

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
ENGENHARIA MECÂNICA
ALEX XAVIER DE SANTA IZABEL

N. CLASS.	M 333.7938
CUTTER	I98g
ANO/EDIÇÃO	2014

GÁS DE XISTO: revolução energética e seus impactos ambientais

Varginha

2014

FEPESMIG

ALEX XAVIER DE SANTA IZABEL

GÁS DE XISTO: revolução energética e seus impactos ambientais

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Me. Alexandre Lopes.

Varginha

2014

ALEX XAVIER DE SANTA IZABEL

GÁS DE XISTO: fonte de energia e impactos ambientais

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Alessandro Ferreira Alves

Prof. Kleber Mariano Ribeiro

Prof. Rodrigo Cesarino Ferreira

Prof. Bruno Kemptner

OBS.:

Dedico este trabalho a todos que contribuíram para sua realização, todos que de certa forma me ajudaram e me apoiaram para concluí-lo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus colegas de sala, professores, coordenadores, a minha família e a Deus por terem me ajudado, incentivado e apoiaram nessa monografia para que eu conseguisse obter êxito em minha formação acadêmica.

RESUMO

Este trabalho aborda questões sobre um novo gás natural conhecido também como gás não convencional e que vem gerando muita polêmica quando o assunto é energia. O gás de xisto é encontrado no interior de formações de xisto argiloso, vem se tornando uma fonte cada vez mais importante de gás natural nos Estados Unidos desde o início deste século, além de possuir grandes potencias no resto do mundo. As discussões atuais sobre a alta produção de petróleo e o aumento da demanda tem despertado a atenção dos gestores de recursos energéticos em diversos Países para os recursos de hidrocarbonetos não convencionais, como os de óleo xisto, ainda sendo pouco explorado no Mundo. Este estudo descreve os recursos de xisto no Mundo e no Brasil, assim como seus impactos ambientais que é responsável pela grande polêmica sobre sua exploração. A pesquisa tem como objetivo apresentar informações sobre a utilização do gás de xisto, levando em consideração as vantagens e desvantagens de seu uso e sua aplicação.

Palavras-chave: Gás natural. Energia. Estados Unidos. Não-convencional. Hidrocarbonetos.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EIA – *Energy International Agency*/ARI – *Advanced Resources International*

BTU – *British thermal unit*

PIB – Produto interno bruto

SBPC – Sociedade brasileira do progresso da ciência

ABC – Academia brasileira de ciência

ANP – Agência nacional de petróleo

OPEP – Organização dos Países exportadores de petróleo

MW – Mega Watts

US\$ - Dólar

T – Tonelada

Km – Quilômetro

EUA – Estados Unidos da América

CO₂ – Dióxido de Carbono

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 O QUE É GÁS DE XISTO	12
2.1 Reservas e produção	14
2.2 Israel	15
2.3 China.....	16
2.4 Marrocos.....	16
2.5 Estados Unidos.....	17
2.6 Xisto no Brasil.....	17
2.7 Formas de extração	20
2.8 Fracking.....	21
2.9 Problemas	22
3 IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE	24
3.1 Risco e incerteza.....	24
3.2 Contaminação	24
3.3 Consumos de água	25
3.4 Terremotos	25
3.5 Poluições no processo	25
3.6 Substituições de fontes renováveis	25
4 EMISSÕES E TREMORES	26
5 VANTAGENS E DESVANTAGENS	27
5.1 Vantagens	27
5.2 Desvantagens	28
6 REVOLUÇÃO DO GÁS DE XISTO	30
7 COMPETITIVIDADE	31
8 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34
ANEXOS	35

1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia, o mercado de energia vem crescendo cada vez mais, dificilmente nos deparamos com alguma situação onde a energia não está associada, seja ela diretamente ou não. Em nossas casas, nas ruas, nas empresas, nos automóveis, tudo se precisa de energia para gerar trabalho e movimento. A importância da energia na sociedade é explícita pelo fato de que, desde 1750, o consumo das fontes primárias de energia tem aumentado em cerca de 800 vezes e, só no século passado, a sua utilização foi multiplicada por um fator de 12 (EIA, 2003). Este aumento exponencial no uso de energia pela sociedade é devido a um alto índice de industrialização e urbanização. Grandes empresas veem trabalhando fortemente em cima de novas fontes de energias sustentáveis e de grande porte energético. Atualmente, a grande busca está sendo em cima de fontes de gases não convencionais, levando empresas do setor a explorar grandes e densas formações de xisto, um tipo de rocha de onde se pode tirar gás natural. Para que o gás seja retirado da rocha, é necessário injetar uma mistura química de alto potencial, que é responsável pela liberação do gás, essa mistura se baseia na junção de água, ácido, chumbo e benzeno. Essa solução cria fissuras nas rochas, e permite que o gás escape. A extração do xisto (do inglês, *shale gas*) é apontada como um sucesso tecnológico e econômico nos Estados Unidos, movimentando bilhões de dólares.

Economicamente falando, o xisto de fato é um sucesso, porém, é considerado prejudicial para a sustentabilidade ambiental. A tecnologia de extração, conhecida como *fracking* baseia-se em processos fortemente pesados e invasivos das camadas geológicas, gerando impactos ambientais, que por pouco conhecidos que sejam, podem ser irreversíveis.

A metodologia deste trabalho aborda situações, levantando informações sobre qual o risco ambiental e mundial da extração desse gás, levando em conta, qual a sua vantagem como fonte energética.

2 O QUE É O GAS DE XISTO

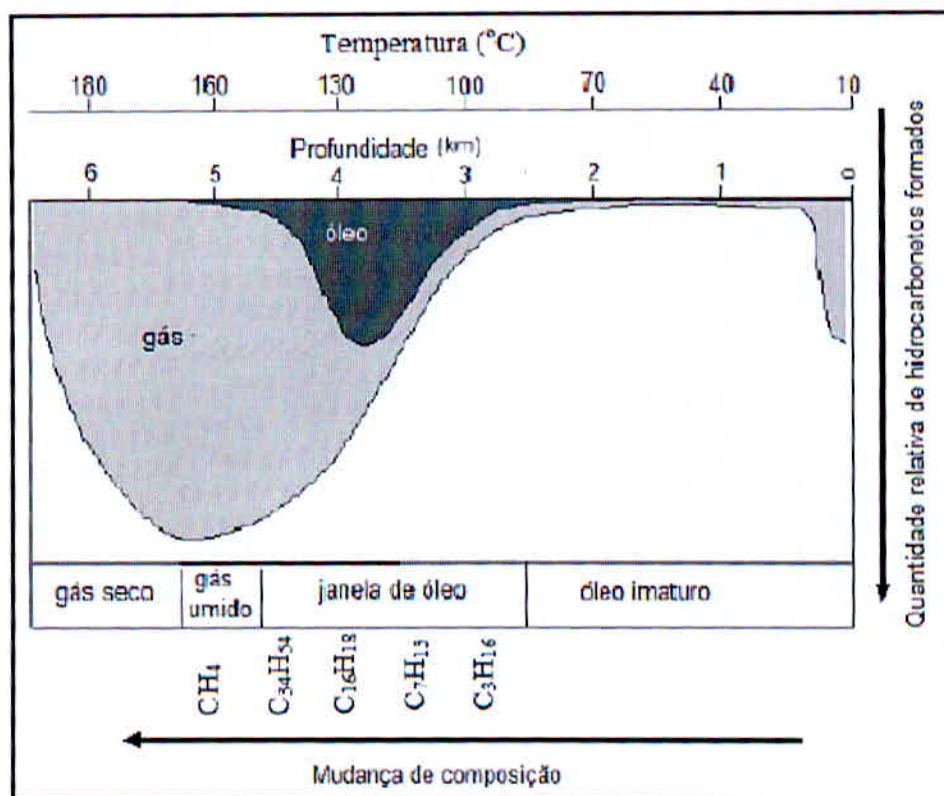
O termo xisto é incorretamente aplicado para identificar um tipo de rocha sedimentar que é constituída de finas camadas e com o tempo de formação e criação entre 40 e 50 milhões de anos, sua definição correta é folhelho oleífero. O xisto não tem uma definição geológica precisa nem uma fórmula química específica, mas é um termo geral, normalmente utilizado para designar rochas sedimentares que possuem quantidades significativas de matéria orgânica. Essas rochas podem ser utilizadas diretamente como combustível para geração de calor e energia elétrica para produzir combustíveis líquidos ou materiais. Altun (2006) descreve o xisto como uma rocha compacta laminar com mais de 33% de material inorgânico, de qual é possível extrair certa quantidade de material orgânico quando submetida a processos térmicos de extração. O xisto é uma camada de rocha sedimentar, originada sob temperaturas e pressões elevadas. É considerada uma fonte energética não renovável. Pode ser encontrada na natureza sob duas formas: o betuminoso e o pirobetuminoso, ambos ricos em betume. Suas características são:

- a) Xisto Pirobetuminoso: A matéria orgânica será transformada em betume, é sólido à temperatura natural ambiente, o betume é obtido através do aquecimento da rocha.
- a) Xisto Betuminoso: São hidrocarbonetos que aparecem em rochas sedimentares. A matéria orgânica disseminada em seu meio é quase fluída, sendo facilmente extraída.

O material orgânico contido na matriz mineral é resultante da fossilização de matéria orgânica, principalmente algas, sedimentadas em ambientes aquáticos, tais como: lagos, lagoas, pântanos etc., que, com a ação do tempo, temperatura e pressão, foram transformadas em hidrocarbonetos de estruturas macromoleculares complexas.

De maneira geral, os principais depósitos de xisto encontram-se em profundidades menores que um quilômetro e estão distribuídos em camadas de espessuras variadas com teores de querogênio, também, variados. As camadas de xisto são intercaladas por camadas de materiais estéreis de composição e espessuras também variadas. (EIA(b)2005 p11). A figura 1 ilustra a influência da temperatura e da profundidade na transformação da matéria orgânica em óleo ou gás. Considerando-se que os principais depósitos de xisto situam-se em profundidades da ordem de um quilômetro, percebe-se que os óleos de xisto situam-se na faixa de óleos imaturos.

Figura 01 – Geração de hidrocarbonetos em rochas



Fonte: (KILLOPS E KILLOPS, 1993 apud EUROPEAN PARLAMENT, 2005 p.32)

O xisto pirobetuminoso é uma rocha que contém certa quantidade de material orgânico que, quando aquecida, na ausência de oxigênio, libera óleo, água e gás. Após a liberação desses compostos, o material resultante é um resíduo que se constitui essencialmente da base mineral do xisto com algum conteúdo residual de carbono, hidrogênio e enxofre, não decompostos e extraídos durante o processo de aquecimento.

Na natureza os xistos do tipo betuminoso são encontrados em menores proporções, cerca de 10% do total de depósitos de xisto são do tipo betuminoso, os demais são do tipo pirobetuminoso. (CHESF, 1987; volume I p 60).

A matéria orgânica presente no xisto seja ele betuminoso ou pirobetuminoso é composta, principalmente, de carbono, hidrogênio e oxigênio, com pequenas proporções de enxofre e nitrogênio. A parte mineral de alguns depósitos de xistos é composta de carbonatos minerais como calcita, dolomita e siderita e, em menores proporções, de alumínio silicatos. Em outros xistos, os silicatos são os preponderantes, juntamente com argila, enquanto os carbonatos são encontrados em proporções menores. Em alguns depósitos de xisto são encontrados, ainda, alguns sulfetos como pirita e marcassita, fonte de enxofre, ferro, níquel, vanádio, urânio, zinco. (PETROBRAS, 1982, p12).

2.1 Reservas e produção

Os depósitos de xisto encontram-se espalhados em cinco continentes, e os países que se destacam em quantidade de recursos são: Canadá, Estônia, China, Rússia, Austrália, Brasil, Estados Unidos, Jordânia, Zaire, Marrocos e Itália.

As dimensões desses depósitos abrangem desde pequenos acúmulos sem valor econômico algum até depósitos gigantes como a da Formação Green River no oeste dos Estados Unidos, cujas estimativas indicam a existência de 213 bilhões de toneladas de óleo de xisto "*in place*" cerca de 1,5 trilhões de barris. (DYNI, 2006).

Especialistas em quantificação de recursos justificam que as diferenças encontradas nos valores totais dos recursos são devidas ao fato de as estimativas mundiais dos recursos de óleo de xisto, ou mesmo para um depósito específico, serem muito incompletas, e as metodologias utilizadas para estimar essas quantidades, na maioria das vezes, são muito diferentes. Somando a esses fatores, esses especialistas afirmam ainda que a grande diversidade de unidades dimensionais utilizadas para expressar as informações das quantidades totais de recursos ou do grau de óleo de um depósito torna uma tarefa mais difícil. (HOOK e RUSSELL, 1982).

Figura 02- Estimativa dos principais recursos conhecidos e avaliados como reservas no mundo

País	Recursos de óleo <i>in situ</i> (10⁶ bbl)
Estados Unidos	2.085.228
Rússia	247.886
Zaire	100.000
Brasil	82.000
Itália	63.000
Marrocos	53.381
Jordânia	34.172
Austrália	31.689
Estônia	16.286
China	16.000
Canadá	15.241
Uzbekistão	8.826
Turkmenistan & França	7.687
Belarus	7.000
Tailândia	6.988
Suécia	6.401
Egito	6.114
Ucrânia	5.700
Israel	4.193
Reino Unido	4.000
Kazaquistão	3.500
Alemanha	2.837
Mynamar (Burma)	2.000
Turquia	2.000
Yugoslávia	1.985
Luxemburgo	690
Argentina	675
Armênia	400
Mongólia	305
Espanha	294
África do Sul	280
Bulgária	130
Hungria	125
Polônia	56
Madagascar	48
Chile	32
Nova Zelândia	21
Áustria	19
Checoslováquia	8
Global	2.984.930

Fonte: (DYNI, 2006)

2.2 Israel

Em Israel, igualmente ao Brasil, o interesse pelos depósitos de xisto tem flutuado ao longo dos anos em razão das flutuações do preço do petróleo. Atualmente uma pequena mina a

céu aberto, localizada em Northern Negev, extrai em torno de 400.000 toneladas/ano, quantidade que alimenta uma planta de geração de energia elétrica e produz 12MW.

Recentemente o governo de Israel tem dado várias concessões para exploração dos depósitos mais profundos, que estão sendo explorados pela tecnologia *in-situ*, enquanto os menos profundos são minerados e retortados para produção de óleo (MIMRAN, 2009)

2.3 China

O aumento exponencial da demanda por energia na China, nos últimos anos, e a alta do preço do petróleo a patamares próximos de US\$ 150,000 fizeram que a China desse início a vários projetos para exploração de suas reservas de xisto. Contudo a quebra brutal do preço do barril, iniciada no final de 2008 até o primeiro trimestre de 2009, fez com que vários projetos fossem suspensos.

Haudian, província de Jilin, possui uma pequena central de energia elétrica que opera há vários anos. A central de energia é composta de três caldeiras de leito fluidizado que fazem a combustão de xisto pulverizado. Cada uma tem capacidade de geração de 18MW com consumo de 480.000 t/ano de xisto.

Ainda em Haudian, há três pequenas plantas de retortagem com 20 retortas que operam continuamente com uma produção anual de 50.000 toneladas óleo de xisto. O xisto retortado é utilizado na planta de energia como combustível. O custo de produção de uma tonelada de óleo é de aproximadamente US\$300, enquanto o preço de venda é de 440 a 600 dólares.

Em Se Chi, província Guang Dong, uma companhia privada construiu e opera uma pequena planta de geração com capacidade de 12MW. Nesta planta é utilizado o xisto da mina de Maoming.

A China National Petroleum Company (CNPC) em conjunto com a Da Qin Oil Field Company e com a Da Lian University of Technology estudam o uso do particulado da retortagem.

2.4 Marrocos

Até 1980 o Marrocos desenvolvia estudos para explorar e explorar seus recursos de xisto, contudo, o baixo preço do petróleo no mercado levou a paralisação de tal ação. Detentor

de grandes quantidades de recurso de xisto, o governo marroquino tem feito várias ações no sentido de desenvolver esses recursos.

O Escritório Nacional de Hidrocarbonetos e de Minas do Marrocos assinou um acordo com a Petrobras e a Total com objetivo de avaliar a viabilidade de instalar uma planta em Timahdit, utilizando o processo Petrosix. Estas empresas estão conduzindo estudos para avaliar a viabilidade técnica, econômica, bem como a social de projetos de exploração e produção de óleo xisto. (Bencherifa et al, 2008).

2.5 Estados Unidos

Os Estados Unidos, para fazer frente ao cenário energético que se instalou já no início deste século, elaboraram, em 2005, o *The Energy Policy Act of 2005* e formaram um grupo denominado de *Task Force on Strategic*, cuja função foi a de elaborar um programa para produção doméstica de combustíveis líquidos a partir de fontes não convencionais. Tal decisão foi tomada considerando que seus recursos convencionais atingiram seu pico de produção na década de 1970, e da vulnerabilidade de sua matriz energética, altamente dependente da importação de petróleo de áreas de conflitos políticos, étnicos e religiosos.

O resultado final do trabalho do grupo formado é um plano médio e longo prazo, de exploração dos recursos não convencionais, entre eles o xisto americano, que sozinho totaliza cerca de 2.118 bilhões de barris de óleo equivalente (USA (a), 2007 p.114). Este plano prevê que até 2035 os Estados Unidos estarão produzindo aproximadamente 2,5 milhões de barris de óleo de xisto por dia. Para tanto o plano define a necessidade de implantação de estratégias como incentivos fiscais, regulamentações que facilitem o acesso às jazidas localizadas em áreas públicas e privadas, financiamento para as empresas privadas desenvolverem e demonstrarem comercialmente tecnologias mais limpas e mais eficientes que as existentes. (USA (a), 2007).

As ações são consequências da necessidade e da urgência americana de desenvolver seus recursos de xisto e da perspectiva de mercado das empresas, como Shell, Exxonmobil, Chevron, estarem investindo no desenvolvimento da tecnologia para extração do óleo.

2.6 Xisto no Brasil

Figura 03 - Onde há xisto no Brasil

ONDE HÁ XISTO NO BRASIL

Fonte: Editoria de Arte/Folhapress

O provável volume de xisto no Brasil seria dividido nas bacias de Parecis, Parnaíba, Recôncavo, bacia do Paraná e na bacia de São Francisco.

No caso de ocorrências de xisto do Vale do Paraíba, estas cobrem uma área próxima de 200 km², onde estão localizados os municípios de Quiririm, Taubaté, Tremembé, Pindamonhangaba e Roseira. Nesta formação foram realizados trabalhos geológicos detalhados em uma área de 10 km², cujos resultados mostraram a existência de 119 milhões de barris de recursos e inferiram outros 1 milhão e 300 mil barris (TONEL 2004).

Figura 04 – Localização das principais ocorrências de xisto no Brasil



Fonte: Petrobras (2008)

Os estudos realizados mostraram que o perfil litológico da formação na coluna sedimentar de interesse tem uma espessura total de 36 metros, destes, 30 metros são de xisto pirobetuminoso, e seis metros, de argila, distribuídas em duas camadas. Os 30 metros de xisto são distribuídos em três camadas, sendo uma com cinco lâminas de xisto com espessura de 15 a 60 cm e conteúdo de óleo de 8 a 13% em peso. Uma segunda camada possui nove lâminas com espessuras de um a cinco metros e teores de óleo desde 3 até 9% em peso. A última camada possui três lâminas com espessuras inferiores a um metro e teores de óleo menores que 3%. (CHESF, 1987).

O aproveitamento da jazida do Vale do Paraíba somente seria possível se fosse utilizado o processo de mineração seletiva, que visa à obtenção de material mais rico em óleo, contudo, segundo Ramos (1981), esse processo é complexo e custoso, além de ser predatório por reduzir a quantidade total de óleo recuperado.

O principal motivo para a rejeição da formação do Vale do Paraíba pela Petrobras foi quanto aos teores de água contidos no xisto, que eram da ordem 33%, valor responsável por um grande desequilíbrio no balanço de energia. O processo de secagem e retroagem de xisto do Vale do Paraíba consumiriam juntos em torno de 80% da energia térmica disponível. A formação do Vale foi considerada como não viável economicamente, levando-se em conta a

conjuntura da época e a existência no país de outros depósitos com características melhores para exploração. (CHESF, 1987).

Figura 05- Mapa reserva de xisto no Brasil

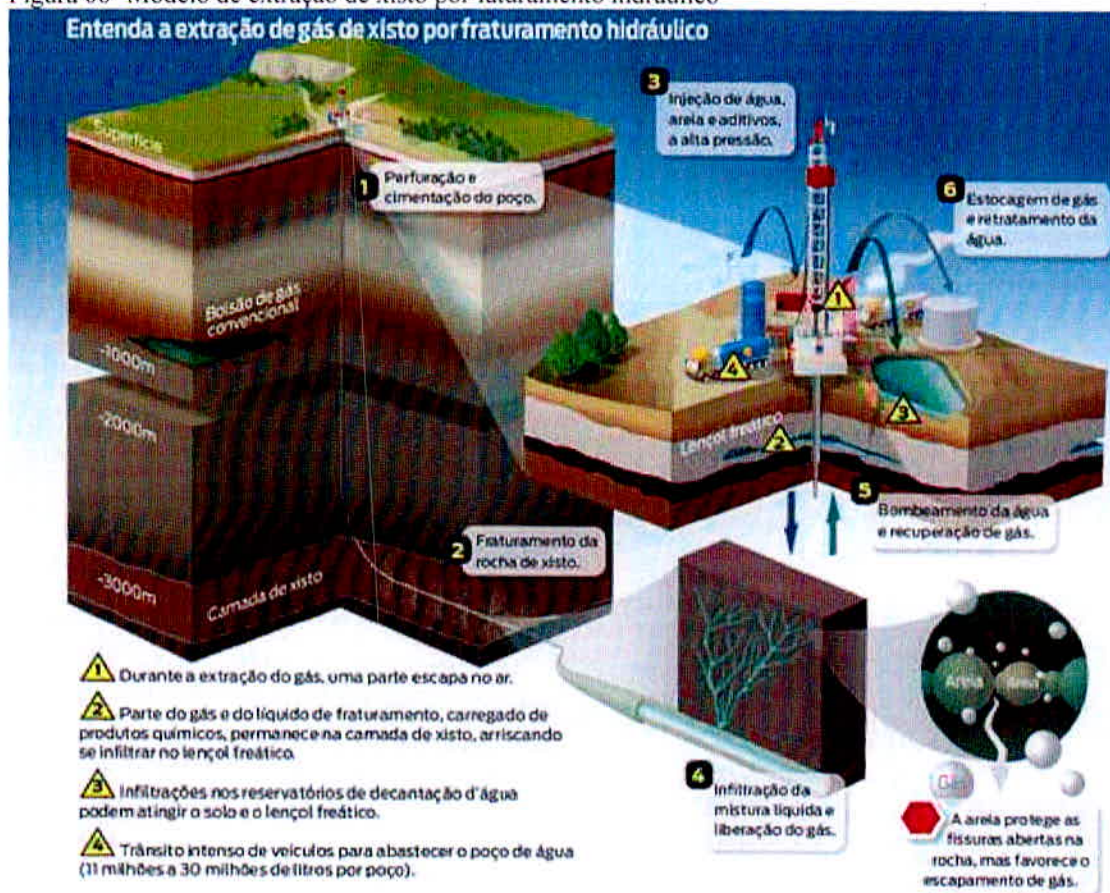


Fonte: (Economia BR, 2010)

2.7 Formas de extração

A extração do gás nas camadas de xisto, por definição uma formação rochosa sedimentar, começou a ser estudada pelos Estados Unidos na década de 1970, mas o processo era tão caro e complexo que inviabilizava a produção em larga escala. Só nas décadas seguintes a exploração comercial começou a se tornar realidade, com o desenvolvimento de duas tecnologias complementares. A primeira chamada de “perfuração horizontal” permite acessar melhor o solo que abriga o gás de xisto. A segunda denominada “fratura hidráulica”, do inglês “*fracking*”, facilita a remoção do gás. O poço aberto na perfuração recebe uma mistura de água, areia e diversos produtos químicos sob alta pressão para quebrar a rocha e liberar o gás, daí então ele é levado até a superfície por uma tubulação.

Figura 06- Modelo de extração de xisto por faturamento hidráulico



Fonte: (Jornal Estadão, agosto, ed 4 2013)

Mais de 30 países possuem reservas de xisto, porém, poucos exploram comercialmente essa fonte de energia. A China obtém a maior reserva mundial de combustível, completou em 2010 a perfuração de seu primeiro poço, na província de Sichuan. As tecnologias de extração veem sendo estudada cada vez mais profundamente, tendo alto investimento das empresas do ramo que está procurando uma forma de extração sem que haja alto impacto ambiental, enquanto isso sua extração é de alto risco e pode colocar em risco o nosso lençol freático.

[...] O grande problema do processo de extração do gás de xisto é a utilização de componentes químicos potencialmente tóxicos, como o benzeno. Se essa substância atingir o lençol freático, pode contaminar a água. [...] (VEJA, janeiro, 2011 p.20 ed.2)

2.8 Fracking

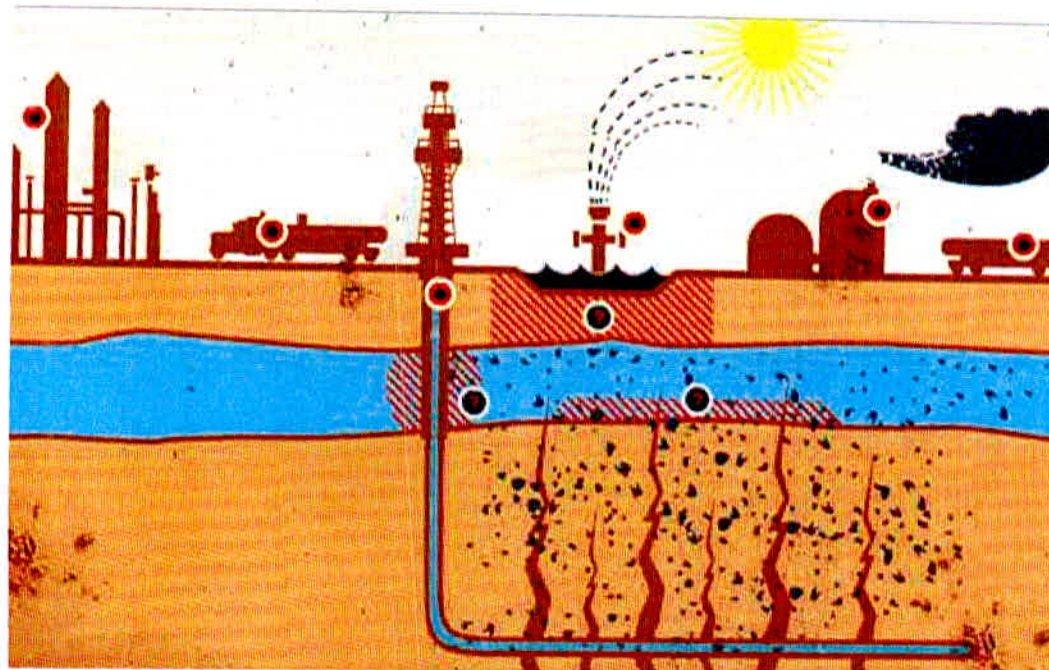
A fratura hidráulica, ou também conhecida como “*fracking*”, é um processo de extração do gás de xisto, onde é utilizado água sob altíssimas pressões para fazer com que o

gás seja liberado. Está trazendo diversos problemas para a sociedade, inclusive nos Estados Unidos e diversos grupos ambientalistas e da sociedade civil.

Segundo pesquisas, os fluidos utilizados no processo da fratura hidráulica prejudicam a qualidade da água fazendo com que os peixes desenvolvam danos no fígado e no baço, ocasionando a morte de diversas espécies de peixes. O *fracking* também faz com que o pH da água diminua, ou seja, torna a água mais ácida. (Instituto Carbono Brasil, 2013)

O processo se inicia com uma perfuração que pode atingir até 3,2 km de profundidade, onde a tubulação a partir de determinado momento assume uma trajetória horizontal. Ao se deparar com as formações rochosas, é iniciado o processo. Através da tubulação instalada é despejada uma mistura de grandes quantidades de água e solventes químicos comprimidos. A grande pressão provoca explosões que fragmentam a rocha. Para que o buraco não se feche novamente, são injetadas enormes quantidades de areia, que supostamente evitam que o terreno ceda ao mesmo tempo em que permite, por sua porosidade, a migração do gás a ser extraído. (eCycle, 2013)

Figura 07 – Modelo *Fracking*



Fonte: (eCycle, 2013)

2.9 Problemas

Além da periculosidade comum a qualquer tipo de perfuração, como a perda do uso da terra, grande quantidade de lixo industrial, a poluição e o comprometimento da qualidade de

vida dos habitantes das regiões próximas dos poços, há também os riscos potencialmente associados ao próprio processo.

Durante o faturamento hidráulico, um terço de tudo que está dentro do poço vem à tona, incluindo a água utilizada, os solventes utilizados e os resíduos da extração. Isso traz riscos de contaminação dos lençóis freáticos, risco que já era comum na metodologia das perfurações tradicionais. Eventuais vazamentos dos gases, sobretudo o metano, poluente e contribuinte para o efeito estufa são risco adicional. A polêmica que envolve essa forma de extração tem sido objeto de crescente debate, sobretudo nos EUA, país que possui grandes reservas de folhelho. Com o refinamento da tecnologia, os custos de extração dessa fonte de energia diminuíram sobremaneira, o que significa uma pressão econômica enorme para a extração, mesmo com os eventuais riscos. A combinação do alto volume de reservas disponíveis, do baixo custo de extração e da crise americana faz com que as perspectivas econômicas tendam a conduzir os níveis de exploração dessa matéria-prima e uso da tecnologia a níveis extremos, em substituição a outras fontes, sobretudo as renováveis. (eCycle, 2013).

3 IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE

O fraturamento hidráulico é conhecido desde os anos de 1940, mas nos últimos anos o aumento nos custos de exploração de petróleo e gás viabilizou economicamente seu uso. A extração está longe de ser unanimidade, na Europa, ele é permitido no Reino Unido e na Polônia, mas foi proibido na França e na Bulgária. Sua extração excessiva pode acabar acarretando problemas ambientais irreversíveis, capaz de colocar em extinção nossos lençóis freáticos, terremotos e outros problemas.

3.1 Risco e incerteza

Segundo PANOCHIA (2008 p.14), decisão é a escolha de uma entre duas ou mais alternativas, baseada nos aspectos positivos e negativos resultantes do processo de análise de vários parâmetros e de suas consequências no futuro. Ainda, segundo a mesma autora, a decisão é uma variável dependente e binária que assume apenas os valores de realizar ou não realizar.

A decisão de investir em um projeto, independentemente do seu tipo, envolve algum risco, cujas consequências são percebidas no custo do capital utilizado e no retorno de capital esperado. Assim, a utilização de informações objetivas que deem suporte às decisões de modo que estas não sejam tomadas somente à luz do bom senso e da percepção é fundamental, contudo, as ferramentas de análise de investimentos de natureza determinística estão amparadas, exclusivamente, em valores esperados e tidos como certos. Essas ferramentas não avaliam as incertezas e os riscos envolvidos no processo e, portanto, seus resultados podem induzir o empreendedor a tomar uma decisão que no futuro não apresente os resultados previsto, quando definida a opção. (DAMODARAN, 1997).

Para Galesne (1999, p.136),

“cada vez mais autores têm julgado que se deve considerar como situação de risco toda situação para a qual uma distribuição de probabilidades, seja qual for a sua natureza, possa ser associada aos resultados, e situação incerta àquela para a qual nenhum tipo de distribuição de probabilidade possa ser associado aos resultados.”

Ou seja, risco pode ser definido como a probabilidade de ocorrência de um determinado evento, enquanto incerteza é caracterizada pelo desconhecimento desta probabilidade de ocorrência do evento.

3.2 Contaminação

O xisto está aprisionado em pequenas formações rochosas altamente impermeáveis. Sua exploração consiste na fratura das rochas, com a injeção de grande volume de água sob alta pressão, explosivos e substâncias químicas que podem causar vazamentos e chegar aos lençóis subterrâneos de água.

3.3 Consumos de água

As estimativas indicam que é usado cerca de 20 milhões de litros de água por poço perfurado, o que pode chegar a proporções gigantescas, caso se considere a previsão de abertura de um milhão de poços no mundo. Retirar as imensas quantidades de água empregadas no processo pode prejudicar os ecossistemas da região.

3.4 Terremotos

A explosão de rochas subterrâneas inclui o risco de pequenos abalos sísmicos nas áreas exploradas. Qualquer explosão acima do potencial suportado na terra pode gerar terremotos ou até mesmo tsunamis.

3.5 Poluições no processo

Na exploração do xisto, as rochas são bombardeadas com uma mistura de água, areia e produtos químicos. A pressão causa fissuras no subsolo e faz com que o gás suba em direção à superfície.

3.6 Substituições de fontes renováveis

Existe a possibilidade de o gás de xisto desbancar fontes renováveis de energia, como a eólica e a solar. Admite-se que não se podem reduzir emissões de CO₂ sem reduzir uso do carvão, e o gás já está destronando o carvão nos EUA. Mesmo que alguma fonte mais limpa se torne posteriormente viável, ainda precisa-se do gás natural como energético para auxiliar na transição para uma economia menos intensiva.

4 EMISSÕES E TREMORES

Em maio de 2010, o Conselho dos Presidentes de Sociedades Científicas, entidade que congrega cerca de 1,4 milhão de cientistas, após um debate sobre o xisto, alertaram em carta ao presidente Obama que a política nacional de incentivo ao gás de xisto seria temerária, pois falta embasamento científico para que haja continuidade no processo e que a extração poderia ter um impacto no aquecimento global bem maior do que o estimado. Após o acontecido, no fim de 2010 a Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana em um relatório de atualização sobre as emissões de gases de efeito estufa da indústria de óleo e gás local concluía que a extração de gás de xisto emite mais metano que a do gás convencional.

No ano seguinte, um estudo apontava que a produção de eletricidade com gás de xisto emite tanto ou mais gases de efeito estufa ao longo de seu ciclo produtivo quanto aquela baseada em gás ou carvão. Um pesquisador do Centro para Pesquisas e Informações sobre terremotos dos EUA, da Universidade de Memphis, relatou que a injeção de água em falhas geológicas tende a causar sismos devido ao escorregamento das mesmas. Há um caso de sismo por falha relacionada à extração no noroeste da Inglaterra, em 2011.

Há cerca de 400 mil perfurações em território norte-americano e dezenas de milhares mais previstas para os próximos dois anos. Isso vem preocupando mais ainda pelo fato da contaminação da água e do ar, pela escassez da água e até pelos terremotos. O governo de Ohio deixou de utilizar a fratura hidráulica em uma parte do Estado, depois da associação de uma série de tremores com as injeções subterrâneas. (Dyner, 2006).

5 VANTAGENS E DESVANTAGENS

5.1 Vantagens

O gás de xisto é muito utilizado no aquecimento de casas, na geração elétrica e diversas aplicações utilizadas em fábricas. Existem 2 problemas para o crescimento do seu uso, a primeira é em cima da modificação energética que foi instalada nos últimos 80 anos em torno da gasolina e petróleo. O segundo problema é que embora seja barato e abundante suas reservas, sua forma de extração vem gerado polêmica sobre seus riscos ambientais. Porém suas reservas em grande escala e o baixo preço de extração faz com que se pense em pesquisas sobre formas de extração e produção do gás.

Em apenas 4 anos, a exploração de gás de xisto nos EUA iniciou uma revolução energética capaz de alterar o cenário econômico do país. A atração de investimentos produtivos, antes vista como impossível pelo alto investimento tornou-se inevitável, em poucos anos os EUA estarão exportando gás natural em volume suficiente para mudar o panorama mundial. Nos cálculos da Administração de Informação sobre Energia (EIA) a reserva americana é suficiente para abastecer o mercado por mais de 100 anos. Mas pode ser maior, a extração começou há poucos anos, e está em constante avanço tecnológico e contribuiu para a produção de 27,4 quatrilhões de BTUs no ano passado.

Tamanha oferta de gás de xisto, a custos relativamente baixos de produção, permite a venda do gás natural americano a US\$ 4 por milhão de BTUs – o menor preço do mercado mundial. Em 2020, serão 31,3 quatrilhões de BTUs – 14% mais, nas previsões da EIA. Atualmente, essa nova fonte responde por 34% do total de gás natural extraído no país.

O setor vai trazer potencial para revitalizar o setor energético, atrair investimentos de indústrias intensivas em energia e impulsionar a economia. Entre US\$ 55 bilhões e US\$ 85 bilhões deverão ser adicionado ao PIB industrial americano até 2020, em investimentos de companhias petroquímicas, de fertilizantes, siderúrgicas, de vidro e outras. Espera-se o renascimento da indústria manufatureira do país. (Jornal Estadão, agosto, 2013, ed 4.)

Cinco projetos de instalação de usinas para transformar o gás em GNL estão em estudos. Mesmo assim, os produtores acreditam ser possível dobrá-la, pois o potencial de geração de emprego é grande. Segundo David Wochner, especialista em consultoria K&L Gates, o governo americano está neste momento preocupado em adequar oferta e preço, no mercado interno, antes de facilitar a exportação.

Figura 08 - Reservatórios de Gás

RESERVATÓRIOS DE GÁS

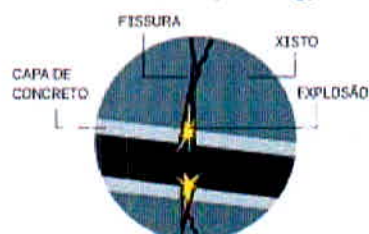
● Veja como é feita a extração do xisto

Perfuração vertical

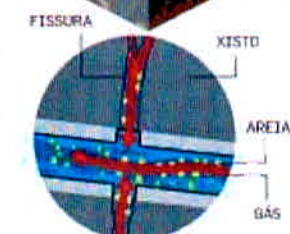
Uma tubulação é inserida no solo até a camada de xisto, que pode chegar a profundidades de até 3,6 km. As paredes do poço são revestidas com concreto

Perfuração horizontal

Ao atingir a camada de xisto a perfuração muda para horizontal, podendo atingir até 1,2Km de extensão

Fratura hidráulica (fracking)

A capa de concreto da seção horizontal é perfurada com uma série de explosões controladas que abrem fissuras na camada de xisto



Em seguida, é injetado uma mistura de água, areia e soluções químicas que penetram nas fissuras, abrindo caminho para a saída do gás

FONTE: BNDDES E ANP

US\$ 12 a US\$ 16

é o preço do gás no Brasil. O valor é cinco vezes maior do que nos EUA

US\$ 260 bi

será a demanda anual por produtos químicos em 2020, segundo a Abiquim

Reservas de gás de xisto no mundoEM TRILHÕES DE M³

CHINA	36,1
ELIJA	24,4
ARGENTINA	21,9
MÉXICO	19,3
ÁFRICA DO SUL	13,7
AUSTRÁLIA	11,2
CANADÁ	11,0
LIBIA	8,2
ARGÉLIA	6,5
BRASIL	6,4
POLÔNIA	5,3

O xisto no Brasil

RESERVAS CONFIRMADAS

INDÍCIOS DE RESERVAS



INFOGRÁFICO: MARCOS MULLER

Fonte: (Jornal Estadão, agosto, ed 4, 2013)

5.2 Desvantagens

A desvantagem da produção do gás de xisto está na dificuldade de obtenção do produto e nos impactos ambientais decorrentes da exploração dos campos em bacias sedimentares. Enquanto o gás natural convencional fica armazenado em espaços entre as rochas, o gás de xisto encontra-se impregnado na própria rocha e sua extração requer a fratura hidráulica. Para liberar o gás, são necessárias explosões e a injeção de bilhões de litros de água misturados a produtos químicos, podendo ocasionar vazamentos e a contaminação de aquíferos de água doce. Os cientistas também temem que a própria captação de água usada na técnica de *fracking* resulte em concorrência com outros usos preferenciais, como o

abastecimento humano. Essas questões, juntamente á preocupação com as consequências do baixo preço do gás de xisto nos Estados Unidos sobre a competitividade da indústria brasileira.

A estimativa de reservas recuperáveis foi elaborada pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos e pela Agência Internacional de Energia e coloca o Brasil entre os dez maiores possíveis produtores. Entre dúvidas sobre tecnologia a ser aplicada, a infraestrutura necessária, os impactos ambientais e tantos outros pontos de interrogação sobre esse desconhecido gás.

No caso específico de projetos de exploração e produção de petróleo, bem como os de xisto, os quais são carregados de grandes incertezas de ordem técnicas, econômicas e políticas, os modelos estatísticos são amplamente utilizados em conjunto com técnicas determinísticas, e os resultados obtidos são uma possível distribuição de probabilidade que expressa o risco envolvido no empreendimento.

A utilização de modelos que considerem os riscos envolvidos os quais a princípio buscam minimizar as incertezas dos resultados, mesmo assim, ainda apresentam um grau de insegurança, uma vez que a análise de viabilidade econômica de um empreendimento envolve um grande número de informações indiretas, correlações e simplificações que impossibilitam a eliminação total das incertezas dos modelos elaborados.

A identificação de variáveis que conferem ao projeto é de fundamental importância não só na fase de estudo de viabilidade, mas também durante toda a fase de implantação e operação, uma vez que, se não gerenciadas, essas variáveis podem determinar o fim de um projeto já em fase de implantação ou operação.

6 REVOLUÇÃO DO GÁS DE XISTO

A revolução do xisto terá um papel importante na redução do déficit americano nas suas contas externas, ao diminuir a necessidade de importações, podendo contribuir também para uma queda dos preços do petróleo no mercado internacional. O que se passa nos EUA, onde a produção do petróleo sobe com força, terá uma influência significativa nesse processo, o que representará um desafio aos países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep). O Citigroup ainda vê um cenário em que há oportunidades claras de substituição de derivados de petróleo por gás natural como combustível em veículos, trens, caminhões e navios. Se isso realmente acontecer, isso ajudará a reduzir a demanda por petróleo.

A produção de gás e hidrocarbonetos no qual estava diminuindo nos EUA acelerou. Em poucos anos os preços da energia e combustíveis caíram, fazendo com que a expansão e a revitalização das Indústrias siderúrgicas, termoelétricas, indústrias químicas e combustíveis aumentassem. As vantagens do xisto não ficam no âmbito econômico, mas se propagam ao setor político. Devido ao xisto, os americanos criaram laços político-econômico com a Europa e Japão. Hoje, os EUA não apenas vendem os hidrocarbonetos extraídos, assim como vendem também a tecnologia utilizada para sua extração. Esta vantagem na exploração dos folhelhos está sendo benéfica para todos os países cujo tenha um potencial geológico parecido. (RUSSEL, P.L, 2010).

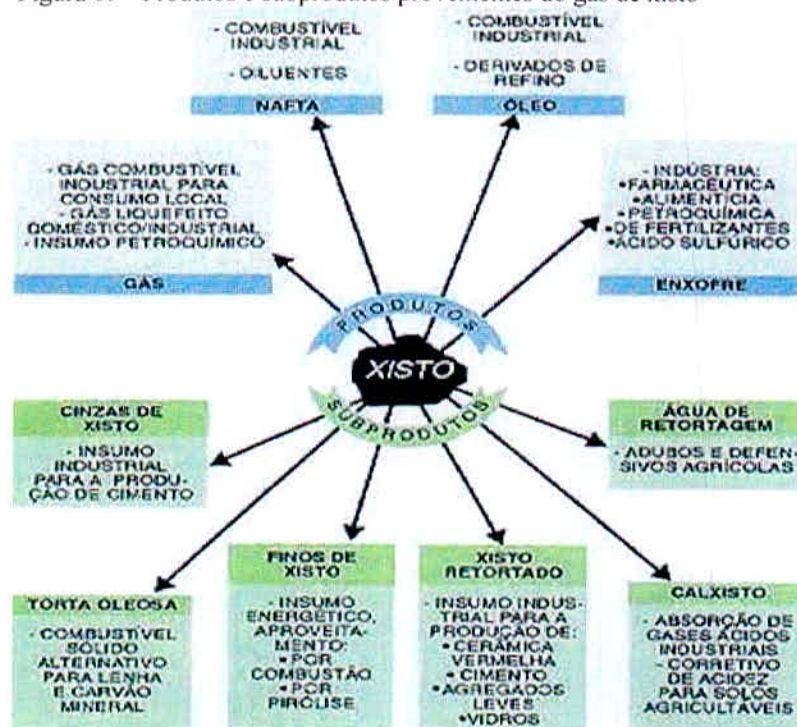
A revolução do xisto, se ocorrer, terá inevitável influência sobre as relações internacionais. No que se refere a China, que também planeja começar a extração em seu território de gás e petróleo de xisto, existe a possibilidade de que para ela, a região do centro asiático não seja mais necessária. Perderá sentido a expansão chinesa na África e diminuirá a dependência de Pequim aos fornecimentos de petróleo.

Além de serem donos das maiores reservas mundiais de xisto betuminoso, aos poucos ônibus, caminhões e trens estão sendo convertidos para utilizar o gás natural de xisto. Assim, o uso de xisto nos EUA tem um impacto potencial na economia mundial de grandes proporções, inclusive no preço do petróleo. (EPPEN, 2014).

7 COMPETITIVIDADE

Possuir mais que o Pré-sal em reservas de gás em terra é algo muito sério e o país precisa copiar o processo americano com urgência, com padrões de segurança ambiental semelhante ou até mesmo superiores. A competitividade de nossa indústria será alterada pesadamente ao longo desse processo, que completa a modernização geral em curso. Caso haja o alto investimento industrial, principalmente voltado para a segurança ambiental, o Brasil poderá ter o retorno esperado que esse gás seja capaz de dar.

Figura 09 - Produtos e subprodutos provenientes do gás de xisto



Fonte: (Petrobras, 2008)

O aumento da utilização do xisto nos EUA também tem um impacto econômico mundial, o xisto está para mudar o equilíbrio da competitividade na economia mundial, dando uma vantagem inesperada aos Estados Unidos. Isto se torna preocupante para alguns Países, como por exemplo a Alemanha, que depende de exportações que é responsável por metade de seu produto interno bruto, onde também os custos de energia estão crescendo cada vez mais. Isto significa que o mercado alemão pode perder sua quota de mercado mundial. Quaisquer que sejam os objetivos para mudança do mix de energia, países da União Européia já sofrem elevados índices de desempregos, e serão forçados a analisar suas estratégias de energia de

elevados custos ou então enfrentaram o enfraquecimento da competitividade e perda de empregos.

8 CONCLUSÃO

A primeira consideração a ser feita sobre o estudo realizado é sobre a viabilidade econômica que o gás de xisto é capaz de ter, suas grandes reservas e sua facilidade de extração faz com que ele seja mais vantajoso do que outros processos e combustíveis utilizados. Analisando os preços de produção e de venda, o xisto pode trazer uma revolução energética, fazendo com que o mercado de energia tenha uma mudança em seu setor, atraindo investimentos de grandes empresas e assim movimentando mais empregos e ajudando o mercado interno a crescer cada vez mais, contando com o fato de vários Países se tornarem autossustentáveis em energia. Outro fato positivo sobre a extração e utilização do gás de xisto é quanto a contaminação e emissão de gases do efeito estufa, para a mudança climática o balanço é positivo, pois em média, a queima do gás natural gera metade do dióxido de carbono que resulta da queima de carvão, para produzir a mesma quantidade de energia. Quanto aos impactos ambientais ocasionados pelo processo produtivo do gás, é uma questão de engenharia, pois são processos novos e pouco estudados, porém, a nossa grande tecnologia existente hoje em dia, é capaz de mudar e criar soluções ambientais para que a sua extração seja de uma forma mais limpa e segura. É importante levar em conta, que por mais valioso e grandioso que seja esse gás, o mundo precisa de menos contaminação possível, pois é neles em que vivemos. Afetar a terra e o solo e poluir nossa água, não trará retorno nenhum a nós seres humanos, pois dependemos dela para nossa sobrevivência, assim, conclui-se que o gás de xisto é sim uma revolução energética positiva se estudada profundamente, aperfeiçoando seus problemas ambientais e éticos. Seu retorno é cientificamente comprovado, a autossuficiência em energia traria um retorno positivo a nós todos, pois, hoje em dia, estamos ligados à energia a todo o momento, sua utilização é de extrema importância para nosso dia-a-dia.

REFERÊNCIAS

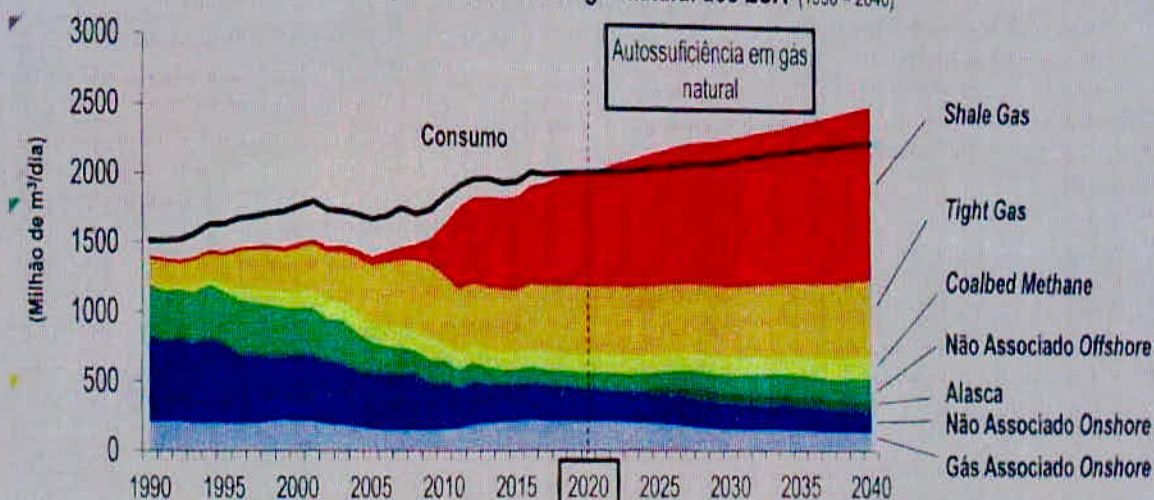
- ALTUN, N.E.; et al. Oil shales in the world and turkey; reserves, current situation and future prospects: a review. **Oil Shale Journal**, v. 23, n. 3, p. 211-227. 2006. Disponível em: <http://www.kirj.ee/oilshale/vol_20_3.html> Acesso em: set 2014
- DAMODARAN, A. **Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo**. Rio de Janeiro: Qualiymark, 1999. p 624.
- DYNI, J. R. Geology and resources of some world oil-shale deposits. **Oil Shale Journal**, v. 20, n. 3, p193-252, 2003. Disponível em: <http://www.kirj.ee/oilshale/vol_20_3.html> Acesso em: ago. 2014
- EIA – Energy International Agency/ARI – Advanced Resources International. World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment. June, 2013. Disponível em: http://www.adv-es.com/pdf/A_EIA_ARI_2013%20World%20Shale%20Gas%20and%20Shale%20Oil%20Resource%20Assessment.p. Acesso: 01 junho, 2014.
- MARIOTTI, Humberto, 2013. **Complexidade e sustentabilidade: o que se pode e o que não se pode fazer**. São Paulo: Atlas, 2013.
- HOOK, C.O. & RUSSELL, P.L. World oil shale deposits. **Mining Engineering**. V. 34, n. 1.,p37-41, 1982.
- MIMRAN, Y. Using of Oil Shale In Israel As Alternative Source For Energy. In: INTERNATIONAL OIL SHALE SYMPOSIUM, 2009. Tallinn. **Proceedings**. Tallinn: Tallinn University of Technology, 2009. Disponível em: <<http://www.oilshalesymposium.com>> Acesso em: jul. 2014
- PETROBRAS. **Xisto: principais resultados da escalada e perspectivas futuras**. In: SIMPÓSIO SOBRE APROVEITAMENTO DE XISTO. São Paulo: Secretaria da Indústria e Comercio de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo. São Paulo 1981 p. 64-111. Publicação ACIESP n.29.
- KILLOPS, S.D.; **KILLOPS, V.J. An introduction to organic geochemistry**. Longman Scientific & Technical, Essex, England, 1993.
- BENCHERIFA, M. et al. Timahadit: Oil shale deposit evaluation. In: OIL SHALE SYMPOSIUM, 28., 2008, Colorado. **Proceedings**. Colorado, 2008.
- GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J. E.; LAMB, R. **Decisões de investimentos da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999. p 295.

ANEXOS

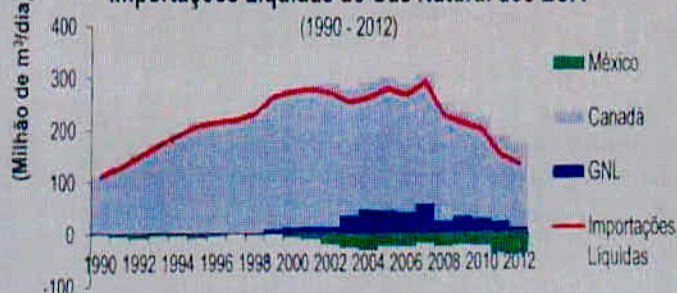
GÁS NATURAL:**Produção crescente de shale gas conduz os EUA para a autossuficiência**

Os EUA causaram impacto no mercado mundial de GNL ao importarem volumes reduzidos a partir de 2008, contrariando as previsões e revertendo a tendência de importações crescentes de GNL.

Produção e Consumo de gás natural dos EUA (1990 - 2040)



Importações Líquidas de Gás Natural dos EUA



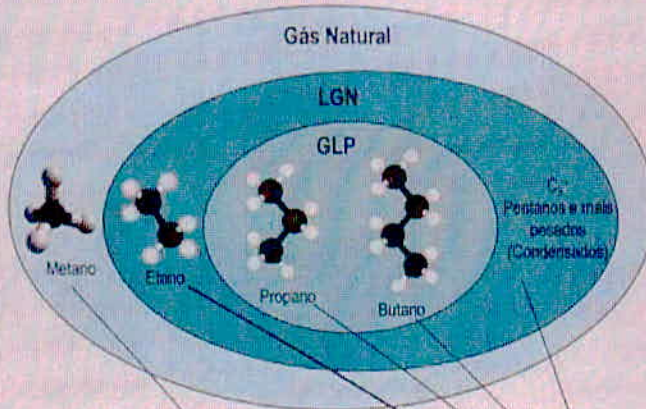
Os EUA importam cada vez menos do Canadá, e ainda menos GNL (basicamente para manter operacionais os terminais de regaseificação ou por oportunidade), e exportam crescentemente para o México, por novos dutos.

Fonte: EIA, Anual Energy Outlook 2013, 2/05/2013

Obs.: Os EUA possuem 11 plantas de regaseificação, com capacidade total de 495 MM m³/d (Fonte: PFC 10/jun/2013) 15

GÁS NATURAL: O que é o gás natural?

Metano é o principal, mas não o único, componente do gás natural. Corresponde, geralmente, a 70 – 90% do volume total produzido



- Teor de metano > 95%: **gás pobre ou seco**. Deve produzir pouco (ou nenhum) líquido quando trazido à superfície.
- Teor de metano < 95%: **gás rico ou úmido**. São produzidos hidrocarbonetos líquidos na sua produção.

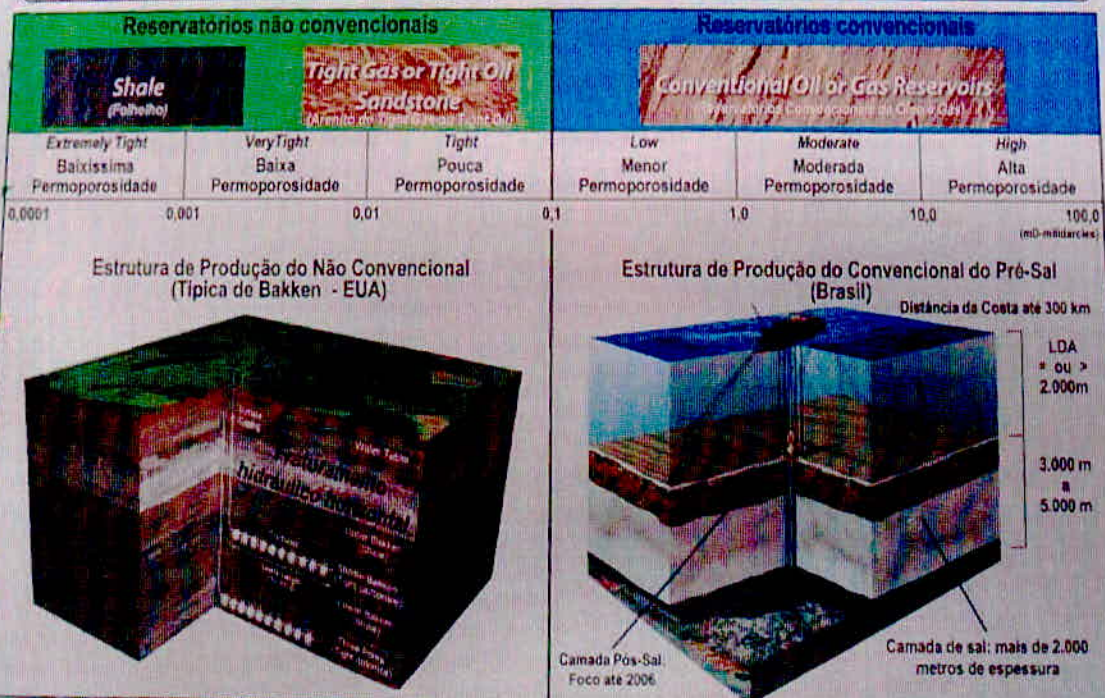
Matéria-prima para
Gás Química; Fertilizantes
Nitrogenados, Metanol etc.

Matéria-prima para a Petroquímica:
resinas termoplásticas (polietileno,
polipropileno etc).

LGN: líquido de gás natural
GLP: gás liquefeito de petróleo

CARACTERÍSTICAS DOS RESERVATÓRIOS: Diferenças entre Reservatórios Convencionais e Não Convencionais

O avanço tecnológico do fraturamento hidráulico e da perfuração horizontal foi fundamental para viabilizar o escoamento e a produção comercial dos não convencionais

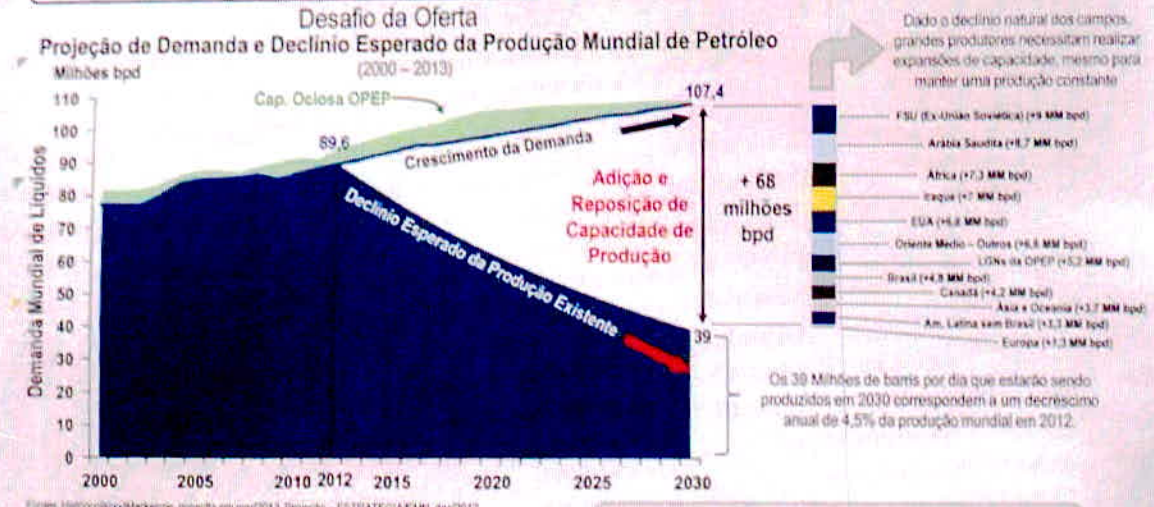


Fonte: StatOil, 2012; Canadian Society for Unconventional Resources, 2012; Petrobras, 2013

PETROLEO:

A expansão da produção de *Tight Oil* contribuirá para a oferta mundial

No longo prazo, o *Tight Oil* contribuirá para o atendimento da demanda global de petróleo, sendo um dos fatores que influenciarão a dinâmica dos preços



Fontes: Historical/Mackenzie, consulta em mar/2013. Projeção - ESTRATEGIA/EMIL dez/2012

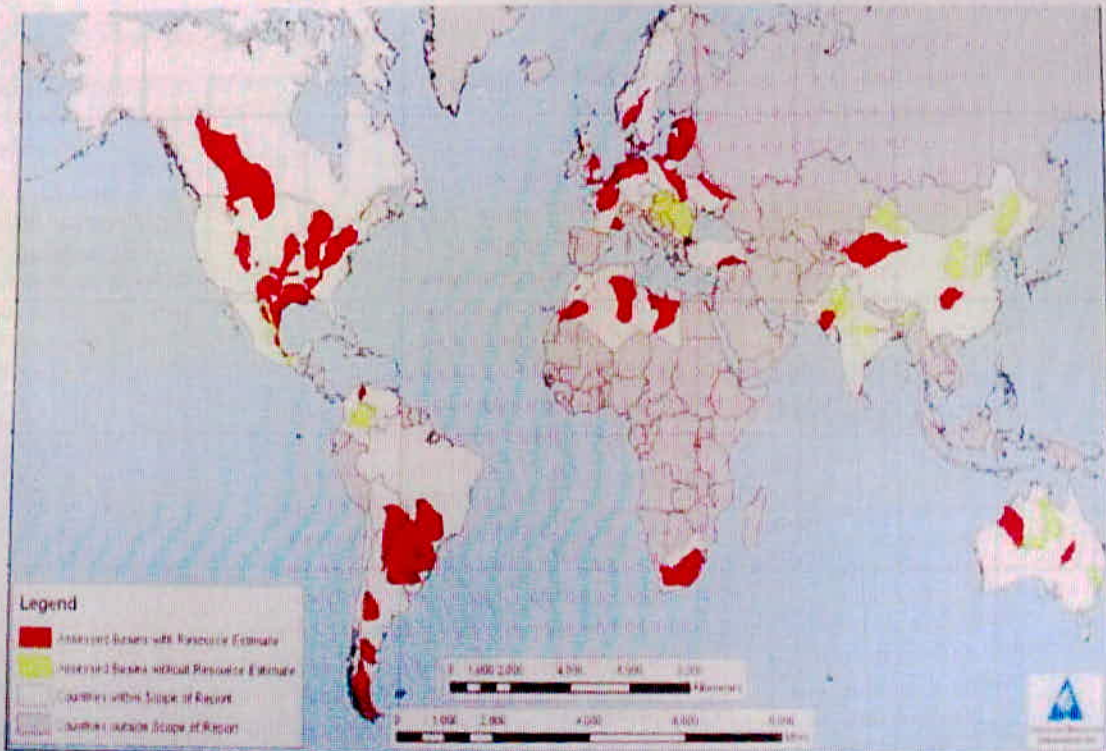
Países com maior contribuição para o incremento da oferta até 2030

	2012	2020	2030
• Iraque	2,9	5,3	8,0
• EUA (<i>Tight Oil</i>)	1,7	4,2	4,2
• BRASIL	2,1	5,6*	5,5*
• Canadá	3,6	4,6	5,5

*A promessa de produção brasileira em 2020 representa a meta do PNC 2013-17 (que não estimativa de produção + reservas). Para 2030, foi utilizada como base a projeção da Wood Mackenzie. ONS Líquidos incluem derivados, líquido de gás natural e biocombustíveis.

Recursos de shale gas no mundo

EIA, World Shale Gas Resources, April 2011



Fonte: EIA, World Shale Gas Resources, 2011

Atividades de gás não convencional na região



Fonte: Elaboração Gas Energy; Mapa: Di

Bacias com potencial de gás não conv. no Brasil

