

Claudio Riccomini

Instituto de Energia e Ambiente,
Programa de Pós-Graduação em
Energia & Instituto de Geociências,
Universidade de São Paulo; Rede
de Pesquisa e Desenvolvimento em
Gás Não Convencional do Brasil –
GASBRAS; Pesquisador, Conselho
Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico - CNPq

Thaís Tevisani Moura

Rede de Pesquisa e Desenvolvimento
em Gás Não Convencional do
Brasil – GASBRAS; Programa de
Pós-Graduação em Geoquímica e
Geotectônica, Instituto de Geociências,
Universidade de São Paulo

Lucy Gomes Sant'Anna

Instituto de Energia e Ambiente,
Programa de Pós-Graduação em
Energia & Escola de Artes, Ciências
e Humanidades, Universidade
de São Paulo; Rede de Pesquisa
e Desenvolvimento em Gás Não
Convencional do Brasil – GASBRAS

4.4 IMPACTO POTENCIAL DO FRATURAMENTO HIDRÁULICO ESTIMULADO (*FRACKING*) NOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

O fraturamento hidráulico estimulado (*fracking*) é o processo que viabilizou a exploração de gás não convencional (*shale gas*, *tight gas* e coal-

bedmethane). Mediante a injeção de água a elevadas pressões contendo produtos químicos e propantes, o *fracking* causa a cominuição⁵⁰ de rochas de baixa permeabilidade, ricas em matéria orgânica, particularmente folhelhos negros no caso do *shale gas*, liberando o gás nelas contidos. Este processo requer inicialmente a perfuração de poços exploratórios verticais que servirão de tronco principal de irradiação de poços horizontais paralelos. Tendo em vista as profundidades requeridas para que a exploração de gás não convencional atenda tanto às exigências ambientais e de segurança, quanto de atingimento de reservatórios, é provável que esses poços atravessem aquíferos, sejam eles rasos ou profundos, muitas vezes relevantes à atividade humana. Essa interferência do *fracking* com aquíferos pode ocorrer durante a execução de poços verticais e horizontais, durante o *fracking* propriamente dito, bem como durante a produção de gás. Além disso, na superfície do terreno, toda a infraestrutura necessária à exploração e produção de gás não convencional implica no deslocamento e manipulação de maquinário, combustíveis, água e fluidos de perfuração, produtos químicos e outros insumos que representam riscos caso seu escape acarrete infiltração no solo, com potencial de contaminação das águas subterrâneas. Some-se ainda a água de retorno e água de formação (água conata) do alvo produtor.

Assim, o adequado planejamento das operações exige o conhecimento de algumas variá-

50. Ato ou efeito de cominuir; fragmentação, espedaçamento.

veis, tais como a profundidade e espessura do aquífero, a distância entre a base do aquífero e o pacote rochoso a ser fraturado, as estruturas geológicas e direção dos esforços atuantes na região, a distribuição de poços produtores de água preexistentes, dentre outras⁵¹.

IMPACTOS POTENCIAIS DURANTE A PERFURAÇÃO DOS POÇOS

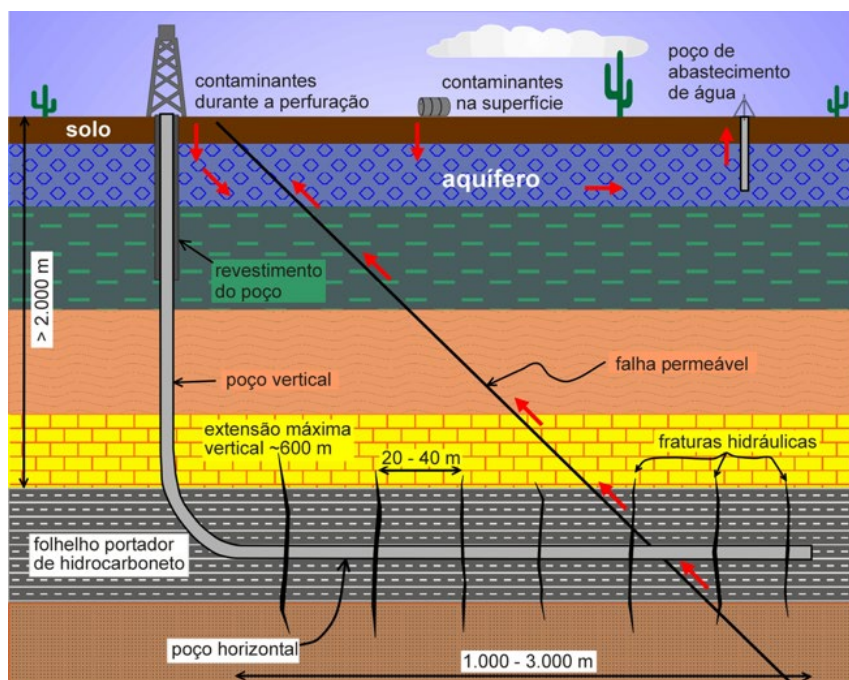
Durante a perfuração de um poço (exploratório ou produtor) vertical podem ser empregados diferentes tipos de fluidos, originalmente compostos por água e argila (bentonita), mas que hoje apresentam composições mais complexas. Sua função é manter a estabilidade das paredes do poço, apresentar um comportamento não reativo com as rochas de interesse e assegurar a flutua-

bilidade e transporte à superfície dos fragmentos de rochas produzidos durante a perfuração.

De modo a se garantir a integridade do poço vertical são empregados revestimentos compostos por tubos de aço, com diâmetros decrescentes com a profundidade, cimentados à parede do poço. O revestimento deve suportar a pressão externa exercida pelo fluido ao seu redor e a pressão interna do óleo ou gás da formação em produção, além das tensões resultantes do próprio peso da coluna de aço (Clinedinst; 1992). O poço deve conter ainda um dispositivo para seu eventual fechamento em emergências (*blow-out preventer* - BOP) (Cherry et al. 2014). Esse conjunto é instalado para proteger o aquífero dos fluidos empregados na perfuração, bem como evitar o vazamento de fluidos e gases para o aquífero e o meio ambiente (Figura 4.2).

51. É importante comentar que qualquer perfuração de poço de petróleo e gás atravessa reservatórios de água subterrânea e isso é resolvido com o revestimento adequado das tubulações; não se trata, portanto, de uma especificidade das operações que envolvem a exploração de *shale gas*.

FIGURA 4.2: ELEMENTOS DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE GÁS-DE-FOLHELHO E IMPACTOS POTENCIAIS DO FRATURAMENTO HIDRÁULICO NOS RECURSOS HÍDRICOS



Fonte: Modificado de Cherry *et al.* 2014, Edwards & Celia 2018.

Quando atingem as camadas produtoras de interesse, essencialmente folhelhos ricos em matéria orgânica situados a profundidades superiores a 1,5 km, as sondagens passam a ser horizontais e atingem comprimentos entre um e três km, conforme as condições geológicas (v.g. Cherry *et al.* 2014). Neste ponto, um aspecto relevante é o transporte dos fragmentos de folhelhos resultantes da sondagem pelo fluido de perfuração. Esses folhelhos normalmente apresentam teores de elementos radiativos acima dos valores médios da crosta terrestre e podem constituir possível fonte de contaminação para o solo, águas superficiais e subterrâneas (por infiltração) se dispostos de forma inadequada na superfície.

Os poços horizontais também devem ser revestidos com tubos de aço cimentados às suas paredes. Esse revestimento tem a função de auxiliar no suporte das cargas exercidas nas paredes do poço, evitar o escape de fluidos empregados na perfuração e aumentar a sua vida útil. Entretanto, dependendo das regulações locais e de condições favoráveis do maciço rochoso, muitos poços horizontais não são revestidos. Isso acarreta redução de custos, mas aumento de riscos.

Embora pouco comuns, podem ocorrer problemas nas articulações dos tubos de aço e nas junções entre as paredes dos tubos com o cimento, e do cimento com as paredes do poço. Adicionalmente,

a corrosão da tubulação e do revestimento, interação com produtos químicos ou degradação mecânica do cimento, quebra da válvula ou vazamentos e deficiências de manutenção estão entre as causas possíveis para a perda de integridade de um poço (Bachu & Valencia; 2014).

IMPACTOS POTENCIAIS DURANTE O FRACKING

Os poços horizontais devem ser orientados na direção do esforço principal mínimo para que as fraturas hidráulicas se propaguem ortogonalmente ao eixo do poço (Zoback & Kohli 2019). No Mapa Mundial de Esforços (Heidbach et al.; 2018) estão compiladas as direções dos esforços horizontais máximos, constituindo-se em excelente base de referência para a orientação desses poços, embora no caso do Brasil os dados disponíveis ainda sejam escassos.

As fraturas preexistentes ortogonais aos poços horizontais são aquelas com maior probabilidade de serem abertas e conectadas com as fraturas hidráulicas. Assim, um bom conhecimento prévio das fraturas presentes no maciço rochoso é fundamental no planejamento da posição dos poços, pois a interação entre as fraturas hidráulicas geradas por *fracking* e as preexistentes podem criar rotas de migração de fluidos, incluindo gases, que podem favorecer o escape destes para os aquíferos, solo, superfície do terreno e atmosfera. Ainda que parte das fraturas preexistentes possa estar cimentada em decorrência da ação de fluidos geológicos, elas podem apresentar zonas-de-dano laterais com alta permeabilidade (e.g. Caine et al. 1996).

Para o fraturamento hidráulico são empregados volumes importantes de fluidos sob alta pressão, além de propantes (areia e materiais cerâmicos que mantêm abertas as fraturas). Nas principais formações geológicas produtoras americanas, os volumes médios de fluidos injetados por poço durante o *fracking* têm sido de 16.000 a 26.000 m³ em Marcellus, 11.000 a 23.000 m³ em Barnett e 23.000 m³ em Eagle Ford, com média de 14-15 m³ por metro linear de poço (Edwards & Celia 2018). Esses volumes podem impactar sobremaneira os recursos hídricos subterrâneos em regiões com pouca disponibilidade de recursos hídricos superficiais.

Em um poço são empregados em média 14 produtos químicos nos fluidos de *fracking*, mas na literatura são registrados mais de mil diferentes produtos químicos já utilizados, dentre os quais ácidos, hidrocarbonetos aromáticos, polisacarídeos e surfactantes (EPA, 2016). A porção do fluido de *fracking* que retorna à superfície como água residual (*flowback*) por meio do poço de produção variou de 1 a 50% em Marcellus, enquanto em Barnett atingiu 65% em 1 ano, 90% em 2 anos e 100% em 3 anos (Edwards & Celia, 2018).

A distância de propagação das fraturas geradas por *fracking* é um aspecto relevante não somente para a produção do poço, mas também porque potencialmente essas fraturas podem alcançar e interferir nos aquíferos ou gerar sismicidade induzida. Dados de *fracking* realizados em milhares de poços nos campos de Marcellus, Barnett, Woodford, Eagle Ford e Niobrara (Estados Unidos) indicaram que o alcance máximo ascendente de fraturas hidráulicas é de pouco menos de 600 metros, enquanto que os dados de fraturas hidráulicas de ocorrência natu-

ral, identificadas em linhas sísmicas de bacias na costa oeste africana e na Noruega, mostraram que este alcance pode chegar a pouco mais de 1100 metros, sendo que a probabilidade de uma fratura hidráulica estimulada propagar-se verticalmente por mais de 350 metros é de 1% e para uma fratura hidráulica natural é de 33% (Davies *et al.*; 2012). A partir de dados de monitoramento microssísmico foram estimados alcances horizontais de até 400 m para as fraturas hidráulicas horizontais resultantes de fracking em campo no Marcellus (Ciezobka; 2013), e de até 900 m em Horn River (Edwards & Celia 2018). Entretanto, fraturas hidráulicas naturais podem atingir extensões horizontais quilométricas (Moura; 2020).

Os alcances verticais e horizontais já registrados para fraturas hidráulicas estimuladas e naturais servem como valores de referência para as distâncias a serem mantidas entre a base dos aquíferos e as rochas a serem submetidas ao *fracking*, bem como entre estas últimas e fraturas geológicas. No Canadá, exige-se uma distância mínima de 500 m entre um poço de abastecimento de água para consumo humano ou processamento de alimentos e um poço para óleo e gás, que pode ser aumentada em função de estudos hidrogeológicos específicos (Québec, 2020).

IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS IMPACTOS NOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

O ponto de partida para o reconhecimento de possíveis impactos do *fracking* (e processos associados) é a identificação de *backgrounds* de potenciais contaminantes nas águas subterrâneas e o reconhecimento de passivos ambientais pré-

vios. Para esta finalidade, os poços privados para abastecimento de água devem ser desconsiderados pois apresentam problemas de conservação, de vedação na superfície e de infiltração de águas superficiais (Jackson & Heagle, 2016).

Embora a composição química da água subterrânea seja variável, é possível identificar possíveis contaminantes, sobretudo aqueles decorrentes de operações superficiais e componentes químicos específicos relacionados à exploração de hidrocarbonetos não convencionais (Lefebvre, 2017). Entretanto, para outros componentes, como o metano, a identificação não é simples, pois este é um componente comum de águas subterrâneas (Lefebvre, 2017). Neste caso é necessário identificar a origem do metano, se biogênico (resultante de metanogênese microbiana, a baixas temperaturas e no próprio aquífero), ou termogênico (formado em temperaturas mais elevadas, em grandes profundidades em bacias sedimentares), valendo-se para tanto de dados isotópicos e geoquímicos (Schoell, 1988).

CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Condições mais seguras nas operações de *fracking*, especialmente nos países que já o praticam em larga escala, foram alcançadas com abordagens multidisciplinares, o avanço de estudos teóricos, comparação com análogos naturais, experimentos de laboratório e o *knowhow* decorrente da própria atividade. Em países onde esta atividade é inexistente ou ainda incipiente é recomendável a adoção inicial de valores conservadores das variáveis envolvidas, de modo a diminuir os riscos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bachu S, Valencia RL, 2014. Well integrity challenges and risk mitigation measures. *The Bridge*, v. 44, p. 28–33.
- Caine JS, Evans JP, Forster CB, 1996. Fault zone architecture and permeability structure. *Geology*, v. 24, p. 1025–1028.
- Cherry J, Ben-Eli M, Bharadwaj L, Chalaturnyk R, Dusseault MB, Goldstein B, Lacoursière J-P, Matthews R, Mayer B, Molson J, Munkittrick K, Oreskes N, Parker B, Young P, 2014. Environmental Impacts of Shale Gas Extraction in Canada. Ottawa, Council of Canadian Academies, 269 p.
- Ciezobka J, 2013. Marcellus shale gas project. Des Plaines, Gas Technology Institute, Final Report 09122-04.
- Clinedinst WO, 1992. Casing, Tubing, and Line Pipe, in Bradley HB, ed., *Petroleum Engineering Handbook*. Richardson, Society of Petroleum Engineers, p. 2.1–2.74.
- Davies, R.J., Mathias, S.A., Moss, J., Hustoff, S., Newport, L., 2012. Hydraulic fractures: How far can they go? *Marine and Petroleum Geology*, v. 37, p. 1–6.
- Edwards RWJ & Celia MA, 2018. Shale gas well, hydraulic fracturing, and formation data to support modeling of gas and water flow in shale formations. *Water Resources Research*, v. 54, p. 3196–3206.
- EPA, 2016. Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-16/236F.
- Heidbach O, Rajabi M, Cui X, Fuchs K, Müller B, Reinecker J, Reiter K, Tingay M, Wenzel F, Xie F, Zoback M-L, Zoback M, 2018. The World Stress Map database release 2016: Crustal stress pattern across scales. *Tectonophysics*, v. 744, p. 484–498.
- Jackson RE, Heagle DJ, 2016. Sampling domestic/farm wells for baseline groundwater quality and fugitive gas. *Hydrogeology Journal*, v. 24, p. 269–272.
- Lefebvre R, 2017. Mechanisms leading to potential impacts of shale gas development on groundwater quality. *WIREsWater*, v. 4, e1188.
- Moura TT, 2020. Caracterização bidimensional de fraturas naturais de tração em bacias sedimentares: algumas implicações para o fraturamento hidráulico estimulado. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 141 p.
- Québec, 2020. Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection. Québec, Légis Québec, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2035.2/> (acesso em 12 de setembro de 2020).
- Schoell M, 1988. Multiple origins of methane in the Earth. *Chemical Geology*, v. 71, p. 1–10.
- Zoback MD & Kohli AH, 2019. Unconventional reservoir geomechanics: shale gas, tight oil and induced seismicity. New York, Cambridge University Press, 484 p.