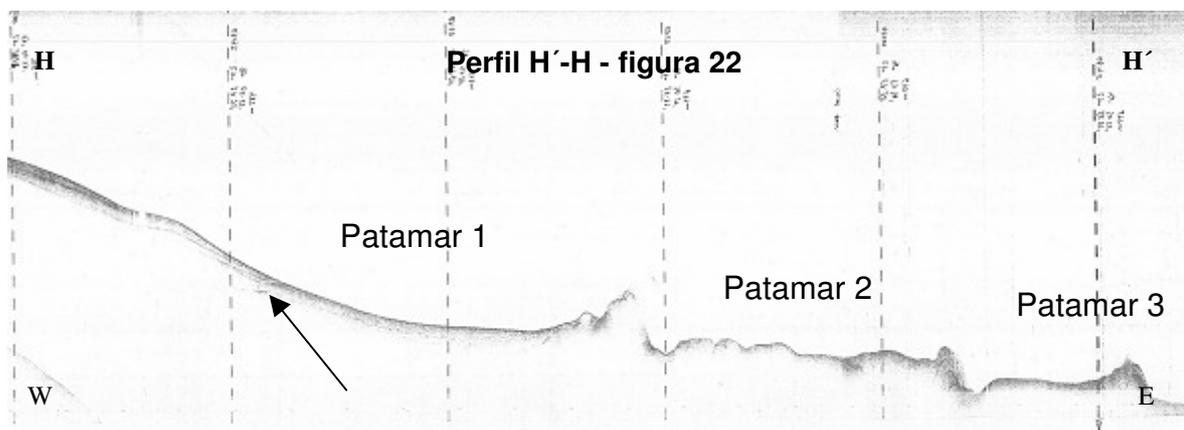


Figura 23: Registro de 3,5 kHz – Linha 19981023, correspondente ao perfil H'-H da figura 22.

O segundo conjunto de feições (figura 21-B) é localizado no talude médio, entre profundidades de 900 a 2000 metros, e é composto por dois canais perpendiculares à direção geral das isóbatas, aqui denominados A e B (figura 24), não descritos na literatura consultada.

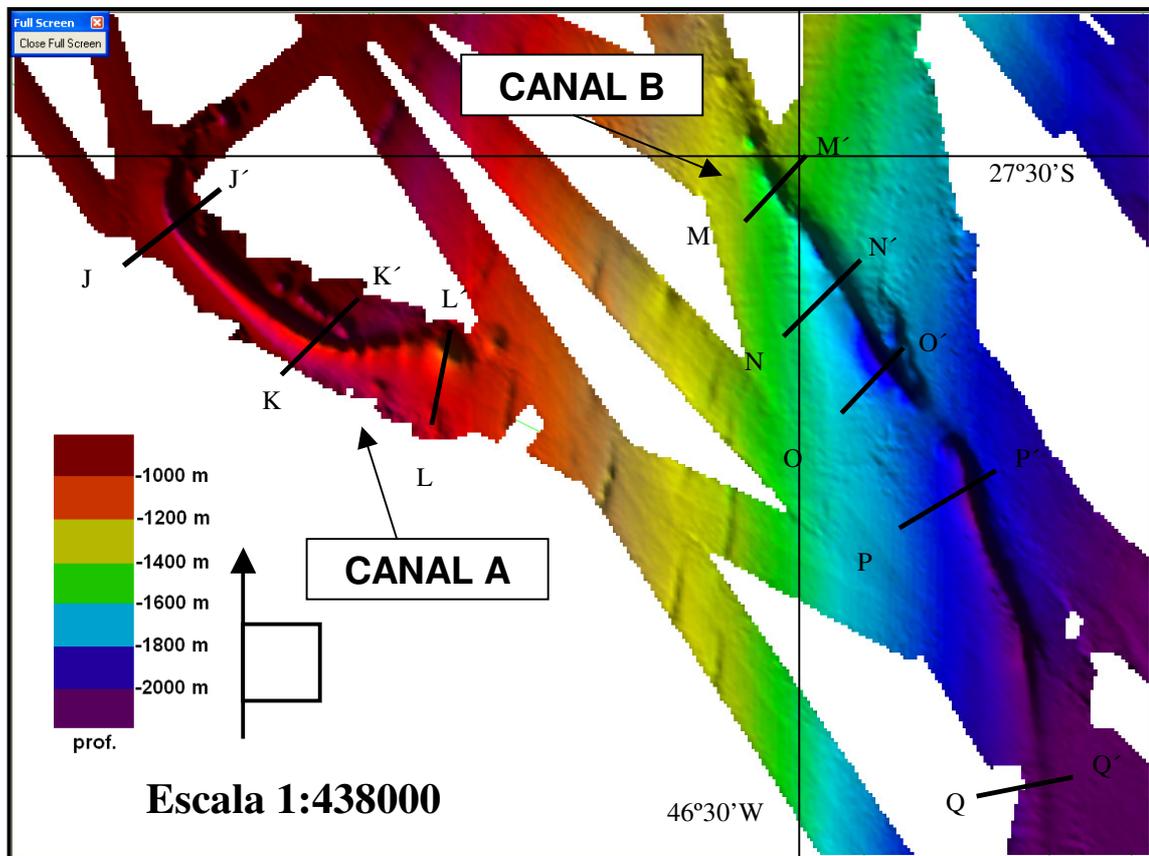


Figura 24: Batimetria na região dos canais A e B. Os perfis definidos em preto são descritos a seguir.

O canal A é observado em profundidades que variam de 990 a 1310 metros, com comprimento de 28 km, tendo direção NW-SE na parte mais rasa e W-E na parte mais profunda. A largura é variável, em média 1800 metros, e o relevo relativo varia em torno de 250 metros de profundidade.

Os três perfis da figura 25 apresentam seções perpendiculares aos canais, onde pode ser observada, no perfil K-K', a existência de um canal secundário, na margem E do principal, com profundidade em torno de 25 metros.

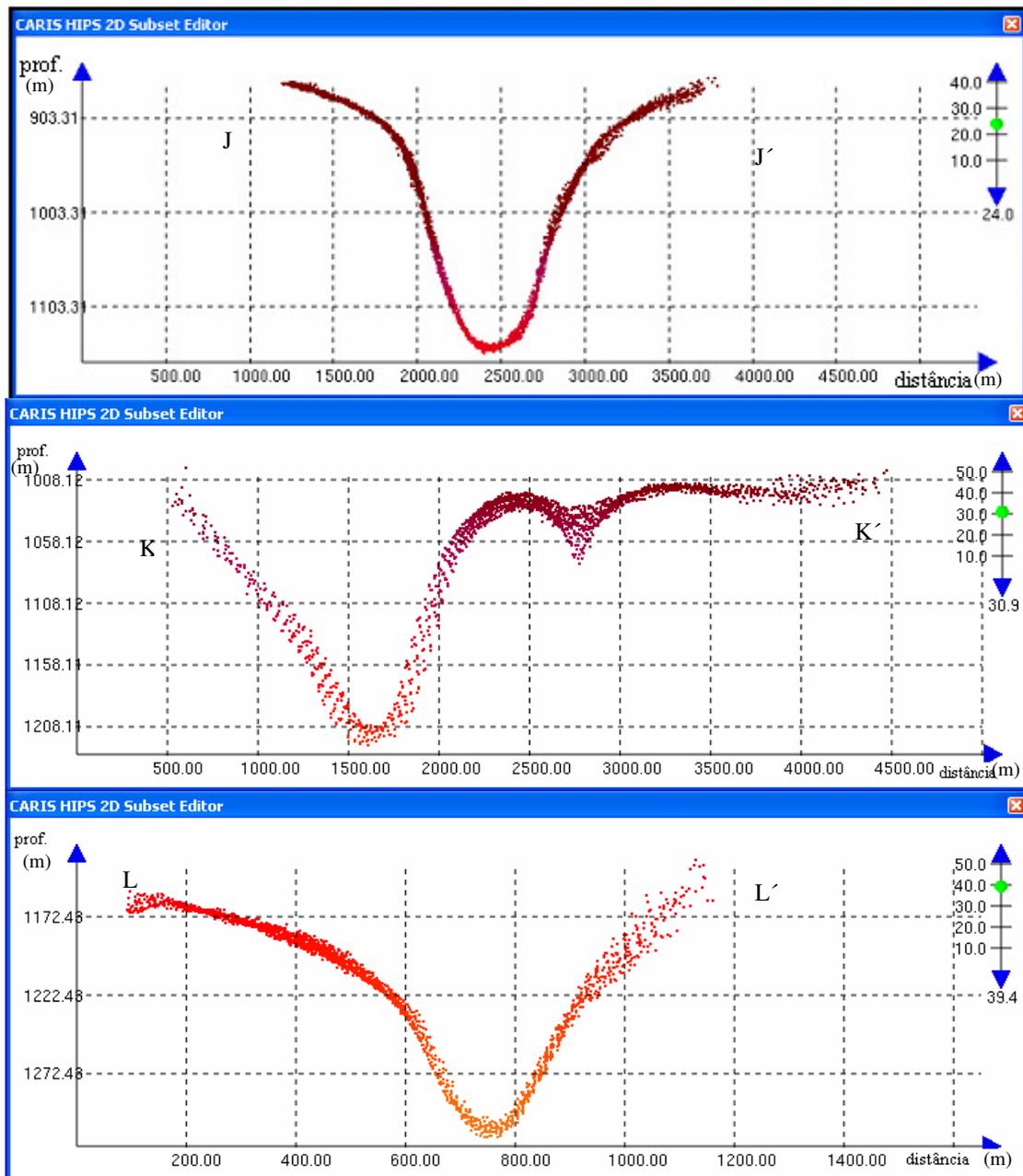


Figura 25: Batimetria na região do canal A. Os perfis batimétricos estão indicados na figura 24 pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.

A partir do registro de 3,5 kHz do canal A (figura 26) foi possível observar a inexistência de sedimentação no seu fundo e a presença de estratos truncados nas suas bordas, indicativos de processos erosionais.

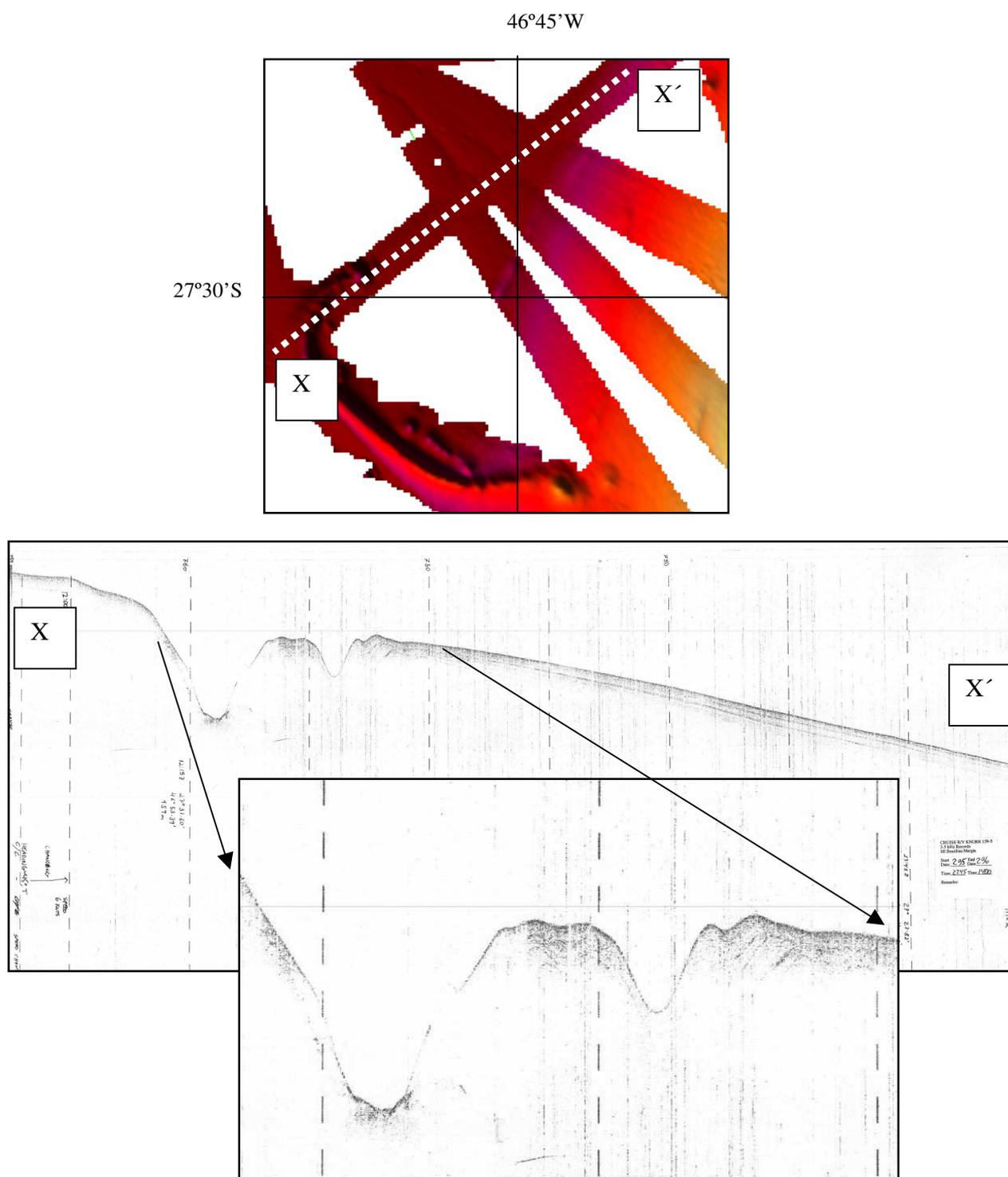


Figura 26: Registro de 3,5 kHz – Linha 19981023. A linha tracejada no MDT acima indica a posição do perfil.

O canal B (figura 24) encontra-se em profundidades de 1600 a 1980 metros, apresentando duas seções, norte e sul, com comprimentos de 20 km e 22 km, respectivamente. Entre as duas seções o canal é interrompido.

A porção norte tem direção aproximada NW-SE, largura média de 2500 metros e relevo relativo de 50 a 150 metros. Apresenta localmente um canal secundário na sua margem E, com 50 metros de profundidade (figura 27 - perfil O-O').

A assimetria do canal é evidenciada no perfil N-N', onde pode ser observada uma diferença 50 metros entre as bordas e flancos com diferente inclinação.

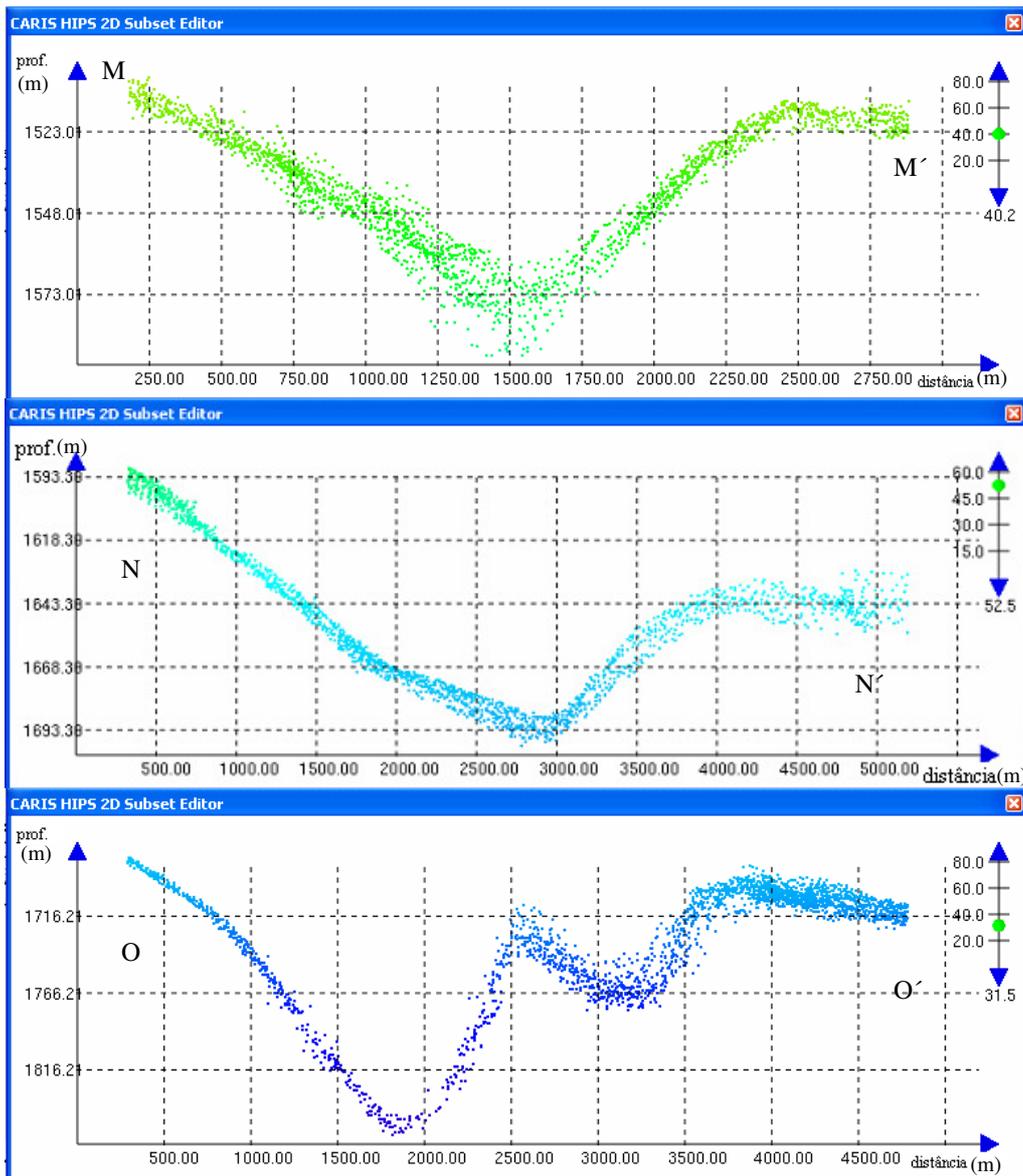


Figura 27: Batimetria na região do canal B – seção norte. Os perfis batimétricos estão indicados na figura 24 pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.

A figura 28 apresenta o registro de 3,5 kHz da seção norte do canal B. Na sua margem direita, a leste, os refletores indicam a presença de um bloco deslizado, como indicado pela linha vermelha, com os refletores contínuos internamente. Como consequência deste deslizamento, o canal secundário foi estabelecido. Na margem esquerda, a oeste, não são observadas feições de deslizamento e os refletores desta borda apresentam-se truncados.

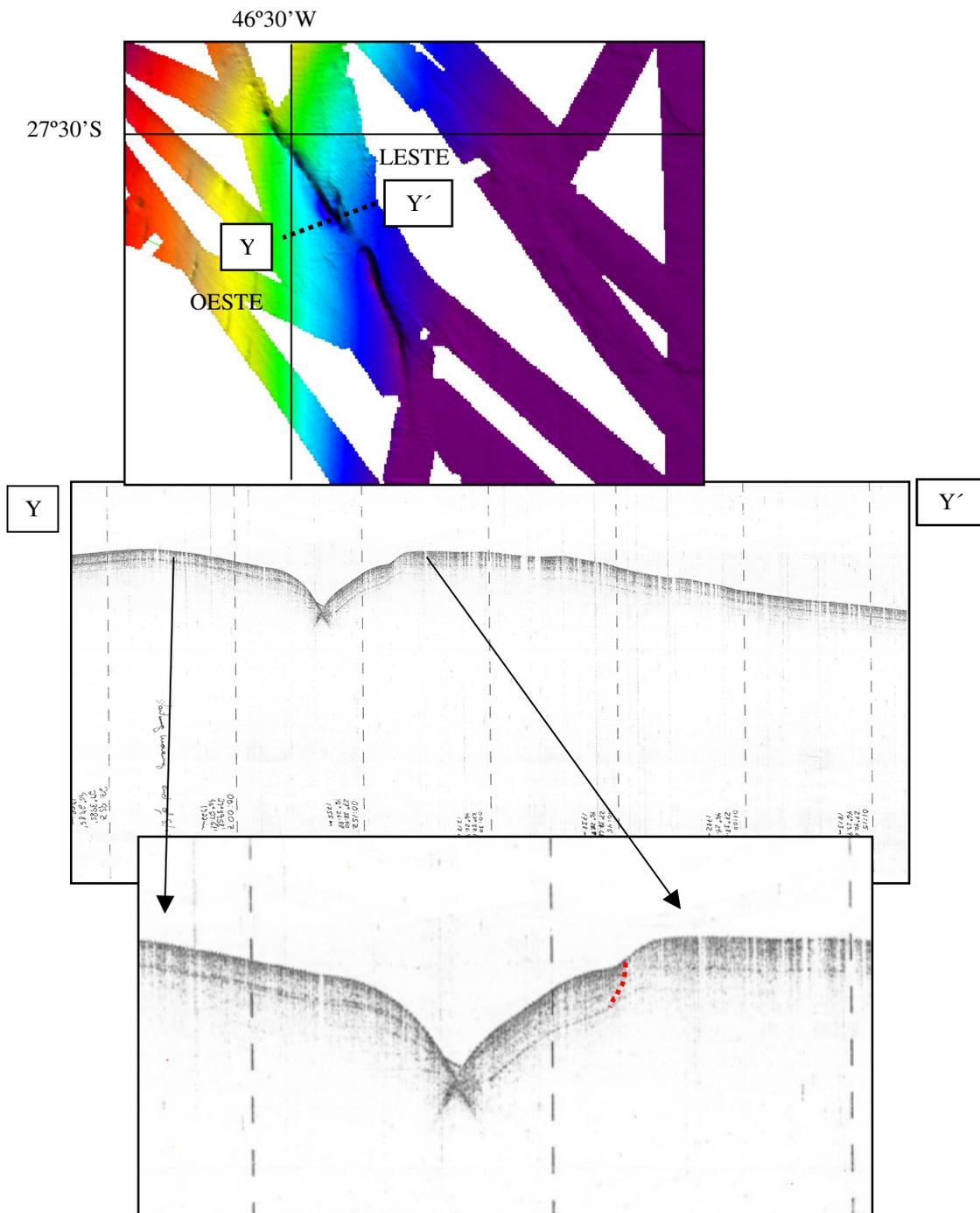


Figura 28: Registro de 3,5 kHz – Linha 19981024/25. A linha tracejada no MDT acima indica a posição do perfil.

A interrupção do canal B deve estar relacionada aos processos de desmoronamento das margens. Em função da proximidade deste bloco alóctone com a região interrompida pode-se sugerir que a interrupção é constituída por uma porção distal da camada que colmatou o canal.

O talvegue do canal apresenta preenchimento incipiente, indicando ausência de fluxo erosivo em épocas recentes.

A seção sul do canal B (figura 24) tem direção aproximada N-S, largura média de 2000 metros e relevo relativo iniciando em 150 metros, diminuindo conforme a profundidade circundante aumenta.

É também um canal assimétrico e mostra, em toda esta seção, a borda leste mais profunda. Em torno de 1980 metros, o canal perde expressão topográfica, se configurando apenas uma pequena depressão (figura 29 - perfil Q-Q'), presente até o final do registro, a 2080 metros.

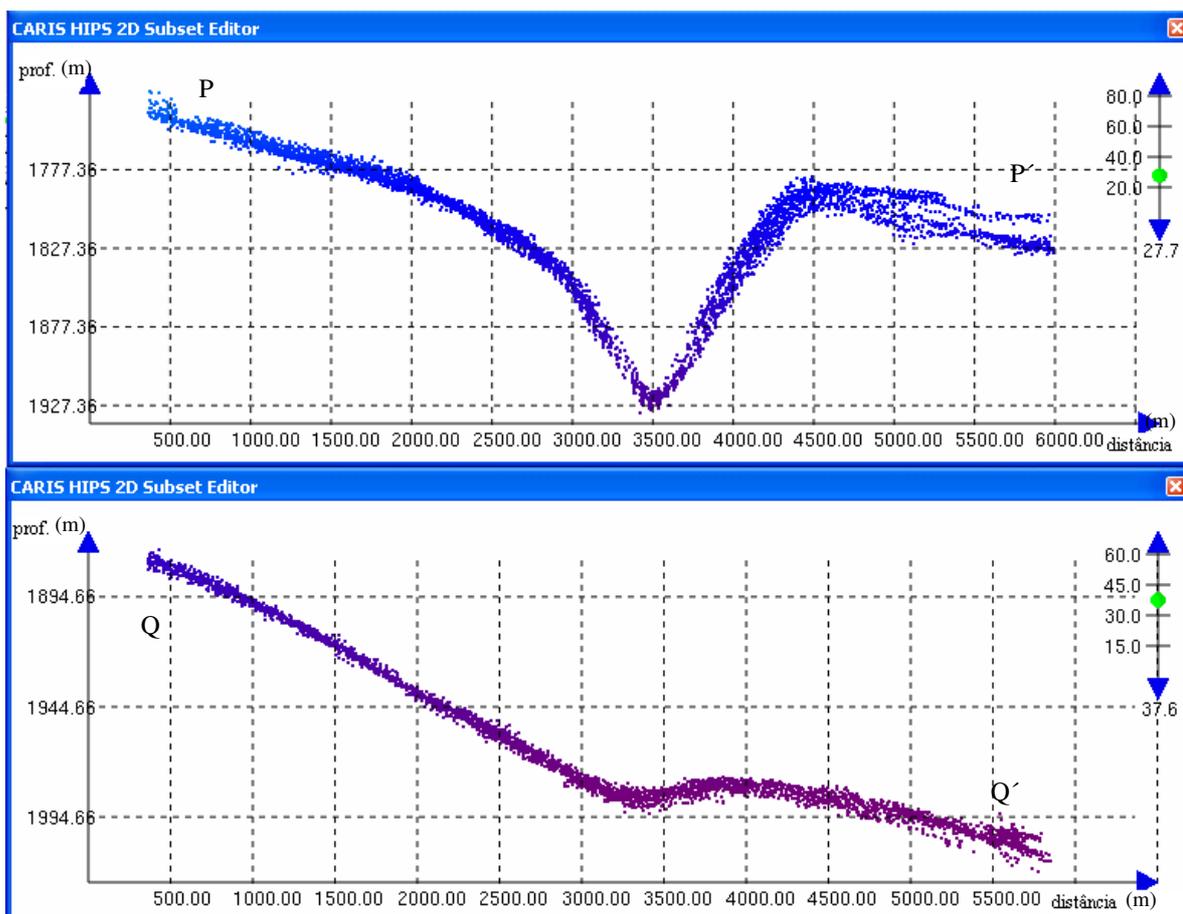


Figura 29: Batimetria no canal B – seção sul. Os perfis batimétricos estão indicados na figura 24 pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.

O terceiro conjunto de feições é composto por uma série de canais longitudinais em relação às isóbatas, em profundidades de 1300 a 1500 metros, com relevo relativo de 15 metros em média (figura 30).

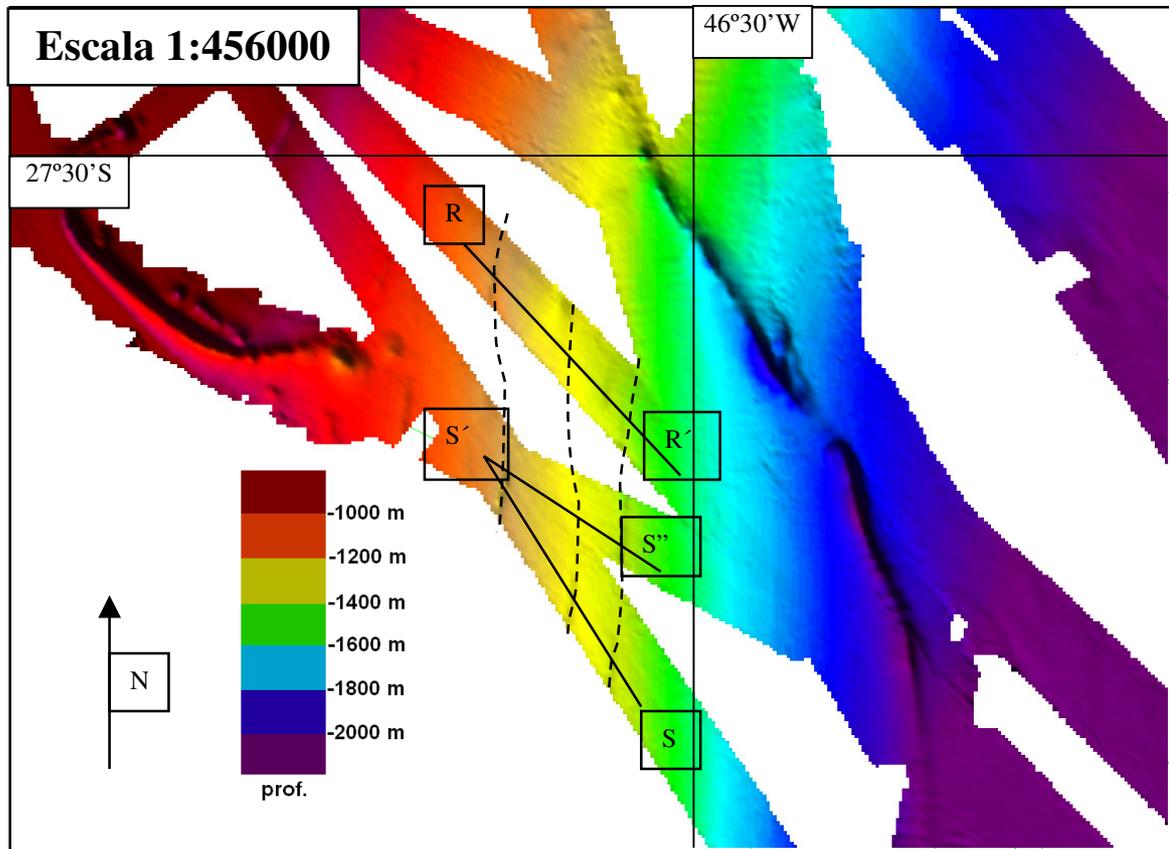


Figura 30: Batimetria na região dos canais C. Os perfis definidos em preto são descritos a seguir.

Tais canais apresentam continuidade lateral, como indicado na figura 30 pelas linhas cinza pontilhadas, tendo sido registrados ao longo de 20 km. São denominados neste trabalho como conjunto de canais C.

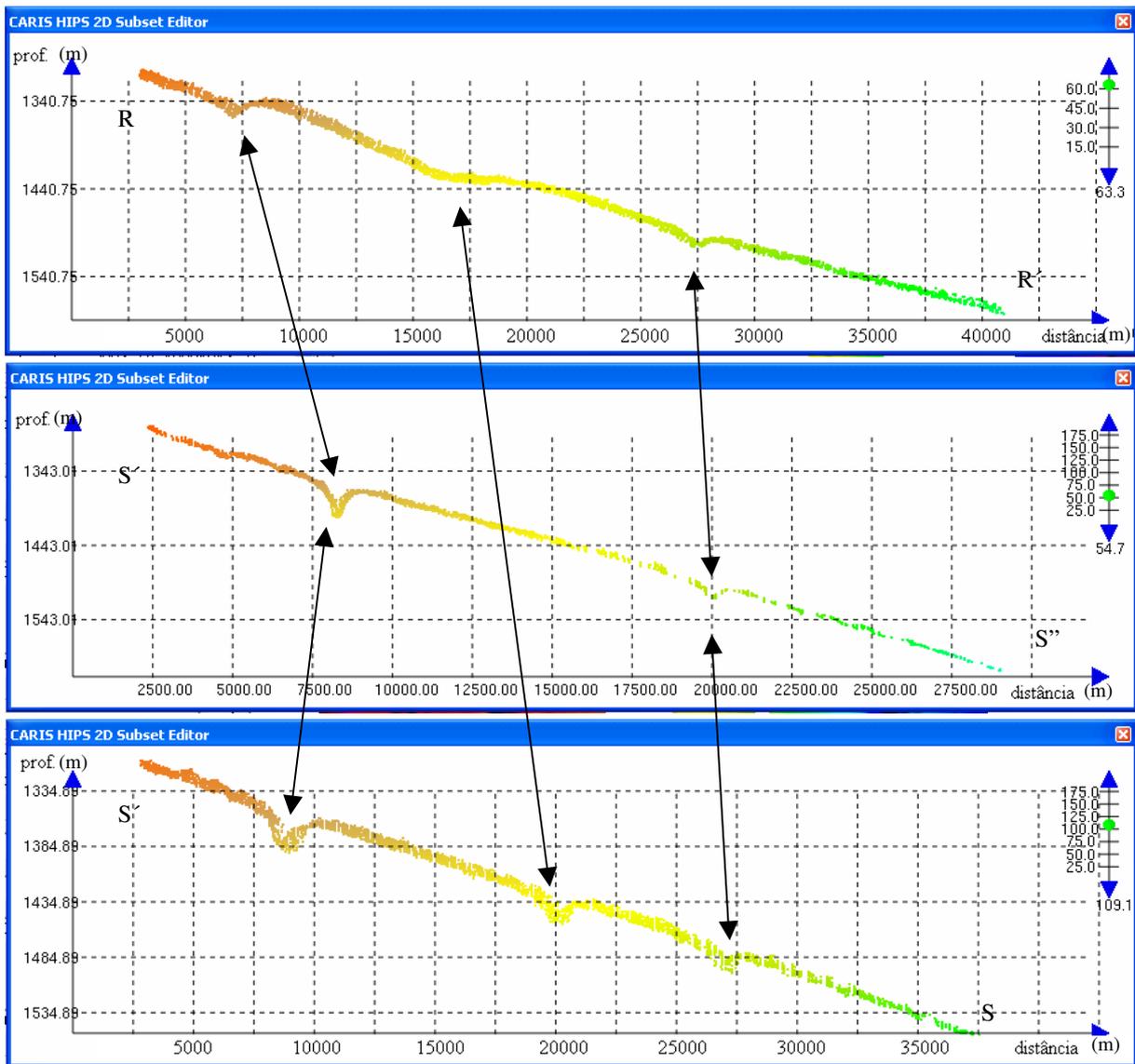


Figura 31: Batimetria no canal C. Os perfis batimétricos estão indicados na figura 30 pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exagero vertical.

Com base na distribuição espacial destas feições e nos registros de 3,5 kHz (figura 32), onde são observados refletores contínuos e deformados, sugere-se que microfalamentos foram responsáveis pelo aparecimento destes canais.

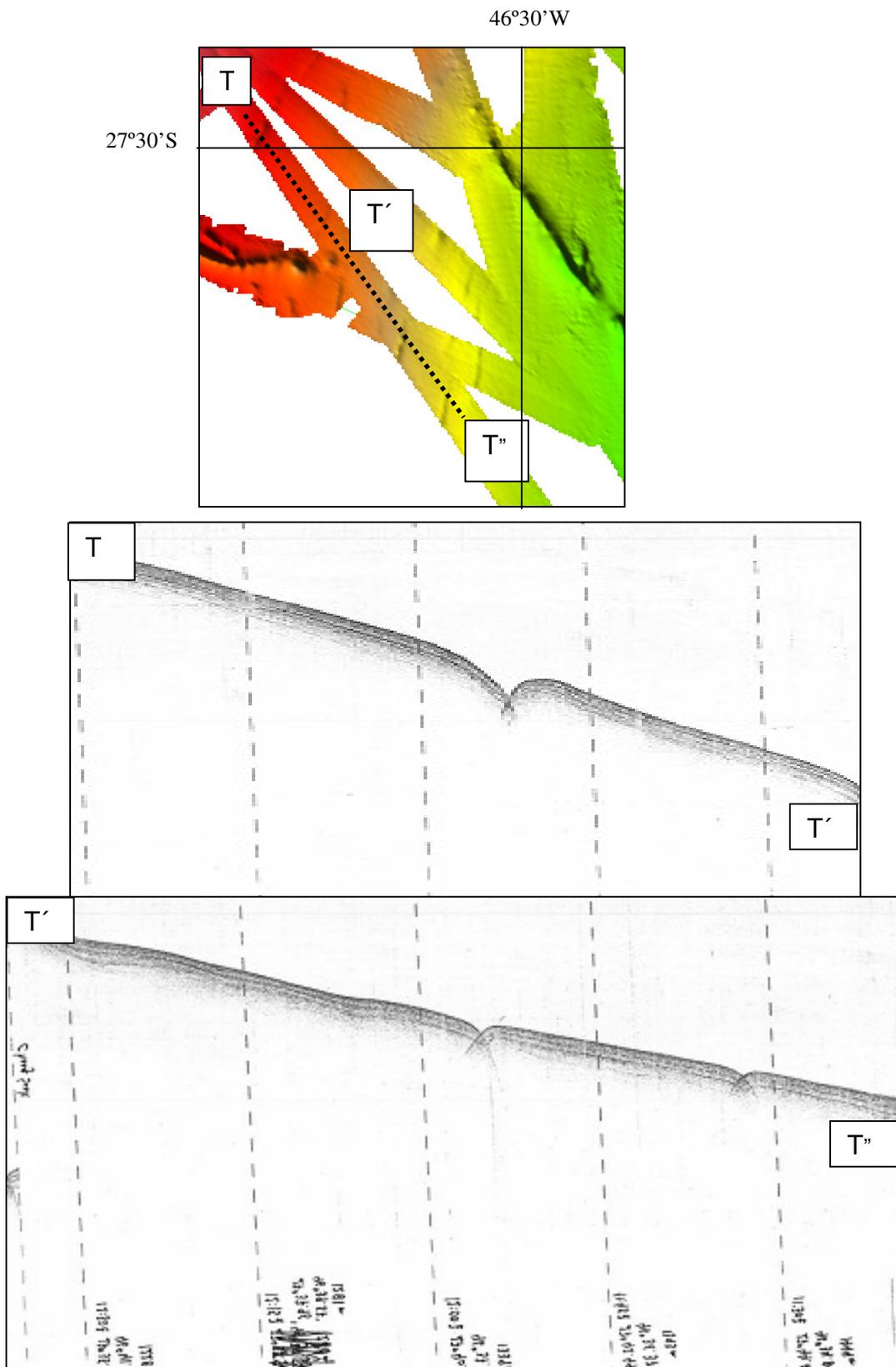


Figura 32: Registro de 3,5 kHz – Linha 19981025. A linha tracejada no MDT acima indica a posição do perfil.

#### 4.4. Região de ondas de lama e canal de contorno

As figuras 33 e 34 apresentam a região mais profunda da área de estudo, localizada na bacia de Pelotas, em que são observados campos de ondas de lama, com início a 3500 metros, estendendo-se até 4000 metros, onde a aquisição foi interrompida.

São observadas ondulações maiores, em torno de 50 metros de altura entre crista e cavado, e comprimento em torno de 10 km, intercaladas com ondulações menores, com altura em torno de 25 metros e comprimento variável em torno de 3 km, como apresentado no perfil X-X' da figura 34.

As cristas das ondulações apresentam duas direções: a dominante, aproximadamente 170°-350°, indicadas na figura 33 por linhas em vermelho; e outra menos abundante, aproximadamente 145°-325°, observada em profundidades superiores a 3800 metros, indicada pela linha laranja.

Nesta mesma região, um pouco mais a oeste do campo de ondas é possível observar, na profundidade em torno de 3400 metros, a presença de um canal com relevo da ordem de 60 metros (perfis U-U' e V-V', figura 34), paralelo à direção geral do talude, demarcado em vermelho na figura 33.

A continuidade do canal é identificada por mais de uma linha multifeixe, tendo sido amostrado por 110 km. A partir do MDT gerado pelos dados monofeixe, pode-se sugerir sua continuidade por mais 95 km, até os contrafortes do Platô de São Paulo.

A borda oeste deste canal é demarcada por uma escarpa com cerca de 500 metros, apresentada nos perfis U-U' e V-V' da figura 34, bem como no MDT gerado pelo monofeixe, no qual, a oeste do canal demarcado em vermelho, é possível observar a continuidade desta escarpa para sul. Entre o canal e o campo de ondas é observada uma elevação do fundo, da ordem de 40 metros, que se estende lateralmente por 40 km, como mostrado nos perfis U-U' e V-V' da figura 34.

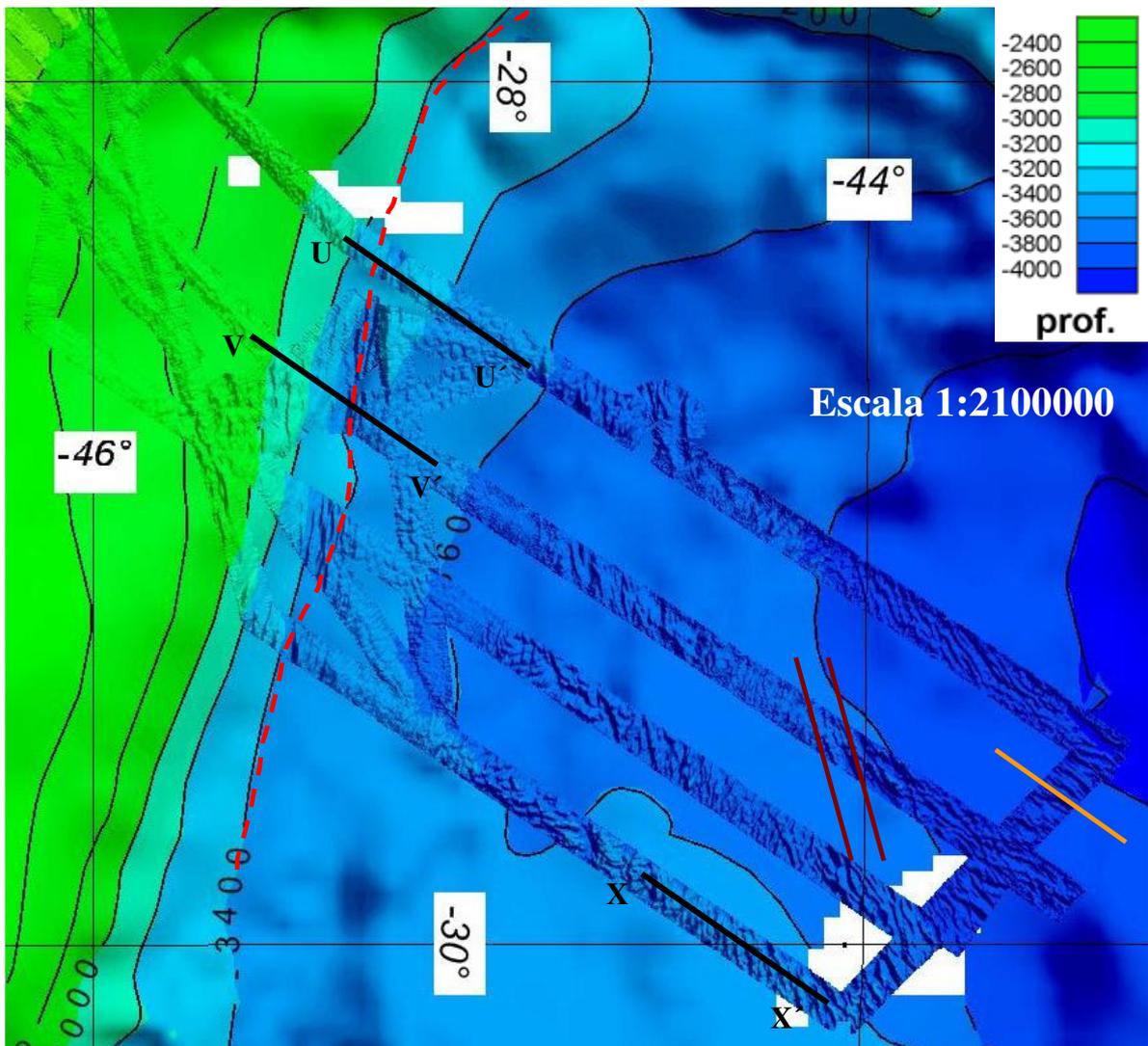


Figura 33: Batimetria na região das ondas de lama e canal de contorno. Profundidades em metros.

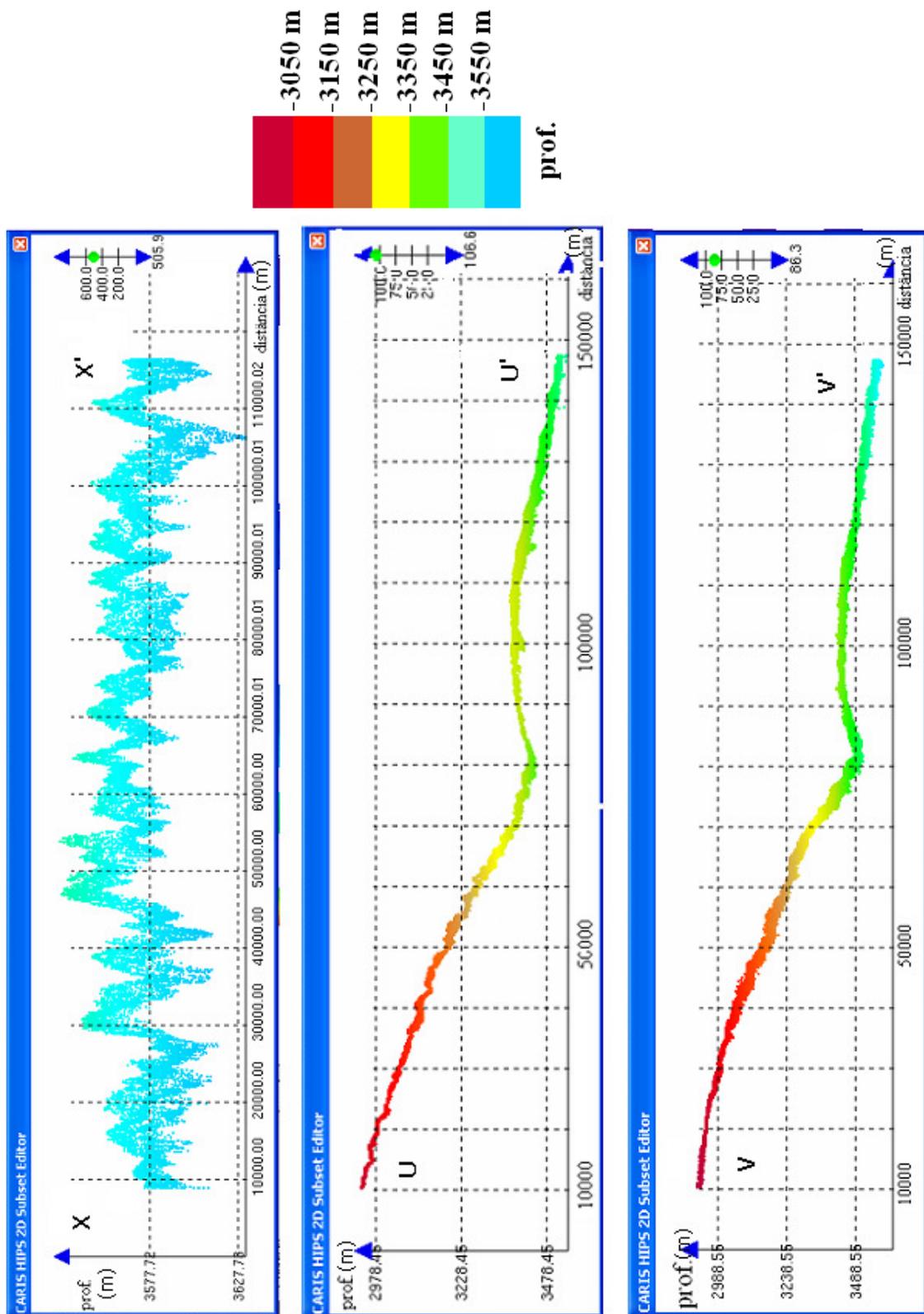


Figura 34: Batimetria no campo de ondas de lama e no canal de contorno. Os perfis batimétricos estão indicados na figura 33 pelas linhas pretas. A seta ao lado direito indica o exaço vertical.

As características aqui observadas corroboram as descrições de Mello et al. (1992), Silva et al. (1998) e Lima (2004), com exceção da identificação de duas direções para as ondas de lama.

A mudança da direção das ondulações na região mais profunda pode estar relacionada:

- À recirculação ciclônica da AAF descrita por Hogg et al. (1996) na qual a AAF retorna para a Bacia Argentina, em profundidades em torno de 4000 metros, cuja direção do fluxo é, grosso modo, NE-SW.
- À existência de correntes de fundo confinadas, descritas por Mello et al. (1992), também controladas pela AAF.

#### 4.5. Interpretação Geomorfológica

A partir da análise do mapa batimétrico regional (figuras 18 e 21-A e B), é possível observar que estes três conjuntos de feições estão inseridos no talude, em um anfiteatro regional formado por uma grande cicatriz de remoção de sedimentos, com alvéolos de deslizamento e desmoronamento associados.

A expressão morfológica desta remoção é observada em uma área de aproximadamente 32400 km<sup>2</sup>, sendo evidenciada pelo recuo da quebra de plataforma em mais de 100 km, e conseqüente recuo do talude, que neste local apresenta inclinações superiores a 4 °.

Neste contexto, o primeiro conjunto de feições (figuras 21-A e 22), com escarpas e canais menores associados, individualizando patamares, seria o local onde os processos de remoção foram iniciados. Os sedimentos, ao serem removidos por um fluxo NW-SE, esculpiram escarpas e desenvolveram canais que serviram de canalizadores nos processos gravitacionais.

Em prosseguimento ao processo de remoção de sedimentos, em profundidades maiores, é observado o segundo conjunto de feições, composto pelos dois canais de grande expressão topográfica. Estes canais devem ter atuado como principais canalizadores do fluxo gravitacional em época de nível de mar rebaixado; além disso, a presença de canais secundários e de feições de deslizamento e desmoronamento evidencia a grande dinâmica sedimentar atuante, o que corrobora a hipótese de que um grande volume de sedimentos foi retirado do talude superior.

Conjuntos de feições semelhantes aos conjuntos aqui descritos (figuras 21-A e 22), com estruturas relacionadas a deslizamentos e movimentos de massa no talude continental foi observado por Almagor e Wiseman (1980) na margem de Israel. A figura 35 apresenta um perfil sísmico onde é observada a topografia irregular, com vales esculpidos por processos de deslizamento e transporte de massa, e escarpas remanescentes do fundo não removido.

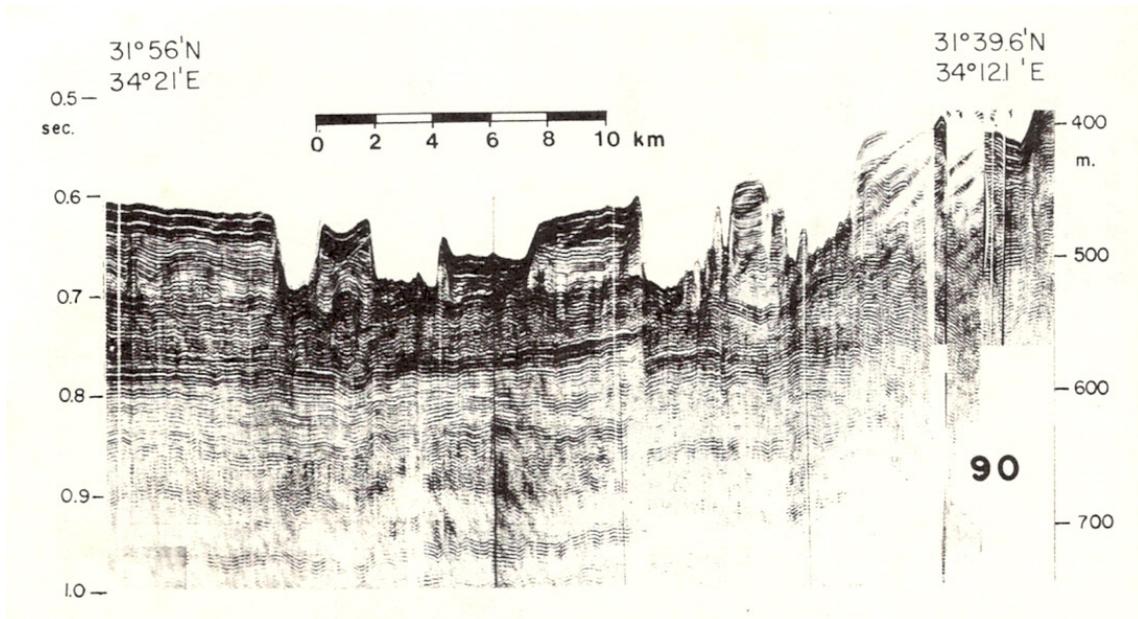


Figura 35 – Cicatrizes de deslizamento e *debris* no talude continental de Israel. Exagero vertical de 46x. (Almagor e Wiseman, 1980).

Embley (1980) também descreve na margem noroeste africana um conjunto de feições relacionado a deslizamentos apresentado na figura 36. É interessante observar nesta figura o recuo da quebra de plataforma, a presença de escarpas, canais primários e secundários, e os altos topográficos remanescentes dentro da região de remoção, em um contexto semelhante ao descrito neste trabalho.

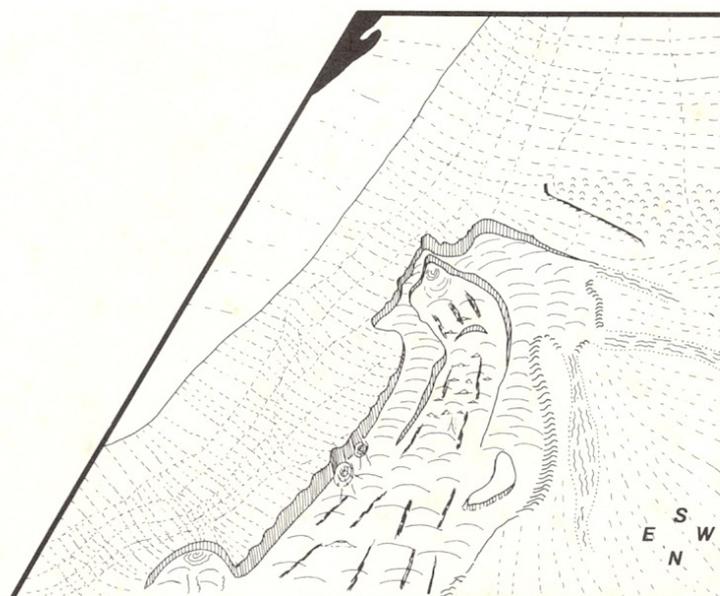


Figura 36- Bloco diagrama de uma cicatriz de deslizamento na margem atlântica africana (Embley,1980).

O terceiro conjunto de canais é relacionado a episódios deposicionais na bacia. A partir de acúmulo de sedimentos foram gerados falhamentos lístricos que, alcançando o fundo marinho, produziram os canais. Contudo, em função dos canais C terem sido observados na região intermediária aos canais A e B, pode-se supor que o falhamento que deslocou as camadas pode ter sido desenvolvido pelo peso dos sedimentos acumulado e pela instabilidade tectônica oriunda da dinâmica existente nos canais A e B.

Os resultados obtidos neste trabalho, quando comparados com trabalhos pretéritos, com aspecto regional, como os produzidos por Mello et al.(1992) e Lima (2004) corroboram, de modo geral, as interpretações destes autores.

Os Complexos de Deslizamentos descritos por Mello et al. (1992) e as zonas de escarpas e falhas com canais associados, descritas por Lima (2004), estão inseridas dentro da grande cicatriz de remoção de sedimentos no talude superior e médio aqui proposta.

Ainda em relação a Lima (2004), o canal de contorno que acompanha a isóbata de 3400 metros, descrito por este autor, se estende e continua em direção aos contrafortes do Platô de São Paulo como sugerido na figura 37.

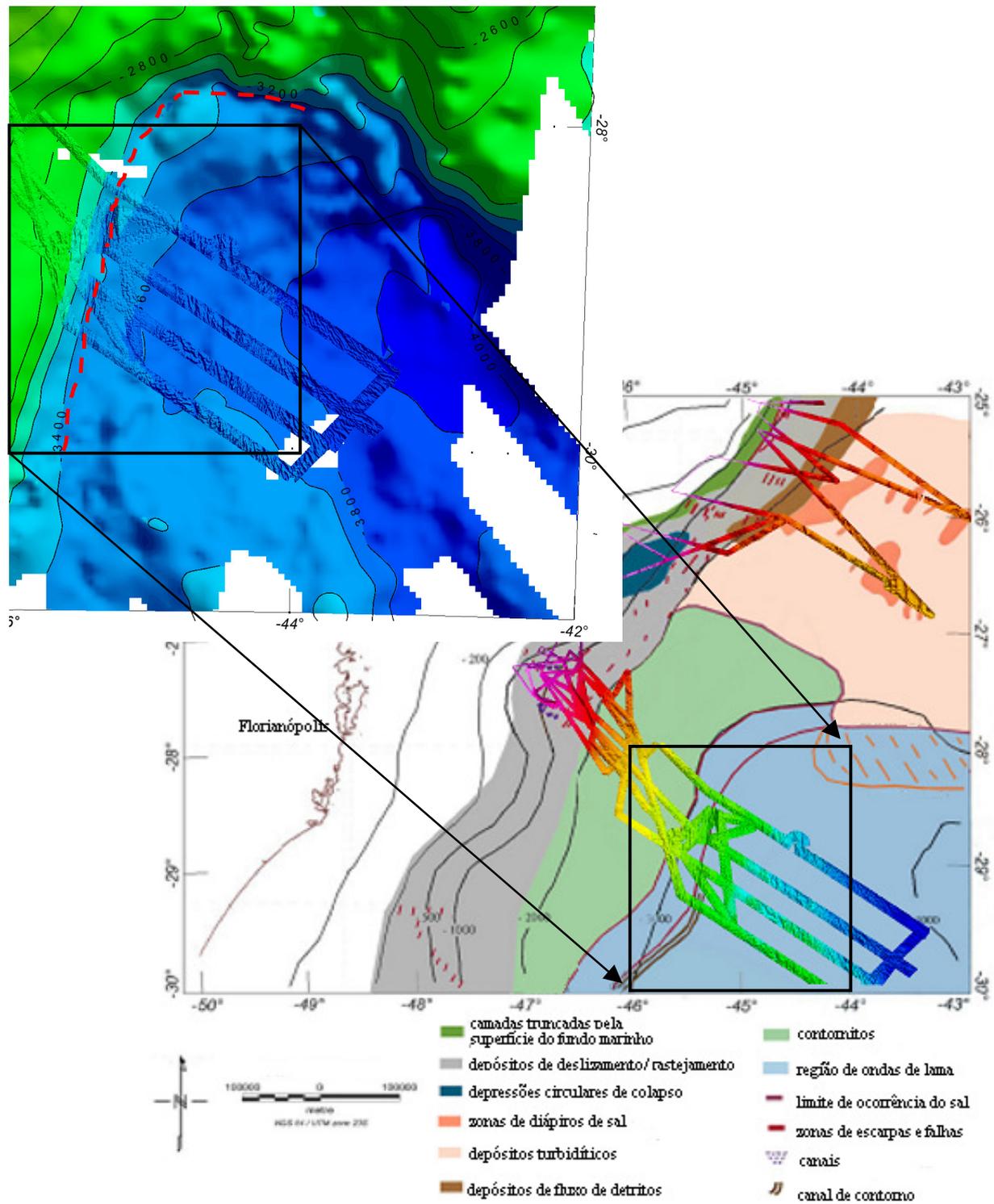


Figura 37: MDT gerado com dados multifeixe superposto ao mapa de principais feições e processos sedimentares proposto por Lima (2004). A continuação do canal de contorno em direção aos contrafortes do Platô de São Paulo está indicada em vermelho.

## 5. Conclusões

A recuperação dos dados multifeixe coletados pelo MV Knorr no ano de 1998 nas regiões sul do Embaiamento de São Paulo e norte da bacia de Pelotas, possibilitou agregar importantes informações sobre feições e processos de morfogênese e sedimentação na plataforma, talude e sopé continentais bem como no platô de São Paulo. A partir da análise e processamento destes dados, integrados a registros de 3,5 kHz e a dados monofeixe, as seguintes observações e conclusões foram obtidas:

- O controle da aquisição multifeixe é fundamental para o melhor aproveitamento dos dados. No caso dos dados utilizados, a aquisição não teve o controle de qualidade adequado e como consequência houve problemas de calibragem e de velocidade do som. Tal fato fez com que o valor de balanço precisasse ser corrigido, e os feixes externos tivessem que ser eliminados no processamento, causando diminuição da largura da faixa varrida.
- O processamento dos dados multifeixe deve ser executado por meio de depuração estatística. O polinômio que melhor representou a morfologia do fundo marinho foi o Plano Curvo Inclinado com *tile* de 327 metros. Para a depuração estatística foi utilizado o filtro de 1 desvio padrão.
- A construção de um único modelo digital do terreno, a partir de dois conjuntos distintos de dados com diferentes densidades de informação, não foi viável. A superposição de dois modelos independentes, cada um calculado respeitando-se as características do conjunto, possibilitam a interpretação e a análise integrada dos dados.
- Na plataforma continental externa e talude superior da bacia de Santos foi confirmada a existência de *pockmarks*. Estas feições estão divididas em dois grupos em diferentes profundidades, entre 400 e 500 metros, com relevo relativo de 25 a 40, e entre 625 a 900 metros, com relevo relativo de 70 a 80 metros. A presença de tais feições é indicativa da exsudação de hidrocarbonetos para o fundo marinho.
- Na porção sul do patamar superior do platô de São Paulo foi identificada a ocorrência de diápiros de sal sob a forma de cristas, que individualizam microbacias preenchidas por depósitos turbidíticos. Estas cristas estão

arranjadas num padrão de mosaico que delimitam baixos topográficos de formas predominantemente losangulares, sugerindo bacias rômbricas.

- No limite norte da bacia de Pelotas foram observadas feições indicativas de intensa remoção de sedimentos por meio de correntes de fluxos gravitacionais e transporte de massa. Estes episódios erosivos produziram na margem uma grande cicatriz de remoção de sedimentos, causando uma reentrância do talude. Nesta região foram descritas as seguintes feições:
  - Em menores profundidades foram identificadas escarpas e cristas com até 100 metros de relevo, individualizando patamares, e pequenos canais associados, de direção NW-SE, onde os processos de remoção teriam sido iniciados. Os sedimentos, ao serem removidos por um fluxo NW-SE, esculpiram as escarpas e desenvolveram canais, por onde foram conduzidas correntes de fluxos gravitacionais e transporte de massa.
  - Em maiores profundidades são observados dois canais de grande expressão topográfica, denominados canais A e B, com canais secundários e feições locais de deslizamento e desmoronamento associadas. Os canais foram os condutos dos sedimentos removidos dos níveis mais rasos para águas profundas, em época de nível de mar rebaixado, contribuindo para a modelagem da grande cicatriz de remoção.
  - No limite norte da bacia de Pelotas foi reconhecida a existência de canais paralelos à direção geral do talude, denominados canais C, em profundidades de 1300 a 1500 metros, mapeados ao longo de 20 km, relacionados a falhamentos lístricos, que alcançando o fundo marinho, produziram os canais. A origem desses falhamentos pode ter sido o peso dos sedimentos acumulados associado à intensa dinâmica sedimentar da região, uma vez que estes canais estão localizadas na região entre os canais A e B.
  - Na elevação continental da bacia de Pelotas foi comprovada a existência de ondas de lama, em profundidades entre 3500 e 4000 metros, com duas direções predominantes: a mais abundante sendo 170°-350°, relacionada a depósitos distais das correntes de contorno, onde a velocidade do fluxo é reduzida; e 145°-325°, em profundidades maiores que 3800 metros, relacionada à região de recirculação ciclônica da AAF e a correntes de fundo confinadas controladas também pela AAF.

- Também na elevação continental foi comprovada a existência de um canal de contorno que acompanha a isóbata de 3400 metros. Contudo, devido ao detalhamento obtido, pode-se sugerir que tal canal se estenda até os contrafortes do Platô de São Paulo.
- Futuros trabalhos nesta região devem incluir um mapeamento multifeixe no platô de São Paulo, que descreva melhor a morfologia dos diápiros de sal existentes, e na região de *pockmarks*, que demarcaria a continuidade lateral destas feições.
- O estudo mais aprofundado em termos de processos geológicos atuantes na região definida como cicatriz de remoção de sedimentos possibilitaria a definição dos processos que controlaram o desenvolvimento dos canais identificados neste trabalho.

## 6. Bibliografia

ALMAGOR, G.; WISEMAN, G. 1980 Submarine slumping and mass movements on the continental slope of Israel. In: Savox,S. e Nieuwenhuis J.K. (Eds.) Marine Slides and Other Mass Moviments. NATO workshop on marine slides and other mass movements (1980: Algarve, Portugal). Plenum Press, Nova Iorque. p.95-128

ALVES, E. C., 1977 Estrutura rasa do Talude e Sopé da Margem Continental do Rio Grande do Sul e Uruguai. 74 p. Dissertação (mestrado) UFRGS. Porto Alegre.

ALVES, E. C., 1981 Estruturas da Margem Continental Sul Brasileira e das Áreas Oceânicas adjacentes. In: ASMUS, H.E. (Ed.). Estruturas e tectonismo da Margem Continental Brasileira, e suas implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais (Relatório Final). Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/DINTEP - Série Projeto REMAC nº. 9, p.145-170.

ASMUS, H.E.; PORTO, R. 1972 Classificação das Bacias Sedimentares Brasileiras segundo a Tectônica de Placas. Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Geologia, V.2, p.67-90. Belém.

ASMUS, H.E.; GUAZELLI, W., 1981 Descrição sumária das estruturas da Margem Continental Brasileira e das áreas oceânicas e continentais, adjacentes – Hipóteses sobre o tectonismo causador, e implicações para os prognósticos do potencial de recursos minerais In: ASMUS, H.E. (Ed.). Estruturas e tectonismo da Margem Continental Brasileira, e suas implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais (Relatório Final). Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/DINTEP - Série Projeto REMAC nº. 9, p.187-269.

CARIS, 2001 Multibeam, Singlebeam & Sonar Image Data Processing – Training Course Notes. Fredericton, Canada.

CASTRO, D.D. 1992 Morfologia da Margem Continental Sudeste-Sul Brasileira e Estratigrafia sísmica do Sopé Continental. 226 p. Dissertação (mestrado) UFRJ. Rio de Janeiro.

CHAVES, H.A.F.; ZEMBRUSKI, S.G.; FRANÇA, A.M.C. 1979 Introdução In: CHAVES, H.A.F (Ed.). Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e das áreas adjacentes (Relatório Final). Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/DINTEP - Série Projeto REMAC nº. 7, p.7-23.

DHN, 1998 Relatório final de processamento, tratamento e interpretação dos dados batimétricos para a determinação do Pé do Talude Continental e da Isóbata de 2.500 metros na Margem Sul-Brasileira. Niterói: DHN. 43 p + anexos (Relatório Interno)

EMBLEY, R.W. 1980 Anatomy of some Atlantic margin sediment slides and some comments on ages and mechanisms. In: Savox,S. e Nieuwenhuis J.K. (Eds.) Marine Slides and Other Mass Moviments. NATO workshop on marine slides and other mass moviments (1980: Algarve, Portugal). Plenum Press, Nova Iorque, p.189-213

FAIRBRIDGE, R.W. 1966. The encyclopedia of oceanography. New York: Van Nostrand Reinhold Company. 1021p.

FERREIRA DA SILVA, L.C 1981 Condições oceanográficas do extremo oeste da Convergência Subtropical do Oceano Atlântico Sul baseado nos dados obtidos nas operações CONVERSUT I e II. - 120 p. Dissertação (mestrado em Oceanografia Física) - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo - USP. São Paulo.

FIGUEIREDO Jr., A.G.; BREHME, I; BARBOSA, C.F.; BAPTISTA NETO, J.A.; SILVA, C.G. 1999 Sea-floor Depressions in Parana Continental Shelf, Santos

Basin. Anais do 6º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica. Boletim de resumos expandidos (CDROM). Rio de Janeiro.

FRIDLUND, F. E. 2000. Sedimentação Quaternária na Elevação Continental a sul do Platô de São Paulo – Margem Continental Brasileira. 55 p. Dissertação (mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Laboratório de Geologia Marinha - UFF. Niterói.

GAMBOA , L.A.P. 1981. Marine Geology of the Brazilian Continental Margin and adjacent oceanic basin between the latitudes of 23 S and 37 S. 200 p Tese (Doutorado). Columbia University. Nova Iorque.

GAMBOA , L.A.P.; RABINOWITZ, P.D 1984 The evolution of the Rio Grande Rise in the Southwest Atlantic Ocean. Marine Geology. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. v.58, p.35-58

GAMBOA , L.A.P. 1995 Perfurações do DSDP na elevação do Rio Grande – implicações para o entendimento da evolução do Atlântico Sul. Anais do 4º.Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica. Volume I, p.484-485. Rio de Janeiro.

GONÇALVES, A.; OLIVEIRA M.A.; MOTTA, S.O. 1979 Geologia da Bacia de Pelotas e da Plataforma de Florianópolis. Boletim técnico da Petrobras, v. 22 n.3. p.157-174.

GOMES, P.O.; SEVERINO, M.C.G.; GOMES, B.S. 1993 Projeto LEPLAC: Interpretação Integrada dos Dados Geofísicos do Projeto LEPLAC IV – Margem Continental Sul Brasileira. Anais do 3º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica. Volume II, p.1275-1280. Rio de Janeiro.

GORINI, M.A.; CARVALHO, J.C. 1984 Geologia da Margem Continental Brasileira e do fundo oceânico adjacente. In: Schobbenhaus,C. et al. (Eds.) Geologia do Brasil – Brasília: DNPM. p.473-489

HEDBERG, H.D. 1973. The nacional-international jurisdictional boundary on the floor. Ocean Management, v.1, p.83-118.

HEEZEN, B.C.; THARP, M. e EWING, M. 1959. The floor of the oceans: I- The North Atlantic. Geological Society of America Bulletin, 1 (special paper, 65): 1-122.

HOGG, N.G.; OWENS, W.B.; SIEDLER, G., et al. 1996. Circulation in the Deep Brazil Basin. In: WEFER, G. et al. (eds). The south Atlantic: present and past circulation. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p.249-260.

KUMAR N.; GAMBOA, L.A.P. 1979 Evolution of the São Paulo Plateau (southeastern Brazilian Margin) and implications for the early history of the South Atlantic. Geological Society of America Bulletin, Part I, vol 90, n.3, p. 281-293

LEPICHON, X.; EWING, M.; TRUCHAN, M. 1971. Sediment transport and distribution in Argentine Basin. 2. Antarctic Bottom Current Passage in the Brazil Basin. In: AHRENS, L.H. et al.(Eds), Physics and Chemistry of the Earth. New York: Pergamon Press, v.8, p.31-48.

LIMA, L. M. 2004 Avaliação dos processos sedimentares submarinos ao sul da Bacia de Santos e norte da Bacia de Pelotas. Não publicado. Dissertação (mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Laboratório de Geologia Marinha - UFF. Niterói.

MELLO, G.A.; FLOOD, R.D.; ORSI, T.H.; et al. 1992. Southern Brazil Basin: sedimentary process and features and implication for Continental-Rise evolution. In: C.W. Poag, & P.C. de Graciansky (eds) Geological Evolution of Atlantic Continental Rises. New York: Van Nostrand Reinhold p.189-213.

MÉZERAIS, M.L.; FAUGÈRES, J.C.; FIGUEIREDO A.G. et al. 1993 Contour current accumulation off the Vema Channel mouth, southern Brazil Basin:

pattern of a “contournite fan”. Sedimentary Geology, Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. v.83, p.173-187

MMA. 1996. Macrodiagnóstico da zona costeira do Brasil na escala da União. MMA, UFRJ, FUJB, LAGET. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente. 280 p.

PEREIRA, M.J.; FEIJÓ, F.J. 1994. Bacia de Santos. Boletim de Geociências da PETROBRAS, Rio de Janeiro, v.8, n.1, jan/mar.

PIAULINO, P.O.V. 2002. A origem dos *pockmarks* no sudoeste da Bacia de Santos. 102 p. Dissertação (mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Laboratório de Geologia Marinha - UFF. Niterói.

PONTE, F.C.; ASMUS, H.E. 1976. The Brazilian Marginal Basins: current state of knowledge. Simpósio Internacional sobre Margens Continentais do tipo Atlântico. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro. v.48 supl.) p.215-239.

SCHLUMBERGER 1985. Avaliação de Formações no Brasil. Rio de Janeiro: SCHLUMBERGER WEC BRASIL. 316 p.

SEABEAM INSTRUMENTS INC., 1997 Multibeam Sonar Theory of Operation. Apostila. 88 p.

SILVA, C.G.; BAPTISTA NETO, J.A.; BREHME, I.; FIGUEIREDO Jr. A.G. 1999. Morfologia das ondas de lama na Bacia do Brasil, ao sul do Platô de São Paulo, com base em batimetria de varredura e 3,5 kHz. Anais do 6º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica. Boletim de resumos expandidos (CDROM). Rio de Janeiro.

SILVEIRA, D.P.; MACHADO, M.A.P. 2004 Bacias Sedimentares Brasileiras – Bacia de Pelotas. Fundação Paleontológica Phoenix, Aracajú, Ano 6, número 63, mar.

SPEER, K.G.; ZENK, W.; IENDLER, G. et al. 1992. First resolution of bottom water through the Hunter channel in the South Atlantic. Earth Planet Science Letter p.287-292.

TORRES, L.C. , 1998 Relatório de Fim de Comissão referente a embarque de oficial em navio estrangeiro – Cruzeiro 159-5 – R/V KNORR – Margem Continental Sul Brasileira – Período de 05 de outubro a 12 de novembro de 1998. Niterói: DHN. 17p+anexos (Relatório Interno).

ZEMBRUSCKI, S.G. 1979 Geomorfologia da Margem Continental Sul Brasileira e das Bacias Oceânicas Adjacentes In: CHAVES, H.A.F (Ed.). Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e das áreas adjacentes (Relatório Final). Rio de Janeiro: PETROBRAS/CENPES/DINTEP - Série Projeto REMAC nº. 7, p.129-177.

## Anexo 1

LEPLAC		GEODAS	
LINHA			
IV		INSTITUIÇÃO	LINHA
5000043		Lamont	1010103
5000045		Lamont	1010111
5000046		Lamont	1010280
5000047		Lamont	1010116
5000048		Lamont	1010180
XI		Lamont	1010291
5000251	5000273	Lamont	1030391
5000252	5000274	Lamont	1030177
5000254	5000275	Lamont	1030207
5000255	5000276	Lamont	1030012
5000256	5000277	Woods Hole O. I.	2160004
5000257	5000278	Woods Hole O. I.	2160003
5000258	5000279	University of Texas	10050006
5000259	5000280	Scripps Institute	15020021
5000260	5000281	Scripps Institute	15020020
5000261	5000282	Scripps Institute	15050070
5000262	5000283	Scripps Institute	15050071
5000263	5000284	Scripps Institute	15040131
5000264	5000285	Reino Unido	19150003
5000265	5000287	Reino Unido	19150017
5000266	5000288	Reino Unido	19150030
5000267		Reino Unido	19170013
5000268		Rússia	29180008
5000269		Defense Mapping Agency	35070001
5000270		França	67010047
5000271		Brasil	76020003
5000272		Alemanha	83050036

Tabela 1: Relação das linhas batimétricas monofeixe

kn159l05.sb.19981006.raw.mb41	kn159l05.sb.19981021.raw.mb41
kn159l05.sb.19981007.raw.mb41	kn159l05.sb.19981022.raw.mb41
kn159l05.sb.19981008.raw.mb41	kn159l05.sb.19981023.raw.mb41 *
kn159l05.sb.19981009.raw.mb41	kn159l05.sb.19981024.raw.mb41 *
kn159l05.sb.19981010.raw.mb41	kn159l05.sb.19981025.raw.mb41 *
kn159l05.sb.19981011.raw.mb41	kn159l05.sb.19981026.raw.mb41
kn159l05.sb.19981012.raw.mb41	kn159l05.sb.19981027.raw.mb41
kn159l05.sb.19981013.raw.mb41	kn159l05.sb.19981028.raw.mb41
kn159l05.sb.19981014.raw.mb41	kn159l05.sb.19981029.raw.mb41
kn159l05.sb.19981015.raw.mb41	kn159l05.sb.19981030.raw.mb41
kn159l05.sb.19981016.raw.mb41	kn159l05.sb.19981031.raw.mb41
kn159l05.sb.19981017.raw.mb41	kn159l05.sb.19981101.raw.mb41
kn159l05.sb.19981018.raw.mb41	kn159l05.sb.19981102.raw.mb41
kn159l05.sb.19981019.raw.mb41	kn159l05.sb.19981103.raw.mb41
kn159l05.sb.19981020.raw.mb41	kn159l05.sb.19981104.raw.mb41

Tabela 2: Relação das linhas batimétricas multifeixe. As linhas marcadas com asterisco tiveram os perfis de 3,5 kHz utilizados.

## Anexo 2

### Processamento dos dados multifeixe

Os dados multifeixe foram processados utilizando-se o programa CARIS HIPS – versão 5.4, desenvolvido pela empresa CARIS - *Universal System*.

A figura 38 apresenta a rotina utilizada para o processamento.

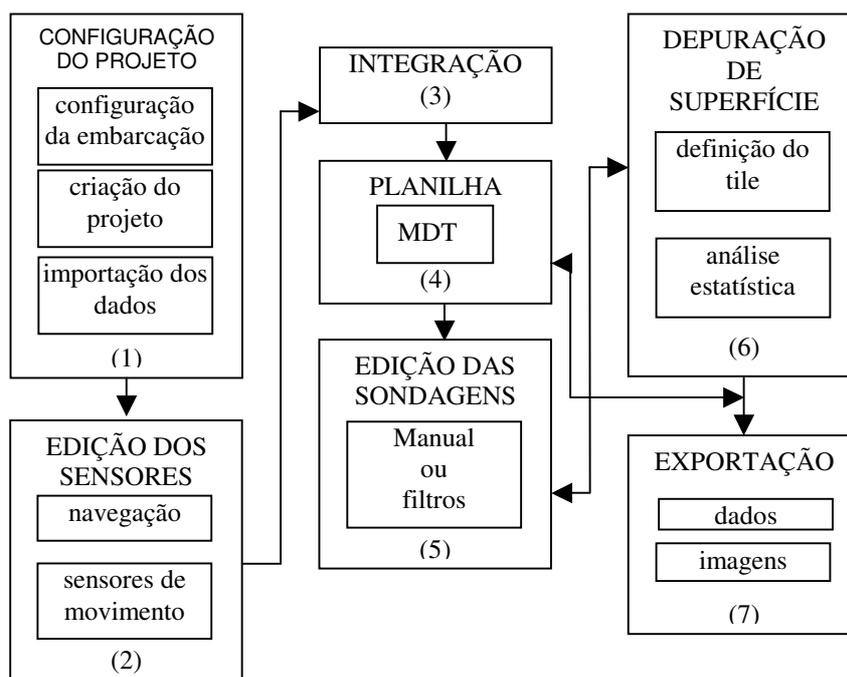


Figura 38: Rotina utilizada para o processamento dos dados batimétricos (Modificado de CARIS, 2001).

#### 1. Configuração do projeto

A primeira fase no processamento dos dados é a configuração da embarcação. Esta fase tem como objetivo reproduzir a relação entre os sensores no momento da aquisição, em termos de distância, valores de latência (atraso em tempo de gravação entre diferentes sensores), inserção do calado e de correções em relação a inclinações do transdutor.

Após a configuração da embarcação segue-se a criação do projeto, com a definição da projeção e do datum utilizados. Todo o projeto está vinculado a

uma ou mais embarcações, e cada embarcação, a um ou mais dias de sondagem.

A etapa seguinte é a importação dos dados, para isto o programa apresenta um banco com diversos conversores para diferentes formatos de aquisição. Cada linha do levantamento deve ser inserida vinculada à respectiva embarcação e ao dia em que foi adquirida.

## 2. Edição dos sensores

Seguindo a rotina de processamento, segue-se a depuração da posição, ou seja, a eliminação dos valores espúrios ou não úteis de posição.

É feita uma análise visual do percurso da embarcação e com o auxílio de um gráfico são obtidas informações de velocidade da embarcação, da distância entre cada posição (ponto de posicionamento denominado FIXO), e da direção (rumo a partir do GPS) entre um FIXO e outro.

A figura 39 apresenta a tela do programa com o percurso da embarcação na sua parte inferior. Os FIXOS validados estão representados no quadro branco inferior em azul, os rejeitados, considerados espúrios, estão apresentados em verde. É possível observar que os pontos em verde se afastam do percurso previsto para a linha.

Os três gráficos superiores apresentam a velocidade da embarcação entre cada FIXO, a distância entre eles, e a direção seguida pela embarcação ponto a ponto (rumo).

As informações de posição são recebidas com um intervalo de 1 segundo enquanto que a batimetria é gravada com um intervalo menor que 1 segundo. Os FIXOS são então reamostrados a fim de serem integrados às profundidades.

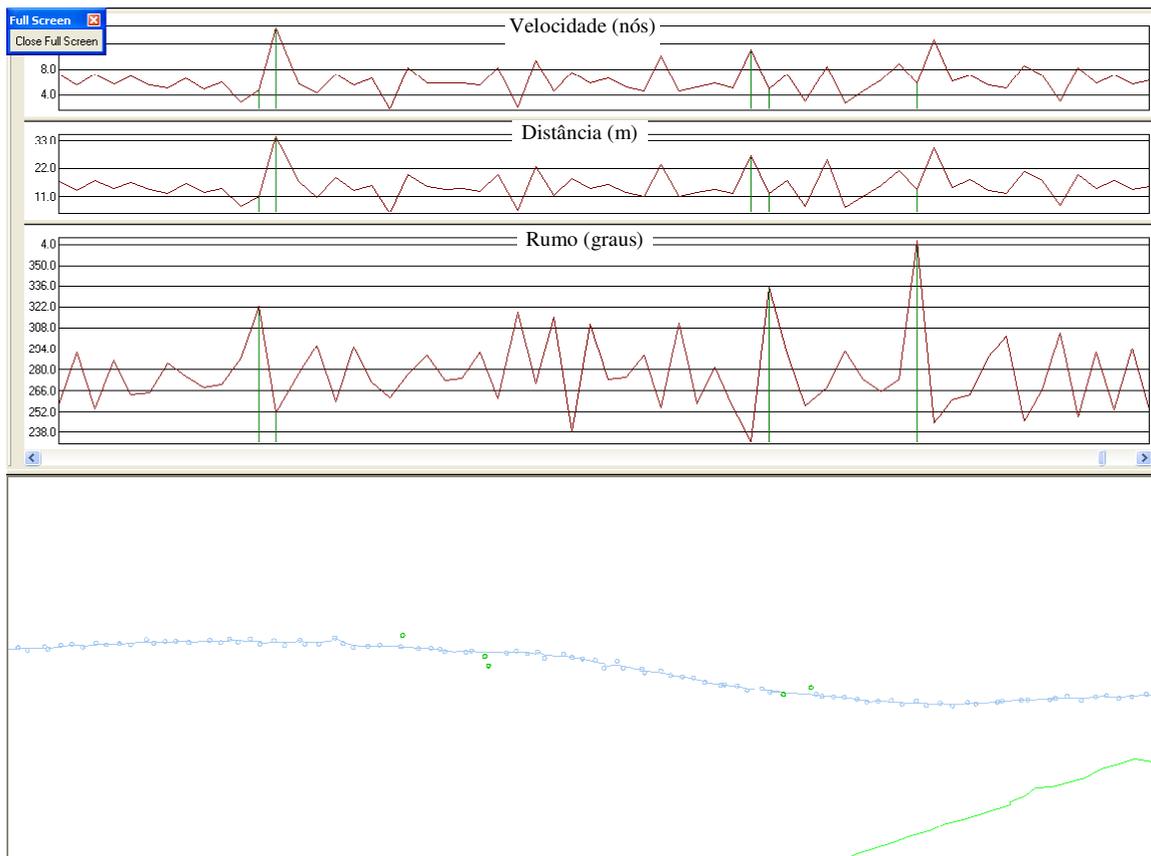


Figura 39: Percurso da embarcação com a apresentação de dados espúrios de posição em verde.

De modo semelhante ao processamento da posição, é realizada nesta etapa a depuração dos dados adquiridos pelo sensor de movimento e pela agulha giroscópica.

É feita uma análise visual, por meio de gráficos, dos valores de rumo, caturro, arfagem e balanço, sendo eliminados manualmente os valores considerados espúrios. A figura 40 apresenta o gráfico com valores de balanço, caturro, arfagem e rumo de um trecho de uma linha de sondagem.

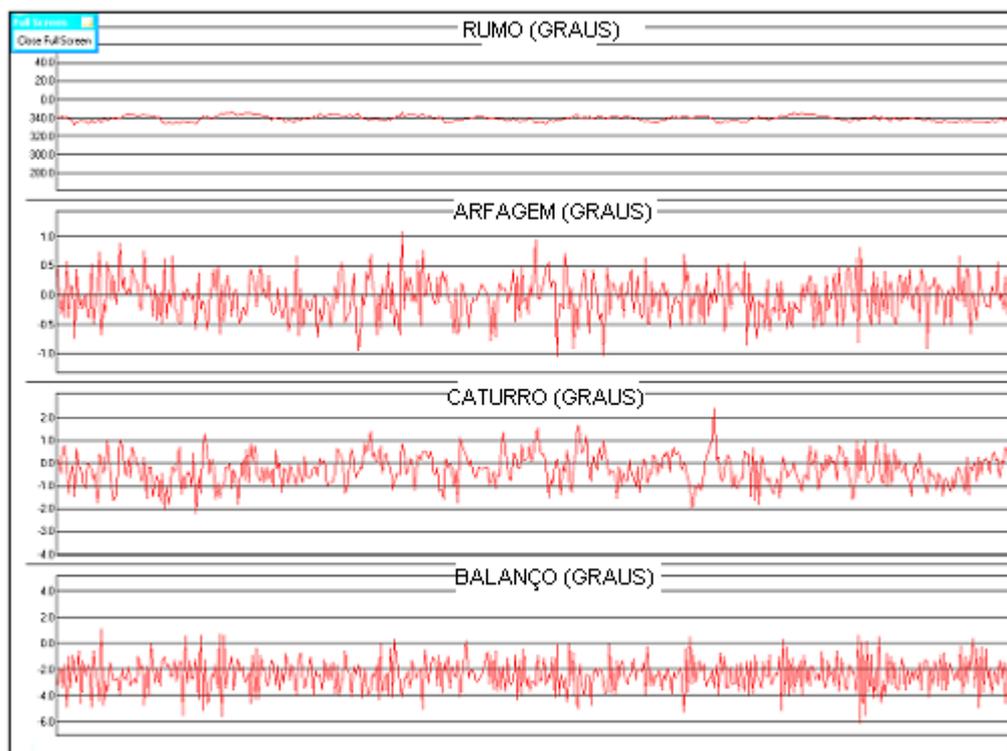


Figura 40: Gráfico com valores de balanço, caturro, arfagem e rumo.

### 3. Integração (*Merge*)

Os dados batimétricos multifeixe não são gravados como um único arquivo de informações. As informações oriundas do posicionador, do sensor de movimento, da agulha giroscópica e do transdutor são armazenados individualmente, tendo como indexador o instante (tempo) de aquisição.

Nesta etapa efetua-se a integração dos dados, ou seja, a partir da integração das informações de posição da embarcação, de velocidade do som, do sensor de movimento e da agulha giroscópica é definida a posição de cada feixe no fundo do mar.

### 4. Planilha

Nesta etapa é definida uma área, cujos limites geográficos servirão de base para o cálculo do modelo digital do terreno (MDT) e para a análise estatística.

A partir da definição da planilha pode ser calculado um primeiro MDT cujo objetivo é a visualização de problemas nos dados batimétricos, em

especial a identificação de erros sistemáticos, como por exemplo, problemas de velocidade dos som, problemas em determinado feixe ou grupo de feixe, etc. Com a evolução do processamento, o MDT pode ser gerado sucessivamente, a fim de avaliar os resultados obtidos. No final do trabalho será gerado um modelo final, o qual será utilizado para a interpretação das feições menores de relevo.

O MDT no programa CARIS HIPS é calculado por meio de uma ferramenta denominada BASE (*Bathymetry Associate with Statistical Error*). Neste modelo é criada uma superfície de curvatura mínima, a partir dos valores dos nós das células. Para obtenção destes valores dois fatores para a ponderação são considerados:

- Peso da profundidade medida baseado na sua distância em *pixels* ao nó da célula. A figura 41 apresenta a variação do peso de cada medida em função da distância ao nó.



Figura 41: Variação do peso da medida em função da distância ao nó da célula (modificado de CARIS, 2001).

- Ângulo de incidência do feixe com o fundo marinho: é atribuído aos dados dos feixes externos menor peso. A figura 42 apresenta a variação do peso da medida, em relação ao ângulo de incidência.



Figura 42: Variação do peso da medida em função do ângulo de incidência do feixe (modificado de CARIS, 2001).

## 5. Edição das sondagens

Esta etapa consiste na depuração dos dados batimétricos por meio de uma análise interativa do operador (manualmente), ou por meio de filtros.

Podem ser definidos, entre outros, os seguintes filtros para depuração: número do feixe ou grupo de feixes a ser eliminado, janela de profundidade fora da qual os valores serão eliminadas, ângulo de incidência além do qual os valores serão eliminados.

O MDT gerado inicialmente é uma boa ferramenta para visualização dos problemas sistemáticos, orientando a definição dos filtros que os eliminarão.

Nas áreas onde as linhas de sondagem apresentam superposição é possível identificar a mesma feição em diferentes linhas de sondagem. Isto possibilita observar a continuidade lateral da feição e é uma indicação a mais (maior consistência) na análise, do que é dado real e do que é dado espúrio.

Após a retirada dos erros grosseiros e sistemáticos, os erros aleatórios precisam ser eliminados na depuração de superfície, por meio da análise estatística.

## 6. Depuração de superfície

Os ecobatímetros multifeixe adquirem uma grande quantidade de informações, o que desfavorece a manipulação manual de cada uma destas profundidades. A partir deste fato vêm sendo desenvolvidos diversos métodos e algoritmos que promovem uma depuração estatística automática dos dados.

Os dados batimétricos, após correção dos erros sistemáticos, terão corrigidos os erros aleatórios pela depuração estatística, cuja primeira etapa é a escolha do “tamanho da amostra” (*tile*) que será utilizado.

O *tile* consiste de uma subdivisão de toda a área de trabalho em unidades menores. Cada uma destas unidades será utilizada individualmente na regressão polinomial e na testagem estatística. As profundidades existentes em cada *tile* serão a “amostra” para a análise.

O critério de individualização dos tiles é definido pelo operador, podendo ser em função da distância (metros quadrados), da densidade de pontos (células com determinado número de pontos), ou ambos. No segundo caso, os *tiles* não apresentarão sempre o mesmo tamanho no terreno.

Após a escolha do *tile* será ajustado um polinômio para cada unidade que melhor reproduza a morfologia naquele *tile*. A avaliação deste ajuste é realizada pela visualização do polinômio criado confrontado com a morfologia produzida pela batimetria medida.

Os seguintes polinômios podem ser utilizados:

Médio,  $-f(xy) = \beta_0$

Plano inclinado,  $-f(xy) = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2y$

Plano curvo inclinado - *curved tilted plane*,  $-f(xy) = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2y + \beta_3xy$

Quadrático,  $f(xy) = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2y + \beta_3xy + \beta_4x^2 + \beta_5y^2$

Cúbico,  $f(xy) = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2y + \beta_3xy + \beta_4x^2 + \beta_5y^2 + \beta_6x^2y + \beta_7xy^2 + \beta_8x^3 + \beta_9y^3$

Os dados não se ajustarão totalmente ao polinômio criado. Haverá uma diferença, para a mesma posição, entre o valor medido de profundidade e o valor calculado pelo polinômio (resíduo).

A validação dos dados é obtida pela definição de um critério de rejeição, com base em 1, 2 ou 3 desvios padrão. Os dados que tiverem seus resíduos além do limite estabelecido serão invalidados.

A observação do grau de ajustamento do polinômio aos dados pode ser obtida por meio da visualização dos pontos rejeitados. Nas situações em que muitos pontos do *tile* são rejeitados, em geral houve problemas de ajuste. Quando tal situação não é observada, ou seja, a eliminação é esporádica e dispersa, apenas os dados espúrios foram eliminados.

## 7. Exportação dos dados

A fim de possibilitar a integração dos dados multifeixe aos dados monofeixe é necessário exportar os mesmos em formato compatível com o programa OÁSIS MONTAJ (GEOSOFT), utilizado nesta dissertação.

Para isto é gerado um MDT final com os dados validados, e exportados os valores médios de profundidade para cada nó do MDT, no formato de latitude, longitude e profundidade.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)