

MÉTODOS SÍSMICOS APLICADOS À INDÚSTRIA DE PETRÓLEO

Gabriel Felipe Brito de Melo¹
Renato da Silva²
Giordano Bruno Medeiros Gonzaga³

Engenharia de Petróleo



ISSN IMPRESSO 1980-1777
ISSN ELETRÔNICO 2357-9919

RESUMO

As características dos reservatórios de hidrocarbonetos, dentre elas profundidade, razão, gás-óleo e aspectos geológicos são fatores determinantes para a escolha do método mais adequado, tarefa que envolve um conjunto de profissionais, tais como: geofísicos, engenheiros e geólogos. Os métodos sísmicos são os mais utilizados na procura de hidrocarbonetos, tanto *onshore* como *offshore*, devido, principalmente na facilidade da utilização, área de abrangência e interpretação dos dados.

PALAVRAS-CHAVE

Viabilidade. Prospecção. Perfilagem. Interpretação.

ABSTRACT

The characteristics of hydrocarbon reservoirs, among them: deep, gas-oil ratio and geological features are decisive factors for choosing the most appropriate method, a task that involves a number of professionals, such as geophysicists, engineers and geologists. Seismic methods are the most used in the search for hydrocarbons, both onshore and offshore, mainly due to the ease of use, coverage area and data interpretation.

KEYWORDS

Viability. Prospection. Profiling. Interpretation.

1 INTRODUÇÃO

Esta revisão de literatura tem como objetivo exemplificar os métodos geofísicos sísmicos, correlatados com a indústria de petróleo, bem como sua importância para a verificação de viabilidade técnica da reserva. Os equipamentos necessários para realizar estudos sísmicos e a necessidade de corrigir os resultados obtidos nesses estudos.

Inicialmente, é explicada a formação do petróleo, para auxiliar entendimento da propagação de ondas sísmicas nas reservas. Em seguida, é apresentada notas históricas e fundamentos dos métodos sísmicos, os equipamentos utilizados para amostragem sísmica, posteriormente, os fenômenos de refração e reflexão com ressaltos na necessidade da correção associada com a interpretação dos dados obtidos.

Os levantamentos sísmicos (2D e 3D) estão inseridos no Programa Exploratório Mínimo (PEM), um programa ofertado em unidades de trabalho (UT), que inclui os compromissos que as empresas vencedoras dos leilões irão executar, para exploração mínima do bloco em questão. Do ponto de vista da exploração sísmica, os valores são ofertados em (UT/Km) para sísmica 2d e (UT/Km²) para estudos 3d, e as UT são convertidas em valores monetários (US\$), a fim de se calcular a garantia financeira necessária para exploração (VAZQUEZ, F. A. 2010).

1.1 ORIGEM DO PETRÓLEO

O petróleo é um líquido mais ou menos viscoso, de consistência oleosa e de densidade menor que a da água, a coloração irá variar de preta, esverdeada à acastanhada. Em geral, acredita-se que a fonte primária da formação sejam microrganismos (animais e plantas) marinhos e/ou terrestres, que se acumularam e foram decompostos por bactérias anaeróbicas, com soterramento em profundidades e temperaturas crescentes que atuam por milhões de anos, propiciando a perda dos componentes voláteis e concentração de carbono, até a completa transformação em hidrocarbonetos (SUGGIO, 2010).

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa se baseou em revisão bibliográfica, por meio de artigos científicos (dissertações e teses), pesquisas multimídia na biblioteca do Centro Universitário Tiradentes (UNIT-AL) e discussões com profissionais da área.

3 MÉTODOS SÍSMICOS

A energia associada a ondas que se propagam em um meio é dividida em três partes: uma parte retorna diretamente como energia refletida, outro fragmento se propaga ao longo da interface para depois retornar como energia refratada e a terceira continua a propagar-se por meio da interface como energia transmitida, os estudos da perfilagem sísmica se volta ao estudo da energia refratada e refletida (ROCHA & AZEVEDO, 2009).

O levantamento sísmico fornece informações da geologia da subsuperfície, representa, também, o método geofísico mais importante devido à quantidade de informação, a ampla área coletada e também na sua aplicação. Na sísmica se estuda a estrutura da terra em dezenas de quilômetros. Baseia-se em ondas elásticas que são refletidas e refratadas nas interfaces que separam as rochas de diferentes constituições petrofísicas (THOMAS, 2004).

O primeiro método sísmico foi realizado na década de 1920, tendo como base, os princípios dos métodos da sismologia de terremotos, por exemplo, a velocidade de retorno da onda, que passará por camadas internas do planeta, é fator importante para determinar as propriedades físicas e sua composição. (KEAREY, BROOKS, HILL, 2009, p. 53).

Na década de 1980, na Noruega, o desenvolvimento dos estudos sísmicos ocasionou um impacto e um novo rumo de investimentos nos campos noruegueses *offshore*, devido ao fato de áreas que com os dados geológicos da época eram possíveis zonas de interesse da indústria *offshore*. As empresas que estavam explorando as áreas norueguesas tiveram, com a nova tecnologia de perfilagem, a capacidade de prever, uma possível acumulação de hidrocarbonetos, o que ocasionou uma queda nos investimentos em áreas que antes eram promissoras (RYGGVIK, 2014).

Em áreas pioneiras, na maioria das vezes os dados sísmicos são os únicos disponíveis, estes irão apresentar baixa resolução em grandes profundidades de análise, mesmo assim, é possível se estimar (ROCHA & AZEVEDO, 2009): Estimativa de Velocidades Intervalares; Previsão da litologia a ser perfurada; Falhas e arenitos inclinados; Topo de zonas anormalmente pressurizadas; Presença de zonas de gás raso (*shallowgas*).

Os principais equipamentos na amostragem sísmica são:

1) Vibratório (Vibroseis):



Fonte: <http://geofisicabrasil.com/images/globalvibro2>

2) Explosivo:



Fonte: <http://sumontenergy.com/wp/wp-content/gallery/my-gallery/dynamite-caps.jpg>

3) Canhão de ar comprimido:



Fonte: http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2009/Bruna_Joseane/relat1/principal_arquivos/image005.gif

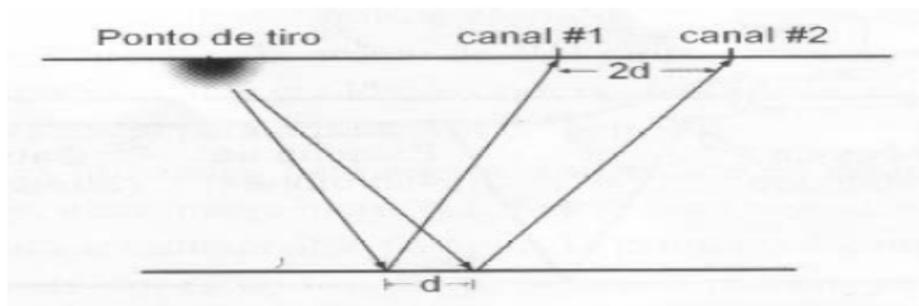
3.1 MÉTODO SÍSMICO DE REFLEXÃO

A sísmica de reflexão tem sido um dos métodos geofísicos mais efetivos para mapear as estruturas geológicas, utilizando fontes artificiais. Este método é baseado no

princípio de que se um abalo sísmico for provocado na superfície, utilizando-se uma fonte artificial, ondas mecânicas se propagarão para o interior da Terra até que elas encontrem interfaces que delimitam camadas litológicas com diferentes impedâncias acústicas, onde são refletidas (Figura 1). Esta técnica baseia-se nos intervalos de tempo decorridos entre a detonação da fonte artificial e a chegada dos impulsos refletidos e refratados nas estações receptoras, assim como em suas amplitudes (SILVA, 2002).

A onda sísmica se propaga para o interior da Terra até encontrar uma camada de rocha com uma impedância acústica diferente daquela na qual está se propaga. Neste ponto, parte da onda retorna no sentido da superfície e parte penetra na camada inferior até encontrar outra camada com impedância acústica diferente e assim sucessivamente. Cada vez mais à frente de onda vai se dispersando e ficando fraca. O método de reflexão sísmica é baseado na interpretação das reflexões que chegam à superfície (SILVA, 2002, p. 13).

Figura 1 – Esquema exemplificando a amostragem horizontal



Fonte: Thomas (2004).

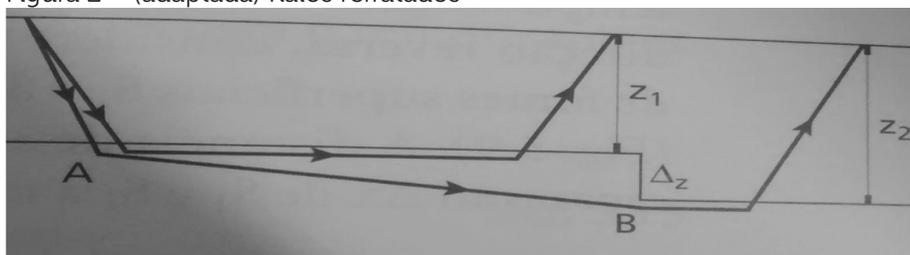
3.2 MÉTODO SÍSMICO DE REFRAÇÃO

A perfilagem de refração se caracteriza por usar a energia que retorna para a superfície após viajar por meio do solo ao longo das trajetórias dos raios refratados (Figura 2). Para se obter ondas sísmicas refratadas que cheguem primeiro do que as refletidas, é necessária uma distância de afastamento maior do ponto de emissão e também uma fonte mais potente, para gerar mais pulsos (série de ondas seguidas) a fim de que o alcance atingido seja superior. Um dos princípios para utilização desse método é a identificação de camadas refratoras, separando-as de outras camadas.

A velocidade de propagação da perfilagem refratada irá variar de acordo com a formação, pois fatores como presença de fluidos nos poros é peça chave para detectar diferenças de retornos, que podem indicar presença de gás e/ou óleo (KEAREY, BROOKS, HILL, 2009). "O método sísmico de refração registra ondas refratadas. Na

área de petróleo sua aplicação é restrita atualmente, embora este método tenha sido largamente utilizado na década de 1950" (THOMAS, 2004, p. 30).

Figura 2 – (adaptada) Raios refratados



Fonte: Kearey, Brooks, Hill (2009).

3.3 PREVISÃO DOS GRADIENTES DE PRESSÃO DE POROS

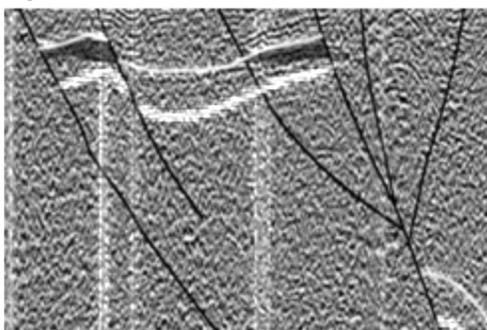
Em determinadas áreas, os dados recebidos de outros poços, serve como base para estimativa do comportamento dos poços, fundamental para a elaboração do projeto de exploração. Especificamente para o gradiente de pressão dos poros, utiliza-se as velocidades para criar "seções empilhadas" que ressaltam o perfil geológico, e o tempo de trânsito, que é o inverso desta velocidade (ROCHA & AZEVEDO, 2009).

4 DISCUSSÃO

4.1 CORREÇÕES DOS RESULTADOS

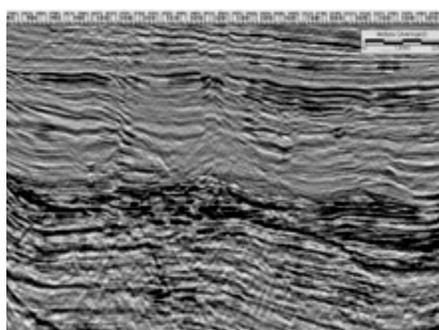
Tomamos como exemplo estudos feitos pela ANP na bacia SEAL e na bacia do Espírito Santo (Figuras 3 e 4):

Figura 3 – Linha sísmica *onshore* 027-0505



Fonte: http://www.brasil-rounds.gov.br/arquivos/Seminarios_R12/apresentacao/r12_08_sergipe_alagoas.pdf

Figura 4 – Linha sísmica *offshore* 0258-2577



Fonte: http://www.brasil-rounds.gov.br/arquivos/Seminarios_R12/apresentacao/r12_08_sergipe_alagoas.pdf

Diversos tipos de ruídos podem ser gerados na etapa de aquisição sísmica, e podem prejudicar uma futura interpretação dos dados sísmicos. Por isso, os dados sísmicos devem passar por uma etapa de atenuação de ruídos no proces-

samento. Esses ruídos podem muitas vezes mascarar reflexões de interesses da indústria de petróleo e gás, ou seja, sua atenuação pode ser decisiva na busca de hidrocarbonetos (LEITE, 2013).

Técnicas e máquinas sofisticadas são criadas para resolver/diminuir a interferência causada por fatores como agitação de ondas, vento e tráfego. A utilização de métodos como algoritmos analisam fatores estatísticos dos pulsos sísmicos e constroem operadores matemáticos de filtragem, para reproduzir imagens de subsuperfície com máxima fidelidade possível. Técnicas como o *Common Depth Point* (CDP), que se baseia em medições aplicadas em pontos iguais, que são registrados 48 a 240 vezes durante o estudo (THOMAS, 2004).

4.2 SÍSMICA 2D, 3D, 4-D

Um sistema sísmico seja ele, 2D ou 3D, é definido como um conjunto de camadas de número arbitrário, homogêneas ou heterogêneas, isotrópicas, separadas por interfaces curvas e suaves. Para definir um sistema sísmico deveremos considerar um sistema de coordenadas Cartesianas tridimensional (x, y, z), onde x e y representam direção em superfície e z em profundidade. A utilização dos modelos e da visualização ajuda a diminuir os riscos de interpretação, além de contribuir para gerar modelos de velocidade que possam ser utilizados no processo sísmico (PINHEIRO, 2011).

A sísmica 3-D consiste em executar o levantamento dos dados sísmicos em linhas paralelas afastadas entre si de distância igual à distância entre os canais receptores, a partir disso, os dados assim obtidos serão processados, seguindo basicamente o roteiro utilizado nos dados convencionais 2-D. Entretanto, o algoritmo de migração possui agora a flexibilidade de migrar eventos para a terceira dimensão. (THOMAS, 2004, p. 42).

Um exemplo na indústria do petróleo sobre a utilização da sísmica 4-D é quando ocorre uma variação na pressão do reservatório, a sísmica 4-D irá revelar a dinâmica dos processos de injeção de gás e água, em geral esse método é utilizado em intervalos de tempo, entre 6 a 12 meses. A sísmica 4-D nada mais é do que a repetição de um levantamento 3-D, em diferentes intervalos de tempo, mantendo-se as mesmas condições de aquisição e processamento, desse modo, os levantamentos repetidos apresentarão os mesmos resultados. No entanto, se no intervalo entre um levantamento e outro houver alterações nas características petrofísicas dos reservatórios, podemos dizer que ocorreu devido à injeção de água, extração de fluidos ou de outra atividade qualquer (THOMAS, 2004).

5 CONCLUSÃO

A análise sísmica nos dias atuais tem crescido muito em função dos avanços no desenvolvimento de algoritmos pré/pós tratamento, associados ao incremento de tecnologias computacionais como o desenvolvimento de máquinas com múltiplos processadores, onde a comunicação entre os processadores é mais eficiente e permite alocação de grandes volumes sísmicos, monitores e óculos para visualização em outras dimensões, diminuindo o tempo de investigação, administração das reservas e economia de recursos.

A clareza na interpretação dos dados é diretamente proporcional ao entorno que a reserva está inserida, levando em consideração a ambiência. Meios *onshore*, irão apresentar menor compreensão, sendo necessário de forma mais usual, ferramentas e técnicas, citadas anteriormente, para correções, quando levado em consideração à perfilagem *offshore*, que possui uma lâmina de água que serve como isolante de ruídos externos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. **Rodadas de Licitações nº11 e nº 12**, Brasil.

KEAREY, P., BROOKS M., HILL, I. **Geofísica de exploração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p.91-224.

LEITE, R. T. N. **Técnicas para atenuação de groundroll em um linha sísmica terrestre 2d da Bacia do Solimões**. 2013. 74f. Trabalho (Conclusão de Curso) – Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, RJ, 2013.

PINHEIRO, A. G. **Interpretação sísmica 2D e modelagem geológica 2,5D da Bacia do Parnaíba**. 2011. 86f. Trabalho (Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Pará- Instituto de Geociências, Belém, PA, 2011.

ROCHA, L. A. S., AZEVEDO, C. T. de. **Projeto de poços de petróleo: gepressões e assentamento de colunas de revestimento**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. p.51-66.

RYGGVIK, H. **Construindo uma indústria nacional de petróleo offshore - a experiência da noruega**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 224p.

SILVA, J. J. **Migração reversa no tempo: resolução em levantamentos sísmicos interpoços**. 2002. 92f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil- COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2002.

SUGGIO, K. **Geologia sedimentar**: geologia aplicada. São Paulo: EdgardBlucher, 2010. p.341.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p.29-53.

VAZQUEZ, F. A. **Análise crítica das ofertas das rodadas de licitações da ANP, com foco nas variáveis do julgamento do processo licitatório**: conteúdo local, bonús de assinatura e programa exploratório mínimo. 2010. 55f. Trabalho (Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, RJ, 2010.

Data do recebimento: 08 de julho de 2015

Data de avaliação: 13 de agosto de 2015

Data de aceite: 04 de setembro de 2015

1. Acadêmico do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: fgabriel147@gmail.com

2. Acadêmico do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: renatosilvafgdgh@gmail.com

3. Docente do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT. E-mail: giordanogonzaga@yahoo.com.br