



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

ANDRÉ ARANA

**O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO E A EXPLORAÇÃO DO GÁS XISTO
(FOLHELHO) NA REGIÃO DE PRESIDENTE PRUDENTE-SP**

Presidente Prudente - SP

2020



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

ANDRE ARANA

**O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO E A EXPLORAÇÃO DO GÁS XISTO
(FOLHELHO) NA REGIÃO DE PRESIDENTE PRUDENTE-SP**

Dissertação apresentada Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre – Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientador:

Prof. Dr. Silas Silva Santos

Coorientadora:

Prof. Dr^a. Alba Regina Azevedo Arana

Presidente Prudente - SP

2020

363.7
A662p

Arana, André

O princípio da precaução e a exploração do gás xisto (folhelho) na região de Presidente Prudente - SP. / André Arana. – Presidente Prudente, 2020.

81 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2020.

Bibliografia.

Orientador: Silas Silva Santos

1. Faturamento hidráulico. 2. Dúvida. 3. Água. 4. Contaminação do solo e da água. I. Título.

ANDRE ARANA

**O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO E A EXPLORAÇÃO DO GÁS XISTO
(FOLHELHO) NA REGIÃO DE PRESIDENTE PRUDENTE-SP**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre – Área de concentração: Ciências Ambientais
Concentração

Presidente Prudente, 17 de dezembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Silas Silva Santos
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

Prof. Dr. Paulo Antonio da Silva
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

Prof. Dr. Sandro Marcos Godoy
Instituição Universidade de Marília – Unimar
Marília-SP

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha esposa e aos meus pais que sem eles, esse trabalho não aconteceria.

AGRADECIMENTOS

Ao depararmos com o fim de uma jornada, de um ciclo, nos desperta na memória as lembranças pelo que passamos, momentos felizes e outros nem tanto, mas todos de aprendizado.

Durante esses dois anos de luta, estudo e experiência inúmeros acontecimentos nos marcaram, mas em todos, sejam bons ou ruins me despeço com imensa gratidão e cheio de acolhimento aos novos aprendizados adotados. Me vi em momentos tortuosos não perder a paz, essa paz que excede todo o entendimento. Não há o que ou quem possa tira-la, ela não me pertence, nem vem de mim, mas me é dada.

Sou grato a Deus por essa paz.

As primícias desse trabalho são inteiramente dedicadas a Ele. Durante todos os momentos pude sentir sua presença, seu cuidado e sua proteção comigo e com quem me cerca.

Em minha vida sempre tive o exemplo dos meus pais. Dr. José Milton Arana e Dra. Alba Regina Azevedo Arana. Desde pequeno os admirava e me encantava ao ver o amor que tinham pela profissão, são professores.

Essa pesquisa se iniciou pelo sonho de um dia poder seguir o exemplo deles. Exercer esse ofício com o mesmo amor e maestria que os vi praticar. Tenho a honra de tê-los como meus pais, meu exemplo e minha inspiração. Amo vocês.

Ainda venho esmiuçar o imenso privilégio e gratidão que senti em poder ser aluno e coorientado por minha maior incentivadora, minha mãe. Obviamente esse trabalho não poderia existir sem a sua presença em minha vida. Por isso peço que aceite essa singela homenagem.

Amanda, minha esposa, que alegria é poder construir uma vida ao seu lado. Seu coração é de ouro, sempre colocando os outros em primeiro lugar. A todo tempo me incentivando a desenvolver e a entregar o meu melhor em tudo o que me propuser a realizar. Com você aprendi a dar valor no simples, em uma conversa e principalmente no amor. Aguentou meus momentos de insegurança e de preocupação, sem você esse trabalho também não seria possível, sou grato e tenho orgulho em ser seu marido.

Esse trabalho também é seu.

Não poderia deixar de agradecer aos meus irmãos que tanto amo e admiro. Se tivesse a chance de escolher os escolheria novamente. É um privilégio sermos irmãos e podermos partilhar de tantos momentos juntos. Sou grato por serem exatamente quem são.

A minha avó Darci, uma mulher de fé, sábia que tanto amo e por quem sou grato. Com seu jeito de amar me demonstra através de atitudes o que é mais importante ao ser humano a busca incessante pela presença do espírito santo. Obrigado por ser este exemplo em minha vida.

Fica aqui uma mensagem póstuma. Em meio a tantas vivencias uma pessoa especial nos deixou, minha querida vó Dirce. Esbanjava lucidez, inteligência e alegria. Sempre pronta a saber como estávamos, ajudando em tudo o que podia. Sou grato pelas boas lembranças e pelo privilégio de partilhar tanto tempo ao seu lado. Deixo aqui a minha saudade.

Em tempo não poderia deixar de agradecer ao meu querido orientador, Dr. Silas Silva Santos. Uma pessoa singular, desde a minha graduação o tinha como exemplo. Grande professor e nobre magistrado. Sou grato pelos ensinamentos a mim prestados, pelos conselhos sábios e firmes que me foi entregue ao longo deste período. Suas palavras trazem luz e foram a presença delas que me nortearam a finalização do presente trabalho. Obrigado.

Ainda venho agradecer a instituição UNOESTE pela experiência incrível, por todo apoio dos professores, pelo amadurecimento e por me ensinar a aprender e desenvolver.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para mais um objetivo realizado em minha vida.

“Todos os homens sonham, mas não da mesma forma. Os que sonham à noite, nos recessos poeirentos de suas mentes, despertam ao amanhecer para descobrir que tudo, afinal, não passava de vaidade. Mas os sonhadores do dia, esses são homens perigosos, pois realizam seus sonhos de olhos abertos, tornando-os em realidade.”

(T. E. Lawrence).

RESUMO

O princípio da precaução e a exploração do gás xisto (folhelho) na região de Presidente Prudente

Com a fonte de energias fósseis nas mãos de poucos países - normalmente adeptos aos regimes totalitários - e cada vez mais escassas, surgiu-se uma nova fonte de energia fóssil até então não explorada, o gás de folhelho (gás xisto). Isso resultou no preço competitivo na produção do combustível devido a tecnologia aplicada, o faturamento hidráulico (fracking) somado as grandes reservas do combustível. A extração economicamente é vantajosa, contudo, essa conduta pode resultar em severos danos ambientais. O objetivo deste trabalho é discutir a necessidade de sua exploração, contrapondo-se aos eminentes riscos supostamente causados. Desta forma, foi abordado o Princípio da Precaução, verificando seus mecanismos necessários para acionar o Poder Judiciário, e também a real necessidade de exploração mediante as novas tecnologias presentes. O trabalho questiona: Como se estabelece o princípio constitucional da precaução e sua aplicabilidade com relação a extração do gás xisto? Quais as consequências ambientais de sua extração na região de Presidente Prudente – SP? O presente trabalho foi desenvolvido através das pesquisas bibliográficas, abordando qualitativamente os principais instrumentos legais que regem o assunto, sobretudo no que diz respeito às questões ambientais envolvendo solos e recursos hídricos. Os resultados apontaram que as questões ambientais devem ser analisadas dentro de um arcabouço legislativo federal e estadual em que cada ator possui claramente seu papel bem delimitado, bem como sua competência de legislar e jurisdicionar em cada esfera. Cabe à esfera dos Estados legislar de forma mais específica no que tange aos seus aspectos ambientais e em relação às outras questões inerentes ao setor. No caso do município de Presidente Prudente ficou claro que a atividade econômica do gás de folhelho colocaria em risco a maior riqueza da região, seus recursos hídricos e até mesmo a economia local: a região tem grande parte de sua economia baseada na agricultura e pecuária. Pode-se concluir ainda que os riscos conhecidos, como o risco aos recursos hídricos, enquanto outros efeitos permaneciam como dúvidas são suficientes para se tratar de dúvida em que o princípio da precaução possa ser aplicado, conclui também que diante da iminente busca por energias limpas e renováveis, somado a chegada de carros elétricos diminuiria a demanda por combustível fóssil não justificando a extração do gás de folhelho tanto ambientalmente, como comercialmente.

Palavras-chave: Faturamento hidráulico. Dúvida. Água. Contaminação do solo e da água.

ABSTRACT

The precautionary principle and the exploration of shale gas (sheet) in the President Prudent region

With the source of fossil energy in the hands of a few countries - usually adept at totalitarian regimes - and increasingly scarce, a new source of fossil energy emerged that had not been exploited until then, the shale gas. This resulted in a competitive price in fuel production due to the technology applied, the fracking added to the large fuel reserves. Extraction is economically advantageous, however, this pipeline can result in severe environmental damage. The objective of this work is to discuss the necessity of its exploitation, opposing the eminent risks supposedly caused. The Precautionary Principle was approached, verifying its necessary mechanisms for activating the Judiciary, and also the real need for exploitation by means of the new technologies present. The work questions: How the constitutional principle of precaution is established and its applicability with respect to the extraction of shale gas? What are the environmental consequences of its extraction in the region of Presidente Prudente - SP? The present work was developed through bibliographic researches, approaching qualitatively the main legal instruments that govern the subject, especially regarding environmental issues involving soils and water resources. The results pointed out that environmental issues must be analyzed within a federal and state legislative framework in which each actor clearly has its role well delimited, as well as its competence to legislate and jurisdiction in each sphere. It is up to the States to legislate in a more specific way regarding their environmental aspects and in relation to other issues inherent to the sector. In the case of the municipality of Presidente Prudente it became clear that the economic activity of the leaf gas would put at risk the region's greatest wealth, its water resources, and even the local economy: the region has a large part of its economy based on agriculture and livestock. One can also conclude that the known risks, such as the risk to water resources, while other effects remained as doubts are sufficient to address the doubt that the precautionary principle can be applied, also concludes that in the face of the imminent search for clean and renewable energy, coupled with the arrival of electric cars would reduce the demand for fossil fuel not justifying the extraction of leaf gas both environmentally and commercially.

Keywords: Fracking. Doubt. Water. Soil and water contamination.

LISTA DE SIGLAS

ADIn	- Ação Direta de Inconstitucionalidade
ADPF	- Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental
ANPGB	- Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis
ANP	- Agência Nacional Do Petróleo
CF	- Constituição Federal
EIA	- Annual Energy Outlook
EPE	- Empresa De Pesquisa Energética.
EPA	- United States Environmental Protection Agency
GEE	- Gases Do Efeito Estufa
HC	- Hidrocarboneto
MP	- Ministério Público
MPF	- Ministério Público Federal
MME	- Ministério De Minas E Energia
PNMA	- Política Nacional Do Meio Ambiente
STF	- Supremo Tribunal Federal
TOC	- Total Organic Carbon

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Ranking de Países com maior potencial para exploração de gás de folhelho, 2013.....	35
------------	---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Esquema tradicional de geologia não convencional e convencional de hidrocarbonetos.....	20
Figura 2 -	Bacias Sedimentares e as Reservas de Gás de Folhelho, 2012.	22
Figura 3 -	Esquema Exploratório do Gás de Folhelho pela Técnica de Fraturamento Hidráulico.....	24
Figura 4 -	Ciclo da Chuva e formação da Chuva Acida.....	30
Figura 5 -	Reservas de gás de folhelho nos EUA- 2015.....	34
Figura 6 -	Estrutura de Rede do Gasoduto nos EUA, 2020	36
Figura 7 -	Bacias de Gás / Óleo de Folhelho na Argentina, 2013.....	39
Figura 8 -	Bacias de folhelho na China;.....	42
Figura 9 -	Campo petrolífero de PetroChina em Tarim - China 2020.....	43
Figura 10 -	A distribuição geográfica da infraestrutura de combustíveis de gás natural no Brasil, 2020.....	45
Figura 11 -	Logos de campanhas nacionais “Não Fracking Brasil”, 2013.....	48
Figura 12-	Campanha internacional sobre Fracking e mudanças climáticas, 2020.....	49
Figura 13 -	Localização dos blocos de exploração de gás xisto na região de Presidente Prudente-SP. 2020.....	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	O GÁS DE FOLHELHO E O FRATURAMENTO HIDRÁULICO	19
2.1	O gás de folhelho	19
2.2	Fraturamento hidráulico	23
2.3	Potenciais impactos ambientais	26
2.3.1	Contaminação das águas.....	27
2.3.2.	Contaminação do solo.....	28
2.3.3.	Atividades sísmicas.....	29
2.3.4	Chuva ácida	29
3	A EXPLORAÇÃO DE GAS FOLHELHO NO EXTERIOR E AS DISCUSSÕES NO BRASIL	32
3.1	Casos e discussões no exterior	32
3.1.1	O caso do EUA.....	33
3.1.2	O caso da Argentina.....	37
3.1.3	A China: a maior reserva.....	41
3.1.4	O caso brasileiro	44
3.2	As mobilizações contra a exploração de gás folhelho no Brasil	47
3.3	Legislação e projetos de lei sobre a questão do gás de folhelho	49
4	O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO E SEUS DESAFIOS	52
4.1	Origem do princípio e aspectos gerais.	52
4.2	Precaução e prevenção: suas diferenças	54
4.2.1	Críticas ao princípio da precaução	57
4.2.2	Dúvida científica	60
4.3	Matriz constitucional e infraconstitucional	62
4.3.1	Jurisprudência e entendimento no Superior Tribunal Federal	63
4.4	A Ação civil pública no caso de Presidente Prudente/SP	65
5	CONCLUSÕES	70
	REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

O tema “Meio Ambiente” se tornou muito recorrente hoje em dia, devido a degradação imposta pelo homem em busca de uma suposta qualidade de vida forjada por um sistema em que se baseia no consumismo a qualquer custo. Outro fator que gera relevância as questões ambientais é o fato dele estar relacionado, direta ou indiretamente, com todos os outros os ramos da ciência.

Conforme determina o artigo 225 da Constituição Federal a busca por um meio ambiente ecologicamente equilibrado, para a presente e futuras gerações só é possível se existir a participação de todos os atores envolvidos, tanto o Poder Público, como a coletividade em geral (BRASIL, 1988).

Essa pesquisa faz parte das discussões inseridas no Prointer “Resíduos e seus potenciais impactos no Pontal no Paranapanema: agroenergia, saúde, meio ambiente e políticas públicas” fruto da reflexão de pesquisadores do Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional - PPGMADRE. A questão dos Resíduos Sólidos (RS) e seus impactos constituem uma das grandes preocupações da sociedade, proporcionando um desafio a gestores públicos e ambientais. Desta forma, este trabalho pretende contribuir para esta discussão enfocando as consequências da exploração do gás xisto, na região do Pontal do Paranapanema, em especial em Presidente Prudente – SP.

O trabalho ainda visa discutir os mecanismos legais utilizados neste assunto em razão da falta de legislação no âmbito nacional sobre o tema, exploração do gás xisto e suas consequências ambientais.

Conforme Padilha (2010, p.160) “a Constituição impõe o dever de proteção do meio ambiente para todos e divide a responsabilidade do seu exercício entre o Estado e a sociedade criando um elo de solidariedade”.

Fica evidente que a questão ambiental requer uma proteção de todos os ramos e atores da sociedade como economistas, advogados, administradores, geógrafos, pedagogos e em geral, e cada um no seu ramo podendo repensar em um novo modelo de gestão ambiental.

A temática ambiental Brasileira apresentou alguns avanços com relação à proteção ambiental, mas ainda requer alguns cuidados, ora por falta de leis mais severas, ora por falta de fiscalização e também por falta de conscientização ambiental.

A degradação do meio ambiente no Brasil não é uma história recente, desde o descobrimento até os dias atuais a dilapidação das terras nacionais é grande devido ao alto consumismo implantado pelo modelo econômico (FAUSTO, 2006).

No início da década de 1970, surgiram debates públicos sobre a natureza e sua vulnerabilidade, começou-se a demonstrar uma preocupação e interesse sobre a problemática ambiental, foi então possível perceber que o planeta não conseguiria suprir todas as necessidades impostas, muito menos absorver todo tipo de rejeito produzido pela ação antrópica do homem (BURSZTYN; BURSZTYN, 2013).

Segundo Dias (2009) a construção pelos seres humanos de um espaço próprio de vivência, se deu sempre à revelia e com modificação do ambiente natural, assim, o ser humano, para sua sobrevivência, de um modo ou de outro, sempre modificou o ambiente natural. A partir dos impactos ocasionados pelo modo de vida proposto pelo homem, surge a necessidade de um modelo que minimize os problemas, de forma que possa conciliar crescimento e desenvolvimento econômico e que não agride o meio ambiente na esperança de que as futuras gerações possam gozar de tais benefícios (sustentabilidade).

Na perspectiva “sustentabilidade” é necessário que todos os setores da economia se adequem a essa nova proposta. Ao relacionar com a exploração do gás de xisto, foco do trabalho, há a preocupação com a manutenção da qualidade dos solos que estão sujeitos a contaminação durante a injeção do fluido de fraturamento ou mesmo pelo escoamento do gás através dos dutos de perfuração. Assim também as águas subterrâneas e mananciais estariam sujeitas a uma possível degradação (SUN; WANG, 2015). Desse modo faz-se necessário uma abordagem dos principais instrumentos legais que regem o assunto, sobretudo no que diz respeito às questões ambientais envolvendo solos e recursos hídricos.

Existem dois fatores que pesam contra os combustíveis fósseis: estão cada vez mais escassos, são finitos, limitados, e o segundo ponto é que as principais reservas de petróleo no mundo encontram-se 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, 2016).

A reserva do gás xisto já se equivale a 15 vezes o tamanho das reservas nacionais de gás convencional (BRASIL, 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 faturamento hidráulico da rocha (LAGE, 2013).

O faturamento 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 (CACHAY, 2004).

De um poço perfurado na vertical origina-se vários outros horizontais, como uma ramificação, mantendo a mesma profundidade. Horizontalmente é possível acessar diferentes áreas nas diversas direções, reduzindo os custos de extração por não necessitar construir tantos poços verticais (SPEIGHT, 2013).

Sua perfuração, contudo, possui alto grau de risco ambiental, podendo contaminar o solo, lençóis freáticos e aquíferos, havendo inclusive a possibilidade de ocasionar instabilidade geofísica, resultando em abalos sísmicos (TAIOLI, 2013).

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.

A Lei N°6.938 de 1981 dispões sobre a Política Nacional do Meio Ambiente trata o solo como um recurso ambiental, além de definir conceitos básicos de poluição. Visa, contudo, recuperar a qualidade ambiental adequada (BRASIL, 1981).

Sob a luz da Carta Magna de 1988, artigo 20, inciso IX, determina que os recursos minerais, inclusive os do subsolo, como pertencentes à União, bem como seu inciso III no qual detendo lagos, rios e correntes de água no território nacional, cabendo a ela controlar a exploração dos recursos ambientais (BRASIL, 1988).

Outrossim, mesmo ao relatarmos a grande relevância do tema nos âmbitos regionais e nacionais, 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 em uma série de gravames.

Ressaltando a grande necessidade para que os juristas entendam de que o interesse difuso supõe uma proteção diversificada, o interesse público de um lado, e de outro os cidadãos. Ao tratar-se do meio ambiente nesta fórmula deve se reconhecer o interesse público, não meramente o interesse de fato, mas de todo cidadão à proteção adequada do meio ambiente (ANTUNES, 1989).

Desta forma, a pesquisa tem como objetivo geral explorar o princípio constitucional da precaução e sua aplicabilidade referentes às incertezas da extração do gás xisto na região de Presidente Prudente.

Já os objetivos específicos são:

- a) Discutir a legislação brasileira alusiva à exploração dos recursos naturais;
- b) Verificar a aplicabilidade dos princípios constitucionais na falta de legislação específica;
- c) Analisar as consequências ambientais das futuras extrações de gás folhelho na fauna e na flora e nos recursos hídricos da região.
- d) Qualificar como a ciência pode subsidiar a convicção judicial a respeito da dúvida que fundamenta a aplicação do princípio da precaução.
- e) Verificar os elementos necessários que autorizam o Poder Judiciário a aplicar o princípio da precaução.
- f) Apresentar possíveis conclusões, embasadas no risco ambiental e a necessidade da exploração mediante as futuras tecnologias.

A necessidade de questionar os mecanismos legais como meio de resolver situações não previstas na legislação vigente, resulta em discussões na forma de agir jurisdicionalmente, exemplo o que ocorre com o gás xisto e seus métodos de extração. Atualmente na região, existe uma discussão muito séria referente ao gás xisto e sua exploração, os órgãos responsáveis mesmo liberando sua exploração, obtiveram seu processo de exploração interrompido devido a obtenção de uma liminar a favor do Ministério Público Federal. Argumentou-se que caso não fosse concedida a liminar, muito provavelmente ocorreria o dano e que esse dano seria irreparável ou de difícil reparação, ainda mais por tratar-se de dano ambiental.

Visto o fato, não havendo uma legislação específica ainda para tratar do assunto, então: as dúvidas científicas que envolvem a exploração do gás xisto devem ser qualitativamente comprovadas em juízo para permitir a aplicação, pelo Poder

Judiciário, do princípio da precaução. Os elementos já identificados pela ciência, na atualidade, servem de motivo suficiente para, com base no princípio de precaução, autorizar a interferência do Poder Judiciário no âmbito da pesquisa para fins de exploração do gás xisto, seja para anular eventuais atos do Poder Público nessa seara, seja para impedir a atuação de particulares na referida exploração.

Desta forma, o trabalho procura questionar: Como se estabelece o princípio constitucional da precaução e sua aplicabilidade com relação a extração do gás xisto? Quais as consequências ambientais de sua extração na região de Presidente Prudente – SP? Qual seria a forma adequada de aplicar princípios fundamentais para tomar a decisão mais correta a respeito do tema?

Trata-se de uma pesquisa básica e documental realizada através das pesquisas bibliográficas e bases de dados do IBGE, IPEA, SEADE. A abordagem é qualitativa para um melhor entendimento do tema.

Foram feitas as análises de maneira sistemática, considerando a relação das ações levantadas com as políticas urbanas e setoriais definidas para o território municipal; e a elaboração do corpo de argumentação. Os resultados foram trazidos com base nos entendimentos retirados das leituras bibliográficas e discussões sobre o tema. A análise dos dados seguiu o método dedutivo, analisando a situação nacional e focando no ordenamento jurídico e os princípios que o norteiam.

O trabalho está estruturado em cinco capítulos: Introdução; Gás de Folhelho e o Faturamento Hidráulico, as etapas de produção do gás e os possíveis resultados ambientais oriundos dessa atividade como capítulo 2; o capítulo três apresenta casos de exploração do gás de folhelho no mundo, discutindo suas principais consequências. Foram escolhidos quatro países: a Argentina onde a extração de gás folhelho trouxe graves consequências ambientais para agricultura e para a saúde da população e por ser vizinha ao Brasil, os EUA por ser pioneiro na extração de gás folhelho, a China por possuir a maior reserva no mundo e o Brasil objeto de estudo do trabalho; o capítulo quatro apresenta uma discussão sobre o direito ambiental no Brasil, o princípio da precaução e prevenção para redução da poluição e dos danos ambientais e ainda a questão da incerteza científica como princípio da precaução para abordar a aplicabilidade do princípio da precaução no caso na região de Presidente Prudente/SP. E o quinto e último capítulo apresenta as considerações finais do trabalho.

2 O GÁS DE FOLHELHO E O FRATURAMENTO HIDRÁULICO

Esse capítulo tem como objetivo explicar o que são o gás de folhelho, o fraturamento hidráulico, as etapas de produção do gás e os possíveis resultados ambientais dessa atividade.

2.1 O gás de folhelho

O gás natural possui uma importância estratégica na composição da matriz energética de um país como uma fonte relevante de energia. As termoelétricas utilizam-se da queima do gás para gerar energia, garantindo o abastecimento de energia nos picos de demanda ou em períodos em que o regime hidrográfico não é favorável (COSTA; ANNUATI; SANTOS, 2007).

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” (ou “rocha selo”). Quando a “rocha reservatório” possui alta porosidade e permeabilidade, os recursos acabam fluindo para o poço, de onde podem ser extraídos por perfuração convencional (SOUZA, 2016).

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 (intemperismos físico, químico e biótico).

A ocorrência geológica do gás natural pode se dar a partir de dois processos: o de formação geológica convencional (a partir de reservatórios convencionais) e a de formação geológica não convencional (a partir de reservatórios não convencionais).

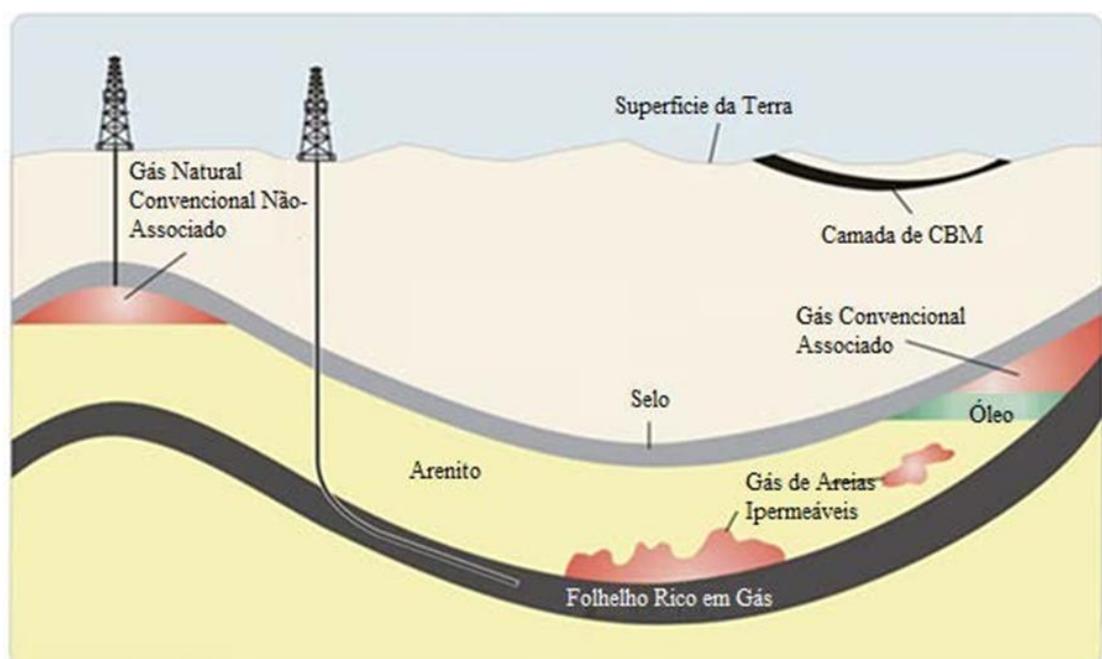
Será diferenciado entre convencional, se extraído a partir de reservatórios convencionais, e não convencional, se extraído a partir de reservatórios não convencionais (MATHIAS, 2008).

Reservatórios de gás não convencional possuem baixa permeabilidade que não permite a interconexão entre os poros existentes nessa formação rochosa (LAW; CURTIS, 2002).

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. A denominação mais aceita por geólogos para este recurso é gás de folhelho, o que também o diferencia das reservas de xisto betuminoso, encontradas em algumas regiões do Brasil, como na região de São Mateus do Sul, no Paraná. O gás de folhelho se encontra no subsolo, demandando perfuração de poços para sua exploração (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



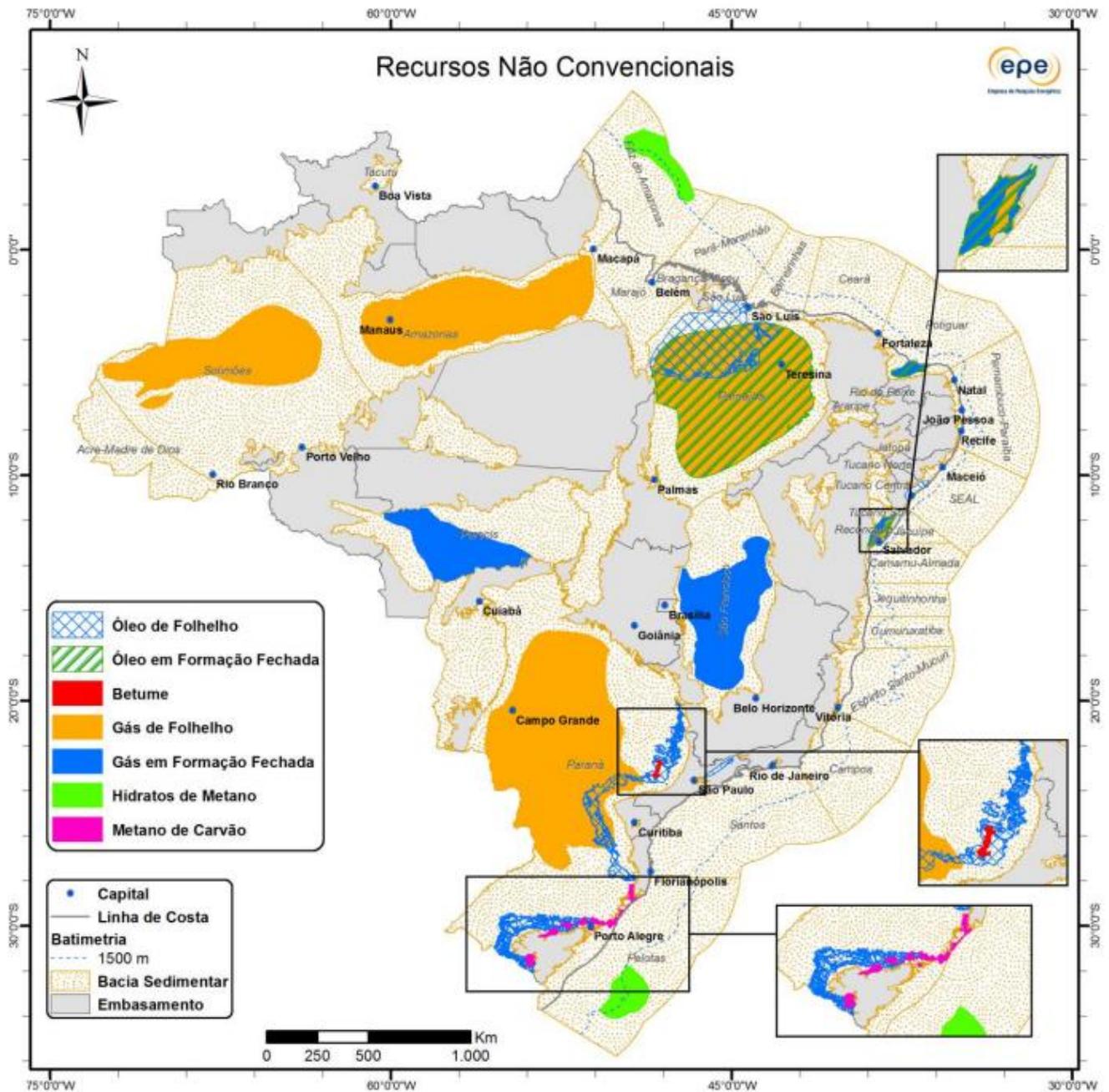
Fonte: EIA (2012).

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). Gás de folhelho é aquele que se acumulou ao longo do tempo em rochas sedimentares, que se formaram de finos grãos de argila em depósitos de origem marinha ou lagunar devido à baixa intensidade de energia desses ambientes, o que facilita a deposição dos sedimentos (SANTOS, 2007; SPEIGHT, 2013).

O gás folhelho é resultado da concentração de matéria orgânica que foi depositada ao decorrer dos séculos. Apesar do nome gás "de xisto" ser popularmente difundido não é uma expressão correta, pois, apesar de ter um aspecto similar ao das rochas sedimentares, uma concentração de lâminas, o xisto é resultado de processos metamórficos que alteraram a rocha por mudanças intensas de pressão e temperatura, o que dificulta o acúmulo de matéria orgânica (RIBEIRO, 2014)

As bacias sedimentares no Brasil com potencial de ocorrência de gás de folhelho, pode ser visualizada na figura 2

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



Fonte: EPE (2020).

Ao observar a cor laranja, correspondente ao gás de folhelho na figura 2, é possível analisar que a Amazônia, na porção Ocidental existe potencial do gás, essencialmente na bacia sedimentar do Solimões que atinge o Acre e o Amazonas e também 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. Torna-se interessante destacar que no mapa acima também se encontra a área de estudo da pesquisa o Pontal do Paranapanema como área possível do gás, conforme destacado na figura 11.

2.2 Fraturamento hidráulico

O Fraturamento hidráulico ou *fracking* é a técnica utilizada de perfuração horizontal necessária para a extração de um gás não convencional em uma rocha pouco porosa e permeável (conforme pode ser observada na figura 3).

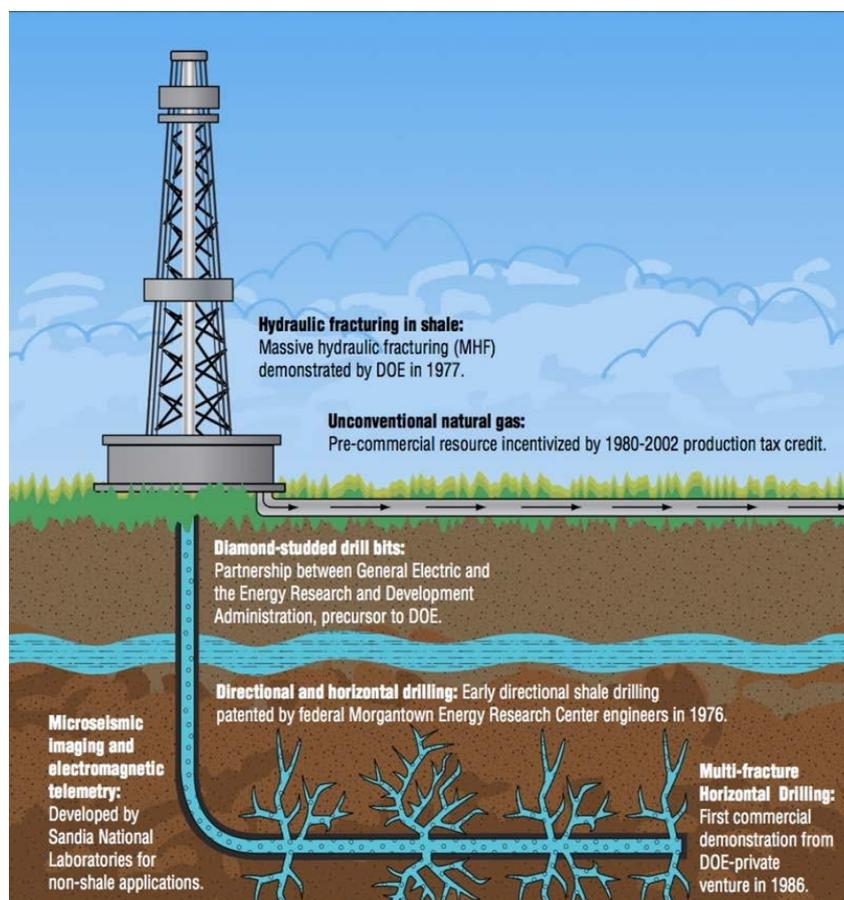
Essa técnica combina tecnologia de perfuração e de fraturamento de rochas e numa série de procedimentos físico-químicos que resultam no rompimento de camadas profundas (>2.500 metros) de rochas sedimentares denominadas folhelhos que, dentro das suas estruturas armazenam gás. O gás não convencional é extraído de rochas sedimentares, de textura silto-argilosa, ricas em matéria orgânica, com estratificação plano-paralela, que foram submetidas a aumentos de temperatura e pressão e processos de litificação (HOLLOWAY; RUDD, 2013).

O termo xisto, foi traduzido do termo *schiste*, que significa folhelho em francês. Em inglês, o termo *shale* significa folhelho, e o gás obtido pelo fraturamento hidráulico é denominado em inglês, *shale gas*.

No Brasil os recursos de folhelhos como reserva energética geram muitas controvérsias com relação a metodologia do *fracking*, devido aos possíveis impactos ambientais. Os diversos aspectos jurídicos desta questão são apresentados ao longo desta dissertação.

A figura 3 apresenta o esquema exploratório da perfuração, pode-se verificar que um duto é introduzido verticalmente na rocha até atingir uma camada com presença de gás iniciando o fraturamento com o lançamento, sob pressão, de substâncias químicas, areia e água.

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



Fonte: Trembath *et al.* (2012).

O fraturamento hidráulico é um método de extração no qual a pressão hidráulica é usada para criar fraturas artificiais nas rochas de folhelho. Consiste na injeção pressurizada de fluidos no interior da formação rochosa com o intuito de induzir fraturas nesse tipo de rocha a fim de liberar o gás natural armazenado em seu interior. Esse fluido de perfuração geralmente possui em sua composição 99,5% a 98% de água e areia e de 0,5% a 2% de aditivos químicos. 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, 2011). 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).

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 estão presentes nele,

(PEREIRA, 2016), 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).

A exploração e produção de gás de folhelho 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).

No fraturamento das camadas de folhelho, há uma liberação de gases (metano, propano, nitrogênio, dióxido de carbono, entre outros) e quantidades subordinadas de óleo bruto. Com a pressão gerada pela abertura do poço, cria-se um canal de migração para captura do gás em superfície, geralmente conectado a uma usina para pré-refino e a uma linha de transmissão de gás, que conduz para uma refinaria de grande porte (SCHEIBE, 2013).

A exploração tem início com o mapeamento geológico, onde se identifica as características da bacia sedimentar na qual ela está inserida. É importante conhecer sua extensão, para isto usa-se o método sísmico de prospecção geofísica, onde se faz o registro de ondas sonoras geradas próximas ao solo e refletidas ou refratadas pelas camadas de rocha presentes no subsolo (THOMAS, 2004).

Contudo, o primeiro equipamento necessário para o campo de extração por fraturamento hidráulico é a plataforma de perfuração. A plataforma de perfuração consiste numa estrutura metálica, semelhante as plataformas de prospecção de petróleo em águas profundas, que dá sustentação a uma perfuratriz acoplada a um sistema computadorizado de direcionamento da sondagem (BATLEY; KOOKANA, 2012)

Já para a exploração do gás é necessário a construção de uma base de locação da estrutura. Na locação acomoda-se os equipamentos de perfuração e completação dos poços, os equipamentos para o fraturamento hidráulico, os caminhões de transporte de substâncias químicas, propante (material granular, normalmente areia, que deve penetrar o interior das fraturas criadas artificialmente nas rochas, para que estas fraturas não voltem a se fechar) e água, os tanques para armazenamento

temporário de água e efluentes, e outros equipamentos necessários à produção (DALE *et al.*, 2013; SPEIGHT, 2013).

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)

Para aumentar o escoamento do gás, é realizado o processo de fraturamento hidráulico (no inglês *fracking*), que consiste na injeção de fluidos a altas pressões, com o objetivo de criar fraturas na rocha reservatório de gás de folhelho, aumentando sua permeabilidade pela criação de caminhos que conectam os microporos (SOEDER; KAPPEL, 2009). Sem esta medida de estimulação, a vazão de gás que fluiria do reservatório através do poço seria muito pequena, devido à baixa permeabilidade da rocha, o que tornaria sua extração economicamente inviável (SPEIGHT, 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)

Os efeitos cumulativos deste processo podem afetar a qualidade da água e dos recursos hídricos e ainda do solo gerando potenciais impactos ambientais na região onde se localiza esta extração, assunto importante e tratado a seguir.

2.3 Potenciais impactos ambientais

O método de exploração a partir do fraturamento hidráulico pode causar danos ambientais de diversas naturezas (RUMPLER; WENDEL, 2013; SLONECKER *et al.*, 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. Desta forma, as reservas naturais de água subterrânea não poderiam mais serem usadas com segurança. Haveria risco de contaminação não só na água mas também no solo que passaria a conter substâncias químicas danosas à saúde humana e animal (RIBEIRO, 2014).

2.3.1 Contaminação das águas

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 vaziar 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 (ANAP, 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, 2013). O restante deve ser tratado para ser reutilizado ou descartado, em conformidade com as legislações previstas para regulação dessa atividade.

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. Desta forma, é importante a existência de atos regulatórios para utilização da água, independente da fonte utilizada.

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

se importante ainda que esses estados possam desenvolver e refinar seu arcabouço regulatório, sobretudo na proteção da água potável. Os efeitos negativos como a contaminação dos lençóis freáticos podem afetar a agricultura, pecuária e pesca (BARBOSA, 2007).

2.3.2. Contaminação do solo

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).

Existem ainda as bacias de contenção geradas para adicionar os efluentes líquidos, gerados nos campos de fraturamento hidráulico. Contudo, eles possuem alta vulnerabilidade para vazamentos, em especial nos períodos chuvosos. Quando o poço é finalizado, a bacia é drenada por caminhões capazes de transportar resíduos perigosos, que destinam os líquidos para estações de tratamento ou para incineradores específicos (ANAP, 2013)

Vale ressaltar que, a Resolução CONAMA 420/2009, trata a área do poço de extração, especialmente, da bacia de armazenamento temporário de efluentes, como Área Suspeita de Contaminação.

Existe ainda uma outra forma de contaminação gerada pelo próprio gás liberado a partir dos folhelhos chamada de contaminação gasosa em poros do 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) (FOX, 2013) sendo contribuintes para o efeito estufa, conseqüentemente, para o aquecimento global.

2.3.3. Atividades sísmicas

A exploração de gás de folhelho aumenta o risco da sismicidade e consequente 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 não tem histórico de abalos sísmicos relevantes, o que facilita o monitoramento da sísmica e impede que abalos sísmicos por causas naturais se somem a abalos sísmicos induzidos. Desta forma, no caso de abalos sísmicos induzidos gerados pelo fraturamento hidráulico é um grave problema discutido pela comunidade científica. Este problema ambiental no Brasil, pode representar consequências significativamente menores do que em outros países. 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).

2.3.4 Chuva ácida

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

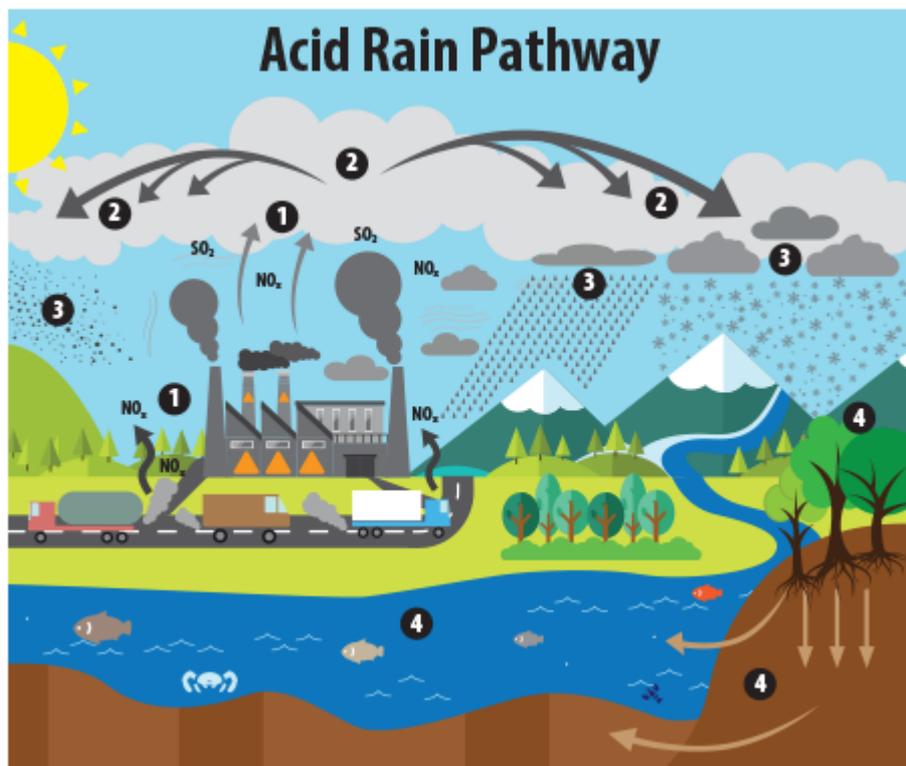
para a atmosfera por períodos indeterminados (FOX, 2010). Existem ainda alguns poços abandonados queimando gás, que passaram a funcionar como verdadeiros *flares* de queima de gás. Os vapores gerados (tanto pelo gás queimado como pelo gás não queimado) são potencialmente danosos a saúde humana e contribuem para o desequilíbrio climático do planeta (FOX, 2010).

O resultado dessa poluição do ar, dentre outros, é a chuva ácida. Para que a chuva seja considerada ácida é necessário a existência de um pH (Potencial Hidrogeniônico) menor que 5 (FORNARO, 1991).

O pH avalia o grau de acidez de uma substancia sendo ele de zero à quatorze, zero é o mais ácido e quatorze o mais básico.

A poluição se mistura com a chuva na atmosfera, alterando seu pH, resultando em uma nuvem com o pH mais baixo, ácido. Ao chover, essa água ácida cai no solo e na água, alterando os pHs dessas superfícies e podendo resultar na morte de plantas, peixes e outros micros e macrorganismos aquáticos (BAINES, 1997).

Figura 4 – Ciclo da Chuva e formação da Chuva Ácida



Fonte: EPA (2020).

Na figura acima é possível ver como funciona a reação química dos poluentes com o oxigênio, reagindo com o vapor de água (H₂O), tornando em substância ácidas ao cair como chuva.

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 legislarem de forma mais específica no que tange aos seus aspectos ambientais e em relação às outras questões inerentes ao setor.

3 A EXPLORAÇÃO DE GAS FOLHELHO NO EXTERIOR E AS DISCUSSÕES NO BRASIL

Este capítulo tem por objetivo apresentar alguns casos de exploração do gás de folhelho no mundo discutindo suas principais consequências. Foram escolhidos quatro países: os EUA por ser pioneiro na extração de gás folhelho, a Argentina onde a extração de gás folhelho trouxe graves consequências ambientais para agricultura e para a saúde da população e por ser vizinha ao Brasil; a China por possuir a maior reserva e o Brasil objeto de estudo do trabalho.

3.1 Casos e discussões no exterior

Os aspectos negativos relacionados a exploração de gás folhelho estão geralmente ligados ao método de extração. Isto tem levado várias reações em diversos países, que são contra a sua implementação. A técnica de extração já foi proibida na França, Bulgária, Irlanda, Austrália e está em discussão, com tendências a não ser aceito, em países como Romênia, Holanda, Espanha, Canadá, Costa Rica e até mesmo em alguns estados dos EUA, como Nova Iorque (já proibiu) e Nova Jersey. No Brasil, as discussões encontram-se em desenvolvimento.

É importante destacar, que os Estados Unidos é um dos países do mundo com maior potencial para a exploração do gás de folhelho, nenhum dos países da União Europeia integra a lista dos dez países com maior potencial para exploração.

Para fins dessa verificação, temos o quadro 1 com o ranking disponibilizado pela EIA – *U.S. Energy Information Administration*, de países com maior potencial para exploração de folhelho no mundo dentre os que puderam ser analisados pela agência, pode ser considerado:

Quadro 1- Ranking de Países com maior potencial para exploração de gás de folhelho, 2013

Posição no ranking	País	Potencial (Reservas não comprovadas de gás de folhelho recuperável – em trilhões de pés cúbicos)
1º	China	1.115
2º	Argentina	802
3º	Algeria	707
4º	Estados Unidos	665
5º	Canadá	573
6º	México	545
7º	Austrália	437
8º	África do Sul	390
9º	Rússia	285
10º	Brasil	245

Fonte: U.S. Energy Information Administration (2013).

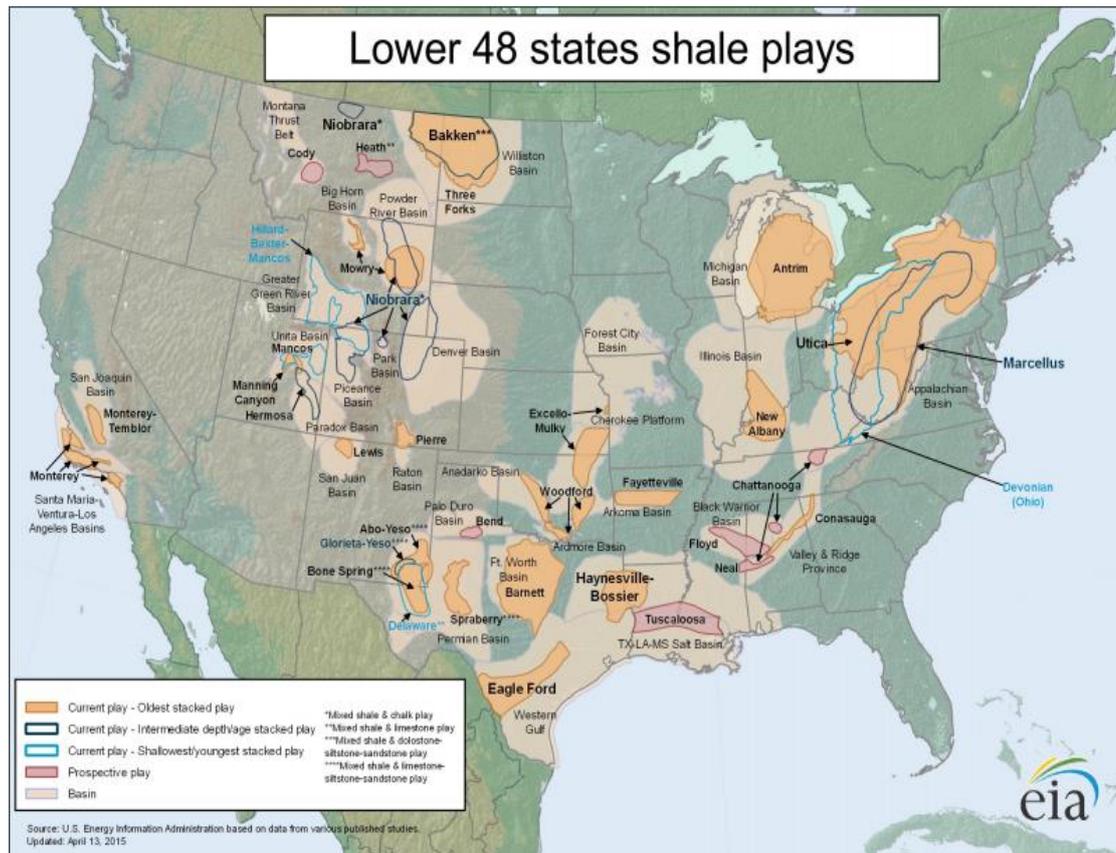
Pode-se observar uma ausência de países da União Europeia no ranking que se explica pela menor extensão territorial desses países quando comparados com países de proporções continentais, como Estados Unidos, Brasil e Rússia. Dessa forma, nosso corte metodológico optou por realizar a comparação na América considerando os Estados Unidos, a Argentina e o Brasil.

3.1.1 O caso do EUA

Nos EUA existem várias bacias sedimentares produtoras de gás de folhelho e de *Barnett*, *Haynesville/Bossier*, *Marcellus*, *Antrim*, *Fayetteville* e *New Albany* ativas desde 2009, conforme *Ground Water Protection Council* e *All Consulting* (2009), com diferentes desafios operacionais (WRIGHT *et al.*, 2015).

Suas reservas estão distribuídas em todo território, em 48 dos 50 estados possuem bacias do gás, contudo podemos destacar a região nordeste (Nova Iorque, Massachusetts e Pensilvânia) e no estado do Texas, como pode ser observado na figura 5.

Figura 5 – Reservas de gás de folhelho nos EUA- 2015



Fonte: EIA (2015)

Observa-se na figura 5 a vasta distribuição de reservas de folhelho pelos EUA. Três fatores combinados nos últimos anos fizeram a produção de gás xisto economicamente viável: 1) a evolução na perfuração horizontal, tornando a perfuração mais viável para cavar longas distâncias na horizontal; 2) O avanço na tecnologia do fraturamento hidráulico, reduzindo os custos e aumentando a capacidade de bombeamento do poço de extração e talvez o mais importante; 3) o relativo aumento rápido nos preços do petróleo e gás natural entre os períodos de 1998 e 2008 (NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY, 2013).

Os Estados Unidos foram precursores no desenvolvimento da produção de *shale gas* e *tight gas*, o primeiro poço foi perfurado em 1821, possuía apenas 9 metros de profundidade e localizava-se no estado de Nova Iorque, contudo a produção foi insatisfatória e a exploração desse RNC (reservatório não convencional) estagnou-se (RIBEIRO, 2015).

A bacia sedimentar de Barnett, no estado do Texas, foi a primeira área de gás de folhelho nos Estados Unidos a ser explorada, e a extração inicial de todos os outros

campos seguiu os métodos de exploração e produção desta bacia. Entretanto, a prática mostrou que era necessário adaptar estas técnicas às particularidades de cada reservatório, o que tem exigido desenvolvimento científico e tecnológico estruturados e contínuos (SPEIGHT, 2013).

Devido à baixa produção dos RNCs, as grandes empresas não estavam interessadas nos recursos e o desenvolvimento desse setor só foi possível graças ao investimento de pequenas empresas independentes, que tinham como foco a recuperação de produção de campos antigos (SUAREZ, 2012).

Existe um impasse nos EUA sobre a possível regulação do governo federal a respeito do gás de folhelho, através da *Environmental Protection Agency – EPA* (Agência de Proteção Ambiental), que já realizou estudos específicos sobre o tema.

No estado do Texas, a comissão de meio ambiente - *Texas Commission on Environmental Quality* (TCEQ) - se recusou a cumprir determinados padrões do *Clean Air Act* (Lei do Ar Limpo), e o estado do Texas foi o único a se recusar a implementar a regulação específica da EPA sobre gases causadores do efeito estufa.

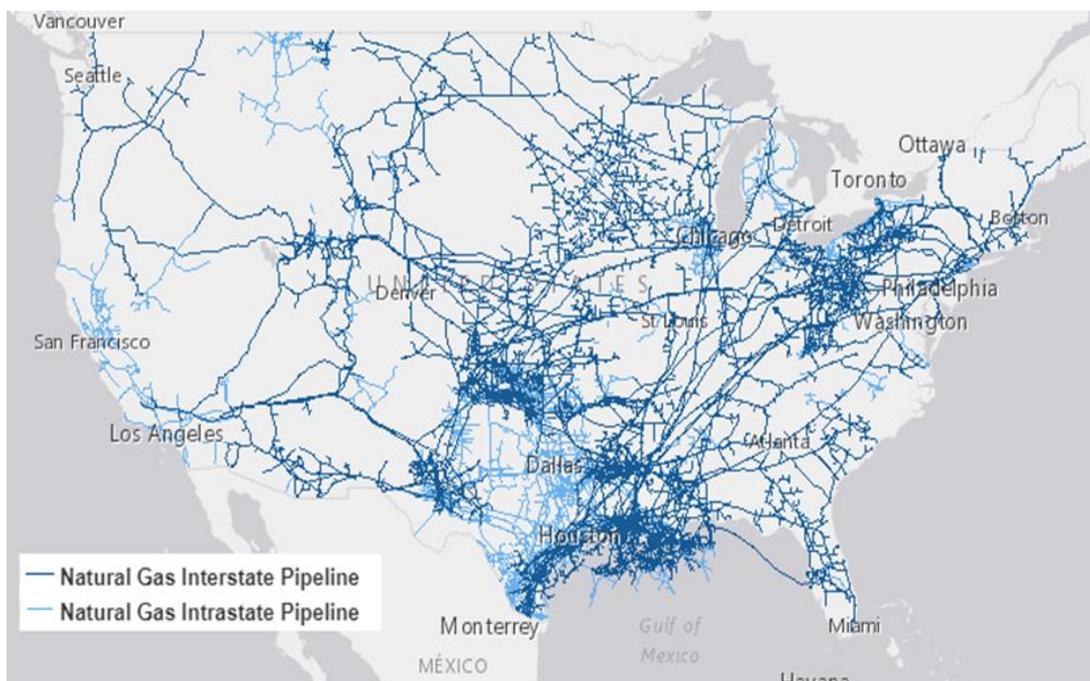
No legislativo dos Estados Unidos em 2009, duas propostas de lei foram introduzidas: uma na *House of Representatives* (HR 2766) e uma no Senado (S 1215), com o mesmo conteúdo. Tratava-se de uma proposta de *Fractured Responsibility and Awareness of Chemicals (FRAC) Act*, (Responsabilidade de Fraturação e Conscientização de Produtos Químicos) almejando autorizar a EPA a regular fraturamento hidráulico e também exigindo a divulgação dos produtos químicos utilizados no líquido de *fracking*. A oposição argumentou que a lei seria desnecessária, alegando que os produtos químicos eram divulgados pela *Material Safety Data Sheets* conforme a *Occupational Safety and Health Administration* (Administração de Saúde e Segurança Ocupacional) exigia. Contudo, após uma polêmica a matéria foi esquecida no congresso, impedindo que o projeto de lei avançasse (RAHM, 2011).

Há apenas uma regulação específica aprovada sobre as emissões a produção de gás não convencional aprovada (NATURAL GAS INTEL, 2017), visto que conforme a constituição estadunidense, apenas o governo federal pode tratar de questões que a ações de um estado recaia sobre outro, e também para evitar a competição entre os estados exagerados que possam gerar danos ambientais (NATURAL GAS INTEL, 2017).

A extração no estado do Texas cresce a cada ano, com uma produção anual em 2018 ultrapassando os 6.638.851 milhões de pés cúbicos de produção anual (U.S.

ENERGY INFORMATION, 2020). A figura 6 apresenta a rede de gasoduto nos EUA e pode-se verificar o intenso movimento da região de Nova Iorque, Massachusetts e Pensilvânia com o Texas.

Figura 6 – Estrutura de Rede do Gasoduto nos EUA, 2020



Fonte: IHS (2020).

A figura 6 ainda retrata uma estrutura de escoamento de gás aprimorada a mais de cem anos, com extensão maior que 485 mil quilômetros, tornando a mais integralizada do mundo relatando que não tiveram de construir essa rede unicamente para o gás de folhelho, tornando a produção mais barata, outro fator importante para a produção texana é que a grande maioria do seu território se trata de deserto (RITTNER, 2014), o que minimiza os impactos ambientais se comparados ao Brasil, Argentina e outros estados americanos como Nova Iorque.

Com um desfecho muito diferente do texano, o estado de Nova Iorque teve contato a primeira vez com a técnica nos anos de 2007, quando os proprietários das terras começaram a alugar suas propriedades para as indústrias petrolíferas, permitindo a exploração do gás em suas terras (GUARDIAN, 2016).

Diante da situação, em 2010 o estado novaiorquino decidiu agir, em 30 de novembro de 2010, aprovou por 93 votos a 43 o projeto de lei barrando a técnica de fraturamento hidráulico no estado. Em dezembro deste mesmo ano, o governador

assinou o decreto que proibiria a técnica de fraturamento hidráulico feitos horizontalmente e verticalmente no estado (NEW YORK TIMES, 2010).

A grande preocupação gerou o banimento da prática do *fracking* no estado. O governador fundamentou sua decisão devido aos riscos à saúde humana e até então, os favoráveis a prática, tem poucas chances de reverterem sua decisão (NEW YORK TIMES, 2014).

3.1.2 O caso da Argentina

A Argentina possui como fontes primárias para obtenção de energia os hidrocarbonetos (gás natural e óleo bruto), representando 86,7% do total de sua demanda, sendo o setor de transporte responsável por quase metade desse consumo no país (EIA, 2012). Apesar de já ter sido autossuficiente na produção de petróleo a Argentina hoje importa petróleo e seus derivados.

A falta de incentivo à prospecção de novas reservas e o declínio natural dos campos maduros explica a erosão gradual da produção de petróleo no país desde 1998 (EIA, 2012; MARES, 2013). Desta forma, o país passou de exportador para seus vizinhos – sobretudo Chile, Uruguai, Brasil e Bolívia – à importador para suprir a demanda interna (EJA, 2012). Esses fatores levaram a Argentina a um cenário de caos energético nos dias atuais. A ausência de uma política planejada para o setor energético no país durante o século XX, em virtude de um cenário político marcado pela forte instabilidade político-institucional, levou o país a sofrer com uma majoritária dependência do gás natural (BERTERO, 2012).

A YPF (*Yacimientos Petrolíferos Fiscales*) é a maior produtora de gás da Argentina, detentora de 62% das reservas de gás e responsável por aproximadamente 52% do total de gás comercializado no país. Além da YPF, são produtores de gás a Pérez Company, Bidas, Total Austral e Pluspetrol, dentre outras empresas (EIA, 2012).

O maior desafio da Argentina hoje no setor energético é reverter a tendência decrescente da oferta de gás natural nacionalmente e evitar o aumento do déficit comercial de seu balanço de pagamentos. O elevado custo dessas importações certamente pesou para favorecer o desenvolvimento dos hidrocarbonetos não convencionais no país (BERTERO, 2012).

O órgão regulador na Argentina é o ENARGÁS, que tem a função de supervisionar as atividades privadas e comerciais envolvendo a indústria de gás natural e de levar à frente todas as medidas necessárias para cumprir os objetivos da política geral estabelecidos na lei (RODRIGUES; DIAS, 2017).

O gás de folhelho foi uma grande oportunidade para o país conseguir reverter as dificuldades no setor energético (OLIVEIRA; JACOMO, 2012). A grande quantidade de recursos em potencial de gás de folhelho (hidrocarbonetos não convencionais – HNC) existente no subsolo argentino é uma oportunidade para desenvolver o setor industrial no país através do estabelecimento de uma política de acesso ao crédito para empresas nacionais para aquisição e produção dos equipamentos necessários para as atividades no segmento (CAMPOS, 2005).

O maior campo produtor de gás de folhelho na Argentina está localizado em Vaca Muerta com *Loma de la Lata*, responsável pelo abastecimento de 25% de toda a demanda de gás do país. Vaca Muerta representa, em Tcf, o equivalente a 30 vezes *Loma de la Lata*, que possui como reserva provada 10,8 Tcf (Figura 7).

Figura 7 – Bacias de Gás / Óleo de Folhelho na Argentina, 2013



Fonte: EIA (2013)

A Argentina, possui duas formações geológicas: *Vaca Muerta* e *Los Molles* na Bacia Neuquén, emergiu com a exploração e produção de gás de folhelho e óleo de folhelho da região Sulamericana (EIA, 2013). A formação de folhelho em Los Molles possui mais de 3.000 pés de espessura com depósitos grossos de formações de folhelho, com ocorrência média em profundidades que variam de 8.000 a 14.500 pés. Vaca Muerta é responsável por mais da metade da composição desta bacia, atingindo a faixa de 14,25% de TOC (*Total Organic Carbon*, inglês para determinar o total do conteúdo orgânico, carbono) ao norte e até 7,0% ao sul. (EIA, 2013).

A Argentina tem uma estimativa de 802 Tcf de recursos de shale gás tecnicamente recuperáveis, mas espera-se que este país possa chegar aos 3 244 Tcf, (OIL, 2013) o que coloca a Argentina em segunda maior dotação de gas de folhelho tecnicamente recuperável, atrás somente da China (EIA, 2013)

A Chevron transformou a Argentina na maior produtora de gás de folhelho da América do Sul, no acordo com a com a YPF S.A. em 2014 (BLOOMBERG, 2014). Neste acordo, estão previstos a perfuração de 96 poços na formação e Vaca Muerta, em uma área total e 96 mil acres. O investimento foi de US\$ 1,4 bilhão no ano de 2013, no projeto conhecido como *The Loma Campana Project*, com a perfuração de 161 poços na região noroeste do país para identificação de regiões potenciais para a produção de folhelho (BLOOMBERG, 2014).

A Argentina possui um conjunto de leis ambientais que tratam dos critérios mínimos para a exploração e produção desses HC (Hidrocarboneto). Esse conjunto é conhecido como "*General Environmental Law – GEL*", Nº. 25.675, tida como o paradigma regulatório ambiental do país (FULLBRIGHT, 2013). Há a Lei Nº. 25.612 que estabelece parâmetros mínimos para proteção dos padrões ambientais no que tange à gestão de resíduos sólidos industriais e provenientes de atividades exploratórias desse segmento. Bem como, a Lei Nº. 24.051, conhecida como "*Hazardous Waste Law*" (FULLBRIGHT, 2013). As províncias argentinas possuem direito de legislar de forma complementar em relação aos aspectos ambientais específicos e nunca de forma substitutiva às leis federais (FULLBRIGHT, 2013).

Os HC (Hidrocarbonetos) na argentina são enquadrados na categoria "minérios" juntamente ao outro, prata, cobre e ferro. No entanto, esses HC, ao terem ganhado notoriedade e importância econômica, política e estratégica ao longo do tempo o governo passou a conferir um tratamento legislativo de exceção, quando em 1935, foi sancionada uma normativa orgânica específica para o tratamento e regulação destes. Posteriormente, na Constituição de 1949, os HC passaram, então, a destacar-se dos outros minérios, recebendo tratamento especial no texto constitucional. Assim, em 1967, criou-se a Lei do Petróleo, de nº. 17.319/67, de cunho federal, que regula as atividades de exploração, exploração, industrialização transporte e comercialização.

De acordo com a Lei 1875/91, modificada pelo Decreto 2.565/99, há obrigação por parte do concessionário de informar quais são as substâncias utilizadas para a realização das atividades dentro do âmbito de avaliação de impactos ambientais previsto na legislação federal do código de minério (ANIA, 2013). A Constituição Federal da Argentina no seu art. 40, imputa o princípio da propriedade inalienável e imprescritível da Nação sobre as jazidas petrolíferas, os aquíferos, gás natural e toda

e quaisquer fonte energética existente no território argentino, com exceção dos vegetais (ZAPATA, 2013).

As particularidades do caso argentino estão relacionados principalmente a um ambiente regulatório bastante confuso, o preço do combustível no país sofre alteração devido a inflação, a legislação é formada por uma lei federal central e estrutural, com poder de jurisdição sobre as atividades e as leis complementares com caráter provincial. Com cada distrito responsável por legislar pontos específicos de seu território.

E ainda há a existência de um tronco legislativo geral no que tange à regulação ambiental, onde há diretrizes e padrões mínimos a serem seguidos e no âmbito provincial, um aprofundamento em relação às questões mais específicas de cada província, através de leis complementares. Assim, os HC de quaisquer naturezas, bem como minérios e outros recursos naturais, como a água e seu decorrente acesso, pertencem ao governo nacional, necessitando, sobretudo à água, de autorização por parte deste para que possa ser utilizada e/ou produzida.

3.1.3 A China: a maior reserva

A China começou a exploração do gás de folhelho em 2010 (ZHANG *et al.*, 2017) fazendo avanços na exploração e na capacidade técnicas de perfuração, tornando-se um dos principais fornecedores do gás no mundo.

Com cerca de $134.4 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ e um volume recuperável de $25.08 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ possui as maiores reservas de gás de folhelho no mundo (ZHANG *et al.*, 2017). Dessas reservas estimadas, a maioria se concentra nos folhelhos lacustres e marinhos de Sichuan, Tarim, Junggar, Songliao, Jiangnan, Subei e o Yanggtze Platform.

Figura 8 – Bacias de folhelho na China



Fonte: EIA (2013)

Estima-se que a bacia de Sichuan contenha 626 Tcf¹ de *shale gas* tecnicamente recuperável, a bacia de Tarim cerca de 216 Tcf de *shale gas*, a de Junggar 36 Tcf e a de Songliao 16 Tcf de *shale gas*.

A Bacia de Sichuan possui uma área de cerca de 193.000 km² ao leste da plataforma Yangtze. Uma grande plataforma sedimentar com rochas metamórficas e ígneas sendo uma das áreas de exploração e desenvolvimento de gás de folhelho, o que se reflete como um grande potencial de prospecção na China (ZHANG *et al.*, 2017). A exploração de petróleo ocorre em Sichuan há mais de 50 anos em cerca de 300 pontos de exploração de gás natural (LIU *et al.*, 2017).

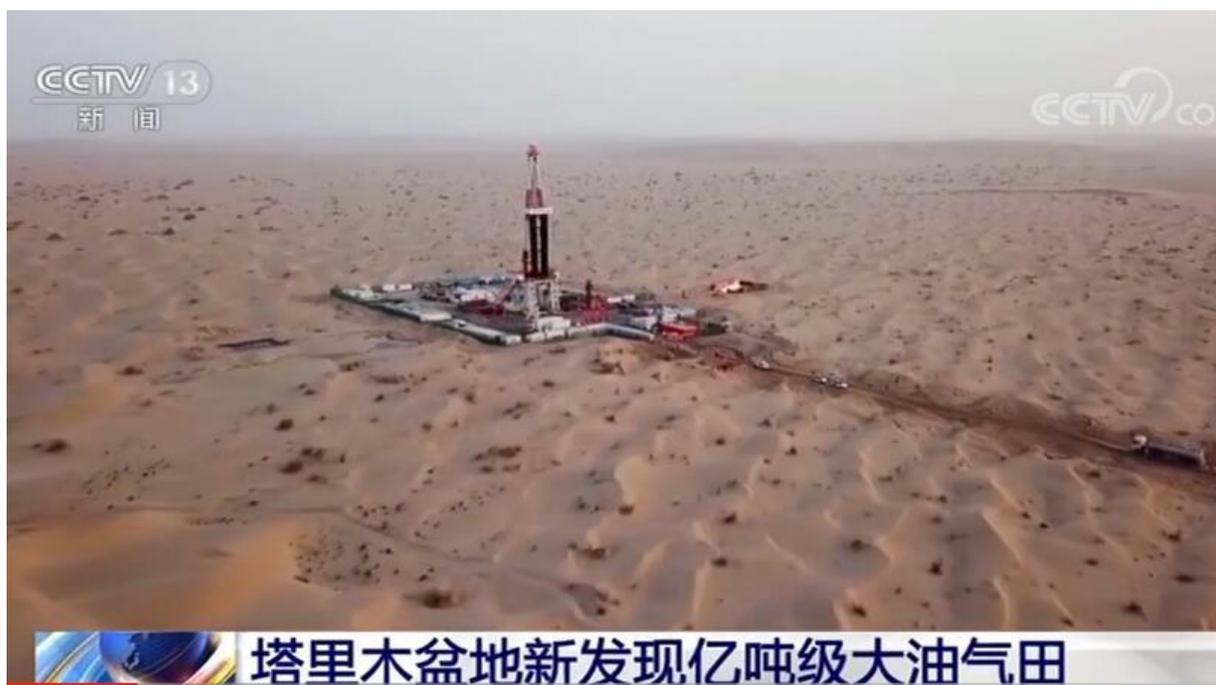
A China perfurou, entre 2012 e 2016, mais de setecentos poços para produção de *shale gas*, a maioria situada na formação de *Longmaxi*, na bacia de Sichuan (Liu *et al.*, 2017). Segundo a petrolífera *China National Petroleum Corporation* (CNPC) a maior produtora de gás de folhelho da China, com 10 a 15 sítios de exploração, a Província de Sichuan elevou sua produção diária de gás de xisto para mais de 40

¹ Tcf significa trillion cubic feet, em português trilhão de pés cúbico que é equivalente a 10¹²

milhões de metros cúbicos e a produção anual deve atingir 12 bilhões de metros cúbicos, representando 60% do total do país (Jiang *et al.*, 2017).

A Bacia de Tarim possui uma área com mais de 400.000 km² de área e uma reserva de petróleo e gás natural estimadas em 10 bilhões de toneladas (Yang *et al.*, 2015). No local também fica o maior poço de gás do país, o de Karamay, com 205 bilhões de metros cúbicos (figura 9).

Figura 9 - Campo petrolífero de PetroChina em Tarim- China 2020



Fonte: Novas... (2020)

O poço de Karamay possui um gasoduto de 4.000km que leva o gás produzido para a zona leste do país, através de 10 províncias e possui uma capacidade de transportar 12 bilhões de metros cúbicos (OIL, 2013). Segundo a CNPC a produção do poço de Karamay chega a 5 bilhões de metros cúbicos de gás natural por ano e vai até a cidade de Xangai.

A Bacia de Sichuan e a Yangtze Plataforma são áreas de exploração lideradas pela Petro China, Sinopec e Shell, com objetivo de produção de shale gás de 5,8 a 9,7 Bcf para 2020 (OIL, 2013).

Muitas outras bacias sedimentares na China não aparentam ser prospectivas o bastante devido a dados geológicos insuficientes. A bacia Qaidam possui suas

fraturas bastante isoladas e se encontram a altas profundidades. Já a Bacia de Ordos, tem baixo TOC e alto teor de argilas, estas chegando a até 60% (EIA, 2013).

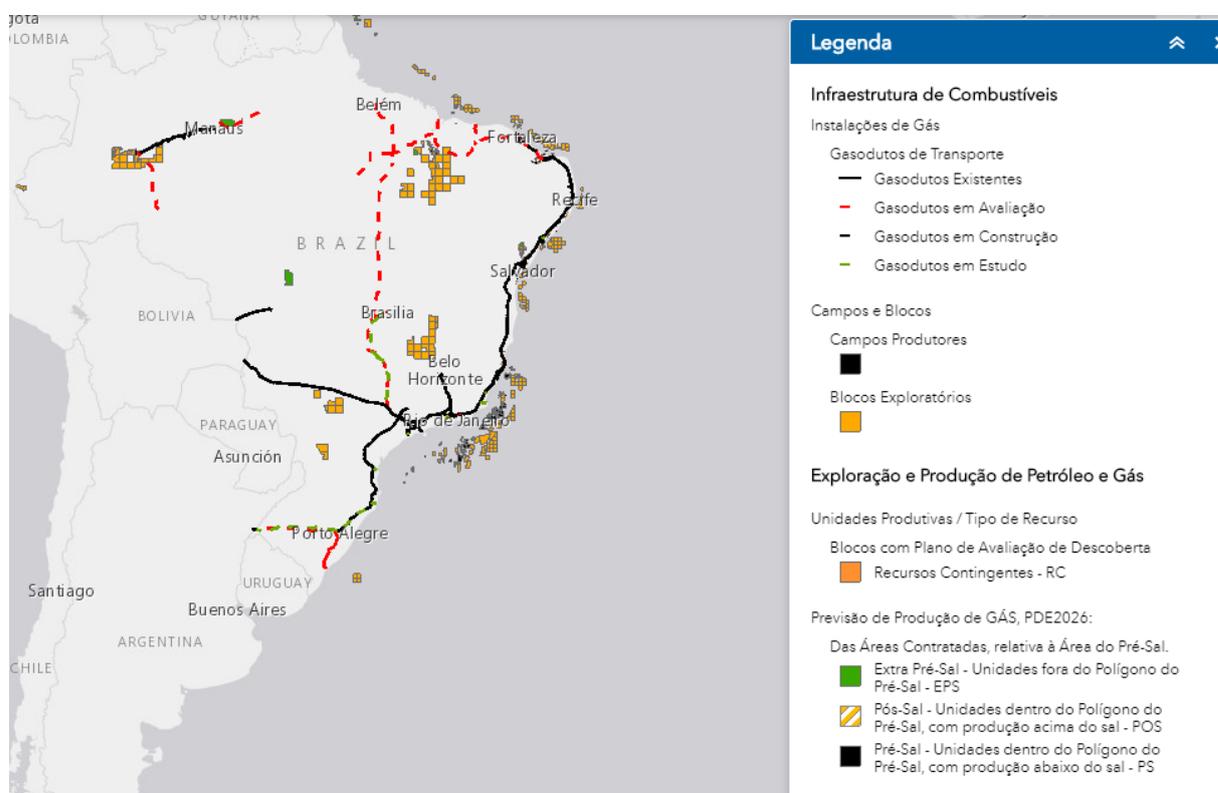
3.1.4 O caso brasileiro

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). 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 a governança no intuito de dinamizar e expandir o mercado de gás no país (RCGILex, 2019).

Segundo ANAP (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 10 apresenta a distribuição geográfica da infraestrutura de combustíveis de gás natural no Brasil.

Figura 10- A distribuição geográfica da infraestrutura de combustíveis de gás natural no Brasil, 2020



Fonte: EPE (2020).

Verifica-se na figura 10, os campos produtores estarem em sua maior parte no litoral e também na região nordeste, ressaltando também a precariedade da infraestrutura das instalações de gás, se comparado com a malha existente nos EUA (Estados Unidos da América). 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, Costa (2005) apresenta 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 (ANDREOLI; COSTA; MUSARRA, 2019).

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 nº 2.455, de 14 de janeiro de 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), porém na Ata não constam o teor dessas exposições (MIRANDA, 2018).

Houveram críticas com relação ao Licenciamento de Petróleo e Gás do IBAMA/RJ, apresentando temas polemicos, como o fraturamento sendo indicado 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.*, 2018). Já, a Resolução nº 16/2019 do CNPE (Conselho Nacional de Política Energética), em seu artigo 7º, recomenda a elaboração de subsídios técnicos para fomentar a exploração e produção de gás natural em terra, pelo MME (Ministério Minas e Energia) e órgãos competentes.

Desta forma, o que verifica-se no Brasil é a intenção de dar continuidade a políticas relativas à exploração do gás não convencional em terra que também engloba os recursos não convencionais.

3.2 As mobilizações contra a exploração de gás folhelho no Brasil

No Brasil houveram mobilizações contra a exploração de gás folhelho. Algumas associações no Brasil se mobilizaram contra a exploração do gás de folhelho, tais como a Associação Nacional dos Servidores da Carreira de Especialista em Meio Ambiente (ASIBAMA) e ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). E também sindicatos, como o dos trabalhadores do ramo de exploração de petróleo e gás (SINDPETRO/Rio de Janeiro e SINDPETRO/Norte Fluminense). E 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.

Atualmente, encontram-se ativos o blog da Campanha e também, uma página na rede social com 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). A figura 11 e 12 apresentam o logo de algumas campanhas nacionais utilizadas.

Figura 11 - Logos de campanhas nacionais “ Não Fracking Brasil”, 2013



Fonte: Coalizão Não Fracking Brasil (2020a)

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 Coalizção 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.

A figura 12 mostra ações realizadas pela *Word 350.org* sobre as consequências do gás natural e as mudanças climáticas, pois o processo de extração de gás natural libera uma quantidade significativa de metano para a atmosfera.

Figura 12 - Campanha internacional sobre Fracking e mudanças climáticas, 2020



Fonte: Coalizão Não Fracking Brasil (2020b)

Além das manifestações citadas, 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).

3.3 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, do Deputado José Carlos Schiavinato (PP-PR), acrescenta o inciso III no art. 37 do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 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 CME (Comissão de Minas e Energia) e na CCJE (Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania) 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 houveram outras tentativas por intermédio da PL 4.118/2015, do Deputado Marcelo Belinati, que tramitou na Câmara dos deputados apenso ao PL 6.904/2013, 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 ALESP (Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo) na 189ª Sessão Ordinária aprovou o Projeto de Lei 834/2016, 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 3.499 de 2017 e o município de Presidente Prudente com a Lei 9.313 de 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 número 19.878 de 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, a proposição a norma aplicável à exploração do gás de folhelho não é o DL 227/1967 (Código de Minas), mas a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997 (Lei do Petróleo). 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” (art. 6º, inciso II, da Lei 9.478/1997)

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 n.º 1.985, de 29 de março de 1940 (Código de Minas), 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.

Desta forma, torna-se interessante discutir a base constitucional do direito ambiental para entender as razões jurídicas nos seus princípios constitucionais, assunto a ser tratado a seguir.

4 O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO E SEUS DESAFIOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma discussão sobre o princípio da precaução, seus aspectos internacionais e nacionais que lidam com a precaução. Analisar sua matriz constitucional e a legislação infraconstitucional a respeito do princípio da precaução. Demonstrar como a jurisprudência o entende e relatá-lo na ação civil pública no caso de Presidente Prudente/SP.

4.1 Origem do princípio e aspectos gerais.

Preliminarmente se faz necessário a conceituação de meio ambiente, para que se possa assim, compreender os outros institutos relacionados a ele, em especial, o princípio da precaução.

Fiorillo (2006, p.19) classifica meio ambiente em quatro categorias: Meio ambiente natural compreendendo os aspectos gerais da natureza, água, solo, ar, fauna e flora; meio ambiente artificial abarcando o espaço urbano construído, como prédios; meio ambiente cultural, sendo integrado pelo patrimônio histórico, artístico; e meio ambiente de trabalho, local onde as pessoas realizam suas funções laborais, remuneradas ou não.

Precaução, por sua vez, significa “medida antecipada que visa prevenir um mal; prevenção, cuidado” (HOUAISS, 2001). Oposto ao desleixo, agir de forma precavida é realizar um diagnóstico da situação *ex ant*, verificando ponto a ponto quais as possíveis consequências a serem geradas pelo ato/omissão, com a finalidade única de evitar ou minimizar a ocorrência de danos.

A aplicação do Princípio da Precaução se materializa na regulamentação das normas que estabelecem a avaliação dos impactos ambientais das mais variadas atividades que sejam capazes de causar lesão ao meio ambiente, ainda que potencialmente, mitigando riscos ao meio ambiente.

Considerando o meio ambiente como “bem jurídico” além de toda uma criação científico-dogmática qualificando-o como direito coletivo ou difuso, questiona-se efetivamente preservá-lo e, em razão de sua caracterização de bem insubstituível e condição *sine qua non* aos demais direitos fundamentais, através da noção de proteção antecipada a eventuais danos.

A origem do princípio provém da década de 70 do século XX, do termo em alemão *Vorsorgeprinzip*, traduzindo Cuidado Antecipado. Contudo a tradução do conceito não consegue expressar sua multiplicidade, *Vorsorge* possui uma tradução mais ampla que apenas cautela ou cuidado prévio, possuindo também preocupar-se de antemão; *Vorsorgeprinzip*, alerta também para a necessidade de se cuidar do futuro (FRADE, 2020).

Azevedo (2007) traz a ideia que o *Vorsorge* sustentava que o dano ambiental deveria ser evitado, bem como o uso de forma sustentável dos recursos ambientais e visava a ação preventiva, ao contrário da política de compensação pelo dano ambiental causado. Salienta que não buscam a eliminação do risco, mas traçar uma diferença entre aqueles considerados aceitáveis e o que não seriam (Silva, 2009).

Em 1982 houve o primeiro reconhecimento da WCN (*World Charter of Nature*) a respeito da importância do princípio da precaução e das políticas ambientais ao relatar que as atividades que causem risco ao meio ambiente devem ser precedidas de um exame detalhado, que seus propositores comprovem que os resultados esperados superem os potenciais danos ambientais e que se os efeitos das atividades não fossem bem compreendidos a atividade não deveria prosseguir (ONU, 1982).

As primeiras referências que se tem sobre o princípio da precaução no âmbito internacional ocorreu na Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio assinada em março de 1985, Protocolos de Montreal (1987) e Quioto (1998) (FRADE, 2020). Sendo reconhecido como princípio autônomo em nível internacional dois anos depois, na Segunda Conferência Internacional sobre proteção do Mar do Norte de 1987, vindo a legitimar a adoção das medidas a imposição do uso das melhoras tecnológicas disponíveis, à bioacumulação e aos seus efeitos no oceano (FREITAS MARTINS, 2002).

O Princípio da Precaução foi proposto formalmente na Conferência do Rio 92, ganhando destaque pelo seu princípio 15² e incorporado ao ordenamento jurídico nacional pela Lei de Política Nacional do Meio ambiente (Lei n. 6938/1981) e foi ampliado pela Constituição Federal em seu art. 225, §1º, inciso V (LEGGET, 1992).

² “Com o fim de proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deverá ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada com”

O fundamento da precaução está igualmente atrelado a proteção das futuras gerações, como dispõe o caput do art. 225 da Constituição, envolto pelo princípio da responsabilidade para com o futuro e sob o pressuposto da justiça intergeracional.

Constitui-se em princípio basilar do Direito Ambiental, já que a precaução é um ato de se evitar um perigo iminente e possível. Somente através de um cuidado prévio dos recursos naturais e de um estudo sobre os riscos possíveis que uma determinada atividade pode resultar, é que as chances de segurança de um perigo serão garantidas (KÄSSMAYER, 2004. p. 93)

Alguns documentos internacionais, adotaram expressamente o Princípio da Precaução. Dentre eles destaca-se dois:

- Protocolo de Cartagena: Teve suas origens na Convenção sobre Diversidade promulgado pelo Decreto 5.705, de 16 de fevereiro de 2006. Este documento preconiza o estabelecimento de normas de biossegurança relacionado à transferência, à manipulação e ao uso dos organismos vivos modificados (OVMs) resultantes da biotecnologia moderna que possam ter impactos sobre a saúde humana, no uso sustentável da diversidade biológica e sua conservação (BRASIL, 2006).

- Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes: Promulgada pelo Decreto 5.472, de 20 de Junho de 2005 estabelece em seu artigo 1º que: Tendo presente o Princípio da Precaução consagrado no princípio 15 da Declaração do Rio sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, o objetivo da presente Convenção é proteger a saúde humana e o meio ambiente dos poluentes orgânicos persistentes (BRASIL, 2005).

O Princípio da Precaução leva em consideração as peculiaridades locais e os recursos disponíveis em cada Estado. Contudo, ele não impede a realização de uma determinada atividade sem a análise técnica e científica dos possíveis impactos ambientais de uma determinada ação.

4.2 Precaução e prevenção: suas diferenças

Outra questão a ser debatida ao tratar do princípio da precaução é sua relação com outro princípio que norteia o Direito Ambiental, o princípio da prevenção. Ressalta-se que até hoje não há consenso entre a doutrina sobre o tema, para alguns,

o princípio da precaução e a prevenção são o mesmo princípio, enquanto outros juristas buscam diferenciá-las. Preliminarmente deve ser salientado que ambos os princípios tem o mesmo norte, ambos almejam a preservação ambiental.

Ainda que exista de fato parte da doutrina que defendam a ideia de não existirem os dois princípios, mas apenas um, majoritariamente a doutrina brasileira tende a reconhecer os dois princípios como distintos.

Milaré (1998) por exemplo relata expõe que a diferenciação entre os princípios se inicia no caráter etimológico, ao definir que a palavra prevenção é o substantivo do verbo prevenir, que significa o ato ou efeito de antecipar-se, remetendo a ideia de uma conotação temporal com intuito conhecido, enquanto a palavra precaução tem como essência o verbo precaver-se (*prae* = antes e *cavere* = tomar cuidado), sugerindo a ideia de cuidado antecipado.

Diz o doutrinador (MILARÉ, 2005) ainda que a prevenção é mais ampla que a precaução, por isso entende que apesar de princípios distintos, o princípio da prevenção, uma vez que possui um caráter mais genérico, engloba a precaução em caráter específico.

Leite e Ayala (2002) relatam que diferem o princípio da prevenção do princípio da precaução são complementares e se diferenciam pela base da categoria de risco. Enquanto o princípio da prevenção configura-se em relação ao perigo concreto, o princípio da precaução destina-se ao perigo abstrato.

O conteúdo do princípio da prevenção é dirigido pela ciência e pela detenção de informações certas e precisas sobre a periculosidade e o risco fornecido pela atividade ou comportamento, que, assim, revela situação de maior verossimilhança do potencial lesivo que aquela controlada pelo princípio da precaução (LEITE; AYALA. 2002, p.63).

Wedy (2017) diferencia pelo fato de que o princípio da precaução, quando aplicado, é uma medida para evitar o mero risco e o princípio da prevenção é aplicado para evitar diretamente o dano. O risco pode ser entendido como a possibilidade de ocorrência de uma situação de perigo. Já o perigo nada mais é do que a possibilidade de ocorrência de dano. A distinção entre os princípios da precaução e da prevenção, deve avançar das distinções semânticas e linguísticas para o campo da prática e da efetividade.

Diante dessa distinção, existem autores que, pelo princípio da precaução preceder à prevenção. Hammerschmidt (2002), diz que a prevenção busca inibir

atividade sabidamente perigosa, enquanto a precaução busque inibir potencial risco de dano, ou seja, aquela atividade que possua risco abstrato, diferenciando, portanto, o momento de suas aplicações

O princípio da precaução, quando aplicado deve direcionar a sua abrangência para além da diminuição ou redução da poluição e dos danos ambientais. Visto sua necessidade de combater os danos na sua base, ou seja, combater o simples risco de dano ao meio ambiente. Para Collman (2001) a precaução não só deve estar presente para impedir o prejuízo ambiental, mas precisa resultar das ações de prevenção oportuna desse prejuízo. O princípio da precaução almeja à proteção da coletividade contra riscos de danos ao meio ambiente e à saúde pública, com o intuito, de preservar o meio ambiente para o futuro (KISS, 2004).

Wolfrun (2004, p.18) refere que, “quanto mais sério for o dano, é provável que mais cedo o princípio da precaução tenha que ser invocado”. Neste sentido Gomes (2002, p.280) apresenta que “a inovação do princípio da precaução relativamente ao princípio da prevenção – que obriga a uma antecipação da ação protetora perante a iminência de perigos para o meio ambiente – é a extensão da atitude cautelar a riscos”.

A não observância do dever de proteção ou precaução é uma omissão antijurídica e pode sempre gerar danos (patrimoniais e extrapatrimoniais) injustos e indenizáveis. O importante, em ambos os casos, para que os referidos princípios tenham incidência, é a interrupção do nexo de causalidade, seja pela prudente ação ou inação do Estado, seja pelo bom senso do empreendedor, que pode agir para interromper o nexo causal ou deixar de agir para obter a mesma finalidade.

O exemplo típico de aplicação do princípio da precaução é o da emissão de gases de efeito estufa, responsáveis pelo aquecimento global, causador de inúmeros danos irreversíveis ao meio ambiente e à saúde pública. Segundo Gore (2006), uma pesquisa do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) deu respaldo científico de que o aquecimento global está tornando os furacões mais poderosos e destrutivos como no caso do furacão “Katrina” que ao atingir os Estados Unidos, deixou milhares de mortos e desabrigados em Nova Orleans e causando um prejuízo de bilhões de dólares.

O princípio da precaução deve ser empregado naqueles casos em que estiver presente a incerteza científica de que a atividade ou o empreendimento pode causar danos ao meio ambiente ou à saúde pública, a fim de preservar as presentes e futuras gerações. O princípio da prevenção, de outro lado, deve ser aplicado quando houver

certeza científica de que a atividade ou o empreendimento causará danos ao meio ambiente ou à saúde pública. Os elementos que compõem a definição do princípio da precaução e viabilizam a sua implementação são a incerteza científica, o risco de dano e a inversão do ônus da prova.

O risco de dano é um dos elementos do princípio da precaução, ele assume a forma de acidente: acontecimento exterior e imprevisto, álea, golpe da sorte, ele é simultaneamente individual e repentino, contudo, pode-se prevenir-se deles. Diante desse risco-acidente, a noção é retroativa curativa (indenização posterior ao dano), ou prudentemente prospectiva (segurança individual e previdência) (OST, 2005).

Independentemente de posição da adotada, um ponto é convergente entre os doutrinadores: entendem que a precaução trabalha com perigos de danos não comprovadas cientificamente, ao passo que a prevenção lida com ameaças já conhecidos pela ciência. Portanto, a prevenção é tida como medida acautelatória, visa coibir a ocorrência de um determinado perigo já sabido. Enquanto na aplicabilidade do princípio da prevenção, exige-se pesquisa e informação que comprovem as consequências de uma determinada ação para o meio ambiente.

O princípio da prevenção lida com o risco já conhecido e, por isso, a tecnologia e a ciência já possuem dados precisos que comprovando os efeitos de uma determinada ação, ou seja, o risco daquela atividade já é sabido e, assim, trabalha-se buscando impossibilitar o perigo concreto.

4.2.1 Críticas ao princípio da precaução

O tema que envolve o princípio da precaução divide a doutrina. Os críticos tentam demonstrar uma fragilidade, ou mesmo inutilidade, a respeito do tema. Contudo, trata-se de um dos princípios mais importantes do direito internacional e as críticas de seus opositores referem-se mais a forma de implementação que a ideia da precaução.

As críticas variam desde a negatização de sua existência até a abrangência do conceito, autores como Ferreira, (2018); Fiorillo (2005) e Sirvinkas, (2006), referem-se apenas ao princípio da prevenção, princípio da precaução, estaria colocado dentro do princípio da prevenção, e que desenvolver uma diferenciação entre prevenção e precaução seria despendendo.

Milaré (2005), embora não efetivamente discorde da utilização do princípio da precaução, por razões semânticas e terminológicas prefere adotar o princípio da prevenção por ser mais amplo englobando também o princípio da precaução.

Cass Sustein (2012), defende que o princípio da precaução goza de uma grande incerteza não dando diretriz alguma para resolver o problema, por que os riscos estão presentes nas alternativas de todos os lados, sendo impossível, na maior parte, que se o princípio não seja contrariado na maior parte das vezes.

Alguns críticos sustentam que o princípio da precaução é vago, Leal (2016) aponta que em casos concretos o princípio pode produzir razões multidirecionais, sustentando posições antagônicas e até excludentes. O autor continua dizendo que a precaução difere dos princípios constitucionais por dificilmente entrar em conflito e não poder ser ponderado.

Humberto Ávila (2007), considera o princípio da precaução não como um princípio, mas como um postulado normativo. O autor justifica a ideia por defender que os princípios devem almejar um objetivo, uma finalidade, e enquanto o princípio da precaução, como postulado normativo, não possui uma finalidade específica, mas sim, uma forma de agir, de como a realização do um estado de coisa deve ser aplicado.

Embora as críticas devam ser consideradas válidas, ponderando que nem sequer seus defensores definem um conceito considerado “correto”, por considerarem que o princípio da precaução, como qualquer outro, possui uma redação genérica, não significando dizer que ele seja dúbio ou incerto.

O princípio da precaução não é capaz de orientar, em abstrato, se a evidência científica é necessária ou desnecessária, nem suficiente para demonstrar se mera indagação seria suficiente para fundamentar uma ação ou omissão. Essas questões, não dependem do conteúdo normativo do princípio, mas sim do nível de percepção do risco no caso concreto. Em virtude de ter que haver uma regulamentação posterior sobre os parâmetros que as medidas acautelatórias deverão obedecer, alguns autores defendem que o princípio o por si só, tem uma implementação insatisfatória.

Dessa forma remete à discussão de quem decidirá quão aceitável é determinado risco, talvez seja essa a indagação que frustra alguns autores acerca do princípio, esperam respostas que excedam seu sentido.

Outra forte crítica debatida pela doutrina é a seletividade. Sunstein (2005) sustenta que o medo é relativo, e devido a isso, cada indivíduo tende a dar mais

atenção aos riscos atrelados a seu próprio medo, não podendo também, adotar medidas de modo a mitigar todos os medos, justificando a precaução apenas aos medos que se sobressaiam nas influências sociais. Além de o mesmo princípio poder ser utilizado para situações conflitantes, defendendo simultaneamente lados opostos, por isso ele continua dizendo que o princípio da precaução é também incoerente, porque existem riscos de todos os lados se tratar de uma situação social. Com isso, ao tentar evitar um, cria-se outro.

Leal (2016) bate em outro ponto, na interrupção do progresso científico, podendo ser confundido com a completa proibição de gerenciamento de risco. Expõe que a precaução não pode ser confundida com a proibição de correr riscos, visto que a dúvida sempre antecede a certeza.

Resnik (2003), por sua vez, faz críticas ao uso desproporcional do princípio da precaução, expondo que seu excesso é capaz de frear o desenvolvimento. Ressalta ainda que o princípio da precaução não teria esse efeito, apenas seu excesso. Defendendo a ideia do princípio da precaução seja ponderado com o princípio da proporcionalidade.

Por fim, o princípio da precaução é duramente criticado por propor e instigar uma discussão valorativa de difícil resolução; e por não fornecer respostas únicas aos diversos casos. Ainda que as críticas trazidas fossem válidas, valeria a pergunta: seria prudente desprezá-lo de todos o ordenamento jurídicos já firmado? Certamente não. Como demonstrado no decorrer do trabalho, o princípio da precaução teve sua origem e sua evolução em uma sociedade de risco sendo necessário utilizar mais que os pilares e institutos clássicos do direito (responsabilidade posterior ao dano).

O princípio da precaução não presume a existência de alternativas de “risco-zero”, pelo contrário, assume a existência dos riscos, mas da mesma forma sugere que sejam ao máximo evitados (AHTENSUU, 2007).

Data máxima vênia, o princípio da precaução não cria um paradoxo como exposto por Sunstein (2005), o princípio não cria um novo risco, o “novo” risco sempre esteve lá, os dois riscos coexistem. Aplicar o princípio da precaução apenas pressupõe que a decisão a ser tomada será valorada de modo a escolher quais dos riscos são aceitáveis e quais não são.

4.2.2 Dúvida científica

A questão da incerteza científica também auxilia na distinção entre o princípio da precaução e o princípio da prevenção, já que ambos procuram atuar antes de o dano ter ocorrido, embora em casos distintos.

A incerteza científica constitui razão para que as medidas de precaução sejam adotadas. Essa incerteza pode advir pela falta de conhecimento, pela insuficiência de dados ou por opiniões divergentes em relação aos efeitos nocivos de determinada atividade (FERREIRA; AGOSTINI, 2014).

Desta forma, o princípio da precaução, requer a contribuição da pesquisa e tratamento de incertezas neste caso é essencial. Contudo, podemos dizer que no atual modelo econômico, as causas dos riscos e perigos possuem diversas multidimensionalidades, o que acentua as dificuldades em lidar com problemas e a incerteza científica.

O risco ambiental é a ameaça cuja existência não possa ser cientificamente comprovada, cujo danos podem permanecer desconhecidos no futuro. A avaliação, portanto, considera apenas a possibilidade de lesão ao meio ambiente e a saúde dos seres vivos (FERREIRA; AGOSTINI, 2014).

Segundo Beck (2006) a evidência da incerteza científica traz consequências positivas pois abre espaço para a democratização supondo a liberação da política, do direito e da esfera pública da tutela. Desta forma, é preciso que as decisões na área ambiental sejam tomadas de maneira democrática e que os conhecimentos (e incertezas) científicos sejam construídos sem reducionismo, sem subserviência a apenas uma dimensão e da melhor maneira possível.

Para Ayala (2005) a incerteza e ciência andam juntos nesse processo de decisão sobre a aplicabilidade e as condições dessa aplicabilidade, de modo que a tomada de decisão deve estar alicerçada no princípio da precaução incluindo a sociedade, que necessariamente precisa ter conhecimento das informações acerca dos sobre riscos potenciais de determinada atividade.

É um elemento fundamental para o princípio da precaução que deve ser abordado. Para Ost (2005, p.326) a precaução é “tocada pela dúvida, a ciência é desde então obrigada a aplicar a si própria as faculdades da crítica que até agora foram eficazmente voltadas para a natureza”. E ainda enfatiza que, “nesse exercício, a ciência compreende que perdeu o monopólio do veredicto: o princípio da precaução

doravante convida ao ceticismo”. Para Weiss (1993, p. 675) a incerteza científica “é inerente a todas as atividades ambientais, e o Direito Internacional Ambiental tem que levar isso em consideração”.

Sabe-se, por fim que o princípio da precaução presume o benefício da dúvida a favor do meio ambiente, *indubio pro ambiente*. Evitando assim condutas nas quais sejam desproporcionais aos riscos (FERREIRA; AGOSTINI, 2014).

A gravidade do risco não é medida apenas através de critérios científicos, mas também a insustentabilidade social dos riscos e a aceitação ou não da atividade. Para Machado (2017) ainda deve ser medido através de sua importância ou de seu grau de reversibilidade, a possibilidade do meio ambiente voltar ao estágio anterior.

O estudo do risco teve início do século XX, quando são lançadas as bases do Estado Social e da sociedade previdenciária, marcada pela prevenção de doenças, crimes, acidentes (com as ciências da seguridade), miséria e da insegurança social (com as previdências sociais) (EWALD, 1996).

Para Ost (2005) o risco como domínio jurídico é marcado por um direito generalizado à segurança e como uma evolução da teoria da responsabilidade objetiva, consubstanciada por um prejuízo causado por um ator econômico ainda que não exista a prova da culpa.

Beck (2006, p.48) ainda enfatiza que vivemos numa sociedade de risco, que:

Sin embargo, los riesgos no se agotan en consecuencias y daños que ya han tenido lugar, sino que contienen esencialmente un componente futuro. Este reposa tanto en la prolongación al futuro de los daños ya visibles como en una pérdida general de confianza o en la suposición de un fortalecimiento del riesgo.

A definição de risco faz com que a aplicação do princípio da precaução trabalhe com um futuro quantificado por probabilidades calculadas. Para Sadeleer (2004), o risco sobressai da combinação entre a incerteza científica e a probabilidade de superveniência de um evento de consequências graves, ou a plausibilidade da ocorrência de dano. Desta forma, a “contra a argumentação acerca da necessidade de delimitação dos contornos das condições de aplicação do princípio da precaução pela administração” (SADELEER, 2004, p.67).

Ainda deve ser aplicado o princípio da proporcionalidade observando que as medidas adotadas devem ser proporcionais ao risco da atividade, assim como os custos da atividade é também proporcional aos benefícios almejados (MEDAUAR, 2000). O princípio da precaução tem, como base, a prudência. A noção de tem como

natureza a ação antecipada, consistindo na possibilidade futura de danos irreversíveis. (HARTMANN, 2009).

Desta forma, a incerteza científica não serve de barreira para se tomar medidas direcionadas a impedir os danos ao meio ambiente. E sendo assim, as tomadas de decisões devem se dar a partir de uma visão a longo prazo, através de instrumentos democráticos e participativos. Para Aragão (2008), a participação pública é essencial. e deve ocorrer desde os primeiros estágios dos procedimentos, envolvendo todas as partes potencialmente afetadas ou interessadas. E como já mencionado, o princípio da precaução não é capaz de orientar sem um caso concreto se a evidência é necessária ou desnecessária, nem suficiente para demonstrar se mera indagação seria suficiente para fundamentar uma ação ou omissão.

4.3 Matriz constitucional e infraconstitucional

O princípio da precaução tem seu fundamento na lei da Política Nacional do Meio Ambiental (PNMA), lei 6.938/1981, que visava a preservação da qualidade ambiental, o equilíbrio ecológico e a preservação dos recursos ambientais em conjunto com o desenvolvimento econômico e social. Possuindo como instrumento a avaliação dos impactos ambientais. Com a lei 6.938/1981, a prevenção passou a ser positivada no ordenamento jurídico, contudo, ainda não havia chegado expressamente no princípio da precaução (MACHADO, 2017).

A Constituição Federal de 1988, sendo posterior, recepcionou a lei 6.938/1981, elevando seus preceitos a nível constitucional. Antunes (2011) diz ser indiscutível a necessidade de proteção ao meio ambiente, que elas precisam ser compatibilizadas com os princípios que norteiam a CF.

A Constituição Federal de 1988, quando incumbiu ao Poder Público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente, desta forma o Princípio da Precaução foi ampliado na constituição trazendo a preocupação do legislado em “controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente” no seu artigo 225 (BRASIL, 1988) e por buscar garantir o meio ambiente saudável não só para a geração atual, mas também para as futuras gerações..

A Carta ainda incorpora o princípio da precaução em seu art. 225, §1º, IV, ao exigir do Poder Público, na forma da lei, estudo prévio para as atividades ou realização de obras que causem significativa degradação ao meio ambiente.

O princípio também se encontra na Lei dos Crimes Ambientais (lei 9.605/1998), estabelece que a omissão de medidas de precaução, nos casos de risco ambiental grave ou irreversível, será imposta ao infrator medida idêntica ao crime de poluição qualificada pelo resultado causado, conforme seu art. 54, §3º.

Expressamente, o princípio da precaução também foi consagrado na Lei de Biossegurança (Lei 11.105/2005), em seu artigo 1º. No ano seguinte, o princípio da precaução também foi destacado na Lei da Mata Atlântica (Lei 11.428 de 2006) em seu artigo 6º, parágrafo único, ao relatar que o princípio da precaução será observado para a proteção do Bioma Mata Atlântica.

Em 2009 os instituíram a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), novamente destacando o princípio da precaução em seu artigo 3º ao relatar que o princípio deverá ser observado nas PNMC e as ações decorrentes dela.

Foi introduzido também na Lei dos Resíduos Sólidos (Lei 12.305 de 2010) em seu 6º ao relatar que a precaução e a prevenção são princípios que norteiam a política nacional dos resíduos sólidos.

É interessante observar que, embora o princípio da precaução tenha nascido e se consolidado dentro Direito Ambiental, passou a ser aplicado em outros ramos do Direito, como no direito sanitário, direito alimentar e também nos ramos em que o direito tem como finalidade a proteção física e da saúde das pessoas, como direito médico, direito do consumidor e nas biotecnologias (LOPES 2010).

4.3.1 Jurisprudência e entendimento no Superior Tribunal Federal

O princípio, inclusive, foi pauta de alguns julgamentos emblemáticos no STF (Supremo Tribunal Federal). Existe um grande debate para justificar a adoção de medidas de precaução evidenciando o nível de evidência científica suficiente ou necessária. Uma interpretação mais estrita do princípio da precaução defende que atividades e potencialmente prejudiciais ao meio ambiente ou à saúde sejam controladas e possivelmente proibidas, independentemente da existência de

evidências conclusivas ou predominantes; uma interpretação menos estrita, por sua vez, requer tais evidências como pressuposto para a tomada de medidas.

Para Godard (2000) o princípio da precaução deveria ter o status de *standard* jurídico, onde a norma que precisa ser complementada por informações mais robustas e externas para produzir efeitos jurídicos sobre determinado assunto.

As decisões mais relevantes no STF sobre o tema foram: Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADIn) 3.510/DF, questionando a lei biossegurança; Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental (ADPF) 101/DF, cuja pauta foi a proibição de importação de pneus usados e o Recurso Extraordinário (RE) 627.189/SP, discutindo a respeito dos campos eletromagnéticos e a exposição nas pessoas.

A ADIn 3.510/DF foi proposta pelo PGR (Procurador Geral da República) refutando a constitucionalidade da utilização de células tronco nas pesquisas científicas que havia sido autorizada pela Lei 11.105/2005. O princípio foi amplamente debatido, principalmente focado na saúde pública. O relator, Min. Ayres Britto que ainda que o princípio da precaução não esteja expressamente formulado nos artigos 196 e 225 da CF ele está lá de forma implícita, relata ainda que o princípio deve nortear as condutas quando o assunto tratar de proteção a vida, seja uma única ou em grande escala. Diz ainda que o princípio impõe a obrigação de vigilância, tanto para preparar a decisão como para acompanhar suas consequências.

A ADPF 101/DF, o STF analisou a proibição de pneus usados para reutilização no Brasil. O próprio Presidente da República a época propôs a ação argumentando que inúmeras decisões judiciais pelo país estavam sendo contrárias a proibição de importação de pneus usados, principalmente provindos da Comunidade Europeia.

O Supremo Tribunal Federal fundamentou a decisão se baseando nos princípios do desenvolvimento sustentável e da responsabilidade integral, implícitos no art. 225 da Constituição Federal. Houve o entendimento que seria aplicável o princípio da precaução (voto 97-08).

O princípio da precaução vincula-se, diretamente, aos conceitos de necessidade de afastamento de perigo e necessidade de dotar-se de segurança os procedimentos adotados para garantia das gerações futuras, tornando-se efetiva a sustentabilidade ambiental das ações humanas. Esse princípio torna efetiva a busca constante de proteção da existência humana, seja tanto pela proteção do meio ambiente como pela garantia das condições de respeito à sua saúde e integridade física, considerando-se o indivíduo e a sociedade em sua inteireza.

Daí porque não se faz necessário comprovar risco atual, iminente e comprovado de danos que podem sobrevir pelo desempenho de uma atividade para que se imponha a adoção de medidas de precaução ambiental. Há de se considerar e precaver contra riscos futuros, possíveis, que podem

decorrer de desempenhos humanos. Pelo princípio da prevenção, previnem-se contra danos possíveis de serem previstos. Pelo princípio da precaução, previnem-se contra riscos de danos que não se tem certeza que não vão ocorrer (BRASIL, 1988)

Ressalta-se que mesmo o STF se confundiu ao tratar do princípio já que confundiu risco por dano. Para a aplicabilidade do princípio da precaução basta haver risco, não há necessidade de dano.

No RE 627189/SP se discutia sobre potenciais riscos eram criados pelos campos eletromagnéticos através de redes de transmissão de energia elétrica. O STF entendeu no caso o STF que as normas estrangeiras, apesar de serem asseguradas pela OMS (Organização Mundial da Saúde), não poderiam ser adotadas, porque eram inferiores ao patamar legal adotado no Brasil.

O STF acabou decidindo no caso que por ora, não existem fundamentos fáticos ou jurídicos a obrigar as concessionárias de energia elétrica a reduzir o campo eletromagnético das linhas de transmissão de energia elétrica abaixo do patamar legal fixado.

Por entenderem que não existem fundamentos suficientes para que as concessionárias de energia elétrica reduzam a potência dos campos eletromagnéticos de suas linhas de transmissão abaixo do patamar legal fixado, fixaram a tese de repercussão geral de que:

(...) no atual estágio do conhecimento científico, que indica ser incerta a existência de efeitos nocivos da exposição ocupacional e da população em geral a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos gerados por sistemas de energia elétrica, não existem impedimentos, por ora, a que sejam adotados os parâmetros propostos pela Organização Mundial de Saúde, conforme estabelece a Lei Federal 11.934/2009.
Recurso extraordinário provido.

Com isto, o STF entendeu que a incerteza científica no caso não foi suficiente para que o princípio da precaução fosse aplicado, havendo sendo vencidos os votos dos Ministros Edson Fachin, Rosa Weber, Marco Aurélio e Celso de Mello.

4.4 A Ação civil pública no caso de Presidente Prudente/SP

Sem que houvesse consulta com a sociedade civil, ou mesmo possuir comprovação científica da segurança do *fracking*, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), ofereceu em 28 de novembro de 2013, 240

blocos localizados nos principais aquíferos brasileiros, na 12ª rodada de leilão, o Guarani, Bauru, Acre, Parecis, Parnaíba e Urucuaia (ANAP, 2013).

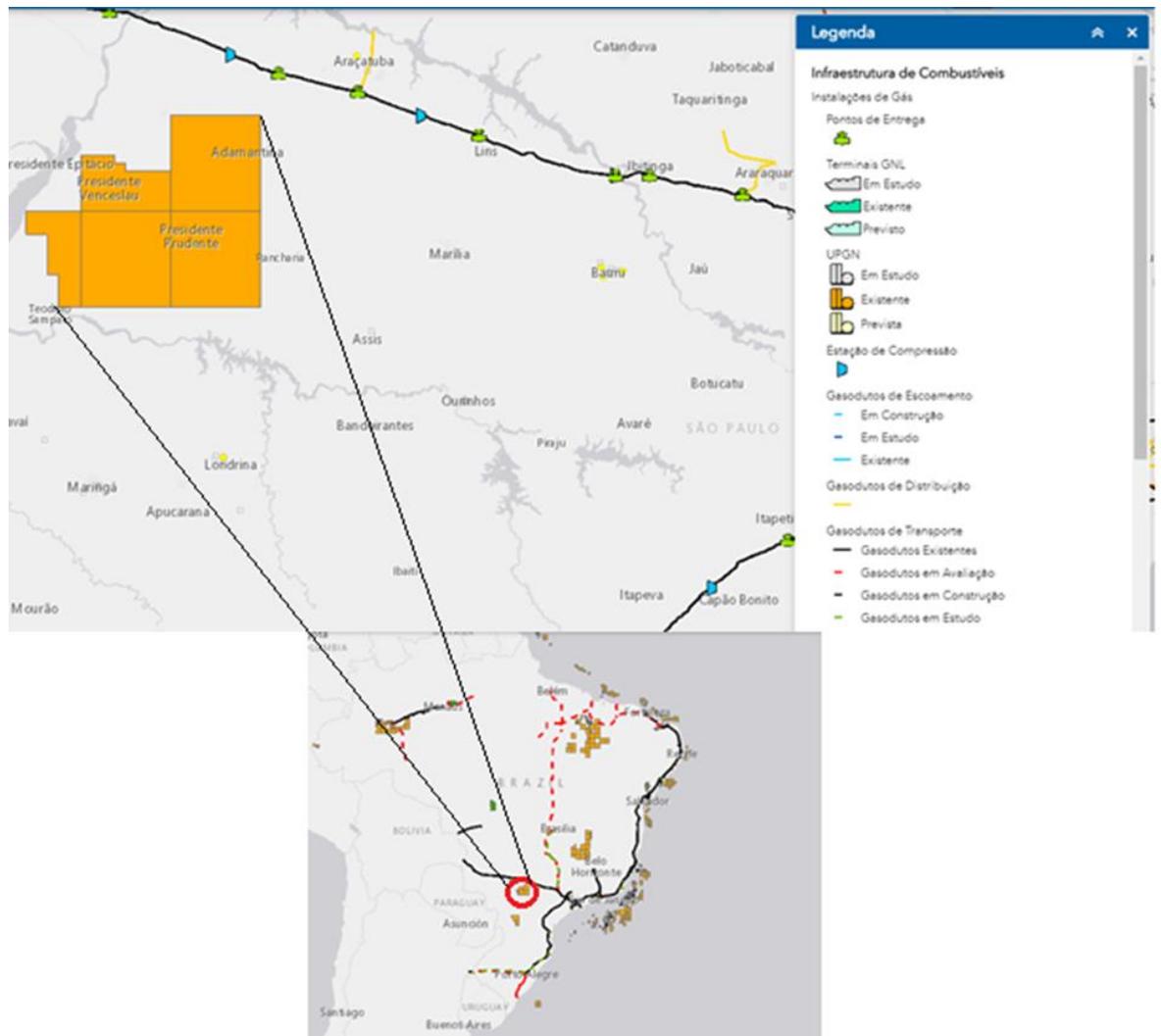
A 12ª rodada de leilão ofereceu a oportunidade de extração do gás de folhelho, bem como a exploração de petróleo e gás natural convencional.

De acordo com Resolução CNPE Nº 6, DE 25.6.2013 - DOU 7.8.2013 neste leilão 12 empresas (1 francesa, 1 colombiana, 1 bermunesa, 1 panamenha e 8 brasileiras sendo as principais Petrobrás, Tucumann e COPEL) arremataram 78 blocos em quase 50% de toda a área disponível. Este resultado expõe as bacias do Recôncavo, Alagoas, Paraná, Sergipe, Parnaíba e Acre (ANAP, 2013).

A exploração do gás de xisto em Presidente Prudente, foi concedida à PETROBRÁS, que arrematou 100% dos blocos PAR-T-198 e PAR-T-218, e às empresas PETRA ENERGIA S.A. e BAYAR Empreendimentos e Participações Ltda., que arremataram 50% cada um dos blocos PAR-T-199, PAR-T-219 e PAR-T-220

São cinco blocos que estão no Oeste Paulista, em uma área de 11.090,21 km². Os blocos estão sob 37 municípios das regiões de Presidente Prudente, Dracena e Tupã, e foram arrematados por R\$ 10,2 milhões, em um investimento previsto em R\$ 55 milhões (Figura 13). Os blocos se encontram nas unidades de gerenciamento de recursos hídricos do Pontal do Paranapanema, Peixe e Aguapeí; e sob as unidades aquíferas Bauru, Serra Geral e Guarani.

Figura 13- Localização dos blocos de exploração de gás xisto na região de Presidente Prudente-SP. 2020



Fonte: EPE (2020).

Sob as alegações de risco ambiental, à saúde humana e até a atividade econômica regional, o Ministério Público Federal propôs a Ação Civil Pública (ACP) nº 0006519-75.2014.4.03.6112, tramitado pela 5ª Vara da Justiça Federal de Presidente Prudente - SP.

Foi argumentado na peça inicial do MPF que essa atividade econômica colocaria em risco a maior riqueza da região, seus recursos hídricos e até mesmo a economia local, a região tem grande parte de sua economia baseada na agricultura e pecuária.

Não bastante, ainda haviam irregularidades, pela falta de parecer antes da licitação do Ministério do Meio Ambiente/ IBAMA através do GTPEG (Grupo de

Trabalho de Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás), instituído pela Portaria MMA n. 119/2008, com objetivo de apoiar o setor de exploração e contribuir com a elaboração de diretrizes técnicas e ao licenciamento de empreendimentos exploratórios de petróleo e gás.

O órgão relatou que alguns pontos deveriam ser esclarecidos para que a licitação pudesse ser realizada. A necessidade da quantia elevada de poços, sua vida útil, a utilização dos recursos hídricos, contaminação do aquífero, a utilização do *cocktail* de fracking (inúmeras substâncias que compõe o líquido são desconhecidas), a preocupação com a água de retorno e finalmente o risco de abalos sísmicos. (GIPEG, 2013)

Discutiu-se na ACP também a proteção constitucional do meio ambiente sustentável, o princípio da informação e da participação (o direito da sociedade civil em participar da discussão).

Liminarmente, conseguiu-se obter a suspensão dos efeitos da 12ª Rodada, evitando assim a execução dos contratos para exploração dos blocos da Bacia do Paraná, região oeste de São Paulo, com uso da técnica de fraturamento hidráulico. Cabendo aos empreendedores, beneficiários da atividade econômica, comprovar que a atividade não causaria risco ao meio ambiente e a sociedade em virtude da inversão do ônus da prova.

A ANP recorreu da decisão concedendo a liminar para o TRF-3 (Tribunal Regional Federal da 3ª Região) que deferiu o pedido suspendo a liminar até que houvesse o julgamento final da 1ª instância, diversamente do posicionamento adotado pelo TRF-4 que manteve a suspensão dos contratos firmados na 12ª rodada de licitação.

O TRF-3 permitiu o prosseguimento do feito por entender que não havia risco imediato ao meio ambiente com fundamento que para haver o início da exploração dependeria da concessão do licenciamento ambiental, e em contraparte a suspensão dos mesmos geraria prejuízos as empresas, que decorrente a isso, geraria prejuízos a ANP, uma vez que as empresas (Petra Energia S/A e Bayar Empreendimentos e Participações Ltda) notificaram a ANP para que fosse iniciado um processo de arbitragem, a fim de declarar os processos extintos e a restituição dos valores pagos.

Em outubro de 2017 o juiz 5ª Vara da Justiça Federal de Presidente Prudente, converteu a decisão liminar em definitiva e julgou procedente os pedidos formulados pelo MPF.

A decisão no caso de Presidente Prudente se baseou tanto no princípio da precaução quanto no princípio da prevenção, entendendo que determinados danos já eram riscos conhecidos, como o risco aos recursos hídricos, enquanto outros efeitos permaneciam como dúvidas. Sendo assim, o princípio da precaução foi fundamental para impedir a 12ª rodada de licitação para exploração do gás xisto na região. O processo atualmente encontra-se em 2ª instância.

O Comitê de Bacia do Pontal do Paranapanema (UGRHI – 22) aprovou uma moção de repúdio a esse tipo de exploração (MOÇÃO CBH-PP/04/2014 de 21 de novembro de 2014 – “Manifestação contrária ao início de qualquer trabalho visando à exploração de gás não convencional no âmbito da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos).

5 CONCLUSÕES

O trabalho permite concluir que o princípio da precaução pode e deve ser usado no caso da extração do gás de xisto através do fraturamento hidráulico.

Com os possíveis impactos ambientais que a técnica de extração acarretaria seriam irreparáveis ou de difícil reparação, o que viola tanto o princípio da precaução quanto o princípio do desenvolvimento sustentável.

Diante grande quantidade de poços para que a extração seja economicamente viável e levando em conta ainda o extenso histórico de desastres ambientais, seja por crime, irresponsabilidade ou incompetência, a probabilidade de um desastre é tamanha que talvez não estejamos diante de um caso de aplicabilidade do princípio da precaução, mas sim do princípio da prevenção, discutindo apenas as dimensões dos possíveis danos que a atividade acarretaria caso fosse aprovada. Pelo princípio da precaução a técnica do fraturamento hidráulico deveria ser extinta no país.

A demanda por combustíveis fósseis tende a diminuir muito não só no Brasil, mas no mundo com a implementação de veículos elétricos, então, diante da evolução tecnológica fica a pergunta, porque dispende tempo, dinheiro e recursos naturais para investir em uma tecnologia do passado? Porque não se investir em tecnologias limpas e abundantes no Brasil, como eólica e fotovoltaica? Quem ganha com isso? O trabalho pode apresentar algumas respostas, mas como toda pesquisa, leva a novas perguntas.

É certo que o ser humano faz parte da natureza e como grande parte das espécies, busca modificar o meio em sua volta para se favorecer, contudo, algo os diferencia dos demais, a capacidade de raciocínio. É a única espécie capaz de dimensionar as mudanças que suas ações acarretam no meio ambiente natural (água, solo, fauna e flora), portanto se entende que o ser humano deveria realmente assumir essa responsabilidade de zelar pelos demais.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Comitê Temático do Meio Ambiente Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural (CTMA/PROMINP – Projeto MA 09). **Aproveitamento de Hidrocarbonetos em Reservatórios Não Convencionais no Brasil**. Brasília: PROMINP/CTMA - Projeto MA 09, 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/central-de-conteudo/notas-estudos-tecnicos/estudos-tecnicos/aproveitamento-hidrocarboneto-reserva-2016.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020
- AHTENSUU, M. Defending the precautionary principles against three criticisms. **Trames**, Turku, Finlândia, v. 11(61/56), n.4, 2007.
- ALMEIDA, E. Experiência americana na exploração do *Shale gas* e a aplicação deste modelo em outros mercados. In: BNDES. Seminário de gás não convencional. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1508/2/A%20mar37_02_G%C3%A1s%20n%C3%A3o%20convencional%20experi%C3%Aancia%20americana.pdf
Acesso em setembro de 2019.
- ANADÓN, E. L *et al.* **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.
- ANIA. **Aspectos Ambientales En La Producción De Hidrocarburos De Yacimientos No Convencionales: El Caso Particular De “Vaca Muerta” En La Provincia De Neuquén**. [S.l.]:Academia Nacional De Ingeniería - Instituto De Energía, 2013.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo. **Principais Questões Relacionadas aos Riscos da Recuperação de Gás de Folhelho**. Apresentação em Audiência Pública. São Paulo: ANP, 2013.
- ANTUNNES, Luís F.C. **A Tutela dos Interesses Difusos em Direito Administrativo: para uma Legitimação Procedimental**. Coimbra: Almedina, 1989.
- ANTUNES, P. B. **Direito Ambiental**. 13. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2011.
- ARAGÃO, M. A. S. Princípio da Precaução. Manual de Instruções. **Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento, do Urbanismo e do Ambiente**. Coimbra, Ano XI, n. 22, p. 9-58., 2008.

ÁVILA, H. **Teoria dos Princípios**: da definição à aplicação dos princípios jurídicos. 4. ed. São Paulo: Malheiros, 2004.

AZEVEDO, M. N. F. **A OMC e a reforma agrícola**. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2007

BATLEY, G. E.; KOOKANA, R. S. Environmental issues associated with coal seam gas recovery: managing the fracking boom. **Environmental Chemical**, Sydney, v. 9, p. 425–428, nov.2012.

BAINES, J. **Chuva Ácida**. 3. ed. São Paulo: Scipione, 1997.

BAPTISTA, J. P. M. M. **Caracterização de formações da Bacia Lusitania (zona emersa) para a produção de gás natural (não)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geológica e de Minas) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

BARBOSA, V. O Brasil tem uma das 10 maiores reservas de gás de xisto. 2016. Disponível em <https://exame.com/economia/as-maiores-reservas-de-gas-e-oleo-de-xisto-fora-dos-eua/> . Acesso em: 02 dez. 2020.

BARBOSA, F. L. **Regulamentação Do Reúso Da Água Em Refinarias**: análise do Modelo Americano e Perspectivas para o Cenário Nacional. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

BECK, U. **La sociedad del riesgo**: hacia una nueva modernidad. Barcelona: Surcos, 2006.

BECK, U. **La sociedad del riesgo global**. Madrid: Siglo XXI de España, 2006

BERTERO, R. D. Gas de yacimientos no convencionales: La segunda revolución del gas natural en Argentina. **Proyecto Energético**, Buenos Aires, v.28, n.96, nov. 2012

BLOOMBERG, M. Repsol Agrees to \$5 Billion Deal With Argentina on YPF. 2014. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-04-24/argentine-congress-approves-5-billion-payment-to-repsol-for-ypf> . Acesso em: 20 mar. 2019

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 05 de outubro 1988.

BRASIL. **Decreto nº 5.472, de 20 de junho de 2005**. Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes. Brasília, 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5472.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%205.472%2C%20ODE%2020,22%20de%20maio%20de%202001. Acesso: 20 jul. 2020

BRASIL. **Decreto nº 5.705, de 16 de fevereiro de 2006**. Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança: Impacto para o Brasil. CIB. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.cib.org.br/protocolodecartagena.pd>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

BRASIL. **Lei Nº 6938 de 31 de Agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 31 de Agosto de 1981.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Acompanhamento da Indústria de Gás Natural**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás**. Atualização 2011. Brasília: MME/EPE, 2012.

BURSZTYN, M.; BURSZTYN, M.A., **Fundamentos de Política e Gestão Ambiental**: Caminhos para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Garamond, 2013.

CACHAY, L .R. S. **Fluxo de Partículas de Sustentação em Poços de Petróleo Estimulados por Fraturamento Hidráulico**.2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Geotécnica) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2004.

CAMPOS, A. F. **A Reestruturação da Indústria de Petróleo Sul Americana nos Anos 90**. 2005. Tese (Doutorado em Planejamento energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

COALIZAÇÃO NÃO FRACKING BRASIL. **O que é o Fracking?** 2020. Disponível em: <https://naofrackingbrasil.com.br/>. Acesso em: 09 mar. 2021.

COLLMAN, J. P. **Naturally dangerous**: surprising facts about food, health and the environment. Sausalito: University Science Book, 2001.

COSTA, H. K. M.; ANUATTI, F.; SANTOS, E. Requisitos institucionais para a implantação da comercialização de gás natural canalizado no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Energia**, *Cidade de publicação*, v.13, p.69-81, 2007.

DALE, A. T.; *et al.* 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. São Paulo, **FGV Energia**, *Cidade de Publicação*, v.6, n.9, p. , fev. 2019.

DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental**: responsabilidade social e sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2009.

ECO, Umberto. **Como se faz uma tese**. São Paulo: Perspectiva, 2009.

EIA - Energy Information Administration. **Annual Energy**: Outlook 2012 with Projections to 2035. [S.I.]: Energy Information Administration, 2012

EIA - Energy Information Administration. **Annual Energy**: Outlook 2013 with Projections to 2040. [S.I.]: Energy Information Administration, 2013.

EIA - Energy Information Administration. **Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources**: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. 2013. Disponível em https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/archive/2013/pdf/fullreport_2013.pdf. Acesso em: 4 maio 2020.

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

EPA. United States Environmental Protection Agency. **Draft Plan to Study the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources**. Washington, 2011. Disponível em: [https://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/0/D3483AB445AE61418525775900603E79/\\$File/Draft+Plan+to+Study+the+Potential+Impacts+of+Hydraulic+Fracturing+on+Drinking+Water+Resources-February+2011.pdf](https://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/0/D3483AB445AE61418525775900603E79/$File/Draft+Plan+to+Study+the+Potential+Impacts+of+Hydraulic+Fracturing+on+Drinking+Water+Resources-February+2011.pdf). Acesso: 06 dez.2020

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Web Map EPE**: Sistema de Informações Geográficas do Setor Energético Brasileiro, 2019. Disponível em <https://gisepeprd2.epe.gov.br/WebMapEPE/> Acesso em: 11 out. 2019

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Zoneamento Nacional de Recursos de Óleo e Gás**. 2019. Disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-435/EPE_DPG_ZNMT_2017-2019_18dez2019.pdf Acesso em: 02 dez. 2020

EWALD, F. Philosophie de la précaution. **L'Année Sociologique**, Paris, v.2, n.46, p. 42, 1996.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

FAUSTO, B. História do Brasil: História do Brasil cobre um período de mais de quinhentos anos, desde as raízes da colonização portuguesa até nossos dias. 12. ed. São Paulo: Edusp, 2006.

FERREIRA, H. S. S.; AGOSTINI, Andréia. Entendendo o Princípio da Precaução. In: CASTELLANO, Elisabete Gabriela; ROSSI, Alexandre; CRESTANA, Silvio. **Direito do Ambiente**. Brasília: Embrapa, 2014. (V1 - Princípios gerais do Direito Ambiental, sessão 2, parte 4).

FRAC FOCUS. **FracFocus 2.0**, 2020. Disponível em: <http://fracfocus.org/>. Acesso em: 11 out. 2019

FRADE, M. **O Princípio da Precaução no Direito do Ambiente**.: Análise Crítico-Reflexiva Sobre a Vigência, Autonomização e Distribuição do Ônus da Prova. Lisboa: Editora AAFDL, 2020.

FREITAS, M. A, G. **O princípio da Precaução no Direito do Ambiente**. Lisboa: Associação Acadêmica da Faculdade de Direito de Lisboa, 2002

FIORILLO, C.A.P. **Curso de Direito Ambiental brasileiro**. 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

FIORILLO, C. A. P.; FERREIRA, R. M. **Direito Ambiental Tributário**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

FORNARO, A. **Chuva Ácida em São Paulo**: Caracterização Química de Amostras Integradas e Sequenciais de Deposição Úmida. 1991. Dissertação (Mestrado em química) - Universidade de São Paulo, Instituto de Química, São Paulo, 1991.

FULBRIGHT. **Shale gas handbook**: A quick-reference guide for companies involved in the exploitation of unconventional gas resources. [S.l.]: A Norton Rose Fulbright, 2013.

GASLAND, Direção: Josh FOX, Produção: Trish ADLESIC, E.U.A, Produtora: HBO 107 minutos, 2010. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=k3eYX7LaLLg> Último acesso em 02 fevereiro de 2020.

GIL, A. C.. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODARD, O. De la nature du principe de précaution. *In*: ZACCAI, Edwin e MISSA, Jean Noel (Org.). **Le principe de precaution**: significations et consequences. Bruxelas: Editions de l'Université de Bruxelles, 2000, p. 19-38.

GOMES, Carla Amado. Dar o duvidoso pelo (in)certo? *In*: JORNADA LUSO-BRASILEIRA DE DIREITO DO AMBIENTE, 1., 2002, Lisboa. **Anais...** Lisboa: GPDA, 2002. p. 280.

GORE, Albert. **Uma verdade inconveniente**: o que devemos saber e fazer sobre o aquecimento global. Traduzido por Isa Maria Lando. Barueri: Manole, 2006.

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.], v.7, p. 181–186, jun. 2011.

GTPEG. **Parecer Técnico**, 2013. Disponível em: http://rodadas.anp.gov.br/arquivos/Round_12/Diretrizes_Ambientais_GTPEG_12a_Rodada/Parecer/Parecer_GTPEG_R12.pdf. Acesso em: 22 out. 2019

GUARDIAN. **On the faultline**: New York fracking ban leaves state divided as primary looms. 2016. Disponível em <https://www.theguardian.com/environment/2016/apr/16/fracking-new-yorkprimary-bernie-sanders-hillary-clinton-donald-trump>. Acesso em: 04 abr. 2020.

GUIMARÃES, Ian Barros; ROSSI, Luciano Fernando dos Santos. 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., Campinas, 2007. **Anais...** ABPG: Campinas, 2007.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S.; FRACO, F. M. de M. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. p. 2280.

HARTMANN, I. A. M. O princípio da precaução e sua aplicação no direito do consumidor: dever de informar. *Revista de Direito do Consumidor*. v. 70. São Paulo: RT, 2009.

HAMMERSHMITD, D. O Risco na Sociedade Contemporânea e o Princípio da Precaução no Direito Ambiental, **Revista de Direito Ambiental**, v. 8, n. 31, p. 136–156, jul./set., 2003.

HAMMERSCHMIDT, D. O risco na sociedade contemporânea e o princípio da precaução no Direito Ambiental. *Revista Sequência*, *Revista Sequência*, n. 45, p. 97-122, dez. de 2002.

HOLDITCH, S. A., **Petroleum Engineering Handbook**, Austin, TX: Society of Petroleum Engineers, 2007. V. 4.

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

HIS. **America's New Energy Future: The Unconventional Oil and Gas Revolution and the US Economy**. Nova Iorque, E.U.A.: IHS Report, 2013. (V.3 - A Manufacturing Renaissance - Main Report).

JIANG, S. *et al.* Comparison of marine, transitional, and lacustrine shales: A case study from the Sichuan Basin in China. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, Exeter, Reino Unido, v. 150, p. 334 - 347, 2017.

JUSCHAKS FILHO, J. R. V. **Análise de perfis aplicada na avaliação de reservatório do tipo "shale gas"**. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia e Ciências, Rio de Janeiro, 2013.

KÄSSMAYER, K. Aspectos jurídico-sociais da Engenharia Genética. *In*: ESTUDOS DE BIODIREITO. Curitiba: Gênese, 2004.

KISS, A. Os direitos e interesses das gerações futuras e o princípio da precaução. *In*: PLATIAU, Ana Flávia Barros; VARELLA, Marcelo Dias (orgs.). **Princípio da precaução**. Belo Horizonte: Del Rey, 2004.

LAW, B. E.; CURTIS, J. B. Introduction To Unconventional Petroleum Systems. **AAPG Bulletin**, Tulsa, v. 86, n. 11, p.1851-1852, nov. 2002.

LAGE, E. S. *et al.* Gás não convencional: experiência americana e perspectivas para o mercado brasileiro. **BNDES Setorial**, v. 37, n. Petróleo e gás, p. 33-88, mar. 2013. Disponível em:

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1508/2/A%20mar37_02_G%C3%A1s%20n%C3%A3o%20convencional%20experi%C3%Aancia%20americana.pdf

Acesso em: 15 set.2019.

LEAL, Fernando. A retórica do Supremo: precaução ou proibição? JOTA. 13 de junho de 2016.

Disponível em:

https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/24344/A_retorica_do_Supremo_precaucao_ou_proib.pdf . Acesso em: 06 ago. 2020

LEITE, J. R. M; AYALA, P. A. **Direito ambiental na sociedade de risco**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2002.

LEGGET, Jeremy. (org.), **Aquecimento Global**: O relatório do Greenpeace. Rio de Janeiro: FGV, 1992. p. 425.

LIU, N. *et al.* Hydrocarbon migration and accumulation of the Suqiao buried-hill zone in Wen'an Slope, Jizhong Subbasin. **Marine and Petroleum Geology**, Bohai Bay Basin, China, v. 86, 2017.

LOPEZ, T. A. **Princípio da precaução e evolução da responsabilidade civil**. São Paulo: Quartier Latin, 2010.

LUSCOMBE, D. A Framework for Managing Environmental Aspects of Shale Gas? In: MUSIALISKI C., *et al.* (eds), **Shale Gas in Europe**: A Multidisciplinary Analysis with a Focus on European Specificities. Deventer: Claeys & Casteels Law Publishers, 2013.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**, 25. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2017.

MATHIAS, M. C. P. P. **A Formação Da Indústria Global De Gás Natural: Definição, Condicionantes E Desafios**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal Do Rio De Janeiro., Rio de Janeiro, 2008.

MARES, D. **The Geopolitics of Natural Gas**: Political Economy of Shale Gas in Argentina. [S.l.]:Harvard University's Belfer Center and Rice University's Baker Institute Center for Energy Studies, 2013.

MILARÉ, É. Princípios fundamentais do direito do ambiente. **Justiça**, São Paulo, v.59, n. 181/184, p.151, jan./dez. 1998.

MILARÉ, É. **Direito do Ambiente**. 4. ed.. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2005.

MEDAUAR, O.. **O Direito Administrativo Moderno**. 10. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2000. p.154

NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY (NETL), **Modern Shale Gas Development in the United States: An Update**. Washington, DC: U.S. Department of Energy, 2013.

NATURAL GAS INTEL. **EPA Stays Some Methane Rules Covering Oil**: Natural Gas Industry. 2017. Disponível em <http://www.naturalgasintel.com/articles/110639->

epa-stays-some-methane-rulescovering-oil-natural-gas-industry. Acesso em: 16 jan. 2020.

NEW YORK TIMES. *N.Y. Senate Approves Fracking Moratorium*. New York, 4 de agosto de 2010. Disponível em: <https://green.blogs.nytimes.com/2010/08/04/n-y-senate-approves-fracking-moratorium/#more-64997>. Acesso em: 04 out.2020

NEW YORK TIMES. *N.Y Citing Health Risks, Cuomo Bans Fracking in New York State.*, New York, 17 de dezembro de 2014. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2014/12/18/nyregion/cuomo-to-ban-fracking-innew-york-state-citing-health-risks.html>. Acesso em: 4 abr. 2020.

NOVAS reservas de petróleo e gás natural descobertas na bacia de Tarim. 2020. Disponível em: <http://portuguese.people.com.cn/n3/2020/0409/c309806-9677642.html>. Acesso em: 09 mar. 2021.

OLIVEIRA, A. C. V. D.; JACOMO, J. C. P. Expropriação, Nacionalização ou Estatização? O Caso Repsol-Ypf e a Questão Energética na Argentina. **Observador On-line**, Rio de Janeiro, v.7, n.5, Maio 2012.

ORGANIZACAO DAS NAÇOES UNIDAS. **Assembleia Geral. A/RES/37/7**. 28 out 1982. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/39295>. Acesso em: 05 dez. 2020.

OST, F. **O tempo do direito**. Traduzido por Élcio Fernandes. Bauru: Edusc, 2005. p. 326.

PADILHA, N. S. **Fundamentos constitucionais do direito ambiental brasileiro**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

PASSOS DE FREITAS, V. **A Constituição Federal e a Efetividade das Normas Ambientais**. 3. ed.. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2005

PEREIRA, T. A. **Análise das implicações ambientais na extração do gás de xisto**. 2016. Dissertação (Mestrado em Inovação Tecnológica) - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2016. Disponível em: <http://bdtd.ufm.edu.br/handle/tede/363>. Acesso em: 6 dez. 2020.

PRESIDENTE PRUDENTE. **Lei 9.313/2017**. Presidente Prudente, 2017. Disponível em: <http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/documento/39628>. Acesso 05 dez. 2020.

PRESIDENTE VENCESLAU. **Lei 3.499/2017** Presidente Venceslau, 2017. Disponível em: <http://www.presidentevenceslau.sp.gov.br/publicacoes-oficiais/decreto-lei?id=1160>. Acesso em: 05 dez. 2020.

RAHM, D. Regulating hydraulic fracturing in shale gas plays: The case of Texas. **Energy Policy**, v..35, n.5, p.2974-2981, may 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421511001893?via%3Dihub>. Acesso em: DOI:10.1016/j.enpol.2011.03.009. Acesso em: 15 nov. 2019.

RESNIK, D. B. Is the precautionary principle unscientific? **Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences**. v.34. p. 329-344, jun. 2003.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. São Paulo: Atlas, 2010.

RIBEIRO, W. C. Gás “de xisto” no Brasil: uma necessidade? **Estudos Avançados**, v.28, n. 82, p.89-94, out./dez. 2014. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142014000300006. Acesso em: 15 maio 2020.

RODRIGUES, A. P; DIAS, D. de S, As Recentes Transformações da Indústria de Gás Natural na Argentina. **Revista Brasileira de Energia**, v. 6, n.2, . <https://www.sbpe.org.br/index.php/rbe/article/download/111/94/> Acesso em: 15 out. 2020.

RUIZ, J. Á. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

RUMPLER, M., WENDEI, A., BISCHOF, H. Probabilistic range image integration for DSM and true orthophoto generation. *In*: SCANDINAVIAN CONFERENCE ON IMAGE ANALYSIS, 18, Berlin, 2013. **Proceedings...** Berlin: Springer, 2013.

SADELEER, N.. O estatuto do princípio da precaução no Direito Internacional. *In*: PLATIAU, A. F. B.; VARELLA, M. D. (orgs.). **Princípio da precaução**. Belo Horizonte: Del Rey, 2004.

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, p.673-678, out.-dez. 2010.

SANTOS, E. M. dos. *et al.* Gás natural: a construção de uma nova civilização. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.21, n.59, abr. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100007&lng=pt&nrm=is. Acesso em: 04 de abril de 2019

SILVA, Solange Teles da. **O Direito Ambiental Internacional**. Belo Horizonte: Del Rey, 2009

SILVA, M. Poder normativo das agências reguladoras: conteúdo e limites. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, v.19, n. 3990, jun. 2014. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/29187>. Acesso em: 12 dez. 2020.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual de Direito Ambiental**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

SIRVINSKAS, L. P. **Manual de Direito Ambiental**. São Paulo: Saraiva, 2012

SOUZA, L. D. E. Gás de xisto: incentivo à degradação ambiental ou solução energética? Uma análise crítica. *Revista de Direito Ambiental*. vol. 84/2016. Out – Dez/2016.

SUN, R; WANG, Z. A comprehensive environmental impact assessment method for shale gas development. **Natural Gas Industry B**, v. 2, n. 2-3, p.203-210, mar. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352854015000406?via%3Dihub>. Acesso em 18 outubro de 2019: DOI:10.1016/j.ngib.2015.07.012.

SOEDER, D. J.; KAPPEL, W. M. **Water resources and natural gas production from the Marcellus Shale**. Baltimore: USGS West Trenton Publishing Service Center, 2009

SLONECKER, E. T; JOHNSON, B; MCMAHON, J., Automated imagery orthorectification pilot. **Journal of Applied Remote Sensing**, v.3, n.1, p.16, 2009. Disponível em: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Journal-of-Applied-Remote-Sensing>. Acesso em: 17 jun. 2020.

SCHEIBE, L. F.; NANI, A. Exploração do gás de xisto por fraturamento e o sistema aquífero integrado Guarani/Serra Geral. Apresentação disponível em https://segesc.paginas.ufsc.br/files/2012/11/aq_guarani_scheibe_lsegesc.pdf. 2013. Acesso em: 17 jun. 2020

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

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

SUNSTEIN, C. R. **Laws of Fear: Beyond the Precautionary Principle**. Cambridge. Cambridge University Press, 2005.

SUSTEIN, C. R. Para além do princípio da precaução: Beyond the Precautionary Principle. **Revista de Direito Administrativo**, Rio de Janeiro, v. 259, p. 11-71, jan./abr. 2012.

TAIOLI, F. Gás de Folhelho no Brasil – Perspectivas e Dúvidas. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 65., 2013, Recife. **Anais...** Recife: BBPC, 2013.

TREMBATH, A. *et al.* **Where The Shale Gas Revolution Came From: Government's Role In The Development Of Hydraulic Fracturing In Shale**. [S.I.]:Breakthrough Institute Energy & Climate Program. 2012.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de engenharia de petroleo**. 4. ed. [S.I.]: Interciencia, 2004.

US DEPARTMENT OF ENERGY. **Natural Gas From Shale: Questions and Answers**, 2013. Disponível em: https://www.energy.gov/sites/default/files/2013/04/f0/complete_brochure.pdf. Acesso em: 1 dez. 2019.

U.S. ENERGY INFORMATION. **Natural Gas Gross Withdrawals and Production**. 2020. Disponível em:

https://www.eia.gov/dnav/ng/NG_PROD_SUM_DC_STX_MMCF_A.htm. Acesso em: 20 maio 2019.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. U.S. Department of Energy. **EIA / ARI World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment**. EIA / ARI, Arlington, E.U.A. 2013. Disponível em : https://www.adv-res.com/pdf/A_EIA_ARI_2013%20World%20Shale%20Gas%20and%20Shale%20Oil%20Resource%20Assessment.pdf Acesso em: 15 nov. 2019

WEDY, G. de J. T. **O Princípio Constitucional da Precaução Como Instrumento de Tutela do Meio Ambiente e da Saúde Pública**. 2. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2017.

WOLFRUM, R. O princípio da precaução. *In: PLATIAU, Ana Flávia Barros; VARELLA, Marcelo Dias (orgs.). Princípio da precaução*. Belo Horizonte: Del Rey, 2004.

WEISS, E. B. International Environmental Law: contemporary issues and the emergence of a new world order. **Georgetown Law Journal**, Georgetown Washington D.C. n. 81, p. 675-88, 1992/93.

YANG, H; *et al.* Water Requirements for Shale Gas Fracking in Fuling, Chongqing, Southwest China. **Energy Procedia**,[s.l.], v. 76, p.106-112, ago. 2015.

ZAPATA, E. Aspectos legales de la exploración y producción de hidrocarburos en la República Argentina. *In: ZAPATA, E. Aspectos técnicos, estratégicos y económicos de la exploración y producción de hidrocarburos*. [S.l.]: [s.n.], 2013.

ZHANG, J. *et al.* Quantitative characterization of pore-fracture system of organic-rich marine-continental shale reservoirs: A case study of the Upper Permian Longtan Formation, Southern Sichuan Basin, China. **Fuel**, Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236117303563?via%3Dihub> , v. 200, p.272-281, 2017. Acesso em 01 dezembro de 2020.