

GUSTAVO SIMON FLORENTINO

**PERSPECTIVA E POTENCIALIDADE DO *SHALE GAS* NO
BRASIL E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS**

**São Paulo
2013**

GUSTAVO SIMON FLORENTINO

**PERSPECTIVA E POTENCIALIDADE DO *SHALE* GAS NO
BRASIL E POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS**

Trabalho de Formatura em Engenharia de
Petróleo do curso de graduação do
Departamento de Engenharia de Minas e de
Petróleo da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Taioli

**São Paulo
2013**

Resumo

O gás de folhelho ou *shale gas* é uma fonte de gás natural não convencional que, até pouco tempo, não possuía importante produção no mundo. Devido às características de sua rocha reservatório, o *shale gas* era de difícil exploração, porém este cenário mudou a partir da década passada, quando o governo dos Estados Unidos passou a incentivar e subsidiar projetos de pesquisa e desenvolvimento na área. Como resultado, obtiveram avanços tecnológicos que permitiram a viabilidade econômica de sua produção. A oferta deste gás revolucionou a matriz energética americana, já que reduziu o preço do gás natural no país e proporcionou diversos benefícios para a economia, política e sociedade. As recentes descobertas de reservas mundiais e notório potencial, evidenciado pelo exemplo americano, fizeram o gás de folhelho virar pauta de debate no mundo, que hoje analisa questões políticas, tecnológicas, econômicas e ambientais – devido aos possíveis impactos causados pelas técnicas envolvidas na exploração – para desenvolver esta indústria. O presente trabalho apresenta e discute aspectos do mercado nacional, da infraestrutura disponível e de fatores ambientais com a finalidade de analisar o potencial do gás de folhelho no Brasil, aspectos que definiram as perspectivas e dificuldades que o país encontrará para desenvolver a exploração deste recurso não convencional.

PALAVRAS-CHAVE: gás natural, gás de folhelho, matriz energética, reserva não convencional.

Abstract

Shale gas is a source of non-conventional natural gas, which until some time ago lacked significant production in the world. Due to the properties of the reservoir rock, the shale gas exploration was difficult. However, this situation changed in the last decade when the United States government began to encourage and support research and development projects area. As a result, the U.S. achieved technological advances that allowed the economic viability of its production. The supply of this gas revolutionized American energy matrix, since it reduced the price of natural gas in the country and has provided many benefits to the economy, politics and society. The recent discoveries of global reserves and its notorious potential, evidenced by the American development, made the shale gas as an agenda for debate in the world. Nowadays many countries analyze its political, technological, economic and environmental issues - due to the potential impacts caused by the techniques involved in the operation - to develop this industry. This paper presents and discusses aspects of the Brazilian market, available infrastructure and environmental factors in order to analyze the potential of shale gas in Brazil, aspects that defined the prospects and difficulties that the country will find to develop the exploitation of this non-conventional resource.

KEY WORDS: natural gas, shale gas, energy matrix, non-conventional resource.

Sumário

1	Introdução	7
2	Objetivo	8
3	Revisão Bibliográfica.....	9
3.1	Rocha Reservatório	9
3.1.1	<i>Shale gas</i>	10
3.2	Reservas Mundiais de <i>Shale gas</i>	11
3.3	A “Revolução do <i>Shale Gas</i>” nos Estados Unidos.....	14
3.4	Avanços Tecnológicos	16
3.4.1	Poço Horizontal.....	16
3.4.2	Faturamento Hidráulico	17
3.5	Impactos Ambientais.....	18
3.6	Cenário brasileiro.....	20
3.6.1	Produção, oferta e demanda de gás natural	20
3.6.2	Reservas de <i>Shale gas</i>	21
4	Análise Crítica.....	23
5	Conclusão.....	25
6	Bibliografia.....	26

Índice de Ilustrações:

Gráfico 1: Taxa de produção em poços na região de Barnett, EUA.....	11
Tabela 1: Estimativa das reservas mundiais de gás natural.....	12
Figura 1: Rede de gasodutos e reservas de <i>shale gas</i> nos Estados Unidos.....	15
Figura 2: Poço horizontal e poço vertical.....	17
Figura 3: Bacias Sedimentares com Potencial de Gás Não Convencional no Brasil...22	

1 Introdução

A recente descoberta mundial de grandes reservas de gás de folhelho tem gerado transformações na matriz energética de alguns países e expectativas de importantes mudanças no mercado mundial. A possibilidade de reduzir a dependência de países exportadores de gás natural, ou até mesmo conseguir a autossuficiência, traz projeções para alguns países de impulsionar seus mercados e economias, com o aumento da oferta energética e redução de custos que esta fonte pode gerar.

O gás de folhelho, também conhecido como *shale gas*, é um recurso não convencional que geralmente se encontram em grandes volumes em extensas reservas, porém apresentam maior dificuldade para serem produzidos devido às suas características de baixa permeabilidade e porosidade na rocha reservatório, dificultando sua exploração.

Pequenas empresas dos Estados Unidos, com o apoio do Estado, foram capazes de adaptar técnicas que permitissem a exploração e produção dos poços de *shale gas* que se tornaram viável economicamente. Com a nova fonte energética, seu mercado interno passou por transformações significativas, tão importantes que lhe geraram o nome de “Revolução do *shale gas*”. A participação americana no mercado externo também alterou seu *status* e espera-se que o país passe de grande importador de anos atrás para exportador num futuro próximo.

No Brasil ainda não se conhece o verdadeiro potencial de suas reservas, porém já se sabe que o país encontrará dificuldade para desenvolver sua produção do ponto de vista de infraestrutura regional. Além disso, algumas questões, principalmente ambientais relacionadas a consequências da utilização das técnicas de exploração deste recurso, geram incertezas a respeito da exploração do gás de folhelho.

Este trabalho tem como motivação examinar a recente história do desenvolvimento da indústria desta fonte energética ignorada antigamente, e analisar as possibilidades e futuro do gás de folhelho no Brasil.

2 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo debater sobre a perspectiva brasileira em relação às áreas que têm potencial de pesquisa e futura exploração de *shale gas* e a estrutura do mercado brasileiro para a o desenvolvimento desta nova indústria. Para isso, serão avaliados os elementos que permitiram o recente sucesso no desenvolvimento das reservas não convencionais de *shale gas* nos Estados Unidos, assim como analisar as técnicas utilizadas para extração e produção e quais seus riscos efetivos que as fazem sofrer resistência em alguns lugares do mundo.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Rocha Reservatório

Rochas geradoras são rochas sedimentares com alto teor de matéria orgânica, ou querogênio, que, quando expostas a determinadas condições de pressão e temperatura, são capazes de transformar esta matéria em combustíveis fósseis, como o petróleo bruto e o gás natural, ou hidrocarbonetos. Devido à pressão interna na rocha geradora, estes hidrocarbonetos sofrem um processo de migração até as rochas reservatórios que, por um arranjo estrutural -junto com rochas impermeáveis que impedem a passagem do fluido, conhecidas como rochas selantes-, formam uma armadilha e aprisionam o fluido.

As rochas reservatórios têm porosidade e permeabilidade suficientes para armazenar e transmitir fluidos, pois possuem uma porosidade maior que a maioria das rochas ígneas e metamórficas.

Existem dois tipos de reservatórios: os convencionais e os não convencionais. Os reservatórios convencionais são aqueles que, em seu processo de extração de óleo e gás, são utilizados processos de recuperação primária e secundária. Enquanto os reservatórios não convencionais são definidos genericamente como aqueles que não cumprem os critérios de definição para reservatórios convencionais.

A definição de reservatório não convencional é uma função complexa das características dos recursos, das tecnologias de exploração e produção disponíveis, do ambiente econômico e da escala, frequência e duração da produção do recurso. Essas percepções sobre esses fatores mudam inevitavelmente ao longo do tempo e muitas vezes diferem entre os usuários do termo. Sendo assim, avanços tecnológicos e mudanças de cenário podem permitir que reservas antes consideradas não convencionais sejam consideradas convencionais.

Atualmente, o termo é usado em referência aos recursos de petróleo e gás, cuja porosidade, permeabilidade, mecanismo de armadilha do fluido, ou outras características diferem de arenito convencional e reservatórios carbonáticos. As fontes mais comuns de reservatórios não convencionais são o *Shale Gas*, *Coalbed Methane* (CBM), *Tight Sands* e o *Heavy Oil*.

3.1.1 *Shale gas*

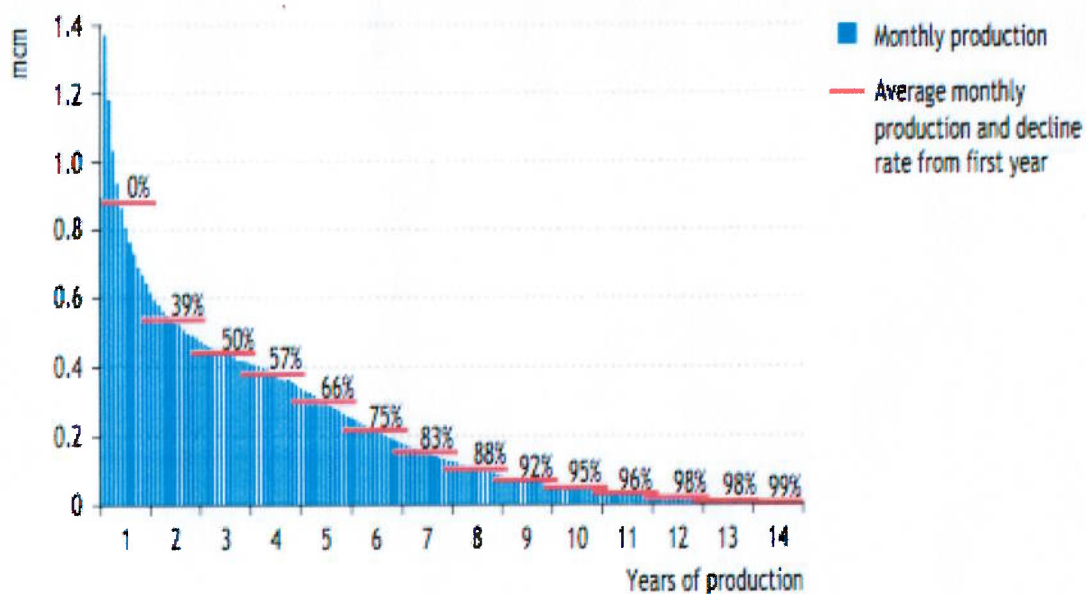
Geologicamente, segundo Boggs, 1995, os folhelhos são as rochas sedimentares mais comuns no planeta (cerca de 50%). São formados por partículas de granulação fina e encontrados em camadas paralelas de centenas de pés de altura e que cobrem extensas áreas geográficas, até milhões de acres. (Natural Gas n.d.; Frantz and Jochen 2005).

O gás proveniente desta formação rochosa é igual ao gás natural convencional quanto à sua composição e às propriedades físico-químicas, pois são compostos predominantemente por metano e, em frações menores, de outros hidrocarbonetos. Porém, o *shale gas* é considerado uma fonte não convencional de gás, pois, em uma de suas possíveis definições, um gás não convencional é aquele que não pode ser produzido a uma taxa de volume economicamente viável a não ser que seja estimulado. Portanto, não é a característica do gás que determina se ele é ou não uma fonte não convencional, mas sim a propriedade da rocha (National Petroleum Council 2007).

Uma importante propriedade determinante para sua classificação é a permeabilidade da rocha. No caso do folhelho, sua permeabilidade está entre 0.01 e 0.00001 milliDarcy, o que resulta numa permeabilidade horizontal muito baixa e uma permeabilidade vertical extremamente baixa, não permitindo que o gás se movimente facilmente dentro da rocha (UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY 2009).

No caso do gás de folhelho, ele pode ficar armazenado na rocha por diferentes mecanismos: preso nos poros da rocha ou adsorvido nos minerais ou na matéria orgânica dentro do folhelho, que funciona tanto como fonte quanto reservatório para o gás natural aprisionado entre suas camadas. Como sua baixa permeabilidade requer estímulos para que o gás possa ser produzido, o método mais utilizado para isto em reservas de gases não convencionais é feito por fraturas na rocha. Estas fraturas permitem que o gás preso nos poros seja produzido a taxas altas, enquanto o gás adsorvido é produzido lentamente durante anos. Por consequência disso, o gás de folhelho apresenta um pico de produção em sua curva de produção logo no primeiro dia e um rápido declínio de produção com os anos. A Figura 1 apresenta, em porcentagem, a taxa de declínio de produção de poços na região de Barnett, nos Estados Unidos, que cai para 39% do primeiro ano para o segundo e 50% do primeiro para o terceiro ano (Gény 2010; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY 2009).

Gráfico 1: Taxa de produção em poços na região de Barnett, EUA (Fonte: IEA, 2009)



3.2 Reservas Mundiais de *Shale gas*

Segundo estudos recentes, o Brasil figura como décimo colocado no *ranking* mundial de reservas tecnicamente recuperáveis que apresenta como líder em reservas a China. Embora os Estados Unidos seja o maior produtor de gás de folhelho, é o país com a segunda maior reserva. Os países que completam a lista dos 5 maiores detentores de reservas tecnicamente recuperáveis de *shale gas* são Argentina, México e África do Sul (Tabela 1).

Tabela 1: Estimativa das reservas mundiais de gás natural (Fonte: ANP, 2012)

País	Reservas de gás natural comprovadas (trilhões de m ³)	Reservas de gás de folhelho tecnicamente recuperáveis (trilhões de m ³)
Europa		
França	0,01	5,10
Alemanha	0,18	0,23
Holanda	1,39	0,48
Noruega	2,04	2,35
Reino Unido	0,25	0,57
Dinamarca	0,06	0,65
Suécia	-	1,16
Polônia	0,16	5,29
Turquia	0,01	0,42
Ucrânia	1,10	1,19
Lituânia	-	0,11
Outros ^{AB}	0,08	0,54
América do Norte		
Estados Unidos ^{AV}	7,71	24,40
Canadá	1,76	10,98
México	0,34	19,28
Ásia		
China	3,03	36,10
Índia	1,07	1,78
Paquistão	0,84	1,44
Oceania		
Austrália	3,11	11,21
África		
África do Sul	-	13,73
Líbia	1,55	8,21
Tunísia	0,07	0,51
Argélia	4,50	6,54
Marrocos	0,00	0,31
Saara Ocidental	-	0,20
Mauritânia	0,03	-
América do Sul		
Venezuela	5,06	0,31
Colômbia	0,11	0,54
Argentina	0,38	21,91
Brasil	0,37	6,40
Chile	0,10	1,81
Uruguai	-	0,59
Paraguai	-	1,76
Bolívia	0,75	1,36
Total das áreas acima	36,07	187,47
Total no Mundo	187,10	-

Na China, o governo começou a desenvolver projetos de exploração do gás de folhelho em 2010, a fim de aproveitar o que pode ser sua maior fonte de energia e, assim, diminuir sua dependência da Rússia e outras fontes de importação de gás natural, dado que as estimativas das reservas chinesas são de 36,10 trilhões de m³ de depósitos de *shale gas*.

O alvo do projeto chinês é atingir a autossuficiência energética por fontes alternativas até 2020. Porém, para isso, o governo deve estabelecer parcerias

estratégicas para adquirir habilidade e conhecimento tecnológico necessário para a exploração das reservas de gás de folhelho. Embora a produção do gás esteja ainda no começo e não tenha um quadro regulamentar na China, para atrair investimento, o governo oferece licenças e incentivos às empresas estrangeiras para promover o desenvolvimento desta fonte de energia.

Na América do Sul, a Argentina é o país com maior recursos, com reservas de 21,91 trilhões de m³, espera-se que o desenvolvimento destes depósitos seja muito importante para sua economia. Embora alguns poços de *shale gas* já tenham sido desenvolvidos, os produtores argentinos precisam utilizar mais as técnicas de fraturamento hidráulico para estimular estes poços.

Desenvolver seus recursos é uma prioridade para o governo argentino, que irá investir na exploração e produção do gás de folhelho, além de conceder incentivo fiscal para produtores. Assim, o país conseguirá diminuir a dependência da importação do gás natural da Bolívia e do Qatar. Com esse contexto, a perspectiva argentina é muito boa para este mercado, que deve começar a produzir substancialmente em até 5 anos (KPMG, 2011).

China, Argentina e o resto do mundo, tentam seguir os passos dos Estados Unidos. O país, que já explora este recurso há mais de uma década, é o maior produtor de *shale gas* no mundo, atingindo a produção de 141 bilhões de metros cúbicos de gás no ano de 2010. A revolução americana do gás natural registrou um crescimento notável na participação da produção de gás natural, que era insignificante até 2005, mas registrou uma parcela de 23% em 2012. A expectativa é que este número possa alcançar a marca de 50% nos próximos 20 anos.

3.3 A “Revolução do *Shale Gas*” nos Estados Unidos

As reservas de gás de folhelho já eram conhecidas nos Estados Unidos há muito tempo, assim como o grande volume de gás nelas contido, porém não houve o desenvolvimento desta indústria devido à falta de tecnologia para exploração de reservas com permeabilidade tão baixas. O desenvolvimento de alguns poços começou no início da década de 90, porém em ritmo lento e em pequenas quantidades já que a produção se dava apenas a partir de fraturas naturais da rocha.

Estas condições não atraíram grandes investimentos das grandes empresas do setor de óleo e gás na área de pesquisa e desenvolvimento, então coube às pequenas empresas independentes a realizar este processo, que só obteve êxito devido ao forte apoio do governo que a partir da década de 1970, por fatores como os dois choques do petróleo (1973 e 1979), procurava fontes energéticas não convencionais para suprir o abastecimento interno e garantir a segurança energética.

O governo americano se fez muito presente desde o começo do desenvolvimento e foi fundamental para o êxito da revolução energética americana. O Estado incentivou o progresso na área de pesquisa e desenvolvimento propiciando o avanço de tecnologias, concedeu subsídios que permitiu o desenvolvimento de projetos custosos e incentivos fiscais que baixavam o custo de produção do gás natural. Ademais, há ainda uma lei regulamentada em 1954 nos Estados Unidos que permite que produtores deduzam do imposto de renda os seus gastos com os custos intangíveis de desenvolvimento e exploração, que envolvem todos os gastos envolvidos dos serviços que antecedem a produção de óleo e gás, desde serviços geológicos até a preparação dos poços para a produção.

Além destes incentivos do governo, a indústria de *shale gas* se beneficiou da existência de uma infraestrutura de transporte abrangente e integrada nas regiões das reservas de gás de folhelho (Figura 1), economizando grandes investimentos nesse setor. Outro ponto importante é o fato do mercado de gás natural americano ser liberalizado, portanto, o acesso à malha de gasodutos de transporte é livre e a competição entre empresas de logística e distribuição controla o custo do escoamento e favorece a distribuição de gás para os consumidores.

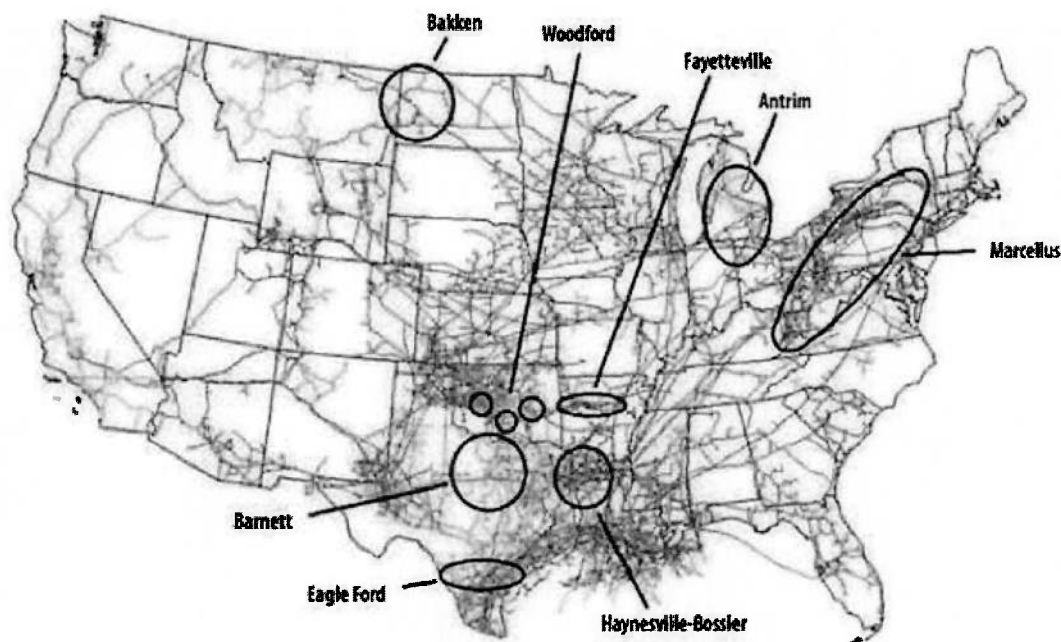


Figura 1: Rede de gasodutos e reservas de *shale gas* nos Estados Unidos (Fonte: ANP, 2012)

Todavia ainda há necessidade de investimento com a projeção de aumento da produção até 2030 e estima-se que serão necessários de 50 mil a 100 mil quilômetros de gasodutos de transporte e rede de distribuição, além de uma capacidade de estocagem adicional de 370 bilhões de m³ a 600 bilhões de m³ (MIT, 2011).

Além destes fatores, pode-se dizer que a “Revolução do *Shale Gas*” nos Estados Unidos ocorreu principalmente à inovação de tecnologias já utilizadas para a extração do petróleo e do gás natural, adaptadas para as rochas reservatório pouco permeáveis e profundas nas quais se encontram o *shale gas*. Os avanços tecnológicos que viabilizaram uma maior produção do *shale gas* foram significativos principalmente em duas técnicas: a perfuração horizontal, onde são perfuradas seções horizontais do poço em diferentes direções para aumentar a região de contato do poço com o reservatório e o fraturamento hidráulico ou “*fracking*”, no qual é injetado um fluido de fraturamento, composto principalmente de água, para aumentar a permeabilidade da rocha reservatório.

3.4 Avanços Tecnológicos

As reservas de gás de folhelho já eram conhecidas há tempo nos Estados Unidos, porém as propriedades do shale foram os inibidores para sua exploração, uma vez que não permitiam que o gás fluísse naturalmente dentro da rocha.

A falta de conhecimento para estimular o poço não atraía grandes investimentos por parte de grandes empresas do setor de óleo e gás. Portanto, era preciso um avanço nas tecnologias para que se aumentasse a permeabilidade da rocha e viabilizasse economicamente a comercialização desta fonte não convencional. As tecnologias utilizadas na exploração do *shale gas* já eram conhecidas na indústria do petróleo, porém, somente com o avanço delas e sua utilização combinada, principalmente da perfuração de poços horizontais e o processo de fraturamento hidráulico sequencial, houve o aumento da produção do gás.

3.4.1 Poço Horizontal

A perfuração horizontal é o procedimento no qual poço é perfurado verticalmente até uma profundidade de interesse na formação e depois, através de arco, é angulado em 90° com a posição vertical tal que a porção produtora do poço se estenda horizontalmente pela formação rochosa. (UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY 2009)

Uma importante característica dos poços horizontais é a geometria do poço, que através de perfurações multilaterais, ou seja, ramificações de um único poço, que promoverão um significativo aumento na área de contato com os hidrocarbonetos na rocha reservatório, quando comparados aos poços verticais. Isto não só permite uma maior eficiência na recuperação dos óleos e gases, mas também na produtividade, que implicará no retorno mais rápido do investimento realizado.

Embora apresente um custo de perfuração maior do que um poço vertical, um poço horizontal pode apresentar um índice de produtividade de 15 a 20 vezes maior, mostrando um melhor custo benefício (BRITO, 2008), especialmente em reservas de gás de folhelho, que são formações pouco espessas e muito extensas e podem variar de 15 a 100 metros de espessura e 700 a 2000 metros de extensão horizontal. A figura 2 ilustra a diferença entre um poço vertical e horizontal, onde o horizontal tem a

capacidade de abranger uma área 4000 vezes maior que o vertical (UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY 2009).

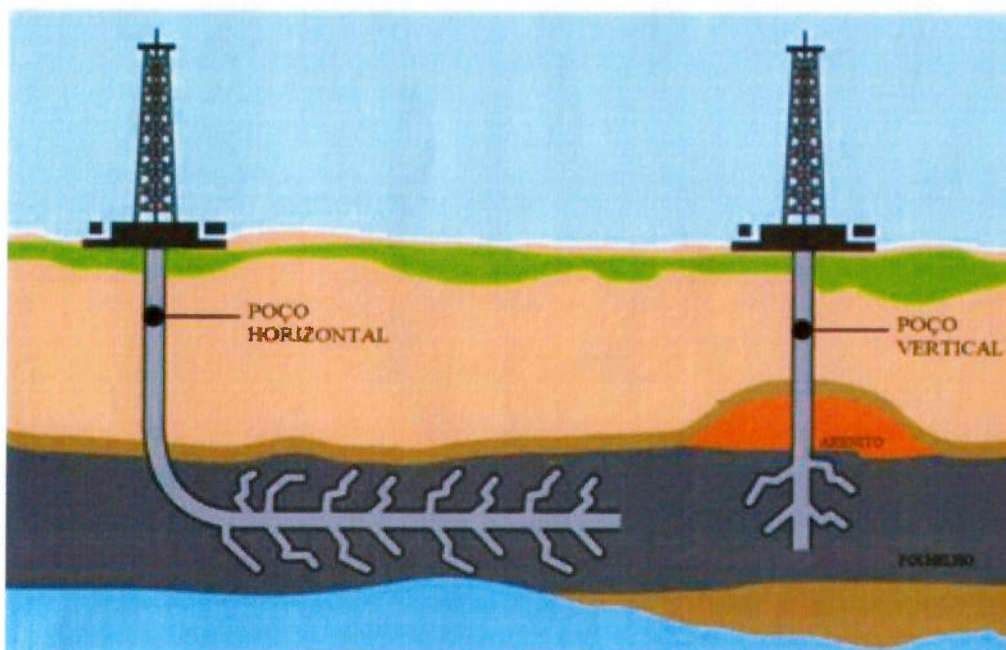


Figura 2: Poço horizontal e poço vertical (Fonte: Olson 2011)

3.4.2 Fraturamento Hidráulico

Também conhecido como *fracking*, o fraturamento hidráulico se tornou a técnica mais popular e de maior sucesso na indústria do petróleo. O desenvolvimento das reservas não convencionais de hidrocarbonetos ocorreu principalmente devido ao avanço tecnológico no seu processo (SPE 2009).

O fraturamento hidráulico é uma técnica de estimulação de poço que consiste no bombeamento de um fluido para dentro do poço a alta pressão com a finalidade de criar fraturas na rocha reservatório e tem como objetivo aumentar a produtividade ou injetividade dos poços de petróleo, pela melhoria das condições de acesso aos fluidos do reservatório ao poço.

Este aumento da produtividade se deve à modificação do modelo do fluxo no reservatório, além da possibilidade de regiões danificadas próximas ao poço serem ultrapassadas pela fratura, atingindo áreas com condições permo-porosas melhores. O acesso ao poço é garantido devido a uma das substâncias que é adicionada ao fluido de fraturamento, o propante ou agente de sustentação. Os propantes são responsáveis por manter as fraturas abertas, permitindo que os hidrocarbonetos fluam pela rocha depois que os fluidos de injeção forem recuperados (NYSDEC 2009).

Embora apresente resultados satisfatórios quanto à estimulação, o problema desta técnica é o risco ambiental que a envolve. Há resistência de ambientalistas pelo mundo por causa dos impactos ambientais que o fraturamento pode gerar em um projeto mal executado, o que o torna proibido em alguns países.

3.5 Impactos Ambientais

As preocupações com o desenvolvimento do gás não convencional ainda não foram totalmente traduzidas em legislação ambiental, pois elas são recentes e não foram avaliadas em sua totalidade. São necessários estudos mais profundos para precisar os impactos ambientais que a produção de gás de folhelho pode provocar. Em resposta à preocupação pública, muitos países ao redor do mundo, incluindo alguns estados dos Estados Unidos e algumas províncias do Canadá, colocaram uma moratória na exploração deste gás.

Um destes países é a França, que impôs uma moratória temporária na perfuração de poços de exploração de *shale gas*, após o banimento do fraturamento hidráulico pelo seu parlamento. A mesma medida foi tomada pelo governo Sul Africano, que estabeleceu uma moratória por tempo indeterminado sobre a técnica. Nos estados de Nova Iorque e Maryland nos Estados Unidos e em Quebec no Canadá, países que fazem uso do *fracking*, o governo decidiu interromper as atividades até que se tenha um maior conhecimento sobre o impacto causado em suas regiões de exploração (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY 2011).

O esgotamento dos recursos de aquíferos em determinadas regiões é uma das preocupações envolvidas na prática do fraturamento hidráulico, pois a quantidade de água utilizada no processo, que compõe cerca de 95% a 99% do fluido de fraturamento, em um único poço pode chegar de 2 a 10 milhões de galões de água (de 7 a 40 milhões de litros de água). Para este imenso volume de água, são necessárias muitas viagens de caminhão para o transporte desta água até o poço, que, nesta escala, emitirá tanta poluição que afetará a qualidade do ar da região. Ainda em relação a este consumo de água, ele fica ainda maior se considerar a quantidade de água utilizada para a produção dos outros compostos do fluido de fraturamento que também apresentam seus próprios problemas de utilização de recursos e emissões de poluentes.

Embora represente uma baixa percentagem do fluido, são utilizadas centenas de toneladas de aditivos químicos, dos quais vários são tóxicos aos seres humanos e aos animais selvagens. Alguns destes aditivos, em pequenas quantidades, como 5 partes

por bilhão, podem contaminar a água e virar uma ameaça para a população da região de exploração. O vazamento durante o transporte dos agentes químicos, a operação de fraturamento e o processo de eliminação de resíduos pode gerar uma exposição aos seres humanos e animais selvagens a esses compostos. A contaminação da água e lençóis freáticos pode levar à ingestão dos aditivos químicos e causar danos severos e até a morte. A contaminação pode ocorrer também através do contato direto com os químicos ou com os rejeitos gerados durante o processo ou ainda pela aspiração do vapor gerado na eliminação desses resíduos.

O risco de contaminação de água é alto, visto que até 85% do fluido de fraturamento que contém os aditivos tóxicos permanece no solo e pode, a longo prazo, continuar contaminando lençóis freáticos. Além disso, há a preocupação com o rejeito de água do processo, que exige um difícil e caro tratamento. (EARTHWORKS n.d.).

Outro problema relacionado a esta técnica de estimulação é a atividade sísmica que o fraturamento pode gerar na região do poço. Embora estudos revelem que há um aumento na atividade sísmica em regiões de poços que utilizam esta técnica (Frohlich 2012), ela em si não é o maior causador destas pequenas atividades. Os terremotos causados nestas regiões são causados pela injeção de água de processo em reservatórios, técnica utilizada não só na exploração de gás de folhelho, como também em outros métodos de geração de energia. Além disso, é relevante fazer um estudo prévio do mapa geológico das áreas de instalação dos poços, pois falhas já existentes são determinantes para a ocorrência de terremotos ao sofrerem a injeção de fluidos (National Research Council 2012).

As empresas que fazem uso da técnica de *fracking* argumentam que a prática da mesma é realizada há anos e que projetos bem executados não ocasionariam nenhum impacto ambiental, porém é certo que projetos e poços mal executados, podem ocasionar os vazamentos e, assim, a contaminação do solo e água e resultar em todos os riscos descritos. Portanto, cabe ao governo e órgãos regulamentadores estabelecer a regulação e fiscalizar os projetos das operadoras a fim de manter a segurança e saúde pública e atender os requisitos ambientais na exploração do gás.

3.6 Cenário brasileiro

3.6.1 Produção, oferta e demanda de gás natural

Segundo o anuário estatístico da Agência Nacional De Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) de 2013, as reservas provadas de gás natural são de 459,2 bilhões de m³ e estão em sua maior parte (84,2%) localizadas em reservatórios marítimos. A região Sudeste é a região com maior participação nestas reservas de gás natural com 76% do volume nacional, com destaque para o estado do Rio de Janeiro, com 246 bilhões de m³ somente em reservatórios marítimos.

Assim como as reservas, a produção de gás natural também é concentrada na região Sudeste, equivalente a 63% dos 25,8 bilhões de m³ de gás natural produzidos no país. A participação dos produtores *offshore* correspondeu a 76,3% deste total e a produção do gás associado ao petróleo, 69,4%, com o volume de 17,9 bilhões de m³.

Estes números mostram três características importantes das reservas e produção de gás natural no Brasil: há uma concentração na região Sudeste; a maior parte advém de reservas *offshore*; e a produção do gás está associada à produção de petróleo. Com esse cenário, é necessário uma grande infraestrutura capaz de fazer o escoamento até o continente e distribuir o gás para as outras regiões do país através de uma extensa rede de gasodutos de transporte, ainda que as reservas se encontrem próximas aos principais mercados consumidores.

O gás natural ainda apresenta uma baixa participação na matriz energética primária brasileira, com aproximadamente 10% em 2010, o que indica que há um grande potencial para a demanda de o produto crescer no país. Contudo, o Brasil se depara com uma política de precificação que não funciona como incentivo ao crescimento da demanda e uma política governamental que não incentiva a expansão de uma fonte de energia que aumentaria o consumo de gás natural, a termoelétrica. Esta fonte é utilizada apenas como recurso de energia emergencial, caso ocorra algum problema que afete a principal fonte energética brasileira, as usinas hidroelétricas.

A oferta de recursos hídricos, abundante e relativamente barata, limita muito a possibilidade de uso do gás natural. Além disso, outras fontes também possuem custo inferior ao do gás natural e dificilmente seriam substituídas. Para algumas delas, como a biomassa, só faz sentido com a implantação de novas plantas, pois a substituição de equipamentos seria cara e seria inviável economicamente. Um setor que tem potencial para substituição por gás natural é o setor de óleo e gás combustível, porém seria insustentável caso não haja incentivos à implantação de

polos industriais que permitissem a construção de uma rede de transporte e distribuição do gás.

Mesmo com excedente de oferta de gás natural, a perspectiva para o crescimento da oferta é grande devido a participação de novos campos produtores em desenvolvimento. As Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo são responsáveis por esta expectativa, sem mencionar a potencial oferta que o Pré-Sal representa, ainda que não exista uma avaliação inteiramente precisa do seu real potencial.

Além disso, após a primeira rodada licitatória para gás não convencional, a expectativa é de que o interesse exploratório cresça na medida em que as reservas sejam verificadas e constatadas como economicamente viáveis, contribuindo ainda mais para a oferta de gás nos próximos anos.

3.6.2 Reservas de *Shale gas*

Estudos da ANP apontam que as reservas brasileiras estão localizadas nas Bacias de Parecis (MT), Recôncavo (BA), Parnaíba (MA e PI), Paraná (PR e MS) e São Francisco (MG e BA) (Figura 3). Segundo dados da agência americana *Energy Information Association* (EIA), a Bacia do Paraná tem uma reserva de 226 trilhões de pés cúbicos (TCF), o que coloca o Brasil como décimo colocado no *ranking* mundial de países com reservas de gás de folhelho tecnicamente recuperáveis, sem considerar as estimativas feitas pela ANP que, admitindo que as bacias brasileiras são análogas a de Barnett (EUA), aponta reservas de 64 TCF, 124 TCF, 20 TCF e 80 TCF das Bacias do Parnaíba, Parecis, Recôncavo e São Francisco, respectivamente (Chambriard, 2013).



Figura 3: Bacias Sedimentares com Potencial de Gás Não Convencional no Brasil (Fonte:IEA/ANP)

Embora nenhuma das regiões apresente investimento em atividades de desenvolvimento e produção do gás de folhelho, até o momento, a porção mineira da Bacia de São Francisco é a região que se encontra mais avançada e a atividade exploratória já foi iniciada entre os 39 blocos exploratórios concedidos, enquanto a porção no estado da Bahia está sob avaliação da ANP. Foram concedidos nove blocos e seis blocos exploratórios na Bacia do Parnaíba e Bacia do Parecis, respectivamente. Por outro lado, a Bacia do Paraná, apesar das reservas com grande potencial, não possui nenhum bloco concedido. Por último, a Bacia do Recôncavo, que foi a primeira região a produzir gás no país e possui 1700 poços em produção de gás, é a mais promissora das regiões por apresentar maior viabilidade econômica para exploração de fontes não convencionais, pois em sua proximidade já há infraestrutura de instalações de processamento e transporte, além de ter refinarias e fábricas de fertilizantes instaladas.

4 Análise Crítica

O sucesso do *shale gas* nos Estados Unidos alterando a matriz energética do país, reduzindo os preços do gás natural em seu mercado interno e reduzindo a necessidade de importações e sua dependência dos países produtores de gás, trouxe diversos efeitos positivos para o país. Com a disponibilidade de uma fonte de energia barata, foi possível atrair a instalação de novas indústrias e aumentar a competitividade das já existentes, gerar empregos e aumentar a receita do Estado.

Esta revolução proporcionada pelo gás de folhelho fez com que diversos países detentores de reservas do gás investissem no desenvolvimento deste recurso antes ignorado. Entretanto, para reproduzir a história americana da revolução do *shale gas* é determinante notar que alguns fatores essenciais para seu sucesso não são verificados no Brasil e, portanto, algumas análises se fazem necessárias.

Primeiramente, é necessário confirmar as estimativas de reservas tecnicamente recuperáveis de gás de folhelho, aprofundando o conhecimento das características e propriedades petrográficas, petrofísicas, estruturais e geomecânicas das reservas e, então, verificar se a geologia favorece a utilização da tecnologia necessária para a produção do *shale gas*. Assim, concretizar-se-ia a ideia do desenvolvimento desta indústria e, então, passar para o planejamento de grandes investimentos em diversos setores para que a exploração do gás possa reduzir significativamente o preço e alcançar os benefícios verificados na economia americana. Investimentos em tecnologia, infraestrutura de transporte, indústria consumidora e contenção de impactos ambientais para a realização de exploração, produção e consumo do gás natural oriundo dessa reserva não convencional requer cautela até que estudos aprofundados possam comprovar que as expectativas criadas em torno desta nova fonte são reais.

Em segundo lugar, o Brasil precisa regulamentar a exploração e produção destas reservas não convencionais, já que envolvem riscos maiores de atividades sísmicas e contaminação do solo e lençóis freáticos, além poluição da água residual em grande quantidade, quando comparado a produção de gás em reservas convencionais. Seria uma catástrofe se ocorresse algum vazamento na Bacia do Paraná e este viesse a contaminar o Aquífero Guarani, o maior manancial de água doce subterrânea do mundo. Para isso, não deve ser o governo estadual que deve conduzir os processos de licenciamento ambiental, mas o governo federal através do Ministério do Meio Ambiente e suas autarquias, IBAMA e Agência Nacional de Água(ANA), que deve estabelecer as leis para a exploração segura desta fonte em território nacional.

Por fim, seria muito difícil reproduzir o sucesso americano, pelo menos a curto prazo, visto que a distribuição das reservas brasileiras necessitam de uma malha de gasodutos inexistente no país ou de proximidade de grandes consumidores de gás que reduzissem a necessidade de uma infraestrutura de transporte. Como a viabilidade econômica da exploração e produção desta fonte depende dos preços do gás praticado, é arriscado investir na criação de novos polos industriais próximos às reservas. Sendo assim, o Brasil deve iniciar o desenvolvimento pelas Bacias do Recôncavo e do São Francisco. A primeira região é a mais indicada, pois há um maior conhecimento geológico das rochas devido às atividades exploratórias de petróleo nesta região e é a que menos carece de obras de infraestrutura, uma vez que já existem refinarias e indústrias consumidoras de gás, como fábricas de fertilizantes nitrogenados, fatores que podem facilitar e baratear o custo da exploração na região. A Bacia do São Francisco seria uma segunda região para a produção, pois mesmo não apresentando gasodutos para a distribuição nacional, poderia exportar energia para Minas Gerais.

5 Conclusão

Diversos benefícios, econômicos e sociais, puderam ser verificados na economia estadunidense com o desenvolvimento do *shale gas* e a tendência mundial é que os países com reservas tecnicamente recuperáveis do gás não convencional invistam na área de pesquisa e desenvolvimento para que possam reproduzir o sucesso americano.

Um dos motivos para o recente sucesso na exploração do gás, a técnica de fraturamento hidráulico levanta questionamentos quanto aos diversos riscos ambientais que este traz à região onde é praticado, como a contaminação de solo e água subterrânea e aumento da atividade sísmica. Entretanto, observando o histórico da técnica nos EUA e a baixa incidência de vazamentos e contaminação, é possível considerar que, com planejamento e agentes reguladores, os riscos serão minimizados e a exploração do gás será possível sem restrições.

No Brasil, sem competição na produção, transporte e distribuição do gás natural (dominadas pela Petrobras), somada às perspectivas relacionadas ao Pré-Sal, fica evidente que é preciso uma política nacional para a extração e produção do *shale gas*. As perspectivas de acabar com a dependência de importações e se tornar em um exportador de gás natural e conseqüente crescimento industrial e econômico do país são fatores que instigam o desenvolvimento deste recurso, que certamente mudará o cenário energético mundial nos próximos anos.

6 Bibliografia

ANP. *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2013*. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2013.

ANP. *Boletim Anual de Preços 2012: Preços do Petróleo, Gás Natural e Combustíveis nos Mercados Nacional e Internacional*. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2012.

BOGGS, Jr., S. 1995 *Sedimentology and Stratigraphy*, Prentice Hall, 2nd Ed. 774p.

Chambriard, Magda. “Opportunities for Investments in the Brazilian Oil & Gas Industry & 1st Pre-salt Round.” Rio de Janeiro: ANP, 2013.

EARTHWORKS. *Earthworks Action*.
http://www.earthworksaction.org/issues/detail/hydraulic_fracturing_101#.Uoo7z2TwJRl (acesso em 25 de julho de 2013).

Frantz, J K, e V Jochen. *Shale Gas White Paper. 05-OF299*. Schlumberger, Schlumberger Marketing Communications, 2005.

Frohlich, Cliff. *A survey of earthquakes and injection well locations in the Barnett Shale, Texas*. Austin, TX: University of Texas, 2012.

Gény, Florence. *Can unconventional gas be a game changer in European gas markets?* Oxford, UK: The Oxford Institute for Energy Studies, 2010, 118.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World Energy Outlook 2009*. Paris: IEA, 2009, 691.

International Energy Agency. *World Energy Outlook 2011: Are We Entering A Golden Age of Gas? Special Report*. Paris: OECD/IEA, 2011.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World Energy Outlook 2011: Special Report: Are We Entering a Golden Age of Gas?* Paris, RJ: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2011, 127.

KPMG Global Energy Institute. *Shale gas - A global perspective*. Zurique: KPMG, 2011.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. “The Future of natural gas: an interdisciplinary MIT study.” Cambridge, 2011, 170.

National Petroleum Council. *Topic Paper #29: Unconventional Gas*. NPC Global Oil & Gas Study, 2007.

National Research Council. *Induced Seismicity Potential in Energy Technologies*. Washington: NRC, 2012.

Natural Gas. *Unconventional Natural Gas Resources*. http://www.naturalgas.org/overview/unconvent_ng_resource.asp (acesso em Julho de 2013).

NaturalGas.org. *You've Got Shale: The "Where" and "What" of Shale Gas Formations*. <http://www.naturalgas.org/shale/gotshale.asp> (acesso em Julho de 2013).

NYSDEC. *Well Permit Issuance for Horizontal Drilling and High-Volume Hydraulic Fracturing to Develop the Marcellus Shale and Other Low-Permeability Gas Reservoirs*. New York: New York State Department of Environmental Conservation Division of Mineral Resources, 2009.

Olson, Martin. "Stark Political Report." *StarkPoliticalReport.blogspot.com.br*. 14 de março de 2011. <http://starkpoliticalreport.blogspot.com.br/2011/03/video-karen-alger-appointment-as.html> (acesso em 16 de setembro de 2013).

SPE. "Hydraulic Fracturing." *JPT Editorial Committee*, 2009.

—. "Hydraulic Fracturing." *JPT*, 2009.

U.S. Energy Information Administration. *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States*. Washington DC: U.S. Department of Energy, 2013.

UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. *Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer*. Washington, DC: US Department of Energy Office of Fossil Energy and National Energy Technology Laboratory, 2009, 114.

World Energy Council. *2010 Survey of Energy Resources*. London: World Energy Council, 2010, 608.