

RESERVATÓRIOS NÃO CONVENCIONAIS: POTENCIAL BRASILEIRO E PRINCIPAIS DESAFIOS PARA A EXPLORAÇÃO DE *SHALE GAS*

Maria de Fátima Farias Rocha ¹

RESUMO

O gás natural representa um dos recursos mais importantes da matriz energética mundial, principalmente quando se pensa em reduzir a emissão de CO₂. Diante disso, tem-se a necessidade de explorar novos reservatórios, a exemplo dos não convencionais, visando aumentar a disponibilidade desses recursos. Dentre eles, destacam-se os de *shale gas*, que apesar da ocorrência em território brasileiro, enfrenta obstáculos para sua exploração. Logo, o objetivo do presente trabalho é a realização de um levantamento bibliográfico sobre os reservatórios não convencionais, suas características e ocorrências no Brasil, destacando os de *shale gas* e os obstáculos inerentes a exploração desse tipo de reservatório, visto que devido à baixa permeabilidade, o gás fica aprisionado, sendo necessárias tecnologias para a sua retirada, como perfuração horizontal e fraturamento hidráulico. Pôde-se ainda destacar países modelos na exploração desse recurso, a exemplo dos EUA. Em relação ao Brasil, foram discutidos desafios enfrentados para a exploração do *shale gas*, que envolve infraestrutura de produção, aspectos ambientais e sociais. Como alternativa, sugeriu-se a expansão da malha dutoviária e o uso do gás para a geração térmica de energia nas proximidades dos campos *onshore*. No âmbito ambiental, a adaptação das técnicas de gerenciamento de riscos para prevenir vazamentos, bem como monitoramento sísmico para evitar abalos oriundos do fraturamento hidráulico. Por fim, destacou-se a necessidade de desmistificar a exploração de *shale gas* com o intuito de propiciar maior conhecimento, possibilitando a inserção desse recurso na matriz energética brasileira e, conseqüentemente, redução de preços, bem como a geração de emprego e renda.

Palavras-chave: Reservatórios não convencionais, *Shale gas*, Fraturamento hidráulico.

INTRODUÇÃO

O petróleo e o gás natural desempenham um papel fundamental na matriz energética mundial, sendo utilizados para fins de transporte e industriais, dentre outros. No Brasil, por exemplo, não seria diferente: esses compostos representam, respectivamente, 36,4% e 13,0% da oferta interna de energia (BEN, 2018). Diante disso, tem-se buscado alternativas para potencializar a produção e exploração de novos reservatórios, sobretudo os de gás natural, devido a menor geração de CO₂ se comparado aos demais combustíveis fósseis (CHONG *et al.*, 2016).

Nesse contexto, tem-se os reservatórios não convencionais, que basicamente diferem dos reservatórios convencionais por características geológicas. Os reservatórios convencionais

¹ Mestranda em Engenharia de Processos da Universidade Tiradentes – UNIT, fatimafarias25@gmail.com

ocorrem quando há migração de hidrocarbonetos das rochas geradoras, por meio de fraturas, acumulando-se nas rochas reservatórios de elevada permeabilidade (geralmente arenitos ou carbonatos), onde são aprisionados por uma camada impermeável. Em contrapartida, os reservatórios não convencionais ocorrem em rochas com baixa permeabilidade, a exemplo do folhelho. Assim, no caso de reservatórios de *shale gas* (gás de folhelho), a rocha exerce simultaneamente o papel de geradora e reservatório e, por essa razão, tem-se um aprisionamento do gás (DELGADO *et al.*, 2019).

Diante dessa particularidade, o gás não flui naturalmente para o poço, sendo necessário aumentar artificialmente a permeabilidade da rocha por meio do fraturamento, que envolve a utilização de duas tecnologias em conjunto: a perfuração horizontal e o fraturamento hidráulico. No entanto, quando se fala em fraturamento, alguns questionamentos são levantados, sobretudo no que diz respeito a degradação ambiental na ocorrência de acidentes e vazamentos, bem como dos reais benefícios econômicos e energéticos associados (DELGADO *et al.*, 2019; SOVACOOOL, 2014).

Logo, o objetivo do presente trabalho é a realização de um levantamento bibliográfico com o intuito de abordar aspectos relacionados aos reservatórios não convencionais, enfatizando o potencial brasileiro e os principais desafios para a exploração de *shale gas*.

METODOLOGIA

Foram realizadas pesquisas bibliográficas referentes à temática proposta em artigos científicos, livros e *sites*, de forma a esboçar concisamente o que são os reservatórios não convencionais, suas principais características e ocorrências no Brasil, destacando os de *shale gas*, bem como os principais desafios inerentes a exploração desse tipo de reservatório.

DESENVOLVIMENTO

➤ **Reservatórios não convencionais**

Segundo CRUZ (2018), reservatórios não convencionais são definidos como “reservatórios com baixíssima permeabilidade que exigem estimulação para a produção de hidrocarbonetos”. A Tabela 1 apresenta os tipos de recursos de óleo e gás não convencionais.

Tabela 1 – Tipos de recursos não convencionais de baixa permeabilidade.

Tipo	Características
Gás de folhelho (<i>shale gas</i>)	Ocorre em folhelhos em diferentes estágios de maturação térmica, inclusive em folhelhos imaturos portadores de gás biogênico ¹ . Podem ser rochas siliciclásticas, carbonáticas ou mistas.
Óleo de folhelho (<i>shale oil</i>)	Óleo natural encontrado em folhelhos em condições de maturação para óleo.
Folhelho betuminoso (<i>oil shale</i>)	Rocha rica em matéria orgânica com baixo estágio de maturação térmica que pode gerar óleo após mineração e retortagem ² .
Arenitos gasíferos fechados (<i>tight gas sandstones</i>)	Encontrados nos centros das bacias sedimentares com baixíssimas permoporosidades e portadores de gás.
Arenitos oleígenos (<i>oil sand/tar sand</i>)	Arenitos impregnados de óleo pesado/extrapesado (<i>tar sand</i>) extraído <i>in situ</i> por aquecimento ou processos pós-mineração.
Metano de carvão (<i>coalbed methane</i>)	Compreende gás gerado e armazenado em camadas de carvões.
Hidratos de gás (<i>gas hydrates</i>)	São agregados de “clatratos”, cuja estrutura cristalina da água, similar ao gelo, tem capacidade de trapear gás (99% metano) de origem biogênica, estáveis a baixas temperaturas e altas pressões.

Fonte: Adaptado de CRUZ (2018).

A porosidade da rocha pode ser definida como a relação entre o volume dos espaços vazios e o seu volume total, enquanto a permeabilidade é a medida da facilidade de um fluido, seja ele líquido ou gasoso, se mover através do meio poroso (SEABRA, 2005). Assim, quanto menor a permeabilidade, maior é a dificuldade de extrair óleo e/ou gás. De acordo com KING (2012), um reservatório convencional tem permeabilidade entre 0,5 – 20 mD, enquanto que em reservatórios de *shale gas* a permeabilidade está na faixa de 0,000001 – 0,0001 mD. Por

¹Gás que normalmente contém pelo menos 98% de metano no total de hidrocarbonetos gasosos. Origina-se por ação de bactérias metanogênicas durante a etapa de diagênese da matéria orgânica sedimentar (gás microbiano) (FERNÁNDEZ *et al.*, 2009); ² Processo de extração da parte orgânica do folhelho. Requer, após a etapa de mineração, o uso de processos térmicos a temperaturas em torno de 500°C para converter o querogênio, presente no estado sólido, em hidrocarbonetos líquidos (DELGADO *et al.*, 2019).

essa razão, é necessário o aprimoramento tecnológico para aumentar artificialmente a permeabilidade e, conseqüentemente, atingir taxas comerciais de fluxo (CRUZ, 2018).

○ **Reservatórios de *shale gas***

Nesse tipo de reservatório, o folhelho exerce, ao mesmo tempo, o papel de rocha geradora e reservatório, caracterizando um sistema petrolífero denominado independente. Devido à baixa permeabilidade desse sistema, ocorre o aprisionamento do gás, sendo necessárias tecnologias para a sua retirada (DELGADO *et al.*, 2019). Evidentemente que essas tecnologias estão em contínuo desenvolvimento, no entanto, RIDLEY (2011) destaca sete etapas fundamentais para o processo: exploração sísmica, posicionamento de plataforma, perfuração vertical, perfuração horizontal, fraturamento hidráulico, sustentação da produção e disposição de resíduos.

Dentre as etapas mencionadas, SOVACOOOL (2014) afirma que as mais importantes e novas partes desse processo são a perfuração horizontal e o fraturamento hidráulico, ilustradas na Figura 1.

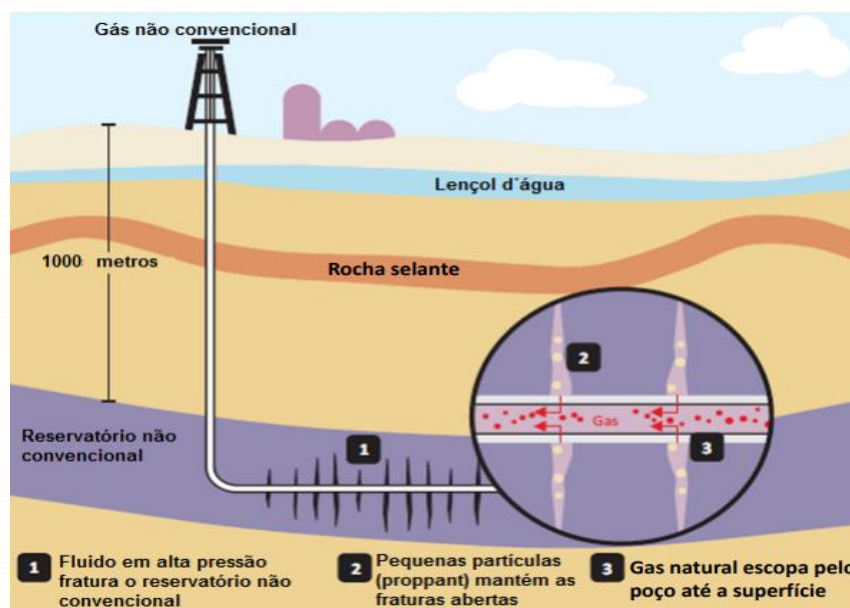


Figura 1 – *Shale gas*: a extração é horizontal e ramificada e o fraturamento da rocha consiste na injeção de um fluido sob alta pressão (normalmente água, areia e aditivos).

Fonte: ANP (2013).

A perfuração horizontal, já dominada em reservatórios convencionais, é realizada com o intuito de aumentar a área de drenagem do gás recuperado. Conforme observado na Figura 1, o poço é direcionado na camada mais porosa, isto é, onde se encontra o gás, de forma a liberar maiores quantidades de hidrocarbonetos retidos nessas estruturas, que flui juntamente

com os fluidos de perfuração. O fraturamento hidráulico, por sua vez, consiste na injeção de um fluido sob alta pressão (normalmente água, areia e aditivos) a fim de promover a ruptura da rocha, possibilitando a saída do gás ali presente. A água, além de exercer a pressão necessária para o processo da fraturamento, transporta os grãos de areia (ou outro material equivalente) para o interior das fissuras, de tal forma que após a pressão do fluido ser aliviada, os grãos de areia conseguem manter as fraturas abertas (DELGADO *et al.*, 2019; DELGADO e FEBRERO, 2018).

A possibilidade de se realizar o fraturamento em múltiplos estágios, em conjunto com a perfuração horizontal, levou muitos analistas a proclamarem uma eminente “revolução do *shale gas*”. Em 2011, a empresa *British Petroleum* previa um crescimento de três e seis vezes, respectivamente, na produção global de *shale gas* e *shale oil* até o ano de 2030 (HUGHES, 2013).

A exploração de reservatórios não convencionais é comum em países como EUA, Canadá e atualmente Reino Unido e Argentina, no entanto, ainda é pouco difundida no Brasil (CRUZ, 2018). No que diz respeito a exploração de *shale gas*, pode-se citar como exemplo os EUA, cujo êxito foi favorecido por uma série de fatores, tais como: incentivos governamentais para a busca por novas fontes de gás natural; disponibilidade de informações a respeito das bacias sedimentares, bem como das propriedades dos solos; existência de uma ampla malha de gasodutos; grande mercado consumidor; quantidade de recursos disponíveis; e a baixa burocratização de regulação do governo norte-americano (DELGADO *et al.*, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

➤ **Potencial brasileiro para a exploração dos recursos não convencionais, com ênfase no *shale gas***

À parte do potencial norte-americano, o Brasil apresenta um grande potencial *onshore* a ser explorado. Por essa razão, o Ministério de Minas e Energia (MME) lançou em 2017 o Programa de Revitalização das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural em Áreas Terrestres (REATE), que tinha como objetivos estratégicos a revitalização das atividades de exploração e produção em áreas terrestres no território nacional, o estímulo ao desenvolvimento local e regional e o aumento da competitividade da indústria petrolífera *onshore* nacional. Dentre as principais ações do REATE, pode-se citar o retorno das discussões a respeito da aplicação das técnicas de exploração e produção de recursos de baixa

permeabilidade, visto que os resultados positivos obtidos em outros países, como os já mencionados EUA e Canadá, justificam a implementação de ações governamentais no sentido de quantificar e explorar os volumes desses recursos petrolíferos.

No Brasil, as reservas não convencionais são consideradas significativas (DELGADO *et al.*, 2019). As regiões com ocorrência de *shale gas*, alvo para a realização desse trabalho, estão destacadas na Figura 2.

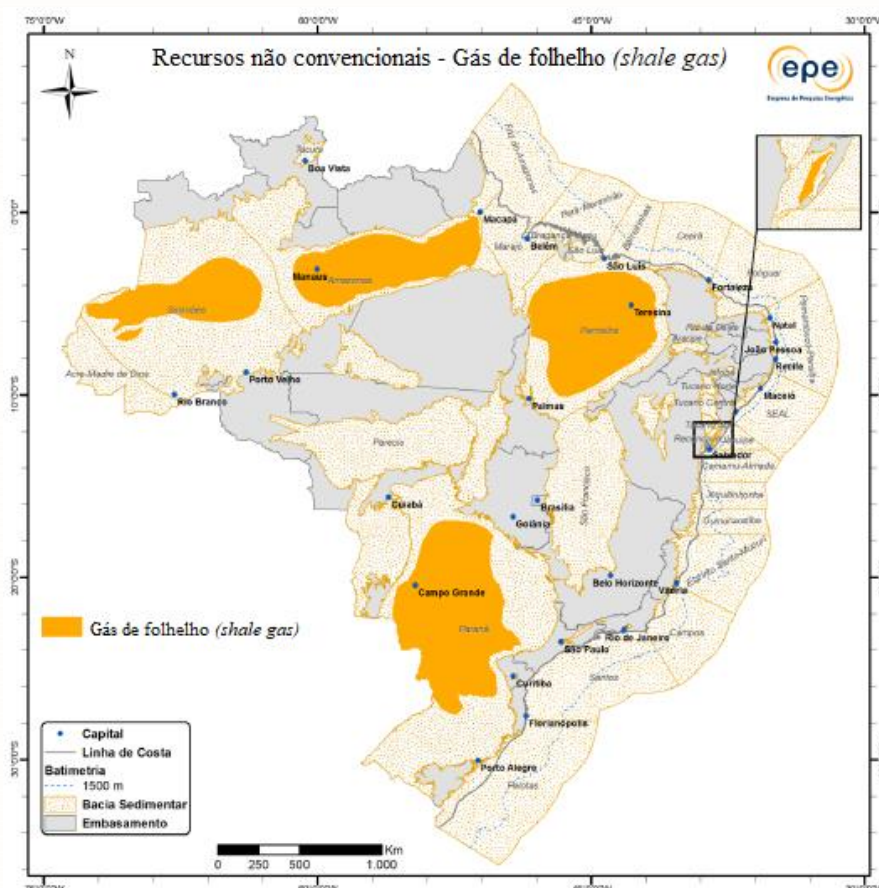


Figura 2 – Regiões brasileiras com ocorrência de gás de folhelho (*shale gas*).

Fonte: EPE (2017).

A Figura 2 indica a ocorrência de *shale gas* nas bacias de Solimões, Amazonas, Parnaíba, Paraná e Recôncavo. Dentre elas, as duas últimas se destacam, pois dispõem de uma infraestrutura mais desenvolvida, estando próximas a polos industriais. Além disso, a presença de camadas geológicas mais uniformes e a qualidade da rocha reservatório, são características favoráveis a exploração de recursos não convencionais (DELGADO *et al.*, 2019; EPE, 2017). DELGADO e FEBRARO (2018) enfatizam que apesar do potencial brasileiro em reservas de gás não convencional, muitas bacias terrestres ainda necessitam de dados geológicos e geofísicos para a identificação mais precisa dos recursos existentes.

○ **Desafios inerentes a exploração de *shale gas* no Brasil**

Com base no levantamento bibliográfico realizado, pôde-se destacar os principais desafios relacionados a exploração de *shale gas* no Brasil (Figura 3).

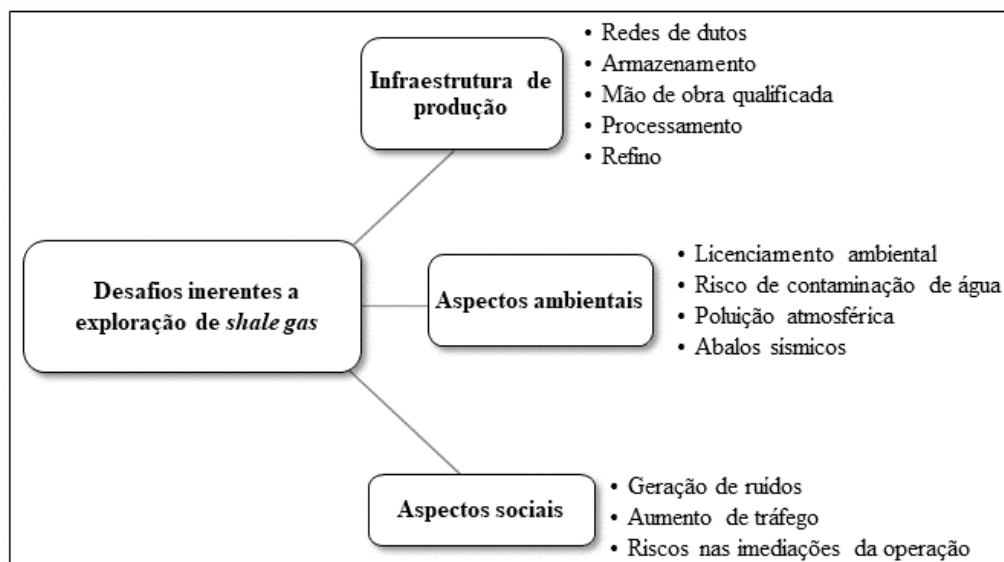


Figura 3 – Principais desafios para a exploração de *shale gas* no Brasil.

Dentre os desafios mostrados, a infraestrutura de produção está relacionada às redes de dutos, armazenamento, mão de obra qualificada, processamento e refino. Tomando como exemplo a questão de dutos, e comparando-a com a situação de outros países, pode-se destacar o porquê da consolidação do *shale gas* em território norte-americano: os EUA dispõem de uma rede de dutos altamente estruturada, diferentemente do Brasil, onde existem apenas 9.410 quilômetros de gasodutos de transporte, concentrados no litoral do país e na região sudeste (EPE, 2016). Consequentemente, tem-se um custo de escoamento elevado, sobretudo quando a produção ocorre em áreas isoladas do interior. Diante disso, é necessário definir o melhor modelo de negócios para monetizar, isto é, transformar o gás produzido em dinheiro, que pode incluir, além do transporte por gasodutos para áreas consumidoras, a geração de energia elétrica (*gas-to-wire*) ou GNL (gás natural liquefeito) (DELGADO *et al.*, 2019).

A questão ambiental também é um grande desafio para a exploração dos recursos não convencionais, sobretudo no que diz respeito às dificuldades para a obtenção de licenças ambientais (DELGADO *et al.*, 2019). Segundo SOVACOOOL (2014), a depender do tamanho do poço e profundidade, o processo de fraturamento para a exploração de *shale gas* envolve a injeção de milhões de galões de água, de tal forma que, além das questões legais, também há

uma certa resistência da população ao método, relacionada ao risco de contaminação da água superficial/subterrânea, emissão de gases, poluição atmosférica e abalos sísmicos causados pelo fraturamento hidráulico.

Por fim, tem-se também aspectos sociais que desafiam a exploração do *shale gas*. Apesar da possibilidade de geração de emprego e renda, a percepção do público geralmente não é favorável, visto que muito se discute a respeito da geração de ruídos, aumento de tráfego e riscos inerentes nas imediações da operação, que causariam alterações na qualidade de vida população. No entanto, mesmo com a difícil aceitação pública, bem como os já mencionados riscos ambientais e margens de lucro pouco claras, sobretudo quando as externalidades negativas são consideradas, é fundamental desmistificar o processo de fraturamento hidráulico (DELGADO *et al.*, 2019). Esse, sem dúvida, é o maior desafio observado. A partir daí seria possível transformar o potencial brasileiro em receita, visto que com a maior disponibilidade e diversificação de produtos, tem-se queda dos preços no mercado regional e taxas mais robustas de crescimento econômico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do discutido no presente trabalho, pôde-se destacar a importância do gás natural na matriz energética nacional, o que justifica a necessidade de se explorar novos reservatórios. Nessa perspectiva, destacaram-se os reservatórios não convencionais, a exemplo do *shale gas*, que apesar da ocorrência em território nacional, ainda é pouco explorado, visto que ainda há uma série de obstáculos relacionados a infraestrutura, aspectos ambientais e aspectos sociais.

Com base na comparação feita com os EUA, onde a exploração do *shale gas* é de fato bem-sucedida, bem como com os dados de gasodutos de transporte no Brasil, destaca-se a necessidade de expansão de malhas dutoviárias. Do contrário, a geração térmica de energia nas proximidades dos campos produtores *onshore* tende a ser a opção mais viável, já que o Brasil dispõe de uma rede de aproximadamente 150 mil quilômetros de linhas de transmissão. Nesse contexto, esse recurso seria uma solução para os problemas enfrentados pelo setor elétrico, pois devido os períodos de estiagem se tem dificuldades na geração de energia hidrelétrica.

Em relação aos aspectos ambientais, pôde-se destacar que a maior parcela de impactos negativos está associada à contaminação da água superficial/subterrânea. Para evitar tais

ocorrências, as técnicas de gerenciamento de riscos devem ser adaptadas e bem executadas para a prevenção de vazamentos. Ainda no âmbito ambiental, é necessário o constante monitoramento sísmico, para evitar os abalos oriundos da pressão exercida pelo fraturamento hidráulico.

Por fim, quando se pensa em fraturamento hidráulico e na percepção da população, é necessário desmistificar a exploração de *shale gas* por meio de um debate público que vise dar maior visibilidade e conhecimento sobre a exploração de recursos não convencionais. Essas informações, em conjunto com a elaboração de projetos responsáveis e de alto padrão técnico, podem tornar o *shale gas* um recurso significativo na matriz energética brasileira, trazendo diversidade e redução de preços, bem como a geração de emprego e renda.

REFERÊNCIAS

ANP. CONSULTA E AUDIÊNCIA PÚBLICAS Nº 30/2013, D.O.U. de 17/10/2013. Resolução que estabelece os critérios para a perfuração de poços seguida do emprego da técnica de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional (2013). Disponível em:<

http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/Concluidas/2013/n30/Apresentacao_Audiencia_Publica.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2019.

BEN. Matriz Energética Brasileira (2017). Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

CHONG, Z. R.; YANG, S. H. B.; BABU, P.; LINGA, P.; LI, X. Review of natural gas hydrates as an energy resource: Prospects and challenges, **Applied Energy**, v. 162, p. 1633-1652, 2016.

CRUZ, C. E. S. Recursos não convencionais de petróleo (óleo e gás) e seu potencial nas bacias sedimentares brasileiras (2018). Instituto de Geociências/Universidade de Brasília. Disponível em: <http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/arquivos/5-_carlos_souza_cruz.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2019.

DELGADO, F.; FEBRARO, J. **Caderno de opinião: O programa reate e a desmistificação do fraturamento hidráulico no Brasil**. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2018.

DELGADO, F. **O shale gas à espreita no brasil: desmistificando a exploração de recursos de baixa permeabilidade**. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2019.

EPE. Infraestrutura de Gasodutos de Transporte no Brasil (2016). Disponível em:< <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-169/Mapa%20da%20Infraestrutura%20de%20Gasodutos%20de%20Transporte.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

EPE. Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás (2017). Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/zoneamento-nacional-de-recursos-de-oleo-e-gas-2015-2017>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

FERNÁNDEZ, E. F.; PEDROSA JR., O. A.; PINHO, A.C. (Orgs.). **Dicionário do Petróleo em Língua Portuguesa – exploração e produção de petróleo e gás**. Rio de Janeiro: Lexikon Editora Digital, 2009.

HUGHES, J. D. A reality check on the shale revolution. **Nature**, v. 494, p. 307-308, 2013.

KING, G. E. Hydraulic Fracturing 101: What Every Representative, Environmentalist, Regulator, Reporter, Investor, University Researcher, Neighbor and Engineer Should Know About Estimating Frac Risk and Improving Frac Performance in Unconventional Gas and Oil Wells. In: SPE HYDRAULIC FRACTURING TECHNOLOGY CONFERENCE HELD IN THE WOODLANDS, 2012. Texas. **Anais...** Texas: SPE International, 2012. p. 1-80.

MME. GRUPO DE TRABALHO DO PROGRAMA DE REVITALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL EM ÁREAS TERRESTRES – REATE (2017). Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/REATE+Relat%C3%B3rio+Final+Revisado+03out17+publicado____.pdf/eb110c91-4afe-4571-ba80-138e58626898>. Acesso em: 03 jul. 2019.

RIDLEY, M. **The shale gas shock**. London: The Global Warming Policy Foundation, 2011.

SEABRA, P. N. C. **Aplicação de biopilha na biorremediação de solos argilosos contaminados com petróleo**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SOVACOOOL, B. K. Cornucopia or curse? Reviewing the costs and benefits of shale gas hydraulic fracturing (fracking). **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 37, p. 249-264, 2014.