

FAGNER FRANGELI DA SILVA

**GEOMORFOLOGIA DO SISTEMA TURBIDITICO ALMIRANTE
CÂMARA, RECENTE, BACIA DE CAMPOS, COM BASE EM SÍSMICA
3D**

Trabalho de Conclusão de Curso
(Bacharelado em Geologia)

UFRJ
Rio de Janeiro
2009



UFRJ

FAGNER FRANGELI DA SILVA

**GERMOFOLOGIA DO SISTEMA TURBIDITICO ALMIRANTE CÂMARA,
RECENTE, BACIA DE CAMPOS, COM BASE EM SÍSMICA 3D**

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

Orientador:

Prof. Dr. CARLOS JORGE DE ABREU

Rio de Janeiro

Junho 2009

SILVA, Fagner Frangeli

**GEOMORFOLOGIA DO SISTEMA TURBIDÍTICO
ALMIRANTE CÂMARA, RECENTE, BACIA DE CAMPOS,
COM BASE EM SÍSMICA 3D.** / Fagner Frangeli da Silva -
- Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2009.

xi, 25 p. : il.; 30cm

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Jorge de Abreu

1. Geologia. 2. Sedimentologia – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Carlos, Jorge de Abreu. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia. III. Título.

FAGNER FRANGELI DA SILVA

**GEOMORFOLOGIA DO SISTEMA TURBIDÍTICO ALMIRANTE CÂMARA,
RECENTE, BACIA DE CAMPOS, COM BASE EM SÍSMICA 3D**

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

Orientador:

Prof. Dr Carlos Jorge de Abreu

Aprovada em: 25.Junho.2009

Por:

Orientador: Prof. Dr. Carlos Jorge de Abreu (UFRJ)

Prof. Dr. André Ribeiro (UFRJ)

Prof. Dr. Paula Lucia Ferrucio da Rocha (UFRJ)

Agradecimentos

Ao professor Carlos Jorge Abreu, pela orientação na elaboração deste trabalho, bem como na infra-estrutura oferecida tendo sido de fundamental relevância para a confecção deste trabalho.

Ao GEDAP (Grupo de Estudos de Sistemas Depositionais de Águas Profundas), pelo suporte técnico nas diversas ferramentas computacionais utilizadas para elaboração deste trabalho em especial ao João Paulo Schuh.

A Schlumberger Information Solutions pela cessão do programa Petrel Seismic Interpretation 2007.1.2, como também pelo suporte técnico ao software.

Aos meus familiares, principalmente meus pais que orientaram os meus passos para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus colegas de universidade (de turma, calouros, veteranos, de outros cursos) pelos momentos de descontração.

A Lívia de Castro, pelo apoio, de relevante importância para que eu chegasse ao fim desta caminhada.

Enfim, agradeço a todos que me ajudaram nesta caminhada, direta ou indiretamente, até aquele que contribuiu com um singelo desejo de boa sorte o meu eterno agradecimento.

Resumo

FRANGELI DA SILVA, Fagner. **GEOMORFOLOGIA DO SISTEMA TURBIDÍTICO ALMIRANTE CÂMARA, RECENTE, BACIA DE CAMPOS, COM BASE EM SÍSMICA 3D**. 2009. xi, 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O termo “Geomorfologia Sísmica” adotado por H.W. Posamentier no congresso anual da AAPG em 2005, denota a ênfase que se está dando em imagear morfologicamente elementos dos sistemas deposicionais e outras estruturas geológicas importantes, a fim de se obter melhores informações sobre os depósitos de águas profundas. Essas imagens têm sido possíveis graças ao avanço na aquisição e processamento dos dados sísmicos, principalmente 3D. O objetivo deste trabalho é imagear o topo do sistema turbidítico Almirante Câmara, com a utilização de sísmica 3D convencional, de modo a identificar feições geomorfológicas para permitir um melhor entendimento dos processos sedimentares que atuam no sistema deposicional Almirante Câmara tais como: complexo de canais, complexo de lobos, muralha de sal, domos e diápiros salinos, e canais modernos.

Palavras-chave: Sísmica 3-D; Fundo Oceânico ; Almirante Câmara.

Abstract

FRANGELI DA SILVA, Fagner. Geomorphology of the System turbidities Almirante Câmara, Recente, Campos Basin, on the Basis at Seismic 3D.2009 xi, 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The term "Seismic geomorphology "adopted by H.W. Posamentier in the annual congress of AAPG IN 2005 emphasize the act of morphologicly imagear in order to have better information's about the deposit of deep waters.

This pictures are being possibles thanks to the development on the acquisition and the seismic data processing, mainly 3D.

The objective of this work is to imagear the top of the system turbidities Almirante Câmara, with the use seismic 3D conventional, in order to identify morphologic characteristics to allow one better agreement of the sedimentary processes that act in the deposicional system Almirante Câmara such as: complex of canals, complex of wolves, saline wall of salt, salt dome and diapir, and modern canals.

Key-Words: Seismic 3D; Bottom Ocean; Almirante Câmara

Lista de Figuras

Figura 1 –	Localização da área de estudo (fig. modificada Petrobras).....	2
Figura 2 –	Padrões de configurações de fácies sísmicas (Modificada de Vail <i>et al.</i> , 1977).....	5
Figura 3 –	Linha sísmica com orientação W-E para a identificação do primeiro refletor positivo em amarelo.....	7
Figura 4 –	Distribuição espacial das linhas sísmicas 3D sobre a superfície gerada pelo horizonte sísmico.....	8
Figura 5 –	Seções transversais do cânion Almirante Câmara e Grussai. O entalhe em “U”, característico da fase juvenil, é causado pelo sucessivo colapso das cabeceiras do cânion. O entalhe da valeta em “V”, superposta ao perfil em “U” na seção A-B, se deve a passagens de areias erodindo lama, na fase madura do cânion, em que ele endenta a plataforma continental e se conecta ao rio Paraíba do Sul, através de um vale inciso (Machado <i>et al.</i> 2004).....	13
Figura 6 –	Drenagem da margem continental sudeste brasileira (fig. de Castro, 1992) mostrando um padrão coalescente em direção ao offshore. Em amarelo, a calha de sedimentos turbidíticos provenientes do Cânion Almirante Câmara, o único em atividade. No Platô de São Paulo, a calha, com taxa de sedimentação diferenciada, dispara a halocinese, com a formação de domos de sal e mini bacias adjacentes (baseado em Demercian <i>et al.</i> 1993).....	14
Figura 7 –	Sistema moderno de canais em área do talude da bacia de Campos e planície abissal adjacente. Os Múltiplos canais tributários do talude (províncias 3 e 4) mudam em direção à área abissal (província 5) para poucos canais, mais longos e com menor gradiente (Castro 1992).....	15
Figura 8 –	Imagem 3D do fundo oceânico gerada com a utilização do software Petrel <i>Seismic Interpretation</i> 2007 a partir das linhas sísmica 3D, fica claro a distribuição espacial dos elementos constituintes do sistema deposicional Almirante Câmara (Complexo de canais, Complexo de lobos, Diamictitos, Muralha de Sal e Domo). Com a interpolação de uma linha sísmica 2D de alta resolução interpretada por Abreu (2005), observa-se com clareza os 3 canais (a,b,c) proximais do Lobo 5 (em amarelo), tais canais foram responsáveis pela formação do lobo 5..	17
Figura 9 –	Distribuição das cinco feições geomorfológicas identificadas	18

- Figura 10 - Fácies S1D, relevo fortemente ondulado, representa os depósitos de litofácies caóticas 2, Abreu (2005), geradas pelo escorregamento do talude. Piston Core e registro SBP sugerem composição de diamictitos lamosos recobertos por 3m de sedimentos Hemipelagicos.....19
- Figura 11 – Modelo de evolução deposicional do lobo 5. A cor laranja-avermelhada representa a transição canal-lobo, os sub-lobos numerados de 1-9, que se formaram nesta ordem, através do preenchimento e extravasamento de três principais canais denominados por Abreu (2005) de **a**, **b** e **c**20
- Figura 15 - Fisiografia atual do complexo de canais. A constante progradação dos bulbos produzindo as barras alongadas, associada com a eventual avulsão do pequeno canal é a combinação autocíclica para a produção da geometria do lobo, com seu desenho radiado, grosseiramente elipsóidal.....21

Tabela 1 -	Parâmetros das linhas sísmicas 3D reprocessadas pela PGS.....	3
------------	---	---

SUMÁRIO

Agradecimentos	vi
Resumo	viii
<i>Abstract</i>	ix
Lista de figuras	x
Lista de tabelas	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Área de estudo.....	2
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	3
2.1 Dados sísmicos.....	3
2.2 Sismoestratigrafia.....	4
2.3 Metodologia.....	7
3 GEOLOGIA REGIONAL.....	9
3.1 Evolução geológica da Bacia de Campos.....	9
3.2 O sistema deposicional Almirante Câmara.....	12
3.2.1 Cânion Almirante Câmara.....	12
3.2.2 Complexo de Canais.....	13
3.2.3 Complexo de Lobos.....	14
4 RESULTADOS.....	17
4.1 Imageamento da Área de Estudo.....	17
5 CONCLUSÕES.....	22
Referências bibliográficas	24
Anexo A - Fácies sedimentares do fundo do mar da Bacia de Campos.	
Anexo A – Distribuição espacial das fácies sedimentares superficiais da Bacia de Campos.	
Anexo B - Testemunho e registro SBP.	

1 - INTRODUÇÃO

O sistema deposicional de águas profundas da Bacia de Campos é melhor compreendido no estudo do atual fundo marinho. Dentre as feições modernas mais marcantes da Bacia de Campos, encontra-se o sistema turbidítico Almirante Câmara. O sistema desenvolve-se em águas ultraprofundas, assentando-se sobre o Platô de São Paulo, adjacente ao talude da Bacia de Campos.

A compreensão dos processos sedimentares e dos depósitos formados por sua atuação tem sido utilizado como modelo exploratório e explotatório para os reservatórios turbidíticos da Bacia de Campos e objeto de diversos estudos, permitindo o detalhamento de certas peculiaridades dos depósitos que não são possíveis resolver com sísmica ou perfurações.

O objetivo deste trabalho é imagear o topo do sistema deposicional Almirante Câmara, com a utilização de sísmica 3D convencional, de modo a identificar feições geomorfológicas para permitir um melhor entendimento dos processos sedimentares que atuam no sistema deposicional Almirante Câmara.

Para a realização deste trabalho foi utilizada a ferramenta computacional *Petrel Seismic Interpretation 2007.1.2*, da companhia *Schlumberger Information Solution* com base em sísmica 3D convencional.

1.1- Área de Estudo

A área de estudo está situada no norte da Bacia de Campos, na região do platô de São Paulo, que fica adjacente às plataformas de Campos e Santos, é limitada a norte pelo alto de Vitória e ao sul pelo alto de Cabo Frio, abrange uma área de aproximadamente 100.000 km² (Dias et al. 1990).

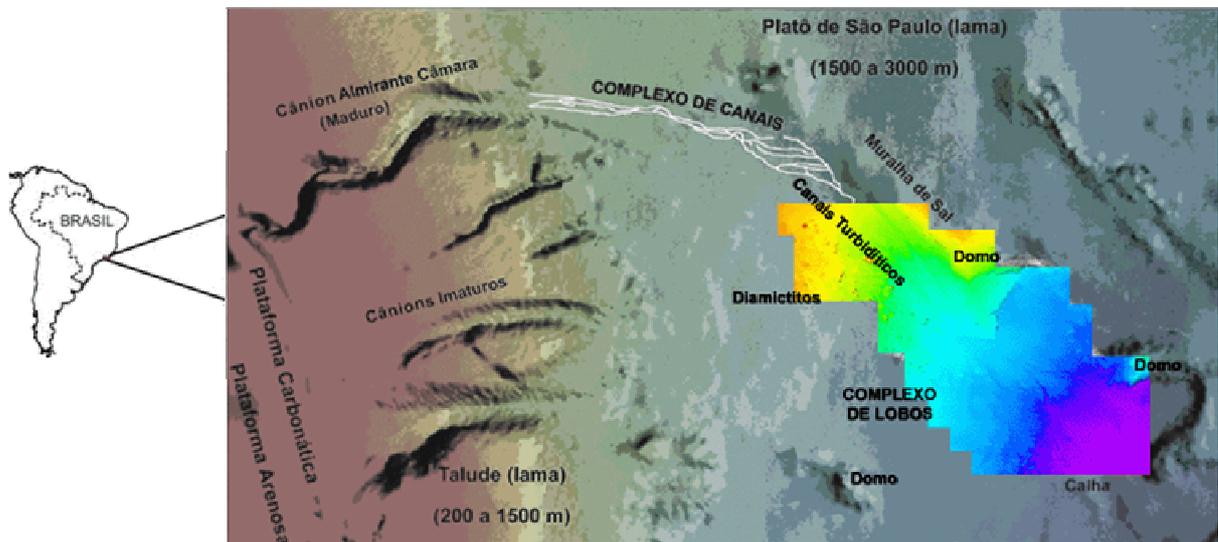


Figura 1 – Localização da área de estudo (fig. modificada Petrobras e de Machado et al., 1998).

A área investigada faz parte do sistema turbidítico Almirante Câmara, que é constituído pelo cânion Almirante Câmara que possui 28 km de comprimento, em média 4 km de largura e 340 m de relevo, sendo sucedido de uma grande calha com 3,5 km de largura e 150 km de comprimento (Machado et al. 2004). Ela é formada pelo encadeamento de minibacias criadas pela tectônica salifera. Esse trabalho abrange a área dos complexos de canais e complexo de lobos, na batimetria de 1.500 m a 2.500 m.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

O método adotado para realização deste trabalho consistiu das seguintes etapas: leitura bibliográfica, interpretação dos dados sísmicos e elaboração da monografia.

2.1 – Dados Sísmicos

Para a definição dos horizontes sísmicos, processos sedimentares e posterior imageamento, foi utilizado um levantamento sísmico 3D com 35.209,7 Km de linhas sísmicas (440.276 Km²). O volume sísmico 3D utilizado neste trabalho foi reprocessado em 2002 pela empresa Petroleum Geo-Service (PGS) e alguns parâmetros estão representados na tabela 1. As seções sísmicas foram adquiridas com profundidade de 3 segundos em tempo duplo de reflexão a partir do nível do mar e se encontram dispostas em uma malha poligonal perfazendo um total de 50 linhas.

Tabela 1 – Parâmetros das linhas sísmicas 3D reprocessadas pela PGS.

Intervalo de Amostragem	2,0ms
Inline	13620-15580 de 40
Crossline	25780-20740 de 80
Numero Total de Linhas	50
Comprimento Total de Linhas	35.209,7 Km
Área Total	440.276 Km²

Na interpretação das linhas sísmicas foi utilizado o software *Petrel Seismic Interpretation*, (Schlumberger, 2007), que permitiu o imageamento, a individualização e a caracterização dos horizontes sísmicos.

Procurou-se identificar mudanças laterais e verticais dos parâmetros de reflexão sísmica e suas formas externas, com associação aos processos sedimentares atuantes e os depósitos formados por estes. Desde que um padrão de reflexão representa um padrão de estratificação, pode-se inferir consideráveis informações dos processos de transporte, erosão, paleotopografia e geomorfológicos.

2.2 – Sismoestratigrafia

O crescente refinamento da sismoestratigrafia serviu de base para o aparecimento da Estratigrafia de Seqüências, definida por Souza Cruz et al. 1995, como o estudo de estratos sedimentares dentro de um arcabouço limitado por significativas superfícies cronoestratigráficas formadas por discordâncias e suas conformidades relativas. A estratigrafia de seqüências é um método extremamente útil e poderoso para dividir uma seção sedimentar em seqüências e tratos de sistemas deposicionais.

A sismoestratigrafia ou estratigrafia sísmica é um método estratigráfico de interpretação de dados sísmicos, que permite a melhor compreensão da evolução tectono-sedimentar de uma bacia, mesmo que estes não estejam registrados somente em afloramentos de subsuperfície (Vail et al. 1977). A sismoestratigrafia considera as reflexões sísmicas como o resultado de contrastes geológicos de caráter temporal, isto é, com conotação cronoestratigráfica (Payton, 1977). No entanto não corresponde necessariamente a um contato litológico, podendo ser uma discordância ou uma quebra de impedância.

Um conceito chave na interpretação de seqüências sísmicas é o paralelismo dos refletores às camadas e portanto, às superfícies físicas que separam os sedimentos de idades diferentes (Sangree & Widmier, 1979). Este conceito é ressaltado pela tendência de sedimentos estratificados terem grande continuidade lateral. Isto não implica que todos os

estratos sejam camadas de composição uniforme; ao contrário, variações laterais são comuns dentro de uma seqüência depositada num determinado intervalo geológico.

De acordo com (Vail *et al.* 1977) as interfaces de reflexão sísmica correspondem às superfícies estratais ou discordâncias. As superfícies estratais correspondem aos níveis de acamamento, constituindo paleosuperfícies de deposição praticamente síncronas em sua extensão lateral, podendo, todavia, haver pequenas variações temporais. As discordâncias são superfícies de erosão ou não deposição e implicam em um intervalo cronoestratigráfico significativo, mas fisicamente ausente.

Para a caracterização das sismofácies pode-se tomar como referência a configuração interna de refletores, continuidade, amplitude e freqüência. Segundo Vail *et al.* (1977) as configurações internas mais comumente observadas são representadas na figura 2.

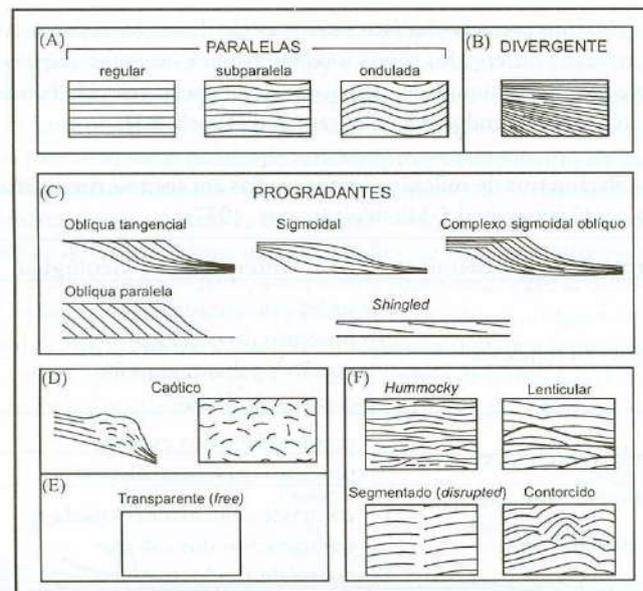


Figura 2 - Padrões de configurações de fácies sísmicas (Vail *et al.*, 1977).

As configurações paralelas ou subparalelas indicam uma taxa de sedimentação uniforme entre os estratos, sobre uma superfície estável ou uniformemente subsidente.

A configuração divergente pode indicar uma variação em área da taxa de sedimentação e/ou uma progressiva inclinação do substrato. As configurações progradantes podem ser

divididas em oblíquas, que indicam uma combinação de condições de elevado suprimento sedimentar, pouca ou nenhuma subsidência e nível de mar estável, ocorrendo em águas rasas com alta energia durante a deposição; ou sigmoidal que indica baixo suprimento sedimentar, uma subsidência contínua ou subida relativa do nível do mar. Uma única fácies sísmica pode apresentar características de progradante oblíqua e sigmoidal, indicando um ambiente de alta energia onde ocorre à alternância entre processos construtivos e de *by pass* de sedimentos, a esta se dá o nome de sigmoidal-oblíqua. Uma quarta configuração progradante é chamada *shingled*, caracterizada por sua pequena espessura e limites superior e inferior paralelos, sendo associada à deposição em águas rasas.

As configurações caóticas consistem em reflexões discordantes e descontínuas, sugerindo arranjos desordenados das superfícies de reflexão, podendo indicar um ambiente de alta energia, onde os sedimentos sofrem deformações durante e ou após sua deposição.

O padrão de configuração transparente são intervalos com ausência de reflexão, podendo indicar pacotes sedimentares intensamente redobrados ou litologias homogêneas demais para a resolução sísmica.

A configuração *hummocky*, caracterizada por refletores descontínuos, irregulares, subparalelos, formando um padrão ondulado segmentado com terminações não-sistemáticas, é ou pode ser interpretada como lóbulos de sedimentos interdigitados.

Montiformas caracterizam feições deposicionais mais elevadas topograficamente em relação às camadas adjacentes, podendo ser o resultado de processos sedimentares, vulcânicos ou biogênicos (leques de águas profundas, lobos deposicionais de escorregamento associados a turbiditos, contornitos, recifes e outros tipos de construções).

2.3 – Metodologia

Para a realização deste trabalho foram utilizadas 15 seções sísmicas tridimensionais interpretadas com a utilização do software *Petrel Seismic Interpretation 2007* da companhia *Schlumberger*, que permite a individualização e caracterização dos diferentes refletores sísmicos.

O primeiro passo deste trabalho foi a identificação de feições geológicas através dos atributos sísmicos, os atributos sísmicos são todas as informações obtidas dos dados sísmicos, tanto de medidas diretas como indiretas.

Se fez necessário a conversão da escala vertical dos dados sísmicos de tempo para profundidade uma vez que os dados sísmicos são originalmente registrados em tempo duplo de reflexão, para isso foi utilizado o modelo de velocidade suavizado.

A superfície do fundo marinho foi identificada como sendo o primeiro refletor positivo marcante, figura 3.

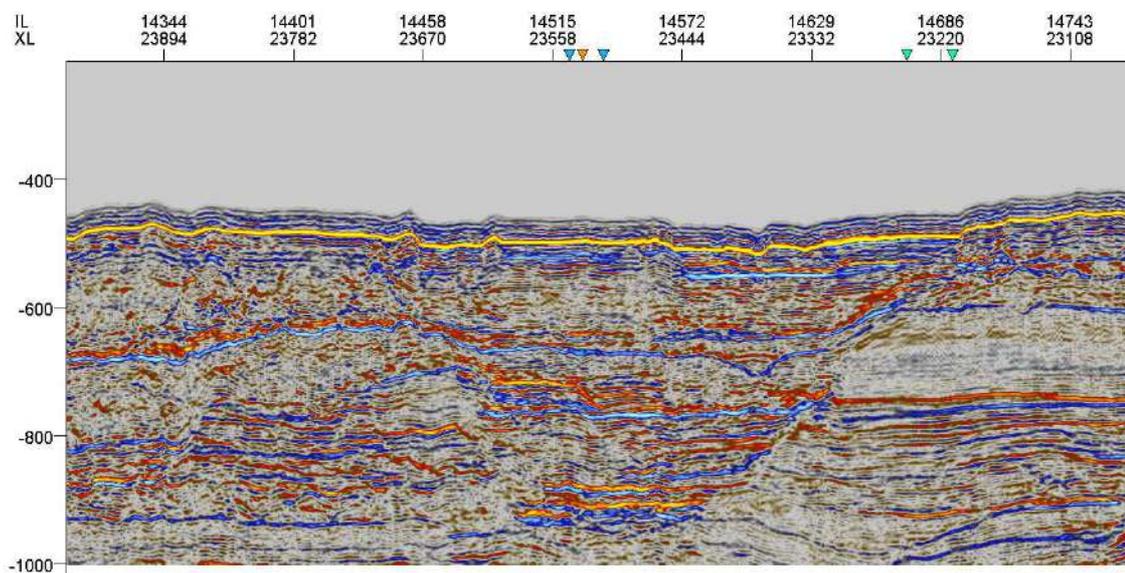


Figura 3 – Linha sísmica dip I da área estudada, com orientação W-E para a identificação do primeiro refletor positivo em amarelo.

Após a identificação destes refletores em todas as seções que perfazem a área de estudo foi criado o *seismic horizon* definindo os parâmetros para a utilização do *autotracking*, de forma a maximizar a resolução. O resultado final foi o imageamento do fundo marinho, com a utilização da sísmica tridimensional (3D) conforme observado nas figuras 8, 9, 10 e 12 deste trabalho.

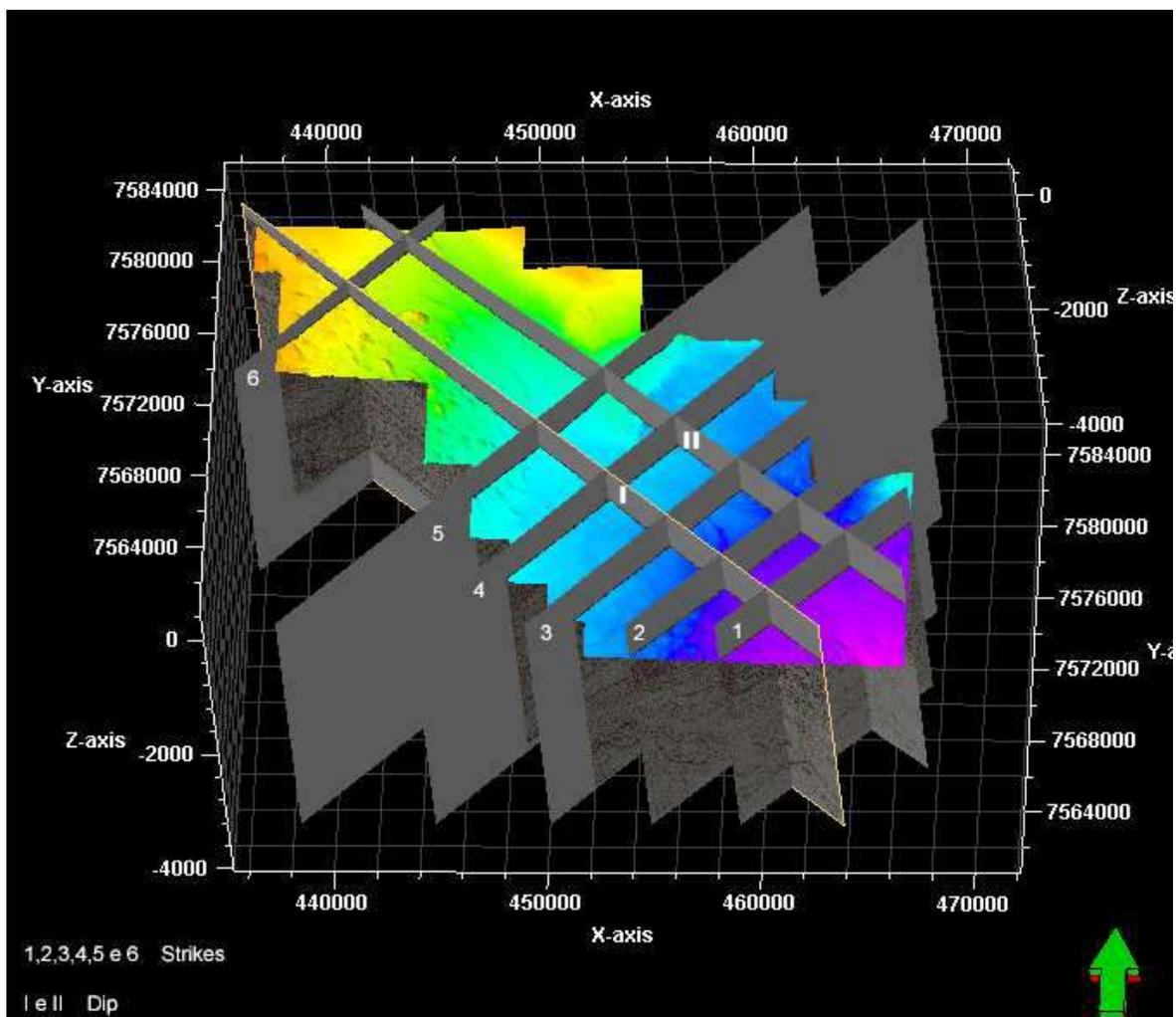


Figura 4 – Distribuição espacial das linhas sísmicas 3D sobre a superfície gerada pelo horizonte sísmico.

3 - GEOLOGIA REGIONAL

3.1 - Evolução geológica da Bacia de Campos

A Bacia de Campos esta situada na margem continental do Estado do Rio de Janeiro, abrangendo uma área de aproximadamente 100.000km² até a cota batimétrica de 3.400m. Deste total apenas uma pequena porção cerca de 500km² encontra-se emersa.

A Bacia de Campos é uma bacia típica de margem divergente, coincidindo nos seus aspectos gerais com a historia evolutiva das demais bacias da margem leste brasileira. No entanto ela apresenta características na sua evolução tectono-sedimentar que a tornam singular em termos de potencial petrolífero. Fatores como: baixo grau de afinamento crustal, reativação das fontes de sedimento, intensa tectônica adiastrófica e as variações globais do nível do mar no Neocretáceo e Terciário interagiram de forma tal que propiciaram a acumulação de enorme volume de hidrocarbonetos.

Assim como as demais bacias marginais leste brasileiras, a Bacia de Campos tem sua gênese relacionada a evolução tectônica do Oceano Atlântico. Asmus e Guazeli (1981) classificaram os estágios de evolução da margem continental brasileira em: estagio *pré-rift valley*, estagio *rift valley*, estagio proto-oceano e estagio oceânico.

O estagio *pré-rift valley* é representado por um significativo soerguimento, representado por um relevo que teria existido ao longo da margem continental. Essas áreas elevadas atuaram então como fonte de sedimentos para as bacias interiores que se desenvolviam nas porções periféricas aos altos. Até o presente momento não foram identificados elementos retrabalhados da ocorrência desse estagio na Bacia de Campos.

O estágio *rift valley* foi desenvolvido durante o Eo-cretáceo e foi marcado por fraturamentos e abatimentos da crosta e localmente por vulcanismo. Neste se desenvolveram os *grabens* e *horts*, orientados segundo a direção SW/NE. Estas estruturas são limitadas por falhas sintéticas e antitéticas. Este estágio na bacia de Campos é marcado pela sedimentação fluvio-lacustrina, representada principalmente pelos sedimentos siliciclásticos e carbonáticos da Formação Lagoa Feia, que foram depositados em lagos tectonicamente controlados.

Entende-se por proto-oceano a configuração paleogeográfica subsequente à condição fluvio-lacustrina do estágio *rift-valley*, em que ocorrem as primeiras ingressões de um oceano incipiente.

No estágio oceânico, as margens continentais do tipo Atlântico originalmente ligadas durante os estágios iniciais da evolução, são separadas por distâncias crescentes devido a geração de piso oceânico. Tal separação é aumentada a partir da intrusão e extrusão continuada de magma basáltico através da cordilheira Mesoatlântica. Na bacia de Campos esse processo iniciou-se no Albiano-Cenomaniano. Estabeleceram-se também nesse estágio as principais feições morfológicas da margem continental e das bacias oceânicas adjacentes. Dentre estas cabe destacar: as províncias da margem continental (plataforma, talude e sopé) modeladas pelos processos erosivos e construcionais; os lineamentos, provocados possivelmente, pelo menos em parte, pelas discontinuidades nas espessuras crustais, e as zonas de fratura oceânicas resultantes da movimentação lateral divergente das placas litosféricas.

Como mencionado anteriormente os primeiros sedimentos depositados na bacia de Campos pertencem a Formação Lagoa Feia, que abrange um intervalo de tempo que vai do final do Neocomiano – Barremiano até o Albiano basal.

Durante o Terciário, o aumento das taxas de sedimentação resultaram em uma intensa progradação na margem continental. Este período é caracterizado por atividades tectônicas

que geraram mudanças estruturais e diversas discordâncias erosionais, principalmente, no desenvolvimento do Leque Submarino de São Tomé (Gorini *et al.*, 1993). Foi então formada uma espessa seção sedimentar, depositada em ambiente marinho aberto de águas profundas e oxigenadas, constituída de folhelhos, margas e localmente calcilutitos e turbiditos arenosos com espessuras variáveis. Estes turbiditos constituem os principais reservatórios dos campos gigantes de águas profundas da Bacia de Campos (Barracuda, Marlim e Albacora; Souza Cruz, 1995).

A partir do Neo-Oligoceno a taxa de sedimentação ultrapassou a taxa de subsidência, o que ocasionou uma rápida progradação terrígena com intenso *by pass* de sedimentos finos para águas profundas (Souza Cruz, 1995). Durante o Oligoceno Inferior, um importante evento transgressivo, foi responsável pela formação de uma camada condensada de folhelhos afossilíferos, denominada de Marco Azul (Rangel *et al.*, 1994).

O Mioceno foi marcado também por intensa progradação sedimentar na bacia. As oscilações eustáticas do período, aliadas à tectônica do sal levaram ao desenvolvimento de uma seqüência bem espessa. No final deste período, ocorreu um evento de migração do sal por toda a bacia, desenvolvendo falhas de crescimento de grandes rejeitos, colapso de *grabens* e a formação de feições diapíricas proeminentes que atravessam os sedimentos miocênicos da bacia (Reis, 1994). Durante o Mioceno Médio / Mioceno Superior, através de um rebaixamento significativo do nível do mar formou uma discordância erosional, denominada de Marco Cinza, que marca o fim da intensa progradação sedimentar.

A partir do Quaternário, a borda da plataforma e do talude continental sofreram um período de intensa erosão associado à formação de cânions submarinos, ravinamentos e deslizamentos, observados até hoje. Toda a sedimentação terrígena resultante desta erosão se encontra depositada sobre o Platô de São Paulo e sobre o sopé continental adjacente (Alves, 2002).

3.2 - O sistema deposicional Almirante Câmara

O sistema deposicional Almirante Câmara descrito a seguir neste trabalho, compreende 3 partes: O cânion Almirante Câmara, o Complexo de Canais e o Complexo de Lobos.

3.2.1 - O Cânion Almirante Câmara

Os cânions submarinos são identificados e foram separados em dois principais grupos: o Nordeste e o Sudeste de Cânions (Brehme, 1984). Os cânions do Grupo Nordeste, respectivamente, de sul para norte, São Tomé, Itapemirim, Grussaí e Almirante Câmara, são caracterizados por um talude de perfil convexo, resultado da intensa progradação sedimentar que se processou nesta região. Como todo cânion maduro, inicialmente o Almirante Câmara desenvolveu uma típica seção em “u” da fase juvenil, mediante progressivos colapsos de sua cabeceira talude acima, que resultaram em movimentos de massa depositados predominantemente no platô de São Paulo. Quando o cânion ingressou na fase madura, endentando a plataforma continental e capturando o Rio Paraíba do Sul, a corrente de fundo fluvial escavou uma profunda valeta sinuosa dentro do assoalho lamoso do perfil em “U” da fase juvenil, como mostra a figura 5. Tal situação é indicadora de sua atuação como zona de passagem de sedimentos (*by pass*) da plataforma para águas profundas, (Peres *et al.*, 1993).

Devido a valeta em “V” não é de se esperar que o volume gigantesco de areia do lobo deposicional tenha passado de uma única vez por esse estreito desfiladeiro de 300 m de largura, logo a geometria do lobo deposicional turbidítico do Cânion Almirante Câmara

sugere que o mesmo não se formou de uma só vez, mas provavelmente em uma miríade de eventos ao longo do tempo geológico.

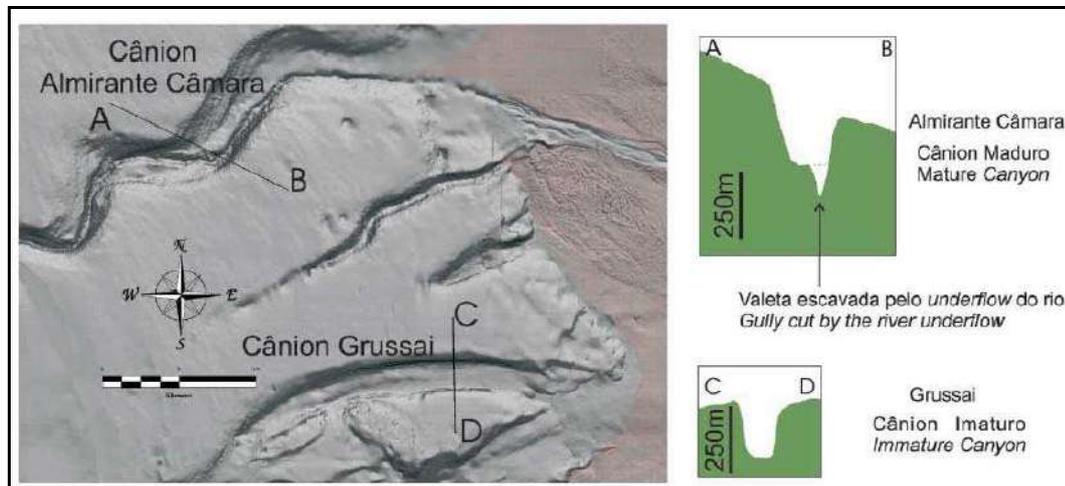


Figura 5 - Seções transversais do cânion Almirante Câmara e Grussai. O entalhe em “U”, característico da fase juvenil, é causado pelo sucessivo colapso das cabeceiras do cânion. O entalhe da valeta em “V”, superposta ao perfil em “U” na seção A-B, se deve a passagens de areias erodindo lama, na fase madura do cânion, em que ele endenta a plataforma continental e se conecta ao rio Paraíba do Sul (Machado et al., 2004).

Depois de sair do Cânion Almirante Câmara, os fluxos turbidíticos erodem o avental de detritos lamosos que envolve o talude continental (*slope apron*) e começam a depositar espessas camadas de areia limpa em uma grande calha.

3.2.2 – Complexo de Canais

O sistema se desenvolve em águas ultraprofundas (1800 m – 3000 m), assentando-se sobre o Platô de São Paulo, adjacente ao talude da Bacia de Campos, figura 6.

A calha tem 3,5 km de largura, 150 m de profundidade e 13 km de comprimento. A calha é formada pelo encadeamento de mini-bacias criadas pela tectônica salífera. Em alguns lugares, o fundo do oceano é plano o suficiente para desenvolver um lobo deposicional, em todos os aspectos igual aos melhores reservatórios da bacia. Observa-se que as areias

arcosianas dos turbiditos são trazidas pelo rio, trafegam pela plataforma continental, pelo vale inciso e pelo cânion até chegar ao sistema turbidítico.

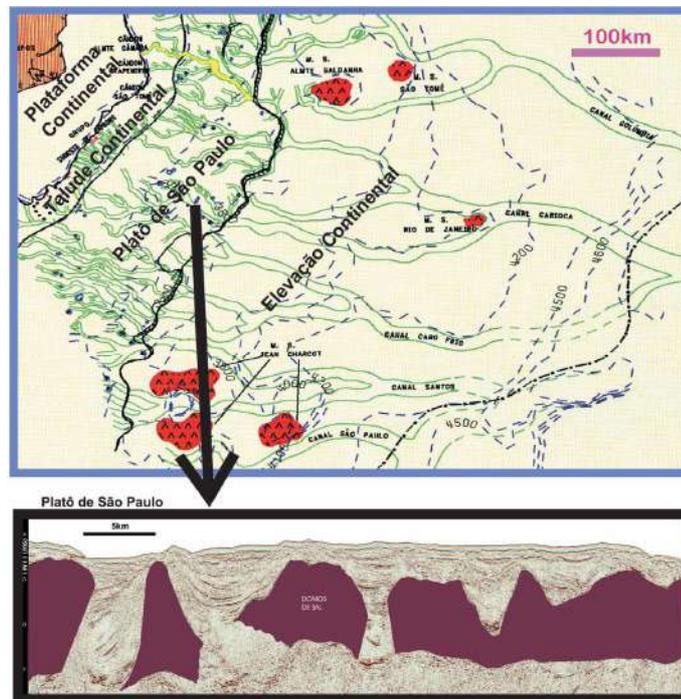


Figura 6 - Drenagem da margem continental sudeste brasileira (fig. de Castro, 1992) mostrando um padrão coalescente em direção ao *offshore*. Em amarelo, a calha de sedimentos turbidíticos provenientes do Cânion Almirante Câmara, o único em atividade. No Platô de São Paulo, a calha, com taxa de sedimentação diferenciada, dispara a halocinese, com a formação de domos de sal e mini bacias adjacentes (baseado em Demercian *et al.* 1993).

3.2.3 – Complexo de Lobos

Os lobos ocorrem na desembocadura dos canais, nas partes mais baixas dos leques e podem conter as fácies de turbiditos clássicos, a fácies C de Mutti & Ricci-Lucchi (1972) e F9 de Mutti (1992). Apresentam acamamento gradacional com Sequência de Bouma completa, geometria tabular (sheet-like) e camadas espessando para o topo.

A literatura tem feito referência a dois grupos de lobos quanto a presença de canais associados a eles. O primeiro tipo de lobo seriam os chamados lobos deposicionais, sem feições erosionais ou presença de canais (Reading & Richards, 1994). O segundo tipo de

lobos são aqueles com a presença de canais isto é lobos canalizados (Reading & Richards, 1994; Shanmugam, 1998).

Pelo menos um dos canais do Leque Almirante Câmara o carioca, é interrompido em sua parte proximal por depósitos em forma de leque que, morfologicamente, têm sido denominados de “lobo”, o qual faz parte do complexo Almirante Câmara e está localizado na área da província 4 (figura 7), com um gradiente menor que $0,5^\circ$.



Figura 7 – Sistema moderno de canais em área do talude da bacia de Campos e planície abissal adjacente. Os múltiplos canais tributários do talude (províncias 3 e 4) mudam em direção à área abissal (província 5) para poucos canais, mais longos e com menor gradiente (Castro, 1992).

O complexo de lobos do sistema deposicional Almirante Câmara está localizado à frente do complexo de canais, com orientação noroeste-sudeste, em lâmina d’água que varia de 2200 m a 2400 m de profundidade, com gradiente aproximado de $0,5^\circ$. Teve sua origem relacionada com o posicionamento de depósitos de escorregamentos (fluxo de massas) do talude, o que provocaria um obstáculo aos fluxos gravitacionais turbidíticos (Machado et al., 1998).

Abreu (2005), verificou que o denominado leque Almirante Câmara é na realidade composto de vários lobos delgados, justapostos lateralmente e longitudinalmente, predominantemente pleistocênicos. Os lobos formam um arranjo retrogradante e com

justaposição lateral (deslocamento ou compensação lateral). Porém, um último evento registrado foi a deposição gravitacional de sedimentos finos oriundos do talude lateral aos lobos, e não propriamente da mesma fonte que forneceu material para os mesmos.

A deposição de alguns corpos de areia devido ao rebaixamento do nível do mar ocorrido durante as glaciações do Pleistoceno, esta associada a duas fases de rebaixamento do nível do mar ocorridos a 2.800 anos e 3.800 anos atrás, o que favoreceu a deposição de areias por fluxos gravitacionais neste período.

4- RESULTADOS

4.1 – Imageamento da Área de estudo

Através do imageamento sísmico tridimensional do fundo oceânico, foi possível observar melhor algumas feições geomorfológicas e identificar os elementos do sistema deposicional. Foram identificadas cinco diferentes regiões com base nos aspectos texturais, geomorfológicos e topográficos, que juntamente com os dados já publicados sobre a área como a sísmica 2D de alta resolução, *Piston Core* e registro SBP ajudaram a compor um modelo geomorfológico para a área do leque de Almirante Câmara. Na figura 8 encontra-se o imageamento 3D da área de estudo, com as estruturas identificadas ao longo deste trabalho.

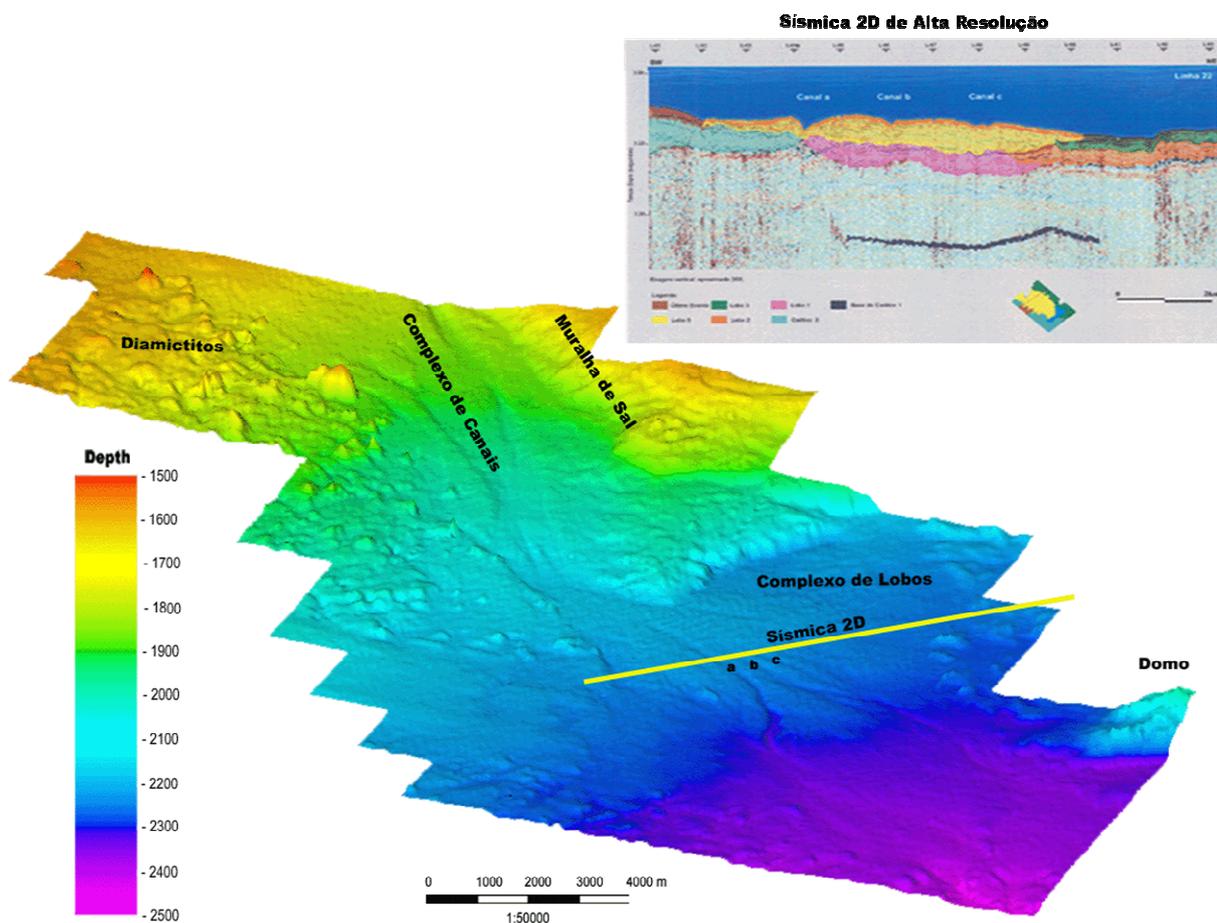


Figura 8 – Imagem 3D do fundo oceânico gerada com a utilização do software *Petrel Seismic Interpretation 2007* a partir das linhas sísmica 3D. Fica claro a distribuição espacial dos elementos constituintes do sistema deposicional Almirante Câmara (Complexo de canais, Complexo de lobos, Diamictitos, Muralha de Sal e Domo). Com a interpolação de uma linha sísmica 2D de alta resolução interpretada por Abreu (2005), observa-se com clareza os 3 canais (a,b,c) proximais do Lobo 5 (em amarelo), tais canais foram responsáveis pela formação do lobo 5.

A figura 9 apresenta as cinco áreas identificadas, as fácies estão distribuídas conforme a figura abaixo:

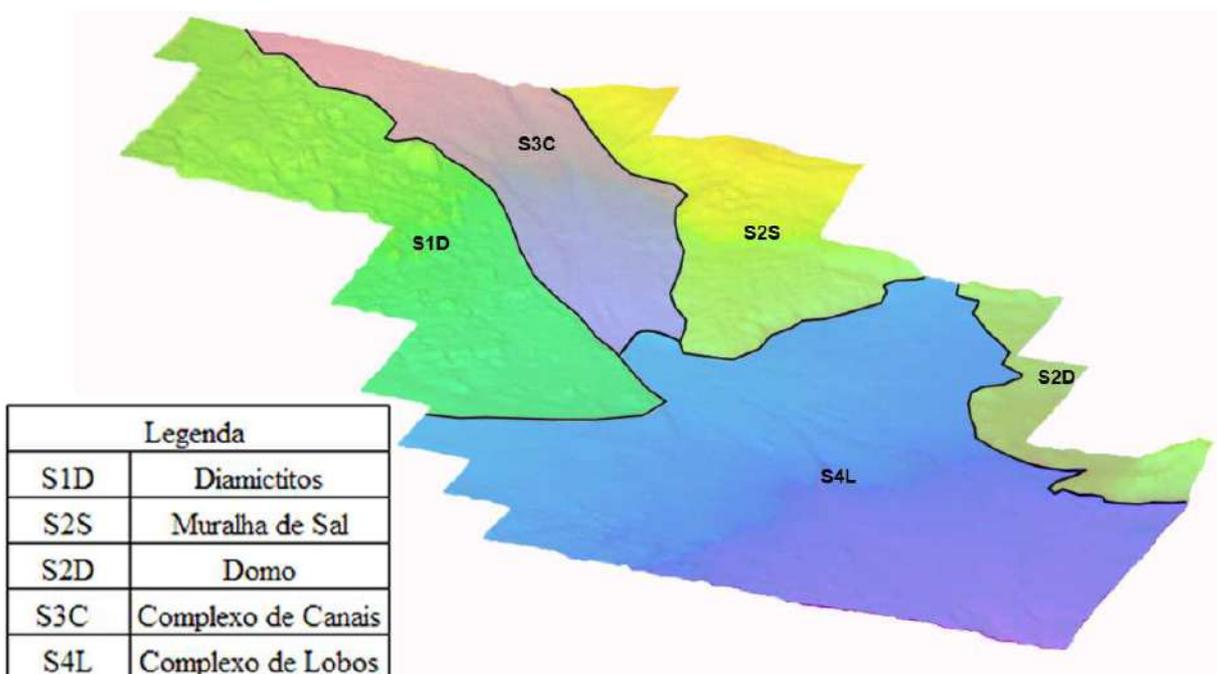


Figura 9 – Distribuição das cinco feições geomorfológicas identificadas.

Como mostra a figura 10 na região S1D observa-se uma textura ondulada com variações acentuadas de relevo, onde estão representados os depósitos de litofácies caóticas geradas por escorregamento do talude adjacente a oeste e sul.

Estes depósitos foram englobados por Abreu (2005) na sismofácies denominada caótico 2, *Piston Core* e registro SBP no anexo C, sugerem que tal morfologia seja resultado da deposição de diamictitos lamosos, estando os grãos recobertos por 3m de sedimentos hemipelágicos.

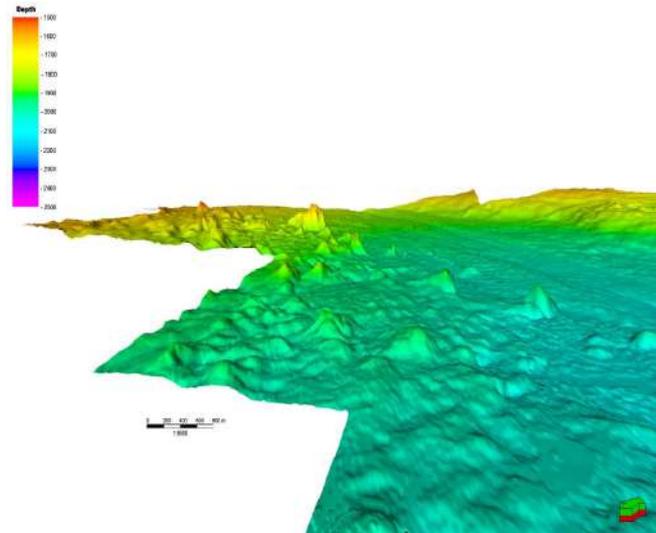


Figura 10 – Fácies S1D, relevo fortemente ondulado, representa os depósitos de litofácies caóticas 2, (Abreu, 2005), geradas pelo escorregamento do talude. *Piston Core* e registro SBP no anexo C sugerem composição de diamictitos lamosos recobertos por 3m de sedimentos hemipelágicos.

Na região S2S da figura 8 é possível visualizar o resultado do soerguimento de evaporitos representados pela muralha de sal, como parte do forte controle da halocinese. No platô de São Paulo a morfologia halocinética é marcante, os domos, muralha e diápiros de sal geram um relevo acentuado e fortemente ondulado ou formam pequenos terraços com bordas escarpadas. A tectônica salina é ativada pela carga diferencial dos sedimentos transportados pelo complexo de canais de forma a ativar a halocinese acentuando ainda mais o seu relevo. A variação topográfica entre a região do complexo de canais e a escarpa da muralha de sal medida varia de 200 m a 300 m.

A região S2D é composta por uma escarpa de domo que bordeja a área estudada, se encontra a uma profundidade de 2.400 m lateralmente à região mais distal do complexo de lobos, o domo possui um relevo bem marcado cuja altura medida em relação ao complexo de lobos é de 400 m.

A região S3C (Complexo de canais), desenvolve-se entre as cotas de 1.800 m a 2.100 m de profundidade, sua largura varia entre 3 km a 4,5 km e o comprimento de 8 km na área abrangida pela imagem. Esses canais serviram de passagem de sedimentos para a formação

O lobo 5 por ser o mais novo é o principal responsável pela fisiografia atual, possui os canais atuais sendo alguns remanescentes dos canais antigos que deram origem aos lobos anteriores ao lobo 5. Esses canais possuem larguras que variam entre 40 m e 600 m e profundidades de 2 m a 40 m, apresentam baixa sinuosidade e são radiados, terminando em pequenas barras de desembocadura em forma de bulbo. Fácies sedimentares do fundo do oceano na Bacia de Campos no anexo A e B, e *Piston Core* e Registros SBP no anexo C sugerem que esses canais possuem alta razão areia/argila, com a granulometria dos sedimentos arenosos variando de média a grossa. Na parte mais distal dos canais turbidíticos, os bulbos superpõem-se e amalgamam-se em progradação com seu progressivo avanço, resultando numa feição de barra alongada. Ocorre em menor frequência que a progradação, a superposição lateral ou o desvio destas barras de desembocadura, o que pode ser atribuído ao processo de avulsão do canal. A constante progradação dos bulbos produzindo as barras alongadas, associada com a eventual avulsão do pequeno canal é a combinação autocíclica para a produção da geometria do lobo, com seu desenho radiado, grosseiramente elipsoidal.

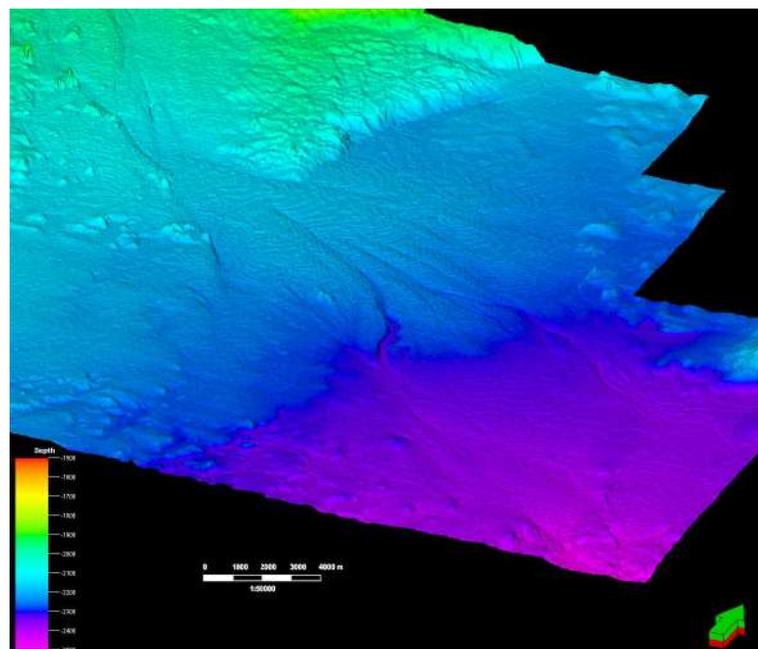


Figura 12 – Fisiografia atual do complexo de canais. A constante progradação dos bulbos produzindo as barras alongadas, associada com a eventual avulsão do pequeno canal é a combinação autocíclica para a produção da geometria do lobo, com seu desenho radiado, grosseiramente elipsoidal.

5 – CONCLUSÕES

Os mecanismos de construção dos depósitos sedimentares em águas profundas compreendem a interação de diferentes processos sedimentares, tais como movimentos de massa, corrente de turbidez e correntes de contorno, que podem atuar de maneira combinada gerando depósitos complexos com características mistas.

O fundo oceânico atual além de possuir feições positivas devido a permanente movimentação de evaporitos, possui um relevo delineado por feições positivas e negativas resultantes do acúmulo de sedimentos que atingem a área através dos fluxos gravitacionais.

Os dados sísmicos 3D são recursos para a obtenção de imagens em planta de elementos do sistema deposicional e em alguns casos de sistemas deposicionais inteiros. As análises de tais imagens podem auxiliar bastante as previsões da distribuição espacial e temporal da litologia superficial, da divisão em compartimentos geomorfológicos, e da capacidade de armadilhas estratigráficas, assim como a compreensão realçada da sedimentologia do processo e da estratigrafia de sequência. (Posamentier, 2005).

O imageamento 3D do topo do sistema turbididico Almirante Câmara possibilitou um ganho qualitativo nos aspectos de geomorfologia analisados, com a aquisição de novos atributos como largura e profundidade dos canais, distribuição espacial dos elementos do sistema deposicional, e a atuação da halocinese.

Com isso podem ser observadas cinco diferentes regiões geomorfológicas que representam os diferentes elementos do sistema deposicional como complexo de canais e lobos, muralha de sal, domos, diápiros salinos e depósitos de diamictitos.

Pode-se observar também a atuação da halocinese tanto na criação de espaços para deposição de sedimentos como no alinhamento gerado pela muralha de sal, e que é acompanhado pelo complexo de canais.

Foram identificados os canais **a**, **b** e **c** que foram anteriormente descritos por (Abreu, 2005) com a utilização de sísmica 2D de alta resolução e que também puderam ser observados através da sísmica 3D convencional.

O imageamento permitiu a identificação do início do sub-lobo 9, que foi descrito por (Abreu, 2005) como sendo o ultimo evento da deposição do lobo 5 que é composto do desenvolvimento de 9 sub-lobos, que se formaram através do extravasamento dos canais **a**, **b** e **c**, os quais migraram por avulsão para nordeste.

Referências bibliográficas

- ABREU, C.J., 2005. Complexo de lobos do sistema deposicional de águas profundas Almirante Câmara, imageado por sísmica de alta resolução, recente da Bacia de Campos. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ALVES, E. C., 2002. Zonas de Fraturas Oceânicas e suas Relações com a Compartimentação Tectônica do Sudeste do Brasil (Rio de Janeiro). Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 233p.
- ASMUS, H.E & GUAZELLI, W. 1981. Descrição sumaria das estruturas da margem continental brasileira e das áreas continentais e oceânicas adjacentes, hipótese sobre o tectonismo causado e implicações no prognostico de seu potencial em recursos minerais. Rio de Janeiro, Petrobras, p. 187-269.
- BREHME, I. 1984. Vales submarinos entre o banco de Abrolhos e Cabo Frio. Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BROWN, A.R., Interpretation of three-dimensional seismic data. 3^a ed. Tulsa, AAPG, p. 341 (Memoir 42).
- CASTRO, D.D., 1992. Morfologia da margem continental sudeste-sul brasileira e estratigrafia sísmica do sopé continental. Dissertação de mestrado, UFRJ, p.145.
- COSTA, M.R. 2007. Estudo do complexo de lobos e de canais do sistema turbidítico moderno Almirante Câmara – Bacia de Campos através de imagem sísmica 3D.
- DELLA FÁVERA, J.C. 2001. Fundamentos de estratigrafia moderna. Rio de Janeiro, Ed. UERJ, p. 264 .
- DEMERCIAN, S., SZATMARI, P., COBBOLD, P. R. 1993. Style and pattern of salt diapirs due to thin-gravitational gliding, Campos and Santos basins, offshore Brazil. **Tectonophysics**, Amsterdam, v. 228, n. 3/4, p. 393-422.
- DIAS, J.L., SCARTON, J.C., ESTEVES, F.R., CARMINATI, M., GUARDADO, L.R. 1990. Aspectos da evolução tectono-sedimentar e a ocorrência de hidrocarbonetos na Bacia de Campos. Em: RAJA GABAGLIA, G.P., MILANI, E.J. Origem e evolução de bacias sedimentares. Rio de Janeiro, Petrobrás, p.333-360.
- MACHADO, L.C.R., KOWSMANN, R.O., ALMEIDA Jr, W., MURAKAMI, C.Y., SCHREINER, S., MILLER, D.J., PIAULINO, V. Geometria da porção proximal do sistema deposicional turbidítico moderno da Formação Carapebus, Bacia de Campos; Modelo de heterogeneidades de reservatório. Boletim de Geociências Petrobrás, Rio de Janeiro, v.12, n.2, p. 287-315, maio/nov 2004.

MATOS, R.S. 2004. Análise do Sistema Turbidítico Almirante Câmara, Neogeno Superior da Bacia de Campos. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 87 pp.

MITCHUM JR., R.M., VAIL, P.R., SANGREE, J.B. 1977. Seismic Stratigraphy and global changes of sea level, part. 6: stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences. In: PAYTON, C.E. (ed). Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration. Tulsa, AAPG, p. 117-133 (Memoir 26).

MICHUM JR., R.M. 1977. Seismic Stratigraphy and global changes of sea level, part. 11: glossary of terms used in seismic stratigraph. In: PAYTON, C.E. (ed). Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration. Tulsa, AAPG, p. 205-212 (Memoir 26).

PAYTON, C.E. 1977. Seismic Stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration. Tulsa, AAPG, p. 516 (Memoir 26).

POSAMENTIER, H.W., WOOD, L., Seismic geomorphology in exploration and development; workflows and applications. In: Davies, R.J., Posamentier, H.W., Wood, L.J., Cartwright, J.A. (ed). Seismic Geomorphology – applications to hydrocarbon exploration and production. Geological Society, London, Special Publication , p.277, 01-14.

RANGEL, H. D., MARTINS F. A. L., ESTEVES, F. R., FEIJÓ F. J., 1994. Bacia de Campos. B.Geoci. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, 8 (1): 203-217.

READING, H.G., RICHARDS, M.1994. Turbidite systems in deep-water basin margins classified by grain size and feeder system. Am. Assoc. Pet. Geol. Bull. 78, p 792-822.

REIS, A. T., 1994. O grupo sudeste de cânions e sua relação com a progradação do leque São Tomé – RJ. Rio de Janeiro. Observatório Nacional. Dissertação de mestrado. 123p.

SANGREE, J. B. & WIDMIER, J. M., 1977. Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 9: Seismic Interpretation of Clastic Depositional Facies. In: PAYTON, C. E. Seismic Stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration. Tulsa, AAPG, p. 516 (Memoir 26).

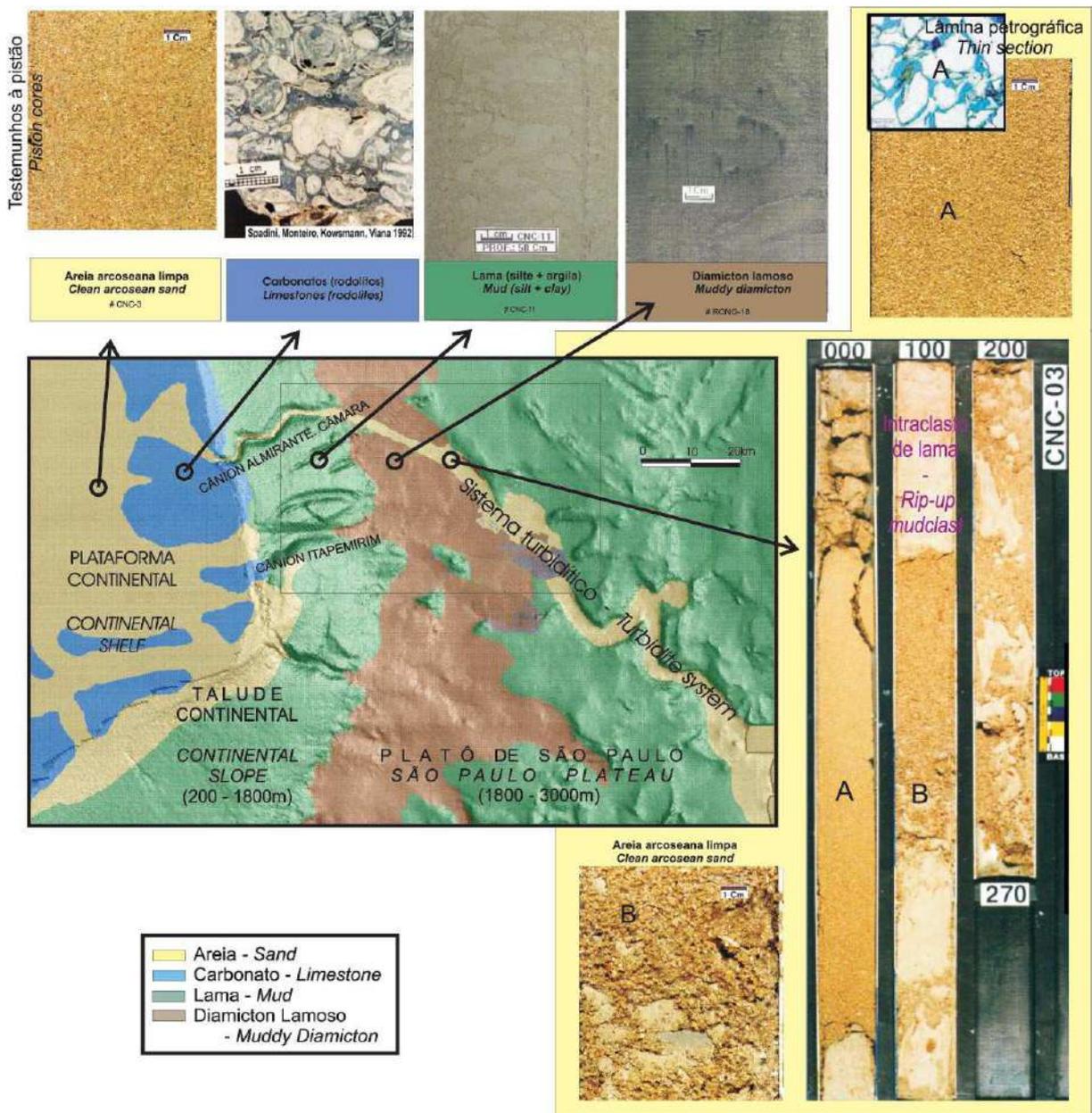
SEVERIANO RIBEIRO, H.J.P. 2001. Estratigrafia de Sequências: Fundamentos e aplicações. São Leopoldo, Rs: Ed. Universidade do Vale dos Sinos, p. 428.

SHANMUGAN, G. 1990. Deep-marine facies models and the interrelationship of depositional components in time and space. In: BROWN, G. C.; GORSLINE, D. S.; SCHWELLER, W. J. (Ed.). **Deep-Marine Sedimentation: Depositional Models and Case Histories in Hydrocarbon Exploration and Development.** Bakersfield (Ca) : Society of Sedimentary Geology. , p. 199-256.

SOUZA CRUZ, C. E., 1995. Estratigrafia e Sedimentação de Águas Profundas do Neogeno da Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 186p.

Anexo A – Fácies sedimentares do fundo do mar da Bacia de Campos.

A areia de águas profundas, mostrada no testemunho completo a direita da imagem, consiste em uma única camada de turbidito de alta densidade (Lowe, et al., 1982), contendo intraclastos lamosos de idade Holoceno. No mapa, as fácies (cores) se superpõem a fisiografia, evidenciada pela batimetria sombreada (Fig. Machado *et al.* 2004).



Anexo C – Testemunho e registro SBP.

Debris Apron - línguas de diamictos lamosos (em marrom) formadas pela escavação de canyons e colapso do talude. O testemunho e registro de SBP mostram que os diamictos estão recobertos por cerca de 3 m de sedimentos hemipelágicos há pelo menos 50 000 anos. Em amarelo, as areias turbidíticas, (Fig. Machado *et al.* 2004).

