

## ÍNDICE

II.5.1.2 -	Geologia e Geomorfologia .....	1/39
II.5.1.2.1 -	Introdução .....	1/39
II.5.1.2.2 -	Arcabouço Estrutural e Características Estratigráficas .....	4/39
II.5.1.2.3 -	Formações a serem Perfuradas .....	14/39
II.5.1.2.4 -	Formações com Pressões Elevadas .....	17/39
II.5.1.2.5 -	Fisiografia - Principais Unidades Fisiográficas Existentes, em Âmbito Regional e Local. ....	19/39
II.5.1.2.5.1 -	Características Regionais .....	19/39
II.5.1.2.5.2 -	Características Locais .....	22/39
II.5.1.2.6 -	Faciologia .....	32/39
II.5.1.2.6.1 -	Características Regionais .....	32/39
II.5.1.2.6.2 -	Características Locais .....	34/39
II.5.1.2.7 -	Caracterização Geotécnica .....	35/39



## II.5.1.2 - Geologia e Geomorfologia

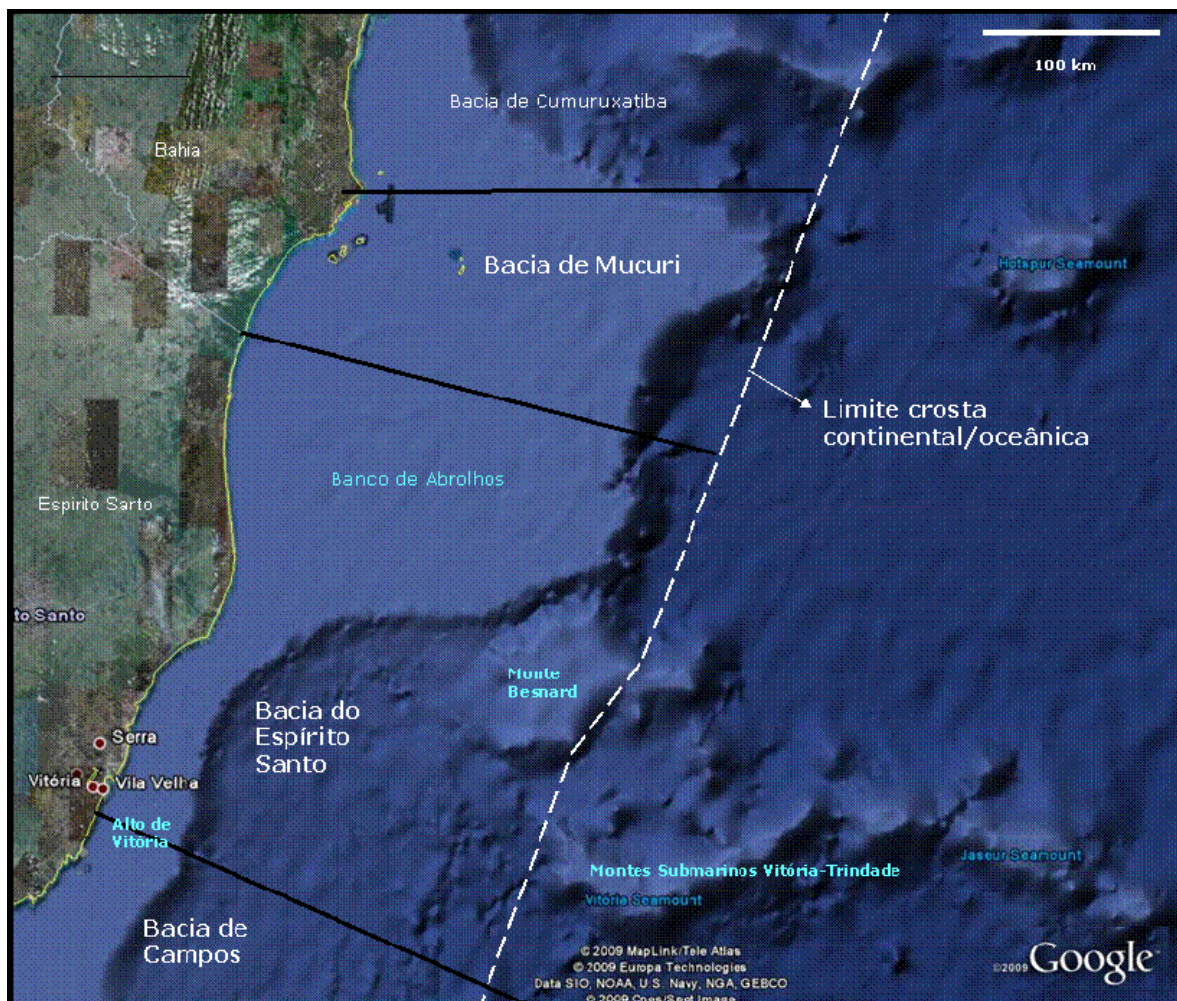
### II.5.1.2.1 - Introdução

A Bacia do Espírito Santo está situada no Estado do Espírito Santo, delimitada a sul com a Bacia de Campos, através do Alto de Vitória, e a norte com a Bacia de Mucuri, através do complexo vulcânico Abrolhos. Possui uma área explorável de aproximadamente 41.500 km<sup>2</sup>, dos quais 3.000 km<sup>2</sup> referem-se à bacia terrestre, considerando a fronteira leste coincidente com o limite crosta continental/oceânica. A existência do Banco de Abrolhos, a leste, atribui à bacia uma fisiografia particular, evidenciada por um alargamento da plataforma continental, que de uma média de 40 km de largura a sul alcança cerca de 240 km na porção centro-norte (França *et al.* 2007) (Figura II.5.1.2-1).

De acordo com as informações apresentadas no ano de 2007, disponíveis no Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP), da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a produção média de petróleo na Bacia do Espírito Santo, em 2006, foi de cerca de 62 mil barris por dia, sendo 45 mil barris no mar. Nesta época, as reservas provadas foram da ordem de 244 milhões de barris de petróleo, sendo 184 milhões no mar. As reservas de gás são da ordem de 31 bilhões de metros cúbicos (ANP, 2007).

Novas descobertas na bacia, associadas ao óleo de boa qualidade (27 graus API) no campo de Golfinho, foram apresentadas pela Petrobras em Junho de 2008, aumentando ainda mais a perspectiva da bacia. Para estas novas descobertas do Campo de Golfinho, as estimativas iniciais indicavam potencial de 150 milhões de barris de óleo recuperável.

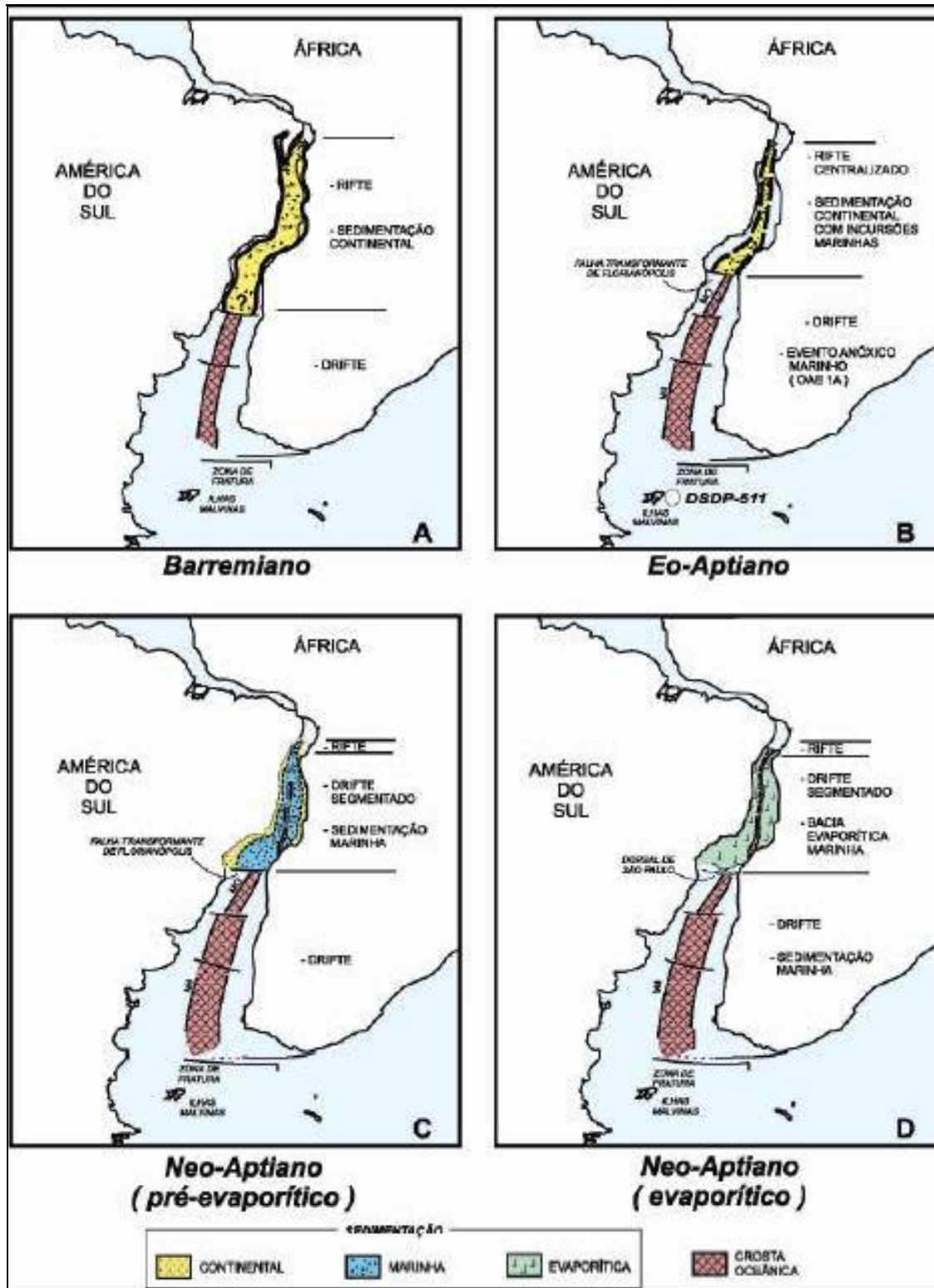
A área dos blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41 localiza-se na região central desta bacia, com distância mínima aproximada da costa de cerca de 75 km da cidade de Linhares - ES.



Fonte: Google Earth.

Figura II.5.1.2-1 - Mapa de localização da Bacia do Espírito Santo.

Assim como as demais bacias sedimentares da margem continental leste brasileira, a origem da Bacia do Espírito Santo está ligada à ruptura do mega-continente Gondwana, como resultado de esforços distensivos do Eocretáceo, resultando na formação dos continentes sul-americano e africano, e na formação de crosta oceânica entre estes (Figura II.5.1.2-2).



Fonte: DOMINGUES (2007), modificado de DIAS (2005).

Figura II.5.1.2-2 - Reconstrução paleogeográfica do Atlântico Sul durante as fases rifte e transicional.



A evolução tectono-sedimentar desta Bacia pode ser associada a três megassequências ou fases principais apresentadas por Mohriak, 2003 *apud* Biassusi *et al.*, 1990 e Vieira *et al.*, 1994.

A fase sinrifte (Formação Cricaré), de idade Neocomiano/Aptiano, é composta por rochas sedimentares depositadas em ambiente continental, registrando-se rochas vulcânicas, representadas pela Formação Cabiúnas, que repousam discordantemente sobre o embasamento pré-cambriano, na base da coluna sedimentar, ou intercaladas com sedimentos sinrifte.

A megassequência transicional (Formação Mariricu), de idade Aptiana, é composta por sedimentos siliciclásticos (Membro Mucuri) e evaporitos (Membro Itaúnas), que marcam as primeiras incursões marinhas na bacia. Essa seqüência relaciona-se ao estágio final da fase rifte, durante o processo de separação dos continentes.

A megassequência pós-rifte, ou marinha, é caracterizada por uma seqüência marinha de idade Albiana, composta por rochas siliciclásticas e carbonáticas do Grupo Barra Nova, recoberta por uma seqüência siliciclástica marinha transgressiva (Formação Urucutuca), de idade Cenomaniana a Eo-eocena, seguida por uma seqüência marinha regressiva (Formações Rio Doce e Caravelas), do Meso/Eoceno ao Recente. Durante a fase de subsidência termal, a evolução da bacia é intensamente influenciada pela tectônica salífera.

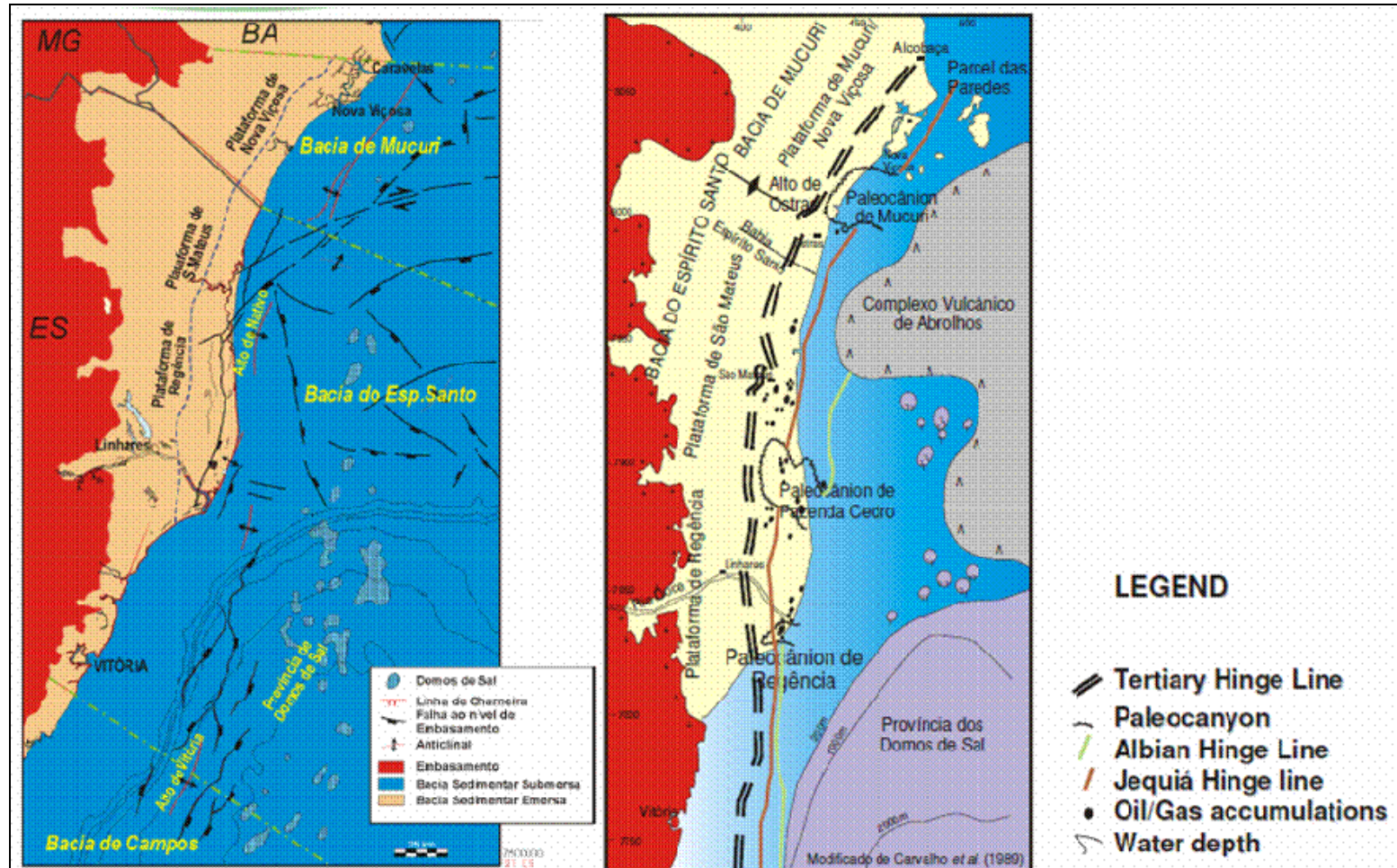
#### II.5.1.2.2 - Arcabouço Estrutural e Características Estratigráficas

Em uma classificação elaborada por Guerra (1985), a Bacia do Espírito Santo foi dividida em três províncias, seguindo da direção oeste para leste, caracterizadas por diferentes processos de halocinese:

- a) uma zona de extensão, onde predominam falhas lítricas (de direção geral N-S/NE-SW) geralmente associadas a pequenos anticlinais de sal, apresentando *rollovers* acentuados;
- b) uma zona intermediária, com menor incidência de falhas lítricas e exibindo *rollovers* mais suaves;
- c) uma zona compressiva, representada por duas províncias de diápiros de sal, em sua maioria aflorantes no fundo do mar.

O arcabouço estrutural do estágio *rifte* é formado por falhas normais de direção N-S e NNE-SSW, mergulhando para leste, possibilitando a existência de *horsts* e *grábens* (PALHARES *et al.*, 1987) (Figura II.5.1.2-3). Algumas dessas falhas controlaram ainda a deposição de rochas de idade Alagoas (parte superior do Membro Mucuri), que, de acordo com Carvalho (1989), teriam sido reativadas no final do Albiano.

Palhares *et al.* (1987) afirmam que na fase *rifte*, as falhas sintéticas foram mais ativas que as antitéticas, as quais foram reativadas no início da fase *drifte*, proporcionando as condições de trapeamento necessárias para a formação dos campos na Bacia do Espírito Santo.



Fonte: ANP, modificado de CARVALHO *et al.* (1989)

Figura II.5.1.2-3 - Arcabouço estrutural da Bacia do Espírito Santo no estágio rifte

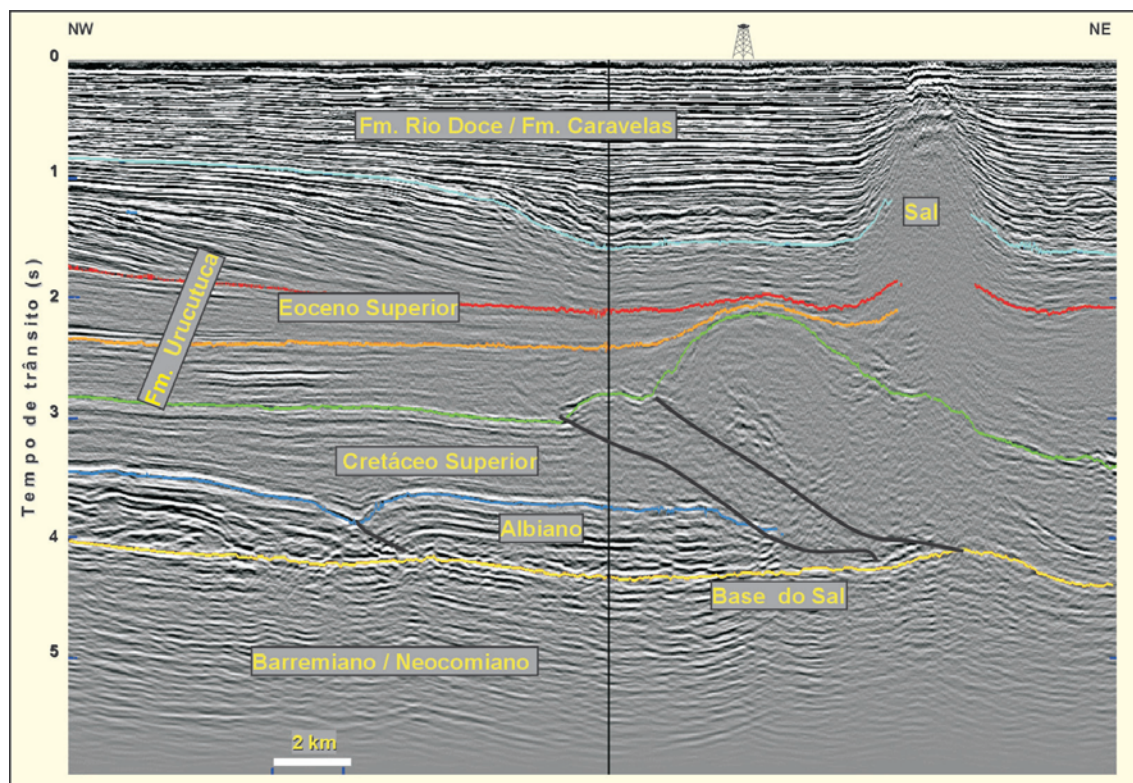
Coordenador:

Técnico:



Segundo Milani *et al.*, 2000, o Cenozóico assistiu ao importante episódio magmático que definiu a Formação Abrolhos, impondo grandes rearranjos estruturais à bacia. Essa unidade corresponde a rochas vulcânicas e vulcanoclásticas, sub-alcálinas a alcalinas, que foram extrudidas durante o intervalo Paleoceno- Eoceno (60-40 Ma).

Na região entre as Bacias de Mucuri e Espírito Santo, peculiar estilo de tectônica de sal é condicionado pela sobrecarga das rochas vulcânicas de Abrolhos, formando frentes de empurrões com vergência na direção do continente (Mohriak, 2003 *apud* Van der Ven *et al.* 1998; Biassusi *et al.* 1999). Numa primeira fase de halocinese, ocorreu a formação de falhas extensionais normais com mergulho predominante para leste, à semelhança das falhas da Bacia de Campos (Figura II.5.1.2-4).



Fonte: MOHRIAK (2003).

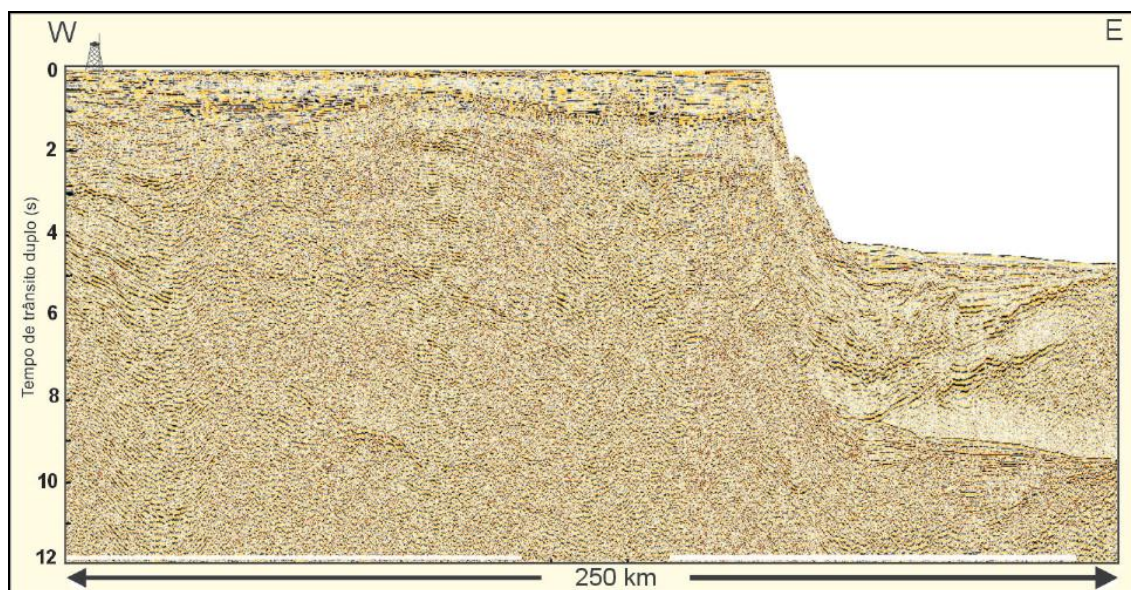
Figura II.5.1.2-4 - Seção sísmica na Bacia do Espírito Santo (parte marinha), mostrando seqüências estratigráficas sinrifte e pós-rifte e estruturas extensionais e compressionais características da tectônica de sal.

Numa segunda fase da halocinese, a barreira formada pela extrusão e intrusão de lavas basálticas e rochas ígneas na região de Abrolhos, resultou num obstáculo para o fluxo de sal na direção da bacia profunda, resultando na mobilização de evaporitos e folhelhos em direção contrária (oeste), associada às falhas de empurrão com vergência na direção do continente, e formação de

feições compressivas. No terceiro estágio ocorreu a formação de diápiros de sal penetrantes nas camadas sedimentares mais jovens, alguns dos quais afetam o Terciário Superior e Quaternário. Experimentos de modelagem física reproduzem com bastante fidelidade esse tipo de estruturação (Mohriak, 2003).

Outro evento significativo, envolvendo a seção marinha da bacia, é a erosão submarina, destacando-se os paleocanyons de Fazenda Cedro e de Regência. Ambos tiveram sua implantação controlada por sistemas de falhas do embasamento e proporcionaram situações ideais para a formação de acumulações de hidrocarbonetos, condicionando a presença dos principais campos de produção (Mohriak, 2003 apud Biassusi, Maciel & Carvalho, 1990).

Mohriak (2003), (Figura II.5.1.2-5) apresenta uma seção sísmica do complexo de Abrolhos, abrangendo desde a plataforma continental até a crosta oceânica. Nessa seção, o autor destaca as seqüências estratigráficas sinrifte e pós-rifte e ocorrência de abrupta quebra de talude a leste do complexo vulcânico.



Fonte: Mohriak, 2003

Figura II.5.1.2-5 - Seção sísmica na Bacia do Espírito Santo (região de Abrolhos), mostrando seqüências estratigráficas sinrifte e pós-rifte e ocorrência de abrupta quebra de talude a leste do complexo vulcânico.

Mohriak (1998; 2003, *apud* Cainelli), apresenta, ainda, uma seção geológica esquemática na Bacia do Espírito Santo (Figura II.5.1.2-6), mostrando o arcabouço estrutural e estratigráfico das seqüências sinrifte e pós-rifte com destaque sobre as falhas de empurrão, a leste de Abrolhos, com vergência para a direção leste, na região de transição com crosta oceânica. Já na região do

talude e bacia profunda, particularmente no embainhamento da parte sul da bacia do Espírito Santo, há a ocorrência de diápiros de sal, que condicionam o fundo do mar (Figura II.5.1.2-7).

Baseada em terminologias e conceitos pré-existentes, José (2005) subdividiu a estratigrafia da Bacia do Espírito Santo em quatro grupos: Embasamento, Grupo Nativo, Grupo Espírito Santo, e Rochas Ígneas Vulcânicas. A estratigrafia do Embasamento, de acordo com Asmus & Porto (1972) e Cordani *et al.* (1984), apresenta rochas parcial ou totalmente retrabalhadas pelos ciclos Transamazônico e Brasileiro, apresentando uma estruturação de direção NNE/SSW, sendo este o fator que determinou a direção do sistema de *rifts* originados na época da formação da bacia (JOSÉ, 2005).

O Grupo Nativo é constituído pelas formações Cricaré e Mariricu, reunindo sedimentos depositados diretamente sobre o embasamento cristalino durante as fases *rift* e *transicional*. A Fm. Cricaré compreende os membros Jaguaré, que é caracterizado pela presença de arenitos e conglomerados intercalados por rochas vulcânicas da Fm. Cabiúnas; e Sernambi, que é composto pela abundância de camadas de folhelhos, carbonatos e margas, com intercalações de arenitos e conglomerados. Já a Fm. Mariricu engloba os membros Mucuri e Itaúnas. O primeiro é formado de clásticos grossos, basicamente arenitos e conglomerados, intercalados por folhelhos e evaporitos. O segundo é constituído por espessas camadas de evaporitos, predominando na porção oeste da bacia anidritas e carbonatos, e nas porções mais distais e profundas, isto é, a leste, halita (JOSÉ, 2005).

De acordo com Vieira *et al.* (1992, *apud* JOSÉ, 2005), a Fm. Cricaré é formada pelas camadas sedimentares mais antigas da bacia, que foram depositadas sobre o embasamento cristalino. Por outro lado, a Fm. Mariricu é dominada por depósitos mais recentes que sedimentaram de forma discordante sobre os sedimentos da Fm. Cricaré ou sobre o embasamento, em zonas de plataformas rasas (Figura II.5.1.2-8).

O Grupo Espírito Santo é o que apresenta maior distribuição dentro da bacia, sendo caracterizado por três formações: Urucutuca, Caravelas e Rio Doce. As idades dos sedimentos variam desde Cenomaniano até o Recente e a sua espessura aumenta de oeste para leste, de acordo com o mergulho regional, atingindo as máximas junto às porções mais profundas da plataforma continental. A Fm. Urucutuca é composta basicamente de folhelhos, e em menor escala, por arenitos e conglomerados derivados de fluxos turbidíticos. A Fm. Caravelas é constituída, em sua maioria, por calcarenitos bioclásticos e calcilutitos plataformais. A Fm. Rio Doce é encontrada sob a forma interdigitada com os sedimentos das formações Caravelas e Urucutuca. A unidade



estratigráfica é predominantemente arenosa, a qual foi ocasionada por sistemas fluviais e leques costeiros (JOSÉ, 2005).

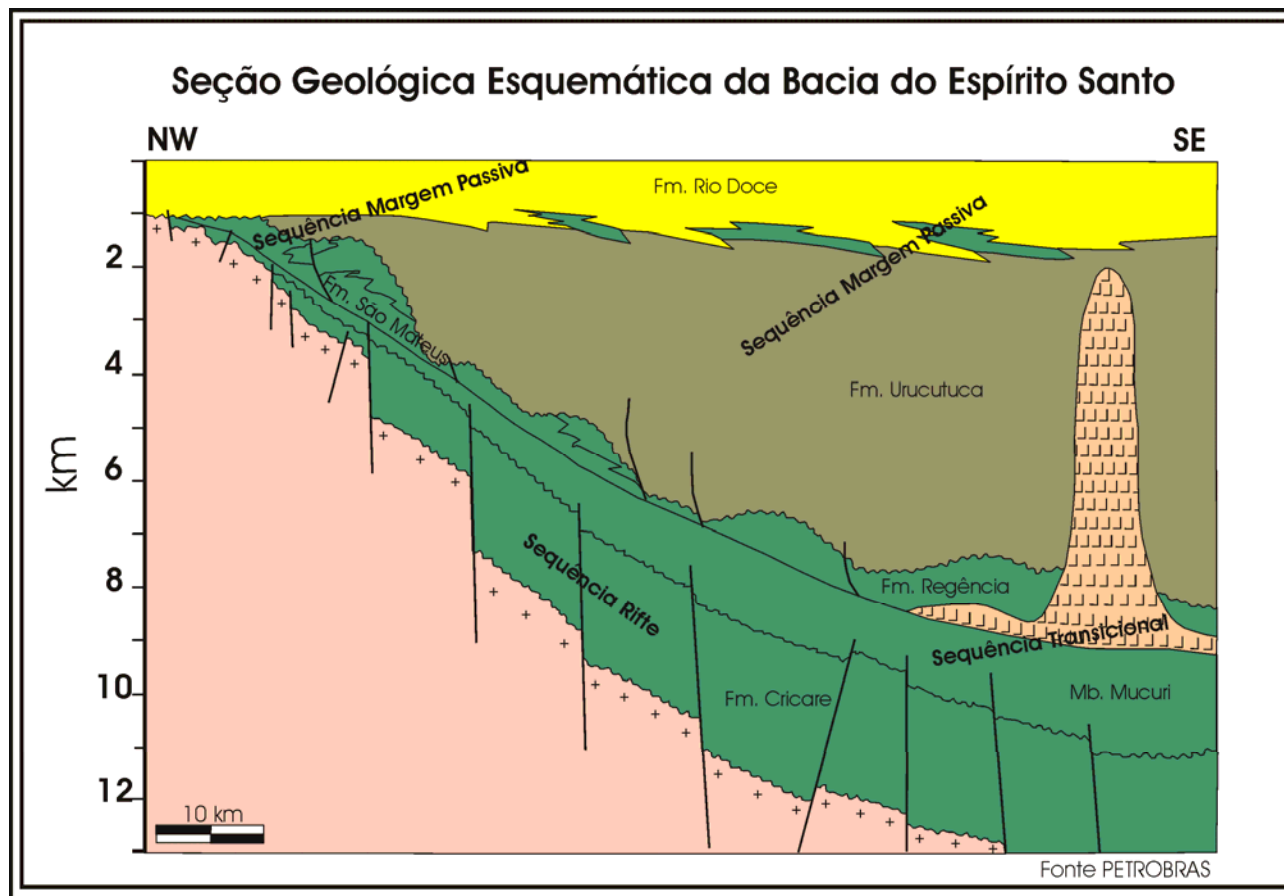
A estratigrafia das rochas ígneas vulcânicas pode ser associada a dois eventos magmáticos. O primeiro, devido à fase *rift*, é caracterizado por basaltos intercalados aos folhelhos lacustres do membro Mucuri, e o segundo, devido ao movimento litosférico, de leste para oeste, sobre um *hot spot* da astenosfera, marcado por derrames de lavas, seguido pela construção de uma plataforma carbonática (ASMUS, 1970 *apud* JOSÉ, 2005 e ASMUS *et al.*, 1971). Esse evento ocasionou o surgimento da Formação Abrolhos, Banco de Abrolhos e sua continuidade a sul, a Cadeia Vitória-Trindade, constituída por uma série de bancos e montes submarinos alinhados sob a direção leste-oeste (JOSÉ, 2005).

Segundo Mohriak (2003), o Complexo Vulcânico de Abrolhos é caracterizado por rochas vulcânicas extrusivas e intrusivas recobrando sedimentos terciários e cretácicos das Bacias de Mucuri e Espírito Santo (Mohriak, 2003 *apud* Cordani, 1970; Cordani e Blazekovic, 1970).

A seqüência vulcanoclástica inclui tipos litológicos distintos com tufos, basaltos, hialoclastitos, brechas, diabásio e gabro, com datações pelo método K-Ar apresentando idades entre 64 e 32 M.a. (Mohriak, 2003 *apud* Cordani e Blazekovic, 1970). Idades obtidas pelo método Ar-Ar sugerem uma concentração de idades no intervalo Paleoceno-Eoceno (Mohriak, 2003).

Bacoccoli (1982) e Sobreira (1996) propõem modelos geológicos em que as rochas vulcânicas de Abrolhos são alimentadas por diápiros do manto e intrusões ígneas locais, com focos vulcânicos na plataforma continental da Bacia do Espírito Santo; enquanto Parsons *et al.* (2001) interpretam que as rochas vulcânicas são extrusivas e com fonte distante da área de ocorrência. Diques ígneos e evidências de estruturas afetando a seção sedimentar do Terciário Superior são reportadas por Sobreira (1997).

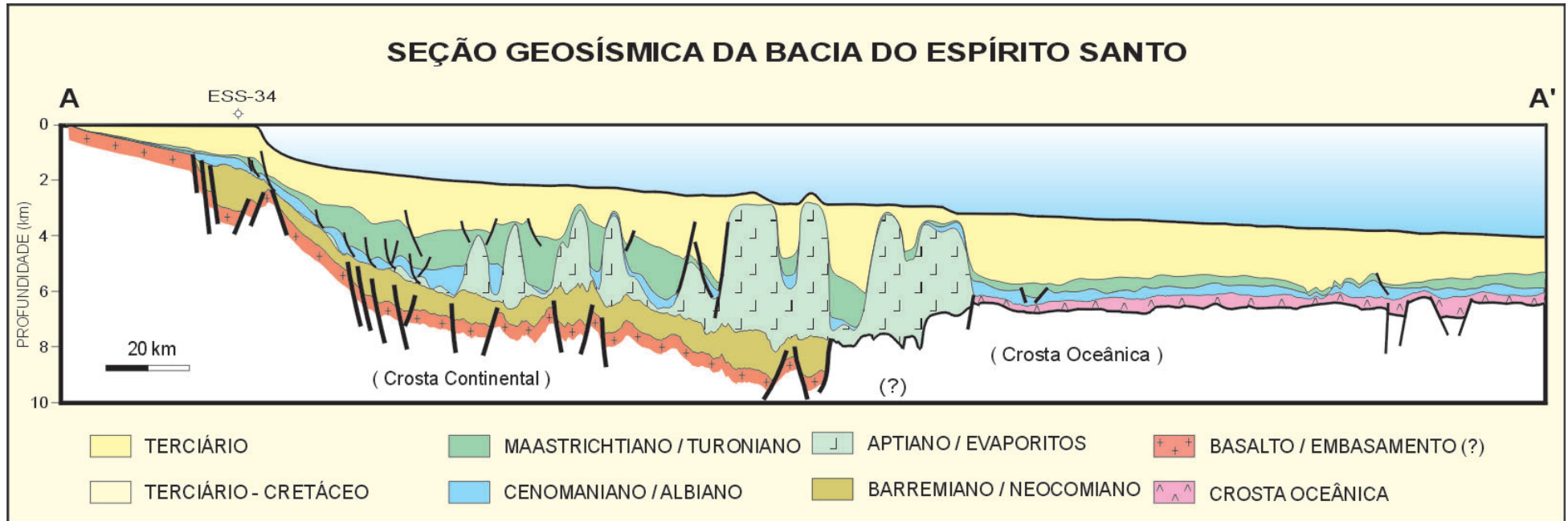
A carta estratigráfica formal da Bacia do Espírito Santo, encontra-se apresentada na Figura II.5.1.2-8.



Fonte: CPRM.

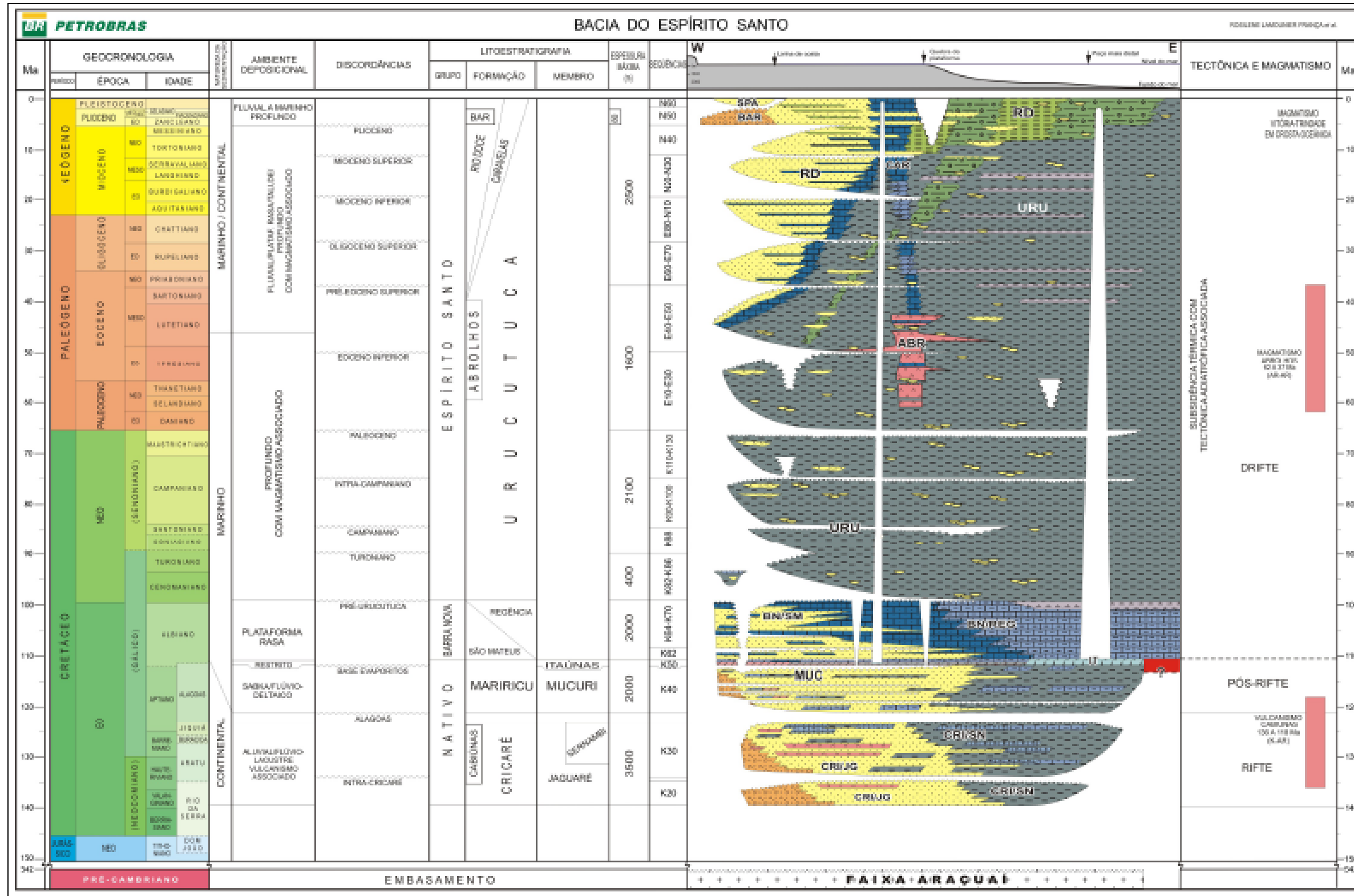
Figura II.5.1.2-6 - Seção geológica esquemática na Bacia do Espírito Santo, mostrando o arcabouço estrutural.





Fonte: MOHRIAK (2003)

Figura II.5.1.2-7 - Seção geo-sísmica na Bacia do Espírito Santo, mostrando o arcabouço estrutural e estratigráfico das seqüências sinrifte e pós-rifte.



Fonte: França et al. 2008

Figura II.5.1.2-8 - Carta estratigráfica da Bacia do Espírito Santo. Fonte: França et al. 2008

### II.5.1.2.3 - Formações a serem Perfuradas

A região dos blocos em questão é caracterizada como de pouca atividade exploratória registrada até o momento e que, devido a sua proximidade à Abrolhos, guarda particularidades em diversos aspectos com relação ao restante das regiões da Bacia do Espírito Santo.

A ocorrência de rochas ígneas extrusivas e intrusivas pertencentes à Formação Abrolhos é esperada, ocorrendo como intercalações em sedimentos da Formação Urucutuca (Figura II.5.1.2-9).

Poços perfurados, como o 1-BRSA-50 (a 3 km a oeste do bloco ES-M-416) e 2-ESS-48A (28 km a leste do bloco ES-M-418) comprovaram a existência de tais rochas, associadas a sedimentos tanto de origem siliciclástica, como no 1-BRSA-50, quanto de origem carbonática, no 2-ESS-48A.

Litologicamente, o poço 2-ESS-48A, perfurado no Monte Besnard, comprovou a existência de espessa cobertura carbonática, representada por calcarenito, dolomita e calcilutito, desenvolvida sobre rochas basálticas da Formação Abrolhos. A presença de feições progradantes de direção contrária à cunha progradante provinda do continente, sugere a influência do Banco de Abrolhos e do Monte Besnard como áreas fonte de sedimentos.

Os principais reservatórios reconhecidos na região (Figura II.5.1.2-9) estão associados à seção terciária da Formação Urucutuca, como os turbiditos portadores de gás e condensado dos campos de Cangoá e Peroá, e os arenitos portadores de água do poço 1-BRSA-50; e os associados à seção Cretácica da mesma formação, como os turbiditos portadores de óleo leve e gás dos campos de Golfinho, Canapu e Camarupim.



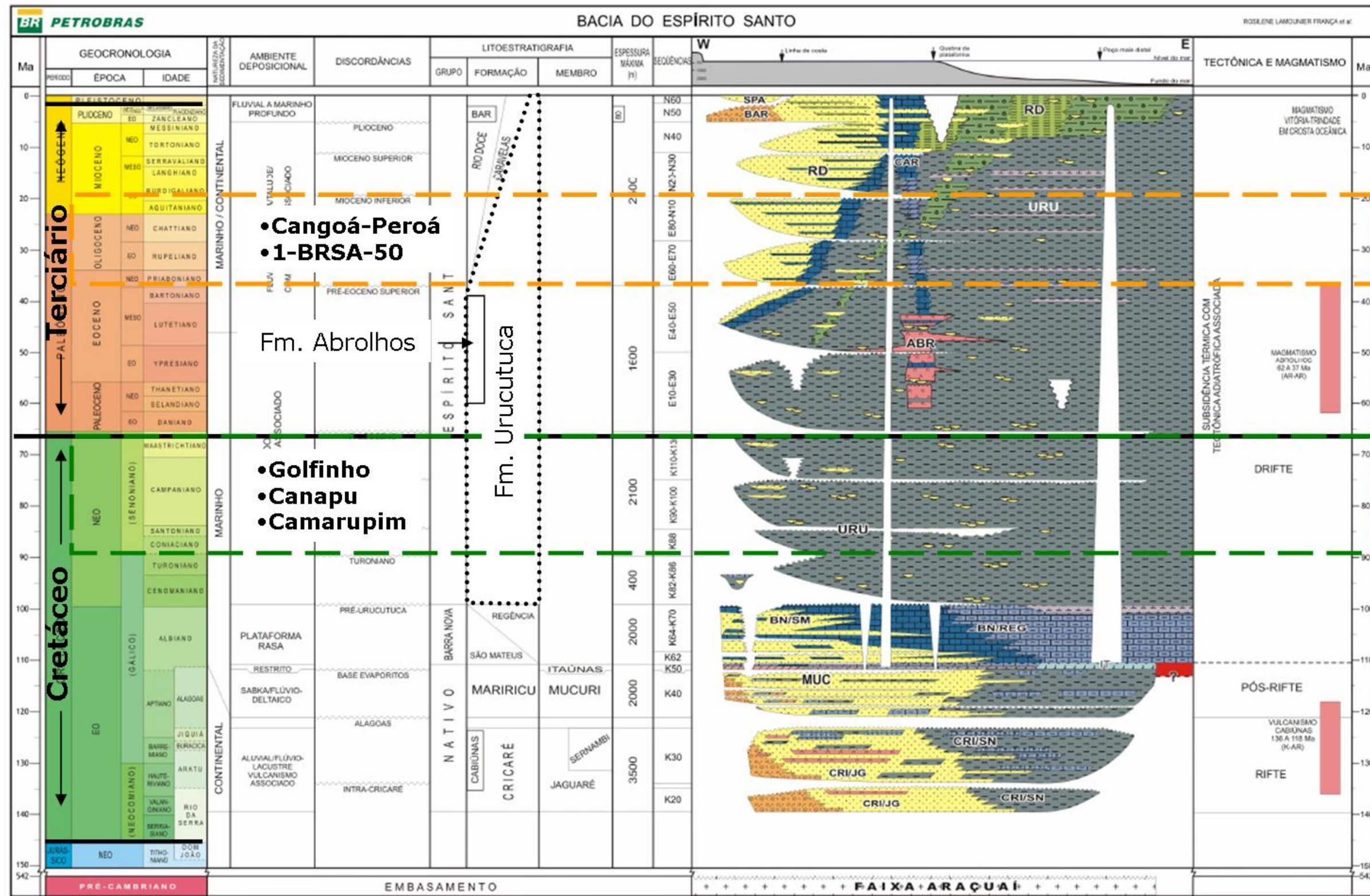


Figura II.5.1.2-9 - Principais reservatórios reconhecidos na região dos blocos BM-ES- 37, 38, 39, 40 e 41





#### II.5.1.2.4 - Formações com Pressões Elevadas

Até a presente data não existem poços perfurados nos blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41. O poço mais próximo, 1-BRSA-50-ESS, perfurado 3 km a oeste do bloco BM-ES-37, é usado como análogo para os poços a serem perfurados nos blocos BM-ES-37 e 38, sendo, portanto, o principal poço de correlação usado neste estudo. (Figura II.5.1.2-10).

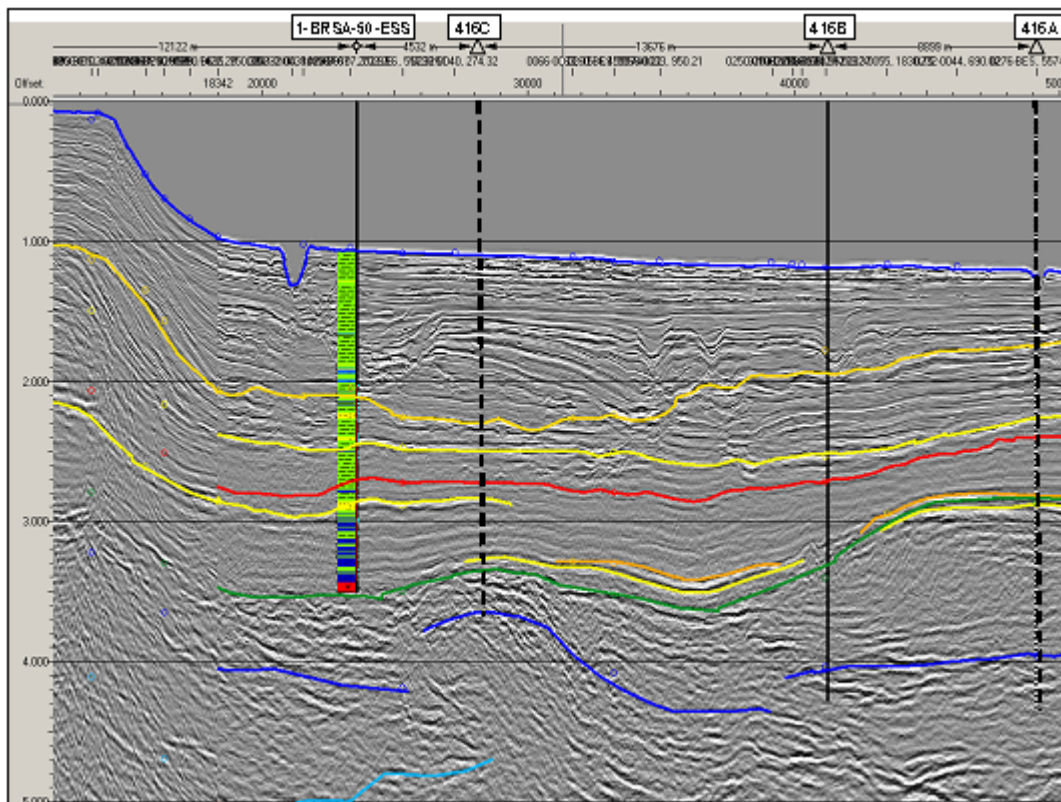


Figura II.5.1.2-10 - Seção sísmica composta entre os poços:  
1-BRSA-50-ESS e possíveis locais de poços no bloco BM-ES-37.

O poço exploratório 1-BRSA-50-ESS foi perfurado pela PETROBRAS em 2001, em lâmina d'água de 789 m. Após ter seu principal reservatório arenoso na Fm. Urucutuca avaliado através de pré-testes de pressão (MDT) e por um teste de formação a cabo (TC), o poço foi abandonado e classificado como seco. Foram tomados 5 pontos de MDT até a profundidade de 2.871 m MD (2.057 m de soterramento). Os resultados dos referidos testes encontram-se no Quadro II.5.1.2-1. Quando plotados no gráfico Pressão - Profundidade, todos pontos de pressão de formação se alinham em um "trend" normal, sem evidências de intervalos anômalos. Esse fato foi confirmado pelo resultado do TC que registrou uma pressão de formação de 4196 PSIA a uma profundidade de 2.834 m MD, equivalente a um peso de lama de 8.7 ppg.

Quadro II.5.1.2-1 - Medidas de pressão obtidas pelo MDT registradas no poço 1-BRSA-50-ESS.

Poço	Ferram.	Teste	Prof. Topo m	Pressão Formação PSI	Peso Lama Equivalente PPG	Comment.
1-BRSA-50-ESS	MDT	Preteste	2828	4189	8.7	Informação lida desde o perfil
1-BRSA-50-ESS	MDT	Preteste	2837.5	4202.5	8.7	composto. Prof. aproximadas (+/- 1m)
1-BRSA-50-ESS	MDT	Preteste	2860	4235	8.7	
1-BRSA-50-ESS	MDT	Preteste	2865	4242.1	8.7	
1-BRSA-50-ESS	MDT	Preteste	2871	4250.9	8.7	

Um modelo de pressão de poros foi criado a partir dos dados de perfilagem a cabo para o poço 1-BRSA-50-ESS, podendo ser visualizado na Figura II.5.1.2-1. Esse modelo se ajusta com o gradiente normal de pressão observado durante as operações de teste de formação e perfilagem no intervalo do reservatório (2.821m/2.914m MD), e sugere a possibilidade de uma ligeira elevação na pressão de poros nos folhelhos adjacentes.

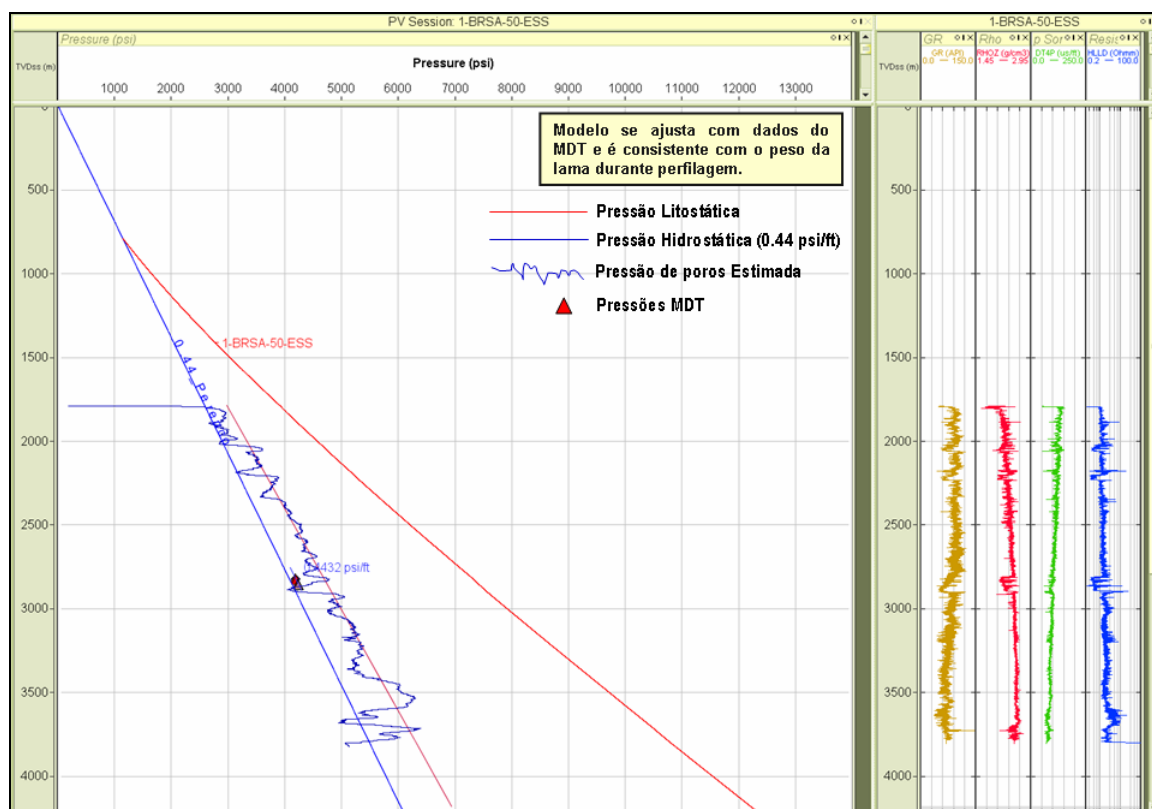


Figura II.5.1.2-11 - Gradiente de pressão - poço 1-BRSA-50-ESS

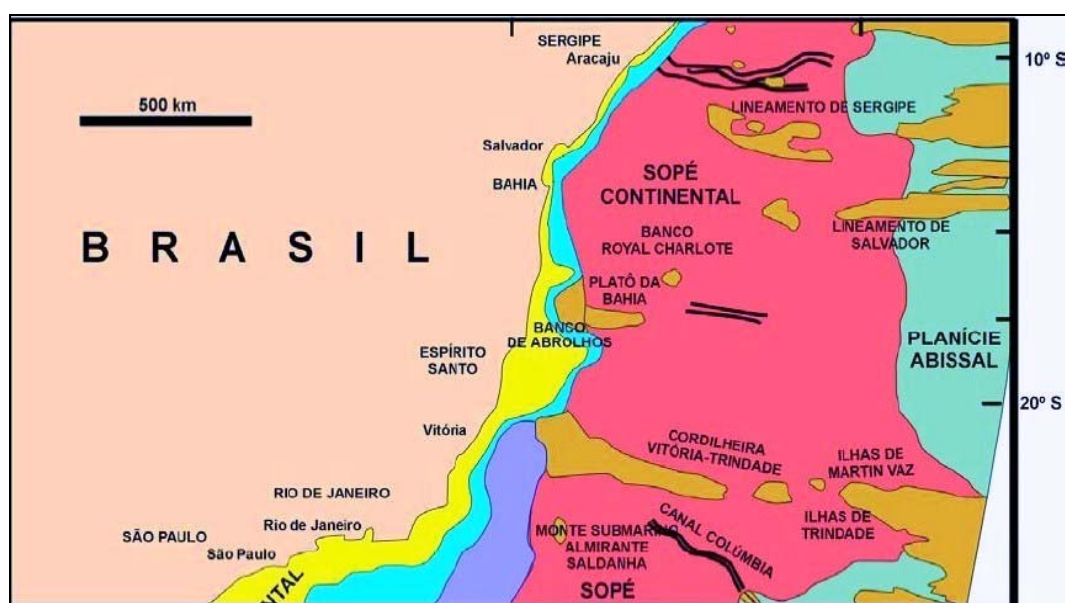
As locações de poços propostas compartilham níveis de reservatório e história de soterramento similares ao poço 1-BRSA-50-ESS. Não obstante, um estudo detalhado de pressão de poros será conduzido como parte integrante do processo de dimensionamento e desenho dos poços a serem perfurados. Modernos dados sísmicos 3D serão empregados e integrados, de forma a estabelecer o intervalo possível de pressão de poros e projetar o desenho de poço apropriado para cada caso, mitigando o risco de existência de qualquer zona de pressão anormal não prevista.

#### II.5.1.2.5 - **Fisiografia - Principais Unidades Fisiográficas Existentes, em Âmbito Regional e Local.**

##### II.5.1.2.5.1 - **Características Regionais**

A Bacia do Espírito Santo possui um domínio fisiográfico de transição entre a parte emersa do continente e a bacia oceânica. Sua fisiografia apresenta-se de forma bastante heterogênea se comparada às demais áreas do litoral brasileiro (Repsol, 2008).

As províncias fisiográficas típicas desta Bacia, representadas pela plataforma, talude e sopé continentais, possui em variações morfológicas peculiares, de setor para setor, determinadas pela natureza do embasamento cristalino, pela evolução geotectônica e pelos processos sedimentares e erosivos que se sucederam desde o evento de separação do Gondwana (PALMA, 1984) (Figura II.5.1.2-12).



Fonte: modificado de PALMA (1984)

Figura II.5.1.2-12 - Mapa fisiográfico da Margem continental Leste do Brasil e fundo oceânico adjacente.

As variações fisiográficas determinam também uma topografia altamente irregular e presença de áreas com altos declives, os quais podem gerar instabilidade dos depósitos sedimentares (Repsol/CEPEMAR, 2008).

De forma sintetizada, a Bacia do Espírito Santo possui dois grandes compartimentos (Muehe, 1998):

1. Macro Compartimento Bancos Royal Charlotte e Abrolhos - posicionado entre Ilhéus (BA) e a desembocadura do Rio Doce (ES). Nesta região prevalece um litoral dominado pelos tabuleiros formados por depósitos do Grupo Barreiras, que chegam a alcançar distâncias de até 110 km para o interior. Na linha de costa são observadas grandes progradações nas desembocaduras dos rios Jequitinhonha, Caravelas e Doce, onde há planícies deltaicas significantes.
2. Macro Compartimento Embaiamento de Tubarão - nesta região, entre o Banco de Abrolhos e a Bacia de Campos, há uma Margem Continental muito estreita. O limite sul deste compartimento foi estendido por Muehe (1998) até o rio Itabapoana.

Outra classificação, foi realizada por Martin (1996) que compartimentou o estado do Espírito Santo em 6 setores, considerando as unidades fisiográficas costeiras Tabuleiros do Barreiras e as Escarpas Cristalinas.

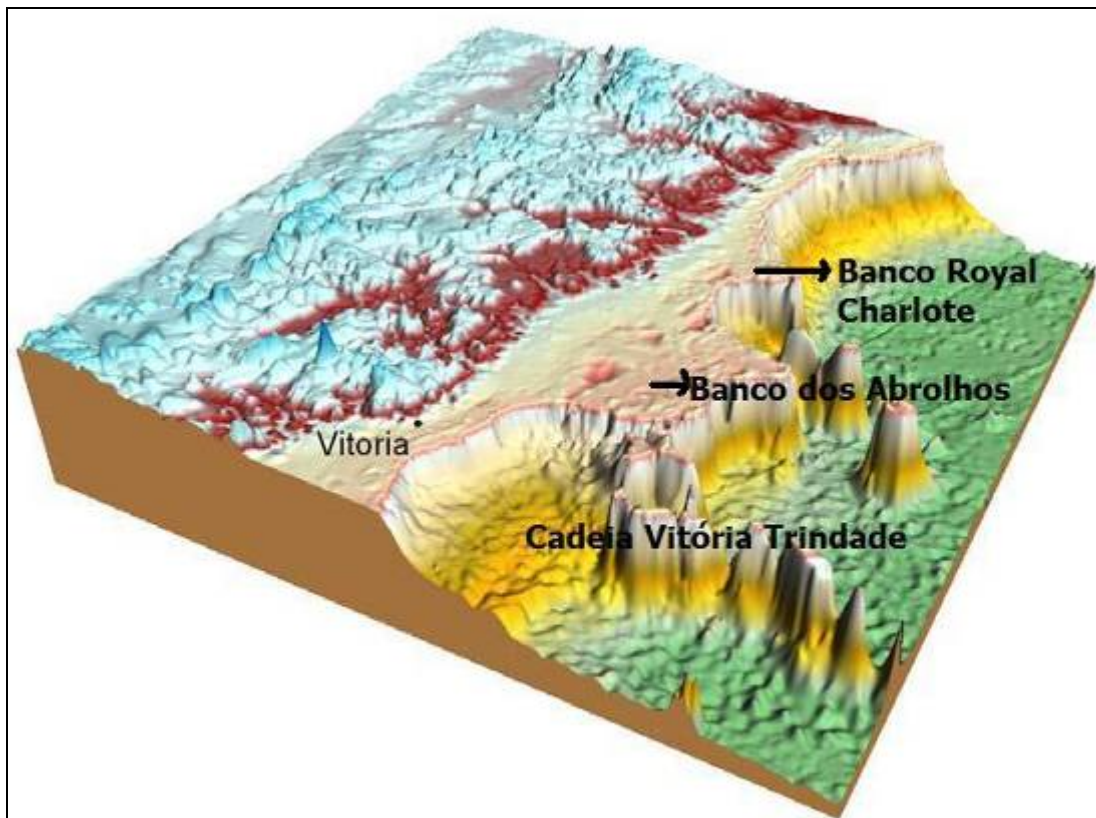
No aspecto relacionado à Plataforma Continental da Bacia do Espírito Santo, esta apresenta-se ampla na região entre Alcobaça (BA) e Rio Doce (ES), com sua quebra a aproximadamente 80m, aumentando de largura para sul, chegando a 100m em Guarapari, e recuando novamente a 40 m, entre os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Na região do Banco Submarino dos Abrolhos a Plataforma Continental se estende a mais de 240 Km da costa (E&P-SERV/USSUB/ GM, 2003 *apud* CEPEMAR, 2004), sendo que a maior parte dessa área possui menos de 50m de profundidade.

Essa mudança fisiográfica é devido à presença de embasamento vulcânico, que pode aflorar como no arquipélago de Abrolhos, o qual norteou o desenvolvimento de uma extensa plataforma carbonática. A plataforma apresenta, ainda, uma superfície irregular, que pode estar relacionada diretamente às edificações recifais, podendo atingir mais de 30 m de relevo relativo (BAPTISTA NETO & SILVA, 2004). Na porção sul do banco, a isóbata de 50m apresenta forte inflexão em direção ao centro do banco, o que pode denotar a presença de um paleocanal.

O talude continental ao longo da Bacia do Espírito Santo apresenta-se íngreme, com declividades acentuadas, que podem atingir até 1:2,5, sendo interrompido entre os bancos Royal Charlotte e



de Abrolhos pelo Platô da Bahia. Já a cadeia Vitória-Trindade é constituída por montes com topos rasos, atingindo até cerca de 60 m de profundidade, podendo estar aplainados e alinhados em uma direção leste-oeste, e aflorando sob a forma de ilhas, como as de Trindade e Martin Vaz. Essas feições refletem processos de vulcanismo intraplaca de característica alcalina, associados à *hot spot* (BAPTISTA NETO & SILVA, 2004) (Figura II.5.1.2-13).



Fonte: Conservação Internacional, 2005.

Figura II.5.1.2-13 - Perspectiva do Banco dos Abrolhos, Banco Royal Charlotte e montes submarinos da cadeia Vitória-Trindade (SE do Banco dos Abrolhos).

Ao sul do Banco de Abrolhos, o talude continental estende-se na direção NNE-SSW, divergindo para E-W nos limites com a borda sul do Banco de Abrolhos. Cortando a plataforma continental nesta região, ocorrem diversos canais, alguns dos quais se estendem talude abaixo, aparentemente convergindo para um canal principal, que se dirige para SSE, atingindo profundidades superiores a 2.000 m de lâmina d'água. Um destes canais, que surge a partir da isóbata de 40 m, foi relacionado por França (1979), ao paleocanal do Rio Doce, em períodos de mar baixo.

Na porção a sul da Cadeia Vitória-Trindade, está presente o Platô de São Paulo em sua porção final, caracterizando-se por um relevo irregular devido a halocinese dos evaporitos de idade



Aptiana. A maior inclinação da encosta ocorre na região de Abrolhos, atingindo profundidades de cerca de 3.500 m, na parte sul da Bacia do Espírito Santo. As notáveis extrusões vulcânicas provocaram a redução da largura na região do “embaçamento de Tubarão” para 48 km (Castaños, 2002).

Na região onde se insere a Bacia do Espírito Santo, o talude continental dá lugar ao Platô de São Paulo, que é caracterizado por um relevo irregular ocasionado pela movimentação de camadas de sal em subsuperfície (halocinese) e tem limite externo a uma profundidade aproximada de 3.000 m. De maneira geral, o sopé do talude acompanha paralelamente a quebra da plataforma continental, com apenas uma descontinuidade, ao longo da cadeia Vitória-Trindade (Alves *et al*, 1980).

#### II.5.1.2.5.2 - Características Locais

A área abrangida pelos blocos BM-ES- 37, 38, 39, 40 e 41, localiza-se em sua grande parte na área do Talude. Exceções são observadas na região norte dos blocos BM-ES-37 e BM-ES-38, áreas que abrangem a quebra da plataforma continental, representada pelo flanco sul do Complexo Vulcânico de Abrolhos (2388-00-EIA-DE-2002-00 - Mapa Fisiográfico e Morfológico). Já a parte a nordeste do bloco BM-ES-41, apresenta-se abrangida parcialmente pelo Banco Besnard, que limita à sudeste os blocos.

No aspecto relacionado à lâmina d’água, os blocos apresentam variação entre 70m, ao norte, e 2.000m, a sudeste (2388-00-EIA-DE-2003-00 - Mapa de Batimetria Detalhada do Bloco).

A empresa *Gardline Surveys Inc.* elaborou um estudo caracterização do assoalho marinho para a Perenco com o objetivo de caracterizar o leito marinho da área dos blocos BM-ES-37 a 41. A Perenco disponibilizou para o estudo os dados de *echo sounder* de feixe único dos programas sísmicos 2D e 3D, além de 1.900 km<sup>2</sup> de dados sísmicos 3D e 1.998 km de dados sísmicos 2D.

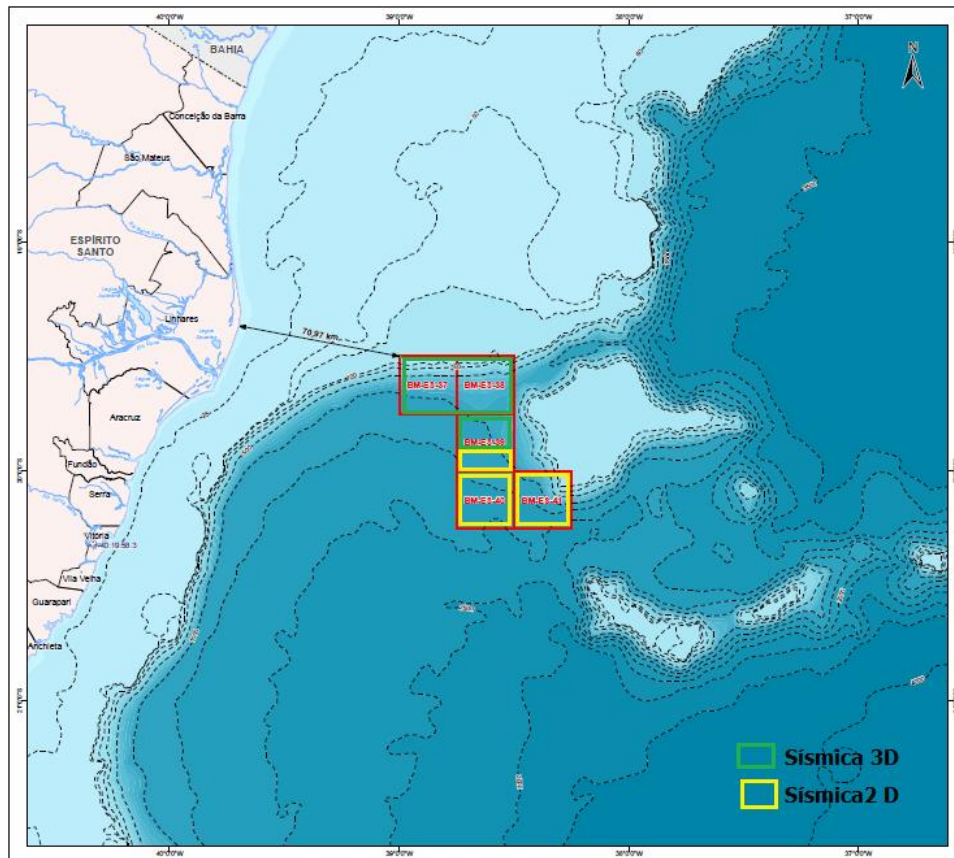


Figura II.5.1.2-14 - Áreas de levantamento sísmico 2D e 3D na área dos blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41.

Os dados sísmicos 3D são de alta qualidade e permitiram analisar a morfologia e composição do leito marinho, enquanto os dados sísmicos 2D ajudaram na identificação de locais potenciais de sensibilidade biológica, conforme descrito na Seção do Meio Biótico (II.5.2), e também no entendimento dos processos geológicos fundamentais que impactam na morfologia do leito marinho, onde os dados exploratórios de sísmica 3D não estavam disponíveis. Foram produzidos quatro mapas do leito marinho: (i) O Mapa de Profundidade do Leito Marinho (2388-00-EIA-DE-2004-00) ilustra a profundidade do leito marítimo em metros abaixo da superfície do mar; (ii) o Mapa de Amplitude do Leito Marinho (2388-00-EIA-DE-2005-00) apresenta a amplitude do leito marítimo na região coberta pela sísmica 3D; (iii) o Mapa do Gradiente do Leito Marinho (2388-00-EIA-DE-2006-00) é um mapa de gradiente obtido a partir do mapa batimétrico; (iv) e o Mapa de Distribuição de Fácies Sedimentares (2388-00-EIA-DE-2007-00) ilustra a distribuição de fácies sedimentares previstas ao longo da área de estudo.

Vários pequenos canais de drenagem cortam a área de quebra da plataforma ao noroeste da área de estudo no bloco BM-ES-37 (Figura II.5.1.2-15). Estes canais medem aproximadamente 1.000 m de comprimento e 100 m de profundidade, drenando para SSE, e são considerados como

ativos. Alguns desses canais mostram-se conectados a complexos maiores de canais observados na porção superior do talude continental e serão discutidos em detalhe a seguir. Canais de drenagem similares, porém menos definidos, são observados à nordeste do Bloco BM-ES-38. De maneira semelhante, estes canais de drenagem exibem alguma conectividade com canais de drenagem maiores observados na porção superior do talude continental e também serão objeto de discussão a seguir.

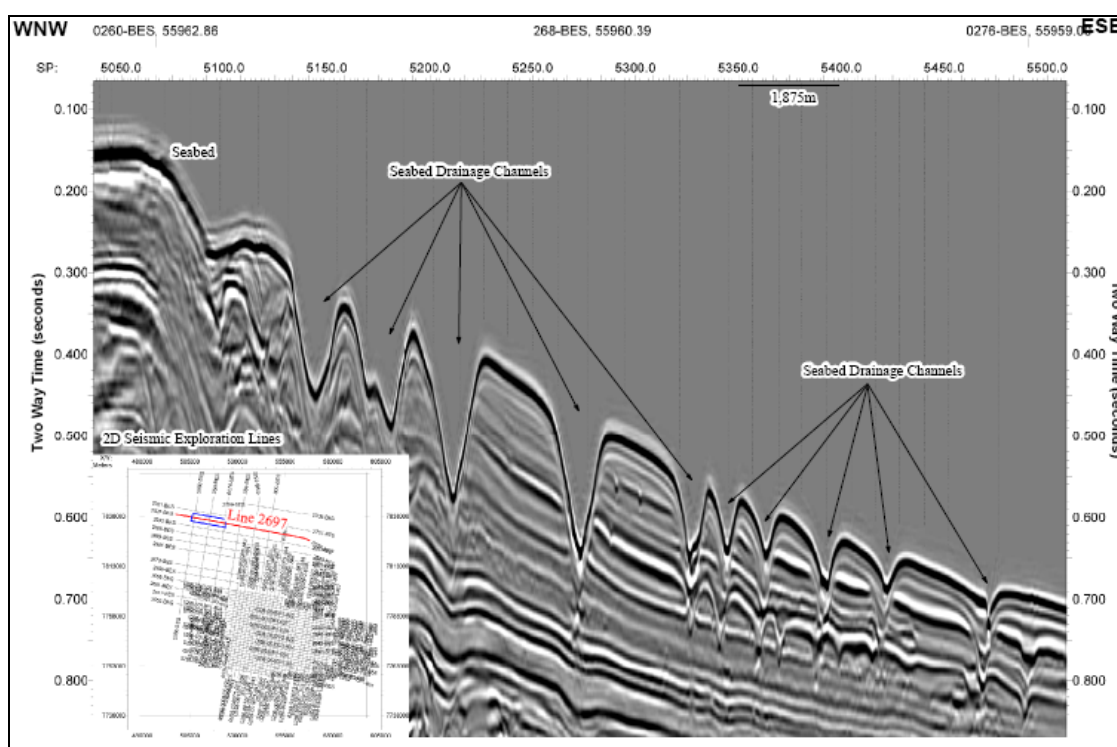


Figura II.5.1.2-15 - Canais de drenagem de sedimento ao longo da face de quebra da Plataforma

Uma série complexa de canais de drenagem de maior escala são observados na região noroeste central da área de estudo. Esses canais são considerados predominantemente inativos no presente e, principalmente, um relictos do último período de mar baixo, entretanto, alguma drenagem menor ainda é esperada, já que há evidências de ligação dos complexos oeste e central aos canais menores supracitados, que cortam a área de quebra da plataforma.

A feição de canal mais ocidental é denominada "canal de drenagem oeste" e é um canal meandrante originado da margem oeste da área de estudo. Este canal exibe perfil vertical em forma de "U" bem definido (Figura II.5.1.2-16, Figura II.5.1.2-17 e Figura II.5.1.2-18) e apresenta comprimento máximo de 2.000 m e 200 m de profundidade.

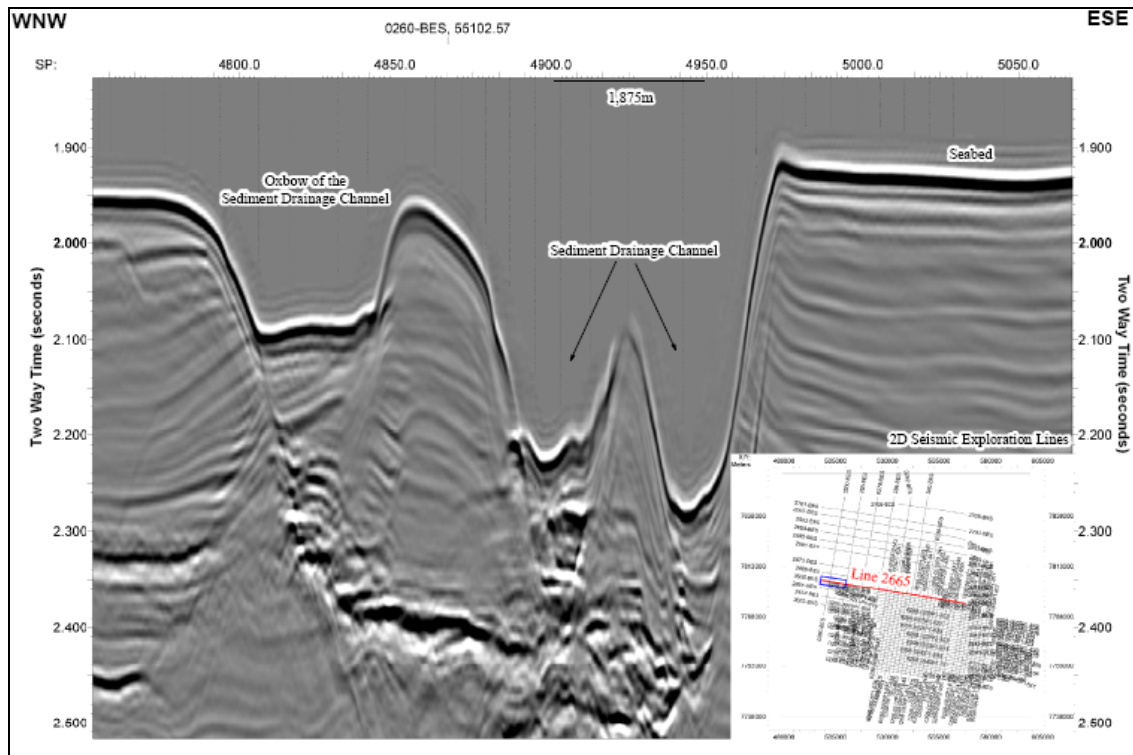


Figura II.5.1.2-16 - Perfil vertical em "U" e a porção inferior do "Canal de Drenagem Oeste"

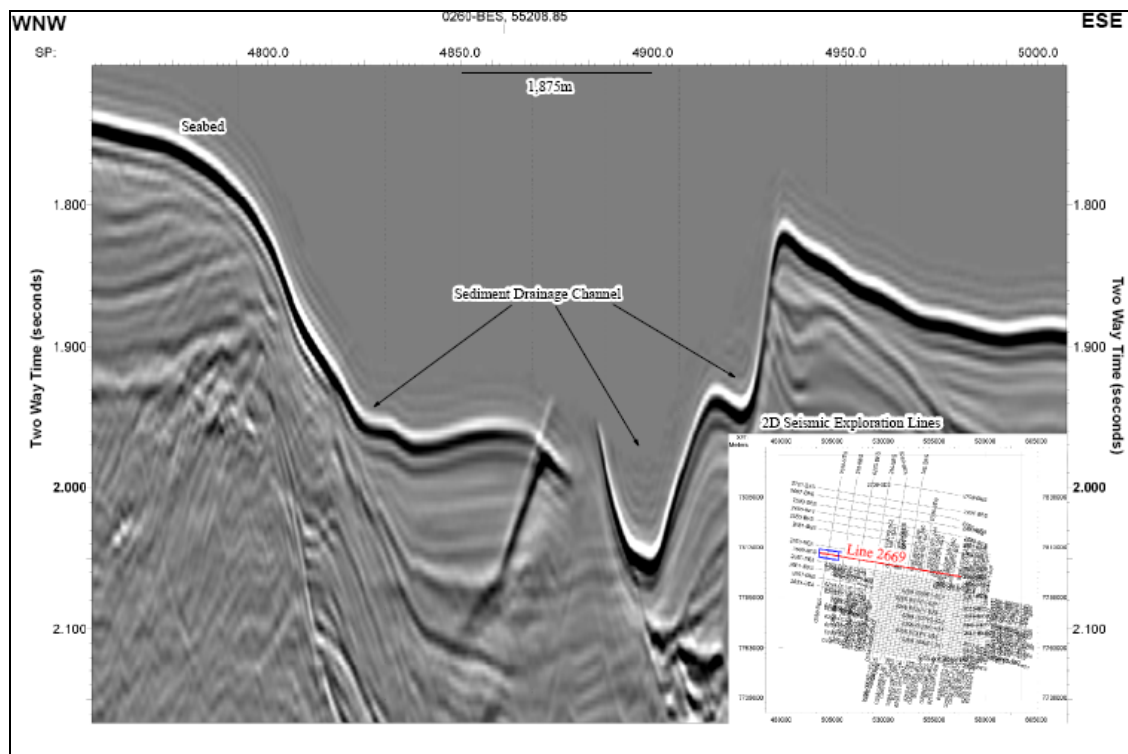


Figura II.5.1.2-17 - Porção média do "Canal de Drenagem Oeste"



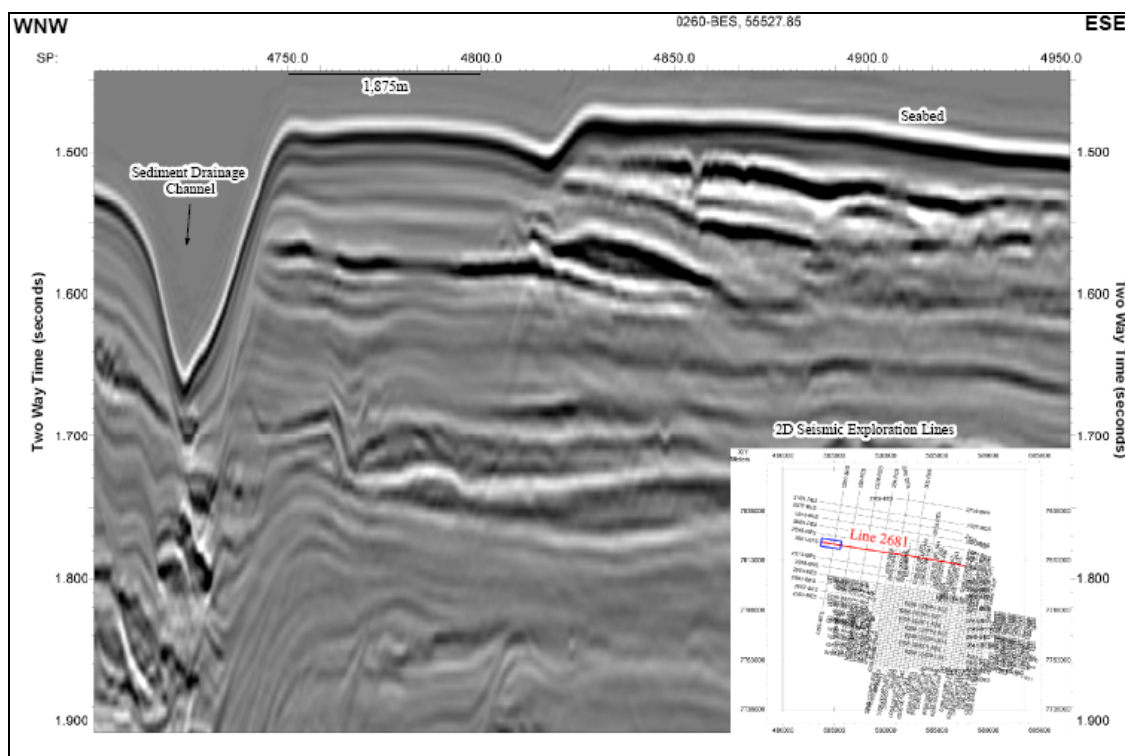


Figura II.5.1.2-18 - Porção superior do "Canal de Drenagem Oeste".

O complexo de canal que ocorre mais ao centro, denominado "complexo de canal de drenagem central", possui direção sudoeste e origina-se na região compreendida entre o sudeste do Bloco BM-ES-37, sudoeste do BM-ES-38 e Porção Central do BM-ES-42. Este complexo exibe um padrão dendrítico sinuoso (Figura II.5.1.2-19, Figura II.5.1.2-20, Figura II.5.1.2-21 e Figura II.5.1.2-22) e é afetado localmente pela elevação dos diápiros salinos subjacentes que controlam localmente o curso do canal. Estes canais tem comprimento máximo de 1.500 m e profundidade máxima de 150 m.

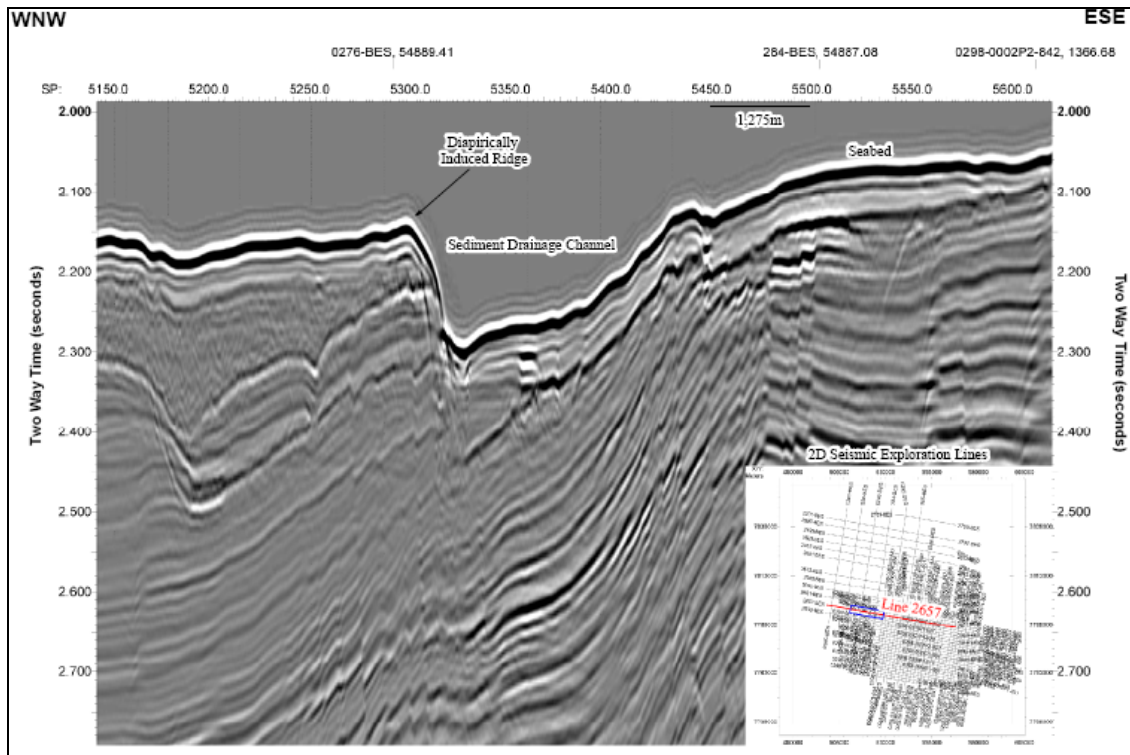


Figura II.5.1.2-19 - Escarpa originada por diapirismo salino, e a leste, a porção inferior do “Canal de drenagem Central”

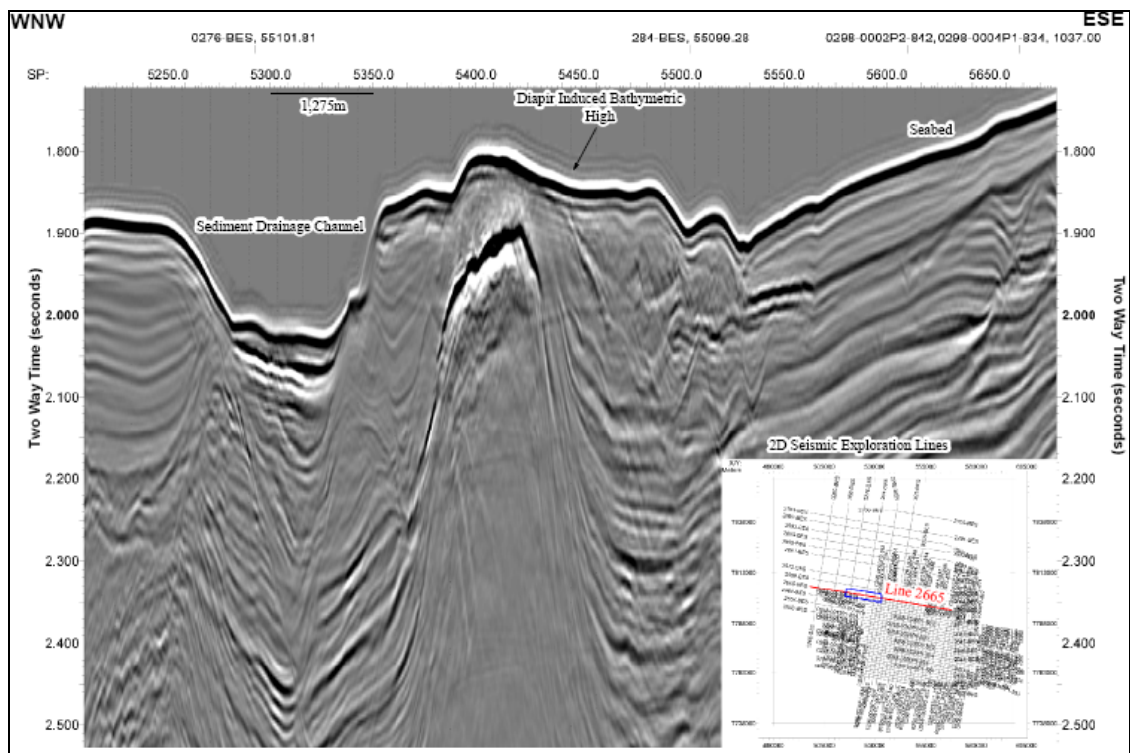


Figura II.5.1.2-20 - Alto batimétrico induzido por diapirismo salino e a porção inferior do “Canal de Drenagem Central”.

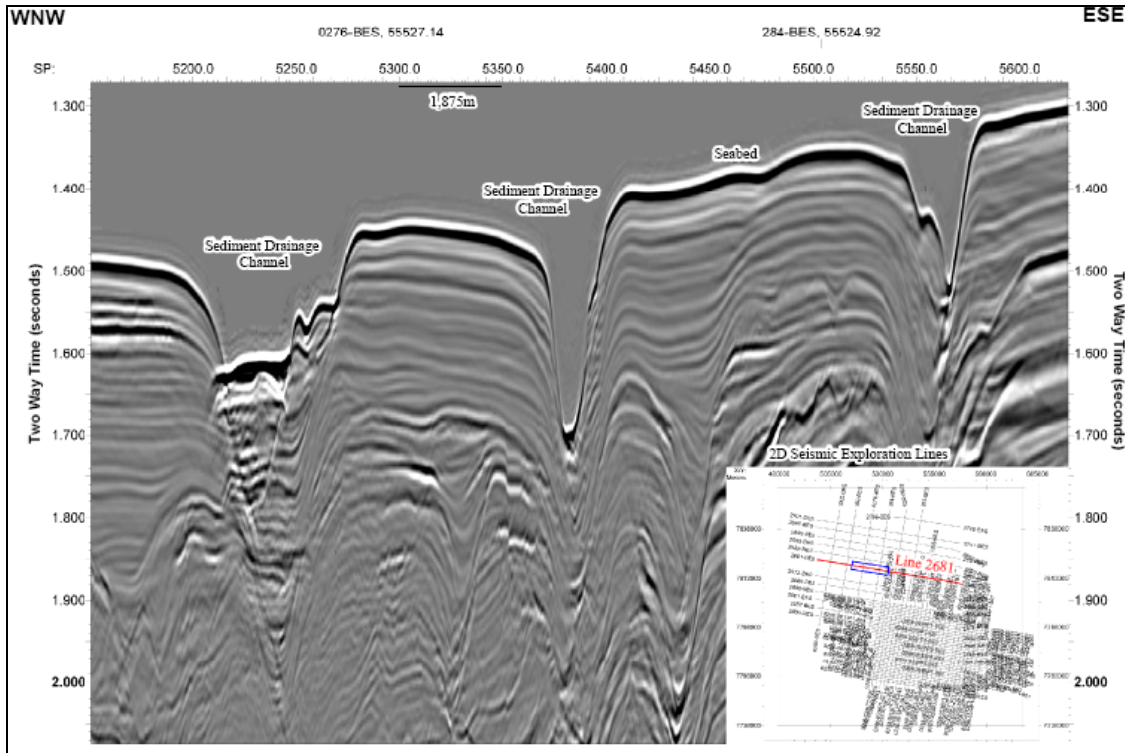


Figura II.5.1.2-21 - Porção média do "Canal de Drenagem Central"

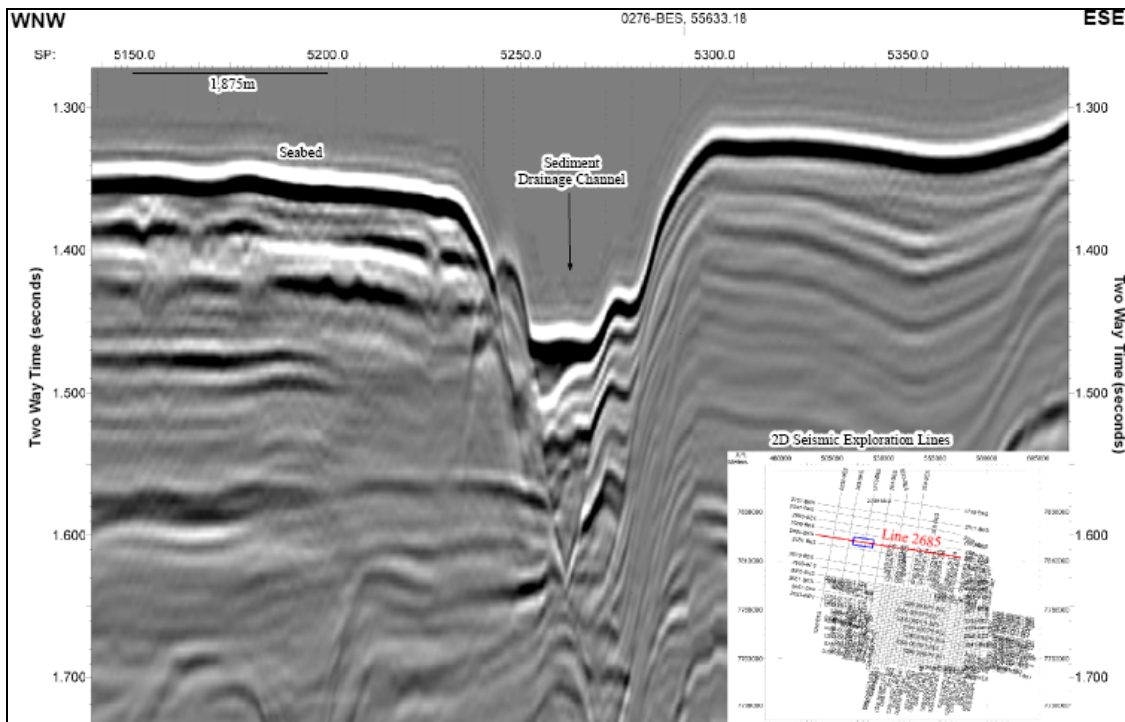


Figura II.5.1.2-22 - Porção Central do "Canal de Drenagem Central"

Um canal isolado, de sentido norte a sul, está localizado a leste do complexo central. Este canal tem comprimento máximo de 1.000 m e profundidade máxima de 50 m.

Dois canais de orientação predominante norte-sul estão localizados imediatamente a sul do Monte Besnard, a sudeste da área de estudo no Bloco BM-ES-41 (Figura II.5.1.2-23). Estes canais têm comprimento máximo de 1.500 m e profundidade máxima de 150 m. Eles são interpretados como feições originadas de escorregamento do talude, em vez de feições de canal de drenagem. Não há nenhuma fonte óbvia para qualquer erosão de drenagem a partir da região do Monte Besnard.

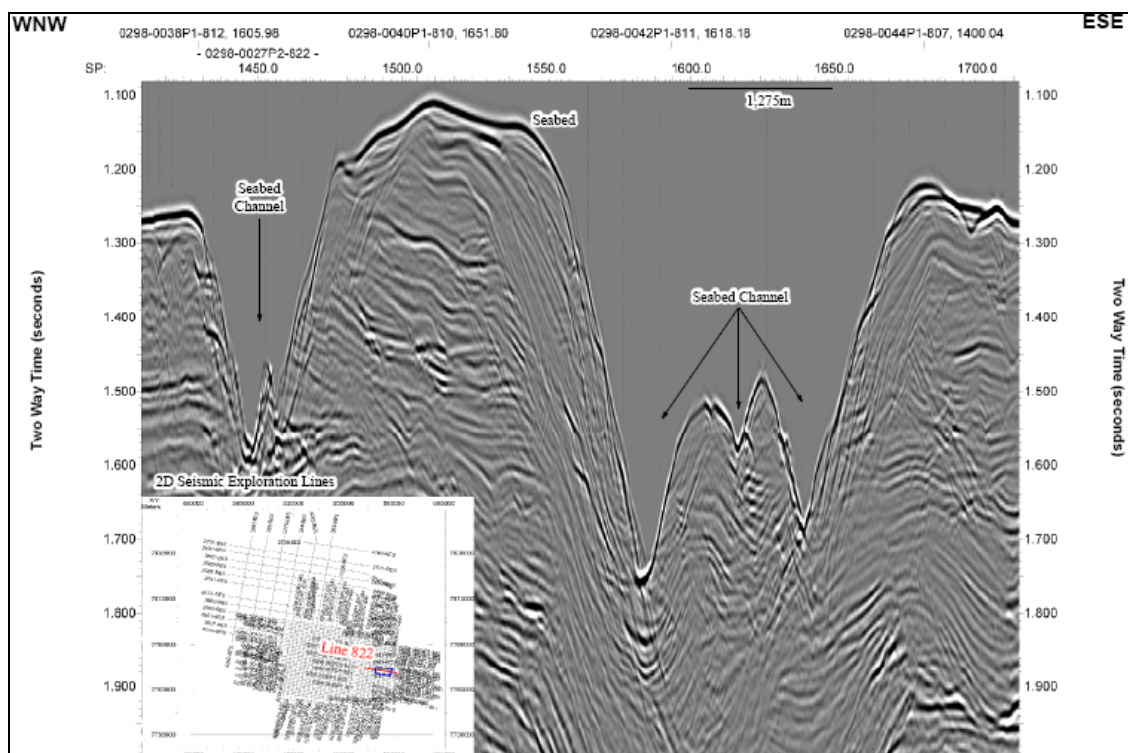


Figura II.5.1.2-23 - Canais de drenagem localizados ao sul do Monte Besnard

O diapirismo salino controla a batimetria na parte centro-sul da área de estudo, resultando em várias cristas secundárias e altos batimétricos (Figura II.5.1.2-24, Figura II.5.1.2-25, Figura II.5.1.2-26, Figura II.5.1.2-27 e Figura II.5.1.2-28). Além disso, falhas induzidas por tal diapirismo são observadas nas áreas do centro-sul e central (Figura II.5.1.2-25 e Figura II.5.1.2-26).



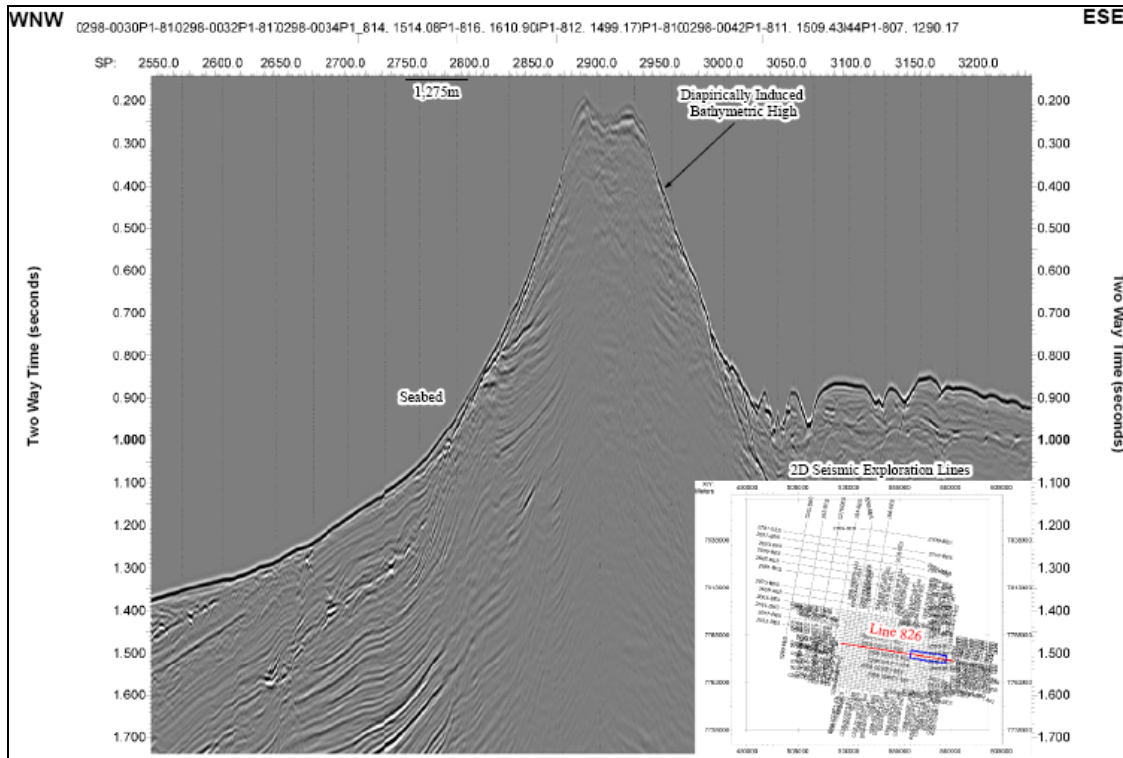


Figura II.5.1.2-24 - Alto batimétrico induzido por diapirismo salino

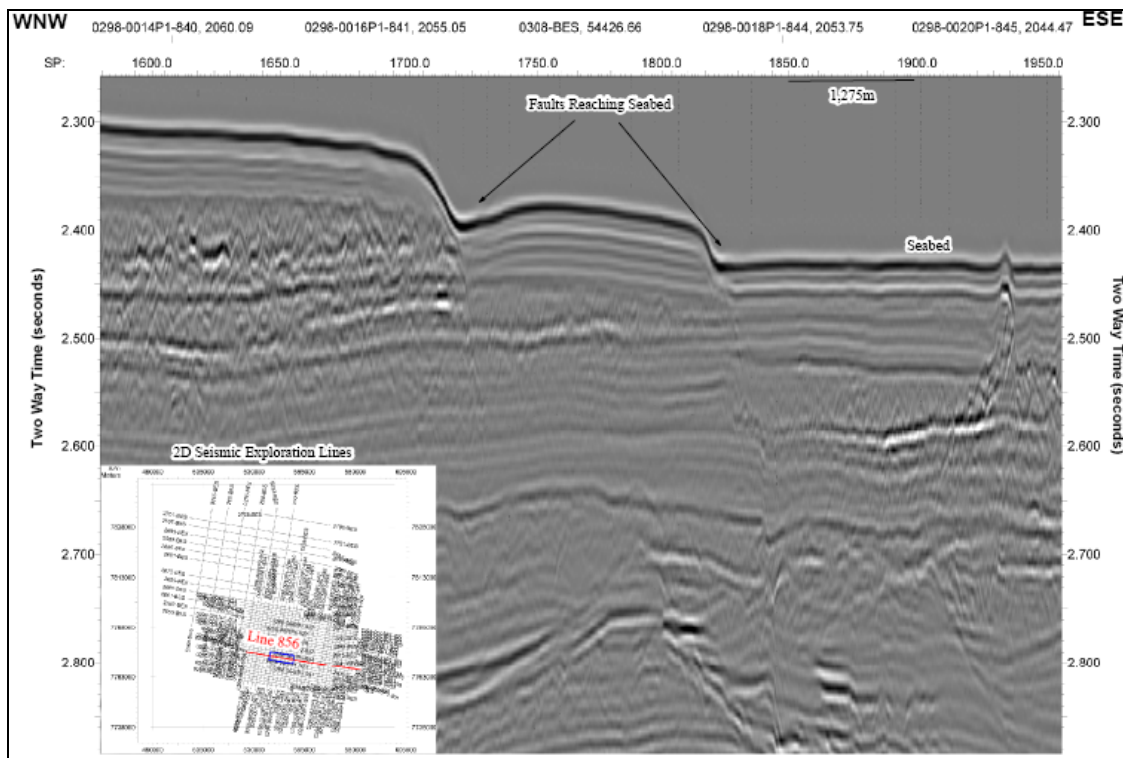


Figura II.5.1.2-25 - Falhas afetando o leito marinho

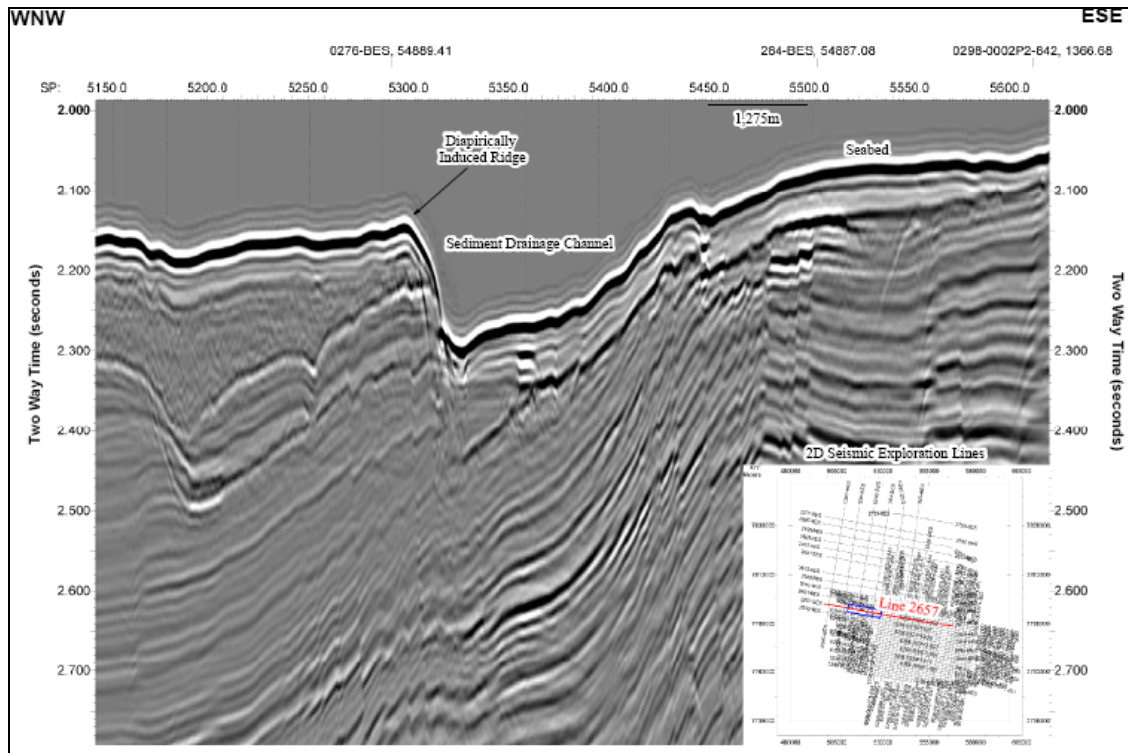


Figura II.5.1.2-26 - Escarpa originada por diapirismo salino, e a leste, a porção inferior do "Canal de drenagem Central"

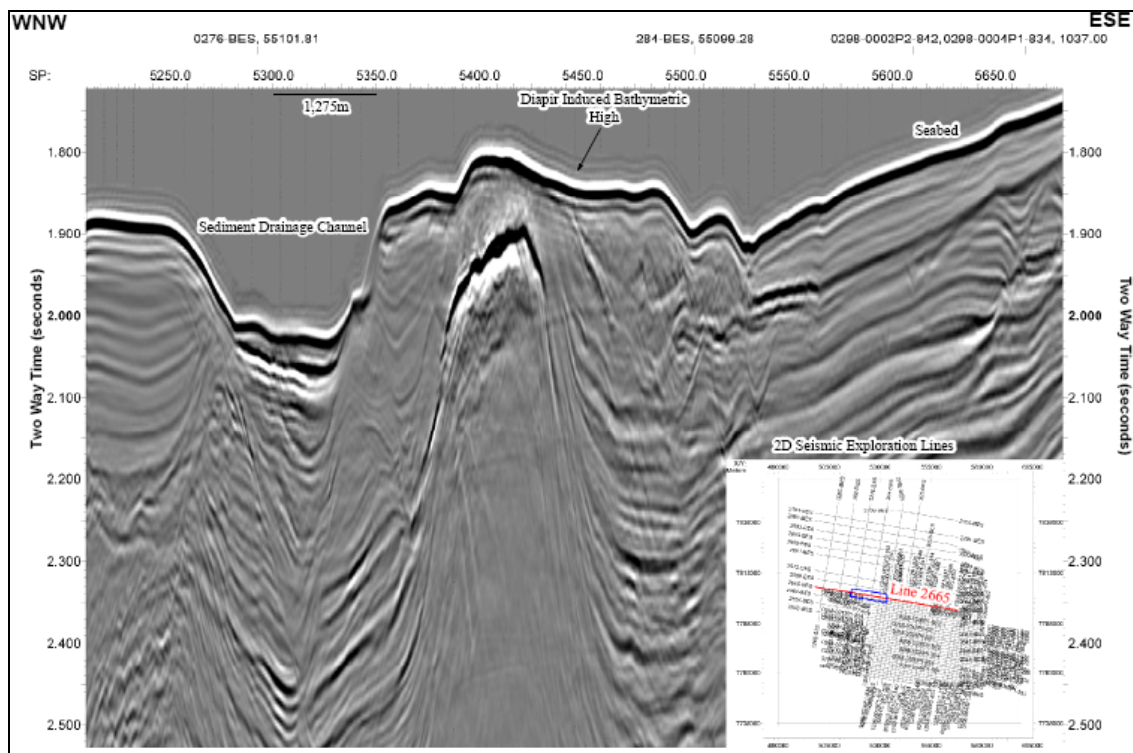


Figura II.5.1.2-27 - Alto batimétrico induzido por diapirismo salino e a porção inferior do "Canal de Drenagem Central".

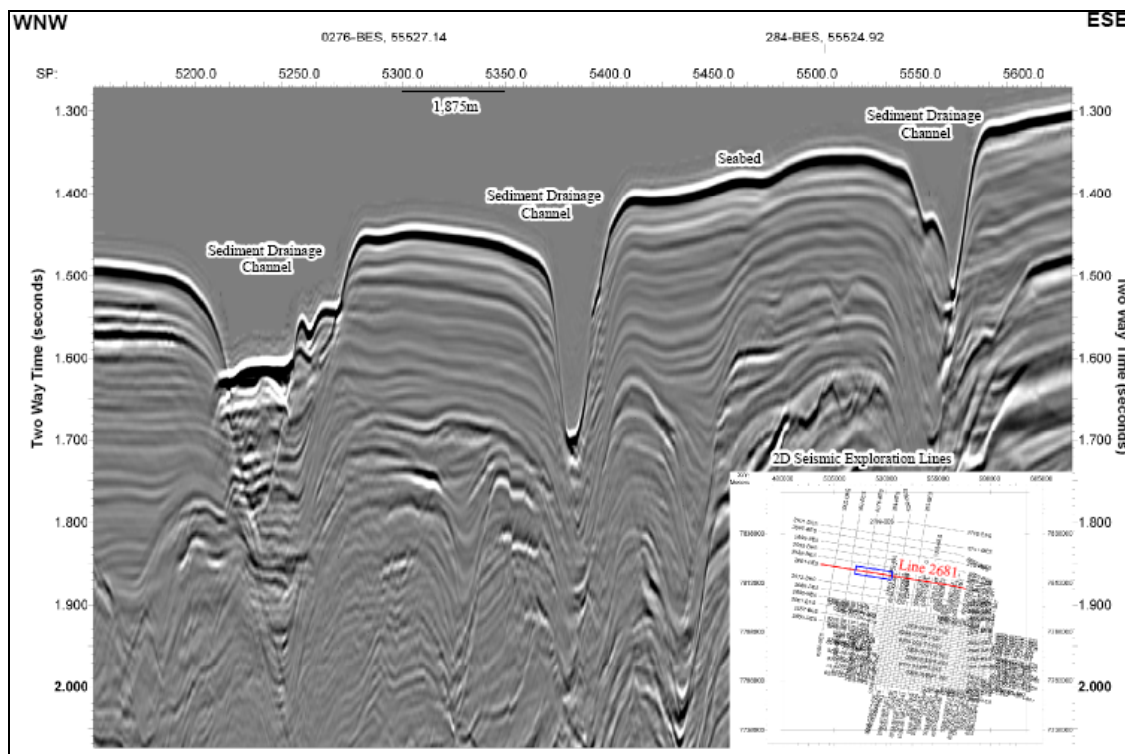


Figura II.5.1.2-28 - Porção média do “Canal de Drenagem Central”

Uma franja de pequenas falhas no fundo marinho é observada entre o centro da área e a margem leste. Estas falhas apresentam menor importância, com pouca expressão no leito marinho.

O restante da área é suavemente ondulado.

## II.5.1.2.6 - Faciologia

### II.5.1.2.6.1 - Características Regionais

Segundo KOWSMANN & COSTA (1979), na plataforma continental entre a foz do rio Parnaíba e Vitória (região Nordeste/Leste), verifica-se a predominância de fácies carbonáticas com teores de  $\text{CaCO}_3$ , geralmente superiores a 75%, predominantes nas áreas do Banco Royal Charlotte e do Banco dos Abrolhos, sul da Bahia. As fácies terrígenas predominam na foz dos rios mais importantes da região nordeste/leste, em especial o São Francisco, o Mucuri, o São Mateus e o Doce, sendo os dois últimos localizados no Espírito Santo (MELO *et al*, 1975).

Segundo MELO *et al*. (1975) *apud* KOWSMANN & COSTA (1979), a predominância de carbonatos na plataforma continental da região Nordeste/Leste prende-se a fatores diversos: pequena profundidade da plataforma (menos que 60 m); domínio geral de águas relativamente quentes e

semi-aridez, o que determina rede de drenagem inexpressiva e intermitente (excetuados os poucos rios de maior vulto), fazendo baixar a taxa de sedimentação; e, por fim, a presença de substratos duros, necessários à fixação e crescimento dos calcários.

Os sedimentos carbonáticos têm granulação grossa, com mistura, em geral, de areias e cascalhos. Estes últimos predominam, sobretudo, na plataforma externa. Recifes de algas calcáreas, mais comumente incrustantes, preponderam nas áreas dos bancos Royal Charlotte e Abrolhos, onde produtos de sua decomposição - as areias de recifes de algas - predominam sobre as areias e cascalhos de algas ramificantes (KOWSMANN & COSTA 1979).

Conforme anteriormente descrito, os sedimentos terrígenos são representados por lamas dispostas ao largo da desembocadura de rios como o Doce, evidentes depósitos de origem fluvial. Os sedimentos terrígenos arenosos acumulados entre os rios Mucuri e o Doce, distinguem-se por alta pigmentação de óxido de ferro, grãos em forma subangular, razoável conteúdo de feldspatos e bom índice de retrabalhamento (MELO *et al*, 1975).

Apesar do alto índice de retrabalhamento, verificado pelo caráter da fração biogênica associada (SUMMERHAYES *et al*, 1975), a origem fluvial primária destes sedimentos ainda não é bastante clara.

De acordo com o esquema faciológico de DOMINGUEZ *et al*. (1981), a faixa de cristas de praia da borda oceânica da planície do rio Doce (largura de 5 km), antecede larga zona pantanosa, que se estende em direção ao interior até os alinhamentos remanescentes de terraços Pleistocênicos, defronte de falésias do Grupo/ Formação Barreiras.

No Banco dos Abrolhos existe uma depressão batimétrica à leste de São Mateus (Depressão de Abrolhos), delimitada pela isóbata atual de 60 m (ZEMBRUSCKI & FRANÇA, 1976; FRANÇA, 1979). Vários canais de origem fluvial convergem para esta Depressão. A mineralogia de argilas da região Nordeste/Leste oferece padrão bem homogêneo e reflete variações climáticas nas áreas-fontes (SUMMERHAYES *et al*, 1975).

Entretanto, na área dos Abrolhos, a presença de montmorilonita dentro do padrão caulinitico/ilítico da região Nordeste/Leste parece refletir a influência das rochas ígneas básicas dos Abrolhos (MELO *et al*, 1975).

O recobrimento sedimentar da plataforma continental interna da Bacia do Espírito Santo, de acordo com o mapa compilado por KOWSMANN & COSTA (1979), é caracterizado por areia fluvial retrabalhada, com uma faixa estreita de lama fluvial moderna, ao largo de Regência,



proveniente do rio Doce, e uma outra de areia, ao largo de Vitória, com supridor indeterminado. Esse recobrimento estende-se a profundidades que variam de 20 a 40 m. Em algumas áreas, a partir de 40 m, a plataforma é recoberta por cascalhos e areias de algas calcárias recifais. Nessa bacia, as construções carbonáticas encontram-se mais afastadas da costa, devido ao aumento relativo de contribuição terrígena, proveniente de rios que deságuam no mar.

De acordo com Hess/ENSR-AECON (2007), no centro-sul do Espírito do Santo ocorrem extensos bancos de algas calcárias, localizados na região costeira de Santa Cruz, entre a Barra do Sahí e o litoral de Manguinhos, reunindo a maior diversidade de espécies do Brasil. Bancos submersos de fundo rochoso ocorrem na Cadeia Oceânica Vitória-Trindade, afastado da costa de Vitória a mais de 200 km.

Segundo Repsol (2008), no talude continental, nas encostas da Cadeia Vitória-Trindade, são encontrados afloramentos rochosos ou sedimentos mais antigos, enquanto que no topo da cadeia estão presentes bioconstruções calcárias.

A porção mais profunda da bacia é composta por vasas calcárias, margas e lamas de diferentes composições. Contudo, devido à distância em relação à costa (cerca de 100 km) e a aparente ausência de movimentação de massa e transporte de sedimentação por cânions atuais, admite-se que o fundo esteja constituído, predominantemente, por sedimentos relativamente finos, onde é observado um domínio da fácies vasa calcárea/marga/lama (argila + silte) (Repsol, 2008) (2388-00-EIA-DE-2001-00 - Mapa Faciológico).

#### II.5.1.2.6.2 - Características Locais

Com base no estudo elaborado pela Gardline Surveys (ref. I.3.2) na região dos blocos em questão, é identificada a presença, principalmente, de argilas e siltes hemipelágicos definidos pela baixa amplitude relativa extraída no nível do leito marinho (2388-00-EIA-DE-2005-00 - Mapa de Amplitude do Leito Marinho e 2388-00-EIA-DE-2007-00 - Mapa de Distribuição de Fácies Sedimentares).

Ao longo da porção superior do talude continental na margem norte da área de estudo, e a sudeste da porção superior do talude continental, na área do Monte Besnard, sedimentos mais consolidados e antigos afloram como "hardgrounds" no fundo marinho.

Áreas de alta amplitude relativa, identificadas a noroeste da área de estudo, são indicativas de uma possível presença de sedimentos de granulometria grossa, associados a canais incisos ao longo da porção superior do talude continental. De maneira semelhante, áreas de alta amplitude

relativa, na parte nordeste, estariam relacionados com uma série de processos gravitacionais de perda de massa e a canais de drenagem de sedimentos ((2388-00-EIA-DE-2005-00 - Mapa de Amplitude do Leito Marinho e 2388-00-EIA-DE-2007-00 - Mapa de Distribuição de Fácies Sedimentares)).

Sedimentos de granulometria grossa são esperados nos canais de drenagem incisivos. Ocasionalmente aumentos na amplitude localizados na região desses canais são interpretados como um aumento na concentração relativa dos sedimentos mais grosseiros, possivelmente areias.

À Noroeste, um leque de sedimentos, provenientes do complexo de canais de incisão, é claramente definido pelas amplitudes extraídas do leito marinho e em seções sísmicas. Este depósito de leque é interpretado como sendo composto, predominantemente, por sedimentos de granulometria grossa, provavelmente areias.

O mapa de fácies do leito marinho elaborado pela Gardline na região dos blocos em questão encontra-se no (2388-00-EIA-DE-2007-00 - Mapa de Distribuição de Fácies Sedimentares).

#### II.5.1.2.7 - Caracterização Geotécnica

Informações relacionadas à estabilidade de fundo foram avaliadas através do estudo da Gardline Surveys realizado na área dos blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41.

De forma geral, na área dos blocos, a cota batimétrica varia de - 70 m, nas margens norte e leste, a - 2.075m, na parte sudeste. O leito marinho aprofunda-se do norte e leste para o sudoeste.

Comumente, os gradientes batimétricos observados na região são menores que  $<3.0^\circ$ , exceto nas proximidades dos canais de drenagem e na porção continental superior do talude continental. Nessas áreas os gradientes alcançam até  $50^\circ$  e  $19^\circ$ , respectivamente. (2388-00-EIA-DE-2006-00 - Mapa do Gradiente do Leito Marinho).

O fundo marinho mostra-se suave e estável, sem evidência de rupturas superficiais recentes. Entretanto, o espaçamento entre a cobertura de dados 2D, que este estudo utiliza, não favorece a identificação de pequenas falhas superficiais. Já na área norte dos blocos coberta por sísmica 3D, três eventos de movimento gravitacionais de massa foram identificados (Figura II.5.1.2-29, Figura II.5.1.2-30, Figura II.5.1.2-31 e Figura II.5.1.2-32).

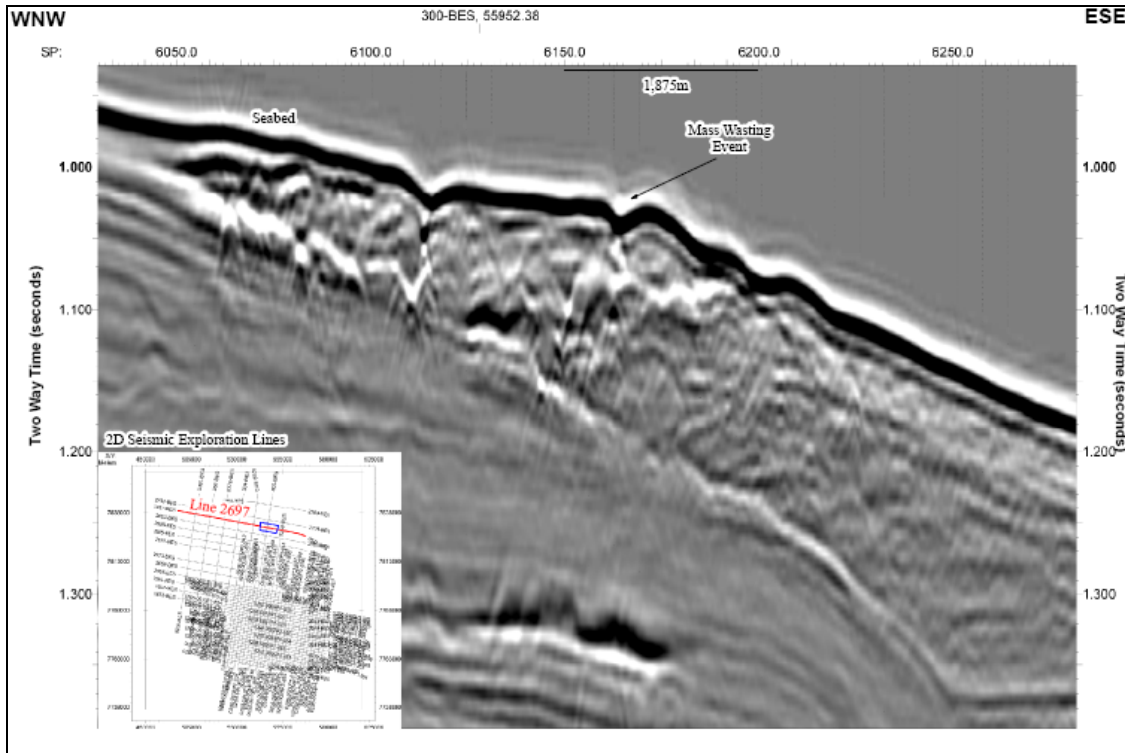


Figura II.5.1.2-29 - Evento de perda de massa abaixo da quebra da plataforma

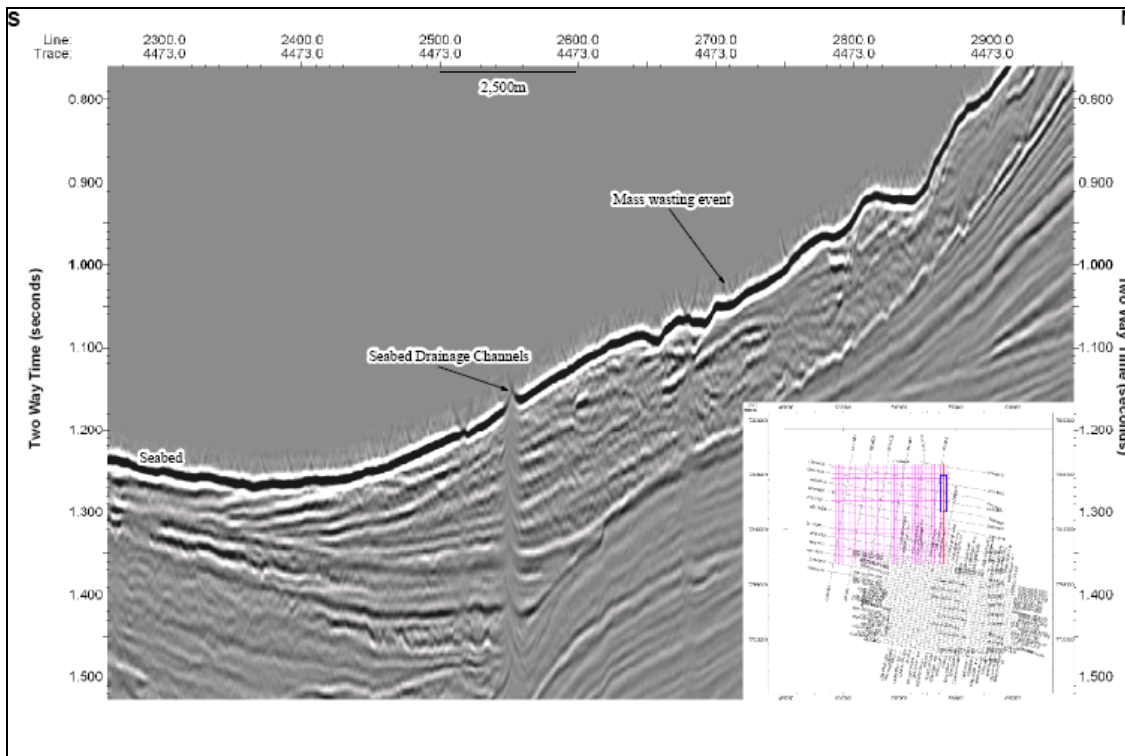


Figura II.5.1.2-30 - Evento de perda de massa abaixo da quebra da plataforma

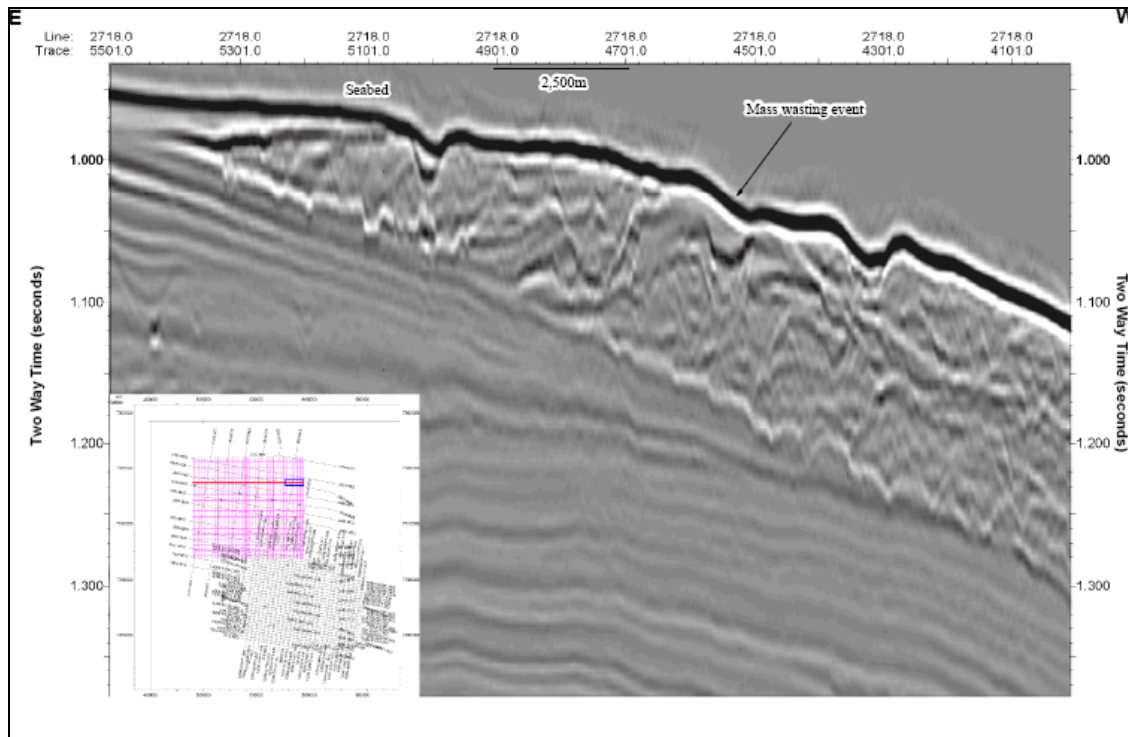


Figura II.5.1.2-31 - Evento de perda de massa abaixo da quebra da plataforma

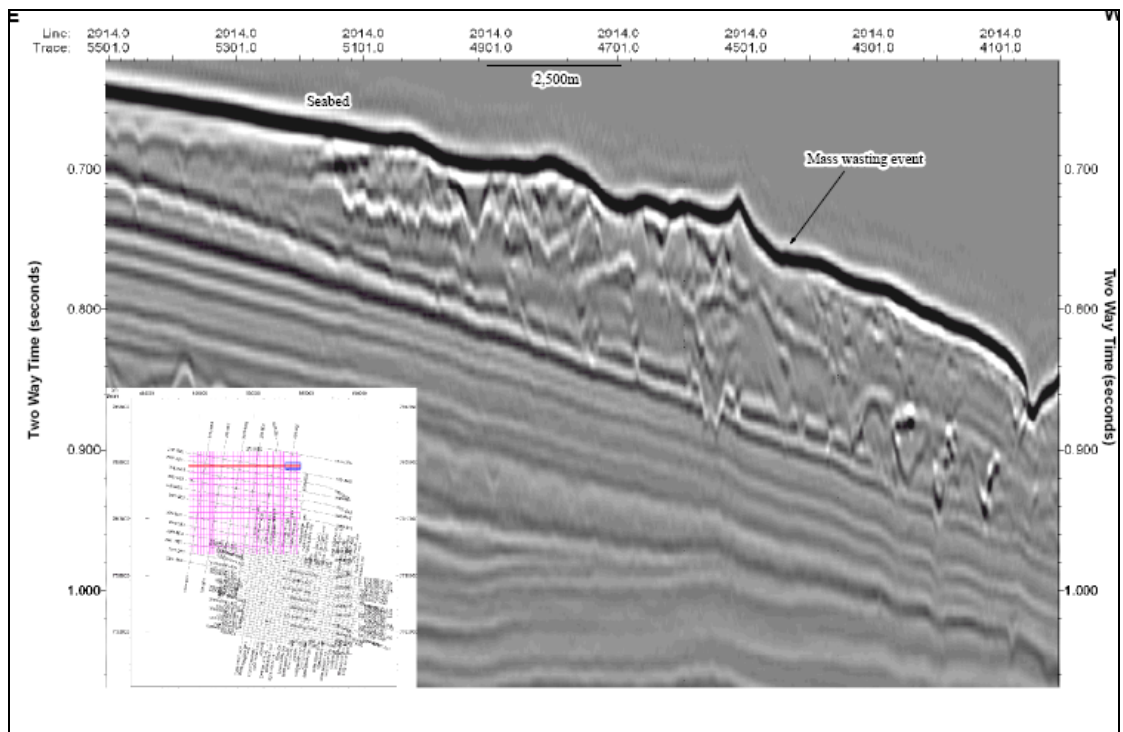


Figura II.5.1.2-32 - Evento de perda de massa abaixo da quebra da plataforma



São observadas algumas evidências de instabilidade ao longo da porção superior mais íngreme do talude continental, localizadas no nordeste da área (Figura II.5.1.2-29, Figura II.5.1.2-30, Figura II.5.1.2-31 e Figura II.5.1.2-32), onde a renderização ilustra algumas rupturas no nordeste do Bloco BM-ES-38. Tomando como analogia outras áreas de águas profundas de características semelhantes, taludes com gradientes maiores que  $10^\circ$  são considerados como de potencial instabilidade futura.

Ocasionalmente são observadas áreas de escorregamento (*slumps*) ao longo dos flancos dos canais de drenagem de sedimentos, devido a gradientes mais elevados.

Existem algumas falhas menores no leito marítimo distribuídas pela área de estudo, especialmente no sul. Estas falhas não parecem atuar como catalisadores de instabilidade e provavelmente não afetam a estabilidade do leito marítimo.

Uma faixa de falhas no leito marinho pode ser observada, estendendo-se desde o centro da área de estudo até o limite leste e em direção ao sul. Estas falhas são relativamente menos abruptas e com menor expressão no leito marítimo. Algumas falhas estruturais isoladas são observadas nas áreas central e centro-sul em associação com o diapirismo salino (Figuras II.5.1.2-33 e 34).

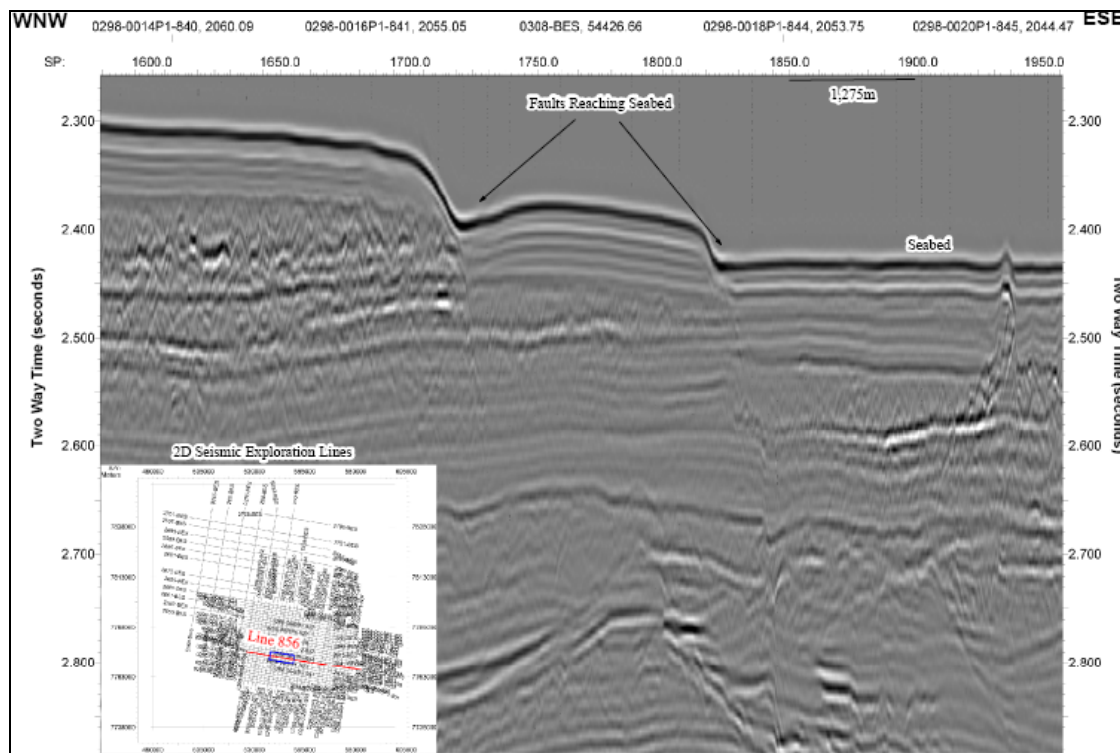


Figura II.5.1.2-33 - Falhas afetando o leito marinho

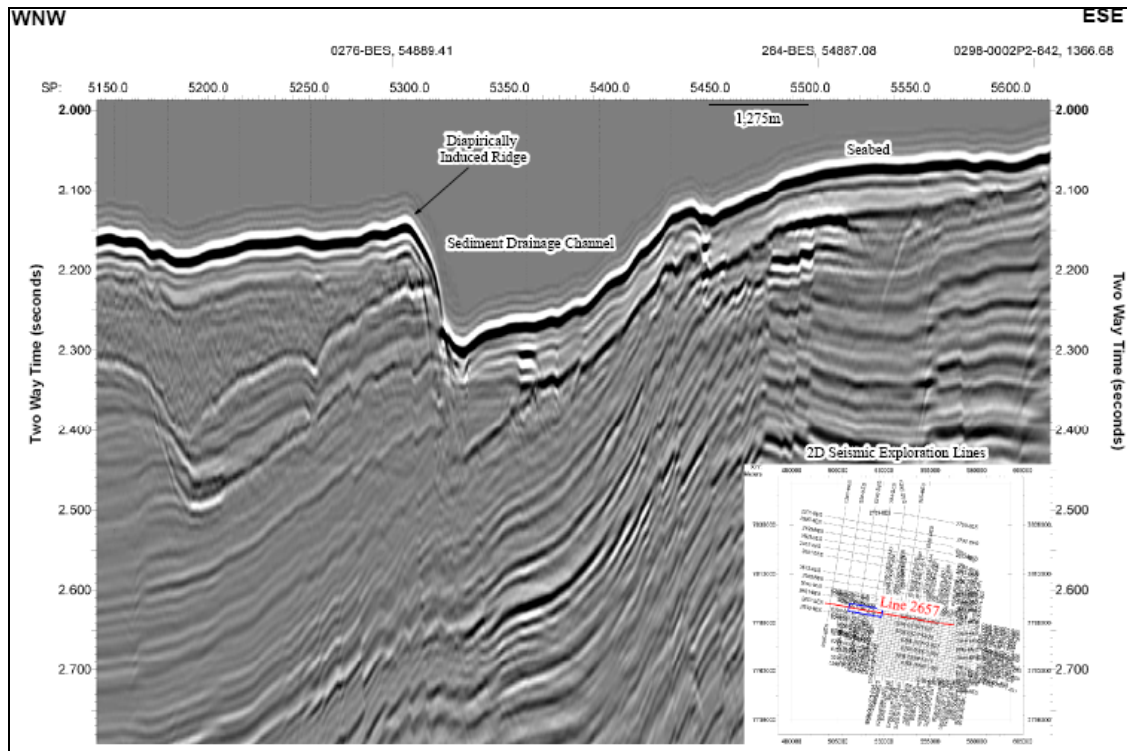


Figura II.5.1.2-34 - Escarpa originada por diapirismo salino, e a leste, a porção inferior do "Canal de drenagem Central"

Com base nas informações obtidas, serão analisados e, porventura, reposicionados os futuros poços a serem perfurados nas áreas compreendidas entre os blocos BM-ES-37, 38, 39, 40 e 41. As áreas indicadas como regiões de gradiente maior que 10°, como, por exemplo, aquelas localizadas nas proximidades do Monte Besnard e ao sudeste do bloco BM-ES-37, não serão foco das perfurações. Destaca-se, ainda, que as regiões de plataforma ao norte dos blocos BM-ES-37 e 38, assim como as regiões centro/norte do bloco BM-ES-41, possuem lâmina d'água superior a 500 m, estando, assim, inviabilizadas para perfuração, conforme estabelecido pelo TR-02/09.

