



UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL
CIÊNCIAS AMBIENTAIS

DISSERTAÇÃO

Exploração de Gás Não Convencional: Revisão e Análise de seus Potenciais Impactos Socioambientais – Sugestões para regulamentação no Brasil.

Daniella Gobbo Bordon

2015



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

**EXPLOTAÇÃO DE GÁS NÃO CONVENCIONAL: REVISÃO E ANÁLISE
DE SEUS POTENCIAIS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS – SUGESTÕES PARA
REGULAMENTAÇÃO NO BRASIL**

DANIELLA GOBBO BORDON

Sob a Orientação do Professor
Alexandre Ferreira Lopes

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Ciências, no
Curso de Pós-Graduação em
Práticas em Desenvolvimento
Sustentável

Rio de Janeiro, RJ
Março de 2015

333.82330981
B729e
T

Bordon, Daniella Gobbo.

Exploração de gás não convencional: revisão e análise de seus potenciais impactos socioambientais - sugestões para regulamentação no Brasil / Daniella Gobbo Bordon, 2015.

83f.

Orientador: Alexandre Ferreira Lopes

Dissertação (mestrado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas.

Bibliografia: f. 58-74.

1. Fraturamento hidráulico - Teses 2. Recursos energéticos - Teses 3. Gás de xisto - Teses. I. Lopes, Alexandre. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Florestas. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

DANIELLA GOBBO BORDON

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/03/2015

Alexandre Ferreira Lopes. Dr. UFRRJ (Orientador)

Eduardo Faria Dr.

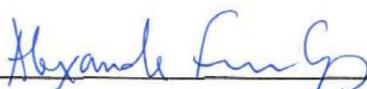
Fábio Cardoso de Freitas. Dr. UFRRJ

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

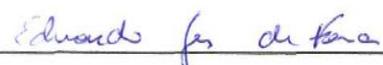
DANIELLA GOBBO BORDON

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável

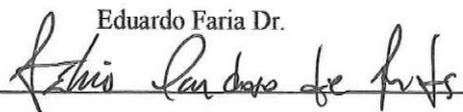
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/03/2015



Alexandre Ferreira Lopes. Dr. UFRRJ (Orientador)



Eduardo Faria Dr.



Fábio Cardoso de Freitas. Dr. UFRRJ

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,
que sempre fizeram de tudo para nos
dar o melhor e nos possibilitar nossas
conquistas. Obrigada por todos
os seus esforços.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador, por toda sua ajuda, presteza, bom humor e dedicação. Obrigada por me ajudar a concretizar esse sonho.

À T3 por ter feito deste curso tão especial. Nossa caminhada juntos me fez maior e só nós sabemos como esta turma é especial. Obrigada pessoal!

À minha amiga e quase irmã Naomi Souza pelo apoio incondicional.

To my boss, Phil Bigg, for giving me the support and time I needed since the very beginning. I would not have accomplished this without your understanding.

Ao Cristiano Villardo, obrigada por sua valiosa contribuição e atenção.

Ao Eduardo Faria pela atenção, sugestões valiosas, toda a ajuda e pela motivação desde o comecinho.

Àqueles que contribuíram com suas opiniões e ensinamentos Luiz Fernando Scheibe, Bianca Dieile, Hugo Afonso, Nels Johnson, Keith Eshleman, Bridgid Kenney. Thanks for your contribution.

E finalmente, obrigada ao meu amor Bruno Maia, pela paciência, companhia, sugestões e apoio.

RESUMO

GOBBO-BORDON, Daniella. **Exploração de Gás Não Convencional: Revisão e Análise de Seus Potenciais Impactos Socioambientais – Sugestões para regulamentação no Brasil**. 2015. 103p Dissertação (Mestrado Profissional em Práticas em Desenvolvimento Sustentável). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

O aumento da demanda por energia e a crescente concentração geopolítica de reservas de petróleo e gás nas mãos de um pequeno número de países geram preocupações com a segurança energética. Esta pressão acarretou a busca por novas tecnologias para a extração do gás de folhelho nos Estados Unidos, que levaram o país a produzir, em 2011, 95% do gás consumido internamente, podendo se tornar autossuficiente em poucos anos. Tal perspectiva atraiu a atenção de outros países com possível ocorrência de gás de folhelho, como a China, a Argentina, Reino Unido e o Brasil, que em 2013 realizou o primeiro leilão, através da ANP com foco em gás natural e interesse em gás não convencional. À luz deste cenário, este trabalho teve como objetivo dar subsídios à tomada de decisão e à construção de um marco regulatório relacionado à exploração de gás em questão através da técnica de fraturamento hidráulico no Brasil, para tal, buscou-se na literatura existente principalmente dos Estados Unidos, os impactos socioambientais desta exploração descritos em artigos científicos, revistas não científicas, relatórios da indústria e órgãos governamentais e não governamentais. A extração do gás de folhelho requer a estimulação dos poços através da técnica de fraturamento hidráulico, técnica controversa, dados os seus possíveis impactos ambientais. Diante disso, os Estados Unidos flexibilizaram a legislação ambiental do país para possibilitar a produção em larga escala, e este fato tem trazido impactos aos recursos hídricos e contaminação de solo e ar impactando diretamente a saúde dos cidadãos de áreas próximas. Além disso, esta atividade afeta a biodiversidade local através do desmatamento, fragmentação de habitat, introdução de espécies exóticas, erosão, sedimentação e alterações físico-químicas de corpos d'água. Ademais, a comunidade que recebe tais empreendimentos também está sujeita a impactos sociais. Áreas rurais americanas experimentam crescimentos rápidos levando a casos de “rompimento da comunidade” e conflitos entre vizinhos, onde um enriquece pelo arrendamento de suas terras e *royalties* recebidos e outro arca com os impactos ambientais. Considerando os riscos mencionados, alguns países decretaram a moratória para o fraturamento hidráulico como a França, a Escócia e o estado americano de Nova York. Nenhum dos países/estados pesquisados possui legislação vigente que seja abrangente o suficiente para proteger a sociedade e o meio ambiente dos potenciais impactos. Uma combinação dessas legislações associadas à regulamentação da ANP no Brasil poderia ser um começo. O país tem pouco dos aspectos que levaram os Estados Unidos ao grande sucesso econômico do gás de folhelho, e provavelmente não veria o mesmo benefício nos locais onde a produção é esperada, locais remotos, sem infraestrutura e mão de obra escassa. Concluiu-se então, que para que empreendimentos dessa magnitude ocorram com segurança é necessário que avaliações de impacto ambiental e social sejam feitas levando em consideração os impactos cumulativos, típicos desta atividade. Para isto, é importante que dados de referência sejam coletados por no mínimo dois anos e que as partes interessadas sejam envolvidas desde o início.

Palavras Chave: Fraturamento Hidráulico, Recursos Energéticos, Gás de Xisto.

ABSTRACT

GOBBO-BORDON, Daniella. *Exploitation of Unconventional Gas: A Review and Analysis of its Potential Environmental and Social Impacts – Suggestions for Regulation in Brasil*. 2015. 103p Dissertation (Professional Master's in Sustainable Development Practices). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

Increasing demand for energy and the growing geopolitical concentration of oil and gas reserves in the hand of a small numbers of countries raise concerns about energy security. This pressure led to a search for new technologies for the extraction of shale gas in the United States, which allowed the country to produce, in 2011, 95% of the gas consumed domestically, with the possibility of becoming self-sufficient in a few years. This perspective has attracted the attention of other countries with shale gas reserves, such as China, Argentina, United Kingdom and Brazil, which in 2013 held the first bid, through the ANP focusing on natural gas and with interest in unconventional gas. In light of this scenario, this study aims to provide subsidies for decision-making and the construction of a regulatory framework related to gas exploitation using the hydraulic fracturing technique in Brazil, for this, the existing literature mainly from the United States was used to identify the social and environmental impacts of this operation described in scientific articles, non-scientific journals, industry reports, governmental and non-governmental organization documents. The extraction of shale gas requires stimulation of wells using the hydraulic fracturing technique, controversial technique, given its potential environmental impacts. Therefore, the U.S. eased the environmental legislation of the country to enable large-scale production, and this fact has brought impacts to water resources, soil and contamination that directly impacted the health of citizens in the surroundings. Moreover, this activity affects local biodiversity through deforestation, habitat fragmentation, introduction of exotic species, erosion, sedimentation and physical-chemical changes of water bodies. In addition, the community receiving gas projects is also subject to social impacts. American rural areas are experiencing rapid growth leading to cases of "community disruption" and conflicts between neighbors, where one gets rich by leasing their lands and received royalties and other bears the environmental impacts. Considering these risks, some countries have enacted a moratorium on hydraulic fracturing as France, Scotland and the U.S. state of New York. None of the countries/states surveyed had existing legislation that is comprehensive enough to protect society and the environment of the potential impacts. A combination of these laws associated with the existing ANP regulation in Brazil could be a start. The country has few of the aspects that led the United States to great economic success of shale gas, and probably would not see the same benefit in places where production is expected, remote locations without infrastructure and scarce labor. It was therefore concluded, that for projects of this magnitude to occur safely requires that environmental and social impact studies are made taking into account cumulative impacts, typical of this activity. For this, it is important that baseline data is collected for at least two years and that stakeholders are involved from the very beginning.

Key words: Hydraulic Fracturing, Energy Resources, Shale gas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Número de trabalhos encontrados na literatura separados em categorias.....	4
Figura 2 Demanda de energia nos últimos 40 anos. Fonte: EIA (2013)	5
Figura 3 Fontes de energia mundial 1971-2010	5
Figura 4 Representatividade de cada tipo de combustível na matriz energética mundial em 2011. Fonte: World Energy Council 2013	6
Figura 5 Produção de energia por fonte em 1973 e 2011. Fonte: EIA 2013 ..	7
Figura 6 Repartição de oferta interna de energia. Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013).	8
Figura 7 Emissão de CO2 mundial nos últimos 40 anos. Fonte: Balanço Energético Nacional 2013.	10
Figura 8 Possíveis reservas de gás de folhelho no mundo (Fonte: U.S. Energy Information Administration, 2013)	14
Figura 9 Diferenças entre reservatórios convencionais e não convencionais. Fonte: Repsol	Repsol
http://www.repsol.com/imagenes/pt_pt/no_convencionales_597x540_06_port_tcm21-607176.swf	15
Figura 10. Folhelho betuminoso.....	16
Figura 11 Área de locação para gás de folhelho. Fonte: The Bakken Magazine	The Bakken Magazine
http://www.thebakken.com/articles/8/infrastructure-design-testing-helps-braun-intertec-in-bakken	18
Figura 12 Processo de Fraturamento Hidráulico (Fonte: IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP).....	19
Figura 13 Efeitos dos diversos produtos químicos presentes em operações de gás não convencional nos EUA. Fonte: Colborn (2011).....	27
Figura 14 Imagem aérea da exploração de gás de folhelho. Fonte: Renewable Communities Alliance	Renewable Communities Alliance
http://www.renewablecommunities.org/2012/02/ground-truth-do-we-need-industrial.html	37
Figura 15 Blocos ofertados na 12a rodada de licitações da ANP. Fonte: http://www.brasil-rounds.gov.br/arquivos/Seminarios_R12/apresentacao/r12_01_areas_em_oferta.pdf	46
.....	46
Figura 16 Mapa com infraestrutura de produção e movimentação de gás natural- Fonte: (EPE, 2011).....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Categorias de produtos químicos utilizados na perfuração e fraturamento hidráulico de poços de gás de folhelho Fonte: EPA-US (2012).....	23
Quadro 2	Produtos químicos presentes na exploração de gás natural não convencional que podem apresentar 10 ou mais efeitos à saúde. Fonte Colborn et al.(2011).	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Países com possíveis reservas de gás de folhelho recuperável (Fonte: (ADVANCED RESOURCES INTERNATIONAL, 2013; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013a).....	13
Tabela 2 Emissões Atmosféricas de carvão e gás natural. Fonte: Considine et al., 2011.	35
Tabela 3 Blocos ofertados vs. arrematados na 12a rodada de licitações ANP. Fonte: http://www.brasil-rounds-data.anp.gov.br/relatoriosbid/Bacia/ConsolidadoBaciaDesktop	46

LISTA DE ABREVIACÕES

AAAS – Avaliação Ambiental de Área Sedimentar
ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
API – American Petroleum Agency – Agência Americana de Petróleo
BTEX – Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno
BTU – British Thermal Unit
Bq- Becquerel (símbolo Bq) é a unidade de medida no Sistema Internacional (SI) para radioatividade
CO₂- Dióxido de Carbono
CDPs – Comprehensive Drilling Plans – Planos de Perfuração Abrangentes
COVs – Compostos Orgânicos Voláteis
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
MPF – Ministério Público Federal
CH₄- Metano
EPA – Environmental Protection Agency – Agência de Proteção Ambiental Americana
EAAS – Estudo Ambiental de Área Sedimentar
EUA – Estados Unidos da América
Gtoe – Gigatonelada de Óleo Equivalente
GTPEG – Grupo de Trabalho Interministerial de Atividades de Exploração e Produção de Óleo e Gás
GtCO₂- Gigatonelada de Dióxido de carbono
GWh- Gigawatt
H₂S – Ácido Sulfúrico
Kg - Kilograma
Kwh - Kilowatt
MMbtu- Milhão de BTUs
NO_x – Óxidos de Nitrogênio
NORM – Naturally-Occuring Radioactive Materials – Materiais Radioativos de Ocorrência Natural.
ONG – Organização não governamental
Rn - Radônio
RRC – Texas Railroad Road Commission
Mtoe Milhão de Tonelada de Óleo Equivalente
SO₂ – Dióxido de Enxofre
NMCOV – Compostos orgânicos voláteis não metanos
CO- Monóxido de Carbono
NY DEC – New York Department of Environmental Conservation
PA DEP – Pennsylvania Department of Environmental Protection
DECC – UK – Department of Energy and Climate Change – United Kingdom
STRONGER – State Review of Oil and Gas Environmental
PIB – Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	3
3	METODOLOGIA	3
4	RESULTADOS	4
	2.1 Matriz Energética Mundial	4
	2.2 Impulsionadores.....	8
	2.3 Gás Natural Não Convencional Como Uma Alternativa.....	11
	2.4 Impactos.....	19
	2.5 Regulamentação.....	42
	2.6 Exploração no Brasil.....	45
5	CONCLUSÃO.....	50
	5.1 Recomendações	51
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
7	Anexos.....	75

1 INTRODUÇÃO

A demanda por energia devido ao crescimento populacional e na busca pelo desenvolvimento econômico e social e vem aumentando nas últimas décadas (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a). O uso de energia está intrínseco no dia-a-dia da sociedade atual, para o trabalho, alimentação, saúde, lazer, economia, política entre outros, o que nos torna, hoje, mais dependentes de fontes energéticas do que nunca. O número de pessoas sem acesso à energia diminui levemente e segundo os dados do Banco Mundial seria em torno de 1,2 bilhões de pessoas (BANCO MUNDIAL, 2014).

No final do século XIII, a revolução industrial mudou o rumo da sociedade, com o advento da máquina à vapor. O mundo viu o início de uma sociedade industrializada e o crescimento de um novo sistema econômico, “o capitalismo”. Desse momento em diante, iniciou-se a busca por novos combustíveis e máquinas mais eficientes. A revolução industrial também moldou a sociedade da época, quase 100% rural, passou então a acumular-se em zonas urbanas para servir de mão de obra para as novas indústrias que surgiam (PIMENTEL & PIMENTEL, 2007).

Essa sociedade passou a depender da energia para combater doenças, produzindo os remédios, purificando a água, tratando o esgoto, e para produzir alimentos para a crescente população pós-revolução industrial, produzindo pesticidas, fertilizantes e para a irrigação. Com a disponibilidade de energia, as sociedades tornaram-se mais complexas do que aquelas dos antigos caçadores e coletores.

A energia elétrica, dita energia secundária por ser gerada a partir de outras fontes, é, sem dúvida, parte indissociável do modo atual de vida humana por conta da grande variedade de atividades e de processos em que pode ser empregada. Se ela é à base de muitas atividades humanas, os combustíveis fósseis acabam por responder pelas demais tarefas executadas no dia a dia (notadamente nos transportes e na produção industrial) em uma realidade que se torna alarmante e que tem demandado providências. Portanto, constata-se que o modelo energético, adotado pelas sociedades atuais, abriu uma crise sem precedente na relação homem-natureza (HILL & POOLE, 2009).

Os combustíveis fósseis passaram a ser imprescindíveis para o sistema produtivo capitalista e para a forma de ser das sociedades contemporâneas, é importante observar que os países “favorecidos pela natureza” com grandes reservas destas fontes energéticas em seus territórios passaram a ocupar posição de destaque na economia industrial.

A humanidade sempre buscou fontes de energia para ampliar o trabalho cotidiano. No entanto, nada se compara com o que observamos nos dias atuais. O mundo de hoje se vê em uma corrida contra o tempo quando o assunto se refere às fontes energéticas capazes de manter o acelerado ritmo de produção de bens industriais e o padrão de consumo de muitas sociedades. E esta imposição diz respeito ao fato de que ele depende de recursos finitos e poluentes, além da constatação de que alternativas renováveis possíveis de produção em larga escala ainda não foram encontradas. Assim, o controle das fontes atualmente conhecidas é, por vezes, tratado como conflito armado (ŞEN & BABALI, 2007).

As fontes de energias renováveis como vento e água, utilizadas antes da revolução industrial em moinhos e rodas d’água, continuam a ser empregadas e são amplamente difundidas em alguns países, como no caso do Brasil e a hidroeletricidade

(EPE, 2014). Outras fontes de energias com grande potencial gerador como sol, apesar de avanços tecnológicos ainda não se difundiram o suficiente por falta de incentivos, *lobbies* da indústria petroléira e contraposição políticas.

Apesar de crescentes avisos da comunidade científica acerca dos impactos climáticos, o uso de combustíveis fósseis cresce ano a ano e ainda com previsões de crescimento até 2035 (U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2013). Mesmo com a oposição de alguns grupos, preocupados com as emissões de CO₂ nocivas à saúde e aceleradoras das mudanças climáticas, poderosos interesses políticos mantém esta indústria em expansão.

O tema “Mudanças Climáticas”, não é recente, foi trazido pela primeira vez a mais de 100 anos atrás pelo Sueco Nobel em Química, Svante Arrhenius, em 1896. Que calculou a mão os efeitos de dobrar a concentração atual de CO₂ na atmosfera sobre a temperatura global (ARRHENIUS, 1896). A pressão mundial sobre os países que mais emitem cresce a cada catástrofe natural, mas esses países ainda não possuem planos eficientes para a redução da emissão de gases de efeito estufa e o efeito do amplo uso de combustíveis fósseis continuará se agravando.

Alguns países, em especial os Estados Unidos, expandiram largamente a exploração de gás natural, dentre os combustíveis fósseis o mais limpo, isto é com menos impurezas e baixa emissão comparado ao carvão, até então, umas das principais fontes energéticas deste país (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013a). O gás natural quando comparado ao carvão emite metade do volume de CO₂, menos de 1/3 de óxidos de nitrogênio e 1% de óxidos de enxofre (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2009). O que poderia ajudá-los a reduzir drasticamente as emissões do país. Além de grandes reservas disponíveis no país e do baixo custo para a exploração dado que neste caso, não se leva em conta as externalidades da exploração, externalidade estas, que podem trazer consequências irreparáveis aos países que não criarem uma regulamentação apropriada, consistente e robusta.

A exploração de gás natural não convencional é feita em grande parte com auxílio da técnica de Fraturamento Hidráulico, estimulação do poço para liberação dos hidrocarbonetos. Esta técnica utiliza um fluido composto por uma grande quantidade de água e produtos químicos injetados sob pressão para dentro do reservatório (OSBORN et al., 2011) . Este processo vem sofrendo críticas de ambientalistas e estudiosos devido aos possíveis impactos socioambientais e ao baixo controle das agências de meio ambiente.

O Brasil encontra-se em um momento importante na exploração de gás natural não convencional. A Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) expressou o interesse em expandir a exploração de gás de folhelho¹. (MORAIS; JERÔNIMO, 2013). No final de 2013, ocorreu o primeiro leilão de 240 blocos com grandes chances de existência de jazidas de gás natural convencional e alguns com possível existência de gás não convencional (REVISTA EXAME, 2013).

Neste sentido, este trabalho considera a problemática da possível expansão da exploração de gás natural não convencional no Brasil sinalizada pela Agência

¹O Gás de folhelho, também chamado popularmente de “gás de xisto”, é um tipo de gás não convencional extraído de folhelhos betuminosos, rochas sedimentar com baixíssima permeabilidade.

Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis em 2013, na 12^a Rodada (Conforme o Ofício nº 138/2013/DG/ANP).

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é dar subsídios à tomada de decisão e à construção de um marco regulatório relacionado à exploração de gás não convencional utilizando a técnica de fraturamento hidráulico.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho, foi realizada uma extensa revisão dos impactos socioambientais relacionados à exploração de gás não convencional, com foco no gás de folhelho, descritos na literatura até o momento, assim como da evolução normativa relacionada, nos países onde essa exploração ocorre.

Para tal, foram utilizadas as seguintes bibliografias:

- Literatura científica
- Livros
- Relatórios de agências governamentais
- Relatórios de instituições não governamentais
- Relatórios da indústria de petróleo e gás
- Páginas da Internet
- Legislação para gás natural não convencional

Grande parte da literatura encontrada foi dos Estados Unidos da América país com maior histórico de exploração do recurso em questão. O recorte temporal utilizado foi de trabalhos publicados nos últimos 10 anos, aproximadamente quando se iniciou a grande expansão na produção de gás de folhelho nos neste país.

Para a realização deste trabalho, 324 documentos foram avaliados entre os citados na metodologia. Dentre as categorias mencionadas (Figura 1) estão documentos que reúnem boas práticas na exploração de gás não convencional, trabalhos que descrevem impactos gerais desta atividade, relatórios elaborados por empresas do setor de petróleo e gás, ou encomendados pelos mesmos, leis e regulamentos de estados e países e artigos que discutem a tais regulamentações. Além destes, alguns trabalhos descrevem impactos específicos como o caso de impactos aos recursos hídricos, o mais relatado na literatura. Na categoria “outros” estão artigos que foram consultados para discussão ou embasamento teórico, sem menção específica à impactos da atividade estudada.

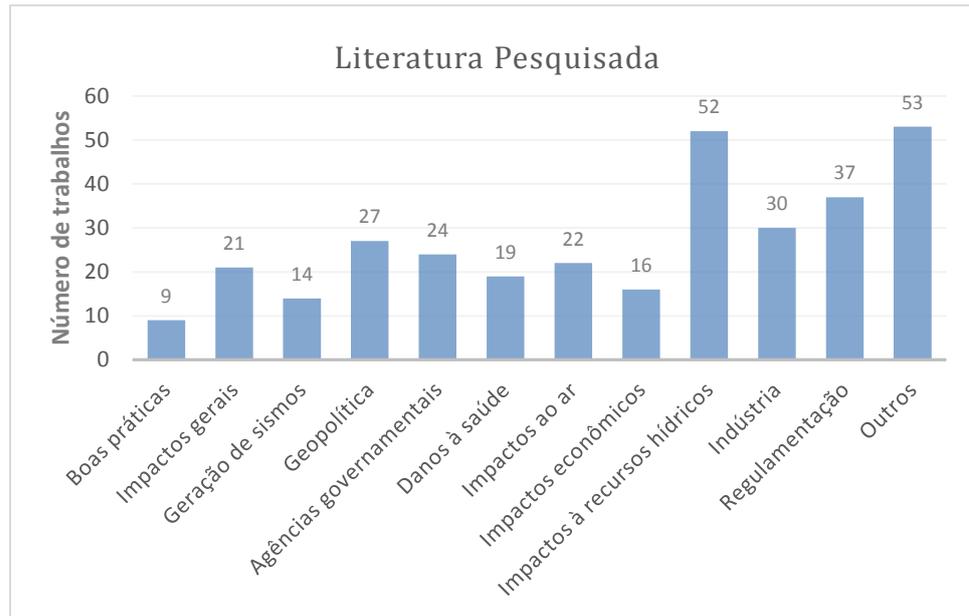


Figura 1 Número de trabalhos encontrados na literatura separados em categorias

4 RESULTADOS

Os resultados deste estudo serão apresentados de forma a passar um bom entendimento da situação energética atual e dos impulsionadores que levaram à expansão do gás não convencional nos Estados Unidos.

A primeira parte discorre sobre a atual matriz energética mundial, seus componentes e o que a influencia, seguida dos principais motivos que levaram ao grande crescimento da indústria de gás natural americana. A seguir, são passados detalhes sobre o gás natural não convencional como uma alternativa, suas características, tipos, forma de extração e impactos socioambientais identificados na literatura. Adiante são discutidas a atual regulamentação existente no mundo, as perspectivas e preocupações da exploração deste recurso no Brasil e por fim, recomendações de mitigação presentes na literatura.

2.1 Matriz Energética Mundial

O consumo de energia mundial praticamente dobrou nos últimos 40 anos (Figura 1). Segundo dados do Banco Mundial, o uso de energia per capita passou de 233.541 Kg para 410.208 Kg equivalente de petróleo / ano (BANCO MUNDIAL, 2014b). Desde 1850, o uso global de combustíveis fósseis aumentou para dominar o suprimento energético (Figura 2). Hoje, esses combustíveis representam aproximadamente 80% da matriz mundial (Figura 3) e tem levado a um rápido aumento do dióxido de carbono na atmosfera e a impactos ambientais sem precedentes (IPCC, 2012).

Dentre as fontes energéticas fósseis, destaca-se o Petróleo, à frente de todas as outras como carvão e o gás natural, como detalhado a seguir:

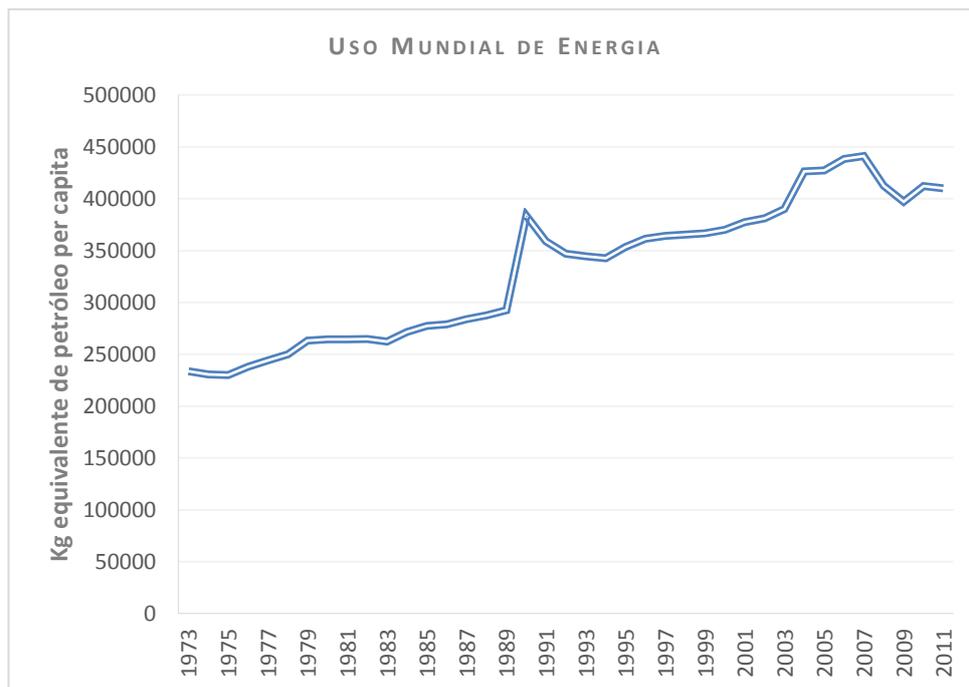


Figura 2 Demanda de energia nos últimos 40 anos. Fonte: EIA (2013)

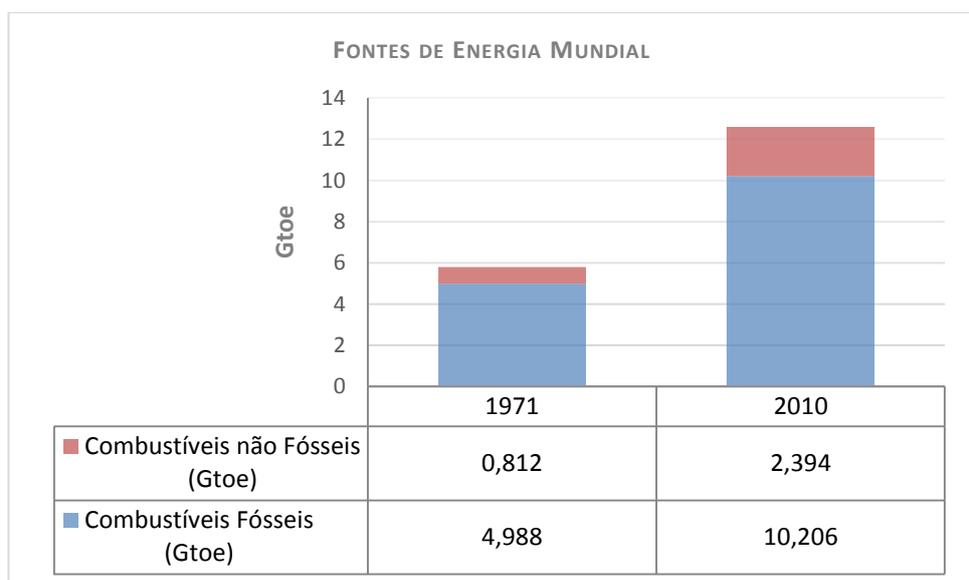


Figura 3 Fontes de energia mundial 1971-2010

2.1.1 Petróleo

Entre os combustíveis fósseis, o petróleo é ainda o mais consumido representando 31,5% da matriz energética mundial, seguido pelo carvão com 28,8% e gás natural, representando 21,3% (Figura 4). No entanto, o petróleo sofreu um crescimento mais lento nos últimos 40 anos quando comparado a outros

combustíveis e de acordo com alguns cenários (Figura 5), o crescimento ainda existirá nos próximos 20 anos, mas será baixo se comparado a outras fontes. E sua representatividade na matriz mundial cairá para 27%, sendo ultrapassado pelo gás natural. (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a). Previsões americanas indicam a estabilização da produção de petróleo e seu declínio a partir de 2020 (AKHAVEIN; FOTUHI FIRUZABAD, 2011; U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2014).

As reservas mundiais são hoje quase 60% maiores do que eram 20 anos atrás, e a produção aumentou 25%. Se somarem as reservas não convencionais como óleo de folhelho e outros, este número passa a ser quatro vezes maior do que as reservas convencionais atuais (WORLD ENERGY COUNCIL, 2013).

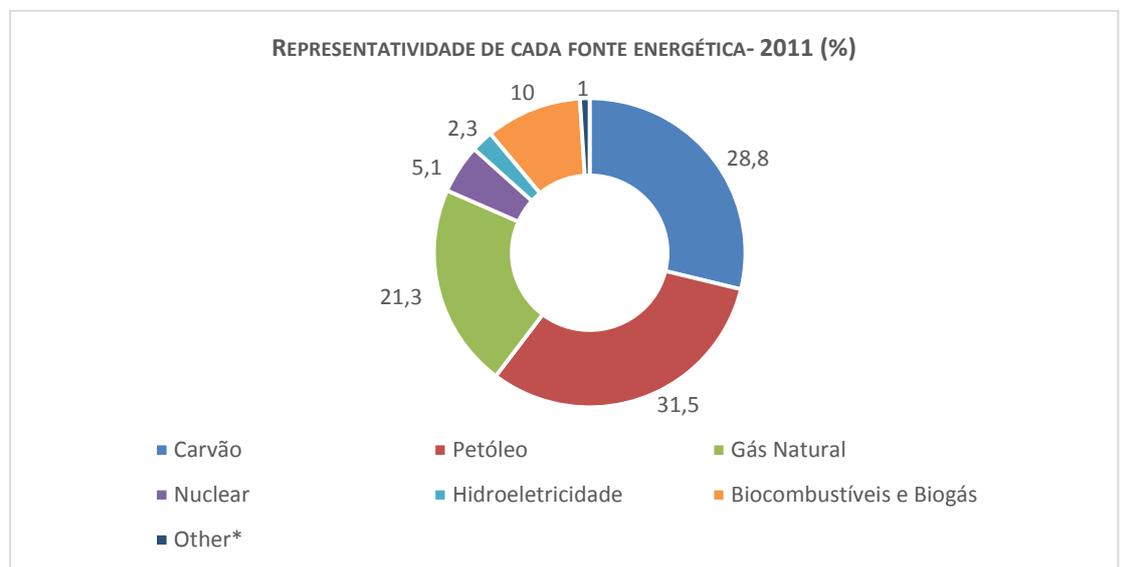


Figura 4 Representatividade de cada tipo de combustível na matriz energética mundial em 2011. Fonte: World Energy Council 2013

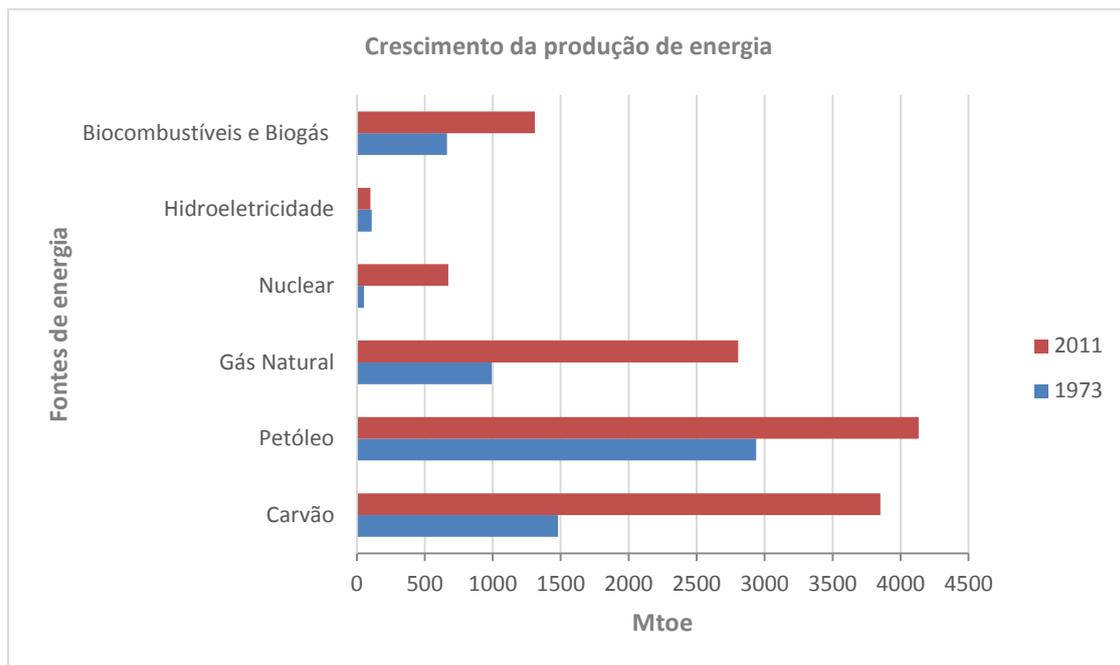


Figura 5 Produção de energia por fonte em 1973 e 2011. Fonte: EIA 2013

2.1.2 Carvão

Apesar do pobre desempenho ambiental, o carvão continua sendo crucial como fonte de energia em muitos países. O carvão é o combustível fóssil mais usado ao redor do mundo e mais de 75 países possuem depósitos deste mineral. A fatia atual de contribuição do carvão na matriz energética mundial é de quase 30%, mas espera-se que diminua nos próximos anos. Embora países na Europa e América do Norte estejam tentando alternar para outras fontes de energia, qualquer diminuição é facilmente neutralizada pelas grandes economias em desenvolvimento, principalmente na Ásia, que são alimentadas por carvão e possuem reservas significativas. A China sozinha, hoje em dia, utiliza mais carvão que todo o resto do mundo (WORLD ENERGY COUNCIL, 2013).

O carvão tem desempenhado um papel importante no acesso à energia, por que é amplamente disponível e relativamente de baixo custo. Um dos maiores desafios enfrentado pelo mundo atual é o fato de haver aproximadamente 1,2 bilhões de pessoas vivendo sem acesso à energia. O acesso à energia é uma das peças chave para o enfrentamento da pobreza extrema, que impede milhões de pessoas de produzir alimento com eficiência, utilizando a irrigação, e de beneficiar produtos aumentando com isso sua renda, necessário para tirá-los do círculo vicioso da pobreza (SACHS, 2005).

Em 2012, anunciou-se que a meta chave dos Objetivos do Milênio da Organização das Nações Unidas criado em 1990- “Reduzir pela metade a pobreza extrema”, foi atingido. Contudo, a maior parte da redução da pobreza no mundo deu-se na China e alimentada pelo carvão (Sachs, 2005). O Banco Mundial indica que a porcentagem de pessoas vivendo abaixo da linha de pobreza (USD 1,25 por dia) na China diminuiu de 84% para 13% entre 1981 e 2008 (BANCO MUNDIAL, 2014c). Durante este período a China retirou 662 milhões de pessoas da pobreza. No entanto,

no período compreendido entre 1980 e 2008 houve um aumento anual de consumo de carvão de 400%, principalmente para eletrificação (WORLD ENERGY COUNCIL, 2013).

2.1.3 Gás Natural

O gás natural é outro combustível fóssil que contribui significativamente para economia mundial. É o mais “limpo” dentre os combustíveis fósseis, além de ser abundante e flexível. Suas reservas aumentaram 36% nas últimas duas décadas e a produção é 61% maior hoje. Entre as desvantagens de seu uso estão os investimentos iniciais para exploração, desenvolvimento e transporte (ACOLA, 2013).

No Brasil, a oferta de gás natural de energia interna cresceu 212% de 1970 a 2012, sendo o gás natural o crescimento mais significativo, 9588% (Figura 6). A energia hidráulica cresceu 573% desde 1970, no entanto sua representatividade caiu em 2012 devido à diminuição do regime hídrico neste ano. O aumento do consumo final de eletricidade nos últimos anos puxado pelas famílias e pelo setor de serviços foi atendido com aumento da geração térmica convencional, especialmente das usinas movidas a gás natural, cuja participação na matriz cresceu de 4,4% para 7,9%. Como decorrência houve aumento das perdas na transformação (o rendimento da planta térmica na conversão para eletricidade é bastante inferior ao da usina hidrelétrica) (EPE, 2013; 2014).

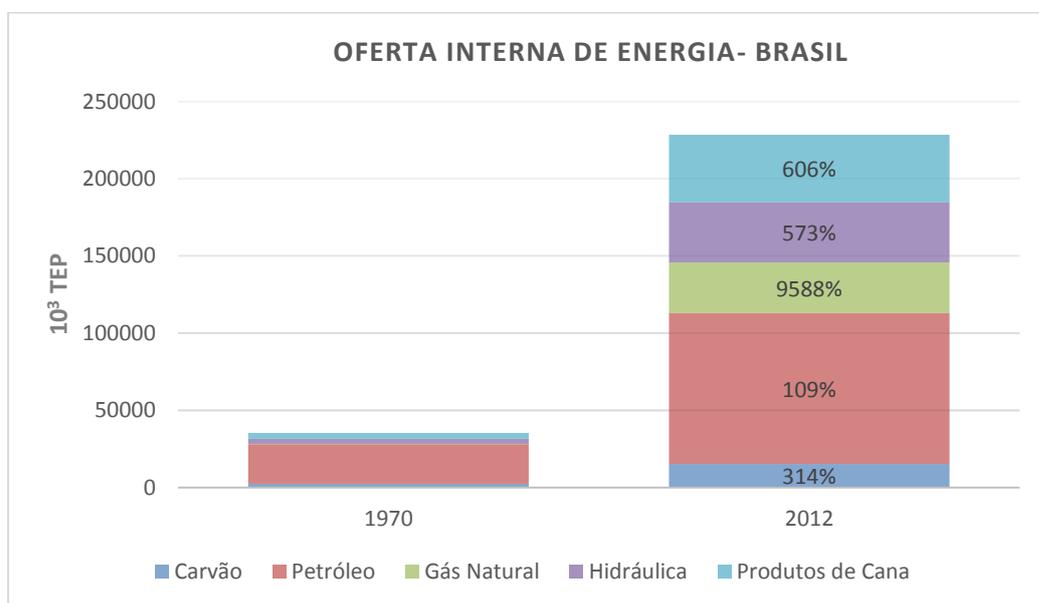


Figura 6 Repartição de oferta interna de energia. Fonte: (EPE, 2013).

2.2 Impulsionadores

Diversos aspectos possibilitaram o grande crescimento da exploração de gás natural nos Estados Unidos, como por exemplo, a legislação ambiental relativamente permissiva, a baixa densidade populacional em áreas de reservas, incentivos fiscais,

infraestrutura existente, cadeia de suprimentos desenvolvida e acesso à tecnologia (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013a).

2.2.1 Incentivos fiscais

Em 1980, o governo americano alterou a Lei da Energia (*Energy Act*) excluindo a produção de gás de folhelhos devonianos de controles de preço federais, e na seção 29, introduzida em 1979, o governo federal também fornece créditos de imposto e regras beneficiando a indústria. A Seção 29 foi estendida diversas vezes, e esses créditos eram expressos em US\$/barril de petróleo equivalente ou US\$/mmbtu (SOMERVILLE, 2006).

Os Custos Intangíveis de Perfuração foram umas das maiores deduções fiscais feitas especificamente para empresas de petróleo e gás, que permitem às empresas deduzir em grande parte dos custos da perfuração de novos poços (STEVENS, 2012).

Elegíveis deduções de perfuração intangíveis são custos de itens sem valor de resgate. Os custos associados com salários, combustível, reparos, transporte e todos os suprimentos em relação à perfuração de poços e preparando-os para a produção, incluindo algum trabalho feito pelos contratantes são as deduções elegíveis (IPAA, 2009).

2.2.2 Redução das emissões atmosféricas

Desde a revolução industrial, as emissões de CO₂ por combustíveis aumentaram dramaticamente passando de quase zero para mais de 30 GtCO₂ em 2010 (WORLD ENERGY COUNCIL, 2013).

Em 2010, 43% das emissões de CO₂ de combustíveis vieram do carvão, 36% do Petróleo e 20% do gás natural. O crescimento na produção desses combustíveis foi bem diferente, refletindo uma tendência que deve se manter. Entre 2009 e 2010, as emissões de CO₂ da combustão do carvão aumentaram 4,9% e representaram 13.1 GtCO₂ (Figura 7).

Sem medidas adicionais de diminuição, o World Energy Outlook 2012 projeta que as emissões de carvão subirão para 15.3 GtCO₂ em 2035. Em um segundo cenário, adotando-se medidas para limitar o aumento na temperatura global em 2°C, utilizando-se plantas mais eficientes, tecnologia de ponta, assim como, aumentando o uso de fontes renováveis, nuclear e tecnologia de captura e armazenagem de carbono, pode-se chegar a uma diminuição das emissões de carvão para 5.6 Gt até 2035 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013a).

Emissões de CO₂ de petróleo representaram 10.9 GtCO₂ em 2010, um aumento de 2,7% em relação ao ano anterior. O fator limitante do aumento das emissões por petróleo foi o crescimento da contribuição do carvão e gás natural como suprimento energético. No entanto as emissões por petróleo deverão aumentar para 12.6 GtCO₂ em 2035 movidos pelo aumento na demanda de transportes. Emissões por gás natural representavam em 2010 6.2 GtCO₂, 7,1% mais alto que em 2009 e devem continuar crescendo até 9,2 GtCO₂ em 2035. A combustão de carvão

liderou o crescimento global de emissões nos últimos anos e se medidas não forem tomadas deverá continuar nesta tendência (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013a).

O Brasil é o terceiro maior emissor de gases de efeito estufa no mundo, no entanto o sistema energético brasileiro tem pouco impacto nas emissões (aproximadamente 27%). A maior parte vem da agricultura, uso da terra, atividades florestais, principalmente da expansão agrícola sobre a Amazônia (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012b). Em 2012, as emissões per capita foram em média 2,2 tCO₂-eq, ou seja, cerca de 4 vezes menos do que um europeu, 9 vezes menos do que um americano e 3 vezes menos do que emite um chinês. Devido ao grande uso de energia hidráulica no Brasil, as emissões por MWh de energia produzido chega a ser 10 vezes menos do que na China e quase 8 vezes menos que nos Estados Unidos (EPE, 2013).

Há uma necessidade urgente de reduzir a dependência global dos combustíveis fósseis, principalmente pelo risco do aumento de emissões de gases de efeito estufa, resultando nas mudanças climáticas mundiais (IPCC, 2007), e porque a maioria das reservas de petróleo e gás convencionais pode deixar de ser confiável devido à instabilidade política. Portanto, muitos advogam que o maior uso de gás natural serviria como combustível ponte em direção ao futuro de energias renováveis (IPCC, 2012; JENNER; LAMADRID, 2013).

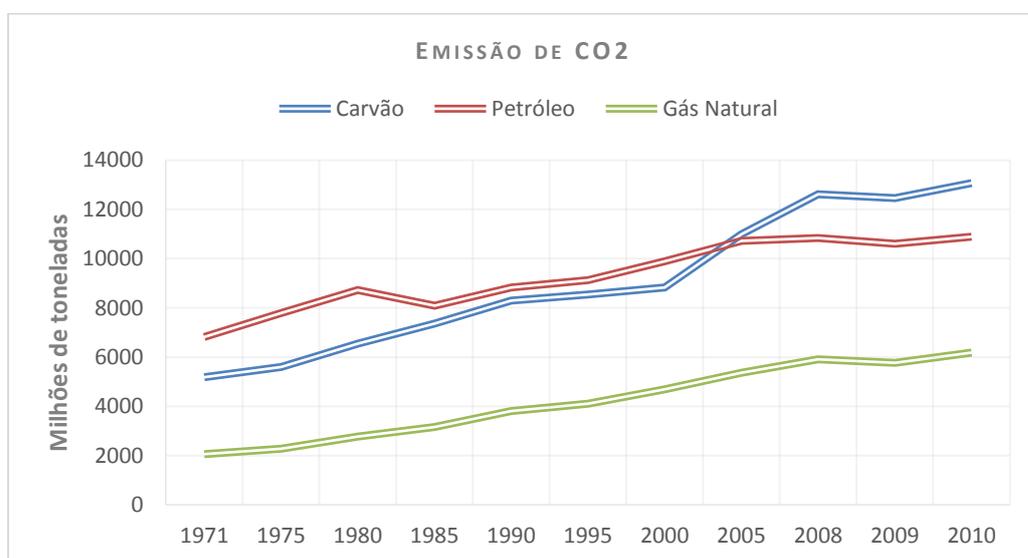


Figura 7 Emissão de CO2 mundial nos últimos 40 anos. Fonte: Balanço Energético Nacional 2013.

2.2.3 Geopolítica e segurança energética

Há tempos, o petróleo se transformou em um instrumento político nas mãos das nações grandes produtoras. Praticamente todas as nações membro da OPEC, particularmente aquelas no Oriente Médio, usaram seu petróleo em algum momento para buscar interesses não econômicos. (CONANT, 1992; SENATE COMMITTEE ON ENERGY AND NATURAL RESOURCES, 1980).

A dependência econômica nos combustíveis fósseis molda não apenas a economia, mas traz grandes implicações à geopolítica mundial. No final da segunda guerra mundial, os Estados Unidos constataram uma queda em suas reservas de petróleo. Neste mesmo período, a Arábia Saudita passou de uma pequena província desértica a uma potência petrolífera mundial. Algumas teorias sugerem que um tratado teria sido estabelecido entre os Estados Unidos da América e a Arábia Saudita, detentor de um quarto das reservas de petróleo do mundo. Este tratado garantiria aos Estados Unidos acesso irrestrito aos recursos petrolíferos deste país e em troca, suporte militar e proteção à Arábia Saudita (Klare, 2005). No entanto, desde os ataques terroristas às torres gêmeas, o terrorismo se tornou o inimigo número um dos Estados Unidos e desde então diversas ligações entre a Arábia Saudita e grupos extremistas e terroristas afetaram os laços entre os dois países e com isso a segurança energética americana (KLARE, 2005; ŞEN; BABALI, 2007).

O aumento do suprimento de gás não convencional nos Estados Unidos reduziu significativamente as exigências de importação de LNG (Gás Natural Liquefeito) o que já gerou implicações geopolíticas. Por exemplo, este fato enfraqueceu a capacidade da Rússia de usar energia como uma arma sobre seus clientes Europeus através do aumento da oferta no continente pela sobra do que seria enviado para o mercado americano (EDITORIAL, 2009; JAMES A. BAKER III INSTITUTE FOR PUBLIC POLICY OF RICE UNIVERSITY, 2011; KHENNAS, 2012; MEDLOCK; JAFFE; HARTLEY, 2011; PEARSON et al., 2012).

2.2.4 Flexibilização da legislação ambiental

Em paralelo com o apoio federal americano para o aumento dos contratos de arrendamento de áreas para a exploração de gás natural não convencional, esforços legislativos concederam exclusões e isenções para a exploração e produção de petróleo e gás de diversos estatutos ambientais federais incluindo Lei da Água (*Clean Water Act*), A Lei do Ar (*Clean Air Act*), o Lei de Resposta Ambiental Abrangente, Compensação e Passivos (*Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act* ou CERCLA), a Lei de Recuperação e Conservação de Recursos (*Resource Conservation and Recovery Act* ou RCRA), o Inventário de Divulgação de Produtos Tóxicos dentro da Lei do Planejamento para Emergências e do Direito de Saber da Comunidade (*Emergency Planning and Community Right-to-Know Act* ou EPCRA e da Política Nacional Ambiental (*National Environmental Policy Act* ou NEPA (CENTNER; COLSON, 2013; KOSNIK, 2007).

Um dos mais recentes esforços neste sentido foi dado pela Lei da Política Energética (*Energy Policy Act*) através de uma emenda incluída em 2005 que muda a definição de “Injeção Subterrânea” na Lei da Água Potável (*Safe Drinking Water Act*) excluindo “injeção subterrânea de fluidos ou agentes propantes (além de diesel) advindos de operações de fraturamento hidráulico relacionados à atividade produtiva de petróleo, gás e geotermiais”. Esta emenda possibilitou com que as empresas de exploração de gás pudessem injetar fluidos de fraturamento hidráulicos sem se preocupar com as leis anteriormente vigentes (KOSNIK, 2007).

2.3 Gás Natural Não Convencional Como Uma Alternativa

Nos últimos anos, observou-se um rápido crescimento na atividade extrativista de gás natural em especial nos Estados Unidos, país com uma das maiores reservas de gás natural não convencional, principalmente gás de folhelho (ADVANCED RESOURCES INTERNATIONAL, 2013; KPMG GLOBAL ENERGY INSTITUTE, 2011).

O Gás Natural é uma mistura de hidrocarbonetos na qual, a maior parte, é formado pelo mais simples dos hidrocarbonetos, o metano (CH₄). O metano é um gás inodoro, incolor e não tóxico mais leve que o ar. Conhecido como o “mais limpo” dos combustíveis fósseis, o gás natural emite aproximadamente metade do dióxido de carbono e três quartos de óxidos de nitrogênio se comparado ao carvão, e quase nada de dióxido de enxofre, monóxido de carbono, fuligem, particulados e mercúrio (EDITORIAL, 2009). Alguns discutem que o gás natural atende aos três requisitos do “triângulo energético”, acessibilidade, segurança de suprimento e proteção ambiental (JENNER; LAMADRID, 2013).

De acordo com o Departamento Americano de Energia em 2011, os Estados Unidos produziram 95% do gás natural utilizado pelo país. As previsões indicam que até 2040, o gás natural ultrapassará o carvão na matriz energética americana. As projeções mostram um crescimento nas indústrias de alto consumo de gás natural de mais de 3% ao ano nos próximos 10 anos devido ao baixo custo do gás natural produzido internamente, além do crescimento das exportações de gás e a diminuição do uso de combustíveis importados (U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2014).

Ainda, avaliações sugerem que uma mudança da matriz do carvão para o gás natural, beneficiaria a saúde pública, a conservação ambiental e a segurança dos trabalhadores. Em âmbito global, a pegada de gases de efeito estufa do gás é mais baixa do que a do carvão, portanto, a troca diminuiria os efeitos de mudanças climáticas e os custos relacionados às medidas de adaptação para o clima, assumindo que os outros fatores mantenham-se constantes. (MCKENZIE *et al.*, 2012) (COLBORN *et al.*, 2011; FINKEL; HAYS, 2013; STEPHENSON *et al.*, 2012).

Uma série de eventos sem precedentes a níveis nacionais e globais elevou o gás natural não convencional como uma nova alternativa para a matriz energética americana. Em abril de 2010, 29 trabalhadores de uma mina de carvão morreram na Virgínia do Oeste (WV MINE SAFETY, 2012). Dias mais tarde, óleo da plataforma “Deepwater Horizon” jorrou no Golfo do México por meses subsequentes (BP, 2010). Em 2011, vários reatores nucleares em Fukushima, derreteram após um terremoto e um tsunami que causaram falta de energia para o sistema de resfriamento (World Nuclear Association, 2012). Em maio de 2014, uma mina de carvão explodiu causando um incêndio subterrâneo e matando mais de 300 pessoas (BBC, 2014).

Técnicas de extração de mais baixo custo atraíram mais países para expansão do gás natural. A produção de gás a partir do folhelho é crescente hoje também em países como Canadá, México, Argentina (5% do consumo nacional) e África do Sul. (CPRM, 2013). O Brasil, país ainda não produtor, ocupa a 10^a posição no ranking segundo a Agência Internacional de Energia, com um estimado volume de 245 trilhões de pés cúbicos de gás recuperável (Tabela 1) (ADVANCED RESOURCES INTERNATIONAL, 2013; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013a).

Na Europa, as atividades cresceram desde o final de 2009. A maioria das concessões de exploração foi cedida na Polônia, mas atividades correspondentes também se iniciaram na Áustria (Bacia de Viena), França (Bacia de Paris e Bacia Sudeste), Alemanha e Holanda (Bacia Alemã do Mar do Norte), Suécia e Reino Unido. Em 2010 a Autoridade Mineral Estadual da Renânia do Norte - Vestefália concedeu autorizações de exploração para uma área que cobria 17000 km², metade da área do estado. No entanto, nos anos seguintes, alguns desses países como França e Alemanha votaram a favor da moratória na exploração de gás não convencional (ECOMONIC AND SCIENTIFIC POLICY- EUROPEAN PARLIAMENT, 2011).

A China, por exemplo, maior detentora de possíveis reservas de gás de folhelho do mundo, deverá de fato expandir sua produção, já que o país tem elevadas metas de redução de emissões de gases do efeito estufa e já investiu bilhões na aquisição de participações em empresas americanas produtoras de gás de folhelho para conhecer as técnicas de produção utilizadas nos Estados Unidos. (LAGE et al., 2013).

Uma das desvantagens da exploração do gás ainda recai sobre a falta de informação disponível, incluindo, casos de saúde especialmente relacionado à população vulnerável como crianças e idosos. (JENNER; LAMADRID, 2013) e as grandes discussões acerca dos possíveis impactos ambientais que serão discutidos em detalhe mais adiante.

Tabela 1 Países com possíveis reservas de gás de folhelho recuperável (Fonte: (ADVANCED RESOURCES INTERNATIONAL, 2013; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013a).

Posição	País	Gás de Folhelho (Trilhões de pés cúbicos)
1	China	1.115
2	Argentina	802
3	Argélia	707
4	EUA	665
5	Canadá	573
6	México	545
7	Austrália	437
8	África do Sul	390
9	Rússia	285
10	Brasil	245
	Total Mundial	7.299

A Figura 8 mostra um mapa com a possível ocorrência de gás de folhelho no mundo, de acordo com a Agência de Energia Americana (ADVANCED RESOURCES INTERNATIONAL INC. 2013).

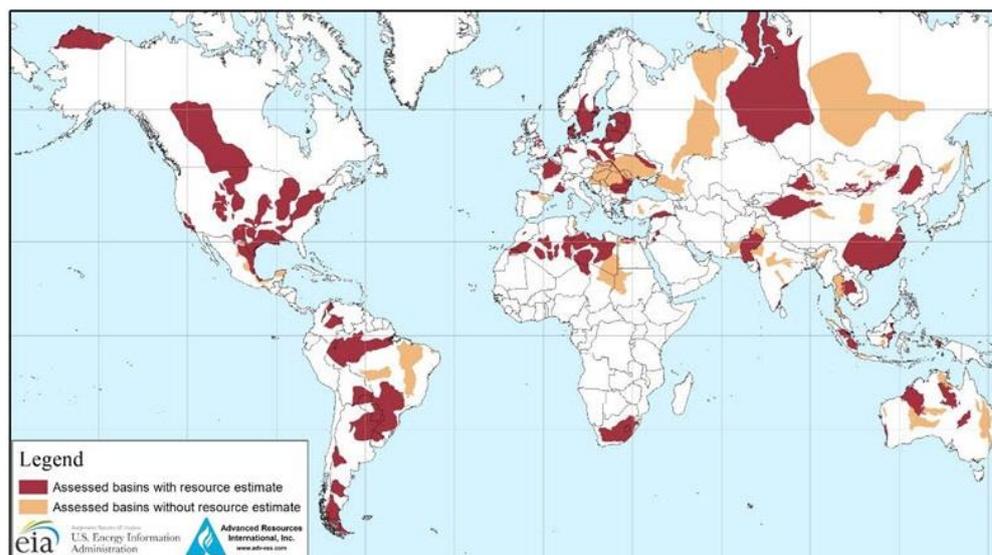
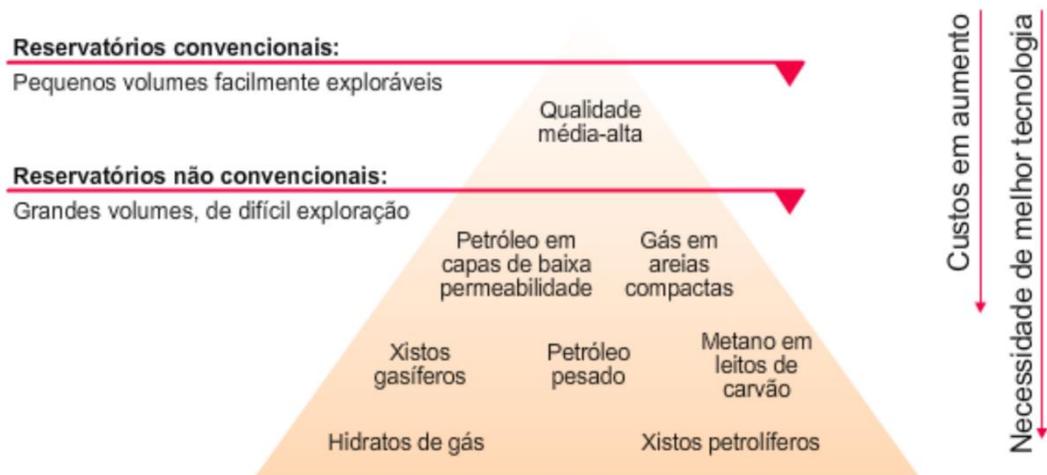


Figura 8 Possíveis reservas de gás de folhelho no mundo (Fonte: U.S. Energy Information Administration, 2013)

O gás natural é dividido em dois tipos, convencional e não convencional. O gás convencional é aquele acumulado em reservatórios de formações com elevada permeabilidade, como as areníticas. O gás não convencional é aquele aprisionado em formações de muito baixa permeabilidade - compreendendo desde arenitos muito finos a folhelhos (*shale*, em inglês), que exigem técnicas adicionais de fraturamento e estimulação da formação rochosa para sua extração (Figura 9).

Gás não convencional é um termo coletivo para denominar gases não acumulados em reservatórios convencionais. Este termo refere-se ao o gás metano oriundo de carvão mineral (*“coal bed methane”* ou *“coal seam gas”*), hidratos de metano, bem como o Gás Natural extraído de folhelhos gaseíferos (*“shale gas”*) e de formações com baixíssima porosidade (*“tight gas”*) (UDDAMERI *et al.*, 2014).



A pirâmide representa o incremento de custos e a dificuldade de extração, bem como a necessidade de empregar melhor tecnologia à medida que nos aproximamos da base da mesma.

Figura 9 Diferenças entre reservatórios convencionais e não convencionais. Fonte: Repsol http://www.repsol.com/imagenes/pt_pt/no_convencionales_597x540_06_port_tcm21-607176.swf

2.3.1 Os tipos

As Formações de baixíssima porosidade (ou “tight gas”) são aprisionadas em reservatórios ultracompactos caracterizados por baixa porosidade e permeabilidade. Os poros da rocha que contém o gás são pequenos e as interconexões entre eles são tão limitadas que o gás migra através dele com muita dificuldade (HOLDITCH, 2006).

O Gás de Metano oriundo de carvão mineral (ou “Coalbed Methane”), como o nome sugere, é aprisionado em depósitos de carvão. A maior parte do gás é normalmente adsorvida na superfície do carvão, o qual funciona como um ótimo reservatório e contém duas ou três vezes mais gás por unidade de volume de rocha do que os depósitos de gás convencional (PEARSON et al., 2012).

O Gás de Folhelho (ou “shale gas”) é extraído diretamente da rocha geradora, rocha sedimentar rica em argila naturalmente de baixa permeabilidade. O gás ali contido é adsorvido ou em estado livre nos poros da rocha. A exploração desde gás tem sido a mais amplamente estudada, e, portanto, será dada mais ênfase aos detalhes quanto à formação, exploração e produção deste gás (STEVENS, 2012).

Folhelhos são rochas sedimentares (Figura 10), formações geológicas ricas em argila, tipicamente derivadas de sedimentos finos depositados em ambiente relativamente calmo no fundo de mares ou lagos, sendo soterrados com o passar de milhões de anos. Quando uma quantidade significativa de matéria orgânica deposita-se com os sedimentos, os folhelhos betuminosos podem conter material sólido orgânico chamado Querogênio. Se a rocha foi aquecida a temperaturas suficientes durante o episódio de soterramento, parte do querogênio pode transformar-se em óleo ou gás (ou uma mistura de ambos), dependendo da temperatura e condições da rocha (U S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2012).

Estes hidrocarbonetos tendem a migrar para a superfície através dos poros e rachaduras das rochas ao redor, às vezes atingindo a superfície. No entanto, parte do hidrocarboneto continua aprisionada debaixo de uma barreira de rocha impermeável. Com o tempo, a acumulação desenvolve-se em um reservatório convencional. No caso do gás não convencional, uma parte ou todo o gás permanece na rocha geradora (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2009).



Figura 10. Folhelho betuminoso

Recursos gaseíferos convencionais podem ser desenvolvidos e produzidos sem qualquer técnica especial, enquanto que grande parte dos recursos não convencionais exige que a rocha seja fraturada ou estimulada para sua extração. Este tratamento especial para a extração destes gases tornou a exploração do gás não convencional economicamente inviável por muitos anos.

A qualidade de uma rocha reservatório é determinada por sua porosidade e sua permeabilidade. Porosidade é o espaço vazio entre os grãos, e assim representa a capacidade da rocha de conter fluidos (hidrocarbonetos líquidos ou gasosos). Uma rocha altamente porosa, portanto, pode conter grandes volumes de óleo e gás. A porosidade por si só não é suficiente, os fluidos devem ser capazes de fluir, significando que os poros devem ser interconectados. Esta característica, chamada permeabilidade, é a medida da capacidade da rocha em transmitir ou fluir o óleo e gás (BUSTIN et al., 2009).

A obtenção de gás natural e óleo a partir de folhelho não é novidade. As tentativas iniciaram nos Estados Unidos em 1821. No Brasil, antes mesmo da criação da Petrobras o Conselho Nacional do Petróleo já estudava um meio de extrair óleo de folhelho da Formação Irati, iniciando uma usina-piloto em Tremembé (SP), no Vale do Paraíba. Com a criação da Petrobras, em 1954, os estudos continuaram e desenvolveu-se o Projeto Petrosix, também em escala piloto e em Tremembé. Mais tarde, a Petrobras criou a Superintendência de Exploração do Xisto e um projeto semi-industrial em São Mateus do Sul (PR), que hoje processa 5,5 mil toneladas de folhelho por dia e produz cerca de 4.000 barris/dia de óleo (CPRM, 2013).

Os métodos de extração do gás de folhelho eram pouco eficientes, o que o tornava de baixa competitividade. No entanto, em 1946, o fraturamento hidráulico, técnica que utiliza água e produtos químicos sob alta pressão para fraturar o folhelho e liberar o gás ali retido, passou a ser utilizado nos Estados Unidos. A técnica foi aperfeiçoada com o passar do tempo, e apenas em 2003 passou a ser utilizada em larga escala (KING; APACHE CORPORATION, 2012).

2.3.2 Fases da exploração

King (2012) descreveu as fases da exploração de gás de folhelho nos Estados Unidos:

- a) Exploração: Decobrimiento das reservas de hidrocarbonetos através de estudos geológicos, geofísicos, interpretação sísmica e avaliação petrofísica, seguidos de uma fase de negociação dos direitos minerais e arrendamento da terra na superfície para acesso. O resultado destas análises é uma proposta do melhor local para a perfuração.
- b) Licenciamento com autoridades federais, estaduais, provinciais e/ou governos locais e reuniões com as partes interessadas. Esta fase pode durar de meses a anos.
- c) Preparação da área de locação (*well pad*) (Figura 11), alocação de equipamento, produtos e serviços.
- d) Atividades de perfuração exploratórias, que podem levar de algumas semanas a alguns meses, consistem na perfuração da rocha (folhelho) para avaliar a composição do fluido, e a capacidade produtiva da formação. Após testes, inicia-se a perfuração para o desenvolvimento do poço, primeiramente, vertical até atingir a camada de folhelho, que pode ultrapassar os 2000m de profundidade. Uma vez, dentro da formação, a perfuração passa a ser horizontal para que o poço tenha a maior área de contato possível com a rocha. A utilização da perfuração horizontal reduz significativamente o número total de poços necessários, estradas de acesso, tubulações de transporte, infraestrutura de produção, etc. (ARTHUR et al., 2008). Esta fase requer uso de fluidos (ou lama) de perfuração à base de água ou óleo com sais, partículas sólidas e produtos químicos variados. Geradores são utilizados para iluminação do local e outras máquinas também movidas a diesel. Uma vez começada, a perfuração, a operação é, em geral, de 24h diárias.
O cascalho (parte da formação misturada com lama de perfuração) oriundo do poço
- e) Fase de Completação inclui obtenção de dados da formação, completação ou construção do poço, o revestimento e cimentação necessários para isolar o poço da formação rochosa ao redor. Este tipo de construção trabalha com um sistema de pressão que mantém os hidrocarbonetos dentro dos tubos e a água salina fora. Construções mal feitas podem levar a potenciais contaminações de fontes de água doce por fluidos de perfuração e fraturamento. Testes de cimentação e vedação são boas práticas da indústria e em alguns casos são exigidos pelas autoridades responsáveis.
- f) Completação final do poço- Quando as últimas tubulações são instaladas e cimentadas, o BOP (do inglês *Blow Out Preventer*) é substituído pela cabeça do poço.
- g) Fraturamento Hidráulico (Figura 12)- Esta fase consiste em um processo posterior à perfuração do poço, onde fluidos e materiais são usados para produzir fraturas no folhelho e com isto estimular a produção de poços novos e existentes. O Fraturamento hidráulico de baixo volume é usado em larga escala para estimular poços de gás convencional. Mas o que se trata abaixo é o fraturamento hidráulico de alto volume (conhecido pelo termo inglês HVHF – High Volume Hydraulic Fracturing) (ARTHUR et al., 2008; DOUGLAS et al., 2011).

Inicialmente é necessária a preparação da área para o fraturamento hidráulico como, por exemplo, o transporte e armazenamento de água e produtos químicos para o local do poço. É necessário pelo menos 15 milhões de litros prontos para o uso. Algumas vezes estocados em reservatórios isolados com forro plástico, outras em

caminhões ou contêineres. Além de equipamentos como caminhões de pressão para bombear o fluido, entre muitos outros.

O fluido de fraturamento é composto por água, propantes (podendo ser areia ou contas de cerâmica, por exemplo) e produtos químicos com finalidades diversas.

A fonte perfuradora (*perforating gun*) é inserida no poço e recebe um sinal elétrico que aciona a detonação abre rachaduras no revestimento e expelle o cimento para dentro do folhelho.

Em seguida o fluido de fraturamento é bombeado sob alta pressão, vazão média de 16000 l/min, para então fraturar a rocha e forçando a formação de fraturas e a entrada de areia para mantê-las abertas, possibilitando a liberação do gás contido nos poros da rocha (KARGBO et al., 2010).

Uma parte do fluido retorna para a superfície com o gás, mas aproximadamente 2/3 percola na rocha e se perde.

Durante o fraturamento, uma série de monitoramentos é realizada incluindo a pressão desde a cabeça do poço até o seu fundo, taxas de bombeamento, densidade do fluido, volumes de cada aditivo, volumes de água usada e o funcionamento do equipamento (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).



Figura 11 Área de locação para gás de folhelho. Fonte: The Bakken Magazine <http://www.thebakken.com/articles/8/infrastructure-design-testing-helps-braun-intertec-in-bakken>

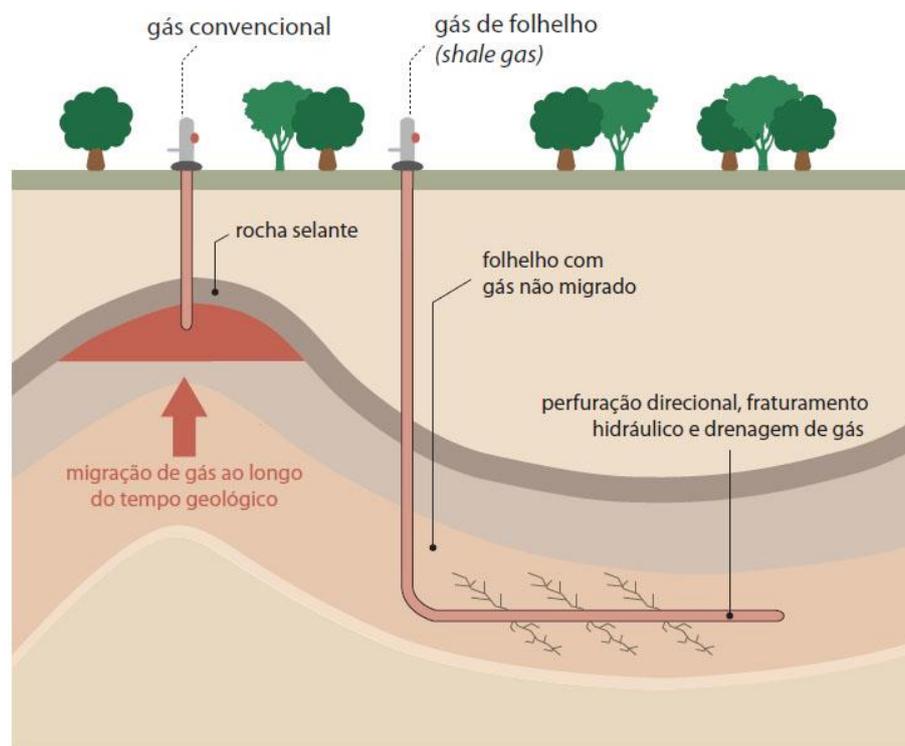


Figura 12 Processo de Fraturamento Hidráulico (Fonte: IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP)

Devido aos riscos associados à produção de gás não convencional, alguns governos declararam a moratória para o uso de fraturamento hidráulico como a Alemanha, França, Escócia, Uruguai e o Estado de Nova York, nos Estados Unidos, até que mais estudos comprovem o uso seguro da técnica (SOEDER, 2013; THE TELEGRAPH, 2015).

2.4 Impactos

As áreas potencialmente afetadas pelo desenvolvimento da energia incluem a área econômica e social local, infraestruturas físicas, o meio ambiente e as relações sociais dentro das comunidades (BRASIER et al. 2011; CONSERVANCY, 2010; DE MELO-MARTÍN et al, 2014; ECONOMIC AND SCIENTIFIC POLICY-EUROPEAN PARLIAMENT, 2011; KAVALOV; PELLETIER, 2012).

No folhelho de Barnett, oito de cada dez problemas relatados pelos residentes nos primeiros estágios de desenvolvimento da exploração do gás eram relacionados ao aumento no tráfego de veículos, danos às estradas, qualidade ambiental e o uso do território (BRASIER et al. , 2011).

A maior crítica acerca da exploração de gás natural não convencional, no entanto foca-se na falta de atenção dada aos efeitos cumulativos de tal exploração, que pode ser brevemente definido como o impacto resultante da interação de múltiplas atividades, e/ou o impacto coletivo de muitas atividades similares ao longo do tempo e do espaço (ESHLEMAN; PIS, 2013).

Por tudo isso, uma gama de fatores afetará o desenvolvimento desta nova indústria ao longo das próximas décadas. Uma das principais causas é o desconhecimento dos impactos e a falta de aceitação social (POPKIN et al., 2013).

2.4.1 Impacto econômico

Benefícios econômicos são, em geral, a razão principal para que as comunidades aprovelem e aceitem o desenvolvimento energético ao seu redor, particularmente em comunidades com histórico de declínio econômico. Empregos e o aumento da atividade comercial são diretamente relacionados à extração do recurso. Um dos argumentos amplamente utilizado é o que o desenvolvimento de minas de carvão, turbinas eólicas, usinas hidroelétricas e solares envolvem significativa criação de emprego em sua instalação, mas que, uma vez prontas, elas podem ser gerenciadas por um número pequeno de empregados. Em contraste com o uso intensivo de mão de obra na exploração de gás de folhelho que pode perdurar por décadas (CONSIDINE et al., 2011; COUNCIL, 2011).

O primeiro impacto econômico sentido pela comunidade vem com o aumento da renda individual através do arrendamento de terras para a indústria de gás e mais tarde com os royalties da produção que vai diretamente para o proprietário da terra (PEARSON et al., 2012). Como citado anteriormente, nos Estados Unidos o superficiário, se for detentor dos recursos minerais de sua propriedade, pode negociar diretamente com as empresas de Petróleo com mínima intervenção do Estado. Os custos da poluição por outro lado são arcados pela comunidade toda, um clássico exemplo de externalidade negativa.

O segundo impacto ocorre quando do aumento da receita fiscal da produção do gás, ou de impostos do comércio local dado o aquecimento da industrial. Este aumento pode beneficiar os municípios em questão, e até o estado, se a renda local aumentar, mas no geral os reais benefícios locais são frequentemente menores do que os antecipados com alguns setores inclusive sofrendo efeitos negativos (JACQUET, 2009).

Um grupo de pesquisa formado por membros de empresas privadas, consultores e professores da Universidade de Houston e de Yale compararam ganhos econômicos da produção de gás de folhelho com potenciais custos para despoluição do ambiente após acidentes. Em seus cálculos compararam os custos do gás nos Estados Unidos e um cenário no qual o país estaria importando todo seu gás ao invés de produzi-lo. Segundo sua estimativa, o gás importado de países como Qatar, Austrália e Rússia significaria gastar mais que o triplo do gasto atual com gás natural. O estudo aponta ainda, um ganho para o consumidor de aproximadamente US\$100 bilhões por ano, pela diferença do preço do petróleo para o gás (AMES et al, 2012).

O mesmo grupo estimou custos de potenciais danos ao meio ambiente como contaminação de solo e água que exijam despoluição, incluindo poços d'água de residências no valor de US\$2,5 milhões por evento, e que a probabilidade superestimada seria de 100 eventos por ano, dado que seriam perfurados 10000 novos poços ao ano, totalizando um custo de US\$250 milhões ao ano para limpeza e despoluição. Comparando-se os US\$250 milhões em danos com os US\$100 bilhões

anuais em economia, os ganhos econômicos excedem os custos à comunidade na faixa de 400 para 1 (AMES et al., 2012; TIMMINS et al., 2012).

Em outro estudo realizado por uma consultoria em Ohio, nos Estados Unidos sobre o folhelho de Utica, constatou que os consumidores finais de gás natural economizaram, somente em 2010, US\$ 1,5 bilhões em suas contas afetando todos os setores da economia do estado. Além disso, passaram a ver uma rápida redução em suas contas de eletricidade, dado o uso de gás produzido localmente nas termoelétricas do estado (ECONOMICS, 2012).

Considine et al. (2011) estimaram os benefícios econômicos do Folhelho de Marcellus em aproximadamente US\$5,4 milhões de valor agregado por poço perfurado entre “ganhos diretos” (compras de empresas de gás natural), “ganhos indiretos” (compras e contratos da cadeia de suprimentos com terceiros) e ganhos “Induzidos” (as transações econômicas desencadeadas de gastos em bens e serviços pelos trabalhadores contratados direta ou indiretamente), além de US\$2 milhões em impostos também por poço. E comparam com os valores de danos ambientais como emissões, perda de serviços ecossistêmicos, eventos de poluição, diminuído dos danos evitados pela substituição de carvão por gás concluindo que um poço típico desta formação gera em torno de US\$4 milhões em benefícios econômicos enquanto gera apenas US\$14000 em danos por impactos ambientais.

Este aumento da atividade econômica, no entanto, pode trazer um benefício limitado aos residentes e comunidades. Residentes de longo prazo de áreas rurais dificilmente possuem as habilidades e treinamentos necessários para atuar nesta indústria. Treinar força de trabalho local requer um tempo substancial, assumindo que o treinamento seja disponível e que os moradores locais queiram trabalhar nesta indústria (GARMEZY, 2012). Estudos demonstraram que o número de residentes que demonstraram desejo de trabalhar na indústria de energia é bem menor do que o esperado pela comunidade, muitos trabalhadores são relutantes a serem treinados por que o período de treinamento não oferece compensação ou simplesmente por falta de interesse em mudar de carreira (JACQUET, 2009).

Muitos dos empregos gerados são relacionados ao fornecimento de bens e serviços, frequentemente mais instáveis (BRASIER et al., 2011). No folhelho de Marcellus, por exemplo, com valor estimado de US\$2.3 bilhões, gera em torno de 29.000 empregos e aumentou em US\$240 milhões a receita fiscal dos municípios e dos estados, mas esses benefícios são muitas vezes exagerados. Uma grande parte deste dinheiro não flui pela região, estimativas afirmam que 51% da terra sobre o folhelho de Marcellus não pertence a residentes locais. Além disso, quase 40% dos trabalhadores contratados não são da região e por final, aqueles que recebem grandes quantias de dinheiro do arrendamento de suas terras podem se realocar, deixando para trás os potenciais impactos ambientais à saúde para seus vizinhos menos afortunados (GARMEZY, 2012).

Outro impacto econômico frequentemente sentido é o crescimento desordenado das cidades em áreas rurais. Esse crescimento pode trazer uma série de desvantagens em países em desenvolvimento como a especulação imobiliária, favelização, falta dos serviços públicos necessários como escolas, habitação e unidades de saúde, conflitos entre novos moradores e antigos, falta de mão de obra

ou de habilidades específicas, resistências às novas políticas governamentais, entre outros (CARDOSO, 2007a; GARMEZY, 2012; JACQUET, 2009).

Muitos destes estudos recebem o selo de universidades conceituadas dos Estados Unidos como a Penn State e Universidade do Arkansas, Yale e Houston, mas são financiados pela Indústria de Gás Natural e revisando esses estudos, Kinnaman (2011) observou que muitos deles não são revisados por pares e suas estimativas de ganhos econômicos são frequentemente exageradas, destacando seus impactos negativos no território.

2.4.2 Contaminação de água, solo e ar e seus efeitos à saúde humana e de outros animais.

Na maior parte das regiões produtoras dos Estados Unidos, o gás que retorna dos poços é acompanhado de água (água de retorno), diversos hidrocarbonetos incluindo benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (conhecidos pela sigla BTEX), ácido sulfídrico (H₂S) e outros numerosos compostos orgânicos que devem ser removidos do gás (JIANG et al., 2014). Quando o gás sai do poço, ele passa por unidades de tratamento por aquecimento repleto de Trietilenoglicol e; ou Etilenoglicol que absorve a água do gás. Uma vez que a solução de glicol torna-se saturada os aquecedores são acionados até que a água entre em ebulição e evapore dentro de um sistema fechado, que uma vez resfriada, é contida em um tanque de “Águas de Produção”. O fluido de glicol, que possui um ponto de ebulição mais alto que a água, resfria e é reusado (WARNER et al., 2013).

Durante este processo de aquecimento, as substâncias oleosas que sobem com o gás se volatilizam e voltam a condensar dentro de um tanque separado (MURALI MOHAN et al., 2013). Esta é conhecida como água “condensada”. A água contaminada pode ser reinjetada dentro do próprio poço ou em outro poço de injeção fora da área de produção (COLBORN et al., 2011).

Antes de serem removidos das instalações de perfuração, os efluentes são frequentemente armazenados em reservatórios ou tanques abertos onde grandes volumes são reduzidos por evaporação. Esta prática aumenta a concentração de algumas substâncias tóxicas no efluente (sais e metais pesados) e introduz novos poluentes na atmosfera (por exemplo compostos orgânicos voláteis como benzeno e tolueno) (OSWALD; BAMBERGER, 2012). Com isso, as comunidades vivendo no entorno de operações de perfuração transformaram-se em cobaias para o estudo de toxicologia ambiental (COLBORN et al., 2012).

Apesar de diversos estudos mostrando contaminação em áreas de exploração e produção de gás não convencional, a indústria de Petróleo e Gás é relutante em admitir o fato. Isto é, se não pode ser provado sem sombra de dúvidas que um impacto ambiental é devido à perfuração, então, a ligação é rejeitada (OSWALD; BAMBERGER, 2012).

Uma das principais preocupações referentes à exploração do gás não convencional é acerca do potencial de contaminação de aquíferos superficiais e subsuperficiais. A contaminação pode ocorrer de quatro maneiras principais

(KHARAKA et al., 2013; LUTZ et al., 2013; OLMSTEAD et al., 2013; RAHM et al., 2013; ROZELL; REAVEN, 2012; VENGOSH et al., 2013, 2014).

- Vazamentos acidentais de fluidos ou sólidos (fluidos de perfuração ou de fraturamento, água de produção, água de retorno, cascalho e outros resíduos sólidos) na superfície;
- Vazamento de fluido de fraturamento ou água salina de zonas profundas ou hidrocarbonetos para dentro de aquíferos rasos através de imperfeições na vedação da coluna de cimento ao redor do revestimento do poço;
- Vazamento de hidrocarbonetos ou produtos químicos da área de produção para aquíferos rasos através da rocha entre os dois (por fraturas naturais ou induzidas pelo fraturamento);
- Injeção de efluentes sem tratamento próprio em águas subterrâneas ou até mesmo em horizontes subterrâneos profundos.

Além daqueles produtos capazes de contaminar os corpos hídricos, as emissões atmosféricas são também preocupantes como as de BTEX, por exemplo.

Os produtos químicos, ou mais precisamente, a falta de divulgação de cada um, tem sido provavelmente alvo das maiores críticas na literatura anti-fraturamento hidráulico (KING; APACHE CORPORATION, 2012). Até o presente ano deste estudo, mais de 900 produtos químicos foram encontrados em, ou ao redor de poços de exploração de gás de folhelho nos Estados Unidos (TEDX, 2014; EPA U.S., 2012) em contraste com “alguns produtos químicos são usados para o fraturamento e não centenas deles”, como defendido por membros da indústria. (KING; APACHE CORPORATION, 2012). Estes produtos químicos são utilizados por diversas finalidades durante a perfuração, completação e fraturamento hidráulico e servem para melhorar o carreamento de propanes (areia), evitar a proliferação de bactérias nas tubulações e para evitar a corrosão das peças. O Quadro 1 abaixo resume as principais categorias de produtos químicos utilizados.

Quadro 1 Categorias de produtos químicos utilizados na perfuração e fraturamento hidráulico de poços de gás de folhelho
Fonte: EPA-US (2012).

Tipo de Aditivo	Descrição da função	Exemplos de produtos químicos utilizados
Ácidos	Para atingir melhor capacidade de injeção e penetração e em seguida, dissolver minerais e argilas para reduzir entupimentos, permitindo que o gás flua para a superfície.	Ácido Clorídrico (HCl, 3 a 28%); Ácido Muriático
Bactericidas	Para a prevenção de bactérias que podem produzir ácidos que corroem tubos e conexões e quebram gelificantes que asseguram que a viscosidade do fluido e a continuação do transporte de	Glutaraldeído; 2-Bromo-2-nitro-1, 2-propanodiol

	propantes. Biocidas podem produzir Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S), um gás muito tóxico com odor de ovo podre.	
Quebradores de Gel	Para permitir a quebra do gel usado para carregar os propantes, adicionados próximo do final da sequência do fraturamento para melhorar o retorno do gás.	Peroxidissulfatos
Estabilizantes de Argila	Para criar uma barreira de fluidos para prevenir a movimentação da argila que pode tapar a fratura.	Sais (ex. cloreto de amônio tetra metil, Cloreto de potássio)
Inibidores de Corrosão	Para reduzir o potencial de enferrujamento de tubulações e revestimentos. ²	Metanol; Bissulfato de Amônio
Ativadores de Reticulação	Para engrossar o fluido. Frequentemente usados sais metálicos para aumentar a viscosidade e melhorar o transporte de propantes.	Hidróxido de Potássio; Sais de Borato
Anti- atrito	Para tornar a água escorregadia e minimizar o atrito criado sob pressão e para aumentar a taxa de eficiência da movimentação do fluido de fraturamento.	Copolímero de Acrilamida e Acrilato de Sódio; Poliacrilamida; destilados de petróleo.
Emulsificantes	Para aumentar a viscosidade e suspender a areia durante o transporte dos propantes.	Goma Guar, Destilados de Petróleo
Controle de pH	Para manter o pH nos variados estágios usando <i>tampões</i> para assegurar a afetividade máximas dos vários aditivos.	Carbonatos de sódio e potássio; ácido acético
Propantes	Para segurar as fissuras abertas, permitindo a vazão do gás através da quebra na formação, Em geral são usados compostos de areia e ocasionalmente contas de vidro.	Bauxita sintetizada; óxido de zircônio; contas de cerâmica

² Quadro 1- Continua

Solventes	Aditivos solúveis em óleo, água e fluidos à base de ácidos que são usados para controlar a molhabilidade das superfícies de contato ou para prevenir ou quebrar emulsões.	Variados hidrocarbonetos aromáticos
Surfactantes-Tensoativos	Para diminuir a tensão superficial do líquido e melhorar a passagem do fluido através da tubulação em ambas as direções.	Metanol, isopropanol, Metanol; isopropanol; álcool etoxilado

Para cada categoria acima, diversos produtos químicos são utilizados. O Quadro completo pode ser encontrado no sítio eletrônico TEDX *The Endocrine Disruption Exchange* (TEDX, 2014). Abaixo estão listados aqueles produtos com 10 ou mais efeitos à saúde. De acordo com (COLBORN et al., 2011), pelo menos 75% dos produtos químicos listados como conteúdo do fluido usados na exploração de gás não convencional pode afetar a pele, olhos e outros órgãos do sentido, o sistema respiratório, gastrointestinal e o fígado. Mais da metade dos produtos químicos mostram efeitos no cérebro e sistema nervoso. O Quadro 2 abaixo lista os produtos químicos que podem causar 10 ou mais efeitos à saúde:

Quadro 2 Produtos químicos presentes na exploração de gás natural não convencional que podem apresentar 10 ou mais efeitos à saúde. Fonte Colborn et al.(2011).

- 2-etil-hexanol	- Dietanolamina	- NaHCO ₃
- 5-Cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona	- Dietilenotriamina	- Nitrato de Amônio
- Ácido Acético	- Dimetilformamida	- Nitrato de Sódio
- Ácido Acrílico	- Dióxido de Cloro	- Nitrilotrietanol
- Ácido Bórico	- Dióxido de Enxofre	- Nitrito de Sódio
- Ácido Fórmico	- Dióxido de Titânio	- Óxido de Etileno
- Ácido Sulfúrico	- Estireno	- Paraformaldeído
- Ácido Tioglicólico	- Etanol	- Querosene
- Acrilamida (2-propenamida)	- Éter Monobutílico de Etilenoglicol	- Querosene Hidrodessulfurizada
- Acroleína	- Etil Mercaptana	- Sulfato de Níquel
- Álcool Isobutílico (2-metil-1-propanol)	- Etilbenzeno	- Sulfato Ferroso

- Álcool Isopropílico (Propan-2-ol)	- Etilenoglicol	- Sulfeto de Hidrogênio
- Amônia	- Ferro	- Sulfito de Sódio
- Anilina	- Formaldeído	- Tetra-hidro-3,5-dimetil-2H-1, 3,5 - tiadiazina-2-tiona
- Bromato de Sódio	- Glioxal	- Tetraquis (hidroximetil)-sulfato de propano-1,2-diol
- Cádmio	- Glutaraldeído	- Tributilfosfato
- Cloreto de Amônio	- Hipoclorito de cálcio	- Trietilenoglicol
- Cloreto de Benzila	- Hipoclorito de Sódio	- Uréia
- Clorito de Sódio (ácido cloroso, sal de sódio)	- Metanol	- Xileno
- Cloro	- Metileno Bis Tiocianato	
- Condensados de gás natural	- Monoetanolamina	
- Destilados Naftênicos Leves	- Nafta (Destilado de Petróleo)	
- Dibromo Acetonitrila	- Nafta Alifática Média	
- Diesel 2	- Naftalina	

A Figura 13 representa os efeitos dos produtos químicos encontrados em, ou ao redor de poços de gás não convencional. As primeiras quatro categorias representam efeitos possíveis de se expressar imediatamente após o contato, como irritação nos olhos e pele, náusea e/ou vômito, asma, tosse, dor de garganta, sintomas de gripe, formigamento, tontura, dores de cabeça, fraqueza, desmaio, torpor das extremidades e convulsões.



Figura 13 Efeitos dos diversos produtos químicos presentes em operações de gás não convencional nos EUA. Fonte: Colborn (2011).

A exposição contínua a estes agentes pode trazer sintomas de doenças crônicas e danos aos sistemas. Entre eles sistema nervoso (52%), sistema imunológico (40%), rins (40%) e sistema cardiovascular e sanguíneo (46%). Mais e 25% dos produtos químicos podem causar câncer e mutações. Notavelmente, 37 % dos produtos químicos podem afetar o Sistema endócrino que engloba um sistema múltiplo de órgãos incluindo aqueles críticos para a reprodução normal e o desenvolvimento (COLBORN et al., 2011).

Além disso, 37% das substâncias usadas são voláteis, portanto, podem se dissipar no ar. Mais de 89% dessas substâncias pode causar danos à pele, olhos, órgãos sensoriais, trato respiratório, gastrointestinal e ao fígado. Comparados com compostos solúveis, um número muito maior de produtos voláteis (81%) pode causar danos ao cérebro e sistema nervoso. Setenta e um por cento dos produtos voláteis podem prejudicar o sistema cardiovascular, e 66% pode danificar os rins (COLBORN et al., 2011).

Na cidade de Dish, Texas, amostras de sangue e urina foram retiradas de residentes que viviam próximos aos poços de gás do Folhelho de Barnett. Estas amostras revelaram que 65% dos domicílios testados apresentavam tolueno em seus sistemas, e outros 53% apresentavam níveis detectáveis de xileno. Estes hidrocarbonetos foram identificados no ar de Dish em diversas ocasiões (RAHM, 2011). Em Pavillion no estado americano de Wyoming, residentes foram informados pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) que muitos poços d'água estavam contaminados por substâncias tóxicas frequentemente usadas nos fluidos de fraturamento hidráulico. Por quase uma década, residentes de Pavillion têm reclamado de abortos, cânceres raros e desordens do sistema nervoso como convulsões. A Agência confirmou a presença do 2-butoxi-etanol, constituindo conhecido dos fluidos de fraturamento hidráulico (EARTHWORKS, 2010).

No estado Americano do Colorado, McKenzie et al. (2014) detectaram correlação positiva entre malformações fetais como Defeitos de Tubo Neural, e Defeitos Congênitos Cardíacos e a proximidade da residência materna (um raio de até 10 milhas) e densidade de poços de gás natural.

Além da contaminação por produtos químicos, outro tipo de contaminação tem sido relatado e estudado, a migração do metano (gás natural) em aquíferos rasos. Nos estudos de Osborn et al., (2011) nos aquíferos Catskill e Lockhaven acima do Folhelho de Marcellus nos Estados Unidos, a presença de metano foi detectada em 51 de 60 poços de água potável analisados (85%) em toda a região, mas foram substancialmente mais altas próximo a poços de gás natural. Essas concentrações eram em média 17 vezes mais altas em áreas com perfuração e extração ativas. Esta migração pode se dar através de revestimento de poço mal feito, e através das fraturas formadas durante o fraturamento hidráulico. Os efeitos à saúde do metano dissolvido em água quando ingerido ainda não são conhecidos, mas é asfixiante em ambientes confinados e um risco de explosão e incêndio (BOUDET et al., 2014).

No estudo de Jackson et al. (2013) metano foi encontrado em 115 de 141 casas amostradas. Em domicílios mais próximos de áreas de exploração de gás (≤ 1 km) as concentrações foram até seis vezes mais altas que daquelas mais longe de poços de gás. Alguns autores defendem a presença de metano como sendo uma migração natural de metano biogênico, formado pela decomposição de matéria orgânica (DARRAH et al., 2014; SABA; ORZECOWSKI, 2011; SCHON, 2011; WARNER et al., 2012). No entanto, propano e butano também foram identificados em concentrações mais altas próximo às áreas de exploração de gás, e estes compostos são gerados apenas por processos termogênicos, relacionados à formação de gás natural.

Foram relatados também registros de mortalidade de animais associada à exploração e produção de gás. Oswald & Bamberger (2012) reportaram casos onde 17 bovinos morreram dentro de uma hora após a exposição ao fluido de fraturamento hidráulico. No relatório de necropsia foi constatado que a causa da morte seria insuficiência respiratória com colapso circulatório. Embora hidrocarbonetos de petróleo tenham sido encontrados no intestino delgado dos animais, lesões no pulmão, traqueia, fígado e rins sugerem exposição a outros produtos tóxicos além do anterior.

Dois casos envolvendo fazendas de gado de corte inadvertidamente forneceram grupos controles e experimentais. Em um deles, águas de produção foram propositalmente descartadas em um curso d'água que servia para dessedentação de 60 cabeças de gado. Em outro, 36 cabeças eram mantidas em outra pastagem sem acesso ao córrego. Dos 60 expostos ao córrego, 21 morreram e 16 não produziram prole no ano seguinte. Das 36 não expostas à contaminação, não foram observados problemas de saúde e apenas um bovino não foi capaz de reproduzir-se (OSWALD; BAMBERGER, 2012).

As exposições mais comuns deram-se por poços e nascentes afetadas, em seguida por açudes e riachos. Por fim, as exposições foram associadas ao mau funcionamento de compressores, tubulações com vazamentos e queima de gás (*flaring*) (OSWALD; BAMBERGER, 2012).

Em cada fase de produção e entrega, toneladas de compostos voláteis orgânicos (COVs), incluindo BETX, outros hidrocarbonetos e o próprio gás (metano) que podem vaziar e se misturar com os óxidos de nitrogênio (NOx) de processos industriais e combustão de motores a diesel e produzir ozônio, que, a este nível atmosférico é altamente reativo e poluente do ar, trazendo problemas diversos à saúde (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2009).

Essas moléculas altamente reativas de ozônio troposférico podem queimar o tecido alveolar profundo nos pulmões causando seu envelhecimento prematuro. A exposição crônica a este poluente pode causar asma, doença crônica obstrutiva do pulmão e é particularmente prejudicial às crianças e adultos ativos, que passam tempo ao ar livre, e aos idosos (ARMENDARIZ, 2009). Ozônio combinado com materiais particulados de menos de 2,5 micrometros produz *Smog* (neblina com poluentes), que já demonstrou ser nocivo a humanos medido por admissões em unidades emergenciais de hospitais durante o período de elevação (SOVACOOOL, 2014).

No Passado, o ozônio proveniente de campos de gás criou problemas de poluição do ar desconhecidos em áreas rurais, semelhantes àqueles encontrados em áreas urbanas e pode se espalhar por até 300 km de distâncias do local de produção de gás (MCKENZIE et al., 2012). O Ozônio não apenas causa danos irreversíveis ao pulmão, mas também é prejudicial às coníferas, faia, forragem, alfafa e outras culturas geralmente cultivadas no ocidente Americano (UNEP, 2007) Além desta poluição, existe a poeira criada pelas frotas de carretas trabalhando continuamente (24h por dia) para entrega de milhões de litros de água nas plantas de produção de gás e retirada da água de produção (UNEP; GEAS, 2013).

Pesquisadores alertam ainda para os riscos de COVs e BTEX e outros produtos químicos à saúde não só da atual geração, mas da geração que está por vir. Trabalhos relatam os riscos infertilidade, má-formação fetal, e diversos outros problemas de saúde atingindo crianças, jovens e adultos (MCKENZIE et al., 2014; WEBB et al., 2014).

Materiais radioativos de ocorrência natural (ou NORM) são partes de qualquer formação geológica, embora, em baixíssima concentração. A maior parte dos folhelhos escuros dos EUA possui urânio na ordem de 0.0016-0.002 por cento (SWANSON, 1960). Através do fraturamento hidráulico, estes NORMs, como por exemplo, o urânio, tório, radio ligados às rochas, são transportados para a superfície com a água de retorno. Algumas vezes, partículas radioativas são injetadas com os fluidos com objetivos especiais (por exemplo, traçadores). NORMs podem também mover-se pelas rachaduras na rocha para águas subterrâneas ou superficiais (ECOMONIC AND SCIENTIFIC POLICY- EUROPEAN PARLIAMENT, 2011).

Pelo fato dos materiais radioativos tenderem a se acumular nos equipamentos, tubulações e tanques, o maior risco de exposição à NORMs é para os trabalhadores contratados para cortar e escarear tubulações de gás, remover sólidos em tanques e para reformar equipamentos de processamento de gás (RICH; CROSBY, 2013; SUMI, 2008).

No condado de Onondaga em Nova York, a substância radioativa radônio (222 Rn) foi medida no ar interno de porões em 210 domicílios. Todas as casas sobre

o Folhelho de Marcellus apresentaram níveis de ^{222}Rn superior a 148 Bq/m^3 , e a média de concentração nestes domicílios foi de 326 Bq/m^3 , o que é mais do que o dobro do “nível de intervenção” da Agência de Meio Ambiente Americana (EPA). A concentração média em ambiente interno nos EUA é de 48 Bq/m^3 (SUMI, 2008). Um aumento de 100 Bq/m^3 no ar conduz a um aumento de câncer de pulmão de 10% (ZEEB; SHANNOUN, 2009).

Considerando que reservatórios de efluentes sejam economicamente vantajosos para as empresas de perfuração, os impactos ambientais e agrícolas são grandes demais para permitir que essa prática continue. Na Pensilvânia, alguns progressos foram feitos na reciclagem de frações crescentes de águas residuais. Isto diminui o volume total de águas residuais, mas aumenta a sua toxicidade, devido ao aumento sucessivo nas concentrações de sólidos dissolvidos totais. A alternativa é a de armazenar águas residuais em recipientes de metal fechados no local de perfuração antes de serem removido para descarte. Por fim, a disposição das águas residuais apresenta riscos ambientais significativos (OSWALD; BAMBERGER, 2012).

2.4.3 Uso de recursos hídricos

A população global está projetada para atingir 9,3 bilhões em 2050 (UNDESA, 2013). O crescimento da população alinhado com o crescimento econômico, mudanças no estilo de vida e padrões de consumo elevados levarão ao aumento da demanda de água, refletindo necessidades crescentes de água potável, saúde e saneamento, bem como para a energia, alimentos e outros bens e serviços que necessitam de água para a sua produção e entrega. As áreas urbanas do mundo, particularmente nos países em desenvolvimento, devem absorver todo esse crescimento da população, juntamente com parte da atual população rural. Esta intensa urbanização aumentará a demanda de abastecimento de água, saneamento e eletricidade para fins domésticos (UN WATER, 2014).

Particularmente, a energia depende da água: para geração de eletricidade, para extração, transporte e processamento de combustíveis fósseis e para a irrigação de culturas destinadas aos biocombustíveis; e é vulnerável às restrições físicas como a disponibilidade e regulamentação que podem limitar seu acesso. Dentro dos recursos fósseis não convencionais, a produção de areias betuminosas no Canadá e a produção de óleo pesado na Venezuela, consome grandes quantidades de água são utilizadas como vapor para reduzir a viscosidade do combustível, facilitando a produção. A água também é um insumo crítico para fraturamento hidráulico (UN WATER, 2014), como já citado neste trabalho, e ambos são interdependentes, a disponibilidade de água impacta a disponibilidade de energia, a produção de energia, em si, afeta a disponibilidade e qualidade da água.

Em 2010, as retiradas de água para a produção de energia global foram estimadas em 583 bilhões de metros cúbicos (bcm) ou aproximadamente 15% das retiradas totais mundiais. Deste valor, o consumo d'água (volume retirado que não retorna para a fonte) foi de 66 bcm (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012c). De acordo com a análise realizada por Elcock (2010), é esperado um

aumento de 7% no consumo de água nos EUA, de cerca de 110 bgd (409 milhões de m³ / dia) em 2005, para cerca de 120 bgd (435 milhões de m³ / dia) em 2030. A maior parte do consumo (em média cerca de 80% do consumo de água não energético ao longo do período da projeção) é para a irrigação. Consumo de água por setores de produção de energia deverá aumentar em quase 70%.

À luz deste cenário, especialistas em mudanças climáticas, agricultura e regulamentação de recursos hídricos expressaram preocupação com os potenciais conflitos que poderão emergir da combinação do aumento na demanda e das mudanças nos regimes hídricos. As potenciais consequências de desbalanços hídricos podem incluir colheitas fracas e diminuição da produtividade, redução da biodiversidade de água doce (o que pode ser resultado da redução da vazão de corpos d'água e competição entre os diversos setores). Estes cenários apontam para a necessidade de examinar-se o papel da produção de energia na demanda de água futura (IPCC, 2012). Dentre as fontes citadas, o gás de folhelho, não chega a ser o maior consumidor de água na cadeia dos combustíveis fósseis, mas além de intensivo, o consumo de água ocorre concentrado em um período da exploração do poço (CLARK et al., 2013; MITCHELL et al., 2013).

Esta água utilizada para o fraturamento hidráulico pode vir de águas superficiais (como rios, lagos e mares), águas subterrâneas (como poços que retiram do lençol freático ou de aquíferos mais profundos que podem ser perfurados para abastecer as operações) ou ainda de mais longe, como água tratada pelo estado, neste caso, necessitando de transporte por caminhões (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a). Este transporte de água de sua fonte pode ser responsável por até 40 por cento do custo total do fraturamento hidráulico e 20 por cento do custo total de completação de poços (conjunto de operações destinadas a equipar o poço para produzir óleo, gás ou mesmo injetar fluidos nos reservatórios), tornando-se um contributo significativo para o custo total das operações (ACCENTURE, 2012). Se o fraturamento hidráulico de um poço exige aproximadamente 15000 metros cúbicos de água, isso equivale a 500 caminhões tanques, considerando-se que cada caminhão contenha cerca de 30 metros cúbicos de água (BRANTLEY et al., 2014; EATON, 2013). Tal transporte congestionará estradas locais, aumenta o desgaste de estradas e pontes e, se não for gerida de forma segura, pode aumentar os acidentes rodoviários (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012c).

Além disso, mudanças no uso do território causadas pelo desenvolvimento de campos de gás de folhelho são conhecidas por aumentar o desmatamento e a superfície impermeável, impactando os ecossistemas aquáticos que são particularmente vulneráveis a estas alterações. O desmatamento, assim como o aumento das barreiras impermeáveis, influencia o regime hidrológico, de sedimentos, e de nutrientes que por sua vez influenciam a biota aquática e processos ecológicos em água doce (EVANS; KIESECKER, 2014).

Impactos do uso da água para a produção de gás de folhelho dependerão da disponibilidade de água local e da competição por água de outros usuários. No Texas, onde estão três importantes folhelhos em produção (Haynesville, Barnett e Eagle Ford) a precipitação é variável com média anual de 1320 mm / ano (Haynesville): 790 mm / ano (Barnett), a 740 mm / ano (Eagle Ford) (NICOT, 2009). O Texas também está sujeito aos ciclos de seca/chuva que podem se tornar mais extremos, com a mudança climática (NICOT; SCANLON, 2012).

Os recursos hídricos subterrâneos são geralmente disponíveis em cada um dos folhelhos em produção nos Estados Unidos e, ao contrário da água de superfície, as águas subterrâneas são onipresentes e geralmente disponíveis perto de poços de produção. Os aquíferos Carrizo Wilcox e Queen City / Sparta atualmente fornecem água para os folhelhos Haynesville e Eagle Ford. As águas subterrâneas são mais facilmente disponíveis no leste do Texas, e a produção de gás compete apenas com uso industrial e municipal, mas os conflitos com outros usuários podem começar a surgir, pois o aquífero raso tem recursos limitados. Na região do folhelho Eagle Ford, as águas subterrâneas já foram parcialmente esgotadas para a irrigação na região sul do Texas. Nicot & Scanlon (2012) justificam que apesar do consumo por poço parecer alto (aproximadamente 20.000 m³), representa menos de 1% do consumo total de um município. No entanto, em municípios menores este valor pode subir muito.

As duas maiores preocupações com essas retiradas incluem a garantia adequada disponibilidade de água a jusante para usos humanos e disponibilidade de água para a manutenção ecológica (habitat de peixes, insetos, animais selvagens, etc.). A truta nativa desta região (*Salvelinus fontinalis*) é uma das espécies aquáticas mais sensíveis das bacias hidrográficas da Pensilvânia. Esta espécie prefere água fria e altamente oxigenada e são extraordinariamente sensíveis a temperaturas mais quentes, sedimentos e contaminantes. Controle rigoroso de sedimentos e de manutenção de fluxo será fundamental para a sobrevivência da truta em bacias hidrográficas, especialmente bacias superiores, com desenvolvimento intensivo do Folhelho de Marcellus (FISHER; WELTMAN-FAHS, 2013).

Estas preocupações são válidas não apenas para extrações individuais que ocorrem ao nível do projeto, mas também para as retiradas coletivas que podem ocorrer ao longo de uma bacia hidrográfica e seus efeitos sobre os fluxos a jusante. Comitês de bacia estaduais e em alguns casos interestaduais, têm interesse na regulamentação de retiradas de água de uma forma que lida com essas questões (RAHM; RIHA, 2012).

Outra questão relacionada às grandes retiradas de aquíferos é que, as águas subterrâneas são a principal fonte de água potável em todo o mundo, De toda a água doce disponível para consumo, 96% é proveniente de água subterrânea. São elas as responsáveis pela garantia da sobrevivência de parte significativa da população mundial. Países como Arábia Saudita, Dinamarca e Malta utilizam exclusivamente dessas águas para todo o abastecimento humano. Enquanto que na Áustria, Alemanha, Bélgica, França, Hungria, Itália, Holanda, Marrocos, Rússia e Suíça, mais de 70% da demanda por água é atendida por manancial hídrico subterrâneo (MMA, 2007; UNEP, 2005). Quando a água subterrânea é relativamente livre de contaminação microbiana e química é localizada, seu custo de tratamento pode ser muito menor do que a água de superfície. Por exemplo, no Canadá, custos de operação e manutenção (incluindo a energia e mão de obra) de estações de tratamento de águas subterrâneas são cerca de metade, em média, dos que o tratamento de água de superfície (UN WATER, 2014). Desta maneira, retiradas de água para suprir o fraturamento hidráulico podem exaurir aquíferos ou o fluxo que os mantém, afetando com isso o suprimento de água e as bacias hidrográficas (EATON, 2013).

A bacia do rio Susquehanna, que recobre Folhelho de Marcellus no oeste do estado de Nova York, por exemplo, passou por uma análise recente de Rahm & Riha (2012) que sugeriu que a disponibilidade de águas superficiais em todos, a não ser os maiores rios, é insuficiente para suportar a perfuração de centenas de poços de produção de gás por ano. Alternativamente, retiradas de aquíferos para suprir o fraturamento hidráulico esgotaria aquíferos rasos e o escoamento de base que sustenta a vazão atual, também afetando negativamente o armazenamento de bacias hidrográficas (EATON, 2013).

Por outro lado, a disponibilidade restrita de água pode significar limitações no desenvolvimento de gás não convencional em área com escassez de água. A China, por exemplo, tem a maior ocorrência de folhelho do mundo, uma possível reserva estimada em 36 trilhões m³. O país tem planos ambiciosos de produzir 6,5 bmc de gás de folhelho até 2015. Neste plano, treze províncias foram selecionadas como áreas de prioridade. No entanto, sete destas províncias já sofrem com falta d'água com menos de 2000 m³ disponível por pessoa, menos de um quarto da média mundial. Quatro das treze províncias estão no sudoeste da China e duas delas sofreram recentemente secas severas de meio ano (YANG et al., 2013). Embora não na mesma escala em termos de tamanho ou de estresse hídrico, outros numerosos depósitos estão em regiões que experimentam intensa competição por recursos hídricos como no caso dos folhelhos da Bacia do Paraná, no Brasil (ADVANCED RESOURCES INTERNATIONAL, 2013).

Estudos indicam a necessidade de atentar-se aos impactos cumulativos ao invés de trabalhos que avaliem os impactos poço a poço. A análise de Evans & Kiesecker, (2014) revela que os impactos cumulativos que representam o maior desafio para as metas de conservação em relação à paisagem. Infelizmente avaliação de impactos ambientais é feita de poço a poço ou de campo de gás em campo de gás com pouco ou zero atenção aos impactos cumulativos. Na ausência de boas práticas de gestão para limitar os impactos do desperdício e do uso insustentável, o desenvolvimento econômico pode impactar negativamente o suprimento de água em termos de quantidade e qualidade (UN WATER, 2014).

Para atenuar o aumento da utilização de água doce, alguns operadores começaram a explorar águas subterrâneas salobras (salinidade inferior à água do mar), apesar de poucas informações sobre este recurso e restrições adicionais, tais como os riscos de contaminação durante o transporte e aumento do potencial de corrosão do poço. Desenvolvimento de aditivos avançados permite uma maior salinidade da água a ser utilizada para o fraturamento hidráulico, embora composição iônica ainda seja uma limitação. Em muitos lugares, a água salobra está disponível em profundidades relativamente rasas abaixo ou acima do aquífero de água doce (NICOT; SCANLON, 2012). No entanto, mais recursos financeiros devem ser atribuídos a estudar estes aquíferos para explicar melhor o seu rendimento, qualidade da água, sustentabilidade e relacionamento com a seção de água doce dos mesmos aquíferos para que a menos água doce seja utilizada.

Outra possibilidade que deve ser amplamente encorajada é a reciclagem de águas residuais. Cada poço, dependendo da formação, profundidade e outras variáveis, tem retorno de 15-80% da água injetada no fraturamento hidráulico, como água de retorno (RAHM, 2011). Um volume menor de água é condensado na extração do gás, chamada de água produzida. Esta água, no entanto, teve sua

composição química alterada quando em contato com a formação, e pode conter outros produtos químicos e até radionuclídeos como césio e rádio (ESHLEMAN; PIS, 2013). A indústria deve ser induzida a buscar novas tecnologias para tratamento e reuso destas águas como boas práticas.

Dado que análise de sedimentos representa uma das variáveis de controle mais significativas acerca da morfologia e hidrologia de cursos d'água, o desmatamento e o aumento da superfície impermeável, esta será uma importante variável para medir a saúde e integridade de bacias hidrográficas e a qualidade da água potável. Portanto, é essencial entender os padrões de desmatamento futuro e as mudanças na superfície impermeável resultantes do desenvolvimento para energia (EVANS; KIESECKER, 2014).

2.4.4 Emissões atmosféricas e mudanças climáticas

As emissões originadas da exploração de gás natural vêm potencialmente das seguintes fontes:

- Emissões de caminhões e equipamentos de perfuração (ruído, material particulado, SO₂, NO_x, COV não metano e CO);
- Emissões do processamento e transporte do gás (ruído, material particulado, SO₂, NO_x, COV não metano e CO);
- Emissões evaporativas de produtos químicos de tanques abertos de efluentes;
- Emissões provenientes de vazamentos e *blow outs* (dispersão de fluidos de fraturamento hidráulico ou perfuração).
- Emissões de metano fugitivo.

A queima do gás é mais limpa que ambos carvão e petróleo e, segundo seus adeptos, é declarado como o “combustível de transição”, entre os combustíveis fósseis e os renováveis. Além disso, é sugerido que as emissões mais limpas compensam os impactos ambientais negativos (STEPHENSON et al., 2012).

A eletricidade é agora, a maior usuária de gás natural, e provavelmente expandirá o consumo significativamente no futuro para atender à crescente demanda por eletricidade e como resultado da substituição de termelétricas a carvão. Tendo em vista que o gás natural emite mais ou menos um terço do carbono emitido pelo carvão, esta transição poderia expressar uma redução significativa nas emissões de gases de efeito estufa (CONSIDINE et al., 2011; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2013b). Ademais, a combustão de gás natural também emite menos material particulado, dióxido de enxofre (SO_x) e dióxidos de nitrogênio (NO_x) do que o carvão e petróleo (Tabela 2).

No entanto, estas mudanças podem não ter um impacto tão significativo sobre a diminuição das emissões quanto se pensava. Um estudo da Universidade de Cornell constatou que o gás de folhelho gera uma pegada de efeito estufa consideravelmente maior do que o gás convencional, por que, o metano, potente gás de efeito estufa é emitido durante seu processo de extração. Como dito aqui anteriormente, o metano é o principal componente do gás natural e de 3,6% a 7,9% do metano extraído de formações de folhelho escapam para a atmosfera por ventilação e vazamentos

durante a vida útil de um poço. O potencial de aquecimento global do metano é muito maior do que o do CO₂, especialmente nas décadas seguidas de sua liberação. De fato, em um período de 20 anos, o gás de folhelho emite menos na combustão direta, mas pode ter uma pegada de efeito estufa maior do que carvão e óleo diesel, por causa das emissões fugitivas (INGRAFFEA et al., 2011).

Além disso, outros fatores reduzem as vantagens quando se trata de gás não convencional:

- Mais poços e mais fraturamento hidráulico são necessários por metro cúbico de gás produzido. Essas operações usam energia, geralmente obtidas de geradores a diesel, levando à emissão de CO₂ mais alta por unidade de energia produzida (JARAMILLO et al., 2007).
- Mais ventilação ou queima (flaring) é feita durante a finalização do poço. A fase de retorno após o fraturamento hidráulico representa a grande porcentagem da produção total do poço. Em rochas de baixa permeabilidade, o retorno é lento e é necessário mais fraturamento hidráulico e a produção total do poço é mais baixa (JENNER; LAMADRID, 2013).

Tabela 2 Emissões Atmosféricas de carvão e gás natural. Fonte: Considine et al., 2011.

Emissões	Fator de Emissão (lbs/mmbtu)	
	Carvão	Gás Natural
Dióxido de Carbono	215,0623	130,5527
Dióxido de Enxofre	0,6682	0,0007
Óxido Nitroso	0,2135	0,1014
Material Particulado	0,01168	0,00110
Monóxido de Carbono	0,02227	0,00428
Mercúrio	2,7382E-09	0

Não obstante, projeções recentes de gases de efeito estufa feitas pelo departamento de meio ambiente estadual relatou que haverá oito por cento de aumento nas emissões de metano entre 2005 e 2020, com a grande diferença atribuída ao aumento das emissões fugitivas de metano, provindas do setor de gás natural, se o cenário atual persistir ou se expandir (GARMEZY, 2012).

2.4.5 Uso do território e mudanças na paisagem

A experiência Americana mostrou que existem riscos significativos de impactos devido à extensão de terra usada para a extração do gás de folhelho. As exigências de uso da terra são maiores durante a fase do fraturamento hidráulico, dada a necessidade de mais infraestrutura para transporte e armazenamento. Esta fase exige áreas de locação que permitam o armazenamento de equipamentos, caminhões com compressores, produtos químicos, propantes, água e containers para efluentes, se estes não forem fornecidos por poços d'água locais e estocados em açudes (ECOMONIC AND SCIENTIFIC POLICY- EUROPEAN PARLIAMENT, 2011; KING; APACHE CORPORATION, 2012).

O gás natural não convencional utiliza mais território que o convencional dada a necessidade de perfuração de múltiplos poços para extrair o gás direto da formação geradora, como citado anteriormente neste trabalho (Figura 14). Na tentativa de diminuir o uso de território e diminuir gastos com infraestrutura e transporte, áreas de locação com poços múltiplos estão sendo cada vez mais comuns na extração de gás de folhelho que possibilita acomodar de 6 a 10 poços, utilizando a perfuração horizontal (BLOOMFIELD, 2012). Este tipo de área de locação na Pensilvânia (EUA), durante as fases de perfuração e fraturamento hidráulico mede em torno de 4-5 acres (16.200-20.250 m²) e após a restauração parcial varia em torno de 1 a 3 acres (4.050-12.150 m²) (KING; APACHE CORPORATION, 2012)

Segundo Jenner & Lamadrid (2013), o gás de folhelho utiliza menos terreno que o carvão e alguns tipos de energias renováveis como solar e hidráulica. O uso de terra para o gás natural varia ao redor de 200-300m²/GWh dependendo da localização e das tubulações de transporte e é similar ao uso de terra de usinas solares em um intervalo de tempo de mais ou menos 30 anos. O uso de terra para produção de carvão é mais alta, aproximadamente 950m²/GWh no estado americano do Kansas.

Para comparação, se uma área semelhante (10.000 m²) fosse ocupada por uma usina de energia solar, aproximadamente 400.000 kWh de eletricidade poderia ser gerada por ano, correspondendo a aproximadamente, 70.000 m³ de gás natural por ano, se convertido à eletricidade com 58% de eficiência. A produção típica de gás nos poços do folhelho de Barnett, no Texas, é de aproximadamente 11 milhões de m³ por ano no primeiro ano, mas somente 80.000 m³ no nono ano e em torno de 40.000 m³ no décimo ano. Em contraste com a extração de energia fóssil, as usinas solares geram eletricidade por mais de vinte anos e no final de sua vida útil, a planta solar pode ser substituída por uma nova sem necessitar de uso adicional de terra (ECOMONIC AND SCIENTIFIC POLICY- EUROPEAN PARLIAMENT, 2011).

Nos Estados Unidos, os superficiários podem possuir direito sobre os recursos sob suas terras e este direito possibilitou com que as empresas de energia arrendassem as terras para exploração e produção mais facilmente e com intervenção mínima do estado (MAUTER et al., 2014).

Sob algumas condições, a exploração de gás é permitida nas proximidades de residências nesse país. As distâncias mínimas tipicamente variam entre residências das quais os donos possuem direitos minerais e daquelas onde o proprietário não possui direitos sobre os recursos subterrâneos, com distâncias menores para o primeiro caso. Em áreas rurais, o departamento responsável por determinar as distâncias mínimas de residências no Texas, o RRC (sigla em inglês para *Railroad Commission*), estabeleceu como 61m para poços de gás, mas cada cidade tem a liberdade de regulamentar valores acima destes determinados pelo RRC. Neste caso, este número varia entre 91.4 m na cidade de Krum a 457.2 m, na cidade de Flower Mound (FRY, 2013).

Muitos dos impactos citados neste trabalho são resultado do uso de território, como sobre a biodiversidade e serviços ecossistêmicos, poluição visual e conflitos sociais. A instalação das áreas de locação em áreas florestada não apenas danifica a parte desmatada da floresta. O Efeito de Borda é uma consequência importante a ser considerada. As bordas florestais costumam ter mais espécies invasoras, maiores

taxas de deposição atmosférica, mais luz e vento, maiores taxas de predação e ciclos bioquímicos alterados (NASCIMENTO; LAURANCE, 2006). Para minimizar esses efeitos, o estado de Nova York sugere que as áreas de locação de poços sejam concentradas, para diminuir a área florestal impactada. O *Bureau of Forestry* (autoridade florestal estadual) do Estado da Pensilvânia exige aprovação do espaçamento entre as áreas de locação quando em áreas de florestas estaduais, e promove a centralização destes, quando possível (ESHLEMAN; PIS, 2013).

Como sempre, a magnitude do impacto é uma questão de perspectiva. O que pode parecer uma parcela pequena de transformação na paisagem natural de um país pode ser um grande desafio para uma comunidade nas vizinhanças de poços de gás. Além disso, atividades de petróleo e gás podem deslocar outras atividades econômicas importantes para comunidades locais, como já relatados no item Impactos Econômicos deste trabalho. A restauração da área utilizada é exigida em muitos casos, mas reflorestamento em si, pode levar até 300 anos para ocorrer.



Figura 14 Imagem aérea da exploração de gás de folhelho. Fonte: Renewable Communities Alliance <http://www.renewablecommunities.org/2012/02/ground-truth-do-we-need-industrial.html>

2.4.6 Impactos à biodiversidade e serviços ecossistêmicos

A biodiversidade contribui para muitos aspectos da vida e bem-estar humano, provendo produtos como alimentos e fibras, muito valorizados pela sociedade. No entanto, a biodiversidade presta um serviço muito mais amplo e atualmente pouco reconhecido. As bactérias e microrganismos transformam resíduos em produtos úteis, insetos polinizam as plantações e flores, corais e manguezais protegem o litoral, as paisagens e praias nos fornecem lazer, florestas regulam as temperaturas, chuvas e nos fornecem ar limpo entre muitos outros. Estes benefícios são conhecidos como serviços ecossistêmicos. Embora ainda exista muito para ser conhecido sobre a relação entre biodiversidade e serviços ecossistêmicos, hoje, é amplamente aceito que se esses produtos e serviços fornecidos pela biodiversidade não forem bem

geridos, as opções futuras serão mais escassas para tantos para os ricos e pobres. No entanto, os pobres tendem a ser mais diretamente afetados pela deterioração e perda de serviços ecossistêmicos, já que são mais dependentes dos ecossistemas locais e frequentemente vivem em locais mais vulneráveis às mudanças em ecossistemas (UNEP, 2007).

Pouca literatura existe acerca dos impactos da exploração de gás não convencional na biodiversidade. E pouco se leva em conta este assunto quando análises de custo e benefícios são realizadas (MCDANIEL; BORTON, 2002).

Esses impactos equivalem-se, em grande parte, àqueles de qualquer outra expansão de infraestrutura, com algumas exceções. As principais fontes destes impactos são a erosão de áreas desmatadas para preparação da área, assoreamento e sedimentação de corpos d'água, poluição de solo e água por vazamento de fluidos ou efluentes, aumento da ocupação humana, construção de estradas, aumento do trânsito de veículos, utilização de luzes artificiais, poluição sonora entre outros (BLOOMFIELD, 2012; ENTREKIN et al., 2011; THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).

Estes aspectos podem resultar na degradação ou remoção completa de habitats através da captação excessiva de água ou da fragmentação do habitat como resultado da construção de estradas e cercas (ESHLEMAN; PIS, 2013).

Outro impacto importante de ser lembrado é a introdução de espécies invasoras de plantas, animais e microrganismos. Estes podem ser introduzidos durante as diferentes fases da exploração do gás não convencional, afetando ecossistemas terrestres a aquáticos. Esta é uma área preocupante, no entanto, ainda não existem evidências claras deste problema reportadas. Equipamentos usados no folhelho de Marcellus são frequentemente transportados de grandes distâncias e usados em áreas relativamente preservadas. Em particular, retiradas de água de grandes rios e reservatórios (quando permitidos) tem o potencial de introduzir espécies exóticas que podem tornar-se um risco para a biodiversidade local (BLOOMFIELD, 2012; ENTREKIN et al., 2011).

O aumento de sedimentos, a redução da vazão de rios e riachos, a poluição desses corpos d'água por vazamentos acidentais e o disposição de efluentes inadequadamente tratados representa um grande riscos para espécies de ecossistemas aquáticos (ENTREKIN et al., 2011). Pelo menos três exemplos de descartes de fluidos sem controle com reais ou potenciais efeitos à biodiversidade foram mencionados (BLOOMFIELD, 2012).

Outro impacto potencial é devido ao efeito da luz artificial. Embora este impacto não tenha sido amplamente estudado, é provável que essas luzes afetem o comportamento de forrageamento e reprodução, relógios biológicos, interações presa-predador, padrões de movimentação e dispersão, estrutura de comunidades e interações intra e interespecíficas (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).

Uma recente meta-análise de 49 estudos sobre 234 espécies de aves e mamíferos descritas por Eshleman & Pis (2013) concluiu-se que o impacto de infraestrutura estende-se por até 1 km de populações de aves e 5 km de populações de mamíferos. Esses impactos incluem: mortalidade por construção de estradas, mortalidade por colisão com veículos, modificação do comportamento animal,

alterações físicas do ambiente, alterações químicas do ambiente, dispersão de espécies exóticas e aumento do uso de território por humanos.

Esses estudos ilustram a importância de minimizar a construção de novas infraestruturas para a conservação da biodiversidade aquática e terrestre de áreas que hoje se encontram relativamente sem distúrbio humano (ESHLEMAN; PIS, 2013).

A biodiversidade mundial está sofrendo grandes pressões dado o crescimento populacional, o aumento das atividades econômicas e as mudanças climáticas. A redução da taxa de perda de biodiversidade e a garantia de que decisões incorporem o valor real de produtos e serviços fornecidos pela biodiversidade contribuirão substancialmente para que se atinja o desenvolvimento sustentável (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

2.4.7 Poluição visual

O risco de poluição visual significativa durante a identificação e preparação da área é considerado baixo, dado que as estruturas usadas nos projetos de exploração de gás são temporárias e não diferem muito de outros projetos de construção. O uso de perfuratrizes grandes pode potencialmente ser desprazeroso durante a fase de perfuração e construção do poço, de quatro semanas, especialmente em áreas de valores como as de agricultura e residenciais. Moradores locais em geral não tem familiaridade com os equipamentos de perfuração de grande porte e o risco de efeitos significativos é considerado moderado em situações onde as áreas de locação com poços múltiplos são desenvolvidos em certa área (BRASIER et al, 2011)

O Excesso de luz artificial pode trazer, além dos impactos à fauna já citados anteriormente, impactos à qualidade de vida e valores estéticos humanos. Áreas sobre o folhelho de Marcellus como o oeste de Maryland, pouco populada e bem conservada sofreriam mais com esta poluição. Outros possíveis efeitos do excesso de luz artificial em áreas pouco populadas são distração de motoristas, iluminando o céu de noites escuras, e reduzindo as qualidades estéticas das regiões rurais (ESHLEMAN; PIS, 2013).

2.4.8 Conflitos sociais – “rompimento da comunidade”

Descobertas de reservas gaseíferas são frequentemente acompanhadas de migrações em massa, para ocupação de postos de trabalho recém-criados e para o preenchimento de novos nichos no mercado (KING; APACHE CORPORATION, 2012).

Essas cidades com rápido crescimento, também chamadas em inglês de *boomtowns*, são ligadas a diversos impactos sociais (RYSER et al., 2014). Apesar de críticas (WILKINSON et al., 1982), pesquisas enfatizaram os impactos negativos deste cenário que conduzia ao modelo de “rompimento” da comunidade (WYNVEEN, 2011; ANDERSON; THEODORI, 2009; BRASIER, 2011; JACQUET, 2009; BROWN et al., 2005). Esses trabalhos demonstraram que crescimento populacional rápido associado ao desenvolvimento da indústria pode aumentar o estresse, alterar os padrões dos indivíduos, diminuir a coesão da

comunidade e até mudar seu caráter (BROWN et al., 2005). A qualidade de vida dos indivíduos, ligações entre os membros da comunidade e a saúde mental e física podem, também, ser afetados conduzindo a aumentos nos problemas sociais (por exemplo, crimes e abuso de drogas) (BRASIER et al., 2011).

Além disso, existe também um aumento na pressão sobre as organizações locais e serviços comunitários o que cria um padrão de vida inferior para aquelas pessoas não relacionadas a esta indústria extrativista. Os impactos sociais são sentidos de forma variada para as diferentes classes sociais, gênero, idade, tempo de residência, e o grau de benefícios diretos recebidos deste “desenvolvimento” (ANDERSON; THEODORI, 2009).

No estudo de Brasier, K. J., (2011) no condado de Bradford na Pensilvânia constatou-se que os residentes aparentavam ser conscientes da possibilidade de polarização e conflito da comunidade. Algumas pessoas reportaram casos de conflitos e brigas entre vizinhos, no qual um deles havia arrendado sua terra para ganhos financeiros enquanto o outro, proprietário adjacente, tinha que arcar com as consequências negativas da perfuração dos poços sem ganho algum.

Outros conflitos desenvolvem-se pela expansão da produção do gás. Na Pensilvânia diversos conflitos iniciaram-se com as enormes descobertas de gás no Folhelho de Marcellus. Atuais proprietários de terras, disputam com antigos que mantiveram propriedade dos direitos minerais e com isso, do gás sob as terras (PHILLY.COM, 2014).

Os tipos de “rompimentos” sociais e indivíduos afetados variam no ciclo do desenvolvimento energético. Diferentemente do que se pensavam, os residentes de longo prazo reportam os maiores níveis de satisfação em todas as fases (crescimento, colapso e recuperação) do desenvolvimento (BROWN et al., 2005). Da mesma forma, as mulheres e idosos pareceram ser os menos afetados pelos rompimentos na comunidade (WYNVEEN, 2011).

Outro estudo constatou variação na percepção dos impactos e satisfação dos residentes de diferentes condados. No condado de Pinedale no estado Americano de Wyoming, os residentes encaravam o crescimento e a industrialização como um aspecto negativo. Já os residentes de Big Piney e Marbleton viam os mesmos itens como um aspecto positivo. Neste caso, a grande diferença é que os dois últimos condados tem um longo histórico de crescimento/colapso associado à indústria de energia, enquanto Pinedale não teve nenhuma experiência do tipo (JACQUET, 2009).

Na Argentina, indígenas da etnia Mapuche que viviam sobre o campo de Vaca Muerta, província de Neuquén, onde uma grande reserva de gás não convencional está situada, reclamam de não terem sido consultados sobre o uso da terra de seus ancestrais e entram em conflitos com a indústria e outros moradores que vieram mais tarde (INTER PRESS SERVICE, 2014).

2.4.9 Poluição sonora

Ruídos de escavação, movimentação de terra e de veículos durante a preparação da área e perfuração do poço tem o potencial de impactar ambos residentes e a fauna local em particular em áreas sensíveis. Este impacto é similar ao

impacto da construção de qualquer outra infraestrutura, e é em geral considerado leve. No entanto, deve-se atentar aos impactos cumulativos da poluição sonora, dado que muitas áreas de locação com pouco espaçamento pode atenuar sua intensidade.

2.4.10 Aumento do tráfego de veículos

A movimentação de caminhões e carretas durante as fases de construção desenvolvimento do poço é grande. Em média utiliza-se 135 idas do caminhão por poço ou 500 a 800 viagens de caminhões para desenvolver uma área de locação com 10 poços em um período de quatro semanas (ACCENTURE, 2012).

Este impacto é temporário, mas seus efeitos cumulativos tem o potencial de resultar em efeitos adversos significativos nas estradas locais e, em menor escala, nas estradas estaduais (BLOOMFIELD, 2012). Os danos possíveis além do distúrbio de moradores locais são aumento de acidentes, danos às estradas e aumento da poeira (ACCENTURE, 2012).

2.4.11 Geração de sismos

Sabe-se desde os anos 1960, que sismos podem ser induzidos pela injeção de fluidos no subsolo. Naquele tempo, efluentes militares eram injetados em um poço a 3671 m de profundidade em Arsenal Rocky Mountain, Colorado, nos Estados Unidos. O que induziu os chamados "terremotos de Denver". A intensidade desses terremotos variou até a magnitude 5.3, causando danos extensos às cidades vizinhas, e como resultado, a utilização do poço foi descontinuada em 1966 (FROHLICH, 2012).

Esses terremotos podem ser induzidos por uma série de atividades antrópicas que alteram o estado de carga da crosta da Terra. Estes incluem a remoção de volume de subsuperfície, minerando a rocha sólida ou a extração de petróleo e gás. Ocasionalmente, grandes terremotos são acompanhados por mudanças significativas nas águas subterrâneas, por exemplo, mudanças no nível do lençol freático (SOEDER; KAPPEL, 2009).

O fraturamento hidráulico por si só, sob algumas circunstâncias, pode dar origem a tremores de até 3 graus na Escala Richter, que pode ser detectável pelo público, mas não oferece grande risco. No Reino Unido, no campo de Cuadrilla e em Youngstown, Ohio, Estados Unidos, foram relatados eventos de sismos relacionados às operações de extração de gás de folhelho. O terremoto registrado foi pequeno, de magnitude ao redor de dois (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a; RUTQVIST et al., 2013; SASAKI, 1998).

Neste caso do Reino Unido, dois terremotos de pequena escalada foram registrados próximo ao campo de Preese Hall operado pela empresa Cuadrilla, na cidade de Blackpool. Um deles com magnitude 1,5 e o segundo com 2,3 na escala Richter. Equipamentos instalados no local após o segundo terremoto detectaram o epicentro do evento a 500 m de Preese Hall e a uma profundidade de aproximadamente 2 km. Operações de fraturamento hidráulico foram realizadas entre 2 e 3 km de profundidade pouco antes de ambos os terremotos. A empresa

responsável pelo monitoramento concluiu que ambos os eventos compartilhavam o mesmo local e mecanismos de ocorrência. E que a hora de ocorrência dos terremotos em conjunção com a hora de injeção de fluidos nos poços sugere que ambos estariam relacionados (DECC-UK, 2011).

No folhelho de Eagle Ford no Texas, EUA, muitos pequenos terremotos foram atribuídos à injeção de fluidos para estimulação de poços. Seria possível que esses terremotos tivessem sido gerados por causas naturais coincidentemente próximos de poços ativos. No entanto, a observação de que a maioria dos terremotos identificados ocorreram durante o segundo ano da amostragem, quando as taxas de injeção de fluidos foram maiores, favorece a teoria da origem por indução (FROHLICH; BRUNT, 2013).

Ainda nos Estados Unidos, em Oklahoma, sete horas após o primeiro e mais profundo estágio de fraturamento hidráulico no campo de Eola (condado de Garvin), 50 terremotos de baixa magnitude foram registrados em um raio de 3,5 km do local de fraturamento (UNEP; GEAS, 2013).

Este fenômeno ocorre, pois durante ou logo após o fraturamento hidráulico pode haver um aumento da pressão do fluido ao longo de um plano de falha, o que, caso criticamente estressado, pode ser reativado induzindo sismicidade (BAME; FEHLER, 1986). Os fluidos desempenham um papel crítico no desencadeamento da atividade sísmica em diferentes cenários geológicos (HAIMSON et al., 2003). Segundo Holland (2013), o mecanismo aceito que desencadeia sismicidade para ambos o fraturamento hidráulico e a injeção de efluentes em grandes profundidades, é a difusão da pressão de poro e seu aumento subsequente, efetivamente reduzindo o estresse normal da falha, liberando o estresse contido e desencadeando o terremoto (DAVIES et al., 2013).

Embora uma série de terremotos pareça ter sido desencadeada pelo fraturamento hidráulico, esta ocorrência ainda parece ser rara. Em Oklahoma mais de 100 mil poços foram fraturados e em apenas três casos sugeriu-se associação com a atividade de extração de gás (HOLLAND, 2013). Além disso, a probabilidade de operações de gás de folhelho produzir terremotos fortes que causem danos é baixa, mas é necessário que se entenda melhor os mecanismos que os geram e as mitigações que necessárias (KERANEN et al., 2013).

2.5 Regulamentação

Apesar do poder do congresso americano em regulamentar as atividades de fraturamento hidráulico sob a Cláusula do Comércio da Constituição dos Estados Unidos, a regulamentação da indústria de petróleo e gás é, em grande parte deixada para os estados (ABDALLA, 2011; BRADY, 2011). Por este motivo, existem grandes diferenças nas exigências para revestimento e cimentação, divulgação da composição de fluidos e gerenciamento de efluentes (ALS GLOBAL, [s.d.]; GROAT; GRIMSHAW, 2012; JACKSON et al., 2011; RICHARDSON et al., 2013a).

De fato, como já citado neste trabalho, a indústria de petróleo e gás americana goza de isenções nos principais estatutos ambientais federais incluindo o: A Lei da Água (*Clean Water Act*), A Lei do Ar (*Clean Air Act*), entre outras (KULANDER, 2013). Os efeitos cumulativos destas isenções e exclusões foram a criação de um

vácuo regulamentar federal na autoridade ambiental sobre as operações de gás natural (JACOBY et al., 2011; KURTH et al., 2011).

O Anexo 1 apresenta uma tabela comparativa com legislações do Brasil, Argentina, Reino Unido e 7 estados americanos com relação à necessidade de licenciamento junto ao órgão competente, medidas para proteção dos recursos hídricos, opções de armazenagem de efluentes, regras para descarte de resíduos, possibilidade de injeção subterrânea de resíduos e, por fim, divulgação de produtos químicos usados nas operações (DECC-UK, 2011, 2013a, 2014a, 2014b, 2014c, 2014d, 2014e, 2014f; UKOOG, 2013).

Em todos os casos o licenciamento ambiental, em algum nível, é obrigatório. Como já dito, nos Estados Unidos a legislação varia de estado para estado (CONSERVATION, 2010; MINOR, [s.d.]; NY DEC, 2011; PA DEP, [s.d.]; RICHARDSON et al., 2013b). Na Argentina, se os impactos forem contidos da jurisdição provincial, o empreendimento poderá ser licenciado pelo órgão local (província) (BALZE, 2012). No Reino Unido, as licenças necessárias são obtidas no órgão nacional (DECC)³ e no Brasil, esta questão ainda está em discussão. Os dados de regulamentação apresentados neste trabalho são apenas à nível da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, a legislação ambiental específica para recursos não convencionais ainda é inexistente (ANP, 2014).

Grande parte dos países/estados avaliados possuem regulamentação para a proteção dos recursos hídricos, tanto para seu uso, quando para evitar a sua contaminação. Sendo que, em alguns estados americanos essa legislação ainda é bastante permissiva e genérica, como no Texas. No Brasil, a ANP criou uma legislação robusta a nível de agência, e espera-se que a legislação ambiental venha a complementa-la, assegurando a proteção dos recursos hídricos nacionais. O estado de *Maryland*, nos Estados Unidos, recentemente liberou o primeiro rascunho da legislação específica para a exploração do folhelho de Marcellus. Esta regulamentação foi baseada em um amplo estudo científico realizado por Eshleman & Pis (2013) que contem uma série de recomendações de boas práticas para a indústria. Uma das recomendações mais importantes deste estudo é criação de regulamentação para apoiar a preparação e implementação de Planos de Perfuração Abrangentes (*Comprehensive Drilling Plans – CDPs*), pensando nos impactos cumulativos da atividade. Este programa pode tornar-se obrigatório ou voluntário, onde o estado forneceria incentivos atraentes para aqueles operadores dispostos a participar. Após identificar as atividades de petróleo e gás previsíveis em uma área geográfica definida antecipadamente, as empresas de energia trabalhariam em cooperação com outras partes interessadas (incluindo órgãos ambientais, municípios, grupos de cidadãos, etc.) para desenvolver um plano integrado de forma extrair o recurso eficazmente, minimizando impactos nas comunidades, ecossistemas e recursos naturais. Esta abordagem oferece muitas vantagens, mas o mais importante é que ela fornece uma maneira de efetivamente canalizar essa atividade industrial para aquelas áreas onde menos dos recursos mais sensíveis estão "em perigo", e onde necessidade de novas infraestruturas (por exemplo, estradas, pipelines) é mais baixa. Espera-se que o processo de planejamento para um plano de perfuração abrangente obrigue aos operadores a avançar em um ritmo mais lento e manejável.

³ Department of Energy & Climate Change

A segunda recomendação importante é o estabelecimento de uma linha de base através de dois anos de monitoramento prévio à qualquer operação. Estes dados incluiriam dados sociais, biológicos, físicos e químicos da região e seria um requisito para dar entrada no pedido de licença juntamente com planos específicos para a atividade. Esta proposta de legislação encontra-se agora disponível para comentários com grande parte das recomendações sugeridas, e se aprovado como está, passará a ser o estado com a legislação mais robusta nos Estados Unidos (MARYLAND DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, 2015).

A gestão de resíduos de operações de gás natural é coberta, mesmo que genericamente por todos os estados/países. Nos Estados Unidos, no entanto, os resíduos da produção de Petróleo e Gás foram isentos da classificação de resíduos perigosos (STRONGER, 2014), deixando para os estados mais uma vez a regulamentação que garanta o melhor destino para os resíduos. No Brasil, a ANP exige um plano de gestão de resíduos sem entrar em detalhes quanto à opções de destinação final (ANP, 2014).

Outro assunto controverso é a permissão de armazenamento de efluentes do fraturamento hidráulico (águas de retorno e de produção) em tanques abertos no solo. Os possíveis impactos já foram citados aqui neste trabalho, no entanto, a maioria dos estados americanos ainda permite a prática. A Argentina permite apenas para certos tipos de efluentes, mas é mais restritiva no caso de águas de retorno e de produção. Na regulamentação da ANP no Brasil, nada foi citado com relação a este item (ANP, 2014). No caso do setor de petróleo e gás marítimo brasileiro, o descarte e injeção de águas produzidas são cobertos por outras legislações (BORBA et al., 2015; CONAMA, 2005, 2007), mas nada existe ainda para descarte específico de efluentes da extração de gás não convencional em terra.

A injeção subterrânea de efluentes é uma prática amplamente usada nos Estados Unidos e já adotada em outros países, como Argentina e Reino Unido. Como já dito neste estudo, consiste da injeção de efluentes de perfuração e fraturamento hidráulico sob pressão em camadas geológicas profundas onde se encontra água salina e acredita-se não haver conexão com aquíferos (RAHM et al., 2013). A injeção subterrânea é uma forma mais barata de descarte de resíduos, em contraste com o tratamento da água para disposição em águas de superfície. O Instituto Americano de Petróleo (API) afirma que a disposição de efluentes através de injeção subterrânea, onde zonas de injeção estão disponíveis, é amplamente reconhecida como uma prática saudável para o meio ambiente, bem regulamentada e provou ser efetiva (API, 2011). Esta recomendação ecoou em mais de 30 estados que passaram a adotar a prática. (RICHARDSON et al., 2013b). Com receio dos possíveis impactos desta prática, algumas cidades americanas baniram-na de seus territórios, como é o caso de Fort Worth, Texas (SOVACOOOL, 2014).

A divulgação de produtos químicos usados no processo de fraturamento hidráulico é, de longe, a maior preocupação do público. Começando com Wyoming, diversos estados Americano aprovaram leis tornando obrigatória a notificação de que o fraturamento ocorrerá no poço e a divulgação dos produtos químicos usados. A divulgação via um sítio eletrônico disponível para o público interessado como o www.fracfocus.org (*FracFocus*), um arquivo digital mantido pelo *Interstate Oil and Gas Compact Commission* e pelo *Groundwater Protection Council*, é a forma mais comum usada para tornar público os produtos químicos usados neste processo. O

FracFocus começou em Abril de 2011 e tem hoje (Fevereiro 2015) 93125 poços registrados em diversos estados americanos. Estima-se que 75% dos poços perfurados depois da criação do *FracFocus* passaram a registrar os produtos químicos publicamente (KULANDER, 2013). Alguns grupos, no entanto, reclamam que o *Fracfocus* seria limitado e não forneceria ao público, e até às autoridades, a informação necessária sobre todos os ingredientes dos fluidos. No Brasil a legislação da ANP é clara e prevê a divulgação dos produtos químicos, incluindo a quantidade usada e concentração, no sítio eletrônico do operador, para que sejam acessíveis ao público. Na Argentina o operador deve fornecer os dados à autoridade ambiental competente, mas a lei, não é clara quando à divulgação ao público interessado (BALZE, 2012). O Reino Unido sofre também com um problema comum, a sensibilidade comercial de fluidos usados na indústria, onde sua composição é estratégica para a empresa, e neste caso pode ser protegida como confidencial (DECC-UK, 2013b).

Com isso, pode-se fazer bom uso de iniciativas não governamentais como o STRONGER (*State Review of Oil and Natural Gas Environmental Regulations*), o API (*American Petroleum Institute*) ou ainda o *FracFocus* que reúnem boas práticas da Indústria em diretrizes que podem ser aplicadas diretamente e melhorar ajudar a empresa a manter sua “licença social” para operar (API, 2011; STRONGER, 2014).

Embora esta regulamentação mais localizada permita uma melhor especificidade para ambientes e condições geológicas locais, exigências mínimas federais ajudariam a manter um padrão mais homogêneo e garantir a proteção dos recursos naturais locais (ACCENTURE, 2012).

Por fim, a regulamentação do gás de folhelho mostrou ser complexa e dinâmica refletindo a tecnologia complicada, a crescente compreensão dos riscos e o ritmo acelerado de desenvolvimento, o que contribui para a heterogeneidade regulamentar entre os estados americanos e outros países (RICHARDSON et al., 2013c).

2.6 Exploração no Brasil

O Brasil encontra-se em um momento importante na exploração de gás natural não convencional. Em 2013, o Brasil aparece em um estudo preparado para as Agências americanas de Energia e de Administração da Informação de Energia (U.S. EIA) como o décimo na lista de possível ocorrência de folhelho com potencial para gás não convencional. Neste mesmo ano, Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) expressou o interesse em expandir a exploração de gás de folhelho (MORAIS; JERÔNIMO, 2013). E em novembro de 2013, ocorreu a 12ª rodada de licitações da ANP, onde foram ofertados 240 blocos (Figura 15) com grandes chances de existência de jazidas de gás natural convencional e alguns com possível existência de gás não convencional sendo eles nas seguintes bacias sedimentares: Parnaíba, Parecis, São Francisco, Paraná, Recôncavo, Acre, Sergipe, Alagoas.

Do total de blocos leiloados, 72 foram arrematados, sendo 49 adquiridos (Tabela 3) pela Petrobras e os demais pelas empresas Geopark, Trayectoria Oil Gas, Alvo Petro, Cowan Petroleo e Gás (ANP, 2013). Esses blocos localizam-se nos estados do Amazonas, Acre, Tocantins, Alagoas, Sergipe, Piauí, Mato Grosso, Goiás,

Bahia, Maranhão, Paraná e São Paulo, e estão próximos ou sobre os principais aquíferos brasileiros e também de parques nacionais e outras unidades de conservação, territórios indígenas e de quilombolas, assentamentos rurais e fazendas, o que eleva o potencial de impactos e conflitos socioambientais (WWF, 2013; GTPEG, 2013).

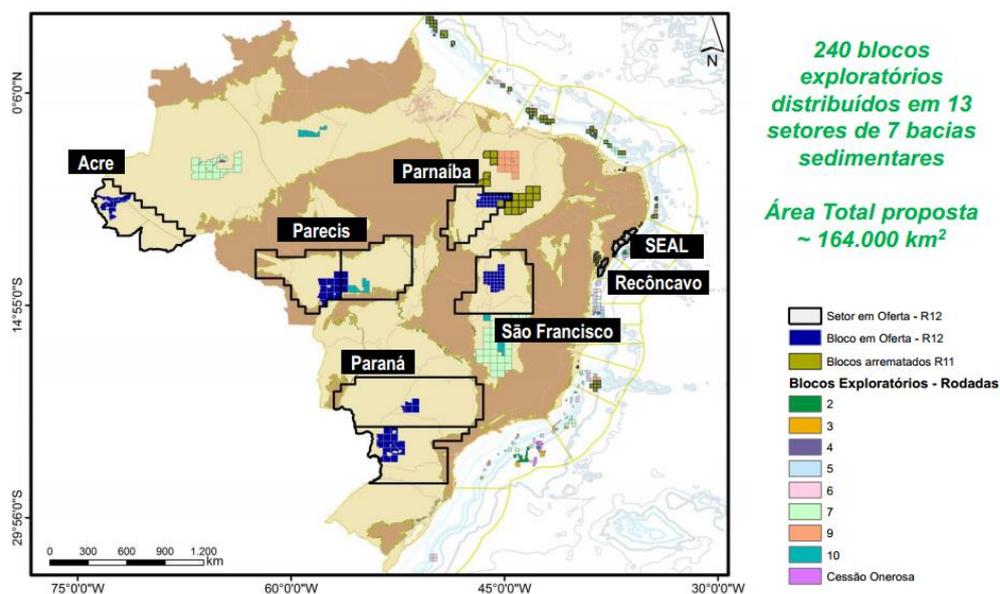


Figura 15 Blocos ofertados na 12a rodada de licitações da ANP. Fonte: http://www.brasil-rounds.gov.br/arquivos/Seminarios_R12/apresentacao/r12_01_areas_em_oferta.pdf

Tabela 3 Blocos ofertados vs. arrematados na 12a rodada de licitações ANP. Fonte: <http://www.brasil-rounds-data.anp.gov.br/relatoriosbid/Bacia/ConsolidadoBaciaDesktop>

Bacia	Blocos	
	Oferecidos	Arrematados
Recôncavo	50	30
Alagoas	39	12
Paraná	19	16
Sergipe	41	12
Parnaíba	32	1
Acre	9	1
São Francisco	36	0
Parecis- Alto Xingu	14	0
Total	240	72

Uma das principais justificativas para a expansão do gás em certas regiões é o crescimento econômico local, como já discutido neste trabalho. No Brasil, no entanto, esses benefícios seriam muito menores do que nos Estados Unidos, a infraestrutura de escoamento e transporte de estados como o Texas e a Pensilvânia, por exemplo, é enormemente maior, já que esses estados exploram combustíveis fósseis há muitos anos (LAGE et al., 2013).

As áreas dos potenciais folhelhos brasileiros são remotas e distantes dos grandes centros econômicos e de capitais do Petróleo e Gás offshore, como Rio de Janeiro e Santos (SP) onde grande parte dos trabalhadores capacitados para a Indústria se encontram. A população local seria usada apenas para cargos menos qualificados e grande parte teria que ser trazida de fora (BARTH, 2013).

Por serem, em sua maioria, rurais, essas áreas também estariam vulneráveis aos conflitos socioeconômicos citados neste trabalho, como o rápido crescimento e inchaço urbano, especulação imobiliária, a favelização e o aumento da prostituição que acompanham comumente grandes empreendimentos em nosso país (BRAGA; SILVA, 2011; CARDOSO, 2007b; FERREIRA, 2014). Ademais, o modelo de direitos minerais no Brasil difere muito do americano. Com o estado sendo o controlador dos recursos subterrâneos, desapropriações são muito comuns para possibilitar a exploração dos recursos de “interesse público” (FERREIRA; FILHO, 2015).

Além disso, pouco se considera a cerca dos impactos sobre outros setores da economia. Setores incompatíveis com altos níveis de industrialização e degradação ambiental incluem agricultura, turismo, pesca, recreação ao ar livre e produção de vinhos e cervejas. No Brasil, segundo o Ministério do Turismo, este setor contribui com 9,2% do PIB brasileiro que equivale a R\$ 443,5 bilhões (MT, 2014). O setor é responsável por gerar nove milhões de postos de trabalho diretos e estima-se que quase 8,4 milhões indiretamente (MT, 2014 2).

Ademais, estudos de Sachs & Warner (1995, 2001) discutem a relação negativa entre a quantidade de recursos naturais de um país e seu crescimento econômico. E concluem que países com grande riqueza em recursos naturais tendem a crescer mais lentamente do que aqueles “pobres” em recursos naturais, os autores chamaram essa relação de “a maldição dos recursos naturais”. Nos Estados Unidos essa hipótese foi muito testada para aquelas áreas que historicamente tiveram forte indústria extrativista, e foi provada verdadeira (BARTH, 2013; GERARD, 2011). Em outro estudo Stevens (2003) revisou extensa literatura neste assunto e concluiu que para diminuir a chance da “maldição” o recurso deve ser desenvolvido em ritmo lento, aumentando as chances da sociedade e economia local se ajustarem e de que os efeitos do rápido crescimento sejam menos sentidos.

Com exceção da Bacia do Recôncavo, onde a produção de Petróleo e Gás é antiga e a infraestrutura de armazenamento e transporte é desenvolvida, as outras bacias brasileiras ofertadas possuem infraestrutura praticamente nula, o que encareceria as operações. A Figura 16 apresenta os gasodutos disponíveis e planejados no Brasil.



Figura 16 Mapa com infraestrutura de produção e movimentação de gas natural- Fonte: (EPE, 2011)

Quanto à questão do uso de recursos hídricos, no Brasil, cerca de 60% dos distritos são abastecidos por água subterrânea. Além de atender diretamente à população, esses recursos são utilizados na indústria, agricultura (irrigação), lazer, etc.. A competição por esse recurso poderia ser danosa à população local (MMA, 2007).

A Bacia do Paraná teve 16 dos 19 blocos arrematados e também abriga um dos maiores volumes de água subterrânea do mundo, o Aquífero Guarani, que hoje se acredita haver evidências concretas de conectividades com o aquífero Serra Geral (principalmente em Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul), formando o Sistema Aquífero Guarani Serra Geral (SCHEIBE et al., 2013; SCHEIBE et al., 2008). Este aquífero devido às suas características de confinamento, possui recarga lenta e fluxos bastante lentos (0,00001 a 0,0005 m/ano) e reduzida velocidade de circulação (HIRATA et al., 2008). Por esta razão, a exploração de águas de suas diferentes áreas (livre, confinadas e fortemente confinadas) para a produção de gás de folhelho, deve ser feita de forma planejada e volumes devem ser limitados.

Na recente regulamentação brasileira, Resolução N°21 da ANP, a Agência coloca que:

“A água utilizada deverá ser preferencialmente Efluente Gerado, água imprópria ou de baixa aceitação para o consumo humano ou dessedentação animal, ou água resultante de efluentes industriais ou domésticos, desde que o tratamento a habilite ao uso pretendido.”

Deixando, assim, espaço para que as empresas continuem decidindo o local menos custoso para extrair sua água, mediante pedido de outorga do uso de água (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 1997).

No que se refere às emissões, o aumento na exploração do gás não traria grandes benefícios ao Brasil. Ao contrário dos Estados Unidos, onde a substituição da matriz baseada em carvão por gás pode trazer benefícios à saúde e ao meio ambiente, grande parte da energia elétrica brasileira é hidráulica, portanto sua substituição por termelétricas movidas à gás natural só traria consequências negativas à nossa matriz energética (EPE, 2014; STEPHENSON et al., 2012). O desenvolvimento do gás natural não convencional de grande escala no Brasil pode também trazer consequências ao clima e aos planos do governo de redução voluntária de emissões (COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA, 2008).

O Brasil ainda discute quem será o órgão licenciador de tal atividade, se ficará com o IBAMA na esfera federal, ou se será feita pelos governos estaduais como já acontece hoje com o gás natural convencional em bacias terrestres. Em seu estudo, Garmezy (2012) argumentou diversas razões pelas quais o governo federal seria a melhor opção.

A burocracia ambiental federal é mais distante do eleitorado e, portanto sofre menos pressões do que os governos locais dos atrativos econômicos de empreendedores de petróleo e gás. Em muitos casos os governos locais poderão pressionar os governos estaduais pela necessidade de desenvolvimento de suas cidades, e diante da pressão de populações que buscam mais empregos e melhores condições de vida, os governantes dos Estados terão pouca chance além de sucumbir ao rápido licenciamento, caso busquem reeleição (GARMEZY, 2012).

Em geral, governos estaduais e municipais são particularmente mais vulneráveis às pressões da indústria. O eleitorado, por sua vez, tende a favorecer os ganhos econômicos de curto prazo quando comparado aos nebulosos custos ambientais de longo prazo. Outro argumento seria que os estados poderiam não levar em consideração os custos de poluição fora de seus limites territoriais, e, portanto o papel do estado como órgão licenciador poderia piorar os efeitos de externalidades negativas (GARMEZY, 2012).

Por fim, o Brasil não se encontra na mesma posição dos Estados Unidos que facilitou a grande expansão do gás desde os anos 2000. Nesse país houve significativo apoio governamental, flexibilização da legislação, vantagens na redução das emissões, disponibilidade de infraestrutura existente e desenvolvimento tecnológico. No Brasil, sem que haja grandes incentivos e planejamento de infraestrutura é pouco provável que essa atividade seja economicamente viável (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a; LAGE et al., 2013).

Além disso, a falta de consulta e mais informações sobre a natureza das operações causou grandes preocupações à população interessada, que em grande parte, se opõe à atividade. Imediatamente após o leilão dos blocos, ministérios públicos de diversos estados ajuizaram liminares para suspender os efeitos da licitação da ANP em seus estados (MPF-BA 2014; MPF-PR, 2014). Um exemplo é a suspensão dos efeitos da licitação de blocos da 12ª rodada da ANP para blocos do

oeste paulista pelo Ministério Público Federal (MPF) anunciado no dia 29/01/2015. A decisão atende à liminar do Ministério Público Federal em Presidente Prudente, uma das áreas onde estão localizados os blocos licitados. A Justiça também proibiu a ANP de promover novas licitações para exploração do combustível na região enquanto não houver prévia regulamentação pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a realização de estudos de impacto ambiental, entre eles a Avaliação Ambiental de Área Sedimentar (AAAS). A Justiça acolheu os argumentos do MPF de que a adoção do fraturamento hidráulico pode gerar impactos ambientais incomensuráveis, além de representar um perigo à saúde humana. A técnica levaria à poluição do solo e dos lençóis freáticos, incluindo o Aquífero Guarani, reservatório de água doce estratégico para as gerações atuais e futuras. Traria ainda riscos de abalos sísmicos e de contaminação das Unidades de Conservação localizadas próximo ao local de exploração. Outro problema apontado é a grande quantidade de água necessária para a operação do fraturamento hidráulico, o que, juntamente com a poluição, afetaria a agropecuária, principal atividade econômica da região, e traria riscos à segurança hídrica já em crise no estado de São Paulo (MPF-PRG, 2015).

5 CONCLUSÃO

Numerosos argumentos sobre fraturamento hidráulico são trazidos para o debate público com o objetivo de enfraquecer o debate a cerca dos impactos ambientais descritos acima. Entre eles estão:

- “Acidentes comprovados e violações são devido às más práticas de empresas, que são predominantemente empresas pequenas”. No caso brasileiro, o setor ainda terá que se desenvolver, mas já se observa pequenas empresas de petróleo e gás adquirindo blocos terrestres como a Petra, Ouro Preto, Geopark, Trayectoria Oil & Gas, Cowan e Nova Petróleo (ANP, 2014).
- “Contaminação de águas subterrâneas por metano ocorre devido à presença natural do metano biogênico” (SABA; ORZECOWSKI, 2011), da decomposição de matéria orgânica subterrânea. Análises científicas da composição de isótopos e análises estatísticas da correlação entre níveis de metano e aumento das atividades de fraturamento hidráulico, provam que as contaminações por metano são, em grande parte, causadas por metano termogênico, vindo de formações rochosas (OSBORN et al., [s.d.]).
- “Não existe evidência que a contaminação de águas subterrâneas é relacionada ao fraturamento hidráulico” (KING; APACHE CORPORATION, 2012). Obviamente é muito complexo provar relações diretas entre contaminantes específicos e atividades individuais. Todavia, existem alguns casos que esta correlação foi comprovada (OSWALD; BAMBERGER, 2012).
- “Quando a operação é feita com equipamentos de última geração e por profissionais treinados os riscos são minimizados”. O baixo risco restante, deve ser comparado com os ganhos econômicos advindos do desenvolvimento de reservatórios de gás. A atratividade econômica do gás não convencional brasileiro ainda não foi provada. Análises de custo-benefício devem ser preparadas incluindo possível aumento no custo da saúde pública, dados os efeitos dos produtos químicos acima mencionados, e custos

extras de tratamento de águas contaminadas para futuro consumo humano, dados estes, que não foram considerados em alguns estudos avaliados (CONSIDINE et al., 2011).

É essencial que o planejamento desta atividade aconteça em ritmo desacelerado, dando tempo para a legislação ser discutida e comentada pela sociedade civil. Igualmente importante que existam recursos destinados ao monitoramento e fiscalização das atividades pelos órgãos licenciadores e é também vital que o governo brasileiro se atente aos efeitos cumulativos desta atividade.

Para que um empreendimento desta magnitude aconteça, dados de referência deveriam ser coletados por no mínimo dois anos, possibilitando a avaliação de impactos futuros. Além disso a regulamentação, em outros âmbitos, deve-se atentar aos riscos aos recursos hídricos e estabelecer locais e limites para o uso de água pela indústria de petróleo e gás, com especificidades para a exploração de gás de folhelho, dadas suas características peculiares. Ademais, o uso de pequenos cursos d'água para retirada de água deve ser criticamente questionado. Em alguns casos proibições de extrações de corpos d'água de pequeno e médio fluxos seria uma forma prudente de proteger as águas superficiais sensíveis aos impactos decorrentes das extrações coletivas.

De uma forma geral, o decreto de moratória temporária até que se entenda melhor os impactos do fraturamento hidráulico de alto volume dimensionados para o território brasileiro, pode ser uma atitude prudente. O atual cenário provou que o modo mais eficiente e rápido pode ser através do decreto de moratória por municípios individuais, onde a opinião da população e do eleitorado tem maior influência.

5.1 Recomendações

Este item apresenta as recomendações presentes da literatura relevantes para a regulamentação brasileira iniciando com as mais abrangentes, seguidas pelas mais específicas para mitigar cada impacto aqui citado.

Levando em conta os potenciais impactos citados neste trabalho e o cenário brasileiro atual, abordagens que desacelerem a expansão do extrativismo do gás podem ser benéficas para que a legisladores tenham tempo de planejar as melhores ações para cada região e se preparem para os impactos cumulativos desta exploração.

Uma delas já mencionada neste trabalho é criação de regulamentação para apoiar a preparação e implementação de Planos de Perfuração Abrangentes. Este programa pode tornar-se obrigatório ou voluntário onde o Estado forneceria incentivos atraentes para aqueles operadores dispostos a participar. Após identificar as atividades de petróleo e gás previsíveis em uma área geográfica definida, as empresas de Petróleo e Gás trabalhariam em cooperação com outras partes interessadas (incluindo órgãos ambientais, municípios, grupos de cidadãos, etc.) para desenvolver um plano integrado de forma a extrair o recurso eficientemente minimizando impactos nas comunidades, ecossistemas e recursos naturais (ESHLEMAN; PIS, 2013).

No Brasil uma iniciativa semelhante a esta envolvendo múltiplos atores interessados é a Avaliação Ambiental de Área Sedimentar (AAAS) que será utilizada no processo de outorga de blocos exploratórios de petróleo e gás (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012).

Neste caso, o estudo é de responsabilidade dos Ministérios de Minas e Energia e do Meio Ambiente e poderá nortear a ANP e outros órgãos ambientais na organização de informações sobre áreas ambientalmente sensíveis como forma de orientação aos empreendedores em relação ao licenciamento previsto (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012).

A AAAS inicia-se com um Estudo Ambiental de Área Sedimentar (EAAS), englobando proposição de classificação da Área Sedimentar quanto à sua aptidão para outorga de blocos exploratórios, dividindo-se em áreas aptas, não aptas ou com indicação de moratória, caso seja pertinente; diagnóstico ambiental regional, contemplando a caracterização regional dos meios físico, biótico e socioeconômico; elaboração de uma base hidrodinâmica de referência, a ser disponibilizada aos empreendedores; proposição de recomendações ao licenciamento ambiental, tais como: medidas mitigadoras específicas, exigências tecnológicas e de estudos e monitoramentos específicos. E culminando com a tomada de decisão quanto à aptidão da área ou ao decreto de moratória quando assim couber (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2012).

5.1.1 Proteção de recursos hídricos

- Monitoramento e divulgação de dados sobre o uso de água, volume e características de águas residuais e metano e outras emissões acompanhado da divulgação obrigatória de todos os aditivos do fluido de perfuração e fraturamento hidráulico (ECKERT SEAMANS ATTORNEYS AT LAW, 2014; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).
- Banir exploração de gás não convencional que utilize o fraturamento hidráulico sobre lençóis freáticos de grande importância para centros urbanos e quando forem a única alternativa para residências na vizinhança (SMITH; FERGUSON, 2013).
- Registros de operações de perfuração e fraturamento hidráulico devem ser feitos incluindo a lista com o volume total injetado, os volumes de cada fluido, a profundidade em que os produtos foram introduzidos e o volume do fluido recuperado (COLBORN et al., 2011).
- Considerar limitações mínimas de profundidade para o fraturamento hidráulico para que as operações mantenham distantes do lençol freático (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).
- Monitorar a extensão da fratura para que não passe além das formações produtoras de gás. (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a)
- Implementar planos robustos em projetos de poços, construção, cimentação e testes de integridade como parte dos padrões mínimos para garantir que as formações produtoras de gás sejam completamente isoladas de outros estratos penetrados pelo poço, em particular, os aquíferos

(DAVIES et al., 2014; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a; IPIECA, 2013; OGP, [s.d.]).

- Tomar ações para prevenir e conter vazamentos na superfície e dentro do poço e garantir que efluentes e resíduos sólidos sejam dispostos adequadamente (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).
- Reduzir o uso de água doce aumentando a eficiência operacional; reuso ou reciclagem de água, quando possível, para reduzir a pressão nos recursos hídricos locais (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).
- Água de retorno pode ser coletada e reusada em um sistema fechado (ACCENTURE, 2012).
- Usar de monitoramento microssísmico para controlar a extensão das fraturas (BLOOMFIELD, 2012; DAVIES et al., 2012).
- Pesquisar a interação entre os produtos químicos utilizados e as formações rochosas (BLOOMFIELD, 2012).
- Durante a construção de tubulações de transporte próximas a cursos d'água, utilizar técnicas que minimizem a quantidade de sedimentos liberados na água e mantenham o fluxo adequado para a proteção de espécies aquáticas (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).
- Implementar de boas práticas da indústria para gerir erosões e sedimentação e poluição por águas de enxurrada são críticos para gerir impactos potenciais na qualidade da água (ESHLEMAN; PIS, 2013).
- Para garantir a integridade do poço, operadores devem implementar medidas como sistemas de aprovação de fornecedores e prestadores de serviço para garantir os melhores procedimentos de revestimento e cimentação (MICHAELS; SIMPSON; WEGNER, 2010).
- Assegurar que planos de resposta à emergência são robustos e condizentes com a escala de risco do projeto (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).

5.1.2 Conflitos com a comunidade

- Engajar com a comunidade local, residentes e outros *stakeholders*⁴ em cada fase do desenvolvimento iniciando antes da exploração, permitir tempo suficiente para comentários públicos sobre os planos, operações e desempenho (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).
- Operador deve comprometer-se com suas responsabilidades socioambientais e assegurar-se que os benefícios econômicos sejam sentidos pela comunidade local (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).
- Operadores devem escolher a localização do poço de maneira a minimizar os impactos na comunidade, patrimônio cultural, uso atual do território, modos de vida e ecologia local (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).
- Fazer levantamento da geologia local para tomar decisões inteligentes sobre o local da perfuração e do fraturamento hidráulico: avaliar riscos de

⁴ Partes interessadas.

reativação de fraturas que possam gerar terremotos ou permitir a passagem do fluido para outro estrato geológico (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).

- Buscar oportunidades de desenvolvimento da economia e infraestrutura local para reduzir os impactos (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).
- Para diminuir o impacto visual sugere-se primeiramente que se faça uma análise para escolher o melhor local onde a área de locação e a infraestrutura relacionada fiquem menos visíveis de estradas movimentadas, pontos de interesse turístico, instalações de lazer públicas etc. O segundo tipo de mitigação envolve o uso de telas camufladas, esquemas de pintura, barreiras verdes, e técnicas de paisagismo para perfuração obscuro técnicas de paisagismo para esconder equipamentos de perfuração e outros tipos de infraestrutura relacionada (ESHLEMAN; PIS, 2013).

5.1.3 Armazenamento de efluentes

- A alternativa é armazenar efluentes em containers de metal fechados nas instalações de perfuração até que seja removida para disposição final (OSWALD; BAMBERGER, 2012).

5.1.4 Disposição de resíduos e efluentes

- Antes da emissão da licença para operar, um plano de gestão de resíduos deve ser revisado e aprovado e tornar-se parte da licença.
- Estocar e dispor águas de produção e residuais de maneira segura (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).
- Reguladores devem exigir que operadores invistam em tratamento de efluentes e obtenham seguros de responsabilidade civil que cubram o suficiente para corrigir, reparar ou compensar qualquer dano ambiental ou descarte de resíduos perigosos resultantes da exploração ou produção de gás (MICHAELS et al., 2010).

5.1.5 Trânsito

- Governos locais devem restringir o trânsito de veículos de operações de gás não convencional em áreas residenciais. Implementando limites de peso em certas estradas e implementando taxas por uso de veículos pesados podem ser medidas efetivas (ACCENTURE, 2012).

5.1.6 Distâncias de segurança

- A prevalência de pequenos subcontratados diminui a garantia de que as melhores práticas da indústria sejam seguidas a risca devido à falta de supervisão e treinamento adequados. Dado que a probabilidade de

acidentes existe, o estabelecimento de distâncias de segurança de casas, escolas, lagoas, e outros corpos d'água proporcionar uma segurança adicional (OSWALD; BAMBERGER, 2012).

5.1.7 Emissões de gás de efeito estufa

- Eliminar a ventilação de gás e a queima de gás em *flare* (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).
- Minimizar a poluição do ar por veículos, plataformas de perfuração, motores das bombas e compressores (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).

5.1.8 Proteção da saúde

- Ar, solo, e todas as fontes de água potável usadas por humanos e animais na vizinhança das instalações do poço (pelo menos 900 m para testes de solo e água e 8 km para monitoramento de ar) devem ser amostrados e testados para todos os componentes envolvidos na perfuração e fraturamento hidráulico e que possam ser encontrados nos efluentes antes do início dos trabalhos nas instalações (OSWALD; BAMBERGER, 2012).
- A amostragem deve ser repediada em intervalos seguido do início da perfuração ou sob suspeita de efeitos adversos. As práticas a seguir devem ser parte do protocolo:
 - A amostragem deve ser feita por terceiros, sem interesse com a cadeia de custódia bem definida entre a amostragem e o teste. O teste deve ser feito por um laboratório certificado os resultados devem ficar disponíveis para todas as partes interessadas (OSWALD; BAMBERGER, 2012);
 - Sob suspeita de efeitos adversos, os testes devem incluir, ar, solo, efluentes, todas as fontes de água potável, sangue, urina e tecido de animais e humanos afetados. Se metano estiver presente na água, uma análise isotópica para determinar a origem (biogênica ou termogênica) deve ser realizada (OSWALD; BAMBERGER, 2012).
- Testes COVs na atmosfera através do uso de canisters são essenciais. Devem ser realizados para estabelecer a linha de base antes do início da perfuração e durante e após a queima de gás em *flare*. Deve ser feito também após o represamento de águas residuais e da instalação da estação de compressores (OSWALD; BAMBERGER, 2012)
- Testes antes e depois da operação de perfuração são parte importante da documentação de efeitos à saúde. Se os efeitos são associados a produtos químicos preexistentes em corpos d'água ou poços, os testes preveniriam falsas associações entre a perfuração e a contaminação da água. Por outro lado, se mudanças na composição química são relacionadas à alterações na saúde, então uma forte justificativa para a compensação é proporcionada. Em numerosos casos descritos, a compensação não feita por que não havia testes anteriores para comprovar a relação (OSWALD; BAMBERGER, 2012).

- Confidencialidade de produtos químicos usados na perfuração e fraturamento hidráulico deve ser negada a fim de proteger a saúde de pessoas e animais (COLBORN et al., 2011).
- O volume de todos os líquidos e sólidos removidos das instalações deve ser disponibilizado para o público (COLBORN et al., 2011).
- O monitoramento da qualidade do ar para COVs e ozônio deve-se tornar procedimento padrão antes do início da perfuração para se estabelecer uma referência (COLBORN et al., 2011).
- Recomenda-se desenvolver impressões digitais isotópicas para os compostos clorados usados na perfuração e fraturamento. Cada fabricante teria uma impressão digital própria o que facilitaria à órgão regulador identificar a fonte de eventuais contaminações (COLBORN et al., 2011).
- Estado deve estabelecer um programa de monitoramento epidemiológico. O estudo deveria incluir monitoramento de ar e água, assim como alterações na saúde daqueles vivendo próximos ou trabalhando em operações de gás natural. O monitoramento de saúde deve ser capaz de detectar tendências prematuramente como asma, hipertensão, sensibilidade a produtos químicos, irritação crônica na pele e olhos, entre outras (COLBORN et al., 2011).
- Minimizar o uso de aditivos químicos e promover o desenvolvimento de alternativas melhores para o meio ambiente (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2012a).
- Uso de aditivos mais “limpos” incluindo o uso de goma Guar e produtos químicos a base de amido que sejam biodegradáveis. A empresa Chesapeake afirma ter reduzido de 10 a 25% dos aditivos químicos em seu fluido de fraturamento, chamado de *Green Frac* (ACCENTURE, 2012; CHESAPEAKE, 2009).

5.1.9 Uso do território/proteção da biodiversidade

- Planejar nos primeiros estágios para promover infraestrutura compartilhada entre os operadores. Quando possível reusar infraestrutura existente para minimizar distúrbios na superfície e impactos à vida selvagem (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).
- Usar o maior número possível de poços por área de locação para consolidar o armazenamento de água, minimizar a pegada ecológica, reduzir o trânsito de caminhões e permitir a gestão de fluidos centralizada (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).
- Evitar habitats de importância para a conservação da biodiversidade e sensíveis. A literatura sugere que evitar grandes áreas florestadas, particularmente aquelas com mata intacta, ajuda a reduzir a fragmentação e preserva a qualidade da água em cursos d’água (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).
- Evitar a exploração de gás nas seguintes áreas: encostas íngremes (> 10-15%), matas ciliares, várzeas, encostas de lagos, pântanos, áreas sujeitas à erosão severa, áreas florestais contíguas, habitats raros ou únicos, e áreas de vida selvagens importantes (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).

- A infraestrutura não deve ser colocada em um raio de 100m de áreas chave para alimentação e reprodução de aves, répteis, anfíbios e mamíferos (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).
- Preservar pelo menos 100m ao redor de cursos d'água, pântanos e lagos para proteger peixes e fauna aquática e reduzir aumento dos sedimentos e o assoreamento, proporcionar a retenção das inundações e regulação de fluxo e manter a água e temperaturas do habitat físico. Manter a cobertura de pelo menos metade do dossel ao longo das cabeceiras (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).
- Através de monitoramento, assegurar que as áreas de exclusão (por exemplo APPs⁵) conectem corredores ecológicos quando necessário (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).
- Planejar em estágios iniciais para utilizar corredores e bordas florestais e com isso minimizar a fragmentação florestal (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).
- Se a extração de gás em áreas sensíveis for permitida, desenvolver um sistema voluntário de iniciativas ecológicas que gere créditos de mitigação que possam ser utilizados como compensação em futuros empreendimentos (BLOOMFIELD, 2012).
- Em cooperação com empresas de energia e a Academia, a ONG americana The Nature Conservancy desenvolveu uma ferramenta analítica que auxilia os operadores a extraírem o gás com lucratividade enquanto reduzem seu impacto ambiental. A ferramenta de posicionamento integra dados ecológicos existentes com análises de custo de desenvolvimento criando uma série de opções que equilibram custo e conservação do meio ambiente no folhelho de Marcellus, na Pensilvânia. Esta ferramenta é possível, pois a Pensilvânia detém vasto conhecimento de fauna, flora e ecologia local (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).

5.1.10 Introdução de espécies exóticas

- Anualmente monitorar e tratar ocorrências de espécies de plantas invasoras (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).
- Exigir um plano de gestão de espécies invasoras específico para o local da operação antes do início da perfuração. Esse plano deve descrever os procedimentos a serem utilizados durante a retirada de água de uma fonte de água local. No mínimo, os equipamentos devem ser lavados sob pressão e enxaguados com água limpa antes de deixar o local de retirada. Plantas soltas e materiais de solo (potencialmente contendo sementes, raízes, ou outras partes de plantas) e água não filtrada que foi removida do vestuário, botas e equipamentos, ou gerados a partir de operações de limpeza, devem ser eliminados em recipientes adequados para tal. Durante a lavagem sob pressão, a água usada não deve descartada a 30 m de qualquer curso d'água existente ou alagados, ou ainda galerias de águas pluviais (por exemplo, vala, bueiro, etc.). Em nenhuma circunstância a água que foi transferida entre bacias hidrográficas ou movida a montante anterior à

⁵ Áreas de Proteção Permanentes

confluências ser descartada no habitat aquático. Isso pode incluir água que tenha sido armazenada em tanques ou represas, mas não foi subsequentemente usado no processo de perfuração (ESHLEMAN; PIS, 2013).

5.1.11 Luz artificial

- Reduzir o excesso de luz artificial planejando o sombreamento adequado e direcionando as luzes para baixo, utilizando lâmpadas adequadas, e limitando o tempo e quantidade de luz utilizada (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).
- Reduzir a quantidade, intensidade e tempo de iluminação artificial o que é particularmente importante próximos a áreas críticas para a vida selvagem e durante períodos de migração (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).

5.1.12 Poluição sonora

- Reduzir ruído, através da consolidação da infraestrutura e utilização de métodos de redução de ruído adequados, tais como barreiras artificiais de som e barreiras vegetais, especialmente perto de habitat crítico dos animais selvagens e durante as épocas de reprodução (THE NATURE CONSERVANCY, [s.d.]).

5.1.13 Geração de sismos

- A Sismicidade deve ser monitorada durante e após o fraturamento hidráulico (THE ROYAL SOCIETY; THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2012).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, C. Marcellus Shale Gas Well Drilling : Regulations to Protect Water Supplies in Pennsylvania. **Penn State Extension**, 2011.

ACCENTURE. **Water and Shale Gas Development. Leveraging the US experience in new shale developments.** [s.l: s.n.].

ACOLA. **Engineering Energy : Unconventional Gas Production.** [s.l: s.n.].

ADVANCED RESOURCES INTERNATIONAL. **EIA / ARI World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment.** [s.l: s.n.].

AKHAVEIN, A.; FOTUHI FIRUZABAD, M. A heuristic-based approach for reliability importance assessment of energy producers. **Energy Policy**, v. 39, n. 3, p. 1562–1568, mar. 2011.

ALS GLOBAL. **State fracking regulations**. Disponível em: <<http://www.alsglobal.com/en/Our-Services/Life-Sciences/Environmental/Capabilities/North-America-Capabilities/USA/Oil-and-Gasoline-Testing/Oil-and-Gas-Production-and-Midstream-Support/Fracking-Regulations-by-State#>>.

AMES, R. et al. *The Arithmetic of Shale Gas*. 2012.

FERREIRA A. M. M.; FILHO, H. L. L. Responsabilidade civil e direito de vizinhança na indústria do petróleo e gás natural. *Âmbito Jurídico*. Disponível em: http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=9407&revista_caderno=7. Acessado em: 16 Fev 2015.

ANDERSON, B. J.; THEODORI, G. L. Local leaders' perceptions of energy development in the barnett shale. **Southern Rural Sociology**, v. 24, n. 1, p. 113–129, 2009.

ANP. **Relatórios da Rodada de Licitações- 12ª rodada de licitações**. Disponível em: <http://www.brasil-rounds-data.anp.gov.br/relatoriosbid/Bacia/ConsolidadoBaciaDesktop>. 2013 Acesso em: 16 de Fevereiro de 2015.

ANP. Resolução ANP N 21, de 10.4.2014- DOU 11.4.2014, 2014.

API. *Practices for Mitigating Surface Impacts Associated with Hydraulic Fracturing*, 2011.

ARMENDARIZ, A. Emissions from Natural Gas Production in the Barnett Shale Area and Opportunities for Cost-Effective Improvements report by: p. 45, 2009.

ARRHENIUS, S. On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. **Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 41, n. 251, p. 237–276, 1896.

ARTHUR, J. D.; BOHM, B.; LAYNE, M. *Hydraulic Fracturing Considerations for Natural Gas Wells of the Marcellus Shale* 2008.

BALZE, F. DE LA. *Petróleo, gas natural y geopolítica. Reflexiones desde la Argentina*. **Consejo Argentino para as relaciones internacionales - CARI**, 2012.

BAME, D.; FEHLER, M. Observation of Long Period Earthquakes Accompanying Hydraulic Fracturing. **Geophysical Research Letters**, v. 13, n. 1, p. 149–152, 1986.

BANCO MUNDIAL. Dados Estatísticos. 2014. Disponível em: <http://data.worldbank.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS/countries/1W-BR?display=graph> Acesso em: 13 Fevereiro, 2014.

BANCO MUNDIAL. Dados Estatísticos. 2014. Disponível em: <http://data.worldbank.org/indicador/EG.USE.PCAP.KG.OE/countries/1W?display=default> Acesso em: 11 Fevereiro, 2014b.

BANCO MUNDIAL. Dados Estatísticos. 2014. Disponível em: <http://data.worldbank.org/indicador/SI.POV.GAPS?display=graph> Acesso em: 15 Fevereiro, 2014c.

BARTH, J. M. The economic impact of shale gas development on state and local economies: benefits, costs, and uncertainties. **New solutions : a journal of environmental and occupational health policy : NS**, v. 23, n. 1, p. 85–101, jan. 2013.

BBC. Turkey mine: Accident traps workers underground. Disponível em: <http://www.bbc.com/news/world-europe-29806252>. 2014. Acesso em: 19 de Janeiro de 2015.

BLOOMFIELD, M. Support to the Identification of Potential Risks for the Environment and Human Health Arising from Hydrocarbons Operations Involving Hydraulic Fracturing in Europe. 2012.

BORBA, P. et al. Água produzida e gestão ambiental na indústria de combustíveis brasileira. **Âmbito Jurídico**. Disponível em: http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?artigo_id=5161&n_link=revista_artigos_leitura. Acessado em: 15 de fev 2015.

BOUDET, H. et al. “Fracking” controversy and communication: Using national survey data to understand public perceptions of hydraulic fracturing. **Energy Policy**, v. 65, p. 57–67, fev. 2014.

BP. **Deep Horizon Accident and Response**. Disponível em: <http://www.bp.com/en/global/corporate/gulf-of-mexico-restoration/deepwater-horizon-accident-and-response.html>. 2010. Acesso em: 19 de Janeiro de 2015.

BRADY, W. J. Hydraulic Fracturing Regulation in the United States: The Laissez-Faire Approach of the Federal Government and Varying State Regulation. **University of Denver**, v. 27154, n. 2009, p. 1–19, 2011.

BRAGA, I. DE F.; SILVA, V. Efeitos sociais e espaciais de grandes projetos: entre territórios de vida e relações de poder. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 38, p. 100–107, 2011.

BRANTLEY, S. L. et al. Water resource impacts during unconventional shale gas development: The Pennsylvania experience. **International Journal of Coal Geology**, v. 126, n. November 2013, p. 140–156, jun. 2014.

BRASIER, K. J., FILTEAU, MATTHEW, MCLAUGHLIN DIANE, JACQUET JEFFEREY, STEDMAN RICHARD, KELSEY TIMOTHY, G. S. Residents' Perceptions of Community and Environmental Impacts from Development of natural gas in the Marcellus Shale: A comparison of Pennsylvania and New York Cases. **Journal Rural Social Sciences**, v. 26, n. 1, p. 32–61, 2011.

BROWN, R. B.; DORIUS, S. F.; KRANNICH, R. S. The Boom-Bust-Recovery Cycle: Dynamics of Change in Community Satisfaction and Social Integration in Delta, Utah. **Rural Sociology**, v. 70, n. 1, p. 28–49, 2005.

BUSTIN, R. M. et al. Shale Gas Opportunities and Challenges *. **Search and Discovery Articles**, v. 40382, 2009.

CARDOSO, A. Avanços e desafios na experiência brasileira de urbanização de favelas. **Cadernos Metrópole ISSN 2236-9996**, p. 219–240, 2007a.

CENTNER, T. J.; COLSON, G. Rationing health protection: a proposal to exempt nuisance dust from US Clean Air Act regulations. **Journal of environmental management**, v. 117, p. 219–25, 15 mar. 2013.

CHESAPEAKE. Green Frac. Disponível em: <<http://www.chk.com/about/technology-and-innovation/green-frac>>.

CLARK, C. E.; HORNER, R. M.; HARTO, C. B. Life cycle water consumption for shale gas and conventional natural gas. **Environmental science & technology**, v. 47, n. 20, p. 11829–36, 15 out. 2013.

COLBORN, T. et al. Natural Gas Operations from a Public Health Perspective. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 17, n. 5, p. 1039–1056, set. 2011.

COLBORN, T. et al. An Exploratory Study of Air Quality near Natural Gas Operations. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 20, n. 1, p. 86–105, 2012.

COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. Plano Nacional sobre Mudança do Clima- PNMC- Brasil. . 2008, p. 1–132.

CONAMA. Resolução No 357 DE 17 de Março de 2005. . 2005.

CONAMA. Resolução No 393, de 8 de agosto de 2007. . 2007, p. 305–307.

CONANT, M. A. Middle East stability A view from the USA. **Energy Policy**, 1992.

CONSERVANCY, T. N. Pennsylvania Energy Impacts Assessment. [s.l: s.n.].

CONSERVATION, O. OF. Louisiana - Natural Resources- Oil and Gas. . 2010.

CONSIDINE, T. J.; WATSON, R. W.; CONSIDINE, N. B. The Economic Opportunities of Shale Energy Development. **Center for Energy Policy and the Environment at the Manhattan Institute**, 2011.

CONSIDINE, TIMOTHY J, WATSON, R., BLUMSACK, S. The Pennsylvania Marcellus Natural Gas Industry: Status, Economic Impacts and Future Potential. **Penn State**, 2011.

COUNCIL, A. C. Shale Gas and New Petrochemicals Investment: Benefits for the Economy, Jobs, and US Manufacturing. **American Chemistry Council**, n. March, 2011.

CPRM. Gás de Xisto. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=2618&sid=129>. 2013. Acesso em 10 de julho de 2014.

DANIEL ARTHUR, J.; LANGHUS, B.; ALLEMAN, D. An Overview of Modern Shale Has Development, 2008.

DARRAH, T. H. et al. Noble gases identify the mechanisms of fugitive gas contamination in drinking-water wells overlying the. **PNAS- Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, p. 1–6, 2014.

DAVIES, R. et al. Induced seismicity and hydraulic fracturing for the recovery of hydrocarbons. **Marine and Petroleum Geology**, v. 45, p. 171–185, ago. 2013.

DAVIES, R. J. et al. Hydraulic fractures: How far can they go? **Marine and Petroleum Geology**, v. 37, n. 1, p. 1–6, nov. 2012.

DAVIES, R. J. et al. Oil and gas wells and their integrity: Implications for shale and unconventional resource exploitation. **Marine and Petroleum Geology**, v. 56, p. 239–254, set. 2014.

DE MELO-MARTÍN, I.; HAYS, J.; FINKEL, M. L. The role of ethics in shale gas policies. **The Science of the total environment**, v. 470-471, p. 1114–9, 1 fev. 2014.

DECC-UK. The Unconventional Hydrocarbon Resources of Britain's Onshore Basins- Shale Gas. [s.l: s.n.].

DECC-UK. Developing Onshore Shale Gas and Oil – Facts about “Fracking”. [s.l: s.n.]. Disponível em: <papers3://publication/uuid/25DEB9D8-0D3E-4AD8-AB02-253078F42E0D>.

DECC-UK. **Onshore oil and gas exploration in the UK: regulation and best practice**. [s.l: s.n.].

DECC-UK. Fracking UK shale: planning permission and communities. n. February, 2014a.

DECC-UK. **Fracking UK shale: regulation and monitoring**. [s.l: s.n.].

DECC-UK. **Fracking UK shale: water**. [s.l: s.n.].

DECC-UK. **SHALE GAS made simple**, 2014d.

DECC-UK. **Fracking UK shale : understanding earthquake risk**. [s.l: s.n.].

DECC-UK. **Fracking UK shale: local air quality**. [s.l: s.n.].

DOUGLAS, C. C. et al. Intelligent fracture creation for shale gas development. **Procedia Computer Science**, v. 4, p. 1745–1750, jan. 2011.

EARTHWORKS. **Community Health Survey Results- Pavillion, Wyoming Residents2010**. [s.l: s.n.].

EATON, T. T. Science-based decision-making on complex issues: Marcellus shale gas hydrofracking and New York City water supply. **The Science of the total environment**, v. 461-462, p. 158–69, 1 set. 2013.

ECKERT SEAMANS ATTORNEYS AT LAW. Center for Sustainable Shale Development - Performance Standards and Regulatory Standards. 2014.

ECONOMIC AND SCIENTIFIC POLICY- EUROPEAN PARLIAMENT. **Impacts of Shale Gas and Shale Oil Extraction on the Environment and on Human Health**. [s.l: s.n.].

ECONOMICS, C. The Economic Impacts of U . S . Shale Gas Production on Ohio Consumers. n. January, 2012.

EDITORIAL. Shale Revolution. **Nature**, v. 460, n. 7255, p. 551–552, 2009.

ELSWORTH W. U.S. Geological Service Earthquake Science Center Seminars -Injection-Induced Seismicity. Disponível em: <http://earthquake.usgs.gov/regional/nca/seminars/2013-12-02/>. Acesso em: 02 de Setembro de 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2013**. [s.l: s.n.].

ENTREKIN, S. et al. Rapid expansion of natural gas development poses a threat to surface waters. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 9, n. 9, p. 503–511, nov. 2011.

EPA U.S. **Study of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources**. [s.l: s.n.].

EPE. **Zoneamento Nacional de recursos de Óleo e Gás**. [s.l: s.n.].

EPE. **Balço energético nacional 2014**. [s.l: s.n.].

ESHLEMAN, K. N.; PIS, A. E. Recommended Best Management Practices for Marcellus Shale Gas Development in Maryland. 2013.

EVANS, J. S.; KIESECKER, J. M. Shale gas, wind and water: assessing the potential cumulative impacts of energy development on ecosystem services within the Marcellus play. **PloS one**, v. 9, n. 2, p. e89210, jan. 2014.

FERREIRA, A. Favelas no Rio de Janeiro_Nascimento, Expansão , Remoção e, agora, exclusão através de muros. **Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales**, v. 14, n. 828, p. 1–12, 2014.

FINKEL, M. L.; HAYS, J. The implications of unconventional drilling for natural gas: a global public health concern. **Public health**, v. 127, n. 10, p. 889–93, out. 2013.

FISHER, W. L.; WELTMAN-FAHS, M. **Hydraulic Fracturing and Brook Trout Habitat in the Marcellus Shale Region: Effects of Infrastructure Development**. [s.l: s.n.].

FROHLICH, C. **Induced or Triggered Earthquakes in Texas: Assessment of Current knowledge and Suggestions for Future Research**. [s.l: s.n.].

FROHLICH, C.; BRUNT, M. Two-year survey of earthquakes and injection/production wells in the Eagle Ford Shale, Texas, prior to the Mw4.8 20 October 2011 earthquake. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 379, p. 56–63, out. 2013.

FRY, M. Urban gas drilling and distance ordinances in the Texas Barnett Shale. **Energy Policy**, v. 62, p. 79–89, nov. 2013.

GARMEZY, A. Balancing Hydraulic Fracturing's Environmental and Economic Impacts: The Need for a Comprehensive Federal Baseline and the provision of Local Rights. **Duke Environmental Law & Policy Forum**, v. 261, p. 405–439, 2012.

GERARD, B. **A Natural Resource Curse: Does it Exist Within the United States ?** [s.l: s.n.].

GROAT, C. G.; GRIMSHAW, T. W. **Fact-Based Regulation for Environmental Protection in Shale Gas Development Fact-Based Regulation for Environmental Protection in Shale Gas Development. Summary of Findings**. [s.l: s.n.].

GTPEG. **PARECER TÉCNICO GTPEG N° 03/2013**, 2013.

HAIMSON, B. C.; LEE, M. Y.; SONG, I. Shallow hydraulic fracturing measurements in Korea support tectonic and seismic indicators of regional stress.

International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, v. 40, n. 7-8, p. 1243–1256, out. 2003.

HILL, R.; POOLE, H. **Water Dependency of Energy Production and Power Generation Systems**. [s.l: s.n.].

HIRATA, R. et al. **Modelo Conceitual, Funcionamento e Pontencialidades** II Congresso Aquífero Guarani. **Anais**.2008

HOLDITCH, S. A. Tight Gas Sands. **JPT**, p. 86–94, 2006.

HOLLAND, A. A. Earthquakes Triggered by Hydraulic Fracturing in South-Central Oklahoma. **Bulletin of the Seismological Society of America**, v. 103, n. 3, p. 1784–1792, 7 jun. 2013.

INGRAFFEA, A.; SANTORO, R.; HOWARTH, R. W. Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations. **Climatic Change**, v. 106, n. 4, p. 679–690, 12 abr. 2011.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Golden Rules for the Golden Age of Gas- World Energy Outlook- Special Report on Unconventional GasWEO- 2012**. [s.l: s.n.].

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **CO2 Emissions From Fuel Combustion- Highlights**. [s.l: s.n.].

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Water for Energy- Is energy becoming a thirstier resource?** [s.l: s.n.].

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Key World Energy Statistics- 2013**. [s.l: s.n.].

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Redrawing the Energy-Climate Map**. [s.l: s.n.].

INTER PRESS SERVICE. **Shale Oil Fuels Indigenous Conflict in Argentina**. Disponível em: <http://www.ipsnews.net/2014/11/shale-oil-fuels-indigenous-conflict-in-argentina>. 2014. Acesso em: 10 de Dezembro de 2014.

IPAA. **Intangible Drilling and Development Costs**, 2009.

IPCC. **Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [s.l: s.n.].

IPIECA. Good practice guidelines for the development of shale oil and gas. n. 489, 2013.

JACKSON, R. B. et al. Research and Policy Recommendations for Hydraulic Fracturing and Shale-Gas Extraction. **Center on Global Change - Duke University**, 2011.

JACKSON, R. B. et al. Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction. **PNAS**, v. 110, n. 28, p. 11250–11255, 2013.

JACOBY, H. D.; SULLIVAN, F. M. O.; PALTSEV, S. The Influence of Shale Gas on U.S. Energy and Environmental Policy. **Global Science Policy Change- MIT**, n. 207, 2011.

JACQUET, J. B. Energy Boomtowns & Natural Gas: Implications for Marcellus Shale Local Governments & Rural Communities. **NERCRD Rural Development Paper**, n. 43, p. 1–63, 2009.

JAMES A. BAKER III INSTITUTE FOR PUBLIC POLICY OF RICE UNIVERSITY. Shale gas and US national security. **Baker Institute Policy Report**, n. 49, p. 1–12, 2011.

JARAMILLO, P.; GRIFFIN, W. M.; MATTHEWS, H. S. Comparative life-cycle air emissions of coal, domestic natural gas, LNG, and SNG for electricity generation. **Environmental science & technology**, v. 41, n. 17, p. 6290–6, 1 set. 2007.

JENNER, S.; LAMADRID, A. J. Shale gas vs. coal: Policy implications from environmental impact comparisons of shale gas, conventional gas, and coal on air, water, and land in the United States. **Energy Policy**, v. 53, p. 442–453, fev. 2013.

JIANG, M.; HENDRICKSON, C. T.; VANBRIESEN, J. M. Life cycle water consumption and wastewater generation impacts of a Marcellus shale gas well. **Environmental science & technology**, v. 48, n. 3, p. 1911–20, 4 fev. 2014.

KARGBO, D. M.; WILHELM, R. G.; CAMPBELL, D. J. Natural gas plays in the Marcellus Shale: challenges and potential opportunities. **Environmental science & technology**, v. 44, n. 15, p. 5679–84, 1 ago. 2010.

KAVALOV, B.; PELLETIER, N. **Shale Gas for Europe Shale Gas for Europe – Main Environmental and Social Considerations- A Literature Review**. [s.l: s.n.]. p. 1–44

KERANEN, K. M. et al. Potentially induced earthquakes in Oklahoma, USA: Links between wastewater injection and the 2011 Mw 5.7 earthquake sequence. **Geology**, v. 41, n. 6, p. 699–702, 26 mar. 2013.

KHARAKA, Y. K. et al. The Energy-Water Nexus: Potential Groundwater-Quality Degradation Associated with Production of Shale Gas. **Procedia Earth and Planetary Science**, v. 7, p. 417–422, jan. 2013.

KHENNAS, S. Understanding the political economy and key drivers of energy access in addressing national energy access priorities and policies: African Perspective. **Energy Policy**, v. 47, p. 21–26, jun. 2012.

KING, G. E.; CORPORATION, A. **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** Society of Petroleum Engineering International. **Anais...**2012

KINNAMAN, T. C. The economic impact of shale gas extraction: A review of existing studies. **Ecological Economics**, v. 70, n. 7, p. 1243–1249, maio 2011.

KLARE, M. 2005. **Blood and Oil: The Dangers and Consequences of America's Growing Dependency on Imported Petroleum**. New York. Owl Books, 2005).

KOSNIK, R. L. **The Oil and Gas Industry's Exclusions and Exemptions to Major Environmental Statutes**. [s.l: s.n.].

KPMG GLOBAL ENERGY INSTITUTE. Shale Gas – A Global Perspective. p. 1–28, 2011.

KULANDER, C. S. Shale Oil and Gas State Regulatory Issues and Trends. **Case Western Law Review**, v. 63, n. 4, 2013.

KURTH, T. E. et al. American Law and Jurisprudence on Fracking — 2011. v. 47, n. 2, 2011.

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

LUTZ, B. D.; LEWIS, A. N.; DOYLE, M. W. Generation, transport, and disposal of wastewater associated with Marcellus Shale gas development. **Water Resources Research**, v. 49, n. October 2012, p. 647–656, 2013.

MARYLAND DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT. Subtitle 19 Oil and Gas Resources- Proposed Regulations- Maryland. . 2015, p. 94–116.

MAUTER, M. S. et al. Regional Variation in Water-Related Impacts of Shale Gas Development and Implications for Emerging International Plays. **Environmental science & technology**, v. 48, n. 15, p. 8298–8306, 29 abr. 2014.

MCDANIEL, C. N.; BORTON, D. N. Increased Human Energy Use Causes Biological Diversity Loss and Undermines Prospects for Sustainability. **Bioscience**, v. 52, n. 10, p. 929–936, 2002.

MCKENZIE, L. M. et al. Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources. **The Science of the total environment**, v. 424, p. 79–87, 1 maio 2012.

MCKENZIE, L. M. et al. Birth Outcomes and Maternal Residential Proximity to Natural Gas Development in Rural Colorado. **Children's Health**, v. 122, n. 4, p. 412–417, 2014.

MEDLOCK, K. B.; JAFFE, A. M.; HARTLEY, P. R. **Shale Gas and U . S . National SecurityEnergy Forum**. [s.l: s.n.].

MICHAELS, C.; SIMPSON, J. L.; WEGNER, W. **Fractured Communities - Case Studies of the Environmental Impacts of Industrial Gas Drilling**. [s.l: s.n.].

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Portaria Interministerial No 198. . 2012, p. 3–4.

MINISTÉRIO DO TURISMO. **Economia do turismo cresce no Brasil**. Disponível em: http://www.brasil.gov.br/turismo/noticias/todas_noticias/20140417-1.html. 2014. Acessado em: 18 de Janeiro de 2015.

MINISTÉRIO DO TURISMO. **Turismo responde por três milhões de postos de trabalho**. Disponível em <http://www.brasil.gov.br/turismo/2014/05/turismo-responde-por-tres-milhoes-de-postos-de-trabalho>. 2014-2. Acesso em: 18 de Janeiro de 2015.

MINOR, J. Local Government Fracking Regulations : A Colorado Case Study. **Stanford Environmental Law Journal**, v. 33, n. 1, p. 59–120, [s.d.].

MITCHELL, A. L.; SMALL, M.; CASMAN, E. A. Surface water withdrawals for Marcellus Shale gas development: performance of alternative regulatory approaches in the Upper Ohio River Basin. **Environmental science & technology**, v. 47, p. 12669–78, 19 nov. 2013.

MMA. **Águas Subterrâneas- Um recurso a ser conhecido e protegido**. [s.l: s.n.].

MORAIS, C. S. P.; JERÔNIMO, C. E. M. Perspectivas da exploração de petróleo no Brasil. **Scientia Plena**, v. 9, n. 8, p. 1–14, 2013.

MPF-BA. 2014. **MPF/BA ajuíza ação para suspender efeitos da 12ª rodada de licitações para exploração de gás de xisto**. Disponível em: <http://www.prba.mpf.mp.br/mpf-noticias/meio-ambiente-e-patrimonio-cultural/mpf-ba-ajuiza-acao-para-suspender-efeitos-da-12a-rodada-de-licitacoes-para-exploracao-de-gas-de-xisto> . Acesso em: 18 de Fevereiro 2015.

MPF-PGR. **Justiça suspende licitação que liberou exploração de gás de xisto no oeste paulista**. Disponível em: http://noticias.pgr.mpf.mp.br/noticias/noticias-do-site/copy_of_meio-ambiente-e-patrimonio-cultural/apos-pedido-do-mpf-sp-justica-federal-suspende-licitacao-que-liberou-exploracao-de-gas-de-xisto-no-oeste-paulista. Acesso em: 18 Fevereiro 2015.

MPF- PR. 2014. **MPF/Cascavel quer suspender efeitos de licitação que ofereceu exploração de gás de xisto**. Disponível em: <http://www.prpr.mpf.gov.br/news/mpf-cascavel-quer-suspender-efeitos-de-licitacao-que-ofereceu-exploracao-de-gas-de-xisto> . Acesso em: 18 Fevereiro 2015.

MORSE, A.; REIBLE, D.; UDDAMERI, V. Unconventional Oil and Natural Gas Resources Development and Their Potential Environmental Impacts. n. july 2014, [s.d.].

MURALI MOHAN, A. et al. Microbial community changes in hydraulic fracturing fluids and produced water from shale gas extraction. **Environmental science & technology**, v. 47, n. 22, p. 13141–50, 19 nov. 2013.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 92, p. 183–192, 2006.

NICOT, J. Assessment of Industry Water-Use in the Barnett Shale Gas Play (Fort Worth Basin). **Guslf Cost Association of Geological Societies Transactions**, v. 59, p. 539–551, 2009.

NICOT, J.-P.; SCANLON, B. R. Water use for Shale-gas production in Texas, U.S. **Environmental science & technology**, v. 46, n. 6, p. 3580–6, 20 mar. 2012.

NY DEC. Revised Draft Supplemental Generic Environmental Impact Statement- Mitigation Measures. . 2011.

OGP. **Shale Gas & Hydraulic Fracturing- Ensuring a safe, clean, secure & competitive energy source for Europe**, [s.d.].

OLMSTEAD, S. M. et al. Shale gas development impacts on surface water quality in Pennsylvania. **PNAS- Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, v. 110, n. 13, p. 4926–4967, 2013.

OSBORN, S. G. et al. Reply to Saba and Orzechowski and Schon: Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. **PNAS- Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, v. 108, n. 37, p. E665–E666, [s.d.].

OSBORN, S. G. et al. Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. **PNAS- Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, v. 108, n. 20, p. 8172–8176, 2011.

OSWALD, R. E.; BAMBERGER, M. Impacts of Gas Drilling on Human and Animal Health. **NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy**, v. 22, n. 1, p. 51–77, 2012.

PA DEP. **Marcellus Shale : Tough Regulations , Greater Enforcement**, [s.d.].

PEARSON, I. et al. **Unconventional Gas : Potential Energy Market Impacts in the European Union**. [s.l: s.n.].

PHILLY.COM. **Marcellus Shale gas boom sparks land disputes.** Disponível em: http://articles.philly.com/2014-09-01/business/53417257_1_mineral-rights-marcellus-shale-gas-rights . 2014. Acesso em: 10 de Dezembro de 2014.

PIMENTEL D., PIMENTEL M. H. **Food, Energy and Society.** CRC Press, pp.400, 2007.

POPKIN, J. H. et al. Social costs from proximity to hydraulic fracturing in New York State. **Energy Policy**, v. 62, p. 62–69, nov. 2013.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei No 9433, de 8 de Janeiro de 1997,** 1997.

RAHM, B. G. et al. Wastewater management and Marcellus Shale gas development: trends, drivers, and planning implications. **Journal of environmental management**, v. 120, p. 105–13, 15 maio 2013.

RAHM, B. G.; RIHA, S. J. Toward strategic management of shale gas development: Regional, collective impacts on water resources. **Environmental Science & Policy**, v. 17, p. 12–23, mar. 2012.

RAHM, D. Regulating hydraulic fracturing in shale gas plays: The case of Texas. **Energy Policy**, v. 39, n. 5, p. 2974–2981, maio 2011.

RICH, A. L.; CROSBY, E. C. Analysis of reserve pit sludge from unconventional natural gas hydraulic fracturing and drilling operations for the presence of technologically enhanced naturally occurring radioactive material (TENORM). **New solutions : a journal of environmental and occupational health policy : NS**, v. 23, n. 1, p. 117–35, jan. 2013.

RICHARDSON, N. et al. **The State of State Shale Gas Regulation : Maps of State Regulations.** 2013a.

RICHARDSON, N. et al. **The State of State Shale Gas Regulation.** [s.l: s.n.].

RICHARDSON, N. et al. **The State of State Shale Gas Regulation-Executive Summary.** [s.l: s.n.].

ROZELL, D. J.; REAVEN, S. J. Water pollution risk associated with natural gas extraction from the Marcellus Shale. **Risk analysis**, v. 32, n. 8, p. 1382–93, ago. 2012.

RUTQVIST, J. et al. Modeling of fault reactivation and induced seismicity during hydraulic fracturing of shale-gas reservoirs. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 107, p. 31–44, jul. 2013.

RYSER, L. et al. From Boom and Bust to Regional Waves: Development Patterns in the Peace River region, British Columbia. **Journal of Rural and Community Development**, v. 9, n. 1, p. 87–111, 2014.

SABA, T.; ORZECOWSKI, M. Lack of data to support a relationship between methane contamination of drinking water wells and hydraulic fracturing. **PNAS- Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, v. 108, n. 37, p. E663; author reply E665–6, 13 set. 2011.

SACHS J. D. **The end of poverty: economic possibilities for our time**. New York: Penguin Press, xviii, 396 p. 2005

SACHS, J. D.; WARNER, A. M. **Natural Resource Abundance and Economic Growth** **NBER Working Paper Series**. [s.l: s.n.].

SACHS, J. D.; WARNER, A. M. The curse of natural resources. **European Economic Review**, v. 45, p. 827–838, 2001.

SASAKI, S. Characteristics of microseismic events induced during hydraulic fracturing experiments at the Hijiori hot dry rock geothermal energy site, Yamagata, Japan. **Tectonophysics**, v. 289, n. 1-3, p. 171–188, abr. 1998.

SCHEIBE, L. F.; CÉSAR, R.; HIRATA, A. **O Contexto Tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: Uma Revisão** Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. **Anais...**2008

SCHON, S. C. **Hydraulic fracturing not responsible for methane migration**. **PNAS- Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**. **Anais...**13 set. 2011 Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3174578&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>. Acesso em: 24 out. 2013

ŞEN, Ş.; BABALI, T. Security concerns in the Middle East for oil supply: Problems and solutions. **Energy Policy**, v. 35, n. 3, p. 1517–1524, mar. 2007.

SENATE COMMITTEE ON ENERGY AND NATURAL RESOURCES. The Geopolitics of Oil. **Science**, v. 210, n. 19, p. 1324–1327, 1980.

SMITH, M. F.; FERGUSON, D. P. “Fracking democracy”: Issue management and locus of policy decision-making in the Marcellus Shale gas drilling debate. **Public Relations Review**, v. 39, n. 4, p. 377–386, nov. 2013.

SOEDER, D. J. **Environmental Risk Assessment for Shale Gas Development**. [s.l: s.n.].

SOEDER, D. J.; KAPPEL, W. M. Water Resources and Natural Gas Production from the Marcellus Shale. **USGS**, n. May, p. 1–6, 2009.

SOMERVILLE, S. **Section 29 & Section 45 Production Tax Credit issues for Financiers, Developers & Operators of new & existing LFG facilities**, 2006.

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, set. 2014.

STEPHENSON, E.; DOUKAS, A.; SHAW, K. “Greenwashing gas: Might a ‘transition fuel’ label legitimize carbon-intensive natural gas development?” **Energy Policy**, v. 46, p. 452–459, jul. 2012.

STEVENS, P. Resource Impact: Curse or Blessing? A Literature Survey. **The Journal of Energy Literature**, v. IX, n. 1, p. 1–42, 2003.

STEVENS, P. The “Shale Gas Revolution”: Developments and Changes. **Chatham House Briefing Paper**, n. August, p. 12, 2012.

STRONGER. **2014 STRONGER Guidelines**, 2014.

SUMI, L. **Shale Gas : Focus on the Marcellus Shale**. [s.l: s.n.].

SWANSON, V. E. **Oil Yield and Uranium Content of Black Shales Oil Yield and Uranium Content of Black Shales**. [s.l: s.n.].

TEDX THE ENDOCRINE DISRUPTION EXCHANGE. **Health Effects Spreadheet and Summary**. Disponível em: <http://endocrinedisruption.org/chemicals-in-natural-gas-operations/chemicals-and-health>. 2014. Acesso em: 25 de Maio de 2014.

THE NATURE CONSERVANCY. **Artificial Lighting**, [s.d.].

THE NATURE CONSERVANCY. **Stream Crossings**, [s.d.].

THE NATURE CONSERVANCY. **Landscape Scale Planning**, [s.d.].

THE NATURE CONSERVANCY. **Road Development**, [s.d.].

THE NATURE CONSERVANCY. **The Nature Conservancy’s Shale Siting Tool**, [s.d.].

THE NATURE CONSERVANCY. **Noise Control**, [s.d.].

THE ROYAL SOCIETY; THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Shale gas extraction in the UK : a review of hydraulic fracturing**. [s.l: s.n.].

THE TELEGRAPH. **SNP announces indefinite fracking ban in Scotland**. Disponível em: <http://www.telegraph.co.uk/news/earth/energy/fracking/11375332/SNP-announces-indefinite-fracking-ban-in-Scotland.html> 2015. Acesso em: 10 Fevereiro de 2015.

TIMMINS, C. et al. **SHALE GAS DEVELOPMENT AND PROPERTY VALUES : Differences across drinking Water Sources** National Bureau of Economic Research. [s.l: s.n.].

U S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Annual Energy Outlook 2012**. [s.l: s.n.].

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Modern Shale Gas: Development in the United States- A Primer. n. April, 2009.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Annual Energy Outlook 2013**. [s.l: s.n.].

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. Annual Energy Outlook 2014 Early Release Overview. p. 1–18, 2014.

UKOOG. **UK Onshore Shale Gas Well Guidelines**. [s.l: s.n.].

UN WATER. **Water and Energy**. [s.l: s.n.].

UNDESA. **World Population Prospects The 2012 Revision**. [s.l: s.n.].

UNEP. **Millenium Ecosystems Assessment**. [s.l: s.n.].

UNEP. **Global Environmental Outlook- GEO 4**. [s.l: s.n.].

UNEP; GEAS. Gas fracking: can we safely squeeze the rocks? **Environmental Development**, v. 6, p. 86–99, abr. 2013.

VALOR ECONÔMICO. **Ações judiciais impedem exploração de blocos**. Disponível em: <http://www.valor.com.br/brasil/3892138/acoes-judiciais-impedem-exploracao-de-blocos>. 2015 Acesso em: 16 de Fevereiro de 2015.

VENGOSH, A. et al. The Effects of Shale Gas Exploration and Hydraulic Fracturing on the Quality of Water Resources in the United States. **Procedia Earth and Planetary Science**, v. 7, p. 863–866, jan. 2013.

VENGOSH, A. et al. Risks to Water Resources from Shale Gas Development and Hydraulic Fracturing in the United States. v. 16, p. 6838, 2014.

WARNER, N. R. et al. Geochemical evidence for possible natural migration of Marcellus Formation brine to shallow aquifers in Pennsylvania. **PNAS- Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, n. 30, p. 11961–6, 24 jul. 2012.

WARNER, N. R. et al. Impacts of shale gas wastewater disposal on water quality in western Pennsylvania. **Environmental science & technology**, v. 47, n. 20, p. 11849–57, 15 out. 2013.

WEBB, E. et al. Developmental and reproductive effects of chemicals associated with unconventional oil and natural gas operations. **Rev Environ Health**, v. 29, n. 4, p. 307–318, 2014.

WEST VIRGINIA MINE SAFETY. **WV Mine Disasters 1884 to Present**. Disponível em: <http://www.wvminesafety.org/disaster.htm>. 2012. Acesso em: 19 de Janeiro de 2015.

WHO. WHO Handbook on indoor radon. A public health perspective Organization., World Health. [s.l: s.n.].

WILKINSON, K. P. et al. Local Social Disruption and Western Energy Development. **Pacific Sociological Review**, v. 25, n. 3, p. 275–296, 1982.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (The Brundtland Report)**. [s.l: s.n.].

WORLD BANK. **World Bank Indicators**. Disponível em: <http://data.worldbank.org/indicator>. 2014. Acesso em: 19 de Agosto de 2014.

WORLD ENERGY COUNCIL. **World Energy Resources 2013**. [s.l: s.n.].

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Fukushima Accident**. Disponível em: <http://www.world-nuclear.org/info/Safety-and-Security/Safety-of-Plants/Fukushima-Accident/> 2012. Acesso em: 19 de Janeiro de 2015.

WV MINE SAFETY. Montcoal Eagle Mine. 2012 Accident. Disponível em: <http://www.wvminesafety.org/fatal97.htm>. Acesso em: 19 de Outubro de 2014.

WYNVEEN, B. A thematic analysis of local respondents' perceptions of barnett shale energy development. **Journal of Rural Social Sciences**, v. 26, n. 1, p. 8–31, 2011.

YANG, H.; FLOWER, R. J.; THOMPSON, J. R. Shale Gas Plans Threaten China's Water Resources. **Science**, v. 340, p. 1288, 2013.

ZEEB, H., SHANNOUN, F. (EDITORS), 2009. **WHO Handbook on indoor radon. A public health perspective Organization., World Health**. [s.l: s.n.].

ZOBACK M.D. U.S. Geological Service. **Managing the seismic risk posed by wastewater disposal**. Disponível em: <http://www.earthmagazine.org/article/managing-seismic-risk-posed-wastewater-disposal>. Acesso em: 02 de Setembro de 2012.

7 ANEXOS

Anexo 1

País/Estado	Órgão responsável	Licença obrigatória?	Proteção de recursos hídricos	Opções de armazenamento de efluentes	Disposição de fluidos e outros resíduos	Injeção subterrânea de efluentes	Divulgação dos componentes do fluido hidráulico obrigatória?
Argentina	<p>I) Quando o impacto ambiental do desenvolvimento de atividades de petróleo e gás não ultrapassarem os limites da jurisdição da província, esta será responsável pelo licenciamento.</p> <p>II) A Secretaria de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da nação licenciará o empreendimento quando:</p> <p>i. Quando o impacto ambiental da atividade exceda os limites da jurisdição da província.</p> <p>ii. Quando a atividade de petróleo ou gás tiver caráter binacional.</p> <p>iii. Quando o impacto da atividade de petróleo e gás afetar áreas protegidas declaradas por lei; e</p> <p>iv. Quando o impacto da atividade afetar áreas de mar territorial sujeitas à jurisdição nacional.</p>	Sim	<p>Declaração com a informação do volume estimado e a fonte de água a ser utilizada durante as etapas de perfuração e completação de poços e aguarda a autorização da autoridade competente para este uso.</p> <p>O ranking de uso da água vai incluir o uso de águas residuais provenientes de outras instalações industriais ou de uso humano, água de retorno devidamente tratada de acordo com as regras específicas, se for tecnicamente possível, seguido em caso de ausência ou incapacidade de usar as fontes acima de purificação de água até melhores condições.</p> <p>Fica vetado o uso, durante as etapas de perfuração e completação de poços não convencionais, a utilização de água subterrânea com aptidão para satisfazer o abastecimento de populações e a irrigação do solo.</p> <p>Em casos de emergência climáticas, conforme determinado pela autoridade competente, esta última pode proibir ou restringir temporariamente a utilização de água própria para consumo humano, em qualquer fase de exploração e / ou exploração não convencional para a cessação de tais circunstâncias excepcionais, sem direito a pedidos de indenização por parte dos licenciados e / ou cessionários</p> <p>Poços não convencionais devem ser isolados de aquíferos subterrâneos com a melhor tecnologia disponível, aprovados pela autoridade competente.</p>	<p>É obrigatório informar a autoridade competente a localização, tamanho, forma, profundidade, características do tratamento impermeabilização usado, tempo de utilização e tratamento dado para o abandono dos tanques abertos para armazenamento de efluentes provindos da completação de poços por fraturamento hidráulico.</p> <p>Os efluentes usados deverão ser tratados da melhor forma possível.</p> <p>Em caso algum, tanques abertos podem ser utilizados para resíduos de perfuração e água de retorno.</p>	<p>O operador deverá informar o órgão competente uma descrição do sistema de tratamento da água de retorno utilizada no fraturamento hidráulico.</p> <p>A água de retorno deverá ser submetida em sua totalidade a um tratamento que garanta seu enquadramento nos parâmetros necessários para as seguintes alternativas de reutilização e disposição:</p> <p>a. Reuso na indústria petrolífera</p> <p>b. Reuso na irrigação associada a um projeto produtivo ou de recomposição ambiental da área intervinda, com a autorização da autoridade competente.</p> <p>c. Eliminação no poço de injeção subterrânea conforme previsto nos regulamentos.</p> <p>A água de retorno, qualquer que seja seu estado de enquadramento, não poderá ser descartada em corpos d'água superficiais, sob nenhuma condição. Nem tampouco, poderá ser armazenada em receptáculos a céu aberto.</p>	Permitida e regulamentada	<p>O operador deverá apresentar à autoridade competente uma declaração contendo composição dos fluidos ou substâncias químicas utilizadas na perfuração e completação de poços com fraturamento hidráulico.</p>

Brasil	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e órgão ambiental responsável	Operadores deverão obter licença da ANP e do órgão ambiental responsável (ainda por definir).	<p>A água utilizada deverá ser preferencialmente Efluente Gerado, água imprópria ou de baixa aceitação para o consumo humano ou dessedentação animal, ou água resultante de efluentes industriais ou domésticos, desde que o tratamento a habilite ao uso pretendido.</p> <p>O Operador deverá também publicar em seu sítio eletrônico: Informações específicas sobre a água utilizada nos fraturamentos, nominando claramente origem, volume captado, tipo de tratamento adotado e disposição final; Para que a ANP aprove o Fraturamento Hidráulico em reservatório Não Convencional, o Operador deverá garantir, por meio de testes, modelagens, análises e estudos, que o alcance máximo das fraturas projetadas permaneça a uma distância segura dos corpos hídricos existentes, conforme as Melhores Práticas da Indústria do Petróleo. Fica vedado o Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional em poços cuja distância seja inferior a 200 metros de poços de água utilizados para fins de abastecimento doméstico, público ou industrial, irrigação, dessedentação de animais, dentre outros usos humanos. Somente será aceita a aplicação do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional em poços que sejam integralmente revestidos nos intervalos anteriores ao Reservatório Não Convencional.</p> <p>O operador deverá providenciar um laudo fornecido por laboratório independente, acreditado pelo INMETRO, para os corpos hídricos superficiais (reservatórios artificiais ou naturais, lagos e lagoas) e poços de água existentes em um raio de 1.000 metros horizontais da cabeça do poço a ser perfurado, contendo, além das análises porventura exigidas pelo órgão ambiental competente: (i) data da coleta; coordenadas dos pontos de coleta, e métodos utilizados na coleta; (ii) data da realização das análises, método de análise utilizado e resultados obtidos; e (iii) identificação do responsável pela análise; O Operador somente poderá dar continuidade ao projeto caso seja insignificante a possibilidade de que as fraturas geradas ou que a reativação de eventuais falhas preexistentes se estenda até intervalos não permitidos, tais como Corpos Hídricos Subterrâneos e poços adjacentes.</p> <p>O Operador deverá também publicar em seu sítio eletrônico: Informações específicas sobre a água utilizada nos fraturamentos, nominando claramente origem, volume captado</p>	Não contemplado	O Sistema de Gestão Ambiental deverá conter um plano detalhado de controle, tratamento e disposição de Efluentes Gerados provenientes das atividades de perfuração e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional. O Operador deverá também publicar em seu sítio eletrônico o tipo de tratamento adotado e disposição final de cada resíduo;	Não contemplado	O Operador deverá também publicar em seu sítio eletrônico: Relação de produtos químicos, com potencial impacto à saúde humana e ao ambiente utilizados no processo, transportados e armazenados, contemplando suas quantidades e composições;
EUA Colorado	Colorado Oil and Gas Conservation Commission (COGCC)	Empresa deve apresentar plano indicando o local proposto para o poço, a localização de poços d'água e	A proposta deve descrever o plano de revestimento do poço, listar os tipos de fluidos que serão injetados, incluir uma análise química destes fluidos e descrever o programa de estimulação de poços proposto. O revestimento do poço deve ser planejado de forma a prevenir migração de óleo, gás ou água salina que possa resultar em degradação da água potável subterrânea.	Tanques abertos usados são permitidos e devem ser construídos de maneira a proteger a saúde e segurança do público e o meio ambiente. Operadores devem aplicar para licença de operação para tanques	Disposição de resíduos presente na legislação	Injeção subterrânea permitida e regulamentada	Não, Quando a composição de um produto químico for considerada confidencial pelo vendedor ou fornecedor de serviços, como o fluido de fraturamento hidráulico,

	a localização de outros recursos hídricos em um raio de 400m da cabeça do poço.		abertos.			o operador deve apenas manter um registro de sua identidade. Recentemente, o COGCC emitiu novas regras propostas que exigiriam a divulgação pública no sítio eletrônico do "FracFocus" de todos os produtos químicos utilizados no processo de fraturamento hidráulico
--	---	--	----------	--	--	--

<p>EUA Louisiana</p>	<p>Louisiana Department of Natural Resources (DNR) Office of Conservation</p>	<p>Operadores devem requerer licença para realizar a perfuração e o fraturamento hidráulico. o pedido de licença deve conter o plano de construção e estimulação do poço.</p>	<p>Para assegurar a proteção dos recursos hídricos, o DNR exige revestimento do poço em profundidades variadas, dependendo da profundidade do poço em si.</p>	<p>Tanques fechados são exigidos para certos fluidos</p>	<p>O uso de tanques fechados para estocagem de efluentes é encorajado pelo Escritório de Conservação, portanto, o uso de tanques abertos novos ou existentes para armazenagem de água de produção, fluidos de perfuração ou outros resíduos de exploração e produção gerados é proibido, a não ser que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A notificação de cada tanque seja submetida ao escritório; 2. Os tanques abertos estejam em conformidade com os requisitos da lei. <p>O operador é responsável pelo manuseio e transporte apropriado dos resíduos de exploração e produção levados para fora do recinto para estocagem, tratamento e disposição. A destinação dos resíduos deve ser feita por uma empresa aprovada. Produced water generated from the drilling and production of oil and gas wells shall be disposed of into subsurface formations not productive of hydrocarbons, unless discharged or disposed of according to the provisions Injeção subterrânea é permitida após licenciamento específico.</p>	<p>Injeção subterrânea permitida e regulamentada</p>	<p>O Operador do poço deve divulgar os produtos químicos dos fluidos de fraturamento para o Escritório de Conservação do DNR ou no sítio eletrônico do "Fracfocus"</p>
--------------------------	---	---	---	--	--	--	--

EUA New York ⁶	Department of Environmental Conservation (DEC)	Moratória para Fraturamento Hidráulico	A regulamentação proposta proibiria entre outras coisas, perfuração de poços em um raio de 150m de um poço privado ou 600m de poços ou reservatórios públicos de fornecimento de água potável por pelo menos 3 anos. Exigência de revestimento triplo para prevenir a migração do gás.	Armazenamento deve ser feito em tanques fechados	Regulamentação proposta para lama de perfuração, água de produção, e outros resíduos com tipos de disposição propostos	Injeção subterrânea permitida e regulamentada	O DEC exige a divulgação completa de todos os produtos utilizados no processo de fraturamento hidráulico.
EUA Pensilvânia	Pennsylvania Department of Environmental Protection (PA DEP)	Licenciamento obrigatório junto ao DEP	O PA DEP exige que todos os pedidos de licenças para perfuração no folhelho de Marcellus sejam acompanhados de um plano hídrico que governe as retiradas de água e disposição de efluentes. Legislação mais recente exige melhorias no design de poço, nas práticas de construção, além de testes de pressão regulares. Residentes que notem a diminuição da qualidade da água como resultado da perfuração, podem requerer uma investigação junto ao PA DEP. O PA DEP deverá realizar uma investigação dentro de 45 dias. Caso seja concluído que as operações de perfuração foram responsáveis pela perda da qualidade da água, o operador do poço deverá restaurar a fonte ou substituí-la por uma fonte alternativa adequada em qualidade e quantidade para o propósito do uso.	Tanques abertos são permitidos e regulamentados	Operador deve preparar um plano de controle e disposição de resíduos incluindo os fluidos de estimulação. Os resíduos devem ser controlados e dispostos de maneira a prevenir a poluição das águas da Pensilvânia. Efluentes de perfuração devem ser tratados a a padrão de água potável para sólidos totais dissolvidos (STD). Essa regra assegura que os corpos d'água da Pensilvânia não excedam o padrão de água potável de 500 mg/l. Antes da disposição, o operador do poço pode estocar fluidos e alguns outros efluentes em tanques abertos, desde que sejam revestidos e projetados para conter todos as substâncias poluentes em questão.	Injeção subterrânea permitida e regulamentada	O DEP mantém uma lista de produtos químicos usados no fraturamento hidráulico e exige que os operadores mantenham uma lista na área de operação. Os operadores devem também divulgar publicamente os fluidos de perfuração e fraturamento no sítio eletrônico FracFocus.org, uma base de dado acessível ao público.
EUA Texas	Oil and Gas Division of the Texas Railroad Commission	Operadores devem aplicar para licença ambiental antes de perfurações de poços para petróleo e gás.	O revestimento do poço deve isolar e selar qualquer zona de água de baixa qualidade que não possa ser usada para prevenir contaminação e riscos à saúde. Em adição, operadores não devem causar ou permitir poluição de águas superficiais ou subterrâneas no estado.	Tanques abertos são permitidos e regulamentados	Operadores podem descartar certos fluidos com baixos níveis de cloreto e outros resíduos sem licença através do espalhamento destes resíduos sobre a terra em que foram gerados ou enterrando-os. Caso contrário, licença é obrigatória para outros métodos de disposição. Todos os efluentes de petróleo e gás podem ser injetados no subsolo em "zonas não produtores de petróleo, gás, ou de recursos geotérmicos," desde que "as formações sejam separadas de formações de água doce por barreiras	Moratória em alguns condados (ex. Fort Worth)	O Operador do poço deve divulgar os produtos químicos dos fluidos de fraturamento no sítio eletrônico do "Fracfocus"

⁶ * Regulamentação proposta. Moratória temporária para o fraturamento hidráulico

					impermeáveis que darão uma proteção adequada a tal recurso.		
EUA Virgínia do Oeste	West Virginia Department of Environmental Protection (WE DEP)		Operadores poderão descartar efluentes em poços de injeção subterrânea, estações de tratamento de água públicas ou reusá-los. Operadores devem identificar todos os poços d'água presentes em um raio de 700m da superfície do poço e 150m da porção horizontal do poço. Operadores também deverão colher amostras de água de todos os poços d'água ou nascentes distantes até 450m do poço proposto para análise.	Tanques abertos com revestimentos únicos são permitidos dentro das áreas de locação. Tanques fechados ou represamento que armazene mais de 5000 barris de líquidos devem ser projetados para minimizar os efeitos adversos ao meio ambiente e assegurar a segurança do público. Represamentos devem ter revestimento duplo e ser equipados com detectores de vazamento incluindo poços de monitoramento à montante e à juzante.	O WV DEP encoraja os operadores a reciclarem águas de retorno e de produção. O reuso de efluentes deve ser reportado no Plano de Gestão Hídrica do operador.	Injeção subterrânea permitida	Operadores devem submeter para o WV DEP e no sítio eletrônico do "Frac Focus" o seguinte: Aditivos usados no fraturamento hidráulico ou no processo de estimulação de poços, incluindo o nome comercial de cada aditivo, o fornecedor e seu propósito. O operador deverá também listar cada componente químico dos aditivos com seu número de registro, sua concentração máxima no aditivo, e sua concentração máxima no fluido de fraturamento. O operador poderá designar o aditivo como informação confidencial que não poderá ser divulgado pela agência para o público em geral, mas o operador deverá fornecer essa informação mediante solicitação de profissionais de saúde em caso de emergência médica ou para o propósito de diagnóstico e tratamento.
EUA Wyoming	Wyoming Oil and Gas Conservation Commission (WOGCC)	Antes do início da perfuração o operador deve requerer licença de perfuração. O pedido deve	Operadores não devem poluir corpos d'água ou água subterrânea. É proibido o descarte de efluentes em corpos d'água sem licença emitida pela autoridade responsável.	Licenças para construção de tanques abertos para efluentes deverão ser aprovados somente se o tanque não causará contaminação de águas superficiais e subterrâneas e	Para armazenagem de efluentes em tanques abertos o operador deve obter uma licença específica do WOGCC, e aprovação do <i>Department of Environmental Quality</i> (DEQ)	Injeção subterrânea permitida	

		<p>ser acompanhado da descrição dos programas de revestimento e perfuração e completação e estimulação do poço, incluindo a composição dos fluidos com concentrações da cada produto químico.</p>		<p>ameaças à saúde humana ou à vida selvagem</p>			
<p>Reino Unido</p>	<p>Department of Energy and Climate Change (DECC)</p>	<p>O DECC emite licenças para operações de petróleo e gás e outras licenças devem ser requeridas nas Agência de Meio Ambiente da Inglaterra e do País de Gales.</p>	<p>A agência ambiental exige notificação da intenção de extrair água em quantidades superiores a 20m3 por dia. Neste caso, operador precisará de licença específica para extração. Companhias de água avaliarão a quantidade de água disponível antes de aprovar o uso. Se o operador aplicar para extrair água por conta própria, será aprovado pela autoridade ambiental quando a fonte de água disponível for sustentável.</p> <p>As companhias de água que forneçam para operações de fraturamento hidráulico devem produzir e revisar a cada 5 anos um plano de longo prazo com reservas de contingência em caso de seca.</p> <p>O operador deverá divulgar publicamente os volumes de água retirados.</p>	<p>Tanques abertos para armazenagem de efluentes não são permitidos.</p>	<p>Fluidos que retornem a superfície são categorizados como resíduos de mineração, portanto o operador deve obter uma licença para sua disposição junto à agência de meio ambiente e ter um Plano de Gestão de Resíduos aprovado.</p> <p>O operador deverá dispor os fluidos com segurança. O método de disposição poderá ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento próprio com reuso da água e descarte do líquido e sólido restante para empresas de gestão de resíduos apropriadas e licenciadas; - Transporte para empresas de gestão de resíduos apropriadas e licenciadas; - Transporte para empresas de tratamento de esgoto especial licenciadas; <p>Operadores deverão</p> <p>O operador deve efetuar ensaios, incluindo testes de laboratório, para identificar a melhor maneira de dispor a efluentes de retorno. Todos as instalações de tratamento e disposição usados pelos operadores deverão ter as licenças necessárias.</p> <p>Operadores deverão divulgar publicamente os volumes e características dos efluentes gerados, o método de disposição e emissões atmosféricas</p>	<p>Injeção subterrânea permitida</p>	<p>Os produtos químicos utilizados no fluido de fraturamento serão avaliados caso a caso para cada poço pela autoridade ambiental.</p> <p>O operador deve declarar todos os detalhes ao órgão regulador que publicará um resumo com a descrição dos produtos, seu propósito e quaisquer perigos que possa representar para o meio ambiente, sujeito a proteção adequada em caso de sensibilidade comercial.</p>

Referências Bibliográficas: (ANP, 2014; Brady, 2011; Department of Energy and Climate Change- UK, 2013, 2014; Department of Energy and Climate Change, 2014; Department of Natural Resources, 2010; Eckert Seamans Attorneys at Law, 2014; Kulander, 2013; Kurth et al., 2011; Richardson et al., 2013c; United Kingdom Onshore Operator Group, 2013; Wyoming Oil and Gas Conservation Commission, n.d.)