

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de P&D em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

RECURSOS ENERGÉTICOS NÃO CONVENCIONAIS: EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE
SHALE GAS

AUTORES:

Fernanda Bazilio de Amorim e Lindemberg de Jesus Nogueira Duarte

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. 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 9º PDPETRO.

RECURSOS ENERGÉTICOS NÃO CONVENCIONAIS: EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE *SHALE GAS*

Abstract

The energy revolution from unconventional resources, especially shale gas, has prompted the United States to see shale rise as a strategic source of energy. Thus, there is a growing relevance of shale gas in the global energy matrix, and especially its current North American role. Non-conventional resources are called hydrocarbons that are trapped in rocks that are poorly permeable, which makes it difficult to move the fluid contained in it. So for years, the idea that dominated the industry was that shale gas was considered an obstacle to being overtaken, which was beyond repair. Therefore, to make feasible the commercial exploitation of this gas, two technological advances were necessary: the stimulation of the well by hydraulic fracturing and the drilling of horizontal wells. With the technological evolution of these two operations, countries began to develop natural gas (GN) of shale reserves economically, making it significantly increase the domestic supply of NG. Associated with this, the development of shale gas production is also related to the behavior of the price of natural gas, which needs to make feasible the high cost of production. From the use of hydraulic fracturing and horizontal drilling, the United States has been able to extend natural gas from shale reserves for several decades. In this way, the paper analyzed the shale gas boom in the United States.

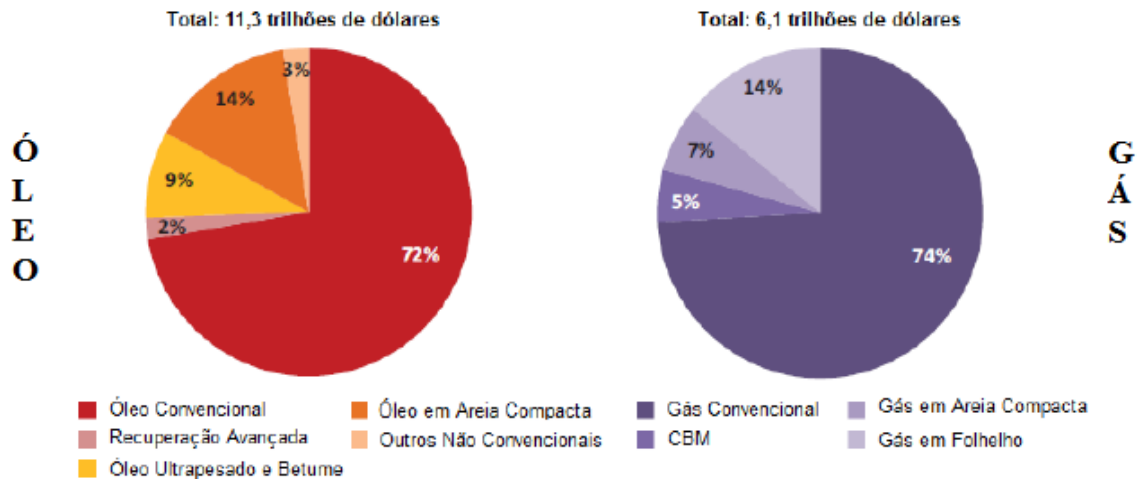
Introdução

A busca contínua por novas fontes de energia possibilitou a abertura de caminhos para os recursos não-convencionais, principalmente para os gases não convencionais, com o objetivo de conhecer melhor o seu potencial. Atualmente, os gases não convencionais se referem, principalmente, ao *Shale Gas*. Porém, existem diversas categorias desse tipo de gás: gás natural profundo, metano em leitos de carvão, gás natural em zonas geopressurizadas, gás natural ártico, hidratos de gás natural e o gás natural em formações compactas.

De acordo com IEA (*International Energy Agency*) a humanidade continuará dependente dos combustíveis fósseis por muito tempo, em uma projeção feita até o ano de 2035. Porém, embora tenha um declínio, a utilização desses combustíveis será de 75% em relação aos 82% atuais e o gás natural soma com mais da metade dessa porcentagem.

Conforme o relatório *World Energy Investment Outlook* (IEA, 2014), a propensão mundial de investimento por recurso, tanto para óleo quanto para gás, é relatada na Figura 1.

Figura 1 - Previsão de investimento por recurso no cenário mundial até 2035.



Fonte: International Energy Agency, 2014.

Pode-se observar que os recursos não convencionais contribuem, aproximadamente, com um quarto da projeção do investimento total.

As características geológicas das rochas não convencionais, em que a rocha geradora também é a rocha reservatório, são diferentes das rochas convencionais, diferente do que sempre foi explorado. Por essa razão, os recursos não-convencionais tornam-se um desafio na indústria petrolífera. Esse desafio se enquadra na exploração e na produção de uma forma economicamente viável. Porém, com o avanço das tecnologias, foi verificado que esses reservatórios podem ser produzidos a taxas economicamente viáveis.

Como exemplo, pode-se citar os Estados Unidos, que possui a maior reserva tecnicamente recuperável de *shale gas*. Portanto, para o entendimento de como a exploração de *shale gas* pode ser expandida para outros países, que também possuem reservas consideráveis desse recurso, é necessário apresentar o contexto e a análise da revolução dos reservatórios não convencionais que ocorre nos EUA.

Metodologia

As ferramentas utilizadas para a construção deste trabalho foram baseadas em textos, publicação de autores de grande credibilidade, livros produzidos pela união de diferentes colaboradores, consultas em dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Os temas debatidos aqui, serão feitos de forma a apresentar as tecnologias que tornaram possível o desenvolvimento do *shale gas*, contextualizando os recursos não convencionais com foco na revolução dos reservatórios não convencionais, principalmente o gás de folhelho, nos Estados Unidos.

Aspectos Tecnológicos dos Reservatórios Não Convencionais

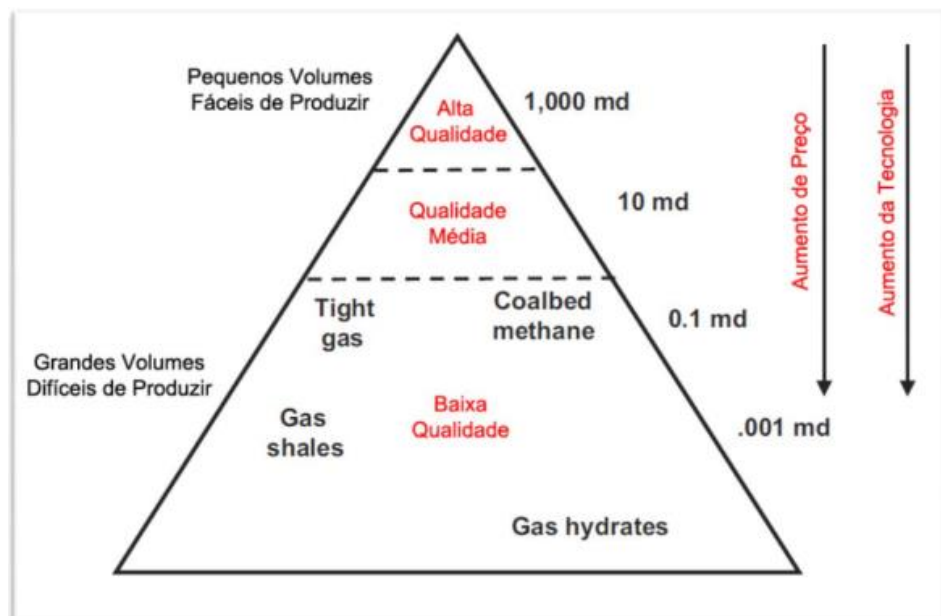
Desde os primórdios das atividades de exploração de petróleo, os reservatórios não convencionais têm sido esquecidos. Porém, de acordo com um relatório feito pelos analistas da empresa Wood Mackenzie, os recursos não convencionais têm potencial para transformar a dinâmica global, principalmente os recursos dos gases.

Esses tipos de reservatórios são bastante diversificados, podendo ser homogêneo ou naturalmente fraturado, profundo ou raso, mas é reconhecido pela rocha geradora que tem, também, a função de rocha reservatório e de rocha selante, devido à baixa permeabilidade. Portanto, um recurso não convencional é identificado por apresentar baixos valores de permeabilidade e porosidade e por requerer tecnologias de perfuração e/ou de estimulação avançadas, que exigem precauções ambientais. Por isso o seu entendimento é de difícil compreensão e torna a sua exploração significativamente mais cara quando comparados aos recursos convencionais.

No início de 1970, os níveis de produção de gás incluindo gás em areias compactadas (*tight gas sands*), gás em folhelhos (*shale gas*), metano em leitos de carvão (*coalbed methane*) eram quase inexistentes (HOLDITCH E LEE, 2007). Já no cenário atual, os estudos realizados são enfáticos na utilização de técnicas de perfuração direcional e fraturamento hidráulico que possam tornar a produção desse tipo de reservatório uma alternativa economicamente viável. Portanto, os reservatórios não-convencionais estão se tornando uma fonte de gás muito importante em países como Estados Unidos (EUA) e China, que têm interesse em reduzir as necessidades de importação e fornecer fontes adicionais de exportação.

Ainda na década de 70, Masters e Gray elaboraram uma representação gráfica, que foi adaptada por Holditch (2006), chamada de Triângulo de Recursos, afim de demonstrar os reservatórios convencionais e não-convencionais, o qual pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 - Triângulo de recursos.



Fonte: Adaptado de HOLDITCH, 2006.

No topo do triângulo encontram-se os reservatórios convencionais de menores volumes, mas de fácil exploração. Já na base do triângulo, encontram-se os reservatórios não-convencionais de grandes volumes, mas tendo um nível de tecnologia maior para sua exploração e, por consequência, um maior custo de produção.

Dentro da categoria dos reservatórios não convencionais, deve-se focar no Gás de Folhelho ou *Shale Gas*.

Os hidrocarbonetos gerados no folhelho, rocha geradora de grande parte dos recursos mundiais convencionais, passam pelo processo de migração por fraturas e rochas porosas e permeáveis, até encontrarem armadilhas e serem acumulados, formando os reservatórios convencionais. Contudo, em condições circunstanciais, os hidrocarbonetos são presos na própria rocha geradora, construindo um sistema petrolífero independente de *shale gas* ou gás de folhelho.

Segundo Suárez (2012) o *shale gas* pode ser definido como “o gás natural que é produzido a partir de reservatórios predominantemente composto de folhelho (uma rocha sedimentar de granulação fina que é facilmente quebrável em camadas finas, paralelas, ricas em matéria orgânica)”.

Os folhelhos produtores de gás são reservatórios com baixa permeabilidade, variando de 10 a 100 nano-Darcy (10^{-4} a 10^{-5} mD), formado pela compactação de argila ou silte. Do mesmo modo que outras rochas sedimentares, a sua composição varia, mas predominam os minerais quebradiços como quartzo, carbonatos e feldspatos (BAPTISTA, 2011).

A matéria orgânica presente no *shale* não é influenciada pela composição, mas a presença de argila pode afetar a maturação termal devido a sua associação com as moléculas de água. Assim, para ocorrer a formação de hidrocarboneto nesses reservatórios, a matéria orgânica precisou sofrer modificações termoquímicas para que alcançasse o estágio de gás seco, forma de gás livre, e gás “molhado”, gás adsorvido nas rochas.

O fenômeno de adsorção, formador do gás adsorvido, pode ser caracterizado como a alteração da concentração de gás em uma interface superficial do sólido. Isso faz com que os reservatórios de *shale gas* se diferencie, quando comparado aos demais, devido a capacidade de armazenar uma grande quantidade do gás in-place.

A porosidade real do folhelho produtor não considera a porosidade referente ao gás adsorvido, chamada de porosidade virtual. Porém, essa porosidade representa a capacidade de armazenamento de gás desses reservatórios.

Um poço de gás em um reservatório convencional pode produzir 4 milhões de m³/dia, enquanto um reservatório não convencional, sem estimulação, pode produzir 0,15 milhões de m³/dia. Mas, quando comparado à produção de gás convencional, o potencial desta rocha, folhelho, não é limitado por armadilhas geográficas e podem existir em extensas áreas geográficas.

Os geólogos já sabiam da presença de gás natural na rocha *shale* por anos, mas não poderiam de forma rentável extraí-lo. Por isso, para viabilizar comercialmente, a exploração e produção desse gás, se fez necessário a junção de dois fatores: uma tecnologia moderna em fraturamento hidráulico, que cria fraturas artificiais, e uma tecnologia moderna em perfuração horizontal, que tem a finalidade de criar o máximo de área em contato com gás.

Os recursos de *shale gas* são melhor quantificados nos EUA, país que possui a maior produção deste tipo de gás natural e tem a maior referência tecnológica para este processo.

Conforme a U.S. Energy Information Administration (2015), a produção de gás de folhelho nos Estados Unidos reproduziu mais da metade da produção anual de gás natural dos EUA em 2015 e deverá ser mais do que o dobro em uma projeção feita para 2040.

Já no Brasil, a maioria das bacias que são prolíficas estão no mar. Porém, o país tem 18 bacias sedimentares em terra que são poucas desenvolvidas e exploradas (IEA, 2015). Dentre estas bacias estão a do Paraná, no Sul, e as do Solimões e Amazonas, no Norte, que, além de produzir o gás convencional, possuem informações geológicas suficientes para serem avaliadas quanto ao potencial de gás de folhelho. Várias outras bacias no país podem ter potencial de *shale gas*, mas são termicamente imaturas e/ou não possuem dados suficientes para a avaliação.

De acordo com a U.S. Energy Information Administration (2015), os recursos de folhelho nas bacias do Paraná, Solimões e Amazonas são estimados em 1.279 trilhões de pés cúbicos, mas 245 trilhões de pés cúbicos tecnicamente recuperáveis. Contudo, até o momento não foi anunciado nenhuma perfuração de exploração de *shale gas* no Brasil.

A difusão energética tardia do gás natural e as dificuldades associadas ao seu transporte, fez com que o gás tivesse, frequentemente, uma disputa de mercado com outras fontes de energia já estabelecidas. Por consequência disso, o gás natural encontrou barreiras para se desenvolver e, dessa forma, seu valor de mercado era dado pelos preços dos combustíveis concorrentes. Entretanto, ao contrário do que tradicionalmente era encontrado, nos Estados Unidos os preços apresentaram uma trajetória diferente.

O aumento da produção em escala do *shale gas*, ou seja, o aumento da oferta de gás natural vem tendo reflexos nos preços deste energético no EUA. Entre 2004 e 2008 os preços médios do gás natural passaram de US\$6,8/MMBTU, com picos que chegaram a US\$13,0/MMBTU, para em média US\$3,5/MMBTU nos últimos anos. Em janeiro e fevereiro de 2012 o preço médio do gás Henry Hub foi de US\$2,69/MMBTU. Já em 2015 e 2016 o preço variou conforme a Figura 3. (U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2016).

Nas próximas décadas, os Estados Unidos poderão estar entre os maiores exportadores de gás, alterando a geopolítica mundial que tem a Rússia como principal fornecedor.

Figura 3 - Preços do gás natural Henry Hub em 2016.

Natural gas spot prices (Henry Hub)



Source: Natural Gas Intelligence

Fonte: Energy Information Administration, 2016.

Em relação a demanda, verifica-se que a maior parte terá como destino a energia. O aumento do consumo de gás natural para geração de eletricidade (queima de energia) foi um dos principais impulsionadores da demanda de gás natural. De acordo com os dados da U.S. Energy Information Administration (2016) o consumo de gás para a energia, durante a temporada de 2016, foi de 2,2 bilhões de pés cúbicos por dia, mais que na temporada de injeção de 2015. A combinação de um verão quente e de usinas elétricas a gás levou a vários dias de queima de energia recorde. Outros pontos também tiveram efeitos, como, o consumo residencial e comercial caiu em média de 1,0 bilhões de pés cúbicos por dia a partir de 2015, uma vez que o clima mais quente reduziu a demanda por aquecimento a gás natural.

Conclusões

Muitos países estão apostando fortemente no potencial de exploração e produção de *shale gas* buscando a independência energética e o desenvolvimento econômico. A partir do uso de fraturamento hidráulico e da perfuração horizontal, os Estados Unidos têm sido capazes de prolongar por várias décadas o gás natural proveniente de reservas de folhelho.

Para a realização plena do potencial deste recurso não convencional, a indústria terá que lidar de forma mais efetiva com a questão ambiental do fraturamento hidráulico, devido aos produtores de gás de folhelho de algumas regiões estarem enfrentando certas oposições de grupos ambientalistas.

Contudo, o que é certeza é que o aumento da produção de gás de folhelho servirá para a utilização de uma fonte menos poluente quando comparado ao carvão e o óleo. Há, também, um enorme potencial de benefícios econômicos e sociais gerados através do aumento da produção de gás natural nos EUA.

Por tudo isso, o resto do mundo tem tido como referência os Estados Unidos para a exploração e a produção dos recursos não convencionais, principalmente o *shale gas*, e deve se beneficiar das tecnologias já desenvolvidas e dos conhecimentos adquiridos no país.

Agradecimentos

A UFRN e ao Departamento de Engenharia de Petróleo.

Referências Bibliográficas

BAPTISTA, José Pedro Mesquita Martins dos Santos. **Caracterização de Formações da Bacia Lusitaniana (zona emersa) para a produção de gás natural (não convencional)**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Geológica e de Minas, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

BUDZIK, Philip. **Arctic Oil and Natural Gas Potential**. Disponível em: <<http://www.eia.gov/oiaf/analysispaper/arctic/>>. Acesso em: 15 out. 2016.

EIA. Chapter 3. **Natural gas**. Disponível em: <http://www.eia.gov/outlooks/ieo/nat_gas.cfm>. Acesso em: 10 out. 2016.

EIA. **Drilling Productivity Report**. Disponível em: <<https://www.eia.gov/petroleum/drilling/pdf/dpr-full.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2016.

EIA. **Review of Emerging Resources: U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays**. Disponível em: <<http://www.eia.gov/analysis/studies/usshalegas/pdf/usshaleplays>>. Acesso em: 16 out. 2016.

EIA. **Shale in the United States.** Disponível em: <https://www.eia.gov/energy_in_brief/article/shale_in_the_united_states.cfm>. Acesso em: 10 out. 2016.

GOVERNMENT, Agency of the united states. **Modern Shale gas.** Disponível em: <http://energy.gov/sites/prod/files/2013/03/f0/ShaleGasPrimer_Online_4-2009.pdf>. Acesso em: 17 out. 2016.

HOLDITCH, S. A.; LEE, W. J. **Keys To Realizing Potential Of Unconventional Gas.** Texas, EUA, 2007.

HOLDITCH, Stephen A. – **Tight Gas Sands.** 2006. Disponível em: <http://www.holditch.com/Portals/66/Tight%20Gas%20Sands_2006.pdf>. Acessado em: 13 de out. de 2016.

SHELLENBERGER, Michael. **Where the Shale Gas Revolution Came From.** Disponível em: <<http://thebreakthrough.org/index.php/programs/energy-and-climate/where-the-shale-gas-revolution-came-from>>. Acesso em: 16 out. 2016.

THOMAS, J. E., **Fundamentos de Engenharia de Petróleo.** Editora Interciência, 2001.

TOWNSEND, Mark. **Infographic: Fracking Imports and Exports in Europe — Natural Gas Reserves, Production, and Consumption by country.** 2011. Disponível em: <<http://www.circleofblue.org/2011/world/infographic-fracking-imports-and-exports-in-europe---natural-gas-reserves-production-and-consumption-by-country/>>. Acesso em: 16 out. 2016.

WATKINS, Eric. **WoodMac: Pay attention to 'unconventional gas revolution'.** Disponível em: <<http://www.ogj.com/articles/2010/07/woodmac--pay-attention.html>>. Acesso em: 14 out. 2016.