

Uso de atributos sísmicos para caracterização de um alvo exploratório para petróleo na costa atlântica da África.

Fernando Barbosa da Silva *, Sérgio Rogério Pereira da Silva & Aury Cândido Bezerra, Petrobras

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimbGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Abstract

A seismic attribute analysis was performed over an Albian age exploration oil lead in order to analyze the attractiveness of this target. We start doing amplitude versus offset analysis followed by tuning effect study and removal; the investigation of the relationship between the target anomalies and the surrounding reflections and finally we investigate the interval velocity behavior obtained from the 3D seismic velocity analysis. Combining these properties behavior it was possible to predict the presence of relative high impedance layers which were generating the observed amplitude anomaly.

Introdução

O trabalho teve como objetivo caracterizar, do ponto de vista da exploração de petróleo, uma anomalia de amplitude de idade albiana. A área em questão está situada na costa atlântica da África, em águas profundas. Como dado de entrada, temos um levantamento sísmico 3D de idade recente, adquirido na direção paralela ao mergulho regional (*strike*), processado com migração antes do empilhamento. Pela convenção de polaridade adotada, as interfaces correspondentes à chegada da frente de onda em uma camada de maior impedância estão representadas por valores positivos, como é o caso do fundo do mar. Assume-se, também, que a fase do pulso foi reduzida a zero, o que significa que as interfaces deverão coincidir com os máximos e mínimos locais do traço sísmico, sempre que a espessura das camadas for maior que a resolução sísmica. Além do volume empilhado, estavam disponíveis quatro volumes empilhados por faixa de ângulo:

Volume	Ângulo Mínimo	Ângulo Máximo
Próximo	5	15
Médio	13	23
Afastado	21	31
Ultra-afastado	29	40

O objetivo alvo apresentava o comportamento de amplitude mostrado na figura 1 e, em termos estruturais, o observado na figura 2. De maneira geral, espera-se que

os reservatórios apresentem impedância inferior à das rochas encaixantes e que a presença de óleo ou gás torne esta impedância ainda menor.

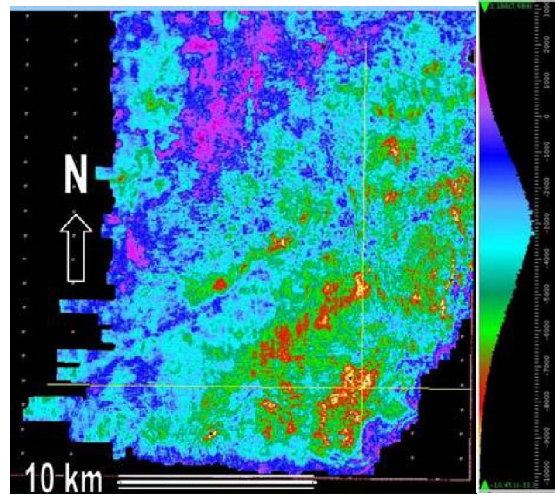


Figura 1: Mapa da máxima amplitude negativa para a reflexão albiana.

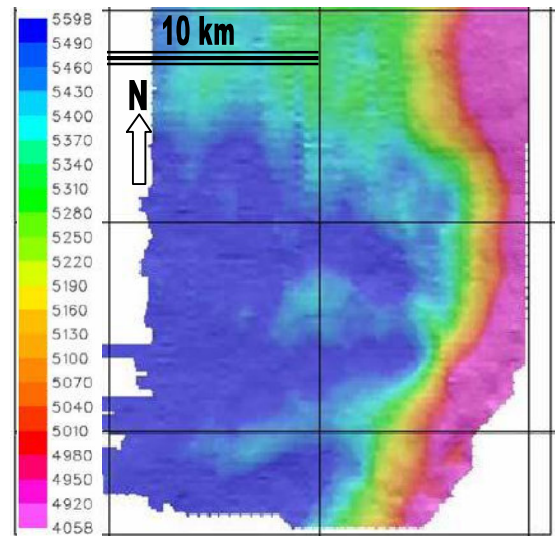


Figura 2: Mapa estrutural em profundidade (metros) do objetivo albiano.

Análise de Amplitude em Função do Afastamento

A primeira abordagem utilizada foi a análise do comportamento da amplitude em função do afastamento em seção e mapa, seguindo os princípios básicos e as

metodologias apresentadas por Rosa *et al.* (1999) e Barros *et al.* (1999). O atributo utilizado é o fator de fluido (Castagna *et al.*, 1998) e para seu cálculo, são adotadas as seguintes premissas:

- A tendência de fundo e o comportamento estatístico do dado sísmico são computados dentro de uma região limitada e estabelecida pelo intérprete;
- Os valores são avaliados em termos de distribuição estatística dos mesmos;
- Para o cálculo dos mapas, são usados os mesmos valores de tendência de fundo e desvio padrão adotados nas seções.

A seção na direção do mergulho está representada na figura 3 e o mapa do horizonte na figura 4.

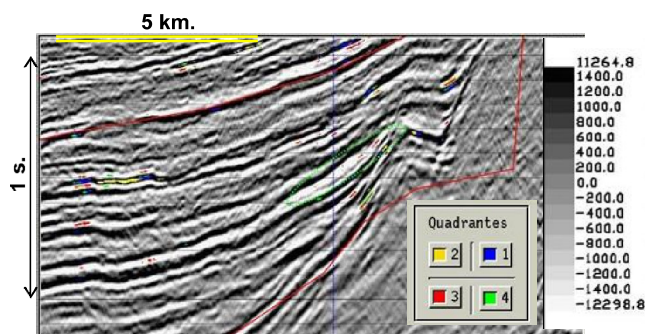


Figura 3: Seção sísmica de fator de fluido. A escala de cor representa os quadrantes no plano Gradiente x Intercept. A anomalia está assinalada na seção.

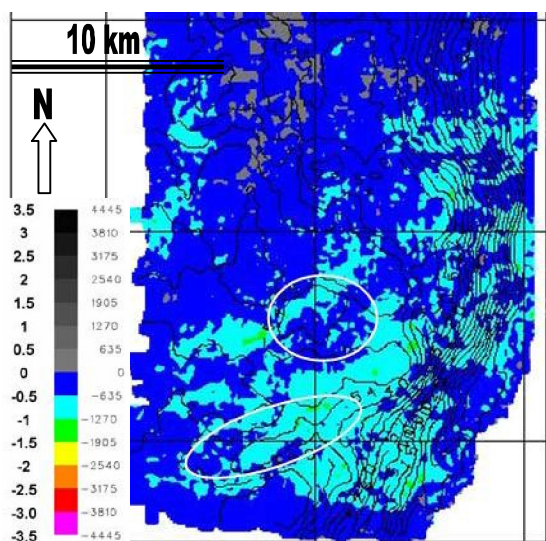


Figura 4: Mapa de fator de fluido, obtido a partir da máxima amplitude negativa, extraída dos volumes Próximo e Afastado. Os círculos brancos estão na posição onde ocorrem os altos estruturais com fechamento. Os números da escala à esquerda estão expressos em desvio padrão e os da direita em amplitude.

Observa-se que os valores encontrados são muito baixos. A seção de fator de fluido, onde os valores

negativos, pela convenção adotada, são os associados a reservatórios, apresenta esparsos pontos com valores de amplitude de valor absoluto acima de 3 desvios padrão em relação ao comportamento da região selecionada. Pelo padrão de cores adotado, interpreta-se uma anomalia de classe III ou IV. O mapa de gradiente, porém, representado na figura 5, mostra que os valores de gradiente são sempre positivos na região de ocorrência da anomalia de amplitude, caracterizando uma anomalia classe IV.

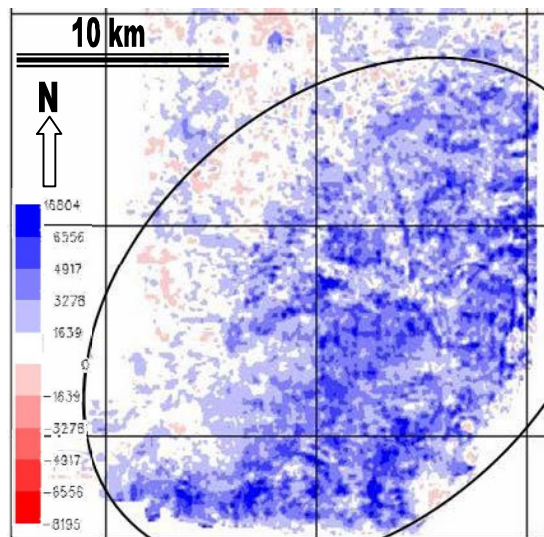


Figura 5: Mapa de gradiente, calculado a partir dos mesmos volumes e mapas usados para o mapa da figura 4. A elipse indica a zona de ocorrência da anomalia de amplitude.

Estudo da interferência construtiva

Para verificar se o comportamento observado era consequência da interferência construtiva (Widess, 1973) partiu-se dos horizontes rastreados: a reflexão negativa, objetivo, e a reflexão positiva subjacente, ou base. O primeiro passo é a estimativa do pulso na região de interesse. Em função do conteúdo de frequência existente, foram determinadas as espessuras mínima, que é a menor que o método consegue enxergar e a de interferência, que coincide com a espessura onde ocorre a máxima interferência construtiva. Estas espessuras são determinadas em tempo e os valores encontrados foram de 12,7 ms. e 26,7 ms., respectivamente. A seguir, fez-se um crossplot entre amplitude e espessura, mostrado na figura 6. Nota-se que a maior parte do dado tem espessura acima da espessura de interferência construtiva, eliminando a hipótese da ocorrência deste fenômeno. Uma análise mais atenta do dado Afastado, porém, mostra que existe uma reflexão positiva entre a "base" e o objetivo, como se pode verificar na figura 7. Este evento não é observado no dado empilhado e a explicação para tal reside na característica ruidosa do dado Próximo, que apresenta uma quantidade de ruído tal que é suficiente para esconder a presença deste sinal no dado empilhado. Abrindo parênteses, ressaltamos que esta observação fez-se possível ao fazermos a análise

de AVO, onde se inspecionou o dado Afastado e constatou-se a ocorrência deste comportamento. Refazendo a análise de interferência e considerando este novo evento como base, calcularam-se os mapas de amplitude e espessura e observou-se que a amplitude estimada tende a zero, assim como a amplitude, caracterizando a presença do efeito de interferência construtiva.

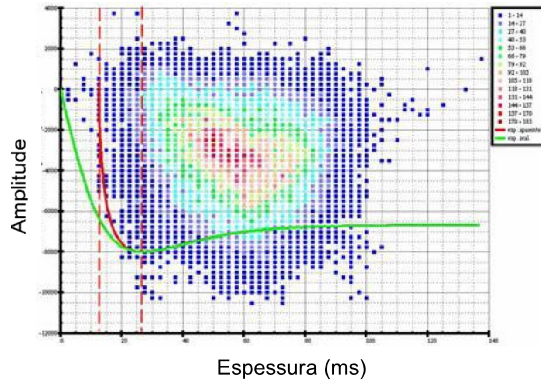


Figura 6: Crossplot de Amplitude x Espessura. Estão assinaladas, em tracejado vermelho, as espessuras de interferência e mínima. As curvas sobrepostas representam o comportamento previsto (vermelho) e desejado (verde) para um modelo teórico ajustado aos dados aqui utilizados.

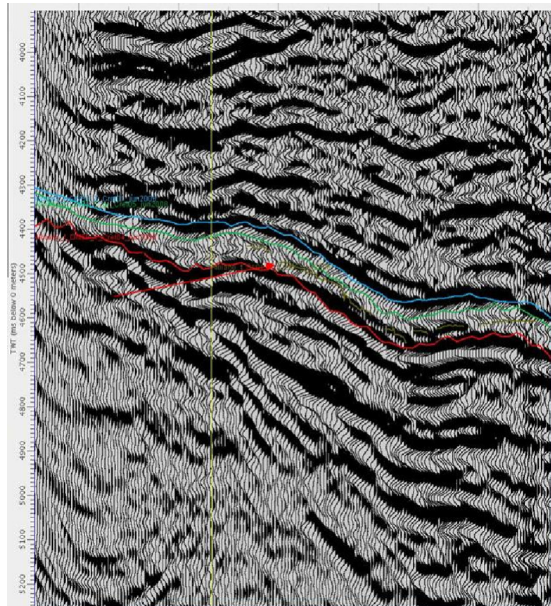


Figura 7: Seção sísmica do dado Afastado mostrando a presença de reflexão positiva abaixo do objetivo rastreado, que está em verde claro.

Relações de amplitude com as reflexões adjacentes

Uma abordagem adicional na investigação das causas físicas de anomalias de amplitude é a comparação entre as amplitudes anômalas observadas com a das reflexões imediatamente adjacentes. De forma geral, as amplitudes negativas devem predominar na presença de rochas de baixa impedância.

Em primeiro lugar, fez-se uma comparação do comportamento estatístico do objetivo e das reflexões positivas acima e abaixo, representado na figura 8. A amplitude média da reflexão superior, positiva, é 3,4 vezes maior que a do objetivo e, a inferior, 3,5 vezes maior. Em seguida, seguindo a abordagem proposta por Varela e Esteves (1990), efetuaram-se as somas das amplitudes do objetivo com a reflexão de cima, representada no mapa da figura 9 e com a reflexão abaixo. Ambos os mapas apresentam o mesmo padrão de domínio de reflexões positivas. De forma geral, conclui-se que o comportamento das amplitudes é dominado pelas reflexões positivas.

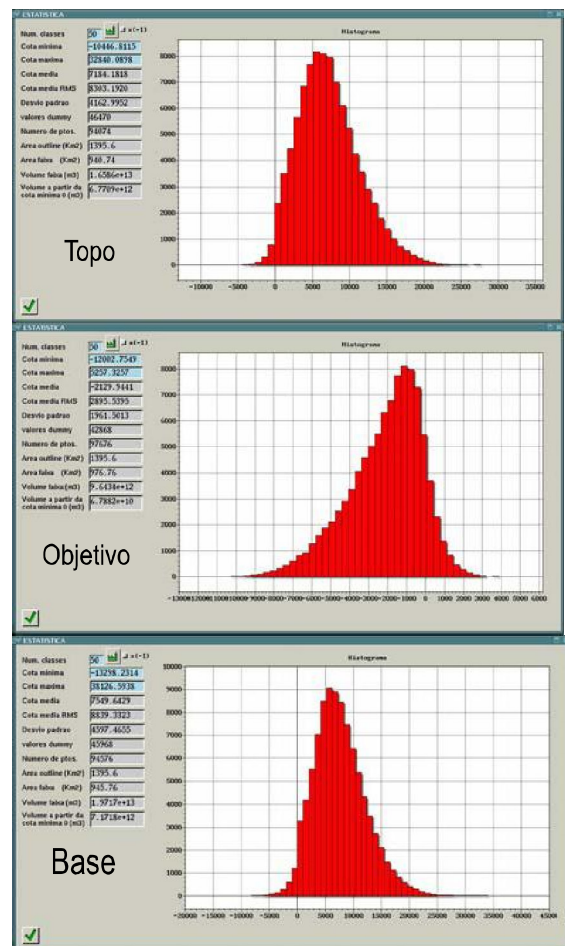


Figura 8: Comportamento relativo da amplitude das reflexões do topo, objetivo e base.

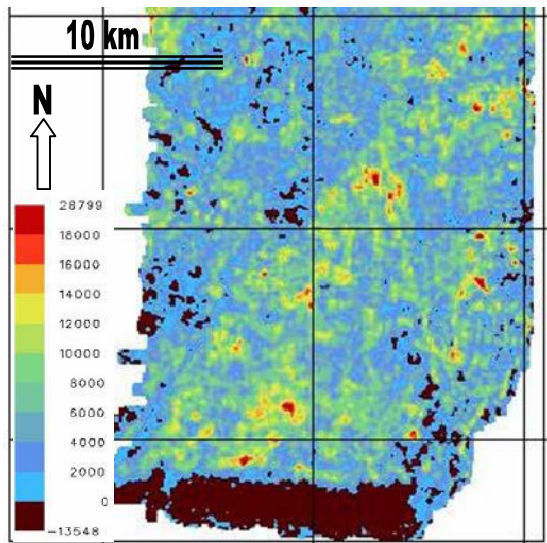


Figura 9: Resultado da soma das amplitudes do objetivo (reflexão negativa) com a reflexão positiva acima (topo).

O papel da velocidade sísmica

O passo seguinte foi a obtenção das velocidades relativas ao intervalo de interesse. Usando as velocidades obtidas no processamento pelo procedimento padrão de análise de velocidade a partir do sobre tempo diferencial, e os dois horizontes interpretados como topo e base, obteve-se a velocidade intervalar de Dix para o nível alvo. O resultado está representado na figura 10 e mostra que as maiores amplitudes coincidem exatamente com as maiores velocidades intervalares.

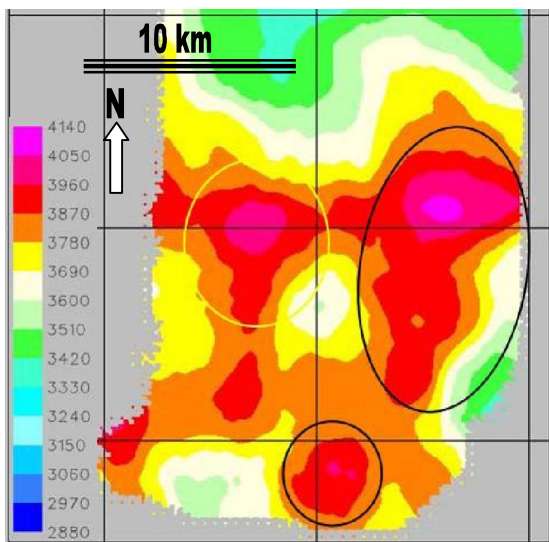


Figura 10: Comportamento, em mapa, da velocidade intervalar, em m/s. As elipses pretas assinalam as regiões que apresentam altas velocidades associadas a anomalias de amplitudes.

Na figura 11 estão representadas as velocidades em função da amplitude, mostrando claramente este mesmo padrão e, finalmente, na figura 12, a velocidade está sobreposta ao dado sísmico mostrado, na vertical, o crescimento da velocidade em torno do objetivo.

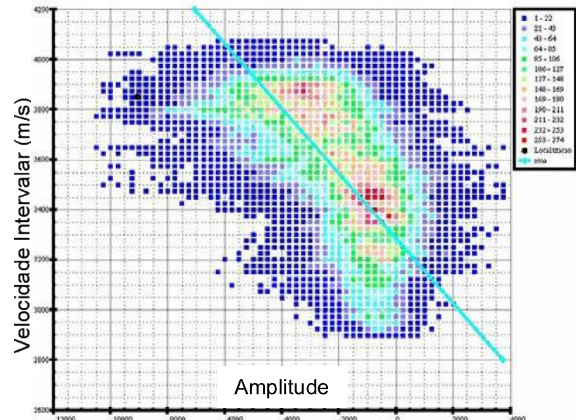


Figura 11: Crossplot entre amplitude e velocidade intervalar mostrando a tendência do crescimento da velocidade à medida que as amplitudes negativas vão se tornando mais fortes.

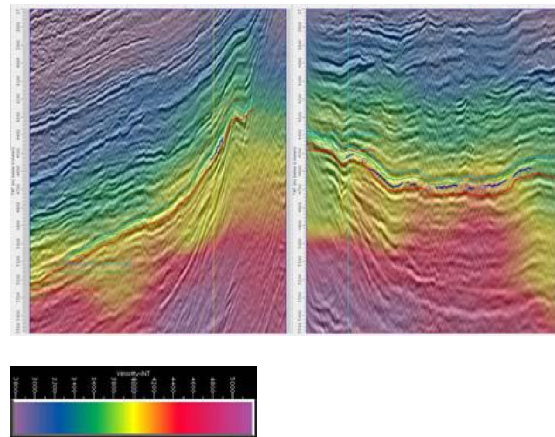


Figura 12: Velocidade Intervalar sobreposta ao dado sísmico. O objetivo está representado em verde.

Conclusões

Reunindo as observações acima, somos induzidos a concluir que a anomalia observada é causada pela presença de uma rocha de alta impedância. Levando em consideração a idade e o padrão espacial de distribuição, e as velocidades encontradas, a melhor hipótese encontrada é a de um nível com alto teor de carbonatos, como, por exemplo, uma margá ou um calcilutito. Esta conclusão, em nosso caso específico, é de importância no processo exploratório, pois aponta para uma situação diversa da inicialmente concebida.

Referências

Barros, A. Z. N., Rosa, A. L. R., Francês, A. P., 1999. AVO attribute mapping: A case study, VI CSBGf.

Rosa, A. L. R. , Santos, P. R., Campos, R. J., 1999, AVO Analysis with the elastic impedance concept, VI CSBGf.

Varela, C. L., Esteves, F. R., Mapeamento de amplitude na delimitação dos campos de Corvina e Malhado, Boletim de geociências da PETROBRAS, V.4, n.3, p. 263-274, jul./set. 1990 .

Widess, M. B., 1973. How thin is a thin bed? Geophysics, 38, p. 1176-1254.

Agradecimentos

Agradecemos aos Gerentes da área internacional da Petrobras: Exploração, Lincoln Rumenos Guardado, e Suporte Técnico aos Negócios, Fausto Machado Coelho; e às empresas Edison SpA e Petrosen por autorizarem a publicação deste trabalho. Aos gerentes da Exploração da Petrobras, Mario Carminatti; da Interpretação e Avaliação das Bacias da Costa Sul, Jeferson Luis Dias; e do Pólo Norte da Costa Sul, Jobel Lourenço Pinheiro Moreira; pela liberação e autorização para preparar e apresentar este trabalho.