

"GÁS DE XISTO" (shale gas)

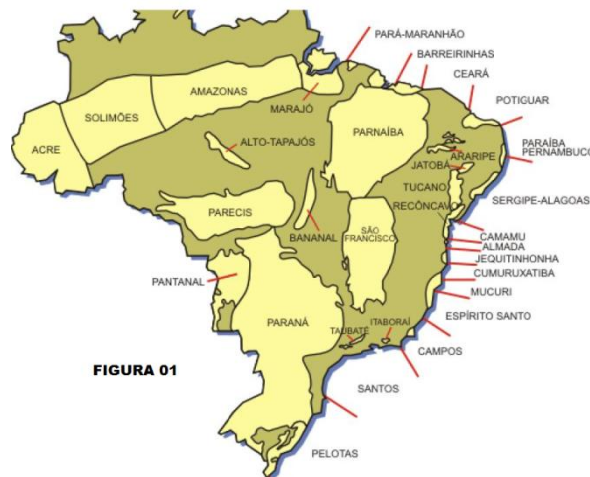
Geólogo Dr. Luis Tadeu Cava

MINEROPAR - Serviço Geológico do Paraná

IMPORTÂNCIA

A demanda brasileira por energia elétrica prevista para 2020 deverá ser suprida pelas fontes: hidrelétrica, eólica e biomassa do bagaço de cana-de-açúcar. As demais estariam dentro da política de diversificar a matriz de energia elétrica, sendo constituídas pela geração de gás natural e as demais, geração térmica por derivados de petróleo e carvão mineral e a nuclear.

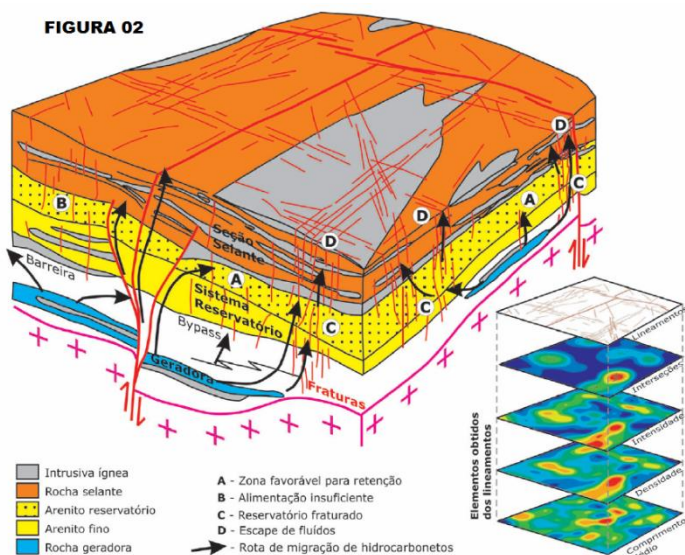
No que concerne à geração a gás natural, ciclo combinado, trata-se de alternativa que o País deverá adotar, com vistas à produção de energia elétrica, condicionada à oferta do combustível a preços competitivos. Neste sentido, são favoráveis as perspectivas de ocorrência de reservas de gás natural em folhelhos, convencional e não convencional, em terra, como exemplo nas bacias sedimentares: Parnaíba (PI/MA), São Francisco (BA), Parecis (MT), Paraná e outras (Figura 01: ANP). Um volume de 6,9 trilhões de metros cúbicos é o tamanho estimado da reserva de gás de folhelho (shale gas) em território brasileiro (EIA, 2013), o que coloca o Brasil entre os 10 países com a maior reserva potencial de gás não convencional. Assim, em 2013, rodadas de licitações de blocos exploratórios de gás natural, convencional e não convencional, foram feitas em algumas destas áreas, o que viabilizaria usinas térmicas operando próximas aos poços, com geração para o Sistema Interligado Nacional.



MODELO GEOLÓGICO E EXPLORATÓRIO

Como mostra a representação esquemática de um sistema petrolífero (Figura 02: Freitas et alli., 2005), a formação de uma acumulação de petróleo e/ou gás denominado **Recurso Convencional**, em uma bacia sedimentar, requer a associação de uma série de fatores:

- (a) a existência de rochas ricas em matéria orgânica, denominadas de rochas geradoras;
- (b) as rochas geradoras devem ser submetidas às condições adequadas (tempo e temperatura) para a geração do petróleo;
- (c) a existência de rochas com porosidade e permeabilidade necessárias à acumulação e produção do petróleo, denominada de rocha reservatório;
- (d) a presença de condições favoráveis à migração do petróleo da rocha geradora até a rocha reservatório;
- (e) a existência de uma rocha impermeável que retenha o petróleo, denominada de rocha selante ou capeadora; e,
- (f) um arranjo geométrico das rochas reservatório e selante que favoreça a acumulação de um volume significativo de petróleo.



no tempo e no espaço. A ausência de apenas um desses fatores inviabiliza a formação de uma jazida petrolífera.

Uma acumulação comercial de petróleo e/ou gás convencional é o resultado de uma associação adequada destes fatores

Recurso Não Convencional é a quantidade de petróleo e gás natural em subsuperfície que, diferentemente dos hidrocarbonetos convencionais, a exploração não depende de influências hidrodinâmicas ou de estrutura geológica ou condição estratigráfica peculiar. Dependendo de cada situação, somente requer tecnologias especiais de extração, tais como poços horizontais ou de alto ângulo e fraturamento hidráulico (**Figura 03**; BNDES/ANP), ou aquecimento em retorta. Incluem-se nesta categoria o petróleo extrapesado, o extraído das areias betuminosas ("sand oil"), dos folhelhos oleíferos ("shale oil"), dos folhelhos ricos em matéria orgânica ("oil shale" ou xisto betuminoso) e das formações com baixíssima porosidade ("tight oil"). Consideram-se, também, na definição, o gás metano oriundo de carvão mineral ("coal bed methane") e de hidratos de metano, bem como o gás natural extraído de folhelhos gasíferos ("shale gas") e de formações com baixíssima porosidade ("tight gas"). No caso do gás de xisto (**shale gas e tigh gas**), não há um reservatório típico. Ele pode ser raso ou profundo, com pressão alta ou baixa, temperatura alta ou baixa; acamadado ou lenticular; homogêneo ou naturalmente fraturado, contendo uma camada única ou múltiplas camadas. Fazem parte deste tipo de sistema petrolífero camadas

de folhelhos ricos em matéria orgânica, com permeabilidades muito baixas em estágio de adequado soterramento para geração de gás que é armazenado em três formas distintas: gás livre nos poros da rocha; gás livre em fraturas naturais; e, gás adsorvido na matéria orgânica e superfícies minerais: são as rochas geradoras que ainda retêm parte do gás nelas formado, ou seja, que não sofreu migração. Assim, pelo fato de não estar armazenado em estruturas trapeadoras, somente pode ser extraído com a geração artificial de permeabilidade que resulte em vazões economicamente viáveis, ou seja, quando catalisada por fraturamento hidráulico por poços horizontais, quando usando poços multilaterais ou algum outro processo tecnológico. Se assim feito, podem produzir grandes volumes de gás, embora apresentem baixo fator de recuperação (8% a 12%) e exijam campanhas extensivas de perfuração e fraturamento (economia de escala).

● Veja como é feita a extração do xisto

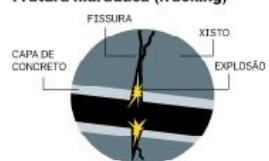
Perfuração vertical

Uma tubulação é inserida no solo até a camada de xisto, que pode chegar a profundidades de até 3,6 km. As paredes do poço são revestidas com concreto

Perfuração horizontal

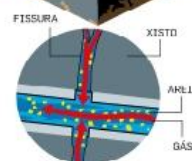
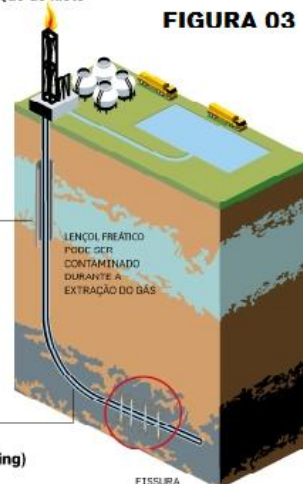
Ao atingir a camada de xisto a perfuração muda para horizontal, podendo atingir até 1,2Km de extensão

Fratura hidráulica (fracking)



A capa de concreto da seção horizontal é perfurada com uma série de explosões controladas que abrem fissuras na camada de xisto

FIGURA 03



Em seguida, é injetado uma mistura de água, areia e soluções químicas que penetram nas fissuras, abrindo caminho para a saída do gás

A EXPERIÊNCIA NORTE-AMERICANA

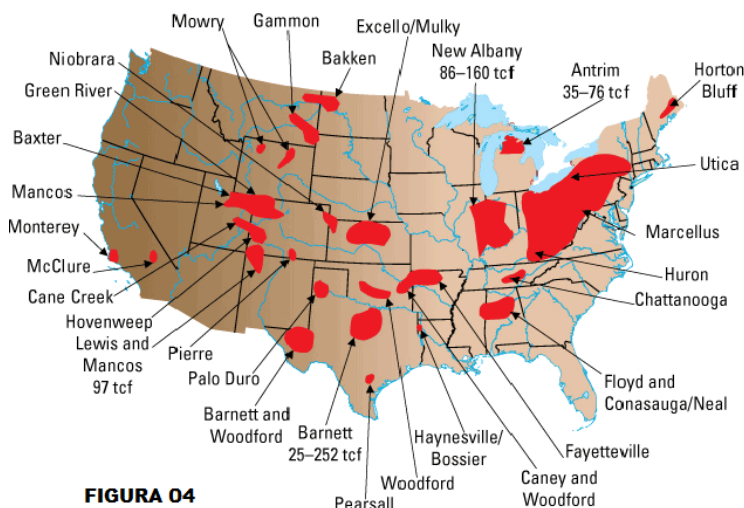


FIGURA 04

Desde a sua descoberta e exploração como recurso energético, a produção de gás de xisto nos Estados Unidos tem evoluído com a otimização dos métodos de perfuração e extração, apresentando rápido crescimento nos últimos anos. Em 2008 já atingia um volume de 63 bilhões de metros cúbicos, um salto de 71% em relação ao ano anterior. As reservas provadas em 2010, que eram de 160 bilhões de metros cúbicos, quase que dobrou em 2012, passando para um total da ordem de 311 bilhões de metros cúbicos com a inclusão de dados de novos campos produtores, como Barnett and Woodford, Haynesville e Marcellus (**Figura 04**; Google). A agência internacional de energia (IEA) acredita que em futuro

próximo os Estados Unidos destronem a Arábia Saudita como o maior país produtor mundial. Em 2040, a produção prevista é de 1 trilhão de metros cúbicos.

IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS

Os impactos ambientais associados à exploração de gás de xisto (shale gas) têm sido motivo de preocupação e de muita discussão por parte de profissionais e instituições ambientais. O documento **Impacto da Extração de Gás e Óleo de Xisto no Ambiente e na Saúde Humana** (2010), da Direção Geral das Políticas Internas do Parlamento Europeu listou os possíveis danos associados, representados graficamente na **Figura 05**, tendo por base a experiência de 40 anos dos Estados Unidos com a perfuração de mais de 50.000 poços.

Uso do Solo: a elevada ocupação dos solos, pois é necessário espaço nas plataformas de perfuração para equipamentos técnicos, o armazenamento dos fluidos, bem como vias de acesso para transporte.

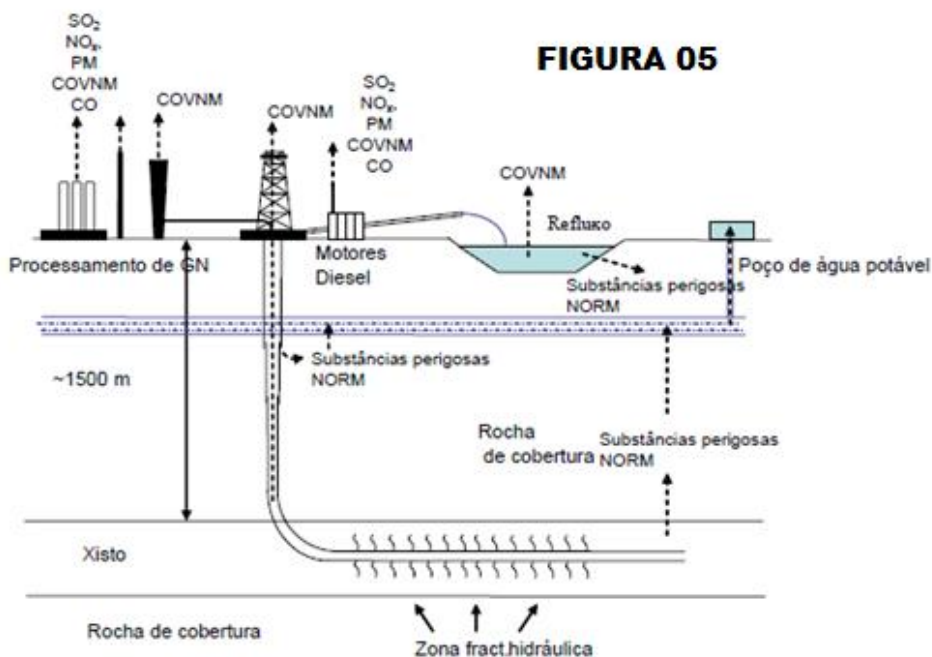
Poluição atmosférica e sonora: uma vez que as máquinas são movidas a motores de combustão, os fluidos (e também as águas residuais) podem levar à evaporação de substâncias nocivas para a atmosfera e a frequente circulação de caminhões de transporte pode emitir compostos orgânicos voláteis e outros poluentes atmosféricos e provocar ruído.

Recursos Hídricos: a possível poluição dos recursos hídricos com produtos químicos empregados no processo de fraturamento e águas residuais provenientes da jazida contendo metais pesados (por exemplo, arsênio ou mercúrio) ou partículas radioativas. Os possíveis caminhos de migração para as águas subterrâneas e superficiais podem ser abertos por acidentes causados por caminhões de transporte, fugas nas redes de condutos de transporte, tanques de águas residuais, compressores ou outros, derrames que levem à saída de fluido de fraturamento, danos na cimentação e revestimento ou, simplesmente, fluxos não controlados abaixo da superfície, através de fraturas artificiais ou naturais existentes no arcabouço rochoso.

Partículas radioativas: mobilização de partículas radioativas do subsolo.

Terremotos: Sismos induzidos pelo processo de fraturamento hidráulico ou pela injeção de águas residuais.

Por último, o elevado consumo de recursos naturais e técnicos no que diz respeito ao gás ou óleo recuperáveis, que deve ser aferido mediante uma análise de custo/benefício destas operações.



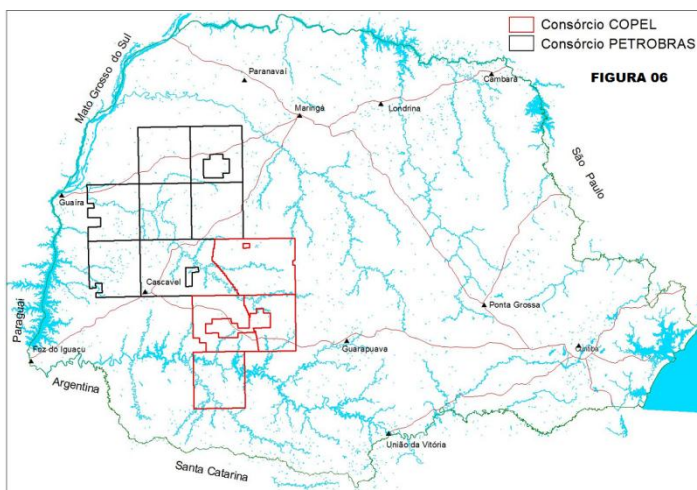
PROGRAMA EXPLORATÓRIO PARANAENSE

O sucesso norte americano na exploração do gás de xisto, somado às grandes reservas potenciais brasileiras, levou a ANP – Agência Nacional de Petróleo, à decisão de licitar áreas para a execução de pesquisas geológicas e desenvolvimento de processos de exploração adequados às condições brasileiras. A Companhia Paranaense de Energia - COPEL, com participação de 30%, arrematou no Paraná quatro blocos em consórcio com as empresas Petra Energia S.A. (30%), Bayar Empreendimentos e Participações Ltda. (30%) e Tucumann Engenharia e Empreendimentos Ltda. (10%) e espera iniciar a exploração de gás até meados de 2015 (**Figura 06**). A prioridade é a exploração de gás convencional para venda e também como fonte para geração de energia. Contígua à área adquirida existe o campo de Barra Bonita, no município de Pitanga, que abriga reserva convencional de gás já conhecida. Os demais blocos foram arrematados pela PETROBRAS (100%) ou em consórcios com a Cowan Petróleo e Gás S.A. (40%). Para a exploração de gás de xisto (shale gas), segundo a

prioridade do consórcio, será indispensável a realização de trabalhos para elevação do conhecimento geológico, de parâmetros técnicos e econômicos e dos possíveis impactos ambientais decorrentes numa possível exploração comercial. O alvo natural são os folhelhos da Formação Ponta Grossa (Figura 07), unidade geológica de origem marinha formada durante o período Devoniano (400 milhões de anos), que na área possui espessura entre 400 a 500 metros e está a uma profundidade superior a 3.500 metros (Figura 08). Minimamente será necessário determinar:

- 1) a espessura de folhelhos e horizontes estratigráficos prospectáveis;
- 2) a viabilidade econômica, considerando o volume de gás extraível;
- 3) os processos tecnológicos para contornar o fator profundidade (entre 3.500 a 4.500 metros);

4) adequação da metodologia de fraturamento (por exemplo agentes de sustentação, barreiras de segurança). O segundo deverá envolver acurados estudos de ordem ambiental, empregando técnicas de análises de riscos e sistemas de gestão ambiental para definição de atividades, métodos e procedimentos adequados às condições existentes nos blocos arrematados, uma vez que as diferentes situações e impactos ambientais observados no continente norte americano não são aplicáveis diretamente às condições brasileiras. Do ponto de vista ambiental, e em particular sobre a técnica de fraturamento hidráulico em reservatório não convencional, qualquer exploração tem que seguir o que estabelece a resolução de Diretoria da AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP, Resolução ANP nº 21, de 10 de abril de 2014, D.O.U. 11.04.2014, que entre outros requisitos, estabelece:

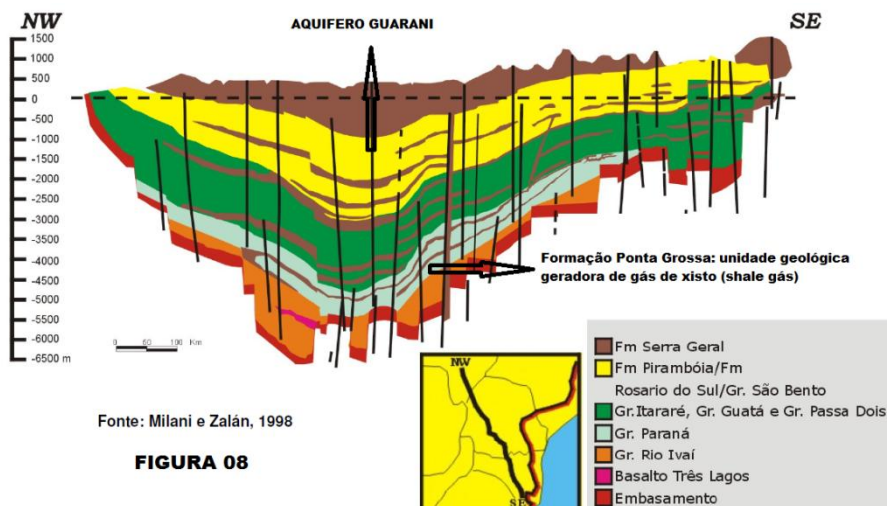


Carta estratigráfica simplificada da Bacia do Paraná
Modificada de Milani et al., 2007

M.a.	Era	Período	Supersequência
100	Mesozóico	Cretáceo	Bauru
150		Jurássico	Gondwana III
200		Triássico	Gondwana II
250	Paleozóico	Permiano	Gondwana I
300		Carbo-nífero	
350		Devoniano	Paraná
400		Fm Ponta Grossa	
450		Ordoviciano	Rio Ivaí

Hiato deposicional: □ Figura 07

- ✓ O Operador deverá estabelecer e garantir o fiel cumprimento de um Sistema de Gestão Ambiental que atenda às Melhores Práticas da Indústria do Petróleo.
- ✓ O Sistema de Gestão Ambiental deverá conter um plano detalhado de controle, tratamento e disposição de Efluentes Gerados provenientes das atividades de perfuração e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional.
- ✓ A água utilizada deverá ser preferencialmente Efluente Gerado, água imprópria ou de baixa aceitação para o consumo humano ou dessedentação animal, ou água resultante de efluentes industriais ou domésticos, desde que o tratamento a habilite ao uso pretendido.
- ✓ O Operador, ao desenvolver o projeto de Fraturamento Hidráulico para Reservatório Não Convencional, deverá garantir a proteção dos corpos hídricos e solos da região.
- ✓ O Operador deverá publicar relatório anual de avaliação dos impactos e dos resultados das ações de responsabilidade social e ambiental; relação de produtos químicos, com potencial impacto à saúde humana e ao ambiente utilizados no processo, transportados e armazenados, contemplando suas quantidades e composições; informações específicas sobre a água utilizada nos fraturamentos, nominando claramente origem, volume captado, tipo de tratamento adotado e disposição final.



Fonte: Milani e Zalán, 1998

FIGURA 08

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Resolução de Diretoria**, n. 345, abr. 2014.

FREITAS, R. C. ; ROSTIROLLA, S. P. ; FERREIRA, F. J. F. Geoprocessamento multitemático e análise estrutural no Sistema Petrolífero Irati - Rio Bonito, Bacia do Paraná. **B. Geoci. Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 71-93, nov. 2005/maio 2006.

MILANI, E. J. ET al. Bacia do Paraná. Cartas Estratigráficas. **B. Geoci. Petrobras**, Rio de Janeiro, v.15. n. 2, p. 265-287, maio/nov. 2007 .

MILANI, E. J.; ZALÁN, P. V. Brazilian Geology Part 1: the Geology of Paleozoic Cratonic Basins and Mesozoic Interior Rifts of Brazil. *In*: AAPG, INTERNATIONAL CONFERENCE & EXHIBITION, Rio de Janeiro. **Short Course Notes**.

PARLAMENTO EUROPEU. Departamento Temático. **Impacto da extração de gás e óleo de xisto no ambiente e na saúde humana**. Bruxelas, 2011. 99p.

U.S. Energy Information Administration – EIA. U.S. Department of Energy. **Annual Energy Outlook. With Projections to 2040**. Washington, April 2013. 707 p.

GLOSSÁRIO

Agente de Sustentação: material granular utilizado no fraturamento hidráulico para sustentar a fratura, impedindo seu fechamento após a interrupção da injeção do fluido de fraturamento e possibilitando a obtenção de um canal permanente de fluxo entre formação e poço, depois de concluído o bombeio de fluido e propagação da fratura. São exemplos: as areias, as areias tratadas com resina, os grãos cerâmicos e a bauxita.

Análise de Riscos: processo analítico sistemático alinhado com as melhores práticas de engenharia e produto de estudo de equipe multidisciplinar qualificada. Envolve a identificação dos perigos potenciais do conjunto de atividades a serem desenvolvidas com determinação qualitativa e/ou quantitativa da probabilidade de ocorrência e consequências de eventos potencialmente adversos, bem como os possíveis impactos ao homem e ao meio ambiente, indicando os critérios de aceitação de risco adotados bem como as medidas para a prevenção e mitigação dos cenários identificados.

Barreira de Segurança: conjunto de elementos capaz de conter ou isolar os fluidos dos diferentes intervalos permeáveis.

Ciclo de Vida do Poço: período durante o qual são desenvolvidas as atividades de projeto, construção, completação, produção e abandono do poço.

Efluente Gerado (flowback): fluido de retorno resultante do fraturamento hidráulico podendo conter argilas, sais, partículas de rocha, fluidos oriundos do reservatório não convencional e água de fraturamento. No geral o refluxo ocorre entre 7 a 10 dias após execução da perfuração, porém continuando por 3 a 4 semanas. Estes fluidos são armazenados em tanques e podem ser tratados e reusados em outro local de perfuração ou transportado para adequada destinação.

Fluidos de fraturamento (Slickwater): composto formado pela combinação de água e produtos químicos empregados no fraturamento hidráulico para redução da fricção, manutenção da pressão e aumento do fluxo de fluido ao longo da sondagem executada.

Folhelho: rocha sedimentar com baixa permeabilidade que difere das rochas de composição similar por apresentar laminações menores que um centímetro de espessura

Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional: técnica de injeção de fluidos pressurizados no poço, em volumes acima de 3.000 m³, com objetivo de criar fraturas em determinada formação cuja permeabilidade seja inferior a 0,1mD (mili Darcy), viabilizando a recuperação de hidrocarbonetos contidos nessa formação.

Lençol Freático: profundidade a abaixo da qual os espaços porosos e fissuras dos solos e rochas estão completamente saturados por água

Propante: material granular utilizado no fraturamento hidráulico para sustentar a fratura, impedindo seu fechamento após a interrupção da injeção do fluido de fraturamento e possibilitando a obtenção de um canal permanente de fluxo entre formação e poço depois de concluído o bombeio de fluido e propagação da fratura. São exemplos: as areias, as areias tratadas com resina e os grãos cerâmicos.

Reservatório Não Convencional: rocha de permeabilidade inferior a 0,1 mD, contendo hidrocarbonetos, onde se executa fraturamento hidráulico visando à produção desses hidrocarbonetos.

Sistema de Gestão de Ambiental: plano detalhado de controle, tratamento e disposição de resíduos sólidos e líquidos provenientes das atividades de perfuração e fraturamento hidráulico, contemplando a estratégia de disposição de Barreira de Segurança.

Sondagens Horizontais: processo de perfuração que se inicia na vertical e quando na camada de interesse passa a ser horizontal por mais de centenas de metros. Em média, as sondagens horizontais efetuadas na direção do acamamento da rocha produzem de 3 a 5 vezes mais gás natural que aquelas executadas na vertical.