

GÁS DE XISTO

SOLUÇÃO OU PROBLEMA?

Sylvana Ferrari Arredondo¹

Eduardo Luiz Machado²

RESUMO

A crescente preocupação em relação ao esgotamento das fontes de hidrocarbonetos tem levado à busca por fontes alternativas de recursos energéticos. Uma dessas fontes alternativas atualmente em estudo é o chamado gás de xisto. A exploração do gás de xisto é recente. Apesar de que campos de gás de xisto já eram conhecidos, foi apenas a evolução da tecnologia de extração, a extração horizontal e o chamado fraturamento hidráulico, é que tornou possível sua exploração de maneira economicamente viável. Os Estados Unidos tem sido o maior explorador de gás de xisto no mundo. A exploração desse recurso no país tem transformado a sua matriz energética, fazendo com que sua dependência por importações de gás natural diminua. Muitos estudiosos têm chamado essa transformação de revolução energética e a previsão é de que os Estados Unidos possam passar de importadores para exportadores de gás natural, mudando o cenário energético mundial. Em face desse fenômeno e do conhecimento de bacias

¹ Mestre em Processos Industriais pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas

² Pesquisador II do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Professor Adjunto IV da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

de gás de xisto no Brasil, este trabalho tem como objetivo fazer uma análise dos fatores críticos para a exploração do gás de xisto no país. Para que a exploração do gás de xisto seja viável no Brasil, são necessárias medidas para estimular a indústria do gás natural no país de forma a justificar o uso do gás de xisto, também seriam necessárias leis e normas adaptadas à exploração deste gás não convencional em face da nova tecnologia de exploração. Outro ponto importante para que a exploração do gás de xisto seja viável, é ampliação da infraestrutura de transporte do gás natural.

Palavras-chave: Gás de xisto; Gás natural; Gás não convencional; Fraturamento hidráulico; Revolução energética.

ABSTRACT

The growing concern regarding the depletion of hydrocarbon resources has led to the search for alternative sources of energy resources. One of the alternative sources in study nowadays is the shale gas. The exploration of the shale gas sources is very recent. Although shale gas basins has already been known for years, it was the improvement of the technology of extraction, the horizontal extraction and the hydraulic fracturing, that made shale gas exploitation economically viable. The United States is the biggest producer of shale gas. The exploitation of shale gas in the US has changed its energy matrix, and has decreased its dependence on imported natural gas. Many researchers has been referring to these changes as Shale Gas Revolution and they are forecasting that the country may became a natural gas exporter and that the world energy scenario will change. Based on the success of the exploration of shale gas in the US and the knowledge of existing shale gas basins in Brazil, this study aims to analyses the critical factors for the exploration of shale gas in Brazil. In order for the exploration of shale gas be viable in Brazil measures must be taken to stimulate the industry of natural gas so the use of shale gas can be justified. It is also necessary new laws and standards adapted to the exploration of shale gas. Another important measure to the viability of the exploration of this uncon-

ventional gas is to improve the infrastructure for the natural gas transportation in the country.

Keywords: *Shale gas; Natural gas; Unconventional gas; Hydraulic fracturing; Energetic revolution.*

1. INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial o mundo se tornou extremamente dependente das fontes de hidrocarbonetos (carvão, óleo e gás natural). A produtividade econômica mundial depende dessas fontes que são responsáveis por mais de 80% da energia utilizada no mundo, sendo o óleo responsável por fornecer 37% da energia mundial, o carvão é responsável por 35% e o gás natural por 28% (KOLB, 2013). Um relatório de 2015 da BP Group prevê que em 2035 a demanda mundial de energia será 37% maior do que nos dias de hoje. Apesar da grande demanda mundial por fontes de hidrocarbonetos, esses recursos são não renováveis e estudos indicam que a produção mundial de óleo bem com a taxa de descoberta de novas reservas está em declínio. Além disso, os poluentes gerados da queima desses combustíveis fósseis são responsáveis por impactos ambientais que podem causar uma mudança climática. Apesar de serem fontes não renováveis e do impacto ambiental causado, não existe hoje uma fonte de energia capaz de substituir de maneira eficaz, a curto e médio prazo esses hidrocarbonetos que são essenciais para a segurança energética mundial.

Em vista do panorama energético mundial, há uma busca por alternativas aos combustíveis fósseis. Uma das alternativas possíveis e atualmente largamente discutida é o gás natural que, apesar de ser um combustível fóssil, é menos poluente do que o petróleo e o carvão, o que reduz o impacto ambiental. O relatório da BP Group prevê também que o fornecimento de gás natural atingirá 14 bilhões de m³/dia e que os EUA serão responsáveis por 20% desse fornecimento.

Fontes de gás não convencionais têm sido pesquisadas e exploradas como uma alternativa às fontes de gás convencionais. As fontes de gás não convencionais exploradas atualmente são: os arenitos fechados e não permeáveis (*tight gas*), o gás de xisto (*shale gas*) e o gás natural do carvão (*coal bed methane*). Atualmente o gás de xisto é uma das maiores apostas para suprir a demanda energética futura.

O U.S. Geological Survey (USGS) e o World Energy Council (WEC) estimam que possa haver mais de 9 trilhões de barris (1,4 milhões de m³) de recursos

não convencionais, sendo que apenas 300 milhões de barris (48 milhões m³) são potencialmente recuperáveis. A descoberta de grandes reservas de gases não convencionais vem gerando expectativas de mudanças no mercado mundial de energia. Países que atualmente são importadores de gás natural passaram a ver a possibilidade de se tornarem autossuficientes ou até mesmo exportadores. Até pouco tempo atrás, essas fontes não convencionais eram consideradas não recuperáveis, porém, recentes avanços na tecnologia de exploração, de perfuração de poços (perfuração horizontal e fraturamento hidráulico) e de completação permitiram melhor acesso às elas a preços competitivos. Essa nova possibilidade da exploração de gás não convencional, especialmente do gás de xisto é responsável pelo crescimento da produção de gás natural nos Estados Unidos que vem causando uma mudança no cenário energético do país, resultando na queda do preço do gás natural e consequente aumento da demanda.

2. GÁS NATURAL CONVENCIONAL E GÁS NATURAL NÃO CONVENCIONAL

Segundo uma definição da U.S. *Energy Information Administration* (EIA), óleo e gás natural convencional se referem ao óleo e ao gás produzidos por um poço perfurado numa formação geológica na qual as características do reservatório e do fluido permitem que o gás natural e o óleo possam fluir pelo orifício (MAUGERI, 2012).

A *International Energy Agency* (IEA) define o gás não convencional como o gás que é mais difícil tecnologicamente ou mais caro para ser produzido do que o gás convencional. Outra definição aceita é os reservatórios incapazes de produzir volumes economicamente viáveis de gás natural a não ser estimulando o poço com o emprego de tecnologias que expõem mais do reservatório ao poço (BOYER *et al.*, 2011; SUÁREZ, 2012).

Os hidrocarbonetos tendem a se deslocarem pela bacia sedimentar em direção à superfície terrestre através de poros e de falhas na sua rocha de origem, esses são os hidrocarbonetos ditos convencionais. Porém, alguns hidrocarbonetos acabam ficando presos dentro de rochas porosas hermeticamente seladas por camadas de rochas impermeáveis que impedem os hidrocarbonetos de migrarem até a superfície, estes são os hidrocarbonetos não convencionais. A permeabilidade de reservatórios não convencionais é entre 100 mil a 1 milhão de vezes mais baixa do que a dos reservatórios convencionais.

Um poço de gás convencional perfurado, o gás flui em quantidades comerciais, no caso das reservas não convencionais, só a perfuração não é suficiente para extrair o gás em quantidades comerciais, sendo necessário um estímulo. Além disso, a alta compressibilidade e a baixa viscosidade do gás permitem uma alta taxa de recuperação dos reservatórios convencionais a um custo relativamente baixo, portanto, uma extração economicamente viável.

A Tabela 1 mostra as principais diferenças entre os reservatórios convencionais e os reservatórios não convencionais.

Tabela 1 Diferenças entre reservatórios convencionais e não convencionais.

Gás natural convencional	Gás natural não convencional
Flui naturalmente pelo poço	Necessidade de estímulo para que possa fluir através da rocha
Tecnologicamente mais fácil de ser extraído	Necessidade de mais tecnologia para ser extraído
Baixa viscosidade	Alta viscosidade
Permeabilidade alta (1 a 100 mD)	Permeabilidade baixa (abaixo de 0,1 mD)
Custo relativamente baixo para ser explorado	Custo mais elevado para ser explorado
Manos abundante na Terra	Mais abundante na Terra
Menor volume de gás nos reservatórios	Maior volume de gás nos reservatórios
Ciclo de vida mais longo	Maior declínio na produção
Fator de recuperação em torno de 80%	Menor fator de recuperação do reservatório (20% a 40%)

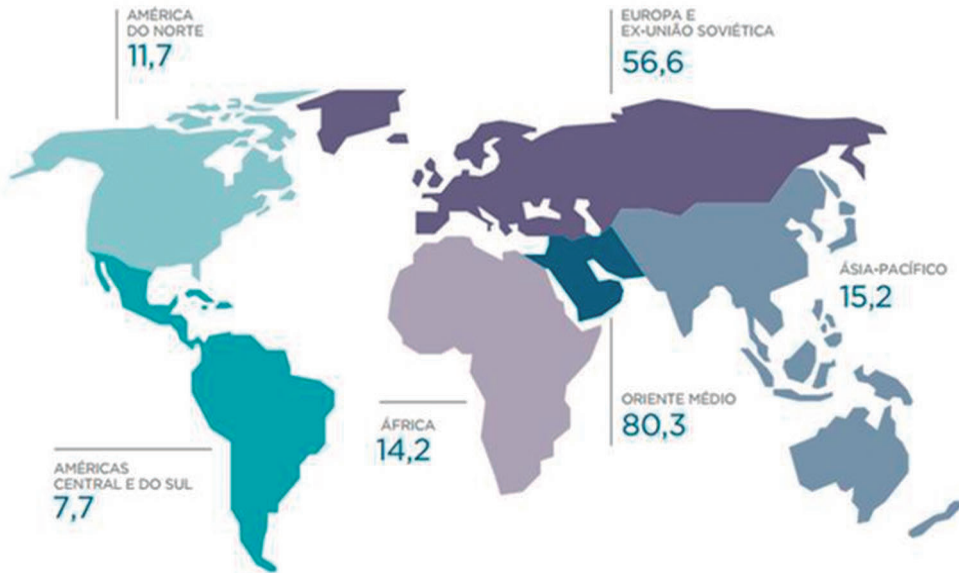
Fonte: elaborado pelos autores.

3. O GÁS NATURAL NA ECONOMIA MUNDIAL

Em 2013 as reservas provadas mundiais de gás natural somaram 185,7 trilhões de m³ (ANP, 2014). A figura a seguir mostra o volume de reservas de gás natural por região.

O gás natural é usado como fonte de combustível em diversos setores da economia: para geração de energia elétrica; na indústria é usado tanto como fonte de calor como alimentação em diversos processos; no setor comercial e residencial é usado como fonte de aquecimento em países frios, para resfriar e para cozinhar. Atualmente discute-se o uso do gás natural como potencial substituto do óleo no setor dos transportes.

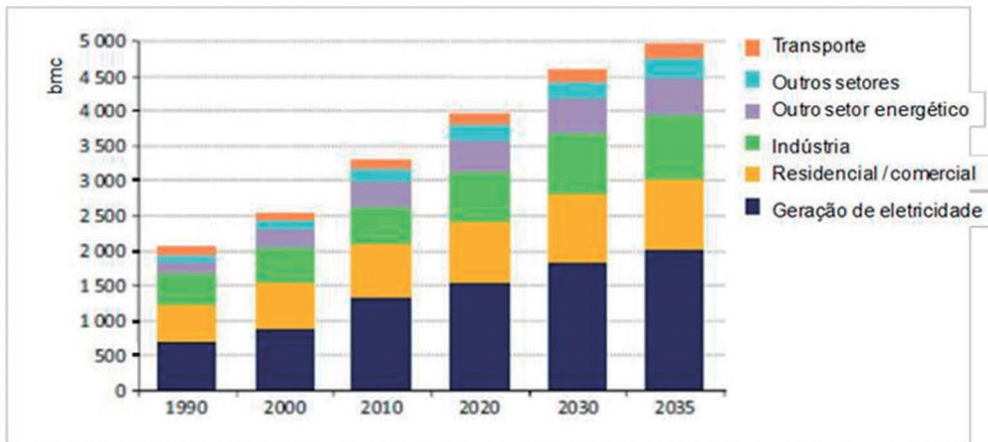
Figura 1 Reservas provadas mundiais de gás natural por região (em trilhões m³) ANP.



Fonte: ANP (2014, p. 41).

A Figura 2 mostra a demanda mundial de gás natural por setor da economia desde os anos 1990 e projeções para 2020 e 2035.

Figura 2 Demanda mundial de gás natural por setor (bilhões de m³).

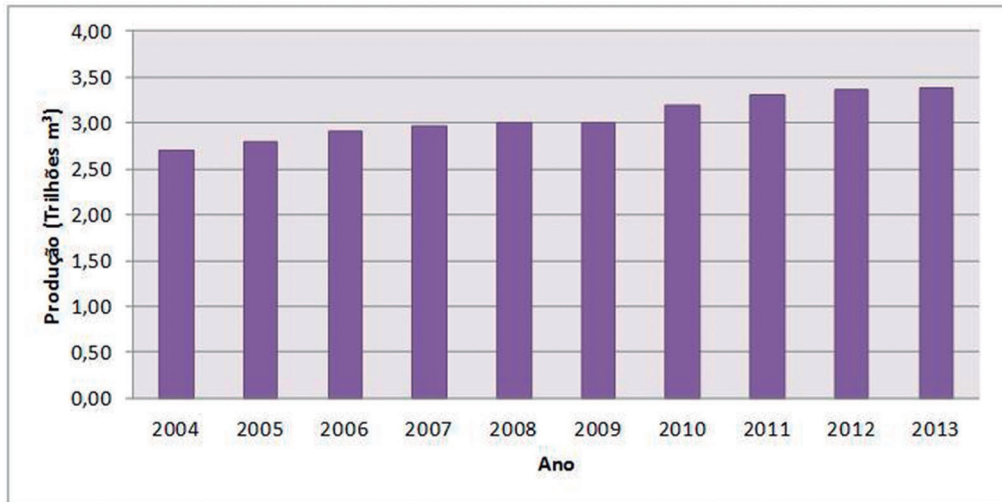


Fonte: IEA (2012, apud DooHo, 2013, p. 6) traduzido pelos autores.

Nas duas últimas décadas a produção mundial de gás natural cresceu de 2,1 trilhões de m³ em 1990 para 3,0 trilhões de m³ em 2009 e 3,4 trilhões de m³ em 2013, o que representou um aumento de aproximadamente 62%. Enquanto que

nos últimos 10 anos a produção mundial de petróleo cresceu 7%, a produção mundial de gás natural cresceu 25% (ANP, 2013; MIT, 2011). O Gráfico 1 mostra a evolução da produção mundial de gás natural nos últimos 10 anos. O período de 2008 e 2009 no qual não houve crescimento coincide com o período de recessão econômica mundial.

Gráfico 1 Evolução da produção mundial de gás natural (trilhões m³).



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da ANP (2014).

Uma vantagem do gás natural é que ele é a fonte de combustível mais limpa comparada às outras fontes de origem fóssil (NOURYGAT, 2013). O gás natural possui mais baixa intensidade de carbono (cerca de 30% menos do que o óleo e 50% menos do que o carvão), é o combustível que emite menos gás carbônico (CO₂) por unidade de energia gerada e também o que emite menos compostos não carbônicos quando queimado.

A desvantagem do gás natural é em relação ao seu armazenamento e transporte. O gás natural não é economicamente viável de ser transportado, a não ser através de gasoduto, e por isso, seu transporte representa um custo elevado, sendo responsável por uma grande parte do custo total na cadeia de fornecimento.

Nos EUA o gás natural está sendo considerado como um combustível para um futuro de baixo carbono, tanto como um meio flexível de geração de energia e como combustível para o transporte e gás natural comprimido. Principalmente com o desenvolvimento da exploração e da produção do gás de xisto, o interesse em expandir o uso do gás natural para outras áreas aumentou (BURNHAM *et al.*, 2011).

4. GÁS NATURAL NO BRASIL E SUA PARTICIPAÇÃO NA MATRIZ ENERGÉTICA DO PAÍS

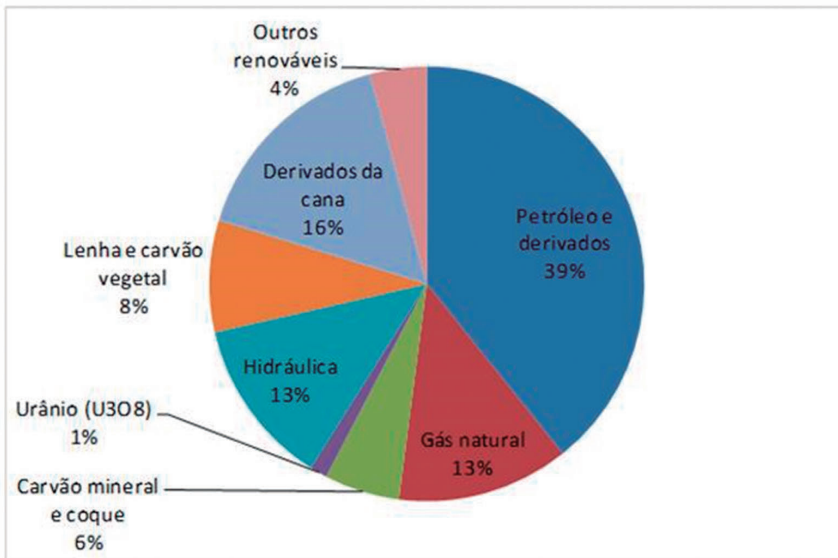
O Brasil possui 38 bacias sedimentares, sendo 29 delas com interesse para petróleo e gás natural, dos quais 5 milhões de km² se localizam em terra e 2,5 milhões km² no mar. Porém muito pouco da extensão total é explorado atualmente (ANP apud RIBEIRO; ZEITOUNE, 2013). Segundo relatório da ANP em 2013 o Brasil possuía 458,2 bilhões de m³ de reservas provadas de gás natural, sendo que aproximadamente 84% dessas reservas se encontram no mar (campos *offshore*) e 16% se encontram em terra (*onshore*). As reservas provadas de gás natural correspondem a 54,6% das reservas totais que somam 839,6 bilhões de m³ (ANP, 2014).

A expansão da indústria de gás natural no Brasil se tornou um dos principais objetivos da política energética nacional. A Lei n. 9.478/1997, em seu art. 1º, inc. VI estabelece como um dos objetivos para a política energética nacional: “incrementar, em bases econômicas, a utilização do gás natural”. Além disso, a Lei n. 11.909 de 4 de março de 2009 tem como objetivo permitir a abertura do segmento da comercialização e a expansão da malha de transporte (RIBEIRO; ZEITOUNE, 2013; Lei n. 9.478/1997).

A produção de gás natural no Brasil em 2013 foi de 21,3 bilhões de m³, sendo 10,7% maior do que no ano anterior colocando o país em 29º lugar no ranking dos maiores produtores mundiais de gás natural. A produção *offshore* naquele ano correspondeu a 73,3% do volume total de gás produzido e a produção *onshore* correspondeu a 26,7% (ANP, 2014).

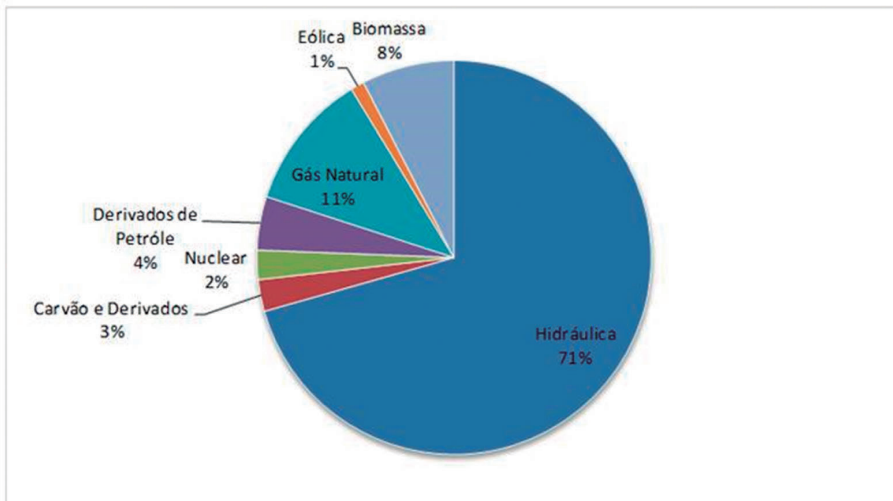
A atual capacidade de processamento de gás natural no país é de aproximadamente 92,4 milhões de m³/dia de capacidade nominal. O volume total processado em 2013 foi de 18,6 bilhões de m³ (51,1 milhões de m³/dia), o que corresponde a 55,3% da capacidade total instalada (ANP, 2014).

A produção de gás natural no Brasil é importante para a matriz energética do país. Segundo o Balanço Energético Nacional 2014, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) o gás natural tem participação em torno de 13% da oferta interna de energia, ficando atrás apenas do petróleo e seus derivados (39%) e dos derivados da cana de açúcar (16%) como mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2 Oferta interna de energia em 2013 (%).

Fonte: Elaborado pelos autores com dados da EPE (2014).

Em 2013 o gás natural, o petróleo e derivados representaram 80% do crescimento da oferta de energia no Brasil. O gás natural foi responsável por 11% da matriz elétrica brasileira, atrás apenas dos recursos hídricos, responsáveis por 71% (EPE, 2014) conforme mostra o Gráfico 3.

Gráfico 3 Matriz elétrica brasileira em 2013 (%).

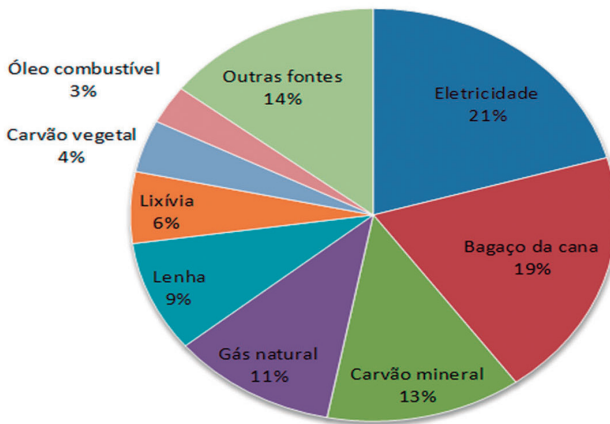
Fonte: Elaborado pelos autores com dados da EPE (2014).

No Brasil, a geração de eletricidade se dá predominantemente por meio de usinas hidrelétricas, as usinas térmicas a gás funcionam num regime de complementação ao sistema hidrelétrico garantindo a estabilidade do sistema em picos de demanda de energia ou em períodos de escassez de recursos hídricos. Por esta razão, o setor termoeletrico é o segundo maior consumidor de gás natural (LAGE *et al.*, 2012).

No setor industrial, o gás natural foi responsável por 11% da matriz energética em 2013, ficando atrás do uso da biomassa e da eletricidade. O Gráfico 4 mostra a participação das diversas fontes energéticas na indústria brasileira.

O consumo de gás natural para a geração de energia elétrica quadruplicou entre 2011 e 2014, porém, o consumo em outros setores tem estado estagnado devido à falta de políticas que promovam o uso do gás natural e de preços pouco competitivos.

Gráfico 4 Participação das fontes energéticas na indústria nacional em 2013 (%).



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da EPE (2014).

No setor industrial, o aumento do consumo do gás natural depende dos seguintes fatores:

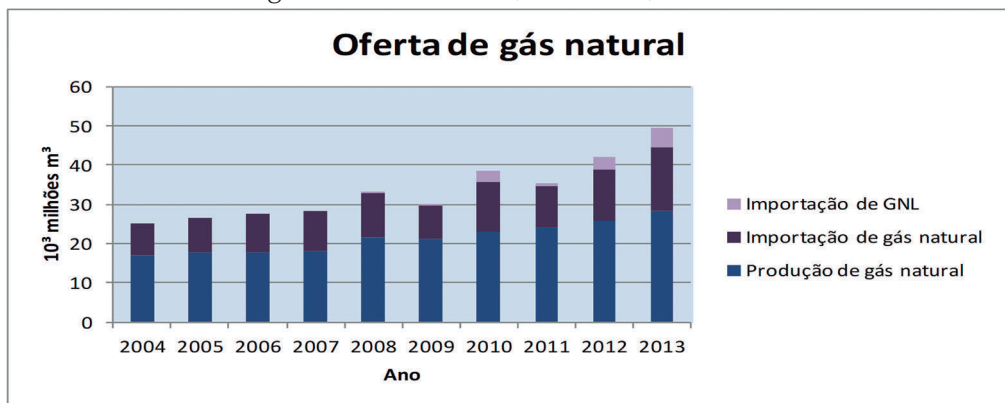
1. Crescimento do PIB industrial e com isso, aumento da demanda energética do setor.
2. Potencial técnico para a substituição do gás na matriz energética industrial, o que requer substituição complexa de equipamentos.
3. Potencial econômico, que depende da competitividade do gás frente a outros combustíveis.
4. Ampliação da infraestrutura de transporte e distribuição.

A indústria de gás natural no Brasil ainda é pouco desenvolvida, exigindo fluxos de investimento relativamente elevados para o avanço das atividades de exploração e produção, transporte e distribuição (LION; ALMEIDA; LOSEKANN, 2014).

No Brasil, a oferta de gás natural é composta pela produção nacional, pela importação da Bolívia via gasoduto Brasil-Bolívia (Gasbol) e pela importação de GNL de outros países (LAGE *et al.*, 2012). O gás natural importado tem grande participação na oferta de gás natural no país, sendo que em 2013, 34,4% do total de gás natural consumido no Brasil foi oriundo de importações, sendo a maior parte proveniente da Bolívia, e 57% oriundo da produção nacional (EPE, 2014). Em 2013, 11,6 bilhões de m³ de gás natural foram importados da Bolívia, esse volume corresponde a 70,2% do total das importações de gás natural e custou US\$ 4 bilhões ao Brasil enquanto que no mesmo ano, o país produziu 28,2 bilhões de m³.

O Gráfico 5 compara o volume de gás importado no Brasil com o volume de gás produzido e o gráfico 6 mostra o quanto o Brasil gastou com importação de gás natural nos últimos anos.

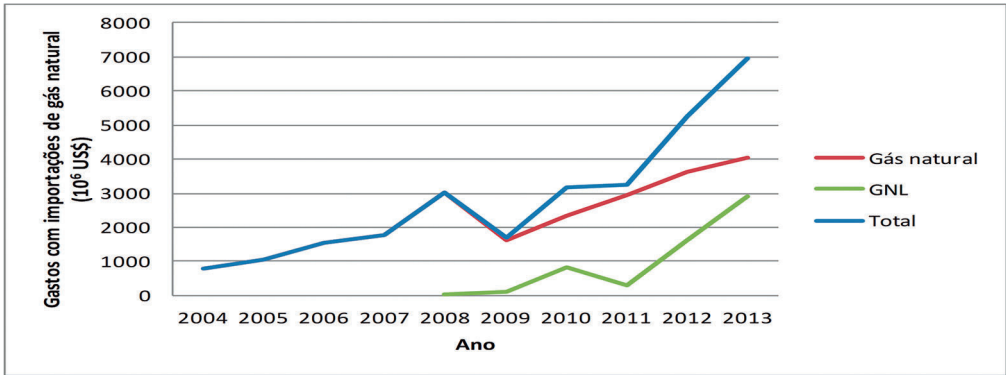
Gráfico 5 Oferta de gás natural no Brasil (milhões m³).



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da ANP (2014).

Um grande entrave ao desenvolvimento da indústria de gás natural no Brasil é a falta de uma ampla rede de transporte e distribuição. O fato de a produção brasileira de gás natural ter ocorrido majoritariamente no mar, a malha de transporte de gás se desenvolveu ao longo da costa. A rede de gasodutos existente no Brasil percorre toda a costa do país, com poucos quilômetros para o interior.

Gráfico 6 Custo das importações de gás natural para o Brasil (milhões m³).

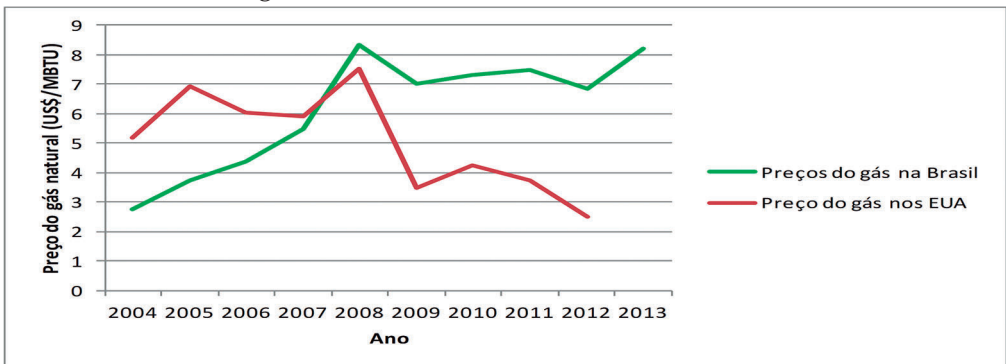


Fonte: Elaborado pelos autores com dados da ANP (2014).

No Brasil, o preço do gás natural está entre os mais caros do mundo. Apesar de o custo de produção do gás ser baixo por estar embutido no custo de produção do petróleo, uma vez que a maior parte do gás é de origem associada, o elevado custo da molécula, a alta carga tributária, a ausência de competição na oferta e dependência de gás importado elevam o preço do gás natural (GOMES, 2012).

Tendo em vista a experiência dos Estados Unidos com a queda dos preços do gás natural em decorrência principalmente da exploração do gás de xisto, o Gráfico 7 a seguir faz uma comparação entre os preços do gás natural no Brasil e do gás nos Estados Unidos ao longo dos últimos 10 anos.

Gráfico 7 Preço do gás natural no Brasil x EUA (US\$/MBTU).



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da ANP (2013) e do EIA (2014).

A queda no preço do gás natural nos Estados Unidos a partir de 2007 corresponde ao período de aumento da exploração de gás não convencional.

5. O GÁS DE XISTO: EXTRAÇÃO E EXPLORAÇÃO

Gás de xisto é gás natural não convencional, suas moléculas de metanos ficaram aprisionadas nos poros de suas rochas de origem, rochas argilosas pouco permeáveis (NOUYRIGAT, 2013). O gás de xisto é constituído de 90% ou mais de metano. Por apresentar baixa permeabilidade, a exploração do gás de xisto em quantidades comerciais só foi possível após o desenvolvimento do fraturamento hidráulico e a combinação desta técnica com a perfuração horizontal.

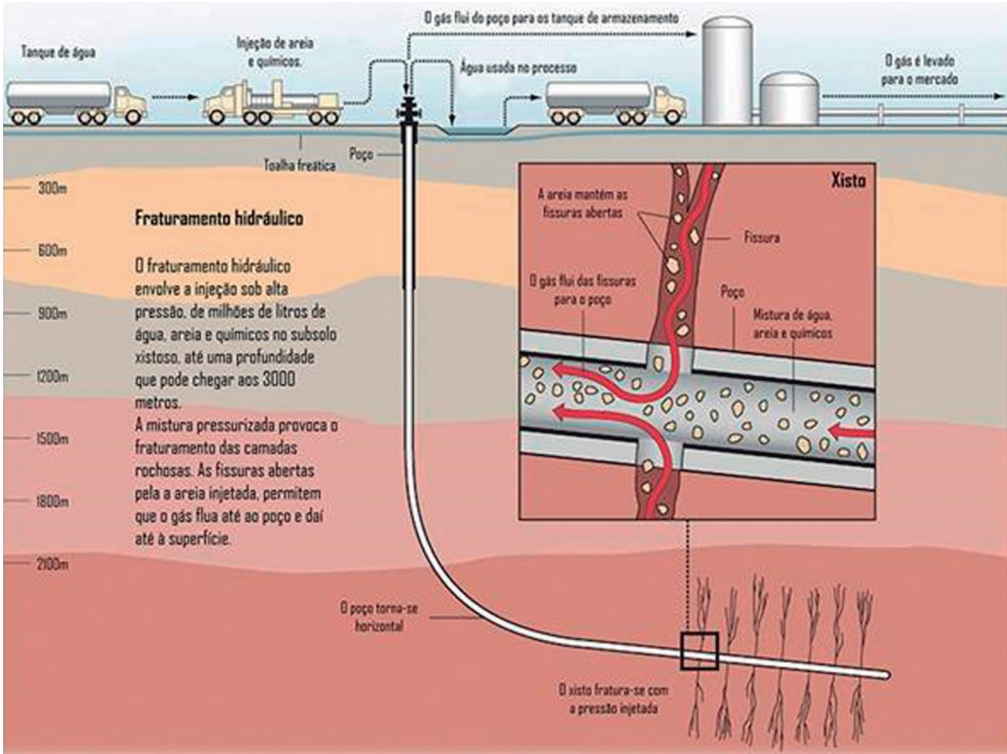
A perfuração horizontal consiste em perfurar o poço até a profundidade do campo e então vira-se a sonda em aproximadamente 90° para que ela corra lateralmente através da formação, criando uma área de superfície máxima em contato com o xisto (BURNHAM *et al.*, 2011; SUÁREZ, 2012).

A técnica de fraturamento hidráulico foi a primeira tecnologia que conseguiu retirar o gás preso no xisto. Esta técnica consiste em bombear uma mistura de água, propante (grãos de areia ou outro material) e outros compostos químicos a altas pressões para baixo do poço a fim de criar milhões de pequenas fraturas na rocha. O propante tem a função de manter as fraturas abertas por onde o óleo ou o gás aprisionado nas rochas possam escoar mais facilmente até o poço de produção (ANDREWS *et al.*, 2009; DAMMEL *et al.*, 2011; SUÁREZ, 2012).

Para que o gás de xisto possa ser explorado em quantidades comerciais, primeiramente o poço é perfurado horizontalmente até atingir a camada de xisto, em seguida, explosões são disparadas com o objetivo de abrir microfissuras no xisto. As fraturas vão se propagando ao longo da rocha e então milhões de litros da mistura de água, propante e compostos químicos são disparados a altas pressões para aumentar as fraturas e permitir que o gás escoar.

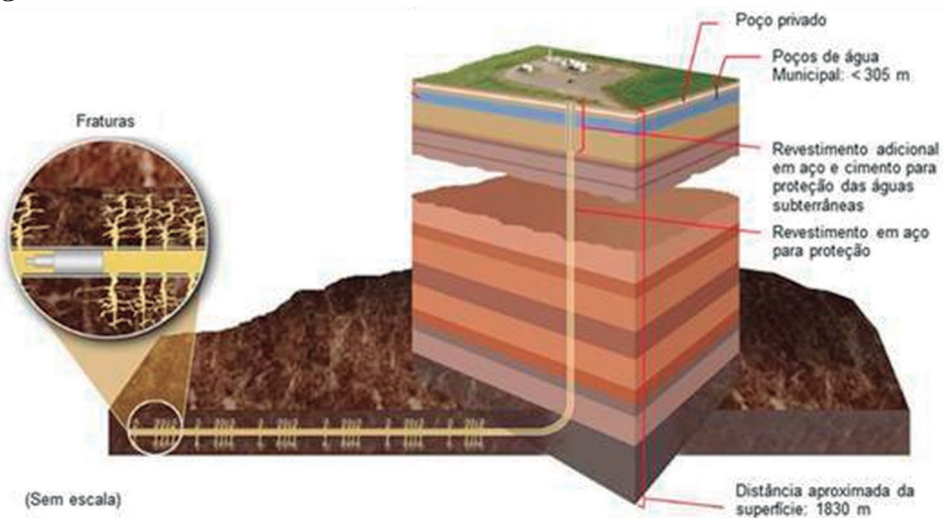
A Figura 3 mostra a técnica de perfuração horizontal e o fraturamento hidráulico e a Figura 4 mostra em detalhe as microfissuras abertas na rocha.

Figura 3 Técnica de perfuração horizontal e fraturamento hidráulico para exploração do gás de xisto.



Fonte: Al Granberg ProPublica.

Figura 4 Detalhe das microfissuras causadas na rocha.



Fonte: NETL (2011, p. 5) – traduzido pelos autores.

Relatório publicado pelo EIA em 2013 avaliou 137 formações de xisto em 41 países fora dos Estados Unidos e estima que os recursos de gás de xisto tecnicamente recuperáveis nestes países seja de 220 trilhões m³ (ADVANCED RESOURCES INTERNATIONAL, INC, 2013). Ainda segundo o relatório, as maiores reservas de gás de xisto se encontram nos EUA e o Brasil se localiza em 10º colocado no ranking mundial das reservas tecnicamente recuperáveis. Estima-se que haja no Brasil 25,7 trilhões de m³ de recursos de gás de xisto, sendo que 6,9 trilhões de m³ são considerados recuperáveis.

É nos EUA que a exploração e produção de gás não convencional, principalmente o gás de xisto, tem se desenvolvido, mudando a posição do país no cenário energético mundial, se tornando autossuficiente em gás natural e deixando de ser importador, podendo inclusive se tornar o primeiro produtor mundial. Nos EUA o gás natural é o segundo recurso energético mais utilizado, ficando atrás do petróleo, sendo que a maior parte de sua utilização é no setor residencial e comercial, seguido pelo setor industrial.

A produção de gás não convencional nos EUA começou a se expandir rapidamente a partir da segunda metade do ano 2000, tendo crescido aproximadamente 45% ao ano entre 2005 e 2010 quando atingiu 141 bilhões m³ (IEA, 2012 apud LAGE *et al.*, 2012, p. 37). Em menos de dez anos, 50.000 poços foram perfurados.

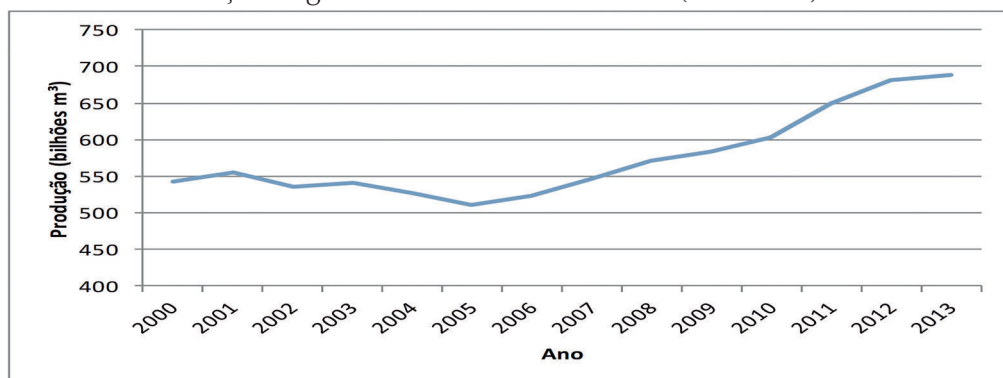
Segundo dados da ANP (2014), em 2013 a produção de gás nos EUA atendeu 93,3% do consumo total de gás natural no país, sendo que em 2004 havia atendido a 83% do consumo. Estimativas indicam que em 2020 os Estados Unidos passarão a produzir mais gás do que irão consumir e em 2035 a produção deve ser 5% maior do que o consumo, fazendo com que o país possa exportar o excedente de gás. Esse aumento da produção de gás natural se deve em parte à exploração do gás de xisto. Em 2006 o gás de xisto correspondia a 3% do total da produção de gás natural nos EUA, em 2008 passou a 9% e em 2012, 30% da produção de gás natural derivou do gás de xisto (IFP ENERGIES NOUVELLES, 2013). A produção do gás de xisto no país saltou de 1% em 2000 para 20% em 2009 e a expectativa é de 50% em 2035 (STEVENS, 2010).

Um estudo realizado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) estima que o gás natural será responsável por 40% das necessidades energéticas nos Estados Unidos. Hoje o gás natural é responsável por 20% das necessidades energéticas do país (BODIN, 2013). O EIA também prevê que em 2030 o gás se tornará o

principal combustível da matriz energética do país, a frente do petróleo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012).

O aumento da produção de gás natural nos Estados Unidos e a consequente abundância da oferta resultaram na redução do preço do gás no país. O Gráfico 8 mostra a produção de gás nos Estados Unidos ao longo dos últimos 10 anos.

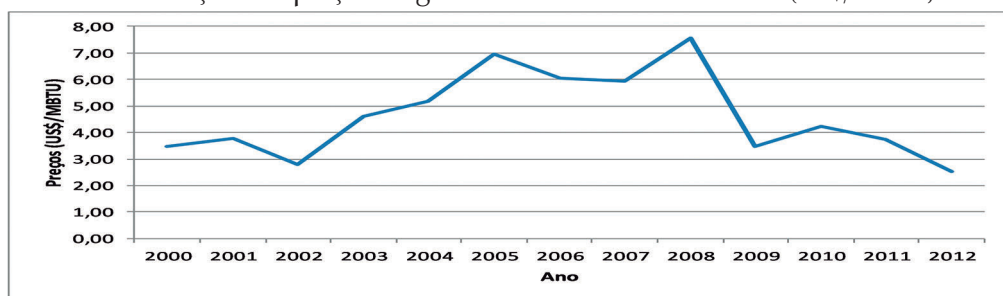
Gráfico 8 Produção de gás natural nos Estados Unidos (bilhões m³).



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da ANP (2014)

Como se observa pelo Gráfico 8, a partir de 2005 a produção de gás nos EUA apresentou crescimento e continuou a crescer ao longo dos anos, esse período de crescimento coincide com o desenvolvimento da exploração do gás de xisto no país. O Gráfico 9 mostra a evolução dos preços do gás natural no mesmo período.

Gráfico 9 Evolução dos preços do gás natural nos Estados Unidos (US\$/MBTU).



Fonte: Elaborado pelos autores com dados da ANP (2014).

Comparando os Gráficos 8 e 9 se pode notar que enquanto a produção de gás cresceu, os preços apresentaram queda.

A produção economicamente viável de gás de xisto nos EUA foi resultado de aspectos econômicos, ambientais, geográficos e tecnológicos que viabilizaram a

extração, além da necessidade de aumentar o suprimento de energia para garantir a segurança energética no país e o apoio do governo no incentivo à exploração (LAGE *et al.*, 2012).

Em face ao sucesso da exploração do gás de xisto nos EUA, outros países têm tentado explorar o recurso, porém diversos fatores têm impedido seu desenvolvimento como a falta de experiência tecnológica, a disponibilidade de grande quantidade de água necessária a prática de fraturamento hidráulico e a polêmica em relação à tecnologia do fraturamento hidráulico e seu impacto ambiental. Os aspectos que irão influenciar no desenvolvimento dos recursos não convencionais em cada região são: o perfil da matriz energética e a necessidade de cumprimento das metas de redução das emissões de efeito estufa; o preço do gás natural; o custo de produção; a localização das reservas; a infraestrutura existente para o escoamento, o processamento e o armazenamento do gás e o grau de maturidade do mercado consumidor (LAGE *et al.*, 2012).

No caso do Brasil, a exploração do gás de xisto começou a ser avaliada. A Agência Nacional do Petróleo (ANP) estima os seguintes campos com grande potencial de produção de gás de xisto: Precis, Recôncavo Baiano e Parnaíba. O bloco do Recôncavo foi a primeira região produtora de gás natural no Brasil e, portanto, já conta com uma infraestrutura farta em relação à instalações de processamento e rede de gasodutos e de oleodutos o que a tornaria a região mais promissora.

A exploração das reservas não convencionais no Brasil traz a possibilidade de preços mais baixos de gás natural no país em virtude de uma oferta maior, e também reduziria a necessidade de gás natural importado. Porém, tanto as características dos mercados americanos e brasileiros para o desenvolvimento e exploração das reservas são bastante diferentes. (LAGE *et al.*, 2012).

No setor energético, o Brasil aponta para uma necessidade crescente de termelétricas a gás natural, uma vez que as usinas hidrelétricas têm perdido a capacidade de garantir o suprimento energético nacional. A perspectiva de ampliação da oferta do gás natural a partir de recursos não convencionais poderia modificar a integração de termelétricas a gás com preços mais competitivos (LION; ALMEIDA; LOSEKANN, 2014).

Em novembro de 2013 o governo federal realizou a 12ª rodada de licitações da ANP para exploração de gás natural, incluindo pela primeira vez exploração de

gás de xisto. Foram arrematadas 72 áreas para exploração de gás natural, das quais 54 apresentam alto potencial para gás de xisto. A ideia dessa rodada de licitações foi de ampliar significativamente o conhecimento do real potencial para a exploração e produção do gás natural no Brasil, uma vez que segundo a própria ANP, o conhecimento das bacias sedimentares brasileiras ainda é insuficiente (ANP, 2013). As empresas que venceram o leilão ficam responsáveis por realizar estudos mais detalhados acerca da viabilidade técnica, econômica e ambiental da exploração do gás. Cabe à PETROBRAS controlar o processo durante o começo da exploração do gás de xisto e à ANP de autorizar a produção do gás não convencional (THUSWOHL, 2013; VALLE, 2013). Também a empresa que descobrir o gás não convencional e quiser extraí-lo deverá obter uma licença do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) diferente daquela para exploração do gás convencional. A ANP já publicou uma Resolução, Resolução ANP nº 21/2014, para regulamentar a exploração e produção dos recursos não convencionais no país.

Em vista do panorama nacional do mercado de gás natural há no país demanda para o gás de xisto uma vez que poderia, por exemplo, vir a substituir as importações de gás natural. Também o gás de xisto poderia ser utilizado na geração de energia elétrica uma vez que as termelétricas a gás existentes no país têm função de backup. Além disso, o país processa um volume de gás natural que corresponde à apenas metade de sua capacidade nominal de processamento.

Apesar do interesse em explorar o gás de xisto no Brasil, o país ainda precisa de desenvolvimento em determinados setores para que a exploração possa ser possível. Um dos setores que necessitaria de grandes investimentos para que a exploração do gás de xisto possa se tornar viável é a infraestrutura. Quando a exploração de gás de xisto teve início nos Estados Unidos, a infraestrutura de transporte para gás no país já se encontrava bastante desenvolvida o que favoreceu o escoamento da produção sem a necessidade de investimentos nesse setor (LAGE *et al.*, 2012).

No Brasil, o fato de a exploração de gás natural convencional ter ocorrido majoritariamente no mar, a rede de dutos e as unidades de processamento de gás foram desenvolvidas próximas à costa do país, porém, os campos promissores de gás natural não convencional se encontram afastados da costa. O mapa a seguir mostra a localização dos campos promissores de gás não convencional e a malha de gasodutos e a localização das Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGNs) no país.

Figura 5 Infraestrutura *versus* bacias promissoras.

Fonte: ANP (2013).

Outro problema enfrentado pela exploração do gás de xisto no país é o fato de o fraturamento hidráulico ser uma atividade incipiente no Brasil o que levanta a questão se o mercado nacional conseguirá atender a demanda de tecnologia e infraestrutura de processamento e escoamento para os mercados consumidores com bens e serviços produzidos no país de maneira a atender a exigência de Conteúdo Local existente para as concessões convencionais.

Para viabilizar a exploração do gás de xisto no Brasil ainda é necessário definir um conjunto de regras e políticas que estimulem a atividade no país e criar regulações específicas e legislação própria para a atividade. Outro aspecto importante é a necessidade de estímulo por parte do governo para o desenvolvimento da indústria do gás natural e maior aproveitamento do gás no setor energético do país.

O Brasil precisa urgente de uma política de governo para o gás natural, uma vez que o modelo atual não atende às necessidades da sociedade, pois não reduz a dependência do gás importado, não estimula a competição no suprimento, não contribui para baixar os preços aos consumidores, não estimula o investimento industrial no país e não possibilita a construção de termelétricas a gás a preços competitivos.

Diante do cenário de incertezas da exploração do gás de xisto no Brasil, tramita na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei nº 6.904/2013 do Deputado Sarney Filho (PV-MA) que estabelece medidas relativas à atividade de exploração de gás de xisto. O Projeto de Lei propõe que a autorização e a exploração do gás de xisto sejam suspensas por cinco anos e durante este período, o Poder Público deverá fixar modelos de procedimento para a exploração do gás de xisto visando evitar danos ao meio ambiente e promovendo a segurança dos trabalhadores do setor; revisar os critérios vigentes para a concessão e autorização para a exploração do gás de xisto e promover estudos relacionados à tecnologia de exploração do gás de xisto de modo que seja ambientalmente sustentável e garanta a segurança dos trabalhadores (PROJETO DE LEI n. 6.904/2013).

O Projeto de Lei foi aprovado, com emendas, pela Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Câmara dos Deputados. A proposta aprovada acrescenta que cabe ainda ao Poder Público promover estudos comparativos de alternativas para o suprimento de energia em lugar da exploração do gás de xisto, uma vez que, segundo o relator Ricardo Tripoli (PSDB-SP), o Brasil é dotado de fontes energéticas alternativas, principalmente as renováveis, que geram impactos socioambientais bem menores como, por exemplo, as energias eólica, solar e da biomassa.

Outro impedimento para a exploração do gás não convencional no Brasil é que a 12ª Rodada de Licitações da PETROBRAS vem sendo contestada pelo Ministério Público e Justiça Federal. As atividades de exploração do gás não convencional foram suspensas pelo Ministério Público Federal em diversos Estados até a realização de estudos técnicos que demonstrem a viabilidade ou não do uso do fraturamento hidráulico no país, com prévia regulamentação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). A técnica de fraturamento hidráulico vem sofrendo resistência no país por parte de ambientalistas, população e Ministério Público.

Apesar de o gás natural ser uma fonte energética mais limpa do que outros hidrocarbonetos, há indícios de impactos ambientais causados pela exploração do gás de xisto, principalmente no que se refere à técnica do fraturamento hidráulico. Por conta dos possíveis impactos ambientais, o fraturamento hidráulico está banido em diversos países e em alguns estados dos Estados Unidos.

Os possíveis impactos ambientais causados pelo fraturamento hidráulico incluem:

- Geração de gases de efeito estufa: até o momento poucos estudos examinaram os impactos causados pela geração de gases de efeito estufa na produção do gás de xisto. Um estudo realizado por Andrew Burnham em 2012 mostrou que as emissões do ciclo de vida do gás de xisto é 6% menor do que para o gás convencional. Entretanto um estudo de Howarth demonstrou que as emissões de gases de efeito estufa para o gás de xisto são 17% maiores do que as emissões do gás natural convencional, porém, num horizonte de vinte anos o gás de xisto é 12% menos poluente.
- Consumo excessivo de água: a técnica de fraturamento hidráulico requer grande quantidade de água. A quantidade de água utilizada varia de poço para poço, porém estima-se que seja entre 11.000 a 30.000 m³, sendo que cerca de 30% a 70% do volume total de água injetado permanecerá no subsolo. A questão nesse caso é a disponibilidade de água nas vizinhanças dos sites de exploração do gás de xisto. No caso do Brasil, por exemplo, em algumas regiões onde seria possível a exploração do gás de xisto, a água utilizada poderia fazer falta em períodos de seca, uma vez que se utiliza água potável para o fraturamento hidráulico. É imprescindível que se crie um plano de gestão para a água de retorno, e para a reutilização da água ou que se utilize água de baixa qualidade para o fraturamento, como água não potável ou de chuva.
- Contaminação de poços de água potável e aquíferos, que podem ser causados tanto pela atividade de perfuração, caso os fluidos injetados vazem, como devido ao descarte do fluido utilizado no fraturamento hidráulico. O fluido bombeado durante o fraturamento hidráulico contém substâncias químicas perigosas e, além disso, uma grande quantidade também é expelida durante a produção do gás. O refluxo contém metais pesados, resquícios do propante, resíduos químico e elementos radioativos que ocorrem naturalmente nas formações geológicas. Esta água contaminada é armazenada em piscinas para ser tratada e descartada. Cerca de 75% da água injetada no reservatório retorna à superfície após a operação. Para evitar a contaminação dos aquíferos pelo fluido do fraturamento ou o vazamento do gás para o poço através das fraturas, o poço deve ser adequadamente cimentado. Também é importante o tratamento adequado para a água que retorna à superfície.

- Ocorrência de atividades sísmicas em pequena escala. Segundo Lechtenböhrmer a prática de fraturamento hidráulico pode causar terremotos da ordem de 1 a 3 na escala Richter. Segundo o serviço geológico do Brasil, os terremotos de grau 1 não são sentidos e os de grau 3 são sentidos “dentro do caso”, como alguns objetos pendurados oscilam e a vibração semelhante à passagem de um caminhão leve (LECHETENBÖHMER, 2013; SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2000). Uma avaliação geológica detalhada da área a ser explorada é importante para determinar e delimitar falhas e fraturas pré-existentes.

Evidências mostram que desde 1947 mais de um milhão de operações de fraturamento hidráulico ocorreram e apenas uma porcentagem mínima de acidentes ocorreu e que esses acidentes podem ser gerenciados com as melhores práticas e aplicação adequada (MAUGERI, 2012).

6. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi analisado o mercado brasileiro de gás natural, o mercado mundial de gás de xisto e principalmente a exploração do gás de xisto nos Estados Unidos e os fatores que levaram ao sucesso da sua exploração nesse país e se este sucesso pode se repetir no Brasil.

Apesar de a exploração do gás de xisto já estar sendo visada no Brasil, uma vez que a ANP realizou leilão para a concessão de blocos exploratórios de gás não convencional no país, ainda há a necessidade de mais estudos, tanto de viabilidade econômica como estudos ambientais, e da tecnologia utilizada. Não existem hoje estudos adequados das bacias sedimentares que possuem potencial para a exploração do gás de xisto.

É evidente que o desenvolvimento da indústria do gás natural no Brasil traria benefícios para sua matriz energética, visto que o uso quase que exclusivo de recursos hídricos para a geração de energia elétrica pode trazer problemas em períodos de escassez deste recurso, além do fato de o gás natural também ser um combustível considerado de baixa geração de gás carbônico.

Porém, para que haja um melhor aproveitamento do gás natural na matriz energética do país, seriam necessários investimentos em novos projetos de termelétricas movidas a gás natural ou a substituição de equipamentos das usinas existentes. O alto custo do gás natural também é um impedimento para o maior uso do

hidrocarboneto tanto na matriz energética como na indústria. Aqui caberia uma comparação entre os preços atuais da energia elétrica no Brasil, que são altos, e quanto custaria a energia caso fosse gerada por gás natural. Nos EUA houve queda nos preços do gás natural em decorrência da exploração do gás de xisto.

Como foi visto, estudos mostraram que um menor preço do gás natural reduziria os gastos para a indústria brasileira e ainda teria um potencial para adicionar investimentos de altos valores.

Algumas empresas que arremataram áreas de concessão no leilão da ANP, já começaram a explorar a Bacia de São Francisco e encontraram indícios de gás de xisto. Não foi possível, porém obter maiores informações a respeito dessa exploração e se a tecnologia do fraturamento hidráulico chegou a ser testada nessas áreas.

Se por um lado a exploração do gás de xisto é uma técnica cara, o Brasil ainda carece de infraestrutura adequada ao transporte de gás natural nas regiões das bacias sedimentares e ainda há a necessidade de estudos específicos para que esta exploração possa ser praticada, por outro lado, o país é dependente de gás natural importado, tendo que pagar preços cada vez maiores pelo gás.

Ainda há muito que se pesquisar sobre a viabilidade da exploração do gás de xisto no Brasil, como qual seria o potencial para a utilização do recurso na matriz energética do país e o quanto custaria a exploração no país em comparação aos gastos com o gás natural importado. Além de estudos sobre potenciais impactos ambientais que a prática pode causar nas áreas de exploração.

REFERÊNCIAS

ADVANCED RESOURCES INTERNATIONAL, INC. *EIA/ARI world shale gas and shale oil resource assessment*. Technically recoverable shale gas and shale oil resources: an assessment of 137 shale formations in 41 countries outside the United States. Arlington: Advanced Resources International, Inc, 2013, 707p.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. *Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2014*. Rio de Janeiro: ANP, 2014, 252p.

_____. *Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2013*. Rio de Janeiro: ANP, 2013, 236p.

ANDREWS, A. *et al. Unconventional gas shales: development, technology, and policy issues*. [S.l.]: Congressional Research Service, 2009, 53p. (CRS Report for Congress).

BODIN, M. Le gaz de schiste: mythes et dangers. In: BODIN, M. *Gaz de schiste: vraie ou fausse opportunité?* Paris: Le muscadier, 2013.

BOYER, C. *et al.* Shale gas: a global resource. *Oilfield Review*, [s.l.], v. 23, n. 3, p. 28-39, Autumn, 2011.

BP. *Energy Outlook 2035: country and regional insights – Global*. [S.l.]: BP, 2015, 1p.

BURNHAM, A. *et al.* Life-cycle greenhouse gas emissions of shale gas, natural gas, coal and petroleum. *Environmental Science & Technology*, [s.l.], v. 46, n. 2, p. 619-627, nov. 2011.

DAMMEL, J. A. *et al.* A tale of two technologies: hydraulic fracturing and geologic carbon sequestration. *Environmental Science & Technology*, Minneapolis, v. 45, n. 12, p. 5075-5076, May 2011.

DOOHO, C. *The effect of shale gas revolution on oil industry*. [S.l.]: IEE], 2013, 10p.

EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. Ministério de Minas e Energia. *Balço energético nacional 2014*. Rio de Janeiro: EPE, 2014. 288p.

GOMES, I. Visões para o desenvolvimento da indústria do gás natural. In: MENDES, R. *Visões do gás natural. Uma contribuição para o futuro do Brasil*. [S.l.]

IFP ENERGIES NOUVELLES. Gaz de schiste: de quoi parle-t-on? In: BODIN, M. *Gaz de schiste: vraie ou fausse opportunité?* Paris: Le muscadier, 2013.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World Energy Outlook 2012*. Paris: OECD/IEA, 2012, 14 p.

KOLB, R. W. *The natural gas revolution – at the pivot of the world's energy future*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson, 2013.

LAGE, E. S. *et al.* Gás não convencional: experiência americana e perspectivas para o mercado brasileiro. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 37, p. 33-88, mar. 2013.

LECHTENBÖHMER, S. *et al.* *Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana*. Bruxelas: Direção – geral das políticas internas. Departamento temático A: políticas econômicas e científicas, 2011, 99p. (Estudo encomendado pela Comissão do Meio Ambiente, da Saúde Pública e da Segurança Alimentar do Parlamento Europeu).

LION, M.; ALMEIDA, E. F.; LOSEKANN, L. Viabilidade econômica dos projetos de E&P de gás natural não convencional no mercado brasileiro. In: RIO OIL & GAS EXPO AND CONFERENCE 2014, 2014, Rio de Janeiro MAUGERI, L. *Oil: the next revolution*. The unprecedented upsurge of oil production capacity and what it means for the world. Cambridge, 2012. 75p. Discussion Paper – Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School, Cambridge, 2012.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. *The future of natural gas: an interdisciplinary MIT study*. Massachusetts: MIT, 2011? 178 f.

NETL, U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. *Shale gas: applying technology to solve America's energy challenges*. In: NETL, mar 2011. Disponível em: <http://www.netl.doe.gov/file%20library/research/oil-gas/Shale_Gas_March_2011.pdf>. Acesso em: 28 maio 2013.

NOUYRIGAT, V. Gaz de schiste – le dossier vérité. *Science & Vie*, Montrouge, n. 1148, p. 54-71, maio 2013.

RIBEIRO, M. R. DE S.; ZEITOUNE, I. Gás não convencional: novos horizontes regulatórios. *Revista Brasileira de Direito do Petróleo, Gás e Energia*, [s.l.], v. 4, p. 98-113, 2013.

STEVENS, P. *The 'shale gas revolution': hype and reality*. London: Chatham House, 2010, 46p.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 15 mar. 2015; SUÁREZ, A. A. The expansion of unconventional production of natural gas (tight gas, gas shale and coal bed methane). In: AL-MEGREN, Dr. H. *Advances in Natural Gas Technology*. [S.l.]: InTech, 2012. Cap. 5, p. 123-146.

THUSWOHL, M. Após leilão, cresce oposição à produção de gás de xisto no Brasil. *Carta maior*, Rio de Janeiro, 03 dez. 2013. Disponível em: <<http://www.cartamaior.com.br/?/Editoria/Meio-Ambiente/Apos-leilao-cresce-oposicao-a-producao-de-gas-de-xisto-no-Brasil/3/29715>>. Acesso em: 19 jan. 2014.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. *Annual energy Outlook 2012 with projections to 2035*. Washington: DOE/EIA, 2012, 252p.

_____. Natural gasprices. Disponível em: <<http://www.eia.gov>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

VALLE, R. do. *Gás de xisto no Brasil, os problemas que se avizinham*. In: INSTITUTO SOCIO AMBIENTAL. Blog do PPDS, 2013. [S.l.] Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/pt-br/blog/blog-do-ppds/gas-de-xisto-no-brasil-os-problemas-que-se-avizinham>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

WORLD ENERGY COUNCIL. *Survey of Energy Resources: Focus on Shale Gas*. United Kingdom: World Energy Council – Regency House, 2010. 36p. Disponível em: <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/10/PUB_shale_gas_update_2010_WEC.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2014.

