



Identificação de Bright Spots usando os atributos sísmicos envelope e energia na área do Viking Graben, Mar do Norte

Pereira, R.C.S*, Farias, K.C.C., Cruz, J.C.R., Universidade Federal do Pará

Copyright 2019, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 16th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 19-22 August 2019.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 16th 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.

Abstract

Seismic attributes are measurements obtained from seismic data used for better visualizing or quantifying the important features of the seismic interpretation. They are chosen according to the objective of the desired analysis and the feature to be enhanced in the seismic data. In this paper, we use the attributes Envelope and Energy to determine the Bright Spots and to identify the presence of hydrocarbons and gas in real 3D seismic data of an area from the southeast coast of Norway, on Viking Graben, North Sea. We showed how efficiently both attributes reached the Bright Spot in the seismic data and confirmed the results using well data.

Introdução

Os atributos sísmicos são ferramentas eficientes utilizadas na interpretação sísmica e apresentam grande importância na exploração de hidrocarbonetos. No começo dos anos 70, segundo Taner (1994), os atributos sísmicos eram utilizados apenas como ferramenta de visualização, contudo, rapidamente evoluíram para o uso na interpretação qualitativa da geometria e dos parâmetros físicos de subsuperfície. Neste trabalho, foi utilizado o atributo sísmico Amplitude Instantânea (ou Envelope), que faz parte de um grupo de atributos instantâneos os quais descrevem de forma concisa e quantitativa a onda sísmica em qualquer ponto de amostragem. Dessa forma, eles podem ser extremamente úteis na correlação de eventos sísmicos (White, 1991). O envelope é sensível a alterações em impedância acústica, enfatizando mudanças de amplitude da seção sísmica original (Taner, 1994). O atributo energia também foi utilizado durante a interpretação do dado sísmico, com o intuito de identificar *Bright Spots*, os quais consistem em uma anomalia de amplitude sísmica indicadora da presença de hidrocarbonetos, conhecido também como indicador direto de hidrocarbonetos (DHI). A energia é uma medida de refletividade em uma específica janela de tempo, quanto maior a energia, maior a amplitude (dGB *Earth Sciences*). Dessa forma, o atributo energia e amplitude instantânea tem relação diretamente proporcional e podem ser comparados, fornecendo uma boa correlação entre ambos e confiabilidade nas interpretações feitas. Como os *Bright Spots*, que podem ser evidenciados por ambos atributos, são indicadores da presença de hidrocarbonetos, ou seja, mostram exatamente o local onde estão localizados os

hidrocarbonetos ou gás, o objetivo do trabalho é associar os atributos para identificar as regiões mais propícias a presença de hidrocarbonetos ou gás e avaliar a eficiência desses. A área de estudo está localizada na porção sul da sub-bacia *Viking Southern Viking Graben*), localizada no conjunto de bacias do Mar do Norte (*North Sea Basin*), costa sudeste da Noruega.

Metodologia

Um atributo sísmico é qualquer medida de dados sísmicos que nos ajuda a melhorar visualmente ou quantificar características de interesse de interpretação (Chopra, Marfurt, 2007). Os atributos sísmicos são escolhidos de acordo com a finalidade do atributo e com a característica do dado a qual deseja realçar. Para o desenvolvimento do trabalho foram aplicados os atributos Amplitude Instantânea (Envelope ou *reflection strength*) e energia no dado sísmico utilizando o *software OpendTect*, com o intuito de comparar a eficiência dos atributos quanto a identificação de hidrocarbonetos e acumulações de gás, relacionando as anomalias visualizadas com as informações geológicas do poço. O atributo amplitude instantânea ou envelope é um atributo instantâneo que pode ser determinado a partir da análise do traço sísmico complexo. Dessa forma, o envelope é calculado utilizando a energia média refletida, onde a energia é calculada a partir da amplitude do traço, independente da fase (Taner, 1979). O traço sísmico complexo pode ser escrito da seguinte forma:

$$F(t) = f(t) + if^*(t) \quad (1)$$

Onde $f(t)$ corresponde a parte real do traço sísmico, e $f^*(t)$ representa a componente em imaginária, que é calculada utilizando a Transformada de Hilbert. O atributo envelope pode ser extraído a partir da análise dos traços complexos, sendo então o módulo do traço complexo.

$$A(t) = \sqrt{f^2(t) + f^{*2}(t)} = |F(t)| \quad (2)$$

Os valores de amplitude do atributo são identificados a partir da barra de cores *Chimney* disponível no software, a qual é mais adequada para a visualização de acumulações de gás. O atributo Energia fornece a energia de um segmento do traço através do cálculo da soma quadrada dos valores de amplitude em um intervalo de tempo especificado dividido pelo número de amostras nessa janela temporal. Esse atributo permite uma melhor visualização de zonas que possuem alto contraste de impedância acústica, ou seja, zonas de grande contraste de propriedades físicas, além de permitir uma melhor visualização de variações laterais dentro de eventos sísmicos. Pode ser usado, assim como o atributo envelope para identificar *Bright Spots*. Para analisar o comportamento dos atributos foram importadas

no software duas linhas sísmicas, *in-line* e *cross-line*, interceptando a posição de cada poço e os atributos Energia e Envelope foram acrescentados a elas, respectivamente. Assim, foi possível comparar e relacionar os atributos, identificando regiões com possíveis acumulações de gás e hidrocarbonetos ou de mudanças litológicas, as quais foram analisadas nos relatórios de cada poço a fim de caracterizar geologicamente cada intervalo.

Resultados

Foram aplicados os atributos sísmicos energia e amplitude instantânea nas linhas sísmicas *in-line* 10310 e *cross-line* 5450, do dado sísmico pertencente ao Viking Graben. A *in-line* e a *cross-line* foram posicionadas no poço 1 (14-3) que possui 2608m de profundidade e está representado pela cor azul (Figura 1).

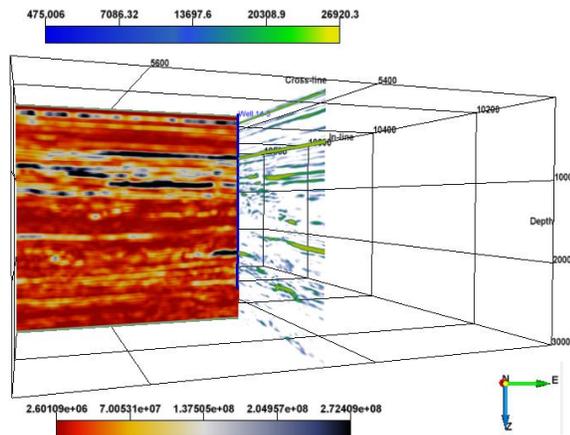


Figura 1: *In-line* 10310 e *cross-line* 5450 com os atributos sísmicos Energia e Envelope e as barras de cores *Seismics* e *Chimney* aplicadas, respectivamente, interceptando o poço em estudo.

De modo geral, é possível notar que o atributo envelope fornece informações de alta amplitude em regiões que as respostas do atributo energia não são tão marcantes. Dessa forma, essas informações serão utilizadas para caracterizar a litologia e investigar regiões onde hidrocarbonetos ou gás possam estar localizados. No poço 1, foram identificados os intervalos de *Bright Spots* a partir da *in-line*, os quais ocorrem de 140m a 200m, 753m a 838m, 1290m a 1370m e 2432m a 2580m. Na região próxima ao primeiro *Bright Spot* (140m a 200m), não há informações relevantes de amplitude instantânea e o relatório de poço não indica a presença de hidrocarbonetos nessa região. De acordo com o relatório do poço, o intervalo é caracterizado, principalmente, pela presença de areia inconsolidada e finas camadas de argila, pertencente a parte superior do intervalo do Pleistoceno ao Eoceno (134m a 746m). O *Bright Spot* e o alto valor de amplitude instantânea podem ter ocorrido devido as mudanças litológicas e ao contraste de impedância acústica nesse intervalo. O segundo intervalo de *Bright Spot*, 753m a 838m, é caracterizado pela transição de um intervalo composto argila inconsolidada com acamamento de areia para um

intervalo caracterizado, predominantemente, por argila e argilitos. É possível visualizar intervalos de alta amplitude na *cross-line*, de 890m a 975m e de 1130m a 1190m, as quais não se estendem na *in-line*, onde foi aplicado o atributo energia. Esses intervalos pertencem a seção litológica do Pleistoceno ao Eoceno (746m a 1215m), onde encontra-se argila inconsolidada e leitos de areia. Amostras de hidrocarboneto foram registradas em um arenito a 1226m. É possível visualizar um terceiro intervalo de *Bright Spot* na *in-line*, de 1290m a 1370m, o qual estende-se na *cross-line*, onde, abaixo deste intervalo pode-se observar que ocorrem pequenos intervalos de alta amplitude e, de 1820 a 2432m, há uma faixa onde não ocorrem altas amplitudes na posição do poço. O intervalo desde o terceiro *Bright Spot* (1290m) até 1820m corresponde ao *Late Eocene*, que compreende 510m do poço (de 1215m a 1725m), caracterizado, principalmente por argila e argilitos, contudo, havendo aumento do acamamento de areia na parte inferior da seção. O intervalo também engloba o *Middle Eocene*, de 1725m a 1825m, onde os primeiros 25m consistem em acamamentos de areia e xisto/argilito. Segundo o relatório de poço, boas amostras de hidrocarboneto foram identificadas nessa seção. A partir de 1820m a 2432m, não ocorrem altas amplitudes instantâneas e nem altos valores de energia. Essa seção pertence ao final do *Middle Eocene* e estende-se pelo *Early Eocene* (1825m a 1960m), o qual é composto principalmente por areia com fino acamamento de xisto siltitoso. O intervalo compreende também o Paleoceno (1960m a 2275m), constituído por *Late Paleocene* (1960m a 2150m), que não apresenta mudanças litológicas evidentes em relação ao Eoceno. Na parte superior dessa seção ocorrem amostras de óleo. Até 2090m a litologia é predominantemente composta por areia e arenito, leitos de xisto e finos leitos de calcário. Abaixo de 2090m, ocorrem xistos não calcários e xisto levemente siltitoso, os quais são as litologias dominantes. Leitos de areia finas a muito finas tornam-se menos frequentes com o aumento da profundidade, contudo, amostras de óleo foram encontradas nessas areias. Amostras de hidrocarboneto também foram registradas na areia do *Middle Paleocene* (2150m a 2275m), que é composto por leitos intercalados de xistos e areias, com o intervalo descrito acima, porém, torna-se predominantemente siltitoso em aproximadamente 2240m. O *Early Paleocene* (2275m a 2371m) é caracterizado pela mudança litológica gradativa de um xisto arenoso para uma região calcária com o aumento da profundidade. O *Middle Paleocene* ainda estende-se por 50m dessa seção, então, um intervalo de *Marlstone* calcário é seguido por um leito de areia muito fina contendo manchas de óleo. No intervalo de 2340m a 2395m também foi registrado a presença de hidrocarbonetos. Por fim, este intervalo passa pela seção do *Maestrichtian* (2371m a 2591m), onde ocorrem leitos intercalados de calcário e lamito. O último intervalo do *Bright Spot* (2432m a 2580m), ocorre próximo a região onde foram identificados hidrocarbonetos (2340m a 2395m) e pode-se notar que ele não compreende uma faixa tão extensa na *in-line* quanto os anteriores, contudo,

apresenta continuidade com o atributo envelope na *cross-line*. Foram encontradas amostras de hidrocarbonetos no intervalo de 2505m a 2530m e foi registrado um aumento de gás no intervalo de 2500m a 2591,7m, coincidindo com o intervalo do *Bright Spot* e da alta amplitude mostrada pelo atributo envelope. É possível notar intervalos de alta amplitude na *cross-line*, após o final do poço, o que pode caracterizar a presença de hidrocarbonetos ou mudança litológica, entretanto, não é possível afirmar qual a origem da anomalia pois não há informações geológicas descrevendo esse intervalo. Os atributos energia e envelope também foram aplicados a *in-line* 10281 e a *cross-line* 5320, pertencentes a posição do poço 2 (14-4) que possui 3472m de profundidade (Figura 2).

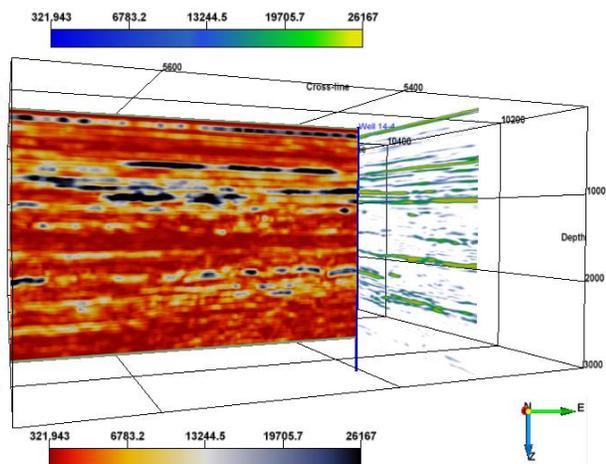


Figura 2: *In-line* 10281 e *cross-line* 5320 com os atributos sísmicos Energia e Envelope e as barras de cores *Seismics* e *Chimney* aplicadas, respectivamente, interceptando o poço em estudo.

Analisando a *in-line*, pode-se notar a presença de quatro intervalos de *Bright Spot* na posição do poço. O primeiro intervalo ocorre de 135m a 220m, compreendendo o *Early Pleistocene* (140.5m a 286m), caracterizado por areia, onde, com o aumento da profundidade, a areia é intercalada com argila calcária. Nesse intervalo, segundo o relatório de poço, foi registrada a presença de metano. Picos de gás podem ser associados a areia ou silte, contudo, nessa seção a ocorrência dessas litologias não estão relacionadas com a alta presença de gás. Abaixo desse intervalo, de 320m a 350m, é possível visualizar uma região de alta amplitude na *cross-line* a qual não se prolonga na *in-line*. Esse pequeno intervalo pertence ao Plioceno (286m a 670m), caracterizado por areia inconsolidada intercalada com argila, alguns intervalos fossilíferos também foram encontrados ao longo dessa seção. Entre 350m e 795m, não ocorrem *Bright Spots* e não houve informações sobre alta amplitude na *cross-line*, isso pode ocorrer devido a pouca variação litológica, pois, este intervalo atravessa o Plioceno, descrito anteriormente, e o topo Mioceno – *Late Oligocene* (670m a 1095m) o qual é caracterizado pela presença de três leitos distintos de argila, contudo, o intervalo estudado compreende apenas a seção similar a do Plioceno, onde a litologia dominante é areia inconsolidada. A areia torna-

se mais argilosa na parte mais profunda da seção e de 865m a 885m foram encontradas silte e argila, onde o atributo envelope fornece informações de alta amplitude que podem ser atribuídos a essa litologia. O intervalo de 1100m a 1185m evidencia um *Bright Spot* na *in-line*, esse intervalo pertence ao Oligoceno (1095m a 1255m), onde a principal litologia é argilito calcário e, ocasionalmente, são registrados arenitos calcários ao longo dessa seção. O intervalo está inserido em uma faixa onde ocorre etano e traços de propano, de 1120m a 1330m. Em seguida, de 1226m a 1270m, podemos ver um intervalo de alta amplitude do atributo envelope, situado na parte final do Oligoceno (1095m a 1255m) até o topo do Eoceno (1255m a 1965m) que possui 33m de espessura e é caracterizado por argilito intercalado, proveniente da formação acima, e arenito calcário de grão fino. Esse intervalo também pertence a seção onde ocorre etano e traços de propano. Pode-se visualizar na *in-line*, de 1294m a 1374m, um *Bright Spot* que prolonga-se na *cross-line*. Esse intervalo compõe a seção descrita acima e atravessa um intervalo de 1313 a 1472m, composto por siltitos não calcários e argilosos. O intervalo de 1294 a 1374m, também apresenta etano e traços de propano. De 1374m a 2495m não ocorrem *Bright Spots*, mas uma região de alta amplitude é vista na *cross-line* de 2170m a 2210m. Este intervalo é pertencente ao Paleoceno (1965m a 2377m), compondo o intervalo de 2044m a 2280m, onde o topo dessa seção é marcado pela presença de unidades grossas de arenito. Intercalados com esses arenitos e sendo a litologia dominante entre 2084m a 2197m, estão xistos com frequentes veios de siltitos. A parte superior da interface desse intervalo de alta amplitude (2170m a 2210m), coincide com a presença de gases mais pesados que propano, iso-butanos e butanos foram encontrados em vários níveis nessa seção. Também foi registrada a ocorrência de amostras de óleo no intervalo de 1965m a 2282m, que está inserido na anomalia de amplitude registrada pelo atributo envelope. O poço atravessa parte do último *Bright Spot* visto na *in-line*, em 2491m a 2575m, pertencente ao final do *Maestrichtian* (2377m a 2500m) uma seção predominantemente argilácea de xistos e *marls* com finos veios de calcário e traços de pirita. O intervalo também faz parte do *Campanian* (2500m a 2885m), sequência composta de xistos com ocasionais sequências de *marls*. A ocorrência de iso-butano e butano delimitam as zonas de 2175m a 2338m e 2495m a 2545m. Ocorre, também, um aumento de gás em 2810m e continua aumentando de 2% a 3% com o aumento da profundidade, alcançando o máximo valor de 6% em 2920m. Abaixo desse intervalo, são vistas faixas de alta amplitude na *cross-line*, em torno de 2650m a 3000m. Abaixo de 2685m, amostras de óleo também foram registradas.

Discussão

Como os *Bright Spots* são indicadores da presença de hidrocarbonetos, no poço 1 foram utilizados para avaliar intervalos próximos a eles os quais apresentavam altos valores do envelope. Dessa forma, foram observados altos valores de amplitude do envelope nos intervalos de

890m a 975m e de 1130m a 1190m, os quais não apresentaram altos valores de energia na *in-line*, próximo a um arenito que apresenta hidrocarbonetos, a 1226m. Novamente, no intervalo onde ocorre o terceiro *Bright Spot*, de 1290m a 1370m, são visualizados intervalos de alta amplitude na *cross-line*. O relatório do poço mostra que essa seção apresenta boas amostras de hidrocarbonetos. Contudo, ambos os atributos apresentaram dificuldades para identificar amostras de óleo que ocorrem na parte superior da seção de 1820m a 2432m e abaixo de 2090m. Também não registraram a presença de amostras de hidrocarboneto. Os atributos foram mais eficientes para identificar a presença de gás e de hidrocarbonetos que ocorrem no intervalo de 2500m a 2591.7m e 2505m a 2530m, respectivamente, registrado no último intervalo de *Bright Spot* do poço. A partir do relatório do poço 2, foi possível caracterizá-lo com alta presença de gás em sua extensão. A primeira amostra é evidenciada pelo *Bright Spot* que ocorre no intervalo de 135m a 220m, contudo, é possível identificar uma faixa de 350m a 795m, onde não ocorrem anomalias, tanto na *in-line* quanto na *cross-line*. Analisando as informações geológicas do relatório de poço, pode-se inferir que isso ocorre devido a pouca variação litológica nesse intervalo e a ausência de gás ou hidrocarbonetos. O *Bright Spot* no intervalo de 1100m a 1185m foi eficiente ao identificar uma seção que apresenta gás (1120m a 1330m), a qual também engloba um intervalo de alta amplitude na *cross-line* (1226m a 1270m). Ocorre, também, um *Bright Spot* de 1294m a 1374m, marcando essa região devido a presença de etano e propano. Foi registrada a ocorrência de óleo no intervalo de 1965m a 2282m, entretanto, esse intervalo foi identificado pois coincidiu com a anomalia de amplitude registrada pelo atributo envelope devido a presença de gás nessa seção. O último *Bright Spot* desse poço, de 2491m a 2575m, encontra-se na mesma zona onde há ocorrência de iso-butano e butano, de 2495m a 2545m, mostrando novamente a eficiência do atributo na identificação de gás.

Conclusões

Os resultados mostraram que, embora os atributos Energia e Envelope apresentem correlação destacando os *Bright Spots*, o atributo Envelope evidencia intervalos de alta amplitude os quais podem indicar regiões de interesse que não são ressaltadas pelo atributo Energia. Dessa forma, a associação de atributos sísmicos é importante pois aumenta a confiabilidade na interpretação realizada, assim como a interpretação sísmica 3D e as barras de cores também facilitam a visualização dos atributos. Os relatórios dos poços também foram importantes para corroborar a análise e identificar a causa das anomalias e de intervalos onde não houve resposta significativa dos atributos.

Agradecimentos

Agradecimentos à empresa Total por ceder o dado utilizado no desenvolvimento do trabalho. À dGB *Earth Sciences* por disponibilizar o *software OpendTect*, o qual foi imprescindível para a interpretação e aplicação dos

atributos sísmicos. Ao *Laboratório de Inversão da Onda Sísmica da UFPA* pelo suporte acadêmico e computacional, e a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Referências

CHOPRA, S.; MARFURT, K. J. Seismic Attributes for Prospect Identification and Reservoir Characterization. SEG Geophysical Developments Series. 2007.

dGB Earth Sciences. Disponível em: <doc.opendtect.org/5.0.0/doc/od_userdoc/content/app_a/energy.htm>. Acesso em: 14 de março. 2019

SHERIFF, R. E.; GELDART, L. P.; Exploration Seismology. 2. 1995. 415–418. 10.8.

TANER, M. T.; KOEHLER, F.; SHERIFF, R.E. Complex Seismic Trace Analysis. Geophysics, 44 (6). 1979.

TANER, M. T.; SCHUELKE, J. S.; O'DOHERTY, R.; BAYSAL, E. Seismic Attributes Revisited. SEG Technical Program Expanded Abstracts. 1994.

WHITE, R. Properties of instantaneous seismic attributes. The Leading Edge, 10 (7): 26–32. 1991.