

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

A BACIA POTIGUAR COMO UMA BACIA-ESCOLA PARA A GEOLOGIA DO PETRÓLEO:
UMA ABORDAGEM PEDAGÓGICA

AUTORES:

Anibal César Alves – PV/PRH22/ANP

José Romualdo Dantas Vidal – PV/PRH14/ANP

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela a Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6º PDPETRO.

A BACIA POTIGUAR COMO UMA BACIA-ESCOLA PARA A GEOLOGIA DO PETRÓLEO: UMA ABORDAGEM PEDAGÓGICA

Abstract

Petroleum Geology is an applied science, that encompasses a large number of geoscience disciplines, and its teaching involves knowledge in Structural Geology, Geochemistry, Sedimentology, Sedimentary Petrology, Geophysics and Stratigraphy, among others disciplines.

The Potiguar Basin, with an area of approximately 48,000 km², including terrestrial and marine portions, is in a mature stage of exploration, with petroleum and gas accumulations discovered in sedimentary rocks from the rift, transitional and drift phases of the basin evolution. Many exploratory and development studies and projects has been done in the basin, including enhanced oil recovery using water and steam injection, and exploratory prospects involving unconventional petroleum accumulations (tight gas sands).

The aim of this work is to show how the broad experience and data base accumulated in almost four decades of exploration activities in the Potiguar Basin may contribute to the Petroleum Geology teaching, making the learning activity more dynamic and participative, through the use of examples and studies realized in the basin itself, according to the principles of the construtivism theory of learning.

Introdução

A capacitação de recursos humanos através da introdução de disciplinas eletivas ou optativas na grade curricular é um dos objetivos do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás, PRH-ANP/MCT. Dentre essas disciplinas destaca-se, na área de Geociências, a Geologia do Petróleo, ciência aplicada que utiliza os conhecimentos derivados de uma ampla gama de disciplinas, tanto da área de Geociências, como da área de Ciências Exatas, de uma forma mais ampla, e que fornece um embasamento bastante solido para o desenvolvimento das atividades relacionadas com a exploração e exploração de acumulações de hidrocarbonetos.

O objetivo deste trabalho é mostrar como a vasta experiência acumulada em cerca de quatro décadas de exploração petrolífera na Bacia Potiguar (o campo de Ubarana, descoberto em 1973, foi a primeira descoberta comercial na bacia), aliada aos estudos de campo realizados em afloramentos de rochas sedimentares e ambientes deposicionais modernos existentes na bacia, podem tornar o ensino da disciplina Geologia do Petróleo mais dinâmico e embasado em dados, exemplos e estudos realizados na própria bacia, trazendo beneficios para o processo pedagógico, conforme preconizado pelo construtivismo (teoria do conhecimento elaborada por Jean Piaget).

A Bacia Potiguar situa-se na região Nordeste do Brasil, ocupando uma área de aproximadamente 48.000 km², incluindo as partes emersa (21.500 km²) e submersa (26.500 km²). Encontra-se atualmente num estágio maduro de exploração, tendo cerca de 7200 poços perfurados, dos quais 5360 são produtores. A produção atual é de aproximadamente 70.000 barris de óleo por dia e 1.100.000 m³/d de gás a partir de aproximadamente 60 campos, a maior parte dos quais já ultrapassou o pico de produção. Para reverter a tendência declinante da produção, que já chegou a atingir 110.000 b/d de óleo, estão sendo executados diversos projetos de recuperação secundária, dentre os quais destacam-se

os projetos de injeção de água nos campos de Ubarana e Canto do Amaro e o projeto de injeção de vapor no campo de Alto do Rodrigues.

O grande acervo de dados geológicos coletados e projetos realizados, tanto na área de exploração como na de exploração, assim como a vasta bibliografia disponível, tanto em publicações nacionais como internacionais, incluindo relatórios de graduação, teses de mestrado e doutorado, abrangem praticamente todo o vasto universo de temas relacionados com a disciplina Geologia do Petróleo, possibilitando e incentivando o seu uso pelas entidades de ensino, em particular a UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela proximidade geográfica e contexto sócio-econômico.

Metodologia

A Geologia do Petróleo é a aplicação da geologia à exploração e produção de óleo e gás (Selley, 1998), apresentando um grande relacionamento com ciências puras, como a Física, Química e Biologia, através dos diversos ramos de conhecimento da Geologia, como Geologia Estrutural, Sedimentologia, Petrografia, Geoquímica Orgânica, Paleontologia, Geofísica e Estratigrafia, dentre outros.

Podemos considerar a Geologia do Petróleo como parte de um contínuo de disciplinas empregadas na exploração e produção de hidrocarbonetos, tendo a sua maior aplicação na fase de exploração, diminuindo gradualmente à medida em que se passa para a fase de desenvolvimento e produção das acumulações descobertas, quando a Engenharia de Petróleo passa a predominar.

O estudo da Geologia do Petróleo permite uma ampla gama de abordagens. Dentre as diversas possibilidades, uma das mais utilizadas é utilizar os fatores que condicionam a ocorrência das acumulações de hidrocarbonetos como uma sequência natural de tópicos a serem abordados. Esses fatores estão bem discriminados no conceito relativamente moderno de sistema petrolífero, conforme definido por Magoon e Dow (1994), levando a um encadeamento lógico de assuntos, iniciando com a geração do petróleo e evoluindo até a sua acumulação nas trapas ou armadilhas.

O propósito deste trabalho é mostrar que estas diversas etapas podem ser exemplificadas com dados obtidos na Bacia Potiguar, de forma a contextualizar o assunto tratado, tornando-o portanto, muito mais atraente para o aluno. Além disso, através da realização de trabalhos de campo e de relatórios de graduação, o aluno tem a possibilidade não apenas de ser usuário da informação, mas de se transformar em produtor de informação, contribuindo para o aumento do conhecimento geológico sobre a Bacia Potiguar e suas acumulações de petróleo.

Essa abordagem pedagógica procura utilizar princípios do Construtivismo, teoria do conhecimento elaborada por Jean Piaget e outros estudiosos, que entende a educação como um processo de construção do conhecimento, a partir do acervo cultural existente e da realidade atual, o que torna o aprendizado mais atraente e participativo.

Resultados e Discussão

Um sistema petrolífero abrange uma área de rocha geradora ativa e todas as acumulações de óleo e gás relacionadas com ela, incluindo os elementos e processos essenciais para a formação de acumulações de petróleo. Os elementos essenciais são a rocha geradora, a rocha reservatório, a rocha selante e a rocha de cobertura (sobrecarga sedimentar), e os processos incluem a geração, migração e acumulação de petróleo e a formação de trapas (Magoon e Dow, 1994).

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

Além desses elementos e processos, a Geologia do Petróleo também se interessa pelos métodos de exploração e pelos recursos não convencionais de petróleo, de forma que a disciplina costuma abranger os seguintes tópicos:

- Propriedades físicas e químicas do petróleo
- Métodos de exploração
- Geração e migração de hidrocarbonetos
- Rochas selantes
- Rochas reservatório
- Trapas
- Sistema petrolífero
- Recursos não-convencionais de petróleo

O estudo de cada um desses assuntos permite a utilização de uma grande variedade de atividades, incluindo pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo, realização de análises de laboratório, visitas técnicas a unidades operacionais de empresas envolvidas com a exploração de petróleo, elaboração de roteiros de campo e de relatórios de graduação ou mesmo teses de mestrado ou doutorado.

Para exemplificar o potencial da Bacia Potiguar como uma bacia-escola para a Geologia do Petróleo, foram selecionados alguns trabalhos, abrangendo aspectos dos tópicos listados acima.

Exemplo 1

Tópico: Recursos não-convencionais de petróleo

Tema: A ocorrência de *tight gas sands* na Formação Pendência

Os principais recursos não convencionais de petróleo incluem as areias betuminosas, folhelhos ricos em óleo e gás, produção de metano a partir do carvão, hidratos e *tight gas sands*. Com a dificuldade crescente em se encontrar grandes reservas de hidrocarbonetos nas fontes convencionais (reservatórios siliciclásticos e carbonáticos com boa permoporosidade), a exploração vem se deslocando cada vez mais para a busca de fontes não-convencionais, que se caracterizam por demandar maior necessidade de conhecimento e de recursos financeiros para a sua viabilização econômica. Nos Estados Unidos, a exploração dos folhelhos ricos em gás (*gas shales*) já é a principal atividade exploratória, tendo ultrapassado em 2010 os investimentos efetuados na exploração dos recursos convencionais, e atingido uma produção de 2,75 Tcf (Durham, 2010).

Os *tight gas sands* são reservatórios arenosos de baixíssima permeabilidade (inferior a 0,1 md), que necessitam de estimulação através de fraturamento hidráulico para a sua produção comercial. Este tipo de reservatório ocorre na base da Fm. Pendência (Sequências 1 e 2) da Bacia Potiguar, tendo sido identificados e interpretados como sendo constituintes de uma acumulação de centro de bacia (*basin-centered gas system*), tipo de acumulação não convencional de gás que é responsável por grandes reservas de gás no Canadá e nos Estados Unidos.

Na Bacia Potiguar, a caracterização desse tipo de reservatório ainda se encontra numa fase incipiente, tendo sido analisados dados referentes às áreas de Riacho da Forquilha, Cachoeirinha e Marizeiro (Alves et al, 2008). Os reservatórios da Sequência 2 da Fm. Pendência, que ocorrem no Graben de

Apodi, são constituídos por arenitos e conglomerados de baixa porosidade (em geral inferior a 10%) e baixa permeabilidade (inferior a 1,0 md) depositados por fluxos gravitacionais em ambiente lacustre, sendo que alguns desses reservatórios produziram gás em testes de formação efetuados pela Petrobrás. Em função da sua grande distribuição regional, esses reservatórios constituem um alvo exploratório importante na Bacia Potiguar.

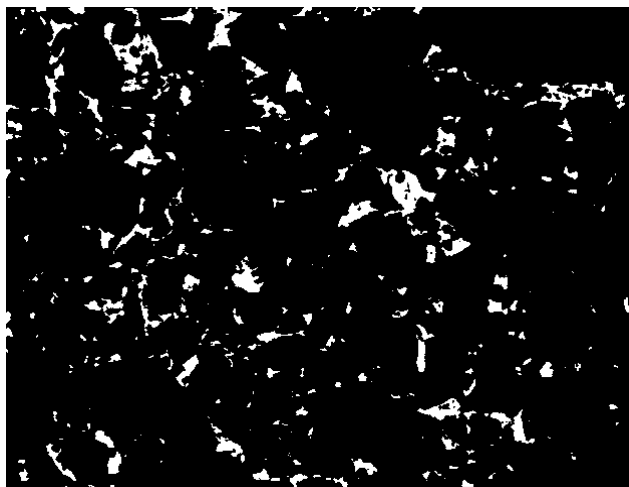


Fig. 1 – Imagem binarizada do arenito reservatório do poço 1-RFQ-1-RN (3255,6 m)
As partes claras representam o sistema poroso da rocha (porosidade = 6,25 %).

Nesses reservatórios de baixa permeabilidade, é muito importante o conhecimento do sistema poroso, da diagênese da rocha reservatório e das suas propriedades petrofísicas, visando minimizar o dano a formação durante a fase de perfuração e auxiliar a avaliação através dos perfis geofísicos e a elaboração do programa de fraturamento.

Exemplo 2

Tópico: Rocha reservatório

Tema: Feições cársticas da Bacia Potiguar

Com o intuito de estudar o sistema poroso das rochas carbonáticas, em especial a porosidade associada aos processos cársticos, foi elaborado um roteiro de campo (Xavier Neto e Alves, 2007) abrangendo afloramentos da Fm. Jandaira, que representa o mais extenso afloramento de carbonatos fanerozóicos do Brasil, ocupando grande parte da Bacia Potiguar.

A Fm. Jandaira representa uma plataforma carbonática rasa, com 600 m de espessura, mergulhando suavemente para NE, em direção ao Oceano Atlântico, apresentando grande quantidade de afloramentos e de cavernas, principalmente a W e SW da cidade de Mossoró. Na faixa de afloramentos foram reconhecidos os subambientes de supramaré, laguna rasa e barras de calcarenito controladas pela maré, com fauna e flora típicas de plataforma interna (gastrópodes, pelecípodes, miliolídeos, algas verdes e raras algas vermelhas). Ocorre também uma seção evaporítica, composta de camadas intercaladas de gipsita e folhelhos, sucedidas por calcário com biota restrita.

Os pontos do roteiro abrangem diversos lajedos, que são extensos afloramentos de calcário. O Lajedo de Soledade situa-se próximo a cidade de Apodi, e se destaca por ser de fácil acesso e apresentar pinturas rupestres, tendo se transformado num importante patrimônio arqueológico do estado. Com aproximadamente 3 km², apresenta afloramentos de calcário da unidade basal da Fm. Jandaira, constituído por barras de calcarenitos bioclásticos e oolíticos, depositadas em condições de inframaré,

desenvolvidas em ambiente marinho raso, semelhante ao ambiente formador dos reservatórios carbonáticos das bacias de Campos e Santos.



Fig. 2 – Lajedo de Soledade. Barras de calcarenitos bioclásticos e oolíticos.

A grande quantidade de feições cársticas permite a utilização desses afloramentos como análogos para prospectos em rochas carbonáticas associadas a exposição subaérea, com a ocorrência de feições de dissolução e de colapso, como cavernas e dolinas, além de um complexo sistema de fraturas.

Exemplo 3

Tópico: Rocha reservatório

Tema: Diagênese

Alves (1985) estudou a petrografia e a diagênese dos reservatórios siliciclásticos da seção superior da Fm. Pendência, no campo de Serraria (seção rifte da Bacia Potiguar), tendo reconhecido cinco litofácies (A, B, C, D e E) a partir de características litológicas e texturais observadas em testemunhos de poços do campo, estabelecendo um modelo deposicional representativo de um delta tipo Gilbert para as zonas produtoras, com aporte sedimentar a partir de NW.

As fácies reservatórios (A, B e C) são constituídas respectivamente por arenitos grossos, médios e finos a muito finos, que apresentam alto teor de feldspatos e micas. A porosidade média situa-se entre 22 e 26%, mostrando-se fortemente influenciada pela diagênese e sendo predominantemente de origem secundária, resultante de processos de dissolução de cimentos e grãos do arcabouço, principalmente feldspatos.

Os principais eventos diagenéticos observados nos arenitos reservatórios do campo de Serraria, foram, em ordem cronológica de ocorrência: compactação mecânica, desenvolvimento de crescimentos syntaxiais de quartzo e feldspato, compactação química, cimentação de calcita, dissolução de cimento carbonático, dissolução de feldspatos, cimentação de dolomita ferrosa, cimentação de clorita sob a forma de franjas delgadas e descontínuas, desenvolvimento de fases tardias de cimentação, incluindo quartzo, feldspato e anatásio autigênicos, migração de hidrocarbonetos e piritização.

Foi elaborado um modelo diagenético levando em consideração o relacionamento existente entre a evolução da matéria orgânica, a diagênese dos folhelhos e a composição do fluido dos poros nos arenitos reservatórios.

Conclusões

A Geologia do Petróleo constitui uma disciplina essencial para o entendimento do processo de exploração e exploração de acumulações de hidrocarbonetos, abrangendo uma grande diversidade de tópicos, que vão desde a geração e migração, até o trapeamento e formação de acumulações comerciais de petróleo.

A Bacia Potiguar se encontra atualmente numa fase madura de exploração, possuindo um grande acervo de dados referentes aos milhares de poços que já foram perfurados na bacia, os quais resultaram em inúmeras análises laboratoriais e grande quantidade de estudos, que podem ser utilizados para exemplificar de uma forma bastante prática e atraente as diversas áreas do conhecimento envolvidas no estudo da disciplina Geologia do Petróleo, preenchendo todos os requisitos para atuar como uma excelente bacia-escola.

Agradecimentos

Agradecemos a ANP, através do seu programa de bolsa para Pesquisador Visitante (PRH22/ANP e PRH14/ANP) e a UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, a oportunidade de escrever este artigo.

Referências Bibliográficas

ALVES, A. C., 1985. Petrografia e diagênese dos arenitos reservatórios da Formação Pendência (Cretáceo Inferior) no campo de Serraria, Bacia Potiguar, Brasil. Universidade Federal de Ouro Preto. Dissertação de mestrado, 143 p.

ALVES, A. C., CORSINO, A. R., REIS, A. C., 2008. Caracterização de reservatórios do tipo *tight gas sands* na Formação Pendência, Bacia Potiguar. Anais do 44o. Congresso Brasileiro de Geologia, p. 502.

DURHAM, L. S., 2010. Shales – similar, yet so different. AAPG Explorer, vol. 31, nº 9, p. 28.

MAGOON, L. B., DOW, W. G. eds., 1994. The petroleum system – from source to trap. AAPG Memoir 60.

SELLEY, R. C., 1998. Elements of Petroleum Geology. Academic Press, 470 p.

XAVIER NETO, P., ALVES, A. C., 2007. Feições Cársticas da Bacia Potiguar – Roteiro de Excursão de Campo. Petrobras UN/RNCE.