

# ASPECTOS TERRITORIAIS DA EXPLORAÇÃO DO GÁS DE FOLHELHO (GÁS DE XISTO) POR FRATURAMENTO HIDRÁULICO

Luiz Fernando Scheibe<sup>1</sup>; Luciano Augusto Henning<sup>2</sup>; Arthur Schmidt Nanni<sup>3</sup>

## RESUMO

A perspectiva atual de exploração de gás de xisto por fraturamento hidráulico (*shale gas fracking*) no Brasil e, especialmente, na Bacia Geológica do Paraná, onde se situam não só as imensas reservas de água subterrânea do Sistema Aquífero Guarani (SAG), do Sistema Aquífero Serra Geral e do Sistema Aquífero Bauru/Caiuá, mas também os rios Uruguai, Paraguai e Paraná, representa uma ameaça concreta à integridade dessas águas subterrâneas e superficiais, tanto pela superexploração como pela intensa poluição resultante do complexo processo de mineração e descarte de águas carregadas com metano e outros hidrocarbonetos, substâncias químicas utilizadas nos fluidos de fraturamento, salmouras naturais e os próprios metais pesados e outros elementos presentes na rocha hospedeira do gás. Outra questão da maior importância, que tem sido eventualmente negligenciada na literatura mais comum sobre esse processo, é o forte comprometimento territorial resultante do elevado número de instalações necessárias para uma produção significativa e continuada de gás, o que vem ocorrendo nas principais áreas de produção dos Estados Unidos, como as dos folhelhos *Barnett*, no Texas, Fayetteville, no Arkansas, e *Marcellus*, na Pensilvânia.

**Palavras-Chave** – Gás de Xisto; Fraturamento Hidráulico; Território.

## ABSTRACT

The present perspective of exploitation of shale gas by fracking in Brazil and, especially, in the Geologic Paraná Basin, threatens the quantity and the quality of the significant subsurface water resources of the Guarani, the Serra Geral and the Bauru/Caiuá Aquifer System, as well as of the Uruguay, Paraná and Paraguay Rivers, due to the overexploitation and the intense pollution resulting from the complex processes of the fracking operation, involving the extraction and discharge of water containing methane and other hydrocarbons, chemical substances used in the

<sup>1</sup> Rede Guarani/Serra Geral Conv. Fapeu/Fapesc 16261/10-2. (CTHidro; ANA; CNPq; CAIXA). End.: R. Cônego Bernardo, 283, Florianópolis, SC, CEP: 88036-570; Tel.: 48-32331228; e-mail scheinbe2@gmail.com.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC.R. Jornalista Tito Carvalho, 101 – bl.: 1-2, AP. 304, Florianópolis, SC, CEP: 88040-480; tel.: 48-91257157; e-mail henning\_geo@yahoo.com.br.

<sup>3</sup> Departamento de Geociências da UFSC. Campus Universitário Trindade – CFH - GCN – Florianópolis,- SC – Brasil, CEP: 88040-900 .

fracking fluid and natural brines and metals of the parent rock of the gas. Other major question, that has been eventually neglected in the concerning literature, is the intense territorial damage caused by the complex installations necessary for a significant and continued gas production, seen in the USA principal production areas, like those of the Barnett (Texas), Fayetteville (Arkansas) and Marcellus (Pennsylvania) shales.

Key Words – Shale gas, Hydraulic Fracturing, Territory.

## 1 - INTRODUÇÃO

A perspectiva atual de exploração de gás de xisto por fraturamento hidráulico (*shale gas fracking*) no Brasil e, especialmente, na Bacia Geológica do Paraná, onde se situam não só as imensas reservas de água subterrânea do Sistema Aquífero Guarani (SAG) e do Sistema Aquífero Serra Geral, mas também os rios Uruguai, Paraguai e Paraná, representa uma ameaça concreta à integridade dessas águas subterrâneas e superficiais, tanto pela superexploração como pela intensa poluição resultante do complexo processo de mineração e descarte de águas carregadas com metano e outros hidrocarbonetos, substâncias químicas utilizadas nos fluidos de fraturamento, salmouras naturais e os próprios metais pesados e outros elementos presentes na rocha hospedeira do gás.

Outra questão da maior importância, que tem sido eventualmente negligenciada na literatura mais comum sobre esse processo, é o forte comprometimento territorial resultante do elevado número de instalações necessárias para uma produção significativa e continuada de gás, o que vem ocorrendo nas principais áreas de produção dos Estados Unidos, como as dos folhelhos *Barnett*, no Texas, e *Marcellus*, na Pensilvania (Figuras 1, 2, 3, 4).



Figura 1: Ocupação territorial em área de produção de gás de xisto. No primeiro plano, poço recém instalado, e mais ao fundo, instalações mais antigas em fase de produção decrescente. Fonte: <http://1.bp.blogspot.com/-Zlh4FLAILHc/UM2Xx6nGaxI/AAAAAAAAADzk/qihHifBK4g/s1600/fraturamento-hidr%C3%A1ulico+%282%29.jpg>



Figura 2: Centenas de poços interligados por estradas dedicadas para o transporte de água, produtos químicos, fluido e salmouras retornadas da perfuração, e do próprio gás produzido. Fonte: [http://aspo-deutschland.blogspot.com.br/2012\\_07\\_01\\_archive.html](http://aspo-deutschland.blogspot.com.br/2012_07_01_archive.html)

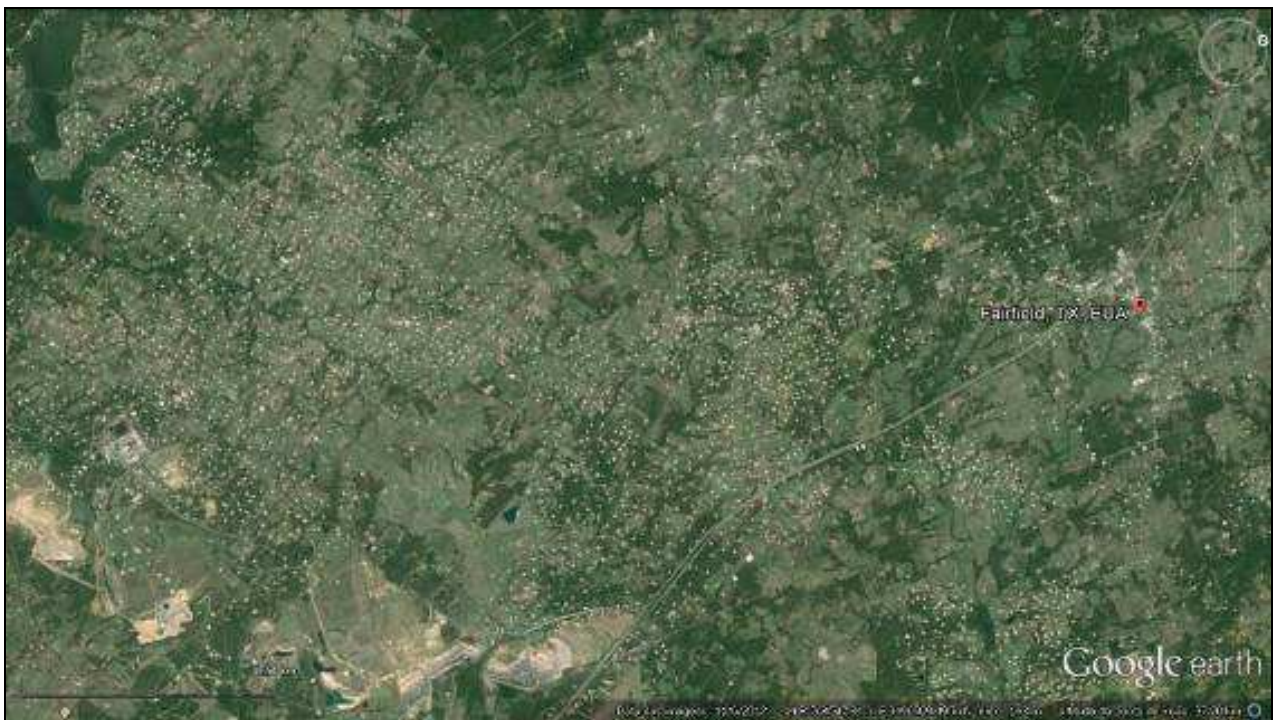


Figura 3: Milhares de poços perfurados ao redor da localidade de Fairfield, no Texas (*Barnett Shale?*). Pela escala do Google Earth, a imagem abrange uma distância horizontal de cerca de 60 Km, e a distância entre os poços varia entre 300 e 500m. Fonte: Google Earth.



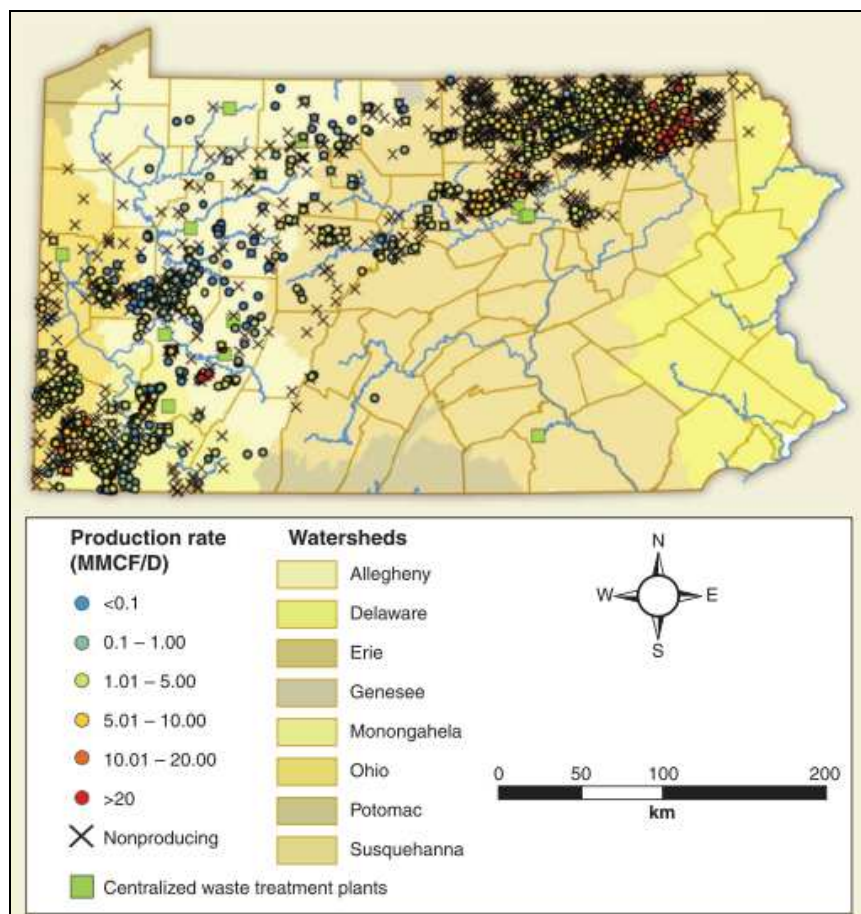


Figura 4: Distribuição de poços e instalações centralizadas para o tratamento de rejeitos nas diversas bacias hidrográficas (*watersheds*) da Pensilvânia (Marcellus Shale). As cores indicam a escala de produção de cada instalação, e os inúmeros X, os poços que em 2013 já não estavam mais produzindo. Fonte: Vidic et al., 2013.

## 2 - O GÁS DE FOLHELHO NA BACIA GEOLÓGICA DO PARANÁ

O “Schisto preto de Iraty”<sup>4</sup>, popularmente conhecido com “xisto betuminoso”, faz parte da Formação Irati, de idade Permiana e vem sendo utilizado pela Petrobrás, através do desenvolvimento e consolidação de uma tecnologia denominada Processo Petrosix, já patenteada em vários países, para a extração de óleo combustível, nafta industrial, gás combustível, gás liquefeito e enxofre, em uma planta industrial na cidade de São Mateus do Sul, Estado do Paraná, após extenso processo de mineração em superfície.

A Formação Irati ocorre com características semelhantes – inclusive altos teores de TOC (sigla em inglês para Carbono Orgânico Total) em praticamente toda a Bacia do Paraná, e por isso mesmo, foi considerada inicialmente como provável alvo da exploração de gás de folhelho nesta bacia geológica. Sua situação geológica, no estado de Santa Catarina por exemplo, está ilustrada na Figura 5.

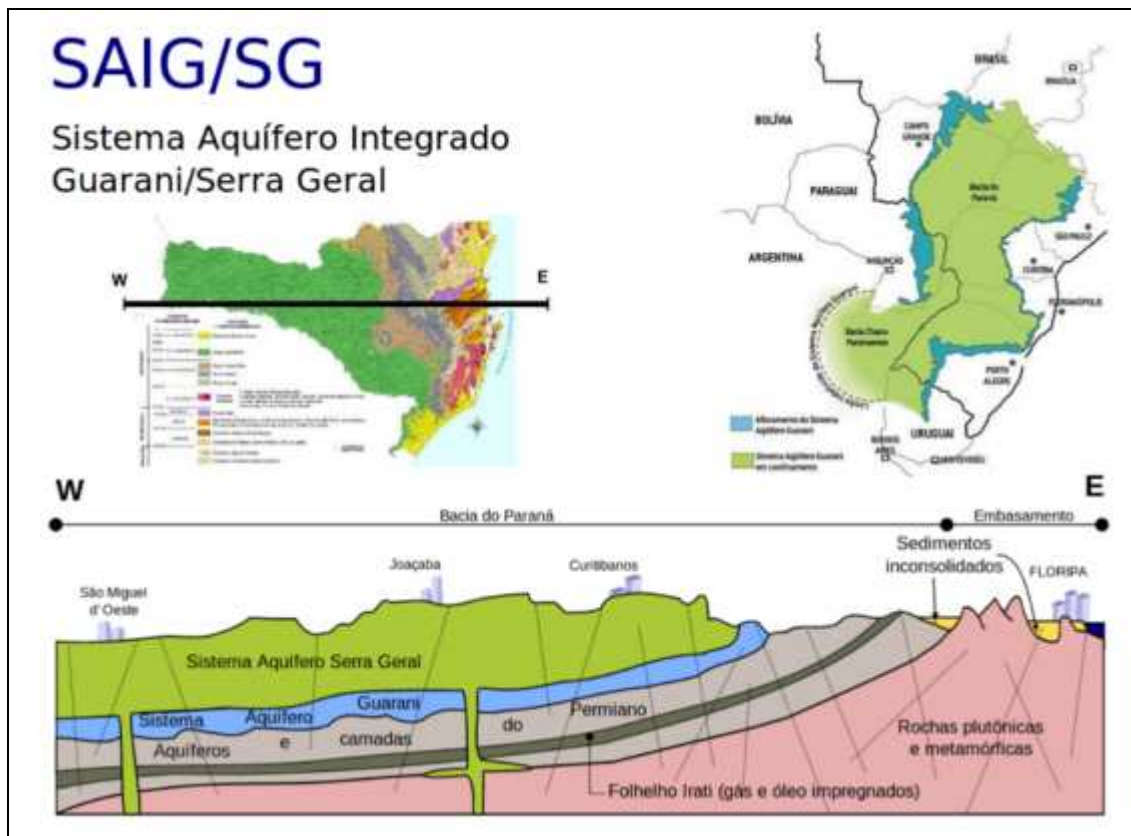


Figura 5: O mapa geológico de Santa Catarina, localização da Bacia do Paraná na América do Sul e perfil geológico Leste-Oeste no estado de Santa Catarina (escala vertical muito exagerada), mostrando os Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral (que em conjunto constituem o Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral<sup>5</sup> [Scheibe; Hirata, 2008]), os aquíferos e demais camadas do Permiano, com representação da situação do Folhelho Irati. Fonte: NANNI, 2013.

Segundo a Energy Information Administration dos Estados Unidos (EIA, 2013), (<http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/>), contudo, esta Formação Permo-Triássica seria apenas uma fonte secundária, menos prolífica de gás ou óleo de xisto, mesmo tendo dado origem a óleo armazenado em arenitos convencionais biodegradados das formações Rio Bonito (Permiana) e Pirambóia (Triássica), sendo muito espalhada e rica em matéria orgânica, com carbono orgânico total (TOC, na abreviatura em inglês) médio entre 8-13% TOC (e picos até 24%), pois esses folhelhos seriam muito delgados e termalmente imaturos – sendo portanto adequados apenas à exploração por mineração convencional em superfície (Figura 6, a, b, c), com obtenção do óleo, gás e enxofre através do processo de pirólise por retortagem, como acontece na Petrobras em São Mateus do Sul-PR.

<sup>4</sup> Designação dada por White (1908) para as camadas hoje conhecidas como “ xisto betuminoso”, ou Folhelho Irati.

<sup>5</sup> Com vistas a viabilizar pesquisas com este enfoque integrado, foi elaborado em 2005/2006 o Projeto de Pesquisa “Rede Guarani/Serra Geral” (RGSG) (SCHEIBE [coord.] 2006), em regime de “encomenda” da Agência Nacional de Águas (ANA), com fundos do CTHidro. O Projeto RGSG foi implementado através do CNPq, congregando pesquisadores das universidades e instituições de pesquisa de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul e do Paraná e com participação das respectivas FAPs. Os objetivos gerais do Projeto RGSG são: Gerar conhecimentos técnicos e científicos para a proteção e uso sustentável das águas do Sistema Integrado Aquífero Guarani/Serra Geral (SAIG/SG), no sul do Brasil, por meio de uma Rede de



Figura 6: (a) Escavadeira “Marion”, utilizada pela Petrobras para retirada do capeamento estéril das camadas oleígenas do xisto betuminoso (Folhelho Irati) em São Mateus do Sul (PR). (b): Processo de carregamento do xisto betuminoso, que será britado e submetido a retortagem na usina da Petrobras em São Mateus do Sul (PR). (c) Área já minerada pela Petrobras em São Mateus do Sul, com recuperação da topografia e de espécies pioneiras nativas da mata atlântica (bracatinga). Fotos Luiz Fernando Scheibe.

Ainda segundo a EIA (2013), a principal rocha fonte de petróleo na Bacia do Paraná seriam alguns estratos de folhelhos pretos que fazem parte da Formação Ponta Grossa, bem mais profunda e de idade Devoniana, que teriam sido submetidos a condições mais propícias à maturação da matéria orgânica (querogênio), originando óleo e gás com condições de migrar para estratos superiores ou de ser extraído diretamente da rocha, mediante fraturamento hidráulico. Essa formação (Figuras 7 e 8) gradua desde reduzidas áreas de afloramento até uma espessura total de 600 m no centro da bacia, com média de 300 m. O TOC da Formação Ponta Grossa alcançaria até 4.6%, mas é mais tipicamente de 1.5% a 2.5%<sup>6</sup>. O gás ali originado teria migrado para reservatórios convencionais areníticos do Grupo Itararé, do Carbonífero Superior até o Permiano Inferior.

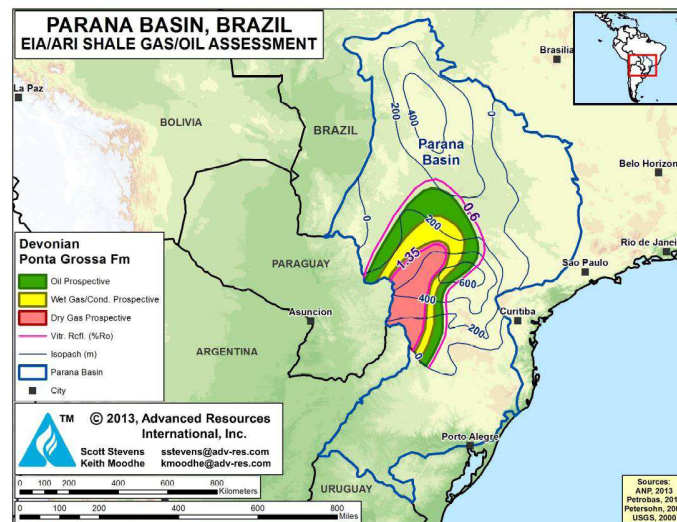


Figura 7: Áreas prospectáveis para Gás de Folhelho e Óleo de Folhelho na Bacia do Paraná. (*Wet gas* – “gás úmido”: gás natural que contém uma proporção apreciável de hidrocarbonetos mais pesados que o metano, p. ex., etano, propano

Pesquisa Regional de Universidades e Centros de Pesquisas, e proposição de um marco legal com vistas à gestão transfronteiriça do Sistema. (SCHEIBE, 2006).

<sup>6</sup> Enquanto nas jazidas exploradas nos EUA esse percentual varia entre 4% e 8%: “É uma diferença grande que pode ser muito significativa do ponto de vista da viabilidade econômica”, afirma o geólogo Paulo César Soares, da UFPR. (JUNGES, 2014).



e butano; *Dry gas* – “gás seco”, gás natural que consiste praticamente só em metano, produzindo poucos compostos condensáveis de hidrocarbonetos mais pesados). Fonte: EIA, 2013.

Esta figura pode ser correlacionada, primeiro, com o mapa das isópacas da Formação Ponta Grossa, apresentado por Ferreira et al. (2010), com base em trabalhos anteriores (Figura 8), no qual podem ser nitidamente divisados dois depocentros principais, um bem ao norte, com espessura máxima da ordem de 450 m, e o outro na porção sudeste, com espessuras até 660 m, e coincidente com a estrutura conhecida como o Arco de Ponta Grossa; e, em segundo lugar, com a própria localização dos 16 blocos ofertados pela ANP na 12ª Rodada de licitações de Petróleo e Gás, dos quais nove foram arrematados pela Petrobras e sete pela operadora Petra Energia, que já detém um número considerável de áreas para a exploração do gás “convencional”, adquiridas na 11ª Rodada de licitações da ANP. Esses blocos ocupam áreas do sudoeste do estado de São Paulo e do oeste do estado do Paraná (Figura 9), e sua localização coincide, parcialmente, com a área de ocorrência de médias espessuras da Formação Ponta Grossa, indicando claramente a preferência da Agência Nacional do Petróleo (ANP) e das empresas participantes da licitação por esta última formação.

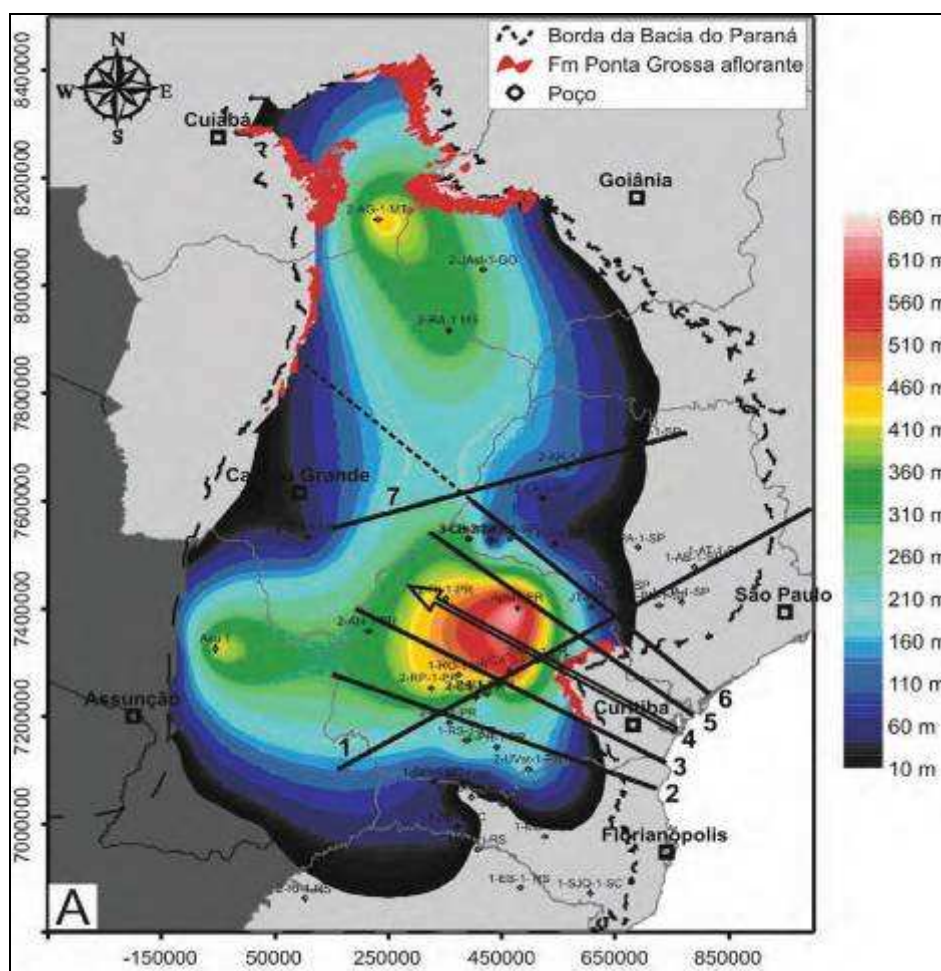


Figura 8 Mapa de isópacas da Formação Ponta Grossa indicando as áreas de maior espessura e as principais feições tectônicas : 1 – Falha de Jacutinga; 2 – Alinhamento do Rio Piquiri; 3 – Alinhamento do Rio Alonzo; 4 - Eixo do Arco de Ponta Grossa; 5 – Alinhamento de São Jerônimo-Curiúva; 6 – Alinhamento de Guapiara; 7 – Alinhamento de Araçatuba. Fonte: Ferreira et al., 2010.

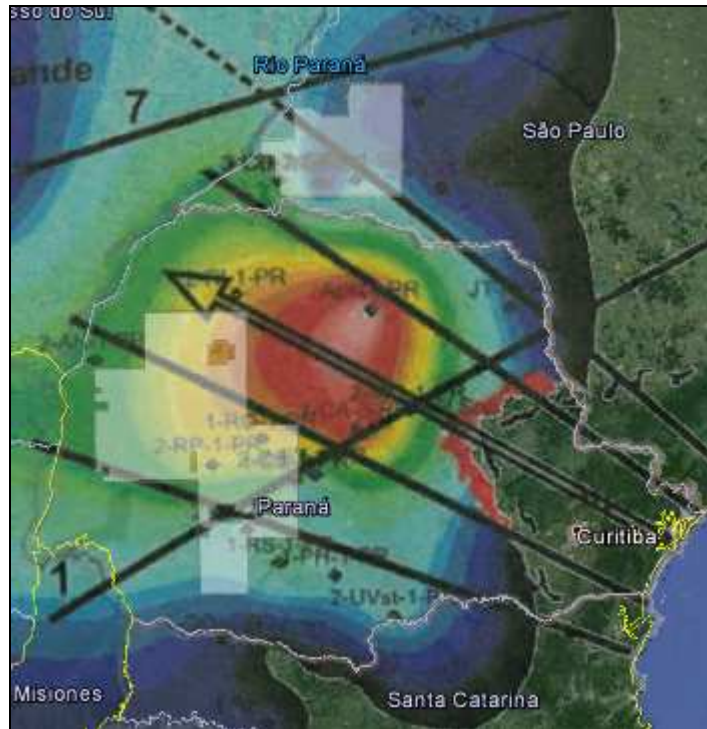


Figura 9: Superposição das áreas licitadas pela ANP para exploração do gás de folhelho na bacia geológica do Paraná ([http://www.brasil-rounds.gov.br/round\\_12/resultados\\_R12/mapas/SPAR-CS.pdf](http://www.brasil-rounds.gov.br/round_12/resultados_R12/mapas/SPAR-CS.pdf)) ao mapa de isópacas da Formação Ponta Grossa (Ferreira et al., 2010) e à imagem do Google Earth.

Segundo reportagem de Cíntia Junges no jornal Gazeta do Povo, de Curitiba, em 19/03/2014 (<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/conteudo.phtml?id=1455262&tit=Exploracao-de-novos-campos-de-gas-natural-no-Parana-deve-ficar-para-2015>), “a exploração dos 11 blocos arrematados deve atingir mais de 100 municípios paranaenses da Região Oeste, que é uma importante região agrícola do estado”. Entre os municípios atingidos podemos citar Cascavel, Toledo, Palotina, Umuarama, Cianorte, Laranjeiras do Sul e, parcialmente, Pitanga, que abriga uma reserva de gás convencional já conhecida no campo de Barra Bonita.

No Estado de São Paulo, a área abrangida corresponde em parte à do Pontal de Paranapanema, também de exploração agropastoril, tendo em seu centro a cidade de Presidente Prudente, além de Presidente Venceslau, Adamantina, Lucélia, Regente Feijó e Mirante do Paranapanema, entre outras.

A intensa utilização econômica dessas áreas evidencia a possibilidade de repetição, aqui, de conflitos territoriais como os que vêm sendo reportados pela mídia para as áreas dos folhelhos *Barnett*, *Fayetteville* e, especialmente, o *Marcellus*, ao qual o Professor da Universidade do Estado da Pensilvânia, Terry Engelder, apresentado como “o pai do *Marcellus Shale*”, chamou de “*the sacrifice zone*”, em discurso no qual agradeceu aos moradores dessa área por seu patriotismo,



considerando seu sacrifício como necessário para a manutenção do “estilo de vida” norteamericano ([“http://www.ragingchickenpress.org/2012/03/17/why-fracking-epitomizes-the-crisis-in-american-democracy-profiteering-and-the-good-american/](http://www.ragingchickenpress.org/2012/03/17/why-fracking-epitomizes-the-crisis-in-american-democracy-profiteering-and-the-good-american/)).

O estudo divulgado pelo EIA (2013) (<http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/>) ressalta também que as experiências recentes com o gás de xisto em outros países além dos Estados Unidos indicam que a extração econômica pode ser significativamente influenciada por fatores territoriais, tanto quanto pela geologia, já que alguns aspectos positivos nos EUA e no Canadá, como a propriedade privada dos direitos sobre os recursos de subsuperfície, a disponibilidade de muitos operadores independentes e com experiência tecnológica, de equipamentos de perfuração adequados, e mesmo de recursos hídricos para o uso no fraturamento hidráulico.

Assim, a possibilidade da extensão para outros países da economicidade da extração dos recursos do xisto ainda não seria evidente, pois dependeria de seus próprios custos de produção, volumes e preços. Por exemplo, segundo o mesmo estudo, um poço de extração que custe duas vezes mais e produza apenas a metade de um poço americano típico, dificilmente seria econômico. Para eles, “em muitos casos, mesmo diferenças significativamente menores nos custos, na produtividade dos poços, ou ambas, podem fazer a diferença entre um recurso que muda o jogo do mercado e outro que é economicamente irrelevante nos níveis atuais de preços do mercado” (<http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/>).

## O SISTEMA AQUÍFERO INTEGRADO GUARANI/SERRA GERAL E O SISTEMA AQUÍFERO BAURU/CAIUÁ.

Outro aspecto importante que envolve os territórios leiloados na Bacia do Paraná é a ocorrência, nessas áreas, dos três principais sistemas aquíferos das regiões Sul e Sudeste do Brasil, ou seja, os sistemas aquíferos Guarani e Serra Geral, nas áreas do Paraná, e Guarani, Serra Geral e Bauru, nas áreas do estado de São Paulo. A importância desses aquíferos fica bem demonstrada na Figura 10, abaixo, pela grande concentração de poços cadastrados pelo sistema SIAGAS/CPRM nas regiões oeste desses mesmos estados.

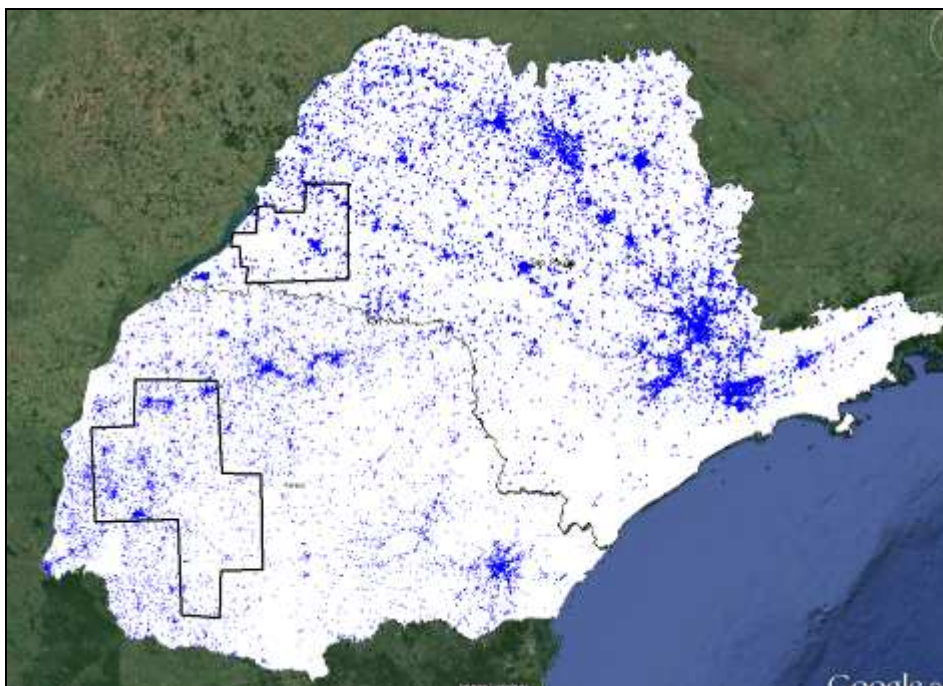


Figura 10: Delimitação das áreas licitadas pela ANP para exploração do gás de folhelho na bacia geológica do Paraná ([http://www.brasil-rounds.gov.br/round\\_12/resultados\\_R12/mapas/SPAR-CS.pdf](http://www.brasil-rounds.gov.br/round_12/resultados_R12/mapas/SPAR-CS.pdf)) e a localização de poços profundos (pontos azuis) cadastrados nos estados do Paraná e São Paulo pelo SIAGAS/CPRM até maio/2014 ([http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php)).

O Sistema Aquífero Bauru/Caiuá (SABC) é um aquífero poroso e freático, constituído por rochas sedimentares dos Grupos Bauru e Caiuá, e ocorre de forma extensiva e contínua em todo o Planalto Ocidental do Estado de São Paulo, ocupando pouco mais de 40% da área do Estado - daí sua grande importância como manancial. Estende-se, também, até a porção noroeste do estado do Paraná.

O Sistema Aquífero Guaraní (SAG) é, sem dúvida, o mais importante depósito de água subterrânea do Cone Sul da América. Os resultados do PSAG<sup>7</sup> confirmam o potencial e a importância estratégica deste aquífero, que abrange 1,1 milhão de km<sup>2</sup> de uma área onde vivem mais de 15 milhões de pessoas em quatro países da América do Sul (ou 92 milhões de pessoas em sua área de influência, conforme OEA, 2009).

São também de grande importância, especialmente nos estados do sul do Brasil, os recursos hídricos contidos nas rochas constituintes da Formação Serra Geral que constituem o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), cujas características hidrogeológicas têm sido cada vez mais estudadas, especialmente a partir do PROESC (FREITAS et al., 2003), que cadastrou mais de 2700 poços neste aquífero, apenas do extremo oeste de Santa Catarina.

<sup>7</sup> Projeto para a Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guaraní (PSAG) (março 2003 – janeiro 2009). Seu objetivo foi apoiar a Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai – países que abrigam o Sistema Aquífero Guaraní (SAG) – na elaboração de um quadro comum de caráter institucional, legal e técnico para a utilização sustentável e preservação deste recurso natural. (OEA, 2009)

Scheibe; Hirata (2008) acentuam que, nestes três estados do Sul, a proporção de aproveitamento das águas subterrâneas do SASG é muito maior do que aquela do Aquífero Guarani. É necessário, também, levar em consideração que, ao contrário do caráter quase totalmente confinado deste, as águas do Serra Geral são exploradas através de poços relativamente rasos e geralmente têm ligação direta com as águas da superfície. Isto as torna muito mais acessíveis, mas também, muito mais vulneráveis aos processos de contaminação, tanto pelas próprias fraturas das rochas como, muitas vezes, devido a defeitos construtivos dos poços.

Desta forma, se é possível estudar especificamente cada um desses sistemas aquíferos para compreensão dos seus principais aspectos hidrológicos e hidrogeológicos, é também necessário buscar a compreensão de suas inter-relações, encarando-os como uma única unidade para os fins de gestão – o Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) -, a ser integrada com os recursos hídricos superficiais de cada bacia hidrográfica, especialmente nas áreas acima referidas, onde essas relações se fazem cada vez mais evidentes, à medida que aumenta a demanda, devido aos processos produtivos, aos diversos períodos de estiagem que as têm assolado nos últimos anos e também à carga de contaminantes já presente em muitos dos mananciais superficiais<sup>8</sup>.

No caso do Brasil, a Lei nº 9.433/97 – a Lei das Águas – estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, que prevê um Sistema de Gerenciamento através dos Comitês de Bacia Hidrográfica. Apenas nos últimos anos, e graças em parte à ação do projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL é que (em Santa Catarina), alguns desses comitês estão levando em consideração as águas subterrâneas, apesar da sua decisiva importância no abastecimento público de inúmeras cidades e pequenas comunidades: Estima-se que supram o abastecimento de 35-40% da população do país e agreguem valor a um grande número de produtos duráveis e bens de consumo.

Ressalta-se que pela Constituição Federal do Brasil a dominialidade das águas subterrâneas é dos estados, sendo que estes estão em fase de implementação de suas políticas de recursos hídricos, não tendo sido, até o momento, implantados em todos eles os mecanismos que permitam a sua correta gestão. Os casos de contaminação de solo e de aquíferos se avolumam, bem como problemas de superexploração (maior extração que a capacidade de recarga do aquífero, quer por interferências hidráulicas ou por redução das reservas), colocando em risco o suprimento público e privado de água, sobretudo nos centros urbanos.

---

<sup>8</sup> Com vistas a viabilizar pesquisas com este enfoque integrado, foi elaborado em 2005/2006 o Projeto de Pesquisa “Rede Guarani/Serra Geral” (RGSG) (SCHEIBE [coord.] 2006), em regime de “encomenda” da Agência Nacional de Águas (ANA), com fundos do CTHidro. O Projeto RGSG foi implementado através do CNPq, congregando pesquisadores das universidades e instituições de pesquisa de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul e do Paraná e com participação das respectivas FAPs. Os objetivos gerais do Projeto RGSG são: Gerar conhecimentos técnicos e científicos para a proteção e uso sustentável das águas do Sistema Integrado Aquífero Guarani/Serra Geral (SAIG/SG), no sul do Brasil, por meio de uma Rede de



Essas águas subterrâneas constituem, portanto, além de uma fonte indispensável de suprimento de água para o abastecimento público e muitos outros usos, uma reserva estratégica de recursos hídricos em situações de crise ambiental – como as que poderiam vir a ser provocada pela contaminação de recursos superficiais durante as operações de fraturamento hidráulico para extração do gás de xisto.

Silva (2008) apresenta as águas subterrâneas como reserva estratégica na gestão de recursos hídricos nessas situações de crise ambiental, ressaltando inicialmente que as águas subterrâneas representam, para muitos países, uma origem extremamente importante pela contribuição que têm para os diferentes usos. O peso relativo que têm depende fundamentalmente das características hidrogeológicas e do clima das diferentes regiões. No que se refere à qualidade também é aceito, no geral, que as águas subterrâneas apresentam vantagens, em relação às águas superficiais, devido à sua relativa estabilidade química e biológica.

Na diretiva europeia para as águas subterrâneas (2006/118), estas são apresentadas como “as massas de água doce mais sensíveis e importantes da União Europeia e, sobretudo, também uma fonte de abastecimento público de água potável em muitas regiões” o que revela a preocupação que o tema tem suscitado às autoridades competentes. (SILVA, 2008). Segundo o mesmo autor, para a porção continental de Portugal, essas águas representariam cerca de 60% do total consumido, contribuição que corresponderia à recarga média anual dos sistemas aquíferos, a qual constitui os recursos renováveis em cada ciclo hidrológico.

Esses aquíferos terão, portanto, que ser considerados não apenas como eventuais “estruturas de emergência”, conforme a proposta de Silva (2008), mas sim como “reservas estratégicas”, cujo correto aproveitamento poderá garantir a continuidade daquelas atividades, pelo tempo de algumas décadas ou até centenas de anos, período em que se acredita que “outras providências de adaptação e especialmente de mitigação das consequências da mudança climática global possam ser incorporadas nas políticas, nos planos de desenvolvimento e ações estratégicas pontuais de remediação, prevenção e planificação nos países da América Latina.” (ELIZALDE HEVIA, A.; GUZMÁN HENNESSEY, M., 2011).

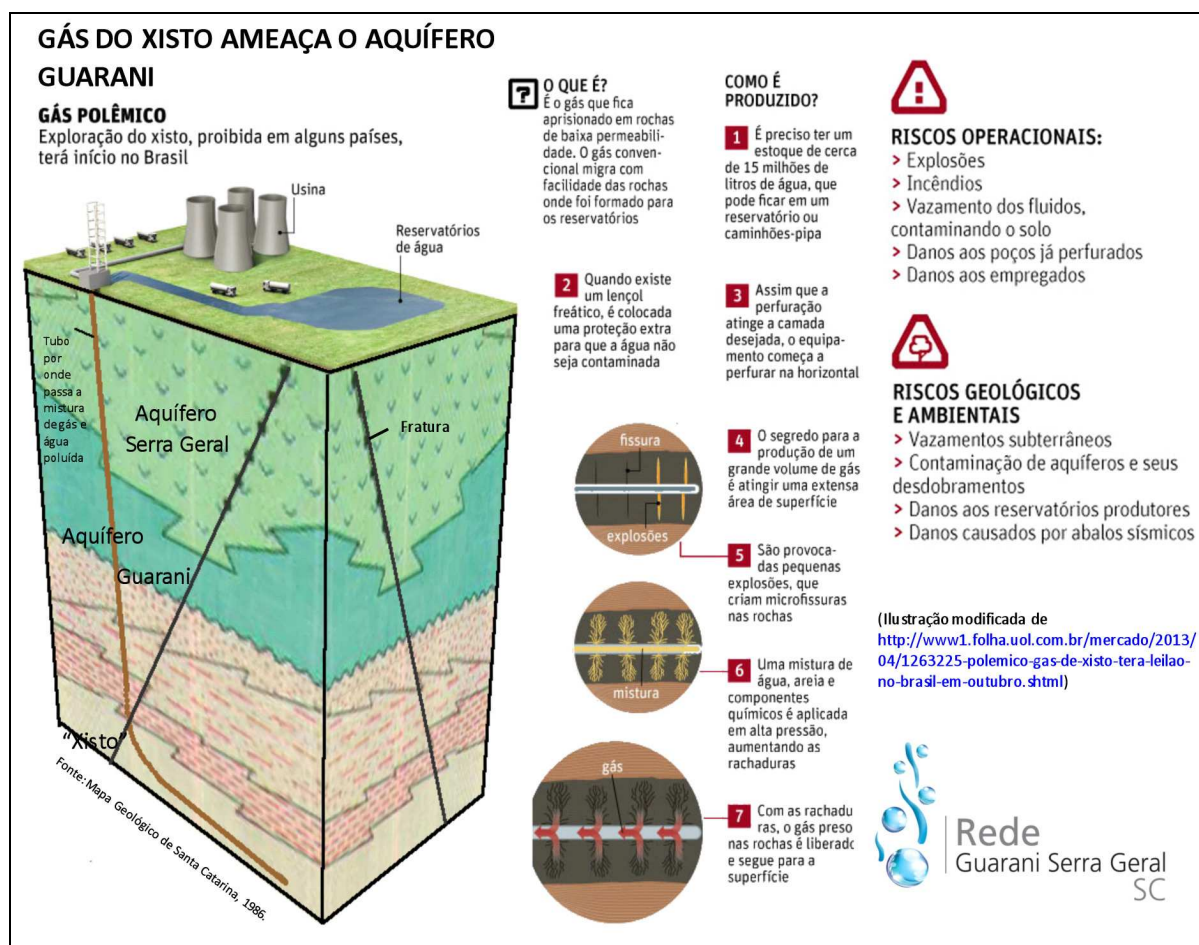
A proposta atual de exploração de gás de xisto por fraturamento (*shale gas fracking*) na Bacia Geológica do Paraná, onde se situam não só os aquíferos do SAIG/SG e do SABC, mas também os

rios Uruguai, Paraguai e Paraná, representa uma ameaça concreta à integridade dessas águas subterrâneas e das próprias águas superficiais de toda a Bacia do Paraná.

A proibição em vários países e a forte discussão em todos os estados dos EUA está diretamente ligada com os problemas causados por esta técnica de exploração do gás. Isto, por que são reconhecidamente imensos os riscos operacionais – envolvendo explosões, incêndios, vazamento de fluidos e danos aos próprios empregados – e os riscos geológicos e ambientais, de vazamentos subterrâneos com consequente contaminações de aquíferos, danos nos reservatórios de água para operação do sistema, e outros.

Água e energia sempre tiveram uma relação muito estreita, mas o gás de xisto e a água são particularmente íntimos. A água é essencial para o gás do xisto e existe um mercado crescente, cujo valor estimado é de US\$ 100 bilhões, só nos Estados Unidos, para o tratamento das águas residuais (Cf. <http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-27/issue-2/regional-spotlight-europe/shale-gas-fracking.html>) (tradução dos autores).

No caso específico da Bacia do Paraná<sup>9</sup>, a situação pode ser resumida na Figura 11, abaixo:



<sup>9</sup> Por ter sido preparada especialmente para o estado de Santa Catarina, a figura não contempla o Sistema Aquífero Bauru/Caiuá (SABC), estratigraficamente situado acima do SASG no noroeste do Paraná e toda a região ocidental do Estado de São Paulo, e nem os folhelhos da Formação Ponta Grossa, situados abaixo das camadas permianas representadas no bloco-diagrama.

Figura 4 – Bloco diagrama mostrando a relação entre a camada de “xisto betuminoso” (Folhelhos Permianos da Formação Irati, ou, ainda mais abaixo, Folhelhos Pretos Devonianos da Formação Ponta Grossa) e os aquíferos constituintes do SAIG/SG, na Bacia do Paraná, bem como a situação dos tubos por onde passaria a mistura de gases e água poluída em seu caminho até a superfície, a passagem pela Usina de beneficiamento de gás e os reservatórios de água, imediatamente acima do SASG, que por sua vez se comunica, por fraturas naturais antigas, com o SAG e até com o próprio “xisto”. O SABC está situado, no Paraná e São Paulo, acima do próprio SASG.

## CONCLUSÕES:

A perspectiva atual de exploração de gás de xisto por fraturamento hidráulico (*shale gas fracking*) no Brasil e, especialmente, na Bacia Geológica do Paraná, onde se situam não só as imensas reservas de água subterrânea do Sistema Aquífero Guarani (SAG) e do Sistema Aquífero Serra Geral, mas também os rios Uruguai, Paraguai e Paraná, representa uma ameaça concreta à integridade dessas águas subterrâneas e superficiais, tanto pela superexploração como pela intensa poluição resultante do complexo processo de mineração e descarte de águas carregadas com metano e outros hidrocarbonetos, substâncias químicas utilizadas nos fluidos de fraturamento, salmouras naturais e os próprios metais pesados e outros elementos presentes na rocha hospedeira do gás.

Outra questão da maior importância, que tem sido eventualmente negligenciada na literatura mais comum sobre esse processo, é o forte comprometimento territorial resultante do elevado número de instalações necessárias para uma produção significativa e continuada de gás, o que vem ocorrendo nas principais áreas de produção dos Estados Unidos, como as dos folhelhos *Barnett*, no Texas, e *Marcellus*, na Pensilvânia

Além das ameaças pontuais representadas pelos dejetos urbanos e industriais, ou das criações concentradas de suínos, aves e de gado de leite, e das ameaças difusas de contaminação pelos fertilizantes químicos e pelos venenos usados nas grandes monoculturas, o grande perigo de poluição das águas superficiais e das estratégicas reservas de águas subterrâneas vem, agora, literalmente, “de baixo”, impulsionado pela busca cada vez maior de formas de energia mais baratas para alimentar a escalada geométrica do consumismo globalizado e da concentração do capital, colocando, paradoxalmente, cada vez mais em risco a qualidade da vida das espécies que habitam a Terra.



## REFERÊNCIAS

EIA (U.S. Energy Information Administration). Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. Junho, 2013. Disponível em <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/> (consulta em: 27/04/2014).

ELIZALDE HEVIA, A.; GUSZMÁN HENNESSEY, M. Edital de lançamento da C-4 - La Revista del Cambio Climático. Mensagem de e-mail.

FERREIRA, Francisco Jose Fonseca.; CANDIDO, Ary Gustavo.; ROSTIROLLA, Sidnei Pires. Correlação Gamaespectrométrica de Afloramentos e Poços: Estudo de Caso na Formação Ponta Grossa (Bacia Do Paraná, Brasil). Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 28(3), 2010. p.: 371-396. <http://www.scielo.br/pdf/rbg/v28n3/05.pdf> Acesso em 12/05/2014

FREITAS, M.A. (org.) PROESC: Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina – Projeto Oeste de Santa Catarina / Organizado por Marcos A. de Freitas; Bráulio R. Caye; José L. F. Machado. Porto Alegre:CPRM/SDM-SC/SDA-SC/EPAGRI. 2003.

NANNI, A.S. Gás de Xisto – economia, ambiente e sociedade. Palestra ministrada no 6o. Encontro Nacional de Tecnologia em Química – ENTEQUI, Maceió, 29 de agosto de 2013. Disponível em: [http://rgsgsc.files.wordpress.com/2013/09/gas\\_de\\_folhelho.pdf](http://rgsgsc.files.wordpress.com/2013/09/gas_de_folhelho.pdf)

OEA (Organización de los Estados Americanos). Acuífero Guaraní: Programa Estratégico de Acción. Edición bilingüe. Brasil; Argentina; Paraguay; Uruguay: Organización de los Estados Americanos (OEA), enero 2009 (424p, ISBN : 978-85-98276-07-6).

SCHEIBE, L.F. (coord.) Projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL, apresentado pela FUNJAB (Fundação José Arthur Boiteux/UFSC) à FAPESC (Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina) em dezembro de 2006, inédito (46 p.).

SCHEIBE, Luiz Fernando; HIRATA, Ricardo César Aoki. O contexto tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15. 2008. Natal-RN. Anais... São Paulo: ABAS, 2008.

SILVA, M.O. (2008). As águas subterrâneas como reserva estratégica na gestão de recursos hídricos em situações de crise. Disponível em <http://geologia.fc.ul.pt/documents/78.pdf>. (consulta em 22/10/2008)

VIDIC, R.D.; BRANTLEY, S.L.; VANDENBOSSCHE, M.; YOXTHEIMER, D.; ABAD, J.D. Impact of shale gas development on regional water quality. Science 340, 2013. DOI 10.1126/science.12345009.

WHITE, I.C. (1908) Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brazil – Relatório final. (relatório bilíngüe, português e inglês); 617 p. + ilustr.; Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, Brasil. IN: CPRM (2008). 30 cm. Edição comemorativa: 100 anos do Relatório White. Edição facsimilar. CDD 553.209816.