

XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ABORDAGEM TÉCNICA E LEGAL ACERCA DO FRATURAMENTO HIDRÁULICO NO BRASIL

Eduardo Sanberg¹; Nara Raquel Alves Göcks¹; Sérgio Augustin¹; Luiz Alberto Vedana²; Cíntia Tavares Pires da Silva¹.

Resumo - A crescente demanda por energia, associada à evolução tecnológica, vem propiciando a introdução de fontes alternativas na matriz energética mundial. As novas fontes, renováveis ou não, são capazes de impactar o sistema natural de diversas formas. É o caso do método de prospecção de gás, denominado fraturamento hidráulico, que vem sendo implementado nos E.U.A desde o início do século. Como resultado, impactos ambientais estão sendo diagnosticados neste país. Atualmente, nota-se uma intenção das multinacionais do setor de óleo e gás em expandir a metodologia através do mundo, no entanto, nem todas as nações apresentam uma resposta consensual acerca da inclusão do método nas suas respectivas matrizes energéticas. Com relação ao caso brasileiro, há a necessidade de relevar fatores legais e geológicos. O Aquífero Guarani consiste num dos maiores e mais produtivos aquíferos do planeta, e é utilizado para fins diversos, incluindo abastecimento humano/rural. O presente artigo apresenta uma abordagem ampla dos potenciais impactos relacionados ao método e sobre a legislação nacional relacionada ao tema.

Abstract – *The increase demand for energy, combined to technological developments, is providing the introduction of alternative sources in the world's energy matrix. These new sources, renewable or not, are able to impact the natural system, in many ways. It is the case of gas prospecting method, called hydraulic fracturing, which is being extensively implemented in the U.S. since the beginning of the century. As a result, environmental impacts, related to the method are being diagnosed in this country. Nowadays, it is noted a clear intention of Oil and Gas Companies in expanding this methodology across the world, however, the major part of nations do not have a consensual response about the inclusion of the method in their respective energy matrices. In the Brazilian case, there is a need to relieve legal and geological factors. The Guarani Aquifer is one of the largest and most productive aquifers in the world, and it is used for various purposes, including human supply. This article presents an approach to potential impacts to the environment and Brazilian legal aspects.*

¹ Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental, Universidade de Caxias do Sul. End. Av. Francisco Getúlio Vargas 1.130, Bairro Petrópolis. Centro de Ciências Jurídicas Bloco 58, sala 310. Caxias do Sul, RS, Brasil. Fone: 51-96161977. Fax 54 - 32182517 Email: esanberg@ucs.br.

² Centro Universitário Ritter dos Reis. Endereço: Avenida Orfanotrófio 555. Bairro Alto Teresópolis. Porto Alegre, RS, Brasil. Telefone: 51-99762333 Fax: 54 - 32182517 Email: luizvedana@gmail.com.

Palavras-Chave – Fraturamento hidráulico, gás não convencional, crise energética.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade de consumo, dentro de um sistema econômico capitalista, está associado com a crescente necessidade de oferta de bens minerais e energéticos. Em busca de um equilíbrio entre a ocupação e o consumo, o conceito de desenvolvimento sustentável vem sendo incorporado. Segundo U.S. Energy Information Agency, (2001), em 1920-1925 a matriz energética norte americana passou a operar, predominantemente, a partir da queima de combustíveis fósseis, tais como petróleo, gás, carvão e, de forma subordinada, de fontes alternativas. A matriz energética mundial segue o modelo norte-americano, com exceções localizadas. No Brasil, por exemplo, usinas hidrelétricas são muito relevantes, enquanto na China, a queima do carvão é a base da matriz energética.

O fraturamento hidráulico, ou *fracking*, como se popularizou nos meios de comunicação, consiste numa série de procedimentos que resultam no rompimento de camadas profundas de rochas sedimentares denominadas folhelhos que, dentro das suas estruturas armazenam gás e, subordinadamente óleo. A aplicação da técnica se encontra em franco desenvolvimento nos Estados Unidos da América e serve para obtenção do denominado gás não convencional, ou gás de folhelho, ou ainda, como se popularizou no Brasil, gás de xisto. As **figuras 1 A e B** apresentam, em linhas gerais, as principais diferenças entre o processo de extração do gás convencional e do gás não convencional (obtido por fraturamento hidráulico).

Embora empregado pelos meios de comunicação, o termo gás de xisto não é tecnicamente correto. 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. Em português, o termo xisto, foi traduzido do termo *schiste*, que significa folhelho em francês. Embora equivocado, o termo gás de xisto vem sendo associado com a designação norte-americana para a técnica. Em inglês, o termo *shale* significa folhelho, e o gás obtido pelo fraturamento hidráulico é denominado em inglês, *shale gás*.

Ao observar as experiências dos E.U.A., que agregou o gás não convencional na sua matriz energética, é possível formular um entendimento preliminar acerca dos potenciais impactos do método, caso implementado em outros países. As controvérsias acerca da inclusão desta metodologia na matriz energética brasileira não se limitam aos aspectos ambientais. Controvérsias legais remanescem acerca do tema, principalmente em virtude de impactos sociais.

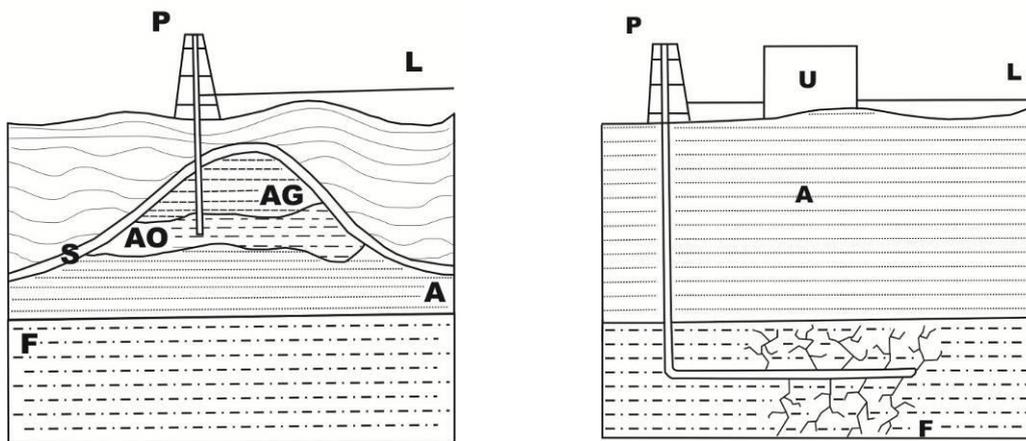


Figura 1A (esquerda): Modelo esquemático para extração de gás convencional (fora de escala). S - camada selante. O gás (AG) e o óleo (AO) ocorrem associados em distintas. A camada A representa uma parcela do reservatório (rocha porosa). F - uma rocha sedimentar de baixa porosidade, incapaz de acumular gás, óleo ou água. P Poço de extração e L a linha de transmissão que conduz para uma usina. **Figura 1B** (direita): Modelo esquemático para reservatórios de gás não convencional (fora de escala). F- folhelho que sofreu fraturamento hidráulico. A camada A representa os aquíferos mais rasos. P - poço de extração, U é a usina de pré-tratamento e L a linha de transmissão que conduz para uma usina de maior porte.

2. OBJETIVOS

A publicação foi elaborada pelo Grupo de Pesquisas do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Direito Ambiental da Universidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul. O grupo de pesquisas tem como principal intenção abordar questões ambientais, com um enfoque técnico e jurídico, para disponibilização de dados e interpretações capazes de suportar debates e decisões.

O principal objetivo deste artigo é aproximar os acadêmicos de diferentes áreas, de termos essenciais e implicações que orbitam sobre a incorporação do método fraturamento hidráulico à matriz energética brasileira. O artigo descreve os principais impactos relacionados ao método e apresenta uma breve discussão legal sobre o tema.

3. O MÉTODO

Resumidamente, o método é iniciado pela perfuração de um ou mais poços, até camadas de folhelhos, que podem estar posicionados em profundidades superiores a dois mil metros. Ao atingir uma profundidade pré-determinada, o poço é horizontalizado, de forma que secciona, paralelamente, as camadas de folhelhos. Neste poço, é injetada, sob altas pressões, uma solução, composta por água, areia e compostos químicos diversos (denominada solução de fraturamento). Durante estas injeções, os folhelhos que estão dentro da área de influência do poço são fraturados e estas fraturas são mantidas abertas por produtos presentes na própria solução. Após, a solução residual é bombeada para fora do poço e disposta para tratamento e/ou destinação.

Como resultado do fraturamento das camadas de folhelho, há uma liberação de gases (metano, propano, nitrogênio, dióxido de carbono, entre outros) e eventualmente, quantidades subordinadas

de óleo bruto. O alívio de pressão gerado pela própria abertura do poço, associado com a diferença de densidade do gás, faz com que o poço perfurado sirva como um canal preferencial de migração para captura do gás em superfície. Em superfície, o poço é conectado a uma usina de pequeno porte para pré-refino e a uma linha de transmissão de gás, que conduz para uma refinaria de grande porte. A figura 2 apresenta as etapas descritas.

Em virtude das camadas apresentarem formas de poliedro de três dimensões, o método é repetido sucessivas vezes em uma malha de poços, de forma que as camadas de folhelhos sejam alvo de uma extração efetiva. Dessa forma, tem-se em planta uma área denominada “campo de poços de extração de gás não-convencional por fraturamento hidráulico”.

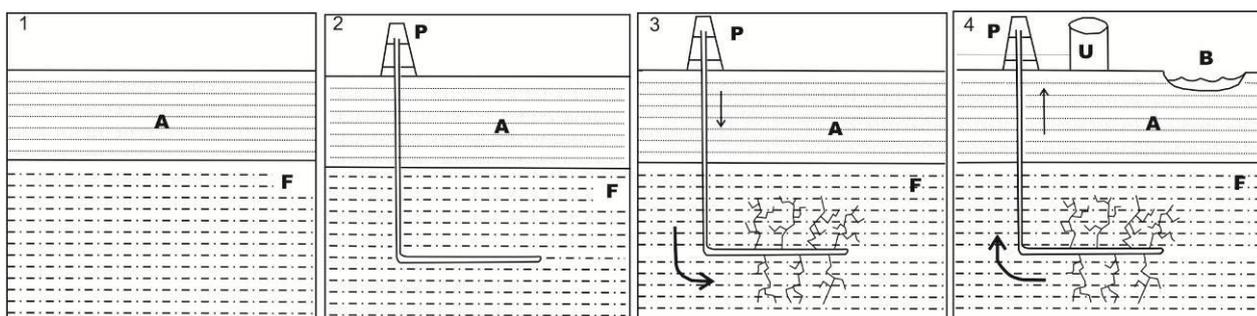


Figura 2: Fraturamento hidráulico. Modelo simplificado fora de escala. Quadro 1: A camada F representa um folhelho. A camada A representa as camadas superiores que podem conter água. Quadro 2: Primeiro estágio P é o poço de injeção/extração. Quadro 3: Injeção da solução de fraturamento hidráulico. Quadro 4: O gás é liberado e migra para a superfície através do duto preferencial (poço). O gás é conduzido ao pré-tratamento em uma usina local (U) e transmitido para uma Usina de maior porte e posterior distribuição. A bacia B representa numa área para armazenamento temporário de efluentes líquidos.

4. IMPACTOS AMBIENTAIS

A implementação do método consiste numa série de etapas, que iniciam com a perfuração do poço de extração e se encerra com a finalização de um campo de poços. Os principais aspectos ambientais serão descritos a seguir:

4.1 Impactos Durante a Sondagem e Instalação dos Poços

O primeiro equipamento a aportar em um campo de extração por fraturamento hidráulico é a plataforma de perfuração. A plataforma de perfuração consiste numa estrutura metálica, semelhante àquelas observadas em plataformas de prospecção de petróleo em águas profundas, que dá sustentação a uma perfuratriz acoplada a um sistema computadorizado de direcionamento da sondagem.

O procedimento de perfuração com o uso deste equipamento permite que a sondagem seja horizontalizada em profundidades pré-determinadas com precisão de poucos metros. Sondagens nos campos de extração de gás não convencional na Pensilvânia EUA, alcançam profundidades da

ordem de 2.500-3.000 metros. (EPA, 2012) Este tipo de perfuração demanda um aporte de água e fluidos naturais/sintéticos. Estima-se que, para perfuração de um poço de 2.500 m de profundidade, são utilizados aproximadamente 10 milhões de litros de água e fluidos de perfuração.

Os fluidos de perfuração têm diferentes composições e finalidades. Alguns fluidos, formados por argilas e outros materiais, servem para selar as paredes do poço e minimizar o caimento das camadas perfuradas para dentro das sondagens, outros são lubrificantes sintéticos à base de petróleo, que servem para lubrificar a broca de perfuração e facilitar a expulsão dos materiais perfurados (GUIMARÃES E ROSSI, 2007). Os fluidos de perfuração podem conter concentrações traço de metais, tais como bário, chumbo, arsênio, estrôncio, urânio e compostos orgânicos derivados de petróleo. Os volumes de água e fluidos de perfuração envolvidos são variáveis em diferentes locais, conforme a profundidade e natureza geológica do subsolo.

Os fluidos de perfuração para poços profundos apresentam composições químicas capazes de gerar impactos nas águas subterrâneas dos aquíferos mais rasos seccionados pela sondagem. 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. Rompimentos neste revestimento podem acarretar em vazamentos de líquidos e gases para os aquíferos posicionados em profundidades mais rasas.

A primeira etapa (perfuração/instalação do poço) é considerada finalizada quando o poço está instalado e pronto para receber os fluidos de fraturamento hidráulico.

6.2 Impactos Relacionados à Injeção e Recuperação da Solução de Fraturamento

Após a instalação do poço dentro da camada de folhelhos, é realizada a injeção, sob altas pressões, de uma solução química para fraturamento. A injeção propicia, por ação físico-química, o fraturamento das rochas (folhelhos).

A solução de fraturamento, composta por água, areia e uma mistura de hidrocarbonetos, consiste em fórmula registrada e protegida de cada empresa. Em 2010, foi disponibilizada por empresas de prospecção norte-americanas, uma lista de aproximadamente 60 compostos contidos na solução. Nesta lista, constam diversos compostos sintéticos, como por exemplo: benzeno, tolueno, xilenos, etilbenzeno, surfactantes variados, hidrocarbonetos organoclorados, entre outros compostos (poli)alifáticos e (poli) aromáticos, todos tóxicos à saúde humana.

Por mais cautelosas que sejam as formas de proteção dos aquíferos mais rasos, estes métodos estão longe de ser considerados confiáveis (FOX, 2010). Centenas de denúncias e reportagens mostram impactos em aquíferos rasos e intermediários decorrentes da implantação do fraturamento hidráulico. O alcance das plumas de contaminação de fase dissolvida e gasosa no aquífero pode

variar em decorrência de volumes vazados, concentrações de contaminantes na solução, aspectos geológicos locais e presença de águas superficiais e poços de abastecimento na região.

Após o processo de injeção, cerca de 50-60% do volume total da solução é recuperada. O subsolo retém o restante. 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.

A solução recuperada é armazenada, de forma temporária, em bacias escavadas em superfície. Os perfis construtivos das laterais e da base destas “piscinas de acumulação” não são totalmente padronizados. Alguns estados dos E.U.A. apresentam regulamentações técnicas específicas de forma que os riscos de acidentes com extravazamentos e infiltrações sejam minimizados, no entanto a passagem dos efluentes pelas zonas de acúmulo é apenas uma parte do processo de gerenciamento.

As bacias de contenção temporárias dos efluentes líquidos, observadas nos campos de fraturamento hidráulico, possuem alta vulnerabilidade para vazamentos por extravazamentos, em especial nos períodos chuvosos. Assim que 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.

Em suma, além dos riscos de extravazamento e/ou infiltração, há ainda os riscos de transporte e destinação. Segundo o regramento ambiental brasileiro, é procedimento padrão que todos os caminhões devam estar habilitados, registrados e em condições de realizar a atividade específica de transporte de resíduos perigosos, fatores estes, que não eliminam a possibilidade de acidentes nas estradas ou nos respectivos destinos (ETEs ou incineradores). Salienta-se que o Brasil possui poucos empreendimentos, licenciados, capazes de receber tais resíduos.

No Brasil, por se tratar de um assunto de interesse público e alto potencial poluidor, a composição química destes efluentes deverá ser previamente reportada aos órgãos competentes e às estações de destino. Ressalva-se ainda que, conforme a Resolução CONAMA 420/2009, a área do poço de extração, especialmente, da bacia de armazenamento temporário de efluentes, passa a ser considerada como Área Suspeita de Contaminação, demandando, de imediato, estudos futuros, tais como Avaliação Ambiental Confirmatória, Avaliação Ambiental Detalhada, Avaliação de Riscos entre outros.

No caso dos domínios do Aquífero Guarani, os folhelhos encontram-se, via de regra, concentrados nas formações Irati e Ponta Grossa, encontradas em profundidades mais profundas que a Formação Botucatu, principal unidade aquífera do Guarani. Esta situação coloca em risco o aquífero.

6.3 Impactos Durante a Exploração de Gás

O gás liberado dos folhelhos traz consigo, além da umidade, uma série de compostos orgânicos sob a forma condensada. Cada poço de fraturamento hidráulico possui uma usina de pequena capacidade associada que, submete o gás extraído a um pré-refino, capaz de diminuir a umidade. Após, o gás é conduzido para um duto que conduz o gás para o refino em uma estação específica de maior capacidade.

O líquido removido denominado “condensado de gás” é considerado um dos resíduos do fraturamento hidráulico. Uma parcela destes líquidos é armazenada em tanques aéreos, posicionados ao lado do poço de produção, outra parcela remanesce no meio natural, podendo permanecer contida nas camadas de folhelhos, vaziar pelos tubos revestidos do poço e contaminar aquíferos posicionados em profundidades inferiores. Uma última parcela do resíduo “líquido condensado” é carregada com os volumes destinados aos gasodutos que devem estar conectados a uma estação específica que conduz o gás para onde será refinado. As estações finais de refino de gás, via de regra, queimam o condensado em *flares*, ou queimadores.

O próprio gás liberado a partir dos folhelhos pode vir a formar uma fase gasosa de contaminação nos poros dos aquíferos mais rasos. A composição específica do gás de fraturamento hidráulico é muito variável. 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).

O gás tenderá a migrar, por diferença de densidade, em direção a superfície. Esta migração terá como direção preferencial os pontos de alívio de pressão, tais como fraturas e falhamentos geológicos e zonas de elevada porosidade. Estas zonas correspondem aos aquíferos que possuem maiores disponibilidade e quantidade de água. Caso existam zonas de interação de águas subterrâneas com superficiais, poderá haver contaminação de águas superficiais. Caso existam poços de abastecimento no entorno estes tenderão a apresentar contaminação.

6.4 Riscos Ocupacionais e Acidentes: Incêndios e Explosões Durante a Exploração.

Riscos de exposição ocupacional e eventuais explosões em razão de acidentes/falhas são inerentes à técnica. A influência do fraturamento hidráulico na atmosfera é pouco abordada na literatura científica. A degradação da qualidade do ar pode extrapolar os limites dentro e fora do próprio campo de extração.

A Agência norte-americana de proteção ambiental, EPA, em seu *website* menciona que regiões próximas aos campos de fraturamento hidráulico apresentam degradação da qualidade

atmosférica. A qualidade do ar fica comprometida em razão da presença de excedentes de ozônio, metano, etano, propano, dissulfeto de carbono, sulfeto de hidrogênio, sílica e compostos orgânicos voláteis presentes no próprio gás liberado pelos folhelhos. Estes gases, além de ser considerados tóxicos, proporcionam a aceleração do efeito estufa³.

Quando o poço se mostra pouco rentável, este é desativado e permanece liberando volumes de gases para a atmosfera por períodos indeterminados. FOX, 2010 identificou alguns poços abandonados queimando gás, que passaram a funcionar como verdadeiros *flares* de queima de gás *in situ*. Os vapores gerados são potencialmente danosos a saúde humana e contribuem para o desequilíbrio climático do planeta.

6.5 Abalos Sísmicos

Após a finalização de um campo de poços, ou mesmo durante sua operação, é possível que, além dos impactos convencionalmente observados, ocorram abalos sísmicos de pequenas proporções (2 a 4 na Escala Richter, conforme ELLSWORTH, 2013, SCHULTZ, 2013, em ASIBAMA, 2013). Estes tremores ocorrem devido à acomodação das camadas fraturadas e não são diretamente danosos ao meio ambiente, porém podem desestruturar construções, estruturas de servidão, tanques de armazenamento e poços de abastecimento de águas subterrâneas. Estas desestruturações, por sua vez, podem causar danos aos selos de proteção sanitária de poços de fraturamento hidráulico e outros impactos ambientais secundários.

7. PANORAMA INTERNACIONAL

Em 2005, George Bush, valendo-se do anseio de seu país em tornar-se energeticamente independente, editou a Lei das Exceções, que isentou as empresas produtoras de gás não convencional de obedecerem ao *Clean Water Act (Lei de proteção às águas nos Estados Unidos)*. Esta atitude, viabilizou legalmente a súbita implementação de diversos campos de extração de gás não convencional nos E.U.A.

Em virtude da acelerada implementação do método na América do Norte, os efeitos sociais, econômicos e ambientais foram diagnosticados de forma aguda, resultando em diversas ações na justiça norte-americana, envolvendo impactos nas águas subterrâneas, na atmosfera e implicações na saúde e vida cotidiana das pessoas. Sob o ponto de vista econômico, o aporte de gás não convencional na economia norte-americana, tornou o setor energético do país autossuficiente e subsidiou um maior poder nas negociações internacionais.

³ (<http://www.epa.gov/ghgreporting/index.html>)

Os aspectos negativos relacionados ao método, geraram reações em diversos países, que, via de regra, são contra a sua implementação. A técnica já foi proibida na França, Bulgária, Irlanda, Austrália e está em discussão, com tendências a não ser aceita, em diversos países, como Romênia, Holanda, Espanha, Canadá, Costa Rica e até mesmo em alguns estados dos E.U.A, como Nova Iorque e Nova Jersey. No Brasil, as discussões encontram-se em desenvolvimento.

8. ABORDAGEM LEGAL DO TEMA

O fraturamento hidráulico é uma técnica ainda aplicada no Brasil. A crescente demanda energética nacional justifica a busca de fontes alternativas de abastecimento. Diante da evidente intenção do governo em dar início ao processo de fraturamento hidráulico no Brasil releva-se uma revisão acerca da legislação aplicável à nova técnica a ser adotada no Brasil.

Especialmente em razão da relevância do Sistema Aquífero Guarani, importante reservatório de água potável para humanidade. Considerando que a disponibilidade de água é um problema que afeta toda a humanidade e que este bem deve ser gerenciado de forma comum entre Uruguai, Paraguai, Argentina e Brasil, carecendo, ainda de acordo internacional que verse sobre o tema (FIGUEIRÓ, 2014).

O meio ambiente é conceituado constitucionalmente como interesse difuso ou coletivo⁴ de acordo com o art. 129, III, da CF/88⁵. Conforme MANCUSO (1994), a Lei 8.078/90 (Código de Defesa do Consumidor – CDC), em seu art. 81⁶, conceituou os interesses difusos, os interesses coletivos em sentido estrito e os individuais homogêneos e, mesmo versando sobre direito do consumidor, esta conceituação aplica-se a todas ocasiões em que se fizer necessária, e não só nas relações de consumo.

A lei utiliza as expressões direito e interesse como sinônimas. NERY (1964) melhor esclarece essa distinção, entendendo como direito difuso aquele em que seus titulares não podem ser identificados, estão ligados por circunstâncias de fato e seu objeto não pode ser fracionado, “como o direito de respirar ar puro é difuso”. Dessa forma, entende-se o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado como um direito difuso.

4 MANCUSO (1994), p. 15.

⁵ São funções institucionais do Ministério Público: - promover o inquérito civil e a ação civil pública, para a proteção do patrimônio público e social, do meio ambiente e de outros interesses difusos e coletivos

⁶ Art. 81. A defesa dos interesses e direitos dos consumidores e das vítimas poderá ser exercida em juízo individualmente, ou a título coletivo.

Parágrafo único. A defesa coletiva será exercida quando se tratar de:

I - interesses ou direitos difusos, assim entendidos, para efeitos deste código, os transindividuais, de natureza indivisível, de que sejam titulares pessoas indeterminadas e ligadas por circunstâncias de fato;

II - interesses ou direitos coletivos, assim entendidos, para efeitos deste código, os transindividuais, de natureza indivisível de que seja titular grupo, categoria ou classe de pessoas ligadas entre si ou com a parte contrária por uma relação jurídica base;

III - interesses ou direitos individuais homogêneos, assim entendidos os decorrentes de origem comum.

Todos esses interesses são espécies do gênero “interesses metaindividuais”, ou coletivos *lato sensu*. Para MAZZILLI (1998), o meio ambiente pertence à categoria de interesses difusos: “São tão abrangentes que coincidem com o interesse público.”

O meio ambiente é composto de bens que devem satisfazer as necessidades dos habitantes do planeta. Quando o meio ambiente é utilizado, é correto pensar nele como “bem de uso comum do povo”, entendendo-se que ele poderá não ser utilizado, na busca da satisfação das necessidades comuns dos seres humanos. A utilização desses bens deve ser de forma razoável, e a tarefa do Direito Ambiental é justamente estabelecer normas que disciplinem o uso dos recursos ambientais (MACHADO, 2000).

A Constituição de 1988 valorizou o meio ambiente, pois o Poder Constituinte tomou consciência de que a qualidade do meio ambiente é um patrimônio, um bem, e que a sua preservação, recuperação e manutenção são imperativos do Poder Público, em busca de uma sadia qualidade de vida. Silva (1993) menciona que o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado apresenta-se com a natureza de “bem de uso comum do povo” e encontra-se disposto no título da ordem social, em razão de sua concretização importar basicamente em prestação do Poder Público. O direito à vida, direito fundamental do homem, orientou o legislador nesse sentido, e a tutela ao meio ambiente é um valor que há de preponderar, acima de questões como o desenvolvimento, o direito de propriedade e de iniciativa privada, já que importa em proteção ao bem maior, que é a vida humana. Assim estabelece a Carta Magna:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (grifo acrescentado).

Como a Constituição Federal eleva o meio ambiente a “bem de uso comum do povo”, deve-se esclarecer qual o devido alcance que essa expressão possui. O Código Civil⁷ traz esta classificação e os bens de uso comum do povo são os destinados à utilização pública, como os mares, as praças, os rios, possuem característica de uso coletivo, como esclarece LIMA (1954): “Pode o domínio público definir-se como a forma mais completa da participação de um bem na atividade de administração pública.” Salienta-se que esses são bens que não podem ser apropriados, são extracomércio ou também chamados de indisponíveis.

A Constituição não definiu “meio ambiente” e essa expressão traz em si um pleonismo, pois as palavras “ambiente” e “meio” são sinônimas; a palavra “ambiente” é de origem latina (*ambiens, entis*) e significa “meio em que vivemos”(MACHADO, 2000), mas este conceito está expresso na

⁷ Lei 10.406/2002 - Art. 99. São bens públicos: I - os de uso comum do povo, tais como rios, mares, estradas, ruas e praças;

Lei Federal 6.938/1981- Política Nacional do Meio Ambiente, em seu art. 3º, I, “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

Todos aqueles que utilizam recursos naturais devem conservá-los, independentemente desse bem ser público ou privado, como, por exemplo, uma floresta que está sob o domínio privado; o seu proprietário não pode deixar de preservá-la, pois as suas características ecológicas são de uso comum. José Lutzemberger conceitua o bem ambiental como:

“A evolução orgânica é um processo sinfônico. As espécies, todas as espécies, e o Homem não é um exceção, evoluíram e estão destinadas a continuar evoluindo conjuntamente e de maneira orquestrada. Nenhuma espécie tem sentido por si só, isoladamente. Todas as espécies, dominantes ou humildes, espetaculares ou apenas visíveis, quer nos sejam simpáticas ou as consideremos desprezíveis, quer se nos afigurem como úteis ou mesmo nocivas, todas são peças de uma grande unidade funcional. A natureza não é um aglomerado arbitrário de fatos isolados, arbitrariamente alteráveis ou dispensáveis. Tudo está relacionado com tudo. Assim como numa sinfonia os instrumentos individuais só têm sentido como partes do todo, é função do perfeito e disciplinado comportamento de cada uma das partes integrantes da maravilhosa sinfonia da evolução orgânica, onde cada instrumento, por pequeno, fraco ou insignificante que possa parecer, é essencial e indispensável.”

Neste contexto importa dispor sobre a legislação sobre águas, que integram os bens da União de acordo com o art. 20, III, da CF/88: “São bens da União: os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais.”, ou integram os bens dos Estados, como o caso do sistema aquífero guarani, em razão do art. 26, I, da CF/88: “Incluem-se entre os bens dos Estados: as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União”.

Além de a Constituição ter assegurado o direito e dever de um ambiente ecologicamente equilibrado, estabeleceu o princípio do desenvolvimento sustentável, que pretende compatibilizar questões econômicas, sociais e ambientais, que vai assim conceituado por Juarez Freitas (2011):

“Trata-se do princípio constitucional que determina, independentemente de regulamentação legal, com eficácia direta e imediata, a responsabilidade do Estado e da sociedade pela concretização solidária do desenvolvimento material e imaterial, socialmente inclusivo, durável e equânime, ambientalmente limpo, inovador, ético e eficiente, no intuito de assegurar, preferencialmente de modo preventivo e precavido, no presente e no futuro, o direito ao bem-estar físico, psíquico e espiritual, em consonância homeostática com o bem de todos”.

As ciências sociais contemporâneas criticam o conceito de desenvolvimento sustentável, pois seria vago, impreciso, inexpressivo, sem clareza semântica e conceitual. Para vários doutrinadores

trata-se de uma fraude, um “*clichê*”, já que pretenderia obscurecer a finitude dos recursos naturais e enaltecer o franco desenvolvimento industrial, contudo algo necessário que contribui para valorização da igualdade, justiça, direitos humanos e uma visão cultural e construtivista da relação existente entre homem e meio ambiente. Dessa forma, sua aplicação requer atenção pela inexactidão do que realmente significa, a enorme complexidade de dimensões que abarca e que as regras para colocá-lo em prática são extremamente abertas.

Na Constituição Federal Brasileira o princípio do desenvolvimento sustentável é assegurado em várias disposições expressas, como no art. 3º⁸ no Título Dos Princípios Fundamentais, 192⁹, 205¹⁰, 218¹¹, 219¹² inseridos no Título Da Ordem Social e 174¹³, inciso VI, do 170, no Título Da Ordem Econômica e Financeira, sendo este último de extrema relevância, mas tendo sido inserido na Constituição apenas em 2003, pela emenda Constitucional n. 42, mas que traz importante disposição no contexto que se aborda:

“Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios: VI - defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação;”

O princípio do desenvolvimento sustentável não está expresso na Constituição Federal ganhando extrema valorização com as alterações feitas pela Emenda Constitucional, mas desde 1987, como exposto no Relatório *Brutland* e após no Brasil, na ECO 92, este princípio está muito bem definido e é diuturnamente propagado, em que pesa na prática sem uma efetiva aplicação. (FREIRIA, 2011)

⁸ Art. 3º Constituem objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil: I - construir uma sociedade livre, justa e solidária; II - garantir o desenvolvimento nacional; III - erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais; IV - promover o bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação.

⁹ Art. 192. O sistema financeiro nacional, estruturado de forma a promover o desenvolvimento equilibrado do País e a servir aos interesses da coletividade, em todas as partes que o compõem, abrangendo as cooperativas de crédito, será regulado por leis complementares que disporão, inclusive, sobre a participação do capital estrangeiro nas instituições que o integram;

¹⁰ Art. 205. A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.

¹¹ Art. 218. O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa e a capacitação tecnológicas.

§ 1º - A pesquisa científica básica receberá tratamento prioritário do Estado, tendo em vista o bem público e o progresso das ciências.

§ 2º - A pesquisa tecnológica voltará-se a preponderantemente para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional.

§ 3º - O Estado apoiará a formação de recursos humanos nas áreas de ciência, pesquisa e tecnologia, e concederá aos que delas se ocupem meios e condições especiais de trabalho.

§ 4º - A lei apoiará e estimulará as empresas que invistam em pesquisa, criação de tecnologia adequada ao País, formação e aperfeiçoamento de seus recursos humanos e que pratiquem sistemas de remuneração que assegurem ao empregado, desvinculada do salário, participação nos ganhos econômicos resultantes da produtividade de seu trabalho.

§ 5º - É facultado aos Estados e ao Distrito Federal vincular parcela de sua receita orçamentária a entidades públicas de fomento ao ensino e à pesquisa científica e tecnológica.

¹² Art. 219. O mercado interno integra o patrimônio nacional e será incentivado de modo a viabilizar o desenvolvimento cultural e sócio-econômico, o bem-estar da população e a autonomia tecnológica do País, nos termos de lei federal.

¹³ Art. 174. Como agente normativo e regulador da atividade econômica, o Estado exercerá, na forma da lei, as funções de fiscalização, incentivo e planejamento, sendo este determinante para o setor público e indicativo para o setor privado. § 1º - A lei estabelecerá as diretrizes e bases do planejamento do desenvolvimento nacional equilibrado, o qual incorporará e compatibilizará os planos nacionais e regionais de desenvolvimento.

A legislação Brasileira aperfeiçoou-se na agenda da Sustentabilidade inserindo significativas alterações na legislação esparsa, com destaque para o art. 2º, I, Lei 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, art. 2º, I, da Lei 10.257/2001, que Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana; art. 2º, II, XI e XII, e art. 5º, VI, da Lei 9.985/2000 que regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, o art. 3º¹⁴ da Lei 9.666/93 que regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública, com recente alteração introduzida pela Lei 12.349, de 2010 que assegura a promoção do desenvolvimento nacional sustentável e a Lei 12.187/2009, que Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima, que visa, dentre outros, assegurar a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a proteção do sistema climático.

Na temática da proteção das águas o art. 2º, II, Lei 9.433/97, assegura a utilização dos recursos hídricos como vistas ao Desenvolvimento Sustentável, a lei institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e regulamenta o inciso XIX do art. 21¹⁵ da Constituição Federal, e dispõe da seguinte forma:

“Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos: I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao **desenvolvimento sustentável**; III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. (grifo acrescentado)”.

A proteção do meio ambiente emerge do direito à vida, direito fundamental do homem, que baliza a ordem legislativa nesse sentido, desta forma a tutela ambiental é um valor que há de preponderar sobre outros como desenvolvimento, o direito de propriedade e de iniciativa privada (FIORILLO e FERREIRA, 2012). Contudo a legislação brasileira tem como um de seus sustentáculos o desenvolvimento nacional sustentável, desta forma há de se buscar a harmonia entre a livre iniciativa, desenvolvimento tecnológico e econômico com a proteção ambiental e da pessoa humana, este princípio caracteriza-se como um princípio ético-jurídico vinculante, um valor supremo nacional e um dos objetivos da República, conforme Freitas (2011).

O crescimento econômico não pode ser dissociado das questões sócio-ambientais, sob esta ótica devem imperar os princípios da precaução e da prevenção na busca de soluções que não comprometam as vidas atuais e futuras, nos exatos termos da Constituição Federal, art. 225, ora se os

¹⁴ Art. 3º A licitação destina-se a garantir a observância do princípio constitucional da isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a administração e a promoção do **desenvolvimento nacional sustentável** e será processada e julgada em estrita conformidade com os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhes são correlatos (grifo acrescentado)

¹⁵ Art. 21. Compete à União: XIX - instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso;

riscos vinculados ao desenvolvimento do fraturamento hidráulico estão sendo questionados em todo mundo, conforme mencionado anteriormente e também de acordo com matéria publicada no site do Serviço Geológico do Brasil¹⁶, há que ser extrema cautela antes de sua efetiva concretização, sob pena de descumprimento do ordenamento legal brasileiro.

Em matéria ambiental existe uma maior valia para uma atuação preventiva em relação a menor ou nenhuma eficácia de uma ação remediadora de danos efetivamente causados ao meio ambiente, assim quando possível evitar a ocorrência de um dano esta atuação deve ser valorizada. (MARCHESAN e STEIGLEDER, 2010). Tornando-se imperativo a concretização do princípio da prevenção.

Neste enfoque destacam-se as estratégias antecipatórias e este é o “coração do Direito Ambiental”, como consignou FERRER (2014) a prevenção ou precaução, pois nada interessa à proteção ambiental a repressão ambiental depois de praticadas condutas lesivas ao meio ambiente na medida em que são pouco prováveis as possibilidades de remedição de danos causados, rompendo o paradigma do desenvolvimento simplista e imprudente desenvolvimento estritamente econômico.

Conforme MILARÉ (2004), o princípio da prevenção é o “ato ou efeito de antecipar-se” a prevenção não se confunde com precaução, em que pese alguns as tratem como sinônimos, a prevenção é genérica, ampla, enquanto que a precaução possui menor amplitude, considerada “atitude ou medida antecipatória voltada preferencialmente para casos concretos”, conforme MILARÉ (2004).

O Princípio da Precaução vai definido no Princípio 15, da Declaração do Rio/92 sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável como sendo "a garantia contra os riscos potenciais que, de acordo com o estado atual do conhecimento, não podem ser ainda identificados" e "Para que o ambiente seja protegido, serão aplicadas pelos Estados, de acordo com as suas capacidades, medidas preventivas. Onde existam ameaças de riscos sérios ou irreversíveis, não será utilizada a falta de certeza científica total como razão para o adiamento de medidas eficazes, em termos de custo, para evitar a degradação ambiental".

O Brasil possui inúmeras alternativas energéticas, como a energia eólica que possui enormes possibilidades de expansão, a energia solar, as hidroelétricas entre outras. Assim, os riscos associados à atividade de fraturamento hidráulico não justificam a sua exploração a exemplo do que ocorre nos Estados Unidos, ora se faz necessária a ampliação dos estudos acerca desta técnica, especialmente pela comunidade científica brasileira, além de que estas discussões devem ser amplamente disponibilizadas aos cidadãos, com destaque às comunidades que, sofrerão impactos sociais e ambientais diretos.

¹⁶ Disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=2618&sid=129> às 22h, de 08.05.2014

Em que pese o planejamento energético brasileiro para os próximos 25 anos não faça qualquer referência sobre a possibilidade de exploração do gás não-convencional, iniciam-se as pesquisas neste sentido no país, pois em novembro de 2013 houve a 12ª rodada do leilão de gás realizada pelo Governo Federal e na parte relativa a extração de gás dito “não-convencional” ofereceu a concessão para exploração do gás de folhelho, prevendo 240 blocos de exploração, localizados em diversas áreas do país, inclusive em áreas de influência do Aquífero Guarani, bem ambiental de suma importância nacional e internacional.

O planejamento expresso pelo documento denominado Matriz Energética Nacional, 2030 (MME, 2005)¹⁷, que compõe com o Plano Nacional de Energia 2030, o par de relatórios que consolidam os estudos desenvolvidos sobre a expansão da oferta e da demanda de energia no Brasil não apresenta nenhuma referência sobre o fraturamento hidráulico e mesmo assim o Governo Federal lançou licitação para disponibilização de áreas para pesquisa causando temor já que a adoção deste método dentro deste contexto, despreparado e precipitado, pode acelerar e maximizar os impactos negativos, além de minimizar os lucros monetários esperados.

Tal conduta governamental causa tamanha inquietude especialmente porque o Governo agiu contrariamente as conclusões do Parecer Técnico GTPEG n. 03/2013 do Grupo de Trabalho Interinstitucional de Atividades de Exploração e Produção de Óleo e Gás (GTPEG) do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que tem como função, nos termos da portaria do nº 218/2012 apoiar tecnicamente na interlocução com o setor de petróleo e gás, especialmente, sobre análises ambientais prévias a outorga. E o grupo concluiu contrariamente a esta ação precipitada, como segue:

“Por fim, ressalta-se, mais uma vez, a inadequação do processo de análise caso-a-caso das rodadas de licitações, sempre com severas limitações de tempo para o trabalho da área ambiental. É preciso implementar o quanto antes a Avaliação Ambiental de Área Sedimentar – AAAS prevista na Portaria Interministerial MME/MMA n. 198/2012.”

“No que diz respeito à exploração de gás não convencional, o CTPEG entende não haver elementos suficientes para uma tomada de decisão informada sobre o assunto. É preciso intensificar o debate na sociedade brasileira sobre os impactos e riscos ambientais envolvidos nessa exploração e avançar na regulamentação e protocolos para atuação segura. Recomenda-se a adoção da Avaliação Ambiental de Área Sedimentar – AAAS como um dos instrumentos adequados à definição das condições de contorno para utilização das técnicas de fraturamento hidráulico em poços horizontais nas bacias de interesse.”

O Ministério Público Federal, pela Procuradoria da República do Município de Floriano – Piauí ingressou com uma ação civil pública contra ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e contra a União Federal, em razão de representação da Rede Ambiental

do Piauí – REAPI, visando obstaculizar a prematura exploração do gás não convencional, ou também chamado gás de xisto, na referida Rodada de Leilões¹⁸, contudo não obteve êxito na decisão liminar pretendida.

O consumo desenfreado vem sendo considerado a raiz da crise ambiental e a crise energética está intimamente vinculada a este altíssimo padrão de produção e consumismo. O consumo é a etapa final do processo produtivo e pela lógica do lucro, possui, pois desmedida importância no cenário ambiental já que a humanidade é obrigada a consumir e descartar o mais rápido possível, agravando os riscos de manutenção da vida em nosso planeta (PEREIRA, PEREIRA E CASTRO, 2010) e colocando em risco a própria manutenção do processo produtivo nacional.

Sob este enfoque cabe questionar os motivos que ensejam a implantação desta técnica, não cabe mais valorizar apenas o lucro, deve ser revisto o modelo capitalista, sendo imprescindível que se aplique uma macrorracionalidade social e ecológica e conforme Michael Löwy (2005), “Isso é impossível sem uma profunda reorientação tecnológica, que vise a substituição das atuais fontes de energia por outras, não-poluentes e renováveis, tais como a energia eólica ou solar.”

Como asseverou FOSTER (2010), o capitalismo é um sistema de produção de mercadorias, focado na produção de matérias-primas, se produz apenas para vender, e obter lucro no mercado. O capital não está voltado para o valor de uso das mercadorias, sendo definido como um sistema de desenvolvimento insustentável, e o exemplo disso é a crise energética que coloca em risco a própria manutenção do capitalismo.

Cabe trazer a legislação nacional sobre águas, importando verificar as disposições da Lei nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) que de maneira inovadora determina como fundamento que “a água é um recurso natural limitado” que “em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”, determinando que a gestão deste relevante bem ambiental deve “proporcionar o uso múltiplo” e que a sua gestão será descentralizada e contará “com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades”, conforme art. 1º e são objetivos expressos da PNRH que deve ser assegurada “à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”, inclusive de forma preventiva “contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais”, conforme art. 2º.

Conforme FIGUEIRÓ (2014), “em que pese o texto inovador da citada lei, não se pode deixar de inferir que a PNRH não dispensa atenção diferenciada ao gerenciamento dos aquíferos

¹⁷ Disponível em http://www.mme.gov.br/spe/menu/matriz_energetica.html, 08.05.2014.

¹⁸ Disponível em http://www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/nsa/arquivos/acp_nf_1.27.002.000485-2013-45acp_-_gas_de_folhelho_-_12a_rodada_de_leiloes_repres._reapi-_anp_e_uniao_0.pdf

transfronteiriços. Apesar das características singulares desses mananciais, a mais importante norma hídrica do país optou, por um lado, em não diferenciar a gestão reservada às águas subterrâneas da gestão dispensada às águas superficiais. Além disso, por outro lado, não indicou qualquer ação específica voltada ao gerenciamento das águas transfronteiriças” como o caso do Aquífero Guarani.

Cabe, por pertinente mencionar as Resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos CNRH, com destaque para as Resoluções: 12/2000, que estabelece procedimentos para enquadramento de corpos de água em classes segundo usos preponderantes, 15/2001, estabelece diretrizes gerais para gestão de águas subterrâneas e a 22/2002, Estabelece diretrizes para a inserção das águas subterrâneas no instrumento Planos de Recursos Hídricos.

Contudo, certo é que não há carência de legislação aplicável ao objeto de estudo do presente artigo, devendo incidir no caso concreto o princípio da prevenção, para que se ampliem os estudos quanto ao novo método de obtenção de energia, com a máxima cautela, haja vista a essencialidade da água para manutenção da vida e pelos sérios indícios de que tal prática causa efeitos extremamente maléficos, comprometendo o abastecimento futuro e atual de água. Devem ser priorizadas ações em prol da obtenção de energias renováveis visando a manutenção do desenvolvimento nacional com a necessária observância quanto aos riscos relacionados à disponibilidade hídrica.

9. CONCLUSÕES

Ao confrontar os aspectos técnicos e legais levantados, é possível afirmar que a opção por incorporar o método fraturamento hidráulico à matriz energética brasileira deverá ser tomada com relevante precaução, tanto sob o ponto de vista ambiental quanto sob o ponto de vista econômico, social e legal.

Países que relevam a matriz energética e os interesses econômicos de curto prazo, em detrimento da aceitação de riscos de contaminação e outros impactos, têm facilidade em incorporar o fraturamento hidráulico na economia. Durante a incorporação do fraturamento hidráulico à matriz norte-americana, houve uma importante revogação legal (isenção ao *Clean Water Act*) e um alto investimento em infraestrutura/capacitação, voltado para maximizar os lucros relacionados ao método.

Caberá ao Brasil avaliar, num curto espaço de tempo, se incorporará sua matriz energética, para o fraturamento hidráulico. Incorporar o método à matriz brasileira, nos moldes norte-americanos, certamente causaria um efeito negativo, de proporções regionais, em locais que herdariam problemas sócio-ambientais, com destaque aos potenciais impactos no Aquífero Guarani.

Em virtude do exposto, os autores concluem que os folhelhos brasileiro devam ser detalhadamente pesquisados, visando atender o desenvolvimento sustentável para as futuras gerações, em cumprimento ao Princípio da Prevenção, que orienta o Direito Ambiental Brasileiro.

Espera-se que no futuro, contribuições internacionais possam oferecer garantias de maior segurança na extração desse bem, tornando-o, em um momento conveniente ao país, um recurso energético.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP. AGENCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Principais Questões Relacionadas aos Riscos da Recuperação de Gás de Folhelho. Apresentação em Audiência Pública. Dezembro/2013.

ASIBAMA. ROCHA, G. A.; HIRATA, R. C. A. & SCHEIBE, L. F. 2013. *Carta à Presidenta Dilma Rousseff*. SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. 2013. Carta SBPC-081/Dir.

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

BARBOSA, O.; ALMEIDA, F. F. M. A série Tubarão na Bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo. Notas Preliminares e Estudos. DNPM/DGM, n. 48, 16 p.,1949.

BELLO, Enzo e KELLER, Rene José. A pobreza como fruto pernicioso das relações entre homem e a natureza no capitalismo. In LUNELLI, Carlos Alberto, MARIN, Jeferson, (Orgs) Estado, meio ambiente e jurisdição, Caxias do Sul/RS: EDUCS, 2012.

ELLSWORTH, W. L. 2013. Injection-Induced Earthquakes. *Science*, v. 341, n. 6142.

EPA, 2014. U.S. Environment Protection Agency (website). Study of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources: Overview for Roundtable Meetings, November 2012. Disponível em <http://www2.epa.gov/hfstudy/study-potential-impacts-hydraulic-fracturing-drinking-water-resources-overview-roundtable>. Acesso em março de 2014.

FERRER. Gabriel Real . La construcción del Derecho Ambiental, disponível em http://www.dda.ua.es/documentos/construccion_derecho_ambiental.pdf, Acesso em 12.05.2014.

FIGUEIRÓ. Fabiana. Recursos Hídricos Transfronteiriços e Tutela Ambiental: Uma Análise Dos Desafios Brasileiros no Gerenciamento Do Aquífero Guarani. Dissertação de Mestrado. Universidade de Caxias do Sul. 2014.

FOSTER, John Bellamy. Why ecological revolution? In:Monthly Review, Vol. 61, Issue 08, January, 2010.

FOX, Josh , E.U.A. Gasland, Filme. 2010. Disponível em <<http://www.youtube.com>>. Último acesso em fevereiro de 2014.

FOX, Josh , E.U.A. Gasland II, Filme. 2010. Disponível em <<http://www.youtube.com>>. Último acesso em fevereiro de 2014.

FREITAS, Juarez. Sustentabilidade: direito ao futuro. Belo Horizonte: Editora Forum, 2011. p. 40-41.

GUIMARÃES, Ian Barros; **ROSSI**, Luciano Fernando dos Santos. Estudo dos constituintes dos fluidos de perfuração: Proposta de uma formulação otimizada e ambientalmente correta. 4º PDPETRO, Campinas, SP. 2007

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

LAGES, L. C. Palinologia da porção basal do Grupo Guatá, Supergrupo Tubarão (Permiano Inferior) na região de Cerquilha, SP. 2000. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESPRio Claro,SP. 2000.

LAGES, L. C. A Formação Irati (Grupo Passa Dois, Permiano, Bacia do Paraná) no furo de sondagem FP-01-PR (Sapopema, PR). 2004. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP. Rio Claro,SP. 2004.

LENZI, Cristiano Luis. Sociologia ambiental: risco e sustentabilidade na modernidade, Bauru, SP: Edusc, 2006.

LIMA, Rui Cirne, *Princípios de Direito Administrativo*, 1954, p. 79, in **MEIRELLES**, Hely Lopes. *Direito administrativo brasileiro*. 23 Ed. São Paulo: Malheiros,1998, p. 413- 415

LÖWY, Michael. Ecologia e Socialismo. São Paulo: Cortez. 2005.

LUTZEMBERGER, José, in **ANTUNES**, Paulo de Bessa. *Direito ambiental* . Rio de Janeiro: Lumen Juris, 1996, p. 41

MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito Ambiental Brasileiro*. 8 Ed. São Paulo: Malheiros, 2000, p.41-42

MACHADO, José Luiz Flores, Tese de doutorado. Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul, Brasil. 2005.

MANCUSO, Rodolfo de Camargo. Interesses difusos – conceito e legitimação para agir. 5 Ed. São Paulo: RT. 1994, p. 15.

MAZZILLI, Hugo Nigro. *A defesa dos interesses difusos em juízo*. 10 Ed. São Paulo: Saraiva, 1998, p. 4-5

MME. Ministério de Minas e Energia do Brasil. Balanço Energético Nacional: Relatório Final, Ano Base, 2012. Brasília/DF. 2013. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 18 fev/2014

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA DO BRASIL. Matriz Energética Nacional 2030, Brasília/DF. 2007. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 18 fev/2014

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2013. Parecer do Grupo de Trabalho Interinstitucional de Atividades de Exploração de Petróleo e Gás – GTPEG Nº 03.

MILANI, E. J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e o seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sulocidental. 1997. 255 f. Tese (Doutorado)-Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

NERY JÚNIOR, Nelson e NERY, Rosa Maria Andrade. Código de Processo Civil comentado e legislação processual civil extravagante em vigor. 4 ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1999, p. 1864.

OIL & GAS ACCOUNTABILITY PROJECT and EARTHQUAKES. 2007. *The Oil and Gas Industry's Exclusions and Exemptions to Major Environmental Statutes*. OGAP: Durango.

OHIO DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, 2008. *Report on the Investigation of the Natural Gas Invasion of Aquifers in Bainbridge Township of Geauga County, Ohio*.

SANTOS NETO, E.V. Caracterização geoquímica e paleoambiente deposicional da seqüência carbonato-pelítica superior do Membro Assistência, Formação Irati no Estado de São Paulo, Bacia do Paraná. 1993. 203 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1993.

SCHNEIDER R. L., MÜHLMANN H., TOMMASI E., MEDEIROS R., DAEMON R. F., NOGUEIRA A. A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná *In: SBG, Cong. Bras. Geol., 28, Anais, v., p.41-65.*

SCHULTZ, C. Marcellus Shale fracking waste caused earthquakes in Ohio. *American Geophysical Union*, v. 94(33), p. 296.

SCHEIBE, L.F; NANNI, A.S.; ROCHA, G.; HIRATA, R.; HENNING, L.A, A. Exploração do gás de xisto por fraturamento e o sistema aquífero integrado Guarani/Serra Geral. Apresentação disponível em <<http://rgsgsc.wordpress.com/fracking>>. 2013.Ultimo acesso em 14/03/2014.

SILVA, José Afonso do Curso *de Direito Constitucional Positivo*, 9ª Ed. São Paulo: Malheiros, 1993, p.719.

ZOBACK, M., KITASEI, S. & COPITHORNE, B. 2010. *Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development*. Worldwatch Institute: Washington.