

**a) Quais os efeitos da exploração o gás de xisto por meio da modalidade “fracking”, nos blocos exploratórios indicados, e os possíveis prejuízos ambientais, econômicos e à saúde humana, no curto e no longo prazo, em detrimento dos recursos hídricos presentes no contexto regional?**

São transcritos abaixo os problemas ambientais associados à extração não convencional de gás a partir de nota elaborada pelo Prof. Ricardo Hirata, do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas do Instituto de Geociências da USP.

“Como em qualquer operação de exploração e exploração da indústria petroleira, há vários problemas ambientais potencialmente associados. O que não há clareza, entretanto, é se a extração *não convencional de gás* apresenta mais risco que os métodos tradicionais. A literatura especializada (Jackson *et al.* 2013) dá conta de enumerar os problemas potenciais nos recursos hídricos, incluindo:

**i) contaminação de aquíferos devida à perda de fluido de retorno (*flow-back fluid*) durante a perfuração:** a construção de poços e o fraturamento hidráulico da rocha necessitam que fluidos de perfuração circulem dentro do furo. O espaço entre os tubos de injeção do fluido (e depois de produção do gás) e mesmo entre o revestimento e a formação geológica são cimentados para evitar o contato entre os materiais da perfuração e as rochas não produtoras. Essa cimentação do espaço anular se faz da superfície pela injeção da pasta de cimento a altíssimas pressões. Essa cimentação muitas vezes apresenta problemas de continuidade permitindo que haja fugas tanto do fluido de perfuração como do próprio gás, quando o poço já é produtivo.

**ii) contaminação de solo e água superficial devida à perda de fluido do reservatório superficial:** O fluido de perfuração tem que ser armazenado na superfície para correção físico-química e nova reinjeção e esses depósitos podem igualmente vazar ou transbordar (sobretudo em períodos de intensa chuva). Os contaminantes geralmente reconhecidos são sais, metais pesados, materiais radioativos de ocorrência natural (urânio e radônio) e químicos associados ao fraturamento hidráulico (Jackson *et al.* 2013). Problemas similares de salinização de aquíferos devido à perda de água da formação têm sido observados em extensivas áreas de extração de óleo no Recôncavo baiano.

**iii) contaminação de gás extraído em aquíferos:** o gás em poços de produção pode vazar dos poços e atingir aquíferos. De acordo com Stein *et al.* (2003), o vazamento de gás em poços é um problema bastante recorrente e se deve principalmente a falhas na cimentação. Um estudo de 1995 nos EUA concluiu que 15% das cimentações em poços de gás falharam (Dusterhoft *et al.* 2002 *apud* Jackson *et al.* 2013). Outras causas desse vazamento de gás se devem à corrosão dos revestimentos e rupturas acidentais do poço ou mesmo pelo abandono de poços, que ao final de sua operação não são devidamente fechados (tamponados) (Chafin 1994). Regiões históricas de extração de gás e óleo como o Texas (EUA) acumulam mais de 110 mil poços inativos e outros quase 8 mil poços órfãos (Schields 2010).

**iv) utilização excessiva de água durante a perfuração e operação da atividade de extração de gás:** O estímulo hidráulico para o fraturamento da rocha exige uma quantidade muito superior de fluido injetado durante a perfuração, comparativamente a métodos tradicionais (Tucuncu *et al.* 2012). De acordo com Johnson & Johnson (2012 *apud* Jackson *et al.* 2013), o fraturamento hidráulico em Horn River Basin (British

Columbia, Canadá) requer mais de 50.000 m<sup>3</sup> de fluido e aproximadamente 2.000 toneladas métricas de propante por poço horizontal com 20 fraturas por poço. Já o Folhelho Marcellus (EUA) exige de 7.700 a 38.000 m<sup>3</sup> de fluido para cada poço horizontal (Kargbo *et al.* 2010 *apud* Jackson *et al.* 2013). Embora haja a possibilidade de reuso do fluido, o tratamento do efluente para ser lançado em superfície é igualmente um problema bastante custoso, uma vez que esse fluido apresenta elevadas concentrações de sais (sólidos totais dissolvidos 15 a 39 mil mg/L, predominantemente sódio e cloreto).

v) migração de gás ou de fluidos através de fraturas induzidas ou de ocorrências naturais: há relatos de que escapes de gases tenham ocorrido e chegado a aquíferos através de fraturas já existentes. Há muito poucos estudos nessa área, entretanto o perigo é real, sobretudo se a formação produtora (e estimulada pelo fraturamento) e o aquífero encontram-se apartados a menos de 600 m (Davies *et al.* 2012 *apud* Jackson *et al.* 2013).”

Quanto aos riscos à saúde, trabalho recém-publicado na revista *Endocrinology* (Kassotis *et al.* 2014) aponta que o uso de elementos químicos perigosos no fraturamento hidráulico pode causar diversos efeitos negativos à saúde humana, desde infertilidade até defeitos de nascença e câncer, devido ao aumento do potencial de contaminação da água de superfície e subterrânea.

#### **b) quais os rios/afluentes/cursos d'água que poderão sofrer os efeitos?**

Os blocos licitados estão sobrepostos a uma área com vasta rede de drenagem, destacando-se como principais rios o Santo Anastácio e o do Peixe, além da relativa proximidade aos rios Paraná e Paranapanema.

#### **c) Há unidades de conservação/áreas de reserva legal/áreas de preservação permanente na região/áreas de várzea/áreas úmidas, que serão prejudicadas de alguma forma com a exploração? Os blocos licitados se sobrepõem a alguma área ambientalmente protegida ou a seu entorno, ou podem causar interferência nesses espaços?**

Os blocos licitados não se sobrepõem a nenhuma unidade de conservação, mas estão muito próximo dos Parques Estaduais do Morro do Diabo e do Rio do Peixe.

#### **d) qual a extensão do aquífero Guarani que pode ser atingida pela exploração? Há algum outro aquífero que pode ser atingido?**

Aqui também é transcrita a preocupação com o Sistema Aquífero Guarani associada à extração não convencional de gás a partir de nota elaborada pelo Prof. Ricardo Hirata, do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas do Instituto de Geociências da USP.

“Os blocos licitados para a exploração e exploração de gás de folhelho no Estado de São Paulo encontram-se no Pontal do Paranapanema. Nesta região da Bacia Sedimentar do Paraná, o gás localiza-se nas rochas permianas da Formação Irati, base do Grupo Passa Dois, com espessuras que podem atingir até 70 m no centro da Bacia. Já o Sistema Aquífero Guarani (SAG) encontra-se estratigraficamente mais

acima, no Grupo São Bento (Triássico ao Cretáceo), conformado pelas rochas da Formação Piramboia e Botucatu (Hachiro 1997). Entre a Formação Irati e o SAG encontra-se a Formação Rio do Rastro (Santa Ana *et al.* 2009) ou o Corumbataí, constituída de rochas clásticas de baixa permeabilidade, predominantemente siltitos. A espessura média nessa região dessa unidade é de 400m.

Os poços de exploração e exploração dos gases do folhelho do Irati terão que atravessar o SAG e poderão causar problemas em suas águas. A grande profundidade do SAG (seu topo encontra-se a mais de 1.600 m de profundidade nesta região) dificulta o seu monitoramento, pois os poços para esse fim terão elevados custos. As águas do SAG na região são potáveis, embora ocorram algumas áreas onde há presença elevada de flúor (algumas vezes >12 mg/L). Outro fato importante é que os problemas geoquímicos naturais que o SAG apresenta (elevado flúor e salinidade) são decorrentes da intrusão de águas das formações pré-SAG. Assim, a perfuração dessas unidades poderá causar um desequilíbrio hidráulico entre as unidades, induzindo a uma salinização do SAG. A importância do SAG para o abastecimento público hoje e, sobretudo, futuro para o Estado de São Paulo, é matéria de preocupação quanto aos riscos de contaminação de suas águas.

Em superfície afloram rochas do Grupo Bauru, que constitui o principal sistema aquífero paulista, onde inúmeras cidades do estado extraem água para o abastecimento público e privado. As atividades de extração de gás em superfície ocorrerão sobre essas rochas, que por conformarem um aquífero livre, apresentam alta vulnerabilidade à poluição.”

**e) Há possibilidade de contaminação do solo característico do Pontal do Paranapanema, dos aquíferos, das águas de poço e lençóis freáticos com gases e substâncias químicas? O conhecimento da geologia da bacia onde haverá a exploração permite conclusões científicas sobre a segurança, isolamento e conectividade das camadas sedimentares ou mapeamento de falhamentos no contexto regional? Existem estudos sobre o isolamento das camadas exploradas pelo faturamento hidráulico das camadas subterrâneas e superficiais que abrigam o aquífero Guarani, necessário a reduzir ou isolar os impactos?**

Sim, há a possibilidade de contaminação do solo, dos aquíferos na região, mas ainda não se pode concluir sobre a segurança ou os riscos do isolamento e conectividade das camadas sedimentares devido a falta de estudos sobre o assunto.

**f) a existência dos reservatórios da UHE Porto Primavera (Rio Paraná) e da UHEs no rio Paranapanema e sua influência nos lençóis freáticos da região pode potencializar os efeitos do “fracking” ou torna-los incertos? Há algum estudo acerca dos problemas sísmológicos na região, envolvendo eventuais danos aos barramentos hidrelétricos na região? Há estudos envolvendo a bacia do Paraná sobre a possibilidade de abalos sísmicos decorrentes da atividade?**

O faturamento hidráulico pode gerar abalos sísmicos.

\* repassei esta pergunta ao José Luiz do IPT

**g) há estudos ambientais preliminares sobre as consequências do faturamento da rocha e manutenção das fraturas permeáveis sobre os riscos ao próprio faturamento, sobre a água/quantidade de poços a serem perfurados, no contexto das características geológicas da bacia hidrográfica na região?**

Não há estudos preliminares sobre as consequências do faturamento no contexto das características geológicas da bacia hidrográfica na região.

**h) a região tem disponibilidade de recursos hídricos para o processo de faturamento, considerando a grande quantidade necessária para isso? Há estudos que assegurem, além da disponibilidade, a qualidade da água potável nas regiões a serem exploradas?**

Segundo estudo realizado pelo LEBAC/UNESP (DAEE & LEBAC 2013) a região apresenta baixa disponibilidade hídrica (Figura 1).

De maneira geral, a disponibilidade hídrica superficial está diretamente relacionada à pluviosidade da região considerada e, conseqüentemente, às taxas de infiltração da água que transita intra-anualmente nos aquíferos, enquanto a potencialidade reflete a capacidade de fornecimento de água por parte do aquífero. Essa distinção explica, parcialmente, por exemplo, a relativa diminuição das disponibilidades no extremo oeste do estado, onde se sobressaem as potencialidades do Sistema Aquífero Bauru (Figura 2).

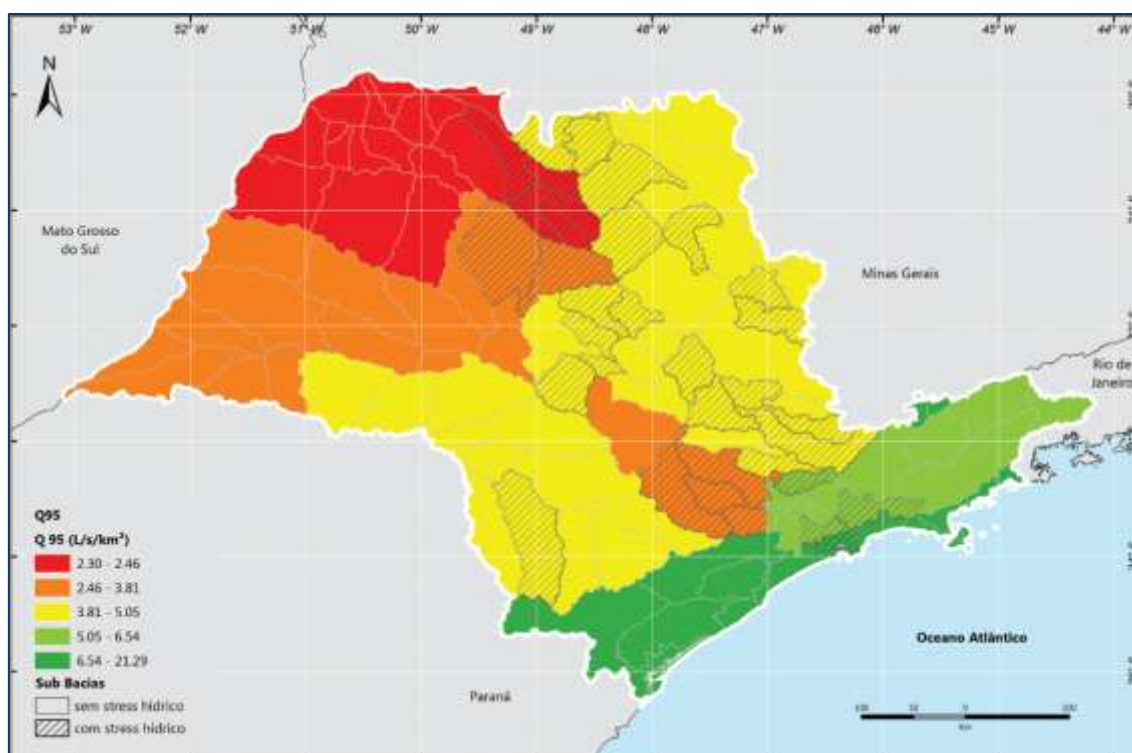


Figura 1 – Disponibilidade Hídrica (Q<sub>95</sub>)

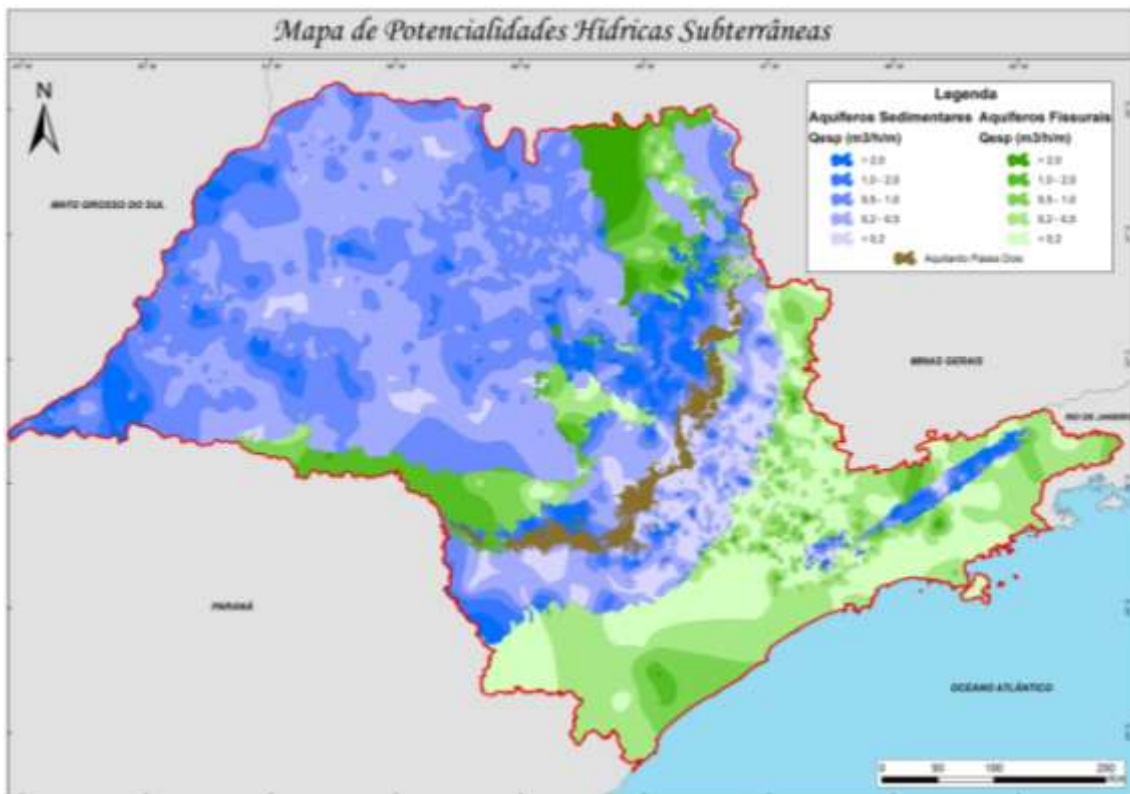


Figura 2 – Mapa de Potencialidades Hídricas Subterrâneas

**i) há estudos sobre a disposição final da água de retorno (flowback water), água de produção e “cascalhos”, ou seja, sobre fluidos empregados no faturamento hidráulico (água + areia + compostos químicos) e seus efeitos nos rios da região, mormente na ictiofauna?**

\* não é da minha área, mas acredito que não.

**j) qual o nível de certeza/incerteza científica acerca dos efeitos da exploração do xisto pelo faturamento hidráulico na bacia sedimentar do rio Paraná, em especial no Aquífero Guarani e demais corpos hídricos? O risco à segurança hídrica está devidamente mensurado? Há estudos prévios e modelagens suficientes que autorizem, sem risco, a prospecção e exploração?**

São grandes as incertezas acerca dos efeitos da exploração do xisto pelo faturamento hidráulico na bacia sedimentar do Paraná, tanto no Aquífero Guarani como nos demais corpos hídricos. Não há estudos prévios e modelagens suficientes que autorizem sem risco a exploração (pesquisa, prospecção) e exploração. Muito embora a ANP tenha publicado a RESOLUÇÃO ANP Nº 21, DE 10.4.2014, que estabelece os requisitos a serem cumpridos pelos detentores de direitos de Exploração e Produção de Petróleo e

Gás Natural que executarão a técnica de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, que passou por consulta pública, os órgãos de recursos hídricos e meio ambiente tanto nas esferas federal como estadual não foram consultados sobre o assunto.

O Prof. Ricardo Hirata, do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas do Instituto de Geociências da USP destacou algumas sugestões para se antecipar aos problemas advindos da extração de gás por métodos não convencionais no Estado de São Paulo.

“i) *treinar técnicos de órgãos ambientais*. A extração de gás usando técnicas não convencionais no continente é uma prática desconhecida no Brasil e seus órgãos ambientais (tanto federal como estaduais, mesmo no Estado de São Paulo) não estão preparados para a correta avaliação de seus estudos, procedimentos ou mesmo remediação. Ademais, a exploração de campos de gás não convencional é geralmente caracterizada pelo seu rápido desenvolvimento (há vários campos de gás onde a perda de rendimento é de 40% ao ano), que impõe a necessidade da perfuração e instalação de uma malha densa de poços de produção de gás em pouco tempo. Isso acarreta que o monitoramento e o acompanhamento em campo do órgão ambiental tenha que ser bastante dinâmico e os problemas ambientais decorrentes serão detectáveis depois de longos períodos, inclusive após o fechamento do campo.

ii) *constituir um mapeamento geoquímico das águas subterrâneas naturais* na região a ser explorada, para estabelecer o seu *background*, permitindo assim uma correta avaliação sobre os impactos posteriores às atividades de exploração e exploração do gás.

iii) *constituir um grupo técnico para estudar o tema* (com forte relação com grupos de pesquisas no exterior, particularmente nos EUA e Canadá), desenvolvendo estudos em campo e em laboratório, assessorando os órgãos ambientais e a sociedade. Há poucos trabalhos técnicos e científicos sobre os problemas ambientais associados à extração de gás de folhelho (mesmo em literatura internacional) que permitam o balizamento de medidas ambientais de controle, sobretudo envolvendo os impactos em aquíferos. Esse grupo poderia iniciar seus estudos pela avaliação crítica dos trabalhos e experiências que o setor tem acumulado nesses anos ao redor do mundo.

iv) *criar uma linha de fomento a pesquisa para estudar os impactos ambientais* esperados pela extração de gás do folhelho no Estado de São Paulo, através de órgãos de fomento, como a FAPESP (podendo se consorciar às empresas da indústria do petróleo), ou mesmo utilizando-se de verba da área de recursos hídricos paulista e federal.

v) reconhecer que há áreas onde o gás de folhelho não deverá ser explorado, devido a restrições ecológicas ou de importância ou fragilidade dos recursos hídricos (particularmente subterrâneos). Assim, um mapeamento dessas vulnerabilidades deverá ser feito em todas as bacias potencialmente produtoras de gás.”

### **Referencias bibliográficas**

- Chafin, D. 1994. Sources and migration pathway of natural gas in near-surface groundwater beneath the Animas River Valley, Colorado and New Mexico. Water Resources Investigation Report 94-4006. Denver, CO: US Geological Survey.
- Davies, R et al 2012. Hydraulic fractures: how far can they go? *Marine and Petroleum Geology* 37(1):1-6.
- Dusterhoft, D.; Wilson, G; Newman, K. 2002. Field study on the use of cement pulsation to control gas migration. Richardson, Texas: Society of Petroleum Engineers, SPE 75689.
- Foster, S; Hirata, R; Vidal, A; Schimidt, G; Garduno, H. 2009. The Guarani Aquifer Initiative – Towards Realistic Groundwater Management in a Transboundary Context. GWMATE-World Bank. Washington (DC). 28pg.
- Hachiro, J. 1997. O Subgrupo Irati (Neopermiano) da Bacia do Paraná. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, USP (inérita). São Paulo.
- Jackson, et al. 2013. Groundwater protection and unconventional gas extraction: the critical need for field-based hydrogeological research. *Groundwater* 51(4):488-510.
- Johnson, E & Johnson, L. 2013. Hydraulic fracture water usage in northeast British Columbia: locations, volumes and trends. In *Geosciences report 2012*, 41-63. Victoria BC, Canada: BC Ministry of Energy and Mines.
- Kaufman, P; Penny, G; Paktinat, J. 2008. Critical evaluations of additives used in shale slickwater Fracs. Richardson, Texas: Society of Petroleum Engineers, SPE 119900.
- Kargbo, D; Wilhelm, R; Campbell, D. 2010. Natural gas plays in the Marcellus shale: challenges and opportunities. *Environmental Sciences and Technology* 44 (15):5679-5684.
- Lyons, W & Plisga, G. 2004. Standard handbook of petroleum and natural gas engineering, 2<sup>nd</sup> Edition. Gulf Professional Publishing (Elsevier) Sections 4.20 and 6.9.
- MIT 2011. The future of natural gas: an interdisciplinary MIT Study. MIT Energy Institute. [We.mit.edu/mitei/research/studies/natural-gas-2011.shtml](http://We.mit.edu/mitei/research/studies/natural-gas-2011.shtml).
- Santa Ana, H. et al 2009. Síntesis sobre la geología del Sistema Acuífero Guaraní. Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní. Relatorio Final. Montevideo. 115pp.
- Schiels, C. 2010. Wells they leave behind. Fiscal Notes, Aug, Texas Comptroller of Public Accounts. [www.Window.State.tx.us/comptrol/fnotes/fn1008/wells.html](http://www.Window.State.tx.us/comptrol/fnotes/fn1008/wells.html).
- Tucuncu, A. et al. 2012. Environmental challenges in fracturing of unconventional resources. *The Leading Edge* 31, 8: 898-906.

Rh20140513