



Análise das Implicações Ambientais do fraturamento hidráulico no Brasil

Analysis of the environmental implications of fracking in Brazil

André Arana – Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE). E-mail: andrearana1@gmail.com

Alba Regina Azevedo Arana – Doutora em Geografia pela Universidade de São Paulo (USP). Professora da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE). E-mail: alba@unoeste.br

Silas Silva Santos – Doutor em Direito Processual Civil pela Universidade de São Paulo (USP). Professor da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE). E-mail: silas@unoeste.br

Resumo

A extração do gás de folhelho ocorre no mundo de diversas formas, avançando sobre novos territórios e utilizando técnicas cada vez mais agressivas como o *fracking* ou o fraturamento hidráulico. O objetivo deste trabalho é discutir as potenciais consequências ambientais de sua extração no Brasil apresentando as políticas relativas à sua exploração e as implicações legais que norteiam a discussão no Brasil. Trata-se de uma pesquisa básica de abordagem qualitativa e exploratória apoiada principalmente na literatura internacional sobre o tema. Os resultados apontaram que existe um alto grau de risco ambiental com o fraturamento hidráulico podendo contaminar o solo, lençóis freáticos e aquíferos, contudo no Brasil não existe uma lei que proíba a exploração. Conclui que diante da iminente busca por energias limpas e renováveis, a demanda por combustível fóssil não justifica a extração do gás de folhelho tanto ambientalmente, como comercialmente.

Palavras-chave

Gás folhelho. Impactos. Técnica de extração. Petróleo. Legislação.

Abstract

The extraction of shale gas occurs in the world in different ways, advancing on new territories and using increasingly aggressive techniques such as fracking or hydraulic fracturing. The objective of this work is to discuss the potential environmental consequences of its extraction in Brazil, presenting the policies related to its exploitation and the legal implications that guide the discussion in Brazil. It is a basic research with a qualitative and exploratory approach supported mainly by the international literature on the subject. The results showed that there is a high degree of environmental risk with hydraulic billing that can contaminate soil, groundwater and aquifers, however in Brazil there is no law that prohibits exploration. It concludes that given the imminent search for clean and renewable energy, the demand for fossil fuel does not justify the extraction of shale gas both environmentally and commercially.

Keywords

Shale gas. Impacts. Extraction technique. Oil. Legislation.

INTRODUÇÃO

O petróleo e o gás natural são combustíveis fósseis que desempenham um papel fundamental na matriz energética no mundo e no Brasil esses compostos representam, respectivamente, 36,4% e 13,0% da oferta interna de energia (BEN, 2017). Desta forma, o país tem buscado alternativas para potencializar a produção e exploração de novos reservatórios, sobretudo os de gás natural (CHONG *et al.*, 2016).

Existem dois fatores que pesam contra os esses combustíveis fósseis: estão cada vez mais escassos, são finitos, limitados, e o segundo ponto é que as principais reservas de petróleo no mundo estão localizadas em países instáveis politicamente como exemplo de Rússia e Venezuela (SANTOS; MATAI, 2010). O gás de xisto betuminoso, surgiu como alternativa e forma de independência energética. No Brasil se estima uma reserva com volume de 6,9 trilhões de m³ do gás, o colocando entre 10 países com maior reserva no mundo. A China lidera esse ranking com 31.5 trilhões de m³, seguida da Argentina com 22.7 trilhões de m³, os EUA aparecem em quarto lugar, contudo é o país mais avançado na extração (BARBOSA, 2014).

A reserva do gás xisto já se equivale a 15 vezes o tamanho das reservas nacionais de gás convencional, conforme dados do Ministério de Minas e Energia (MME, 2015). Diferentemente do gás convencional, localizado em rochas porosas, formando bolsões acima da camada de petróleo, o gás xisto é detectado em rochas impermeáveis, sendo necessária a aplicação do fraturamento hidráulico da rocha (LAGE *et al.*, 2013).

O fraturamento hidráulico, chamado também de *fracking*, consiste na injeção de um líquido com areia silicosas juntamente com metais pesados, como alumínio, injetados sob alta pressão na rocha, resultando em ruptura e tornando-as permeáveis (SPEIGHT, 2013; STACHIW, 2014) para a obtenção do gás de folhelho (*shale gas*.ou gás natural). Sua perfuração, contudo, possui alto grau de risco ambiental, podendo contaminar o solo, lençóis freáticos e aquíferos (TAIOLI, 2013). Sendo assim, o trabalho procura questionar: quais as consequências ambientais da extração do gás folhelho? Quais as legislações sobre a esta questão? Como tem sido as mobilizações no Brasil com relação a esta exploração?

Contudo, foram as técnicas do fraturamento hidráulico desenvolvidas ao longo das últimas décadas, que permitiram a extração do gás natural não

convencional a partir de rochas profundas, caracterizadas por serem formações de baixa permeabilidade (JACOBY; SULLIVAN; PALTSEV, 2012). A pesquisa contribui para aprofundar a discussão sobre a exploração do gás xisto no Brasil trazendo profundas reflexões sobre as consequências ambientais e sociais, apresentando as responsabilidades legais sobre a exploração no país e o papel da sociedade nesta discussão.

Desta forma, a pesquisa tem como objetivo analisar as consequências ambientais da extração de gás folhelho pelo fraturamento hidráulico, além de relacionar as legislações e mobilizações contra a esta exploração no Brasil. Neste artigo, pretendemos enfatizar o potencial brasileiro do gás e os principais desafios para a sua exploração.

1 METODOLOGIA

A metodologia utilizada na pesquisa pautou-se no estudo exploratório e bibliográfico, utilizando dados secundários, a abordagem foi qualitativa, compreendendo o fenômeno através da interpretação dos dados e análise de conteúdo (BARBOUR, 2014). Em um primeiro, realizou-se a revisão da literatura com o propósito de identificar e analisar as informações relacionadas ao tema (COUTINHO, 2015; HART, 2009).

Entre os recursos bibliográficos consultados, destacam-se as bases de dados nacionais e internacionais (Google Acadêmico, *Web of Science*, *Scopus* e *Scielo*), utilizando palavras-chave sobre a temática, privilegiando-se os artigos científicos. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: “gás natural”, “gás folhelho”, “fraturamento hidráulico”, “*shale gas*” e “*fracking*”. Não foi limitado período para realização da busca nas bases de dados. O intuito desta busca foi selecionar artigos que descrevem impactos ambientais gerados pelo uso do fraturamento hidráulico na extração de gás e petróleo não convencionais de um ponto de vista socioambiental. Inicialmente, fez-se a identificação dos artigos que apresentavam informações sobre o tema com análise a situação nacional e focando no ordenamento jurídico que o norteiam e os artigos que estudaram projetos de fraturamento hidráulico no país conduzido pelo Ministério Público Federal.

A análise dos dados foi realizada com o intuito de organizar as informações e contextualizá-las. A análise de conteúdo foi realizada com base no método de interpretação das informações selecionadas (BARDIN, 2016). A análise foi

iniciada com o estabelecimento dos objetivos propostos, para então prosseguir com a busca dos artigos, iniciar a construção deste estudo e finalmente, a leitura dos resumos. Em seguida, fez-se a identificação das informações estudadas para a construção desta revisão. A análise se deu pela leitura completa dos artigos selecionados e as informações obtidas junto a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); *Statistical Review of World Energy* (BP); Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás (EPE); Ministério de Minas e Energia (MME); Ministério de Meio Ambiente (MMA), Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (OBSIS). As informações coletadas foram organizadas analisadas e interpretadas, conforme será apresentado a seguir.

2 O GÁS DE FOLHELHO E O FRATURAMENTO HIDRÁULICO

O gás natural ou de folhelho possui uma importância estratégica na composição da matriz energética de um país como uma fonte relevante de energia. O Brasil possui matriz energética entre as mais limpas do mundo, composta por 45% de energia renovável (hidrelétrica 29%; os biocombustíveis com 7%; eólica e solar chegam a 4,5%; e a biomassa com 4%), já o petróleo e derivados respondem por 38% do balanço energético e o gás natural por 10%, o carvão (5%) e a nuclear (1%) (BP, 2020).

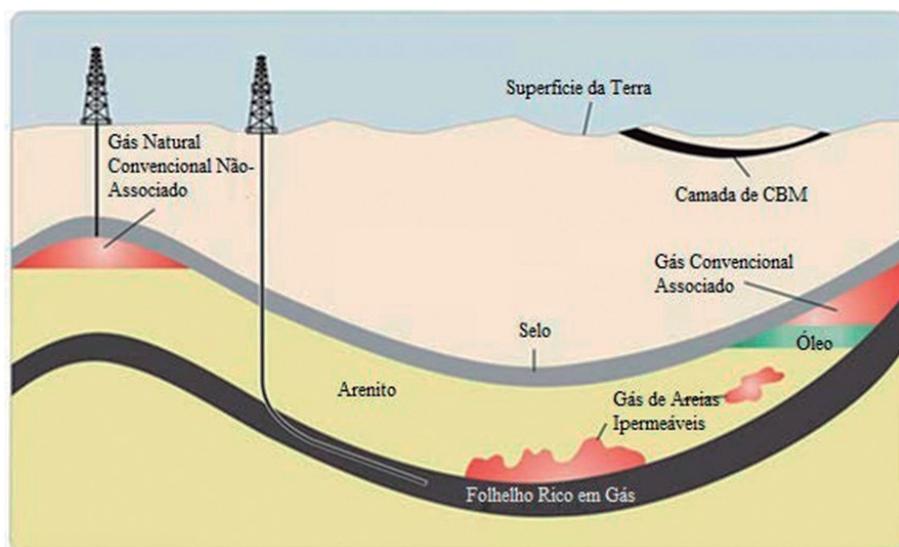
Este gás é originário de matéria orgânica acumulada na rocha sedimentar formada por camadas de folhelhos, carbonatos, siltitos ou arenitos muito finos que, com o passar do tempo e submetida a altas temperaturas, transforma-se em petróleo e/ou gás natural (JUSCHAKS FILHO, 2013). Estes gases migram para uma formação geológica chamada “rocha reservatório”, e lá são mantidos por uma “rocha capeadora” que possui alta porosidade e permeabilidade, os recursos acabam fluindo para o poço, de onde podem ser extraídos por perfuração convencional (SOUZA, 2016; BARATI; LIANGI, 2014).

Possui como característica a mistura gasosa de hidrocarbonetos (HC), que são compostos formados por carbono (C) e hidrogênio (H) a partir de matéria orgânica de origem fóssil e não renovável. Pode ser encontrado na forma livre (gás natural não associado) ou associado ao óleo (gás natural associado) em reservatórios naturais, contendo pequenas quantidades de diluentes e contaminantes (THOMAZ, 2004). A sua origem geológica está associada à formação do petróleo, com origem a partir de rochas sedimentares, resultantes

da lenta decomposição da matéria orgânica depositada juntamente a sedimentos resultantes dos processos de intemperismo da natureza (RIDLEY, 2011).

Gás de folhelho é o gás natural classificado como um reservatório não convencional de hidrocarbonetos. Na literatura internacional, o gás de folhelho é referenciado como *shale gas*, e no Brasil é conhecido popularmente como gás de xisto (STACHIW, 2014). Os reservatórios de gás natural possuem propriedades e características bem definidas, o que garante a aplicação e utilização de técnicas de recuperação convencionais para exploração e produção desses hidrocarbonetos. Torna-se interessante verificar sua formação (Figura 1).

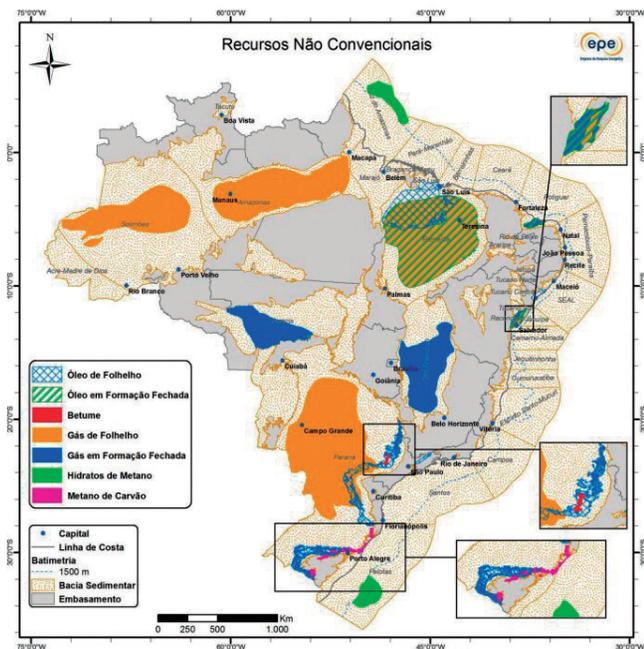
Figura 1 – Esquema tradicional de geologia não convencional e convencional de hidrocarbonetos



Fonte: EIA (2012).

O gás de folhelho, sendo não convencional, diferencia-se dos gases convencionais pelo seu armazenamento na rocha, sua localização geológica, afetando e diferenciando também, principalmente seu método de extração (RIBEIRO, 2014; ANADÓN *et al.*, 2013; SANTOS, 2007; SPEIGHT, 2013). As bacias sedimentares no Brasil com potencial de ocorrência de gás de folhelho podem ser visualizadas na Figura 2.

Figura 2 – Bacias Sedimentares e os Recursos Não Convencionais, 2019



Fonte: EPE (2017).

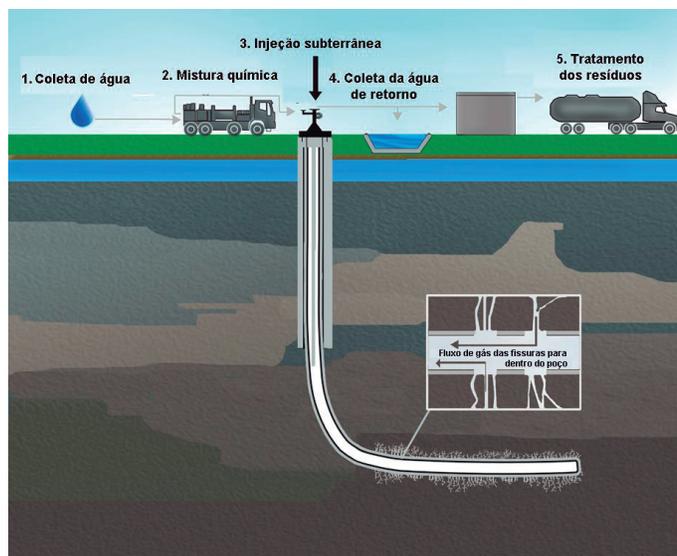
Na porção ocidental da Amazônia existe potencial do gás, essencialmente na bacia sedimentar do Solimões que atinge o Acre e o Amazonas e na faixa que passa por Manaus até Macapá, nos estados do Amazonas, do Pará e do Amapá, na bacia sedimentar do Amazonas. Ainda existe o potencial de ocorrência de gás de folhelho em uma faixa de Rondônia ao Norte de Mato Grosso, na bacia sedimentar dos Parecis. Na bacia sedimentar do Parnaíba, os estados do Maranhão e do Piauí apresentam potencial, assim como o estado de Tocantins. No litoral ao norte de Salvador atingindo Bahia, Sergipe e Alagoas também existe a possível ocorrência de gás. Na bacia sedimentar do Paraná, do Mato Grosso, em direção a Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Paraná e Santa Catarina também há a potencial presença do gás de folhelho.

No que diz respeito ao fraturamento hidráulico, trata-se de uma técnica utilizada de perfuração horizontal necessária para a extração de um gás não convencional em uma rocha pouco porosa e permeável. Essa técnica combina tecnologia de perfuração e de fraturamento de rochas e numa série de procedimentos físico-químicos que resultam no rompimento de camadas profundas (>2.500 metros) de rochas sedimentares denominadas folhelhos que, dentro das suas estruturas armazenam gás (HOLLOWAY; RUDD, 2013). O

método exige uma grande quantidade de água na sua aplicação. Cada poço utiliza entre aproximadamente de 7,8 a 15,1 milhões de litros de água (EPA, 2020).

A areia bombeada juntamente ao fluido tem a função de manter a fratura aberta, permitindo o fluxo de gás natural do interior da rocha até a superfície (FRAC FOCUS, 2020), conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Esquema Exploratório do Gás de Folhelho pela Técnica de Fraturamento Hidráulico



Fonte: Procuradoria-Geral da República (2017).

A exploração e produção de gás de folhelho ou *shale gas* incluem várias etapas entre as quais podemos destacar: a prospecção das reservas, a abertura de estradas e acessos, o estabelecimento da base de poço, a perfuração e completação dos poços, a estimulação por fraturamento hidráulico, a produção, tratamento e distribuição do gás natural, e o descomissionamento do poço (SPEIGHT, 2013). O percentual de água e areia contrapondo ao de aditivos químicos, pode acarretar uma falsa ilusão que o fluido seria inofensivo, entretanto devido ao sigilo industrial não é possível precisar os compostos químicos presentes no fluido, contudo sabe-se que os aditivos indispensáveis são: gelificante 0,5%, ácido 0,07%, inibidor de corrosão 0,05%, redutor de atrito 0,05%, controle de argila 0,034%, agente de reticulação polimérica 0,032%, inibidor de incrustações 0,023%, *breaker* 0,02%, controlador de ferro 0,004%, biocida 0,001% (FRAC FOCUS, 2020). O primeiro equipamento necessário para o campo de extração por fraturamento hidráulico é a plataforma de perfuração (BATLEY; KOOKANA, 2012).

A perfuração de poços é realizada por uma sonda onde se inicia uma fase exploratória onde são perfurados 2 ou 3 poços verticais, depois em caso de confirmação, são iniciadas as perfurações para avaliação do potencial de produção. Nesta fase são perfurados de 10 a 15 poços, com 24 operações de fraturamento hidráulico associadas, ao que se segue a perfuração de até 30 poços adicionais para a determinação da viabilidade econômica da produção de longo prazo (SPEIGHT, 2013; DALE *et al.*, 2013). Os poços passam também pelo refraturamento, realizados durante a sua vida útil, considerados economicamente necessário, para aumentar a produção declinante de poços maduros de gás de folhelho (GREGORY; VIDIC; DZOMBAK, 2011).

3 O AMBIENTE EM RISCO

O método de exploração do gás a partir do fraturamento hidráulico pode causar danos ambientais de diversas naturezas (RUMPLER; WENDEL; BISCHOF, 2013; SLONECKER; JOHNSON; MCMAHON, 2009). As substâncias químicas utilizadas não são divulgadas com precisão, podendo resultar na contaminação de solo e da água.

O fraturamento da rocha aumenta sua permeabilidade, fazendo que a água usada no processo de extração se misture às substâncias químicas e penetre tanto nos corpos de água (lençol freático ou mesmo em aquíferos) quanto no solo, uma vez que ela é reintroduzida no interior da terra após o fraturamento (RIBEIRO, 2014). O processo de perfuração de poços para extração do gás folhelho pode gerar vários impactos nas águas subterrâneas.

Os fluidos de perfuração para poços profundos apresentam composições químicas que podem vazar líquidos e gases em aquíferos posicionados em profundidades mais rasas. Para evitar esta influência e proteger os aquíferos mais rasos que os folhelhos, as sondagens devem ser realizadas dentro de um revestimento capaz de impermeabilizar as paredes do poço (ANP, 2013). O processo de fraturamento hidráulico e perfuração de poços produzem água junto ao gás natural, além de consumir muita água para sua realização. A água proveniente deste processo pode ser de fontes naturais quanto resíduos dos fluidos de fraturamento. Sendo que, cerca de 95% de toda a água produzida pode ser reinserida novamente (US EPA, 2014).

Deve-se considerar ainda que os fluidos de perfuração podem conter concentrações traço de metais, tais como bário, chumbo, arsênio, estrôncio, urânio e compostos orgânicos derivados de petróleo (GUIMARÃES; ROSSI, 2007). Desta forma, a água utilizada neste processo precisa ter uma destinação,

de forma a proteger os recursos hídricos da superfície e existentes no subsolo, reduzindo a demanda por água.

Vale ressaltar que o Aquífero Guarani se localiza em áreas das regiões sudeste, centro-oeste e sul do país, onde os folhelhos têm potencial presença de gás contido (MELO *et al.*, 2018). Desta forma, é preciso criar condições de articular leis para a realização dessa atividade, de forma a permitir que atenda às necessidades ambientais.

A contaminação do solo se dá após o processo de injeção de substâncias sob altas pressões na rocha, o solo chega a absorver cerca de 40-50% do volume da solução. A solução recuperada recebe diferentes designações técnicas: ex. água de produção, água de *fracking* (*frackwater*), água recuperada, solução de recuperação, água de refluxo, entre outros (ANP, 2013). Vale ressaltar que, a Resolução CONAMA 420/2009 (BRASIL, 2009), trata a área do poço de extração, especialmente, da bacia de armazenamento temporário de efluentes, como Área Suspeita de Contaminação.

Existe ainda outra forma de contaminação gerada pelo próprio gás liberado a partir dos folhelhos, chamada de contaminação gasosa em poros dos aquíferos mais rasos. Além de metano e água, foram encontradas referências indicando a presença de nitrogênio, oxigênio, propano, etano, óxido de carbono, gases nobres, sulfeto de hidrogênio e, compostos derivados da solução de fraturamento (benzeno, tolueno, xilenos, organoclorados entre outros) (DOCUMENTÁRIO..., 2016) sendo contribuintes para o efeito estufa, conseqüentemente, para o aquecimento global. A exploração de gás de folhelho aumenta o risco da sismicidade e conseqüente elevação da frequência de abalos sísmicos na região de exploração advindos da técnica do fraturamento hidráulico, rompendo as rochas e as permeabilizando para que o gás flua para fora (SOUZA, 2016).

O Brasil possui um nível baixo de abalos sísmicos relevantes (OBSIS, 2016; LOPES; NUNES, 2011; PREVE; D'ESPINDULA; VALDATI, 2017) com concentração destes eventos na região Norte, mais de 70% do total. Contudo, não podemos descartar a ocorrência de significativos tremores no território nacional (SAADI, 1993) que ocorrem principalmente devido às várias falhas neotectônicas.

Já no caso de abalos sísmicos induzidos gerados pelo fraturamento hidráulico, este constitui num grave problema ambiental discutido pela comunidade científica. Porém, em razão da técnica ainda não ter sido empregada no Brasil, não foram realizados estudos técnicos para avaliar na prática na repercussão sísmica da atividade considerando as particularidades da geologia brasileira (LUSCOMBE, 2013).

O processo de perfuração por fraturamento hidráulico pode deixar resíduos químicos no ar, como benzeno e metano, dois gases considerados Gases do Efeito Estufa (GEE) e muito reativos – os compostos orgânicos voláteis (COV). Ademais, ao entrarem em contato com o oxigênio do ar atmosférico, podem gerar óxidos nitrogenados (NOx), formando o *smog* e contribuindo para o aumento da poluição atmosférica (EIA, 2013).

Outro aspecto em relação à poluição do ar é o aumento significativo da emissão de gases de exaustão dos motores dos caminhões referente ao intenso uso dessa frota para bombeamento e transporte na logística do fraturamento hidráulico. A emissão de poluentes a partir das máquinas usadas para dar energia ao equipamento de perfuração, movidas a diesel, no processo de queima intencional de certa quantidade de gás natural ou ventilação de gás por razões operacionais, ou ainda a emissão involuntária de gases por conta de algum equipamento desregulado, com problemas são outras possíveis fontes de emissões (JUSCHAKS FILHO, 2013).

Após o período de extração, o poço permanece liberando volumes de gases para a atmosfera por períodos indeterminados (DOCUMENTÁRIO..., 2016). Existem ainda alguns poços abandonados queimando gás, que passaram a funcionar como verdadeiros *flares* de queima de gás. Os vapores gerados (tanto pelo gás queimado como pelo gás não queimado) são potencialmente danosos à saúde humana e contribuem para o desequilíbrio climático do planeta (DOCUMENTÁRIO..., 2016).

Os impactos da produção de petróleo e gás não convencionais sobre a biodiversidade já são analisados em diversos estudos (BAMBERGER; OSWALD, 2015; KIVIAT, 2013; SOUTHER *et al.*, 2014) apresentando os riscos ao funcionamento dos ecossistemas e à conservação de espécies da fauna e flora de uma maneira geral. As questões ambientais devem ser analisadas dentro de um arcabouço legislativo federal e estadual onde cada ator possui claramente seu papel bem delimitado, bem como sua competência de legislar e jurisdicionar em cada esfera.

A competência jurisdicional no âmbito federal em relação às questões de proteção ambiental é de caráter mais generalista, estabelecendo condições mínimas e diretrizes gerais para a preservação do meio ambiente, dos recursos hídricos e qualidade do ar. Cabe à jurisdição dos Estados legislar de forma mais específica no que tange aos seus aspectos ambientais e em relação às outras questões inerentes ao setor.

4 A EXPLORAÇÃO DE GAS FOLHELHO NO BRASIL

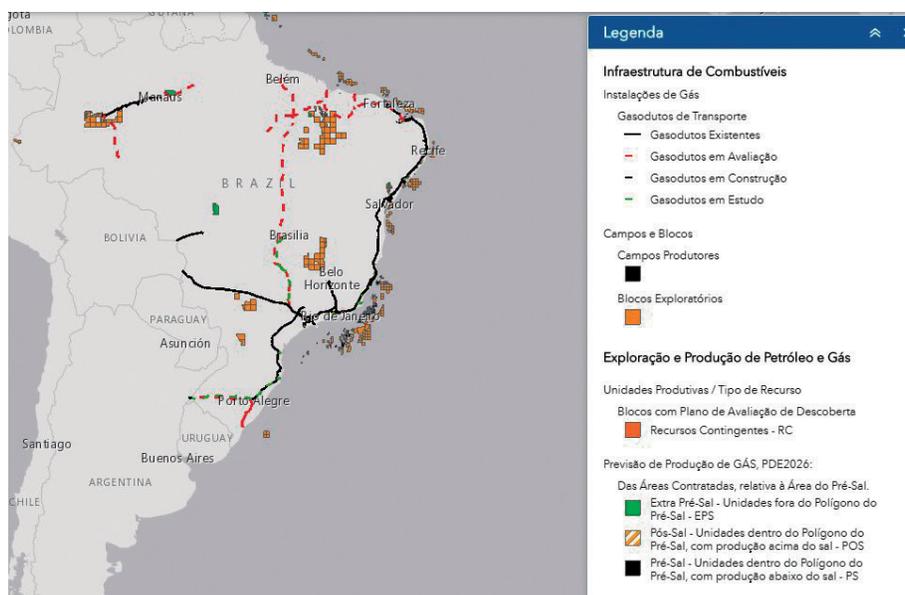
No Brasil, a agência reguladora do setor do gás é a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), que responde ao Ministério de

Minas e Energia (MME), criada em 1997 pela Lei do Petróleo – Lei 9.478, de 1997 (BRASIL, 1997). A Petrobrás tem o monopólio no setor e retém a maior parte da infraestrutura do gás no Brasil (FERRARO; HALLACK, 2012).

Atualmente, o governo brasileiro, por meio da Resolução 16 do Conselho Nacional de Planejamento Energético (CNPE) publicada em junho de 2019, instituiu o Novo Mercado de Gás que é uma iniciativa para ampliar a competição no setor. A resolução traz inovação quanto à governança no intuito de dinamizar e expandir o mercado de gás no país (RCGI, 2019).

A produção bruta de gás natural no Brasil em 2019 foi de 130 milhões de m^3 ao dia (MMm^3/d) e o PDE indica que a oferta nacional de gás natural crescerá para 138 MMm^3/d até 2029, devido a maior produção de campos do Pré-sal. Contudo o aumento da disponibilidade de gás vai depender de investimentos em infraestrutura (EPE, 2020). Segundo ANP (2019), a malha de gasodutos de transporte cresceu passando de 7.175 km em 2008 para 9.409 km em 2018 e a de distribuição mais que dobrou, passando de 16.321km para 34.649km. A Figura 4 apresenta a distribuição geográfica da infraestrutura de combustíveis de gás natural no Brasil.

Figura 4 – A distribuição geográfica da infraestrutura de combustíveis de gás natural no Brasil, 2020



Fonte: EPE (2020).

Apenas a linha em preto representando o gasoduto de transporte já é existente, concentrando-se na linha litorânea com adentramento no estado de São Paulo e no campo exploratório na Amazônia. Contudo, Andreoli, Costa e Musarra (2019) apresentam em seu trabalho que a infraestrutura de transporte e distribuição do gás no território brasileiro aumentou desde o início dos anos 2000 e tende a expandir mais com as recentes movimentações no setor e no mercado do gás natural.

No caso brasileiro foram criadas as agências reguladoras do petróleo para estabelecer o diálogo entre a sociedade, investidores e os demais setores, de modo independente, imparcial e transparente. As agências podem fazer normas relativas aos setores afetos e conforme competência outorgada pela lei instituidora e desta formam, as leis que instituem as agências reguladoras outorgam competência para a edição de atos normativos (SILVA, 2014).

As agências regulatórias, no caso da ANP, nos seus procedimentos para audiência pública foram regulamentada pelo Decreto N° 2.455, de 14 de janeiro de 1998 (BRASIL, 1998). Em 18 de dezembro de 2013, a ANAP realizou a 12ª Rodada de licitações com audiência pública na cidade do Rio de Janeiro, referente à minuta do contrato de concessão da rodada. A consulta registrou 150 contribuições de 13 agentes e na Audiência os seguintes grupos realizaram exposições orais: Frente Internacionalista dos Sem-Teto (FIST); CGG Veritas (companhia de origem francesa de serviços geofísicos e apoio à extração de petróleo e gás); Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP); Associação dos Engenheiros da Petrobrás (AEPET); e Central Única dos Trabalhadores (CUT). Na Ata, entretanto, não consta o teor dessas exposições (MIRANDA, 2018).

Houve críticas com relação ao Licenciamento de Petróleo e Gás do IBAMA/RJ, apresentando temas polemicamente, como o fraturamento, sendo indicada uma nova regulamentação no âmbito do CONAMA. Houve registro de conflitos nesta rodada de licitações sobre o uso da água para abastecimento público e para a prática do fraturamento hidráulico, destacando também a baixa participação popular neste processo (MIRANDA, 2018).

Desta forma, apesar das críticas geradas, a 12ª Rodada e a ANP publicou a Resolução 21 em abril de 2014 estabelecendo os requisitos a serem cumpridos pelos detentores de direitos de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural que executariam a técnica de fraturamento hidráulico em reservatório não convencional.

O Ministério Público Federal (MPF) moveu cinco ações civis públicas – ACP 5005509-18.2014.404.7005 - Paraná (de 22.05.2014), ACP 0030652-38.2014.4.01.3300 - Bahia (de 19.08.2014), ACP 0006519-75.2014.4.03.6112 – São Paulo (de 17.12.2014), ACP 0800366-79.2016.4.05.8500 - Sergipe (de 30.01.2016) e ACP 0001849-35.2015.4.01.3001 - Acre (de 19.10.2015) – visando o cancelamento da 12ª Rodada de Licitações e obrigação da ANP de não realizar nova licitação com a exploração de gás de folhelho sem a realização de estudos ambientais prévios (DELGADO *et al.*, 2019).

A determinação da nulidade da 12ª rodada de licitações e a suspensão dos contratos assinados levaram em consideração o princípio da precaução sobre o princípio da livre concorrência (PETRY *et al.*, 2019). Já a Resolução Nº 16/2019 do Conselho Nacional de Política Energética (BRASIL, 2019a), em seu artigo 7º, recomenda a elaboração de subsídios técnicos para fomentar a exploração e produção de gás natural em terra, pelo Ministério Minas e Energia e órgãos competentes.

4.1 AS MOBILIZAÇÕES CONTRA A EXPLORAÇÃO DE GÁS FOLHELHO NO BRASIL

No Brasil, houve mobilizações contra a exploração de gás folhelho e algumas associações se mobilizaram, como a Associação Nacional dos Servidores da Carreira de Especialista em Meio Ambiente (ASIBAMA), o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e sindicatos como o dos trabalhadores do ramo de exploração de petróleo e gás (SINDPETRO/Rio de Janeiro e SINDPETRO/Norte Fluminense). Ainda, várias entidades demonstraram preocupação com o impacto ambiental relacionado ao uso do *fracking*, e se posicionaram contra essa atividade no contexto da 12ª rodada de licitações da ANP (BRASIL, 2013a).

Encontram-se ativos o blog da campanha, com cerca de 9.255.180 seguidores (06/2020). Houve também a Campanha Nacional “Não Fracking Brasil”, iniciada em 2013 pela Coalizão Não Fracking Brasil pelo Clima, Água e Vida (Coesus), com mais de 320 organizações e coordenada pela ONG 350.org, segundo informações do blog, página e grupo com mesmo nome da campanha (COESUS, 2013) (Figura 6).

Figura 6 – Logos de campanhas nacionais “Não Fracking Brasil”, 2013



Fonte: Coesus (2013).

A campanha “Não Fracking Brasil” visa mobilizar a sociedade civil organizada, entidades públicas e privadas, representantes da indústria e serviços, gestores públicos e profissionais liberais, parlamentares e cidadãos para bloquearem a entrada do *fracking* no Brasil. A ONG realizou várias ações, palestras, audiências públicas em todo o Brasil para conscientizar a sociedade desse método de extração controverso.

A Coalização Não Fracking Brasil (Coesus), que critica duramente o método de extração do gás, é radicalmente contra a exploração e produção do gás de folhelho no país e elenca uma série de malefícios e impactos causados pelo fraturamento hidráulico. Além da manifestação citada, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e a Academia Brasileira de Ciências (ABC) enviaram carta à presidência da República, solicitando a suspensão da licitação de áreas para exploração de gás de folhelho para aprofundar os estudos sobre a real potencialidade da utilização do método da fratura hidráulica e os possíveis prejuízos ambientais (SBPC, 2013).

4.2 LEGISLAÇÃO E PROJETOS DE LEI SOBRE A QUESTÃO DO GÁS DE FOLHELHO

Em âmbito federal, existe o Projeto de Lei (PL) Nº 1.935, de 2019 (BRASIL, 2019b), do Deputado José Carlos Schiavinato (PP-PR), acrescenta o

inciso III no art. 37 do Decreto-Lei N° 227, de 28 de fevereiro de 1967 (BRASIL, 1967), vedando a outorga de concessão de lavra para exploração de gás mediante a técnica de fraturamento hidráulico. O PL atualmente ainda se encontra nos trâmites internos da Câmara, mais precisamente na Comissão De Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS). Se aprovado, passará Comissão de Minas e Energia (CME) e na Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania (CCJE) para que então possa ser apreciado no plenário da Câmara, só então com todas essas aprovações será remetido ao Senado Federal e se aprovado será conduzido para sanção ou veto do Presidente da República.

Já houve outras tentativas por intermédio da PL 4.118/2015 (BRASIL, 2015), do Deputado Marcelo Belinati, que tramitou na Câmara dos deputados apenso ao PL 6.904/2013 (BRASIL, 2013b), do Deputado Sarney Filho, “estabelece medidas relativas à atividade de exploração de gás de folhelho” e trata, basicamente, de uma moratória de cinco anos para a exploração de gás de folhelho e o PL 6.904/2013 que foi aprovado pela CMADS, com duas emendas, em 15/07/2015, mas rejeitado na CME, respectivamente, em 10/11/2015 e 15/06/2016. Na esfera estadual, a Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo (ALESP) na 189ª Sessão Ordinária aprovou o PL 834/2016 (SÃO PAULO, 2016), de autoria do Deputado Estadual Ed Thomas (PSB), proibindo a exploração do gás através do fraturamento hidráulico. Entretanto o governador da época, Geraldo Alckmin, vetou o projeto alegando vício de inconstitucionalidade por considerar que a matéria seria de competência da União.

Independentemente da decisão proferida na esfera estadual, alguns municípios aprovaram lei proibindo essa prática, como Presidente Venceslau-SP com a Lei N° 3.499 de 2017 (PRESIDENTE VENCESLAU, 2017) e o município de Presidente Prudente-SP com a Lei N° 9.313 de 2017 (PRESIDENTE PRUDENTE, 2017), podendo servir de exemplo para outros municípios, até o momento essas leis não tiveram suas validades contestadas judicialmente.

No Paraná, a Assembleia Legislativa do Paraná (ALEP), aprovou a Lei N° 19.878 de 2019 (PARANÁ, 2019), a primeira lei estadual anti-*fracking* em território nacional, proibindo a exploração do gás de xisto em território paranaense através do método de fraturamento hidráulico, proibindo inclusive, os demais métodos de exploração do solo que ocasionar contaminação dos lençóis freáticos e demais acidentes ambientais ou que sejam nocivos à saúde humana.

Assim, não há dúvidas da iniciativa legislativa em proibir o *fracking*. No que tange à proposição, a norma aplicável à exploração do gás de folhelho não é o Decreto-Lei N° 227/1967 (Código de Minas) (BRASIL, 1967), mas a Lei N° 9.478, de 6 de agosto de 1997 (Lei do Petróleo) (BRASIL, 1997). Em seu art.

10, o Código de Minas estatui que “reger-se-ão por leis especiais: as jazidas de substâncias minerais que constituem monopólio estatal” (inciso I). Nos termos do art. 177, I, da Constituição Federal, e do art. 4º da Lei 9.478/1997, constituem monopólio da União “a pesquisa e lavra das jazidas de petróleo e gás natural e outros hidrocarbonetos fluidos”, sendo que gás natural ou gás é definido como “todo hidrocarboneto que permaneça em estado gasoso nas condições atmosféricas normais, extraído diretamente a partir de reservatórios petrolíferos ou gaseíferos, incluindo gases úmidos, secos, residuais e gases raros” (BRASIL, 1997, não paginado).

A Lei do Petróleo que deve ser inserida a vedação ao uso da técnica de fraturamento hidráulico na exploração de gás de folhelho. O Decreto-Lei Nº 1.985, de 29 de março de 1940 (Código de Minas) (BRASIL, 1940), na sua disposição que estabelece o prazo improrrogável de 10 (dez) anos, somente para a pesquisa e o estudo da lavra de jazidas de gás natural de folhelho ou gás de xisto, sendo vedado a sua exploração comercial, em razão do Projeto de Lei Nº 1.935, de 2019 (BRASIL, 2019b).

Diante do impacto ambiental gigantesco que a exploração do gás xisto poderia acarretar, órgãos ambientais em conjunto ao Ministério Público Federal, adentraram com a Ação Civil Pública Ambiental número 0006519.75.2014.403.6112, conseguindo a suspensão da 12ª Rodada de Licitações promovida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) que permitiria a exploração na Bacia do Rio Paraná, situada na região de Presidente Prudente-SP.

CONCLUSÃO

Diante do discutido no presente trabalho, pôde-se destacar a importância do gás natural na matriz energética nacional. Contudo, sua exploração está relacionada a uma série de obstáculos relacionados à infraestrutura, aspectos ambientais e aspectos sociais.

O estudo procurou mostrar as consequências ambientais desta atividade e como a sociedade tem se mobilizado. Verificou-se que o Brasil não possui lei específica, em esfera federal, para tratar do assunto, dependendo apenas de regulamentações e leis genéricas para nortear a discussão, acarretando uma série de agravantes. Contudo, ações realizadas pela “Não Fracking Brasil”, pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e pela Academia Brasileira de Ciências (ABC) mobilizaram a sociedade bloqueando a entrada do *fracking* no Brasil.

O trabalho ainda evidenciou que uso da extração de gás natural não convencional é polêmico e pode trazer inúmeras consequências ambientais e socioeconômicas devido ao grande volume de água utilizado, além da adição de insumos na mistura injetada no subsolo, que podem contaminar a água subterrânea.

São elevados os riscos aos recursos hídricos, ao ar, ao solo, à biodiversidade, às áreas legalmente protegidas, às paisagens e à saúde humana, bem como a incerteza científica quanto à extensão dos efeitos do *fracking* em ecossistemas vulneráveis. Contudo, tem sido temerária a conduta da ANP ao proceder à licitação dos blocos a produção do gás de folhelho.

REFERÊNCIAS

ANADÓN, E. L.; CASALOTTI, V.; MASARIK, G.; HALPERIN, F. **El abecé de los hidrocarburos en reservorios no convencionales**. Buenos Aires: Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 2013.

ANDREOLI, A.; COSTA, H.; MUSARRA, R. Principais aspectos da Iniciativa Gás para Crescer e as perspectivas futuras para o setor de Gás no Brasil: novo mercado de gás. *In*: COSTA, H. (org.). **A regulação do gás natural no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2019. p. 155-170.

ANP. **Principais questões relacionadas aos riscos da recuperação de gás de folhelho**. [S. l.], 2013. 1 slide, color. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cmads/audiencias-publicas/audiencia-publica-2013/05-12-2013-a-exploracao-do-xisto-em-territorio-nacional-e-seus-efeitos-sobre-o-meio-ambiente/apresentacoes/luciano-silva-pinto-teixeira/view>. Acesso em: 16 jul. 2020.

ANP. Boletim da produção de petróleo e gás natural. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**, Brasília, DF, abr. 2019. Centrais de conteúdo. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/bmp/2019/2019-04-boletim.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2022.

BAMBERGER, M.; OSWALD, R. E. Impacts of shale gas extraction on animal health and implications for food safety. *In*: FINKEL, M. L. (Ed.). **The human and environmental impact of fracking**. Santa Barbara: PRAEGER, 2015. p. 35-48.

- BARATI, R.; LIANGI, J.T. A review of fracturing fluid systems used for hydraulic fracturing of oil and gas wells. **Journal of Applied Polymer Science**, [s. l.], n. 131, p. 1-11, Apr. 2014.
- BARBOSA, V. O Brasil tem uma das 10 maiores reservas de gás de xisto. **Exame**, São Paulo, 28 abr. 2014. Economia. Disponível em: <https://exame.com/economia/brasil-tem-uma-das-10-maiores-reservas-de-gas-de-xisto/>. Acesso em: 09 jun. 2020.
- BARBOUR, R. **Introducing qualitative research: a student's guide**. London: Sage, 2014
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Editora 70, 2016.
- BATLEY, G. E.; KOOKANA, R. S. Environmental issues associated with coal seam gas recovery: managing the fracking boom. **Environmental Chemical**, [s. l.], v. 9, p. 425-428, 2012.
- BEN. Matriz energética brasileira. **Empresa de Pesquisa Energética**, Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 04 mar. 2022.
- BP. Statistical review of world energy 2020. **BP**, Westminster, 2020. Disponível em: www.bp.com/statisticalreview. Acesso em: 04 mar. 2022.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo [...]. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente, [2009]. Disponível em: encurtador.com.br/qHSV8. Acesso em: 04 mar. 2022.
- BRASIL. Conselho Nacional de Política Energética. **Resolução Nº 16, de 24 de junho de 2019**. Estabelece diretrizes e aperfeiçoamentos de políticas energéticas [...]. Brasília, DF: Conselho Nacional de Política Energética, [2019b]. Disponível em: encurtador.com.br/hlvB1. Acesso em: 12 jun. 2021.
- BRASIL. **Decreto-Lei Nº 1.985, de 29 de março de 1940**. Código de Minas. Rio de Janeiro, DF: Presidência da República, [1940]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/del1985.htm. Acesso em: 04 mar. 2022.
- BRASIL. **Decreto-Lei Nº 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Dá nova redação ao Decreto-Lei Nº 1.985 [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [1967]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm. Acesso em: 04 mar. 2022.

BRASIL. **Decreto Nº 2.455, de 14 de janeiro de 1998**. Implanta a Agência Nacional do Petróleo – ANP [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [1998]. Brasília, DF: Presidência da República, [1998]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2455.htm. Acesso em: 04 mar. 2022.

BRASIL. **Lei Nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Dispõe sobre a política energética nacional [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [1997]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19478.htm. Acesso em: 04 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Parecer técnico GTPEG Nº 02/2013**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 14 jun. 2013a. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/rodadas-anp/rodadas-concluidas/partilha-de-producao/1a-rodada-partilha-producao-pre-sal/arquivos/diretrizes-ambientais/parecer_tecnico_gtpeg_02-2013.pdf. Acesso em: 08 fev. 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei Nº 6.904, de 2013**. Estabelece medidas relativas à atividade de exploração de gás [...]. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, [2013b]. Disponível em: encurtador.com.br/rFHQY. Acesso em: 27 fev. 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei Nº 4.118, de 2015**. Acrescenta inciso III no art.37 [...]. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, [2015]. Disponível em: encurtador.com.br/dyPX0. Acesso em: 27 fev. 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei Nº 1.935, de 2019**. Acrescenta inciso III, no art.37 [...]. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, [2019a]. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2196375>. Acesso em: 03 mar. 2022.

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

COESUS. Coalizão Não Fracking Brasil. **Não Fracking Brasil**, [s. l.], 2013. Disponível em: <https://world.350.org/fracking-brasil/>. Acesso em: 29 jan. 2020.

COUTINHO, C. **Metodologia de investigação em ciências sociais**. Coimbra: Almedina, 2015.

DALE, A. T.; KHANNA, V.; VIDIC, R. D.; BILEC, M. M. Process based life-cycle assessment of natural gas from the Marcellus Shale. **Environmental Science and Technology**, [s. l.], v. 47, p. 5459-5466, 2013.

DELGADO, F. *et al.* O shale gas à espreita no Brasil: desmistificando a exploração de recursos de baixa permeabilidade. **Cadernos FGV Energia**, Rio de Janeiro, ano 6, n. 9, p. 9-130, fev. 2019.

DOCUMENTÁRIO Gasland – a verdade sobre o fracking (fraturamento hidráulico). **Funverde**, [s. l.], 19 ago. 2016. Blog. Disponível em <https://www.funverde.org.br/blog/documentario-gasland-a-verdade-sobre-o-fracking-fraturamento-hidraulico/>. Acesso em: 12 fev. 2020.

EIA. Assumptions to the annual energy outlook 2012. **EIA – U.S. Energy Informations Administration**, Washington, DC, Aug. 2012. Disponível em: [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/assumptions/pdf/0554\(2012\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/assumptions/pdf/0554(2012).pdf). Acesso em: 07 maio 2020.

EIA. Technically recoverable shale oil and shale gas resources: an assessment of 137 shale formations in 41 Countries outside the United States. **EIA – U.S. Energy Informations Administration**, Washington, DC, June 2013. Disponível em: <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/overview.pdf>. Acesso em: 04 maio 2020.

EPA. What is acid rain? **United States Environmental Protection Agency**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://www.epa.gov/acidrain/what-acid-rain>. Acesso em: 06 set. 2020.

EPE. **Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás 2017**. Brasília, DF, MME/EPE, 2017. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/zoneamento-nacional-de-recursos-de-oleo-e-gas-2015-2017>. Acesso em: 05 mar. 2022.

EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2029**. Brasília, DF, MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-69-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2029>. Acesso em: 05 mar. 2022.

FERRARO, M. C.; HALLACK, F. M. H. The development of the natural gas transportation network in Brazil: Recent changes to the gas law and its role in co-ordinating new investments. **Energy Policy**, [s. l.], Vol. 50, p. 601-612, Nov. 2012.

FRAC FOCUS. Find a well. **Frac Focus**, [s. l.], 2020. Disponível em: <http://fracfocus.org/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

GREGORY, K. B.; VIDIC, R. D.; DZOMBAK, D. A. Water Management Challenges Associated with the Production of Shale Gas by Hydraulic Fracturing. **Elements**, [s. l.], vol. 7, p. 181-186, Jun. 2011.

GUIMARÃES, I. B.; ROSSI, L. F. S. Estudo dos constituintes dos fluidos de perfuração: Proposta de uma formulação otimizada e ambientalmente correta. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 4., 2007, Campinas. **Anais** [...]. Campinas: PDPETRO, 2007. p. 1-8.

HART, C. **Doing a literature review**: releasing the social science research imagination. Londres: Sage, 2009.

HOLLOWAY, M. D.; RUDD, O. **Fracking**. Massachusetts: Scrivener Pub, 2013. 376 p.

JACOBY, H. D.; O'SULLIVAN, F.; PALTSEV, S. The influence of shale gas on U.S. energy and environmental policy. **Economics of Energy & Environmental Policy**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 37-51, 2012.

JUSCHAKS FILHO, J. R. V. **Análise de perfis aplicada na avaliação de reservatório do tipo "shale gas"**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

KIVIAT, E. Risks to biodiversity from hydraulic fracturing for natural gas in the Marcellus and Utica shales. **Annals of the New York Academy of Sciences**, [s. l.], v. 1286, p. 1-14, 2013.

LAGE, E. S.; PROCESSI, L. D.; SOUZA, L.D. W.; DORES, P. B.; GALOPPIL P. S. Gás não convencional: experiência americana e perspectivas para o mercado brasileiro. **BNDES Setorial**, v. 37, n. petróleo e gás, p. 33-88, 2013.

LOPES, A. E. V.; NUNES, L. C. Intensidades sísmicas de terremotos: formulação de cenários sísmicos no Brasil. **Revista USP**, São Paulo, n. 91, p. 90-102, 2011.

LUSCOMBE, D. A Framework for managing environmental aspects of shale gas? *In*: MUSIALISKI, C. *et al.* (Ed.). **Shale gas in Europe**: a multidisciplinary analysis with a focus on European specificities. Deventer: Claeys & Casteels Law Publishers, 2013. p. 178-203.

MELO, L.; ANDRADE, J. P. S.; MELO NETO, J. P.; LUCENA, D. V.; ROCHA, C. O. Estudo e caracterização de folhelhos oriundos da perfuração de poços de petróleo da Bacia do Araripe. **Revista Príncipea**, João Pessoa, n. 40, p. 11-20, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/1172/864>. Acesso em: 04 mar. 2022.

MIRANDA, M. **Princípio da precaução**: gestão de risco e planejamento ambiental estratégico. 2018. Dissertação (Mestrado em Energia e Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

MME. Boletim Mensal de Acompanhamento da Indústria de Gás Natural: 2015. **Ministério de Minas e Energia**, Brasília, DF, 2015. Disponível em: encurtador.com.br/oBJO3. Acesso em: 02 mar. 2022.

OBSIS. Home. **Observatório Sismológico**, Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://obsis.unb.br/portalsis/>. Acesso em: 04 fev. 2022.

PARANÁ. **Lei Nº 19.878, de 03 de julho de 2019**. Proíbe a exploração do gás xisto [...]. Curitiba: Assembleia Legislativa, [2019]. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=379296>. Acesso em: 03 mar. 2022.

PETRY, P. *et al.* Gás de folhelho no Brasil: experiências de oposição, aspectos ambientais e legais da sua exploração. **Revista Energia, Ambiente e Regulação**, São Paulo, n. 2, p. 55-78, abr./set. 2019. Disponível em: http://rcgilex.com.br/wp-content/uploads/2020/06/Revista-Rcgilex-N_02_web-compactado-1.pdf. Acesso em: 17 jun. 2021.

PRESIDENTE PRUDENTE. **Lei Nº 9.313, de 07 de abril de 2017**. Dispõe sobre a proibição da concessão de alvará, outorga, autorização e/ou licença de competência municipal para a exploração e/ou exploração de gases e óleos não convencionais [...]. Presidente Prudente: Prefeitura Municipal, [2017]. Disponível em: <http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/documento/39628>. Acesso em: 03 mar. 2022.

PRESIDENTE VENCESLAU. **Lei Nº 3.499, de 06 de setembro de 2017**. Dispõe sobre proibição da concessão de alvará para a exploração de gases [...]. Presidente Venceslau: Prefeitura Municipal, [2017]. Disponível em: <https://www.presidentevenceslau.sp.gov.br/publicacoes-oficiais/decreto-lei?id=1160>. Acesso em: 02 mar. 2022.

PREVE, W. S.; D'ESPINDULA, G. P. C., VALDATI, J. Abalos sísmicos moderados no Brasil: um levantamento dos eventos registrados nos séculos XX e XXI e a difusão de medidas preventivas. *In: XVII SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA*, 17., 2017, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: SBGFA/Unicamp, 2017. p. 3928-3940.

PROCURADORIA-GERAL DA REPÚBLICA. Fracking: MPF cobra posicionamento da ANP em relação à exploração do gás de xisto na 14ª Rodada de Licitações. **Ecodebate**, Rio de Janeiro, 06 jul. 2017. Disponível em: encurtador.com.br/ktyV4. Acesso em: 14 fev. 2022.

RCGI. Centro de Pesquisa para Inovação em Gás. **RGCI**, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.rcgi.poli.usp.br/category/rcgilex-2/> Acesso em: 15 jul. 2020.

RIBEIRO, W. C. Gás “de xisto” no Brasil: uma necessidade? **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 28, n. 82, p. 89-94, out./dez. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/qpDYRs7RLXSCYB5t97BJXTM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 maio 2020.

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

RUMPLER, M.; WENDEL, A.; BISCHOF, H. Robabilistic range image integration for DSM and trueorthophoto generation. **Springer**, Berlin, Germany, vol. 730 p. 533-544, 2013.

SAADI, A. Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretação preliminares. **GEONOMOS**, Belo Horizonte, v. 1, p. 1-15, 1993.

SANTOS, E. M. *et al.* Gás natural: a construção de uma nova civilização. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 67-90, abr. 2007.

SANTOS, M. M. D.; MATAI, P. H. L. D. S. A importância da industrialização do xisto brasileiro frente ao cenário energético mundial. **Rem: revista escola de minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 4, p. 673-678, out./dez. 2010.

SÃO PAULO. **Projeto de Lei Nº 834, de 2016**. Proíbe a exploração do gás xisto [...]. São Paulo: Assembleia Legislativa, [2016]. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/propositura/?id=1000018974>. Acesso em: 11 jan. 2022.

SBPC. SBPC e ABC pedem mais pesquisas sobre eventuais danos ambientais da exploração do gás de xisto. **Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, São Paulo, 27 ago. 2013. Gás de xisto. Disponível em: encurtador.com.br/bpzDY. Acesso em: 13 fev. 2022.

SILVA, M. R. Poder normativo das agências reguladoras: conteúdo e limites. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 19, n. 3990, 4 jun. 2014. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/29187>. Acesso em: 24 fev. 2022.

SLONECKER, E. T.; JOHNSON, B.; MCMAHON, J., Automated imagery orthorectification pilot. **Journal of Applied Remote Sensing**, [s. l.], vol. 3, n. 1, e033552, 2009.

SOUTHER, S.; TINGLEY, M. W.; POPESCU, V. D.; HAYMAN, D.; RYAN, M.; GRAVES, T.; HARTL, B.; TERRELL, K. Biotic impacts of energy development from shale: research priorities and knowledge gaps. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [s. l.], v. 12, n. 6, p. 330-338, 2014.

SOUZA, L. D. E. Gás de xisto: incentivo à degradação ambiental ou solução energética? Uma análise crítica. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, v. 84, out./ dez. 2016. Disponível em: <https://dspace.almg.gov.br/handle/11037/23054>. Acesso em: 02 mar. 2022.

SPEIGHT, J.G. **Shale gas production processes**. Oxford: Elsevier, 2013.

STACHIW, R. (org.). **Xisto: pesquisas, revisões e ensaios realizados no Brasil**. Curitiba: CRV, 2014.

TAIOLI, F. Gás de folhelho no Brasil – perspectivas e dúvidas. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 65., 2013, Recife. **Anais [...]**. Recife: SBPC, 2013. p. 1-4. Disponível em: http://www.sbpnet.org.br/livro/65ra/PDFs/arq_2939_1011.pdf. Acesso em: 30 out. 2021.

THOMAZ, J. E. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 4. ed. [S. l.]: Interciência, 2004.

US EPA. EPA/600/R-14/210. **United States Environmental Protection Agency**, Washington, DC, Sept. 2014. Disponível em: www.epa.gov/nhsr. Acesso em: 14 mar. 2021.

Texto submetido à Revista em 08.01.2021
Aceito para publicação em 03.03.2022