



PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS SÍSMICOS DE ALTA RESOLUÇÃO NA PLATAFORMA MODERNA DA BACIA DE CAMPOS

Zaque Alves de Araújo Júnior¹, IGEO/UFRJ ; Carlos Jorge Abreu², IGEO/UFB; Gleide Alencar Nascimento Dias³, IGEO/UFRJ

Copyright 2017, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 31 July to 3 August, 2017.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Resumo

A sísmica de reflexão na indústria petrolífera tem finalidade exclusiva de se encontrar trapas e estruturas que possibilitam a acumulação de petróleo, sendo importantes para resolução e imageamento de feições geológicas e reservatórios. Nesse estudo foram processadas e interpretadas três linhas sísmicas 2D de alta resolução, 3A, 4A e 9, localizadas na plataforma ao sul da Bacia de Campos. Os dados foram processados no software ProMAX/SeisSpace o qual possibilitou o refinamento dos refletores e assim identificar sequências, falhas, discordâncias e paleocanais presentes. Depois houve carregamento e posterior interpretação dos dados sísmicos no software *SeisVision/Geographics* onde foram identificados 4 discordâncias: (1) o fundo do mar (**FM**), (2) discordância **A**, possível discordância Pleistoceno-Holoceno, (3) uma discordância **B** com pouca continuidade lateral e descontinuidades geradas por falhas normais e (4) uma discordância **C** descontínua e irregular com amplitude negativa muito forte. Também foram identificados sismofácies de preenchimento com paleocanais na sismossequência compreendida entre a possível discordância Pleistoceno-Holoceno e a discordância B. Vale ressaltar que os paleocanais interpretados estão situados no topo do Pleistoceno, possivelmente associado a rebaixamento do nível do mar.

Introdução

Até o momento, aproximadamente 90% da produção de petróleo no Brasil provém de acumulações de hidrocarbonetos em reservatórios arenosos depositados em águas profundas (turbiditos). Para o entendimento dos modelos de deposição e de sua área fonte é importante compreender o suprimento e os caminhos por onde passam tais sedimentos até atingirem o seu local final de acumulação. A plataforma atual da bacia de Campos, com mais de cem quilômetros de largura, com certeza, tem exercido grande influência neste processo sendo de extrema importância estudos que visam entender melhor a dinâmica de fluxo sedimentar que

atinge os sítios deposicionais de turbiditos e lobos pós-talude.

A área plataformal da Bacia de Campos é sub-horizontal, possuindo largura variável sendo mais larga ao sul e estreita ao norte, apresentando gradiente máximo de 1:1000, seu domínio vai da face de praia até o talude continental, com limite na quebra da plataforma. Nela, houve uma sequência prográdante muito espessa, ocasionada por deposição constante de sedimentos terrígenos e subsidência térmica; também apresenta vestígios de drenagem escavada possivelmente em épocas de nível de mar rebaixado, direcionada ao talude (Lima, 2003). Nas áreas de talude existem feições erosivas por onde correm fluxos sedimentares terrígenos e conseqüente deposição posterior formando depósitos de mar profundo e sistemas de leques submarinos, principalmente turbiditos constituindo os mais importantes reservatórios da Bacia de Campos (Peres, 1990).

Método

Na análise sísmica é observado o fenômeno de propagação de ondas em um meio através de dois processos ondulatórios independentes, definidos pelas ondas primárias (P) e pelas ondas secundárias (S), estas últimas não se propagam em líquidos. Caracterizadas pelo aspecto dinâmico, as ondas P são compressionais e as ondas S são definidas como cisalhantes; isso porque são essas as características deixadas nas partículas materiais submetidas a tais frentes de ondas.

A estratigrafia sísmica é o estudo de sucessões estratigráficas através dos métodos sísmicos de prospecção. Dentre os termos mais comuns, vale destacar: padrões de terminações de reflexões, discordância, sismossequência e sismofácies. Mitchum *et al.* (1977b) considera discordância como uma superfície de erosão ou não deposição que separa estratos mais novos dos mais antigos e representa um hiato significativo. Tal definição foi posteriormente modificada por Van Wagoner *et al.* (1988), que descreve uma discordância como uma superfície que separa estratos mais novos de estratos mais antigos, tendo ao longo desta, evidência de exposição subaérea ou de erosão subaérea, com significativo hiato associado. As discordâncias podem ser classificadas e tipificadas de acordo com a maneira que o estrato termina em contato com o limite discordante de uma unidade ou sequência deposicional.

Toda análise sismoestratigráfica pode ser feita com base nas relações de terminações das reflexões, as mais utilizadas são: *lapout*, *onlap*, *downlap*, *toplap*, truncamento, concordância ou conformidade, mais comumente utilizado. A sismosequência é definida por Vail *et al.* (1991), como uma sequência deposicional identificada em uma seção sísmica sendo esta limitada na base e no topo por uma discordância, sendo estas determinadas por diferentes padrões de terminações de reflexões sísmicas.

Sismo fácies segundo Brown Jr. e Fisher (1980), a definição que melhor caracteriza as fácies sísmicas é a que define como unidade tridimensional, espacialmente definida, constituída por refletores sísmicos cujos parâmetros inerentes diferem das fácies adjacentes. Já Severiano Ribeiro (2001), diz que é o registro nos refletores sísmicos dos fatores geológicos que os geraram, tais como tipo litológico, estratificação e feições deposicionais. Vale ressaltar que as fácies de preenchimento correspondem a depressões no relevo que servem como escoadores de fluxos sedimentares ou líquidos. De acordo com a natureza do substrato e a energia de fluxo podem apresentar diversas formas em planta o que reflete internamente em sua configuração estratigráfica.

Aspectos geológicos da Bacia de Campos

Localização

A bacia sedimentar de Campos ocorre em uma área de 100 mil quilômetros quadrados (km²), até a cota batimétrica de aproximadamente 2000 m, estendendo-se do Estado do Espírito Santo, nas proximidades de Vitória, até a cidade de Cabo Frio, localizada no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro. Em terra, a oeste possui apenas 500 km² com limites restritos ao delta do Rio Paraíba do Sul. Para norte, o isolamento é parcial da Bacia do Espírito Santo pelo Alto de Vitória onde uma parte elevada do embasamento coincide com a terminação oeste da Cadeia de Vitória-Trindade, importante lineamento oceânico, porém em águas profundas não existe com clareza uma separação entre as bacias de Campos e Espírito Santo. Ao sul seu limite é o Alto de Cabo Frio, importante formação geológica que surgiu com o soerguimento de rochas muito antigas durante os movimentos da crosta terrestre quando da abertura do Oceano Atlântico (*site: Click Macaé*).

Evolução tectono-sedimentar

O embasamento cristalino da Bacia de Campos é formado por gnaiesses pré-cambrianos que segundo Winter *et al.* (2007), pertencem à Província Proterozóica Ribeira; estes também afloram em áreas vizinhas à bacia marginal, porém ao sul, a Bacia de Campos é limitada pelo Arco de Cabo Frio onde existe uma intercalação de sedimentos turonianos a campanianos com rochas vulcanoclásticas, alguns diques de diabásio e basaltos de

90 a 80 Ma, sugerindo magmatismo persistente durante a evolução da bacia (Rangel, 1994). Magmatismo recorrente ocorreu também no Eoceno formando estruturas de cones vulcânicos segundo descreveu Mohriak em 1995. Processos extensionais que atuaram durante a fase sin-rifte na Bacia de Campos, se caracterizam por falhas normais sintéticas e antitéticas, formando gabrens e semigrabens preenchidos por rochas sedimentares continentais de origem lacustre, localmente ricas em matéria orgânica (Mohriak, 2004).

Winter *et al.* (2007), fez uma análise com ênfase cronoestratigráfica da Bacia de Campos, utilizando dados de poços, sísmica e tabelas internas da Petrobras de correlações bioestratigráficas definindo para o registro sedimentar três supersequências, a saber, Rifte, Pós-Rifte e Drifte. A sequência sedimentar mais recente, corresponde a sedimentos do Pleistoceno das formações Ubatuba (Membro Geribá), Carapebus, Emborê (Membros São Tomé e Grussai), depositados sobre a discordância de 1,6 Ma relativa à outra queda eustática global. A faciologia dominante na porção de plataforma está representada por areias e próximo à quebra de plataforma os corpos de calcário (figura 1).

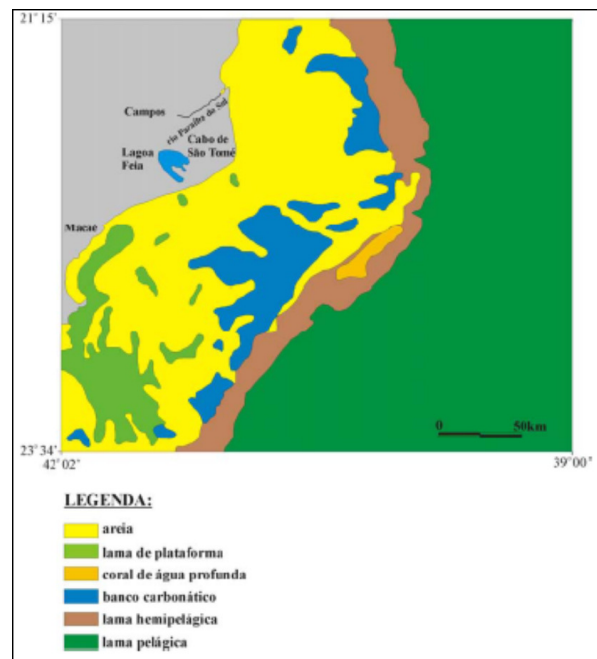


Figura 1 – Sedimentos pleistocênicos na plataforma rasa da Bacia de Campos e posicionamento em vermelho das linhas reprocessadas nessa dissertação (Viana *et al.*, 1998).

Aquisição e Processamento

As aquisições das linhas sísmicas foram realizadas pela empresa Georadar sendo chamado de Projeto Canyon. A execução foi na Bacia de Campos em uma área limitada pelos paralelos 21° 17' – 22° 58' S e meridianos 40° 05' – 41° 25' E. Parte da área está em zona petrolífera em exploração pela Petrobrás S.A.. Dez linhas do Projeto Canyon (1 a 10) estão sobre plataforma rasa e a Linha 11 é isolada, mapeando o talude. A profundidade no

levantamento na área rasa, exibida pelo sonar da embarcação variou entre 8 e 60 m.

As linhas 3A, 4A e 9 são parte das 10 linhas que visaram o mapeamento de estruturas sobre a plataforma, localizadas na plataforma ao sul da Bacia de Campos (figura 2).

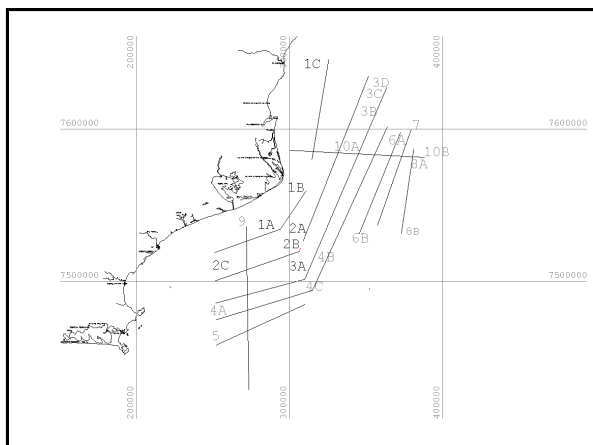


Figura 2 – Mapa com o posicionamento das linhas 3a, 4a e 9.

O levantamento das linhas do Projeto Canyon foi conduzido com a utilização do navio D' DIANA, da Delba Marítima Navegação S.A. (rebocador de 43 m de comprimento e 216 ton de porte bruto, equipado com dois propulsores de 750 BHP, chega a atingir 9 nós (16 km/h) de velocidade). Na aquisição os parâmetros importantes são o registro (FFID) e o tiro (SP), relação entre as estações de tiro e as estações receptoras, as coordenadas do tiro X e Y, as coordenadas do receptor X e Y, as elevações médias em batimetria e o datum com sistema de projeção utilizada. Os intervalos de tiro foram de 12,5 metros, com razão de amostragem de 0,25 ms. A geometria de aquisição foi a *End on* com 24 canais de receptores, com intervalo de grupo de 6,25 metros.

Os dados foram processados no software *ProMAX/SeisSpace* em sua versão mais recente o *SeisSpace/R5000*. As ferramentas do processamento *Auto Marine 2d Geometrye Geometry Setup* foram utilizadas com os padrões geométricos comuns às três linhas e também geodésicos. A seguinte etapa comum às três linhas foi computar a geometria no programa é o padrão de arranjo de tiro junto com a disposição dos receptores ao longo do cabo. A ferramenta *Pattern* configura as informações de *Offset*, ou seja, distâncias entre a fonte e os receptores, subtraindo-se, porém a distância entre a fonte e a antena de recepção do GPS. A próxima etapa na montagem da geometria é a criação da tabela de parâmetros do tiro (*source*), nesta são escritos os valores de tiro em associação com os valores de cada registro ou FFID, assim como lâmina d'água, número de canais por registro, profundidade do cabo e profundidade da fonte. Depois de preenchida a tabela *Source*, usa-se a ferramenta *2D Marine Binning* que tem por função computar os valores preenchidos na tabela *Source* com os valores de padrões geométricos por *Offset*, definidos na ferramenta *Pattern*. Quando

executada essa ferramenta, são criados digitalmente os primeiros CDPs para cada linha trabalhada. Depois de computados os parâmetros geométricos e os CDPs para planilhas de geometria em cada linha, deve-se fazer a associação com o dado digital real de campo, ou seja, a linha sísmica 2D *pré-stack*. Essa associação é executada através da ferramenta *Inline Geometry Header Load*. Definiu-se para cada linha, a velocidade do som na água marinha como 1480 m/s.

A análise de ruídos foi executada de maneira não convencional nas três linhas sísmicas, uma vez que possuem uma razão de amostragem de 0,25 ms, sendo difícil a identificação visual de ruídos de alta frequência e a presença de *Spikes* de baixa frequência. Por isso, foi proposta uma análise espectral onde se computam e mostram estimativas espectrais através da ferramenta *Interactive Spectral Analysis* que usa os algoritmos da Transformada de Fourier para calcular o espectro da média de energia por traço sísmico.

Após analisadas as frequências, utilizou-se filtros de frequência trapezoidais *Ormsby Bandpass Filter* com ranges de atenuação em baixa de 50 a 100 Hz, range de qualidade em frequências de 100 a 200 Hz e atenuação em alta de 200 a 250 Hz. A deconvolução foi aplicada aos dados sísmico *pre-stack*, através da ferramenta *Spiking/Predictive Deconvolution* que aplica operadores de deconvolução preditiva usando o algoritmo de mínimos quadrados Wineer-Levinson em janelas de tempo desenhadas sobre o sismograma *pre-stack*. O objetivo da deconvolução é estimar os efeitos indesejáveis, como reverberações, atenuações e múltiplas (horizontes fantasmas que se repetem em tempo), gerados na aquisição do dado sísmico pelos próprios instrumentos, geofones e a resposta da onda direta no assoalho oceânico quando as ferramentas de convolução criam o dado sísmico com uma onda suave (*Wavelet*), em função senoidal por traço.

Seguindo o fluxo de processamento a análise de velocidade envolve comparar uma série de traços empilhados, nos quais velocidades foram aplicadas através da análise da curva hiperbólica do refletor NMO, que é uma técnica que corrige a curva do sismograma através da variação do tempo X *Offset*. A ferramenta *2D Supergather Formation* cria grupos de famílias CDPs como parâmetro de entrada para a análise, gerando um dado de saída chamado *precompute*, *pré-stack*, para a análise de velocidade.

Após essa etapa foi feito o empilhamento dos traços com a ferramenta *Normal Moveout Correction* onde se aplica a correção de NMO de um campo de velocidade variando no espaço. O somatório de um grupo de traços refletindo um mesmo ponto amostrado em subsuperfície. Como última etapa a migração procura deslocar os eventos mapeados, nas seções sísmicas empilhadas, para as suas respectivas posições em subsuperfície. Para dados em tempo, pode ser feita migração antes do empilhamento ou pós-empilhamento, a migração usada foi a *Kirchhoff Time Migration*, que utiliza a velocidade criada na fase de análise de velocidades e computa o tempo de ida e volta da onda sísmica para cada ponto amostrado em subsuperfície.

Depois houve carregamento e posterior interpretação dos dados sísmicos *Stack* no *software SeisVision/Geographics*. O formato digital SEG-Y é o formato que os intérpretes precisam para carregar as linhas sísmicas nos *softwares* de interpretação, este é composto por três sub-formatos: *Ebdcic*, *Binary header* e *Trace header*.

Interpretação e Discussões

Foram mapeadas feições deposicionais e estruturais a partir da superfície do fundo marinho até profundidades interpretáveis nas linhas sísmicas de alta resolução. As seções sísmicas apresentaram estruturas de falhas normais identificáveis por rejeito nos refletores sísmicos e descontinuidades laterais. Na parte NE das linhas 3A e 4A, e ao sul da linha 9 (Figura 3), essas estruturas estão associadas ao Alto de Cabo Frio, um alto estrutural com origem em eventos magmáticos ocorridos no Terciário.

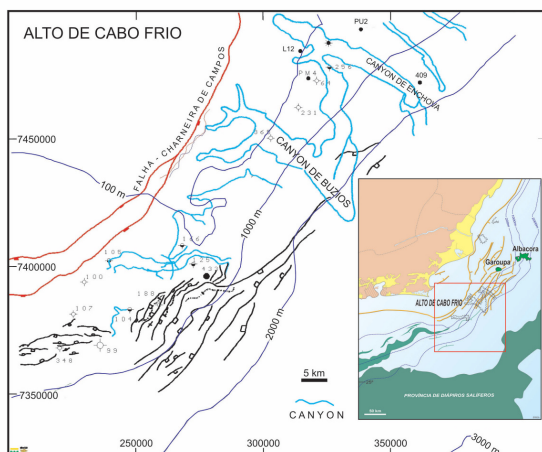


Figura 3 – Alto de Cabo Frio com linhas sísmicas posicionadas sobre a sua borda. (Fonte: Rangel, 2006)

Essas falhas normais foram identificadas em amarelo nas seções sísmicas migradas para as linhas 3A, 4A e 9, em posições próximas ao que seria a borda do Alto de Cabo Frio. Isto pode ser observado nas figuras 4, 5, 6.

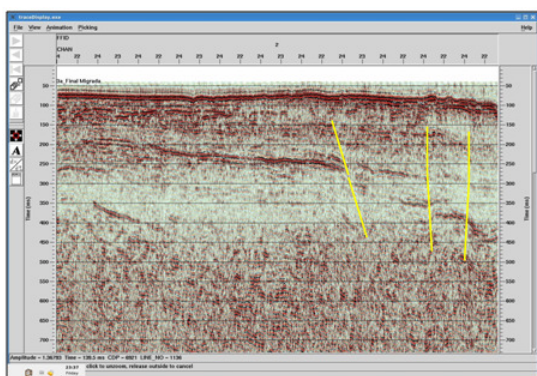


Figura 4 – Estruturas de falhamento normal identificado na linha sísmica 3A.

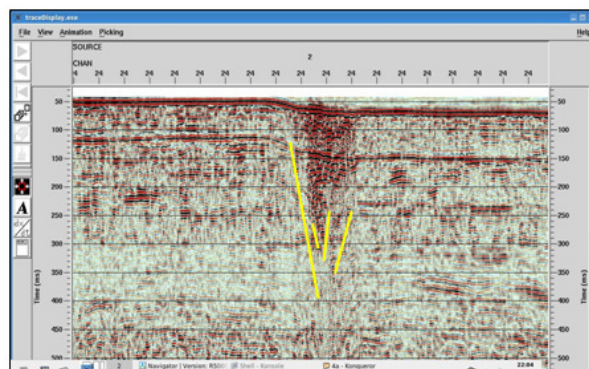


Figura 5 – Estruturas de falhamento normal identificado na linha sísmica 4A possivelmente gerado, por magmatismos do Terciário.

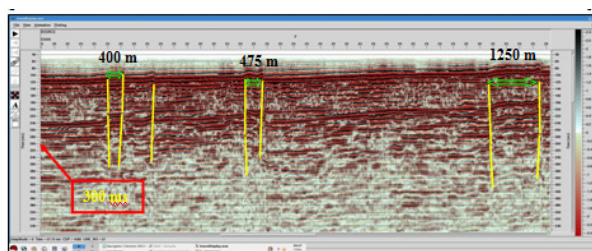


Figura 6 – Estruturas de falhamento normal identificado na linha sísmica 9 geradas por blocos de altos estruturais em alternância de horsts e grabens, como os identificados acima com larguras variando de 400 à 1250 m.

As linhas sísmicas apresentam alguns refletores com características de discordâncias, essas por sua vez limitam em topo e base sismossequência com características específicas. Embora não seja uma discordância, o primeiro refletor com alta impedância e comum em todas as linhas é o **fundo do mar**, este possui continuidade lateral com amplitude sísmica positiva, refletindo o contraste de velocidade entre a água do mar e o sedimento do fundo marinho, sendo discriminado em azul e nome **FM** (figura 7).

A primeira discordância interpretada, chamada de **discordância A**, foi discriminada com a cor verde; de amplitude positiva pode também ser vista em todas as seções sísmicas, esta apresenta continuidade lateral, porém seu refletor é difuso na parte NE das linhas 3A e 4A. Em pesquisas realizadas anteriormente junto ao grupo de estudos de sistemas deposicionais em águas profundas da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em associação com dados de testemunhos *piston core*, bibliografia da área e interpretação sumária de sísmica 2D de alta resolução da plataforma da Bacia de Campos, pertencentes a mesma aquisição sísmica que as 3 linhas desta dissertação, discriminou-se esse refletor como possível discordância que separa o Pleistoceno do Holoceno (Jesus, 2009). Ainda um segundo refletor foi identificado em todas as linhas, chamado de **discordância B**, cor azul claro, com amplitude positiva muito forte, apresenta um padrão contínuo, porém irregular (Figura 8).

Por último foi identificado um refletor descontínuo e irregular com amplitude negativa muito forte, chamado de **discordância C**, com mergulho forte para nordeste. Esse foi bem identificado na linha 3A, com a cor rosa.

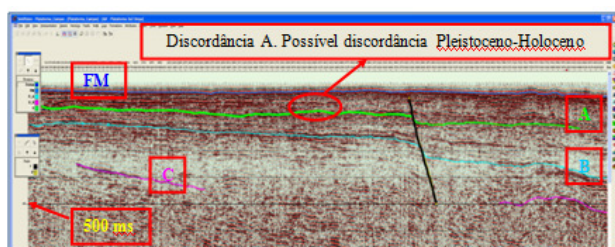


Figura 7 – Linha 3A apresentando falha normal (preto), o FM e as discordâncias A, B e C.

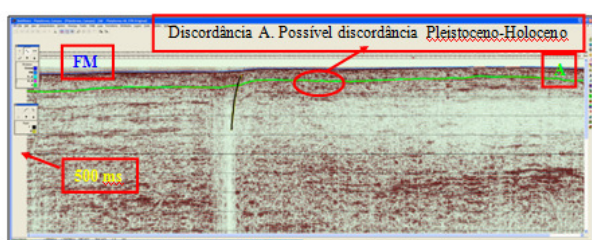


Figura 8 – Linha 4A apresentando falha normal em preto, o FM e a discordância A.

Algumas estruturas de preenchimento puderam ser bem identificadas nas linhas sísmicas 3A e 4A, pois apresentavam relevo negativo e refletores que truncam suas bordas em *onlap* ou com inclinação; possivelmente tais canais fazem parte de um sistema de drenagens que entalhou a plataforma, durante o nível de mar baixo devido à glaciação de 15 – 18.000 anos atrás; entretanto, devido a somente 3 linhas terem sido reprocessadas, não foram mapeados tridimensionalmente, o que poderia identificar paleodrenagens de sedimentos na plataforma. Porém suas características quanto à geometria de preenchimento podem ser observadas nas figuras 9 e 10.

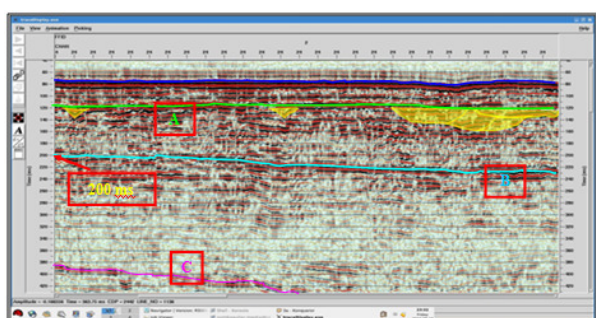


Figura 9 – Paleocanais com preenchimento vertical e complexo, identificados na linha 3A, dentro da sismossequência compreendida entre a discordância A e a discordância B.

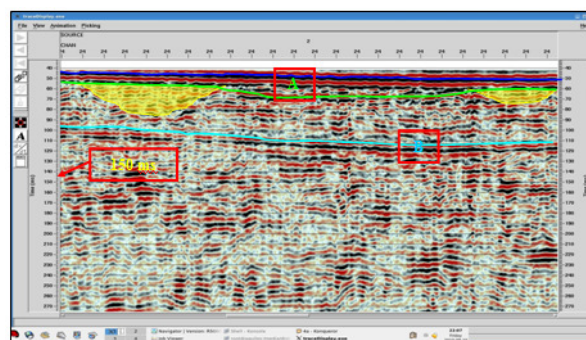


Figura 10 – Paleocanais com preenchimento vertical apresentando alargamento das bordas na linha 4A, compreendidos entre a discordância A (possível discordância Pleistoceno-Holoceno) e a discordância B.

Nas linhas sísmicas foi identificado um grupo de refletores subparalelos, contínuos, com alta impedância e alta velocidade sísmica. Essa configuração prejudicou a resposta dos refletores abaixo dessa camada que vai do fundo do mar até próximo a profundidades em tempo de 140 ms, apresentando ainda multiplicidade até 280 ms (figura 11). Geologicamente, nessa posição estão depositados sedimentos pleistocênicos carbonáticos da Fm. Emborê (Membro Grussaí). Sabe-se que os carbonatos apresentam essa característica faciológica na sísmica, com reflexões de alta impedância e algumas vezes pouco caóticas.

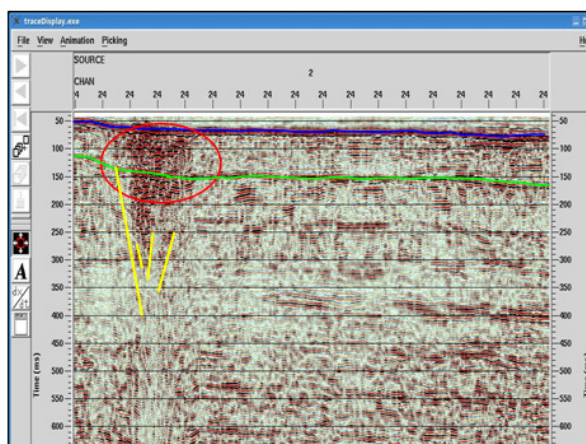


Figura 11 – Sismofácies de alta impedância (linha 4A) possivelmente devido à existência de banco de calcários.

Conclusões

O processamento dos dados sísmicos tem como objetivo produzir seções sísmicas com imagens mais próximas da realidade estratigráfica existente em subsuperfície, possibilitando o mapeamento de estruturas geológicas e parâmetros que caracterizem sua litologia e propriedades petrofísicas. No processamento procurou-se o controle de qualidade das 3 linhas processadas para se realizar uma adequada interpretação nas seções sísmicas com o software SeisVision da suite Geographix®, identificando e

caracterizando refletores que tinham significado geológico importante. Assim foram identificados 4 discordâncias: o fundo do mar FM, a discordância A, possível discordância Pleistoceno-Holoceno, uma discordância B com pouca continuidade lateral e descontinuidades geradas por falhas normais e uma discordância C descontínua e irregular com amplitude negativa muito forte. Também foram identificados sismofácies de preenchimento com paleocanais na sismossequência compreendida entre a possível discordância, Pleistoceno-Holoceno, e a discordância B. Vale ressaltar que os paleocanais interpretados estão situados no topo no topo do Pleistoceno possivelmente associado a rebaixamento do nível do mar há 18.000 anos.

Agradecimentos

Ao projeto FINEP/CTPETRO/UFRJ nº65.00.0405.00 pela disponibilidade das linhas. Ao departamento de Geologia da UFRJ.

Referências

- BROWN, L. F. JR. & FISHER, W. L.** 1980. Seismic stratigraphic interpretation and petroleum exploration: Geophysical principles and techniques: American Association of Petroleum Geologists Bulletin. Continuing Education Course Notes Ser. 16, p. 56.
- JESUS, I. L.** 2009. Arquitetura Depositional da Plataforma Marinha Recente da Bacia de Campos. 70 f. Monografia (Graduação em Geologia) – Programa de graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- LIMA, A. F.** 2003. Comparação dos Sistemas Sedimentares Profundos da Bacia Sudeste-Sul do Brasil com Ênfase no Sistema Misto Colúmbia. Tese (Doutorado em Oceanografia Química e Geológica) – Programa de Pós-graduação em Oceanografia Química e Geológica. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, Fundação de Amparo À Pesquisa. São Paulo.
- MITCHUM JR. R. M.; VAIL, P.R. & SANGREE, J. B.** 1977b. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences”. Seismic Stratigraphy applications to hydrocarbon exploration – Memoir 26. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, In: Payton, C.E., Part 6, p. 117-133.
- MOHRIAK, W. U. ET AL.** 1995. Salt tectonics and structural styles in the deep-water province of the Cabo Frio region, Rio de Janeiro, Brazil. In Salt tectonics: a global perspective. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 65, Tulsa, USA, p. 273-304.
- PERES, W. E.** 1990. Seismic-stratigraphic study of the Oligocene-Miocene shelf-fed turbidite systems of the Campos Basin. Brasil. Ph. D. Dissertation, Department: Geological Sciences. The University of Texas at Austin.
- RANGEL, H. D. ET AL.** 1994. Bacia de Campos. Boletim Geociências PETROBRÁS, Rio de Janeiro, v. 8, v.1, p.203-217
- SCHEREINER, S.; SOUZA, M. B. F. M.; MIGLIORELLI, J. P. R.** 2008. Modelo digital da geomorfologia do fundo oceânico da Bacia de Campos. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 157-160, nov. 2007/maio
- SEVERIANO, R. & HÉLIO, J. P.** 2001. Estratigrafia de Sequências - Fundamentos e aplicações. Editora UNISINOS, p. 428.
- VAIL, P. R. ET AL.** 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustacy and sedimentation: an overview, in A. Cycles and Events in Stratigraphy, II, Tubingen: Springer-Verlag,
- VAN WAGONER, J. C. ET AL.** 1988. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. Sea-Level Changes: An Integrated Approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 42, p. 39-46
- VIANA, ET AL.** 1998. Hydrology, Morphology and Sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. Sedimentary Geology, v. 115 p. 133-157, Janeiro.
- WINTER, R. W. ET AL.** 2007. Bacia de Campos. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v.15, n. 2, p. 501-509, maio/Nov. <http://www.clickmacae.com.br/?sec=361&pag=pagina&cod=273>. Acesso em 18.julho.2010