



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

**Conselho Nacional de Recursos Hídricos
Seminário sobre Exploração e Produção de Gás
a partir de reservatórios não convencionais**

*Padrões de segurança operacional e de preservação do meio ambiente para a
atividade de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional*

**Hugo Affonso
Superintendente-adjunto de Segurança Operacional e Meio Ambiente
Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**

Brasília, 22 de setembro de 2014







anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Consulta e audiência públicas

Consulta Pública de 30 dias: a partir de 18 de outubro de 2013 (www.anp.gov.br)

195 contribuições de agentes regulados, institutos e demais interessados.

Audiência Pública: 18 de novembro de 2013

Publicação: 10 de abril de 2014



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Estrutura da Resolução

- 1. Definições**
- 2. Sistema de Gestão Ambiental**
- 3. Dos estudos e levantamentos necessários para aprovação das operações**
- 4. Projeto de poço com Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional**
- 5. Simulação de fraturas**
- 6. Análises de Riscos**
- 7. Execução das Operações**
- 8. Resposta à emergência**
- 9. Disposições Finais e Transitórias**



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional

Art. 1º, inciso XIV: 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**, viabilizando a recuperação de hidrocarbonetos contidos nessa formação.



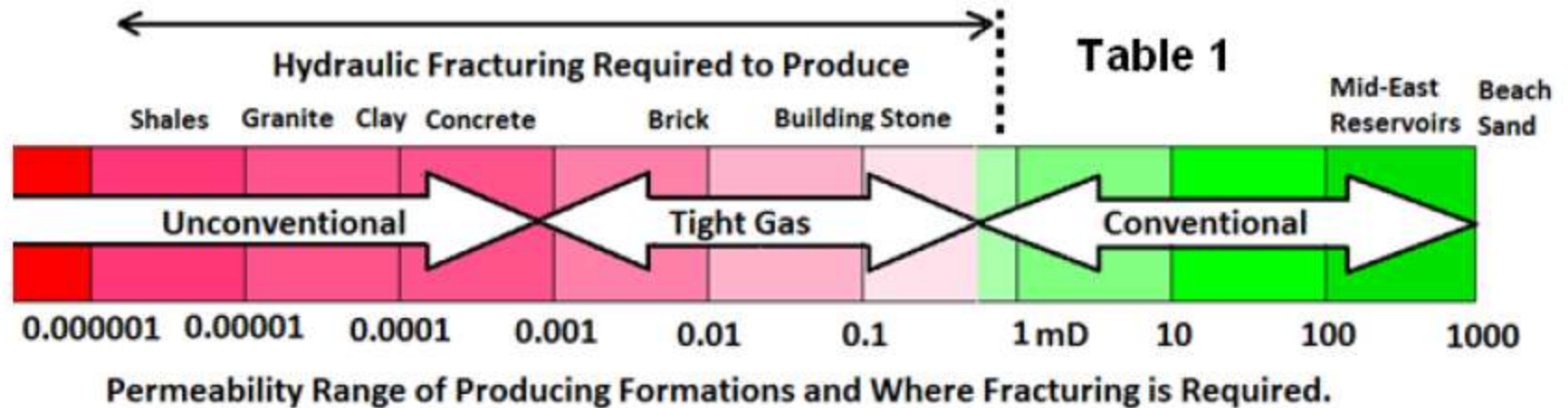
anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

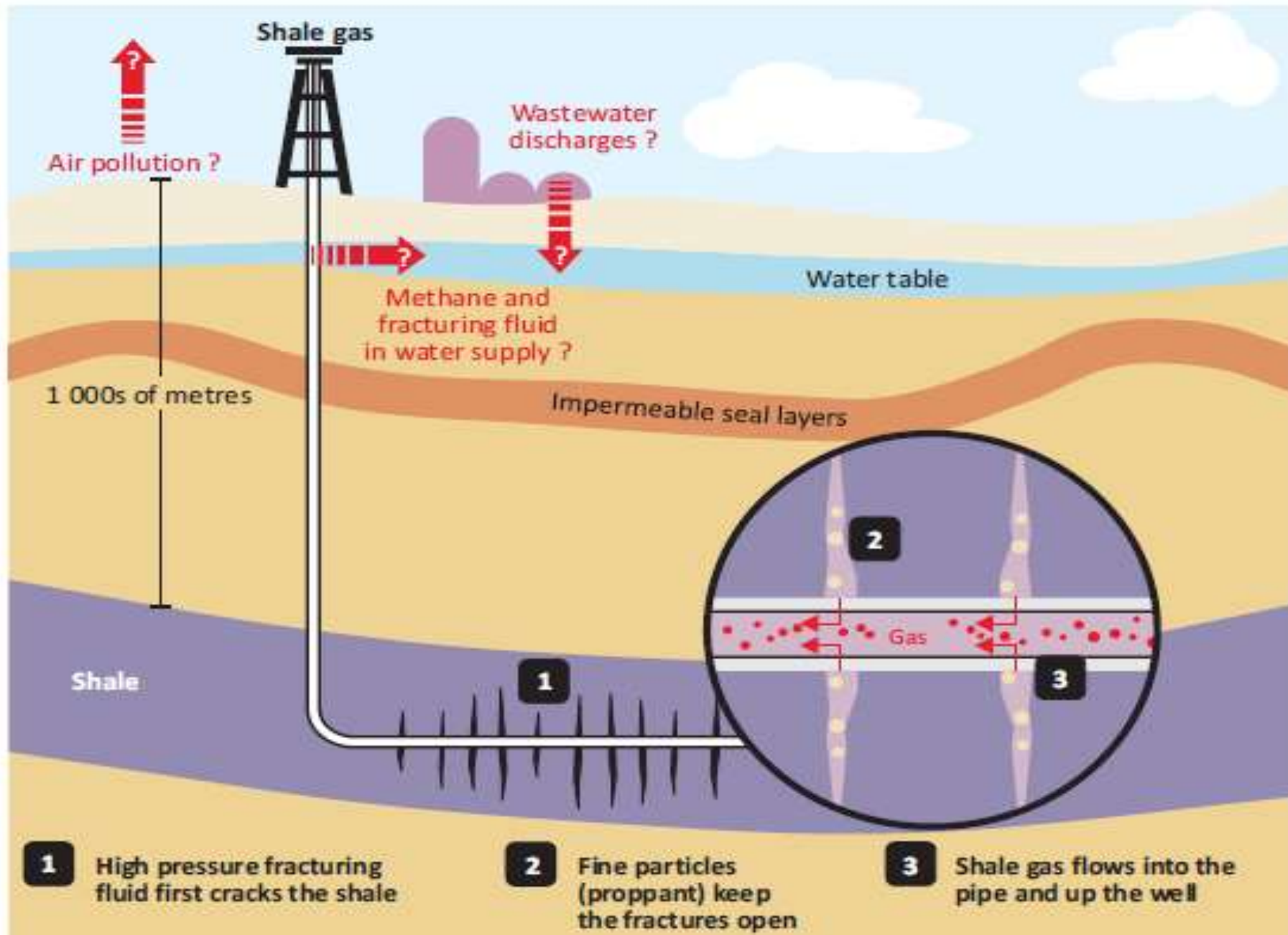
Convencional vs. Não Convencional

FRATURAMENTO HIDRÁULICO	Pressão de injeção (psi)	Volume injetado (m³)	Vazão (bmp)	Potência Hidráulica (HHP)	Permeabilidade (mD)
CONVENCIONAL	4.500	700	35	3.200	1 a 10
NÃO CONVENCIONAL	10.000	3.000 - 16.000	90	25.000	0,0001



Permeabilidade





Fonte da figura: International Energy Agency World Energy Outlook Special Report on Unconventional Gas 2012 - p.25
http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowsite/2012/goldenrules/weo2012_goldenrulesreport.pdf



- **Melhores Práticas da Indústria do Petróleo**
- **Plano detalhado de controle, tratamento e disposição de efluentes gerados**
- **Laudo prévio** fornecido por laboratório independente acreditado pelo INMETRO
- **Monitoramento** semestral da qualidade da água até o abandono do poço.



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Comunicação social (Art. 6º)

- 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 no fraturamento hidráulico** - origem, volume captado, tipo de tratamento adotado e disposição final;
- Informações quanto ao **monitoramento** da qualidade da água.



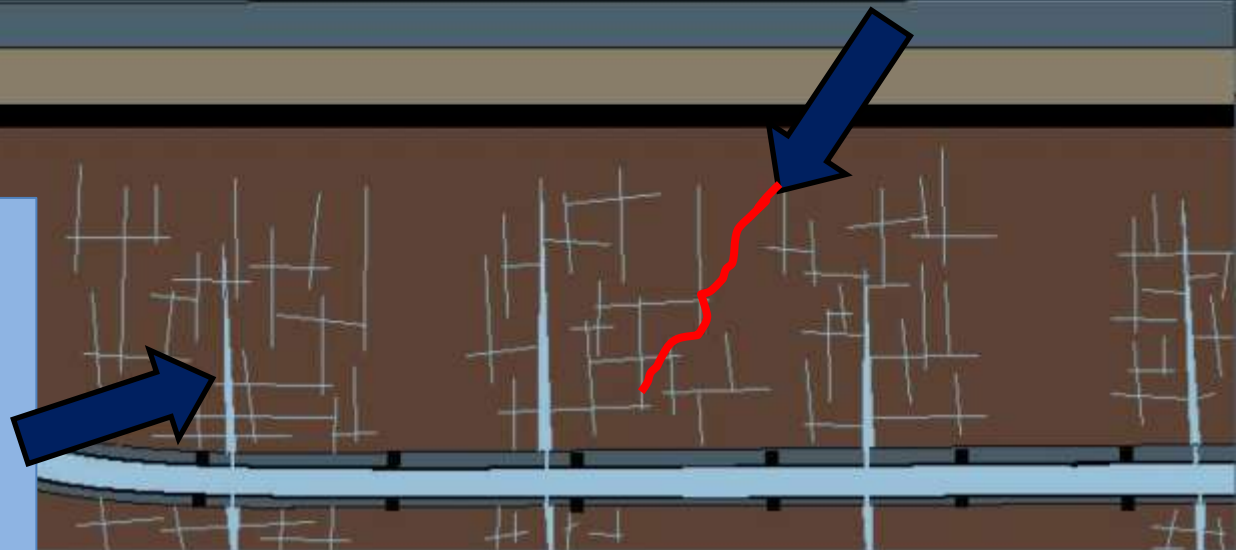
anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Dos estudos e levantamentos necessários para aprovação das operações (Art. 7º ao 9º)



• Riscos de **reativação de falhas** preexistentes ou de que as fraturas geradas alcancem qualquer corpo hídrico subterrâneo - reduzidos a níveis toleráveis;

• Garantia, por meio de testes, modelagens, análises e estudos, de que o **alcance máximo das fraturas** projetadas permanecerá a uma distância segura dos corpos hídricos;



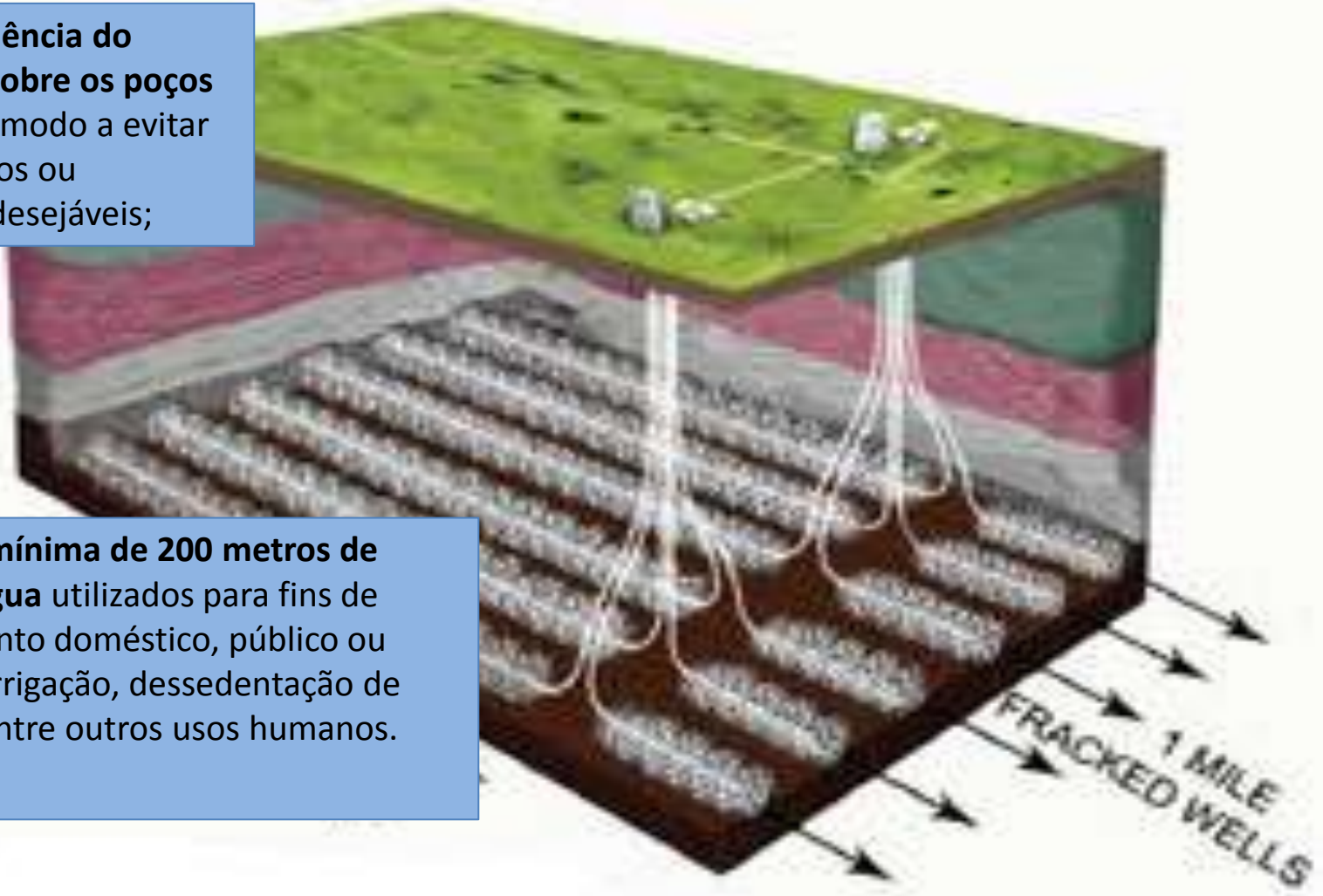


anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Dos estudos e levantamentos necessários para aprovação das operações (Art. 7º ao 9º)

Análise da **influência do fraturamento sobre os poços adjacentes**, de modo a evitar efeitos sinérgicos ou cumulativos indesejáveis;

- **Distância mínima de 200 metros de poços de água** utilizados para fins de abastecimento doméstico, público ou industrial, irrigação, dessedentação de animais, dentre outros usos humanos.





anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Dos estudos e levantamentos necessários para aprovação das operações (Art. 7º ao 9º)

Art. 8º. A aprovação do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional pela ANP dependerá da apresentação pelo Operador, com antecedência mínima de 60 (sessenta) dias do início da perfuração, dos seguintes documentos:

- **Licença ambiental do órgão competente com autorização específica para as Operações de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional, quando aplicável;**
- **Outorga ou autorização para a utilização dos recursos hídricos, conforme Legislação Aplicável;**
- **Laudo fornecido por laboratório independente acreditado pelo INMETRO para corpos hídricos e poços de água em raio de 2.000 metros da cabeça do poço (Anexo II);**
- **Projeto de poço com Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional (simulação de fraturas e análise de risco) – ver Anexo I.**



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Dos estudos e levantamentos necessários para aprovação das operações (Art. 7º ao 9º)

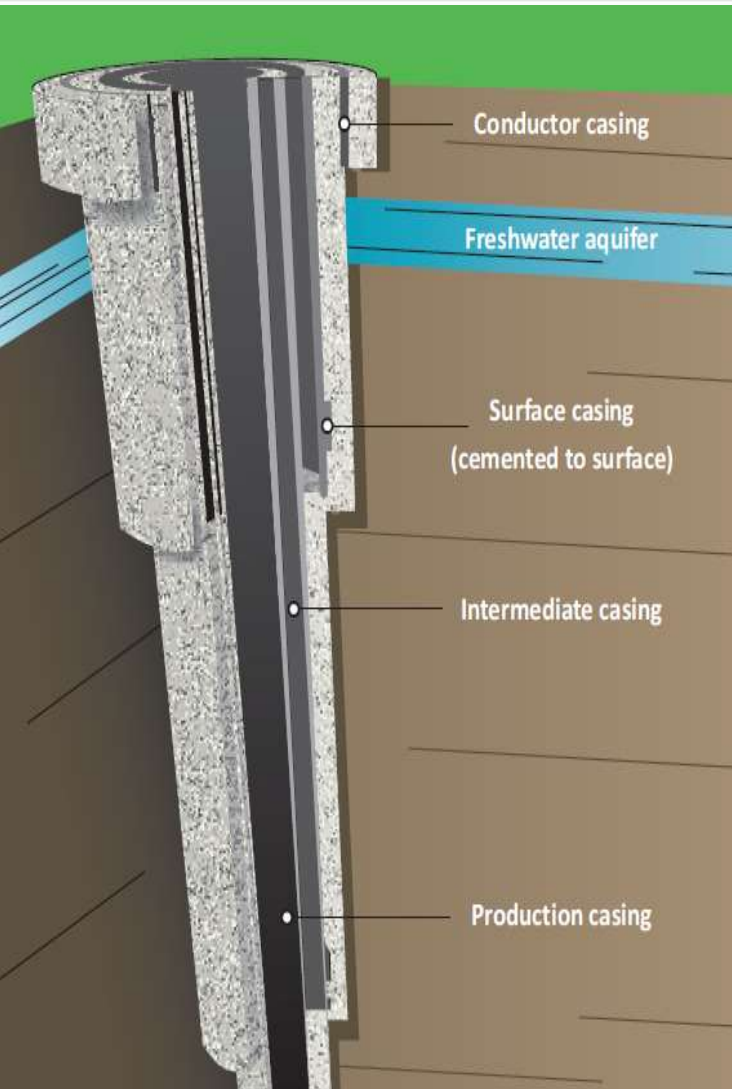
Art. 8º. A aprovação do Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional pela ANP dependerá da apresentação pelo Operador, com antecedência mínima de 60 (sessenta) dias do início da perfuração, dos seguintes documentos:

- **Declaração de Responsável Técnico Designado** pela empresa de que o projeto atende aos requisitos legais aplicáveis e que foram realizados os testes, modelagens, análises e estudos alinhados com as melhores práticas de engenharia os quais permitiram concluir que, sendo executado o projeto, os riscos de falhas preexistentes serem reativadas ou das fraturas geradas alcançar qualquer Corpo Hídrico Subterrâneo existente foram reduzidos a níveis toleráveis; e
- **Estudos e avaliação de ocorrências naturais e induzidas de sísmica.**



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Projeto de poço



- Poços **integralmente revestidos** nos intervalos anteriores ao reservatório não convencional.
- Revestimentos dimensionados de modo a **suportar as tensões previstas** durante seu ciclo de vida, e constituídos de **material resistente aos fluidos** produzidos, injetados e recuperados;
- **Cimentação capaz de impedir a migração de fluidos das formações** mais profundas para qualquer corpo hídrico subterrâneo por meio das estruturas de poço e/ou pela área adjacente à cimentação;
- **Garantia da existência e integridade** de, pelo menos, duas barreiras de segurança independentes, solidárias e testadas, isolando as formações porosas e/ou formações contendo hidrocarbonetos e a superfície.



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Projeto de poço e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional

III – Descrição do projeto do poço e de cada uma das suas fases

- diagrama completo do poço que contenha as informações gerais das fases a serem perfuradas, contendo, no mínimo, coluna litológica prevista, topos de unidades estratigráficas, profundidades finais, diâmetros, revestimentos, fluidos, e programas de testemunhagem, amostragem e perfis;
- curvas de geopressões com os dados históricos de testes de pressão e integridade da formação;
- trajetória do poço, objetivos da perfuração e parâmetros esperados do reservatório (profundidade, gradiente de pressões, pressão de fechamento das fraturas, transmissibilidade, permeabilidade, porosidade);
- elementos de segurança de poço (BOP, cabeça de injeção, ...).



•**Art. 12** O Operador deverá aplicar **método de modelagem** utilizando dados geomecânicos, alinhado com as melhores práticas de engenharia, para realizar a simulação das operações de fraturamento;

*O Operador somente poderá dar continuidade à implementação do projeto **caso seja insignificante a possibilidade** de que as fraturas geradas ou que a reativação de eventuais falhas preexistentes se estendam até intervalos não permitidos;*

Art. 23 *Durante as etapas de canhoneio e estágios de fraturamento, o Operador deverá empregar microssísmica ou outros métodos comprovadamente equivalentes para **demonstrar que os limites inferior e superior das fraturas geradas obedecem às simulações** do fraturamento hidráulico em reservatório não convencional.*

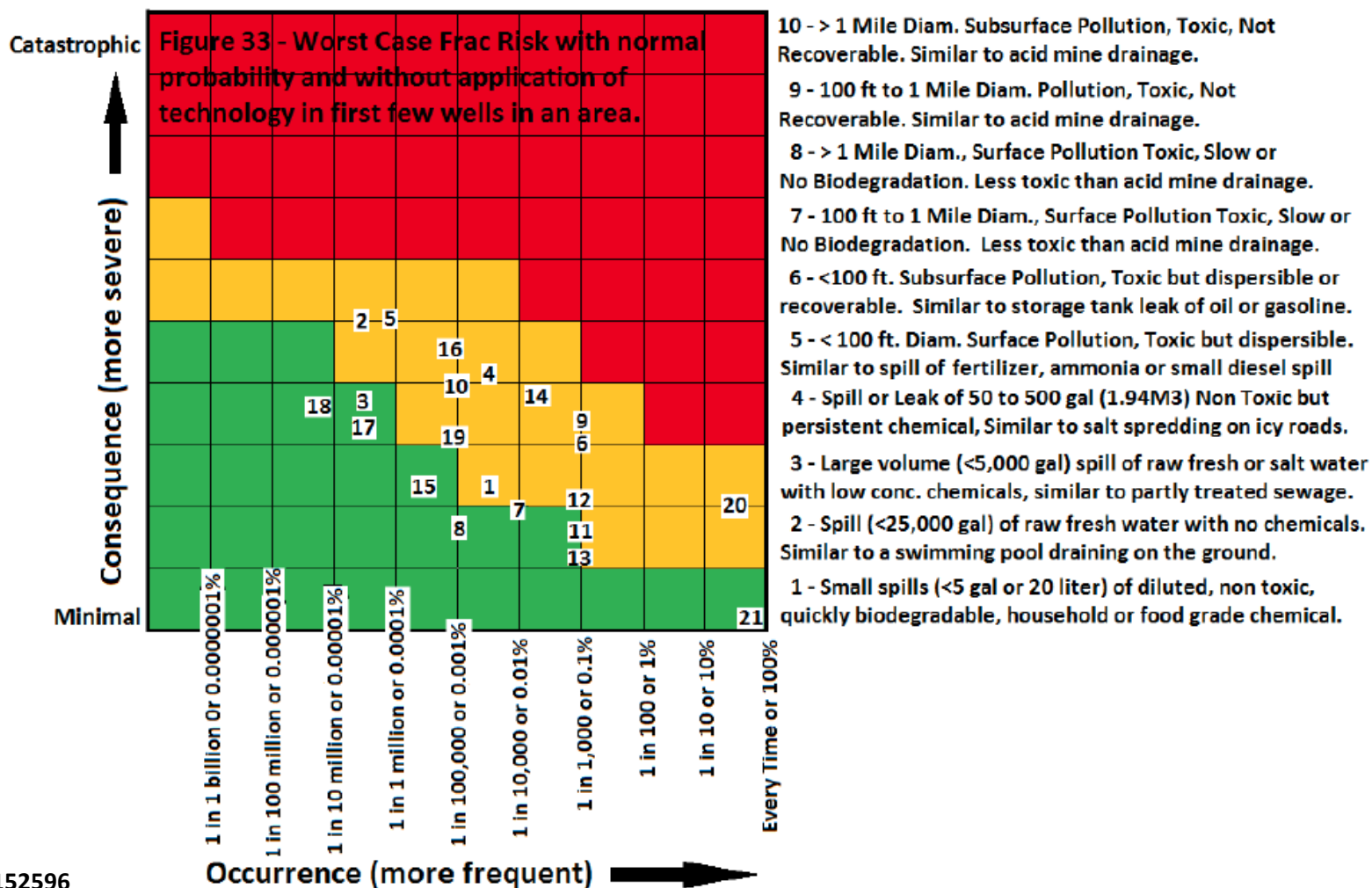


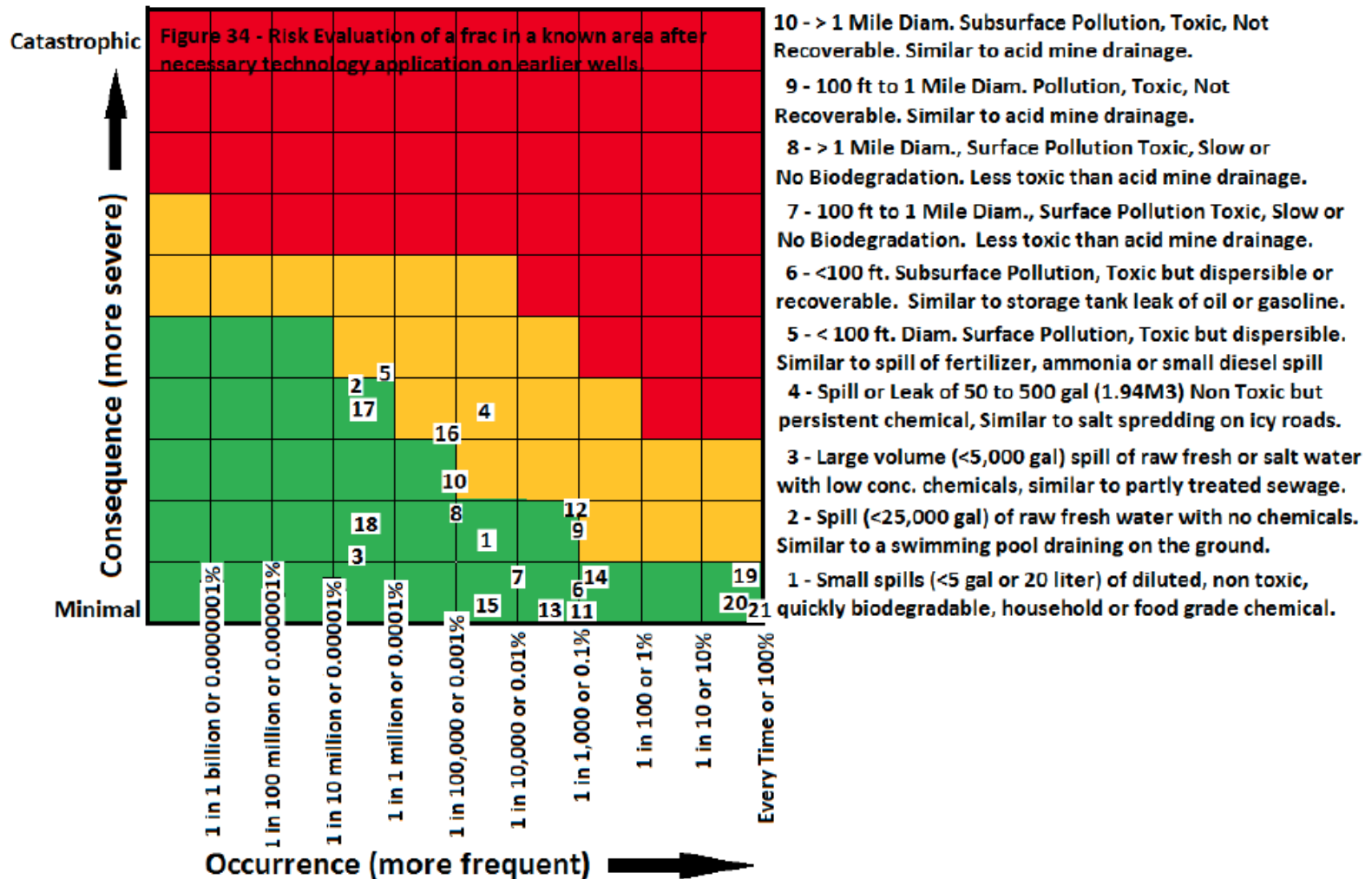
anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Projeto de poço e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional

VI - Análise de Riscos e Resposta à emergência

- Cenários acidentais identificados nas análises de risco para as atividades de perfuração, fraturamento hidráulico, monitoramento de aquífero, controle, tratamento e disposição de efluentes gerados;
- Medidas de redução de riscos e de resposta aos incidentes relacionados com os respectivos cenários;
- Descrição e quantificação dos recursos de resposta bem como sua disponibilidade e localização.







anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Projeto de poço e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional

IV – Projeto de Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional

- Descrição da modelagem para realizar a simulação das operações de fraturamento;
- Resultados da modelagem, contendo: (i) geometria estimada das fraturas; (ii) distância mínima estimada entre as fraturas, os poços adjacentes e aquíferos; (iii) identificação da localização espacial da zona de possível influência do fraturamento.

Estudo de interconexão entre poços

- integridade de todos os poços existentes na proximidade, em um raio de 500 metros;
- descrição detalhada do fraturamento e verificação da compatibilidade entre as pressões máximas admissíveis dos elementos expostos e as pressões a serem utilizadas durante o fraturamento;
- análise de riscos do fraturamento, considerando a existência de todos os poços e operações de fraturamento, no raio de 500 metros.



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Projeto de poço e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional

V – Descrição da Operação de Fraturamento Hidráulico Não Convencional

- estimativa de volume de água necessário para o fraturamento hidráulico e volume de água a ser recuperado e tratado após as operações;
- métodos de recuperação, tratamento e possível injeção do fluido de retorno (*flowback*);
- estratégia de controle, tratamento e destinação do efluente gerado - disposição medidas de contenção e barreiras de superfície;
- plano de amostragem do efluente gerado;
- componentes químicos que se pretende utilizar durante o fraturamento - potencial de reação em contato com águas subterrâneas, rochas, vegetais e seres humanos e as medidas de controle;
- análise da influência da injeção do fluido de fraturamento no reservatório e nos demais poços existentes ou a serem perfurados na área sob contrato;



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Projeto de poço e Fraturamento Hidráulico em Reservatório Não Convencional

.....

- dimensões, extensão e geometria das fraturas induzidas utilizando os parâmetros de operação (pressão, volume, vazão e viscosidade do fluido de fraturamento);
- sistema de monitoramento da operação de fraturamento - vazão de fluidos, pressão na cabeça de injeção, concentração de agente de sustentação e químicos;
- estágios de fraturamento do poço, número de fraturas por trecho horizontal ou vertical do poço;
- práticas a serem adotadas para reduzir os riscos operacionais no caso de múltiplos poços fraturados, caso ocorra a sobreposição de fraturas.
- programa da operação, testes de pressão nas linhas e equipamentos, testes prévios à operação visando à calibração da simulação de propagação de fraturas, e a sequência da operação de bombeio.



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis



Art. 19 – INTEGRIDADE DE
TUBULAÇÕES

Art. 22 – INSPEÇÕES,
MANUTENÇÃO - RTSGI



CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

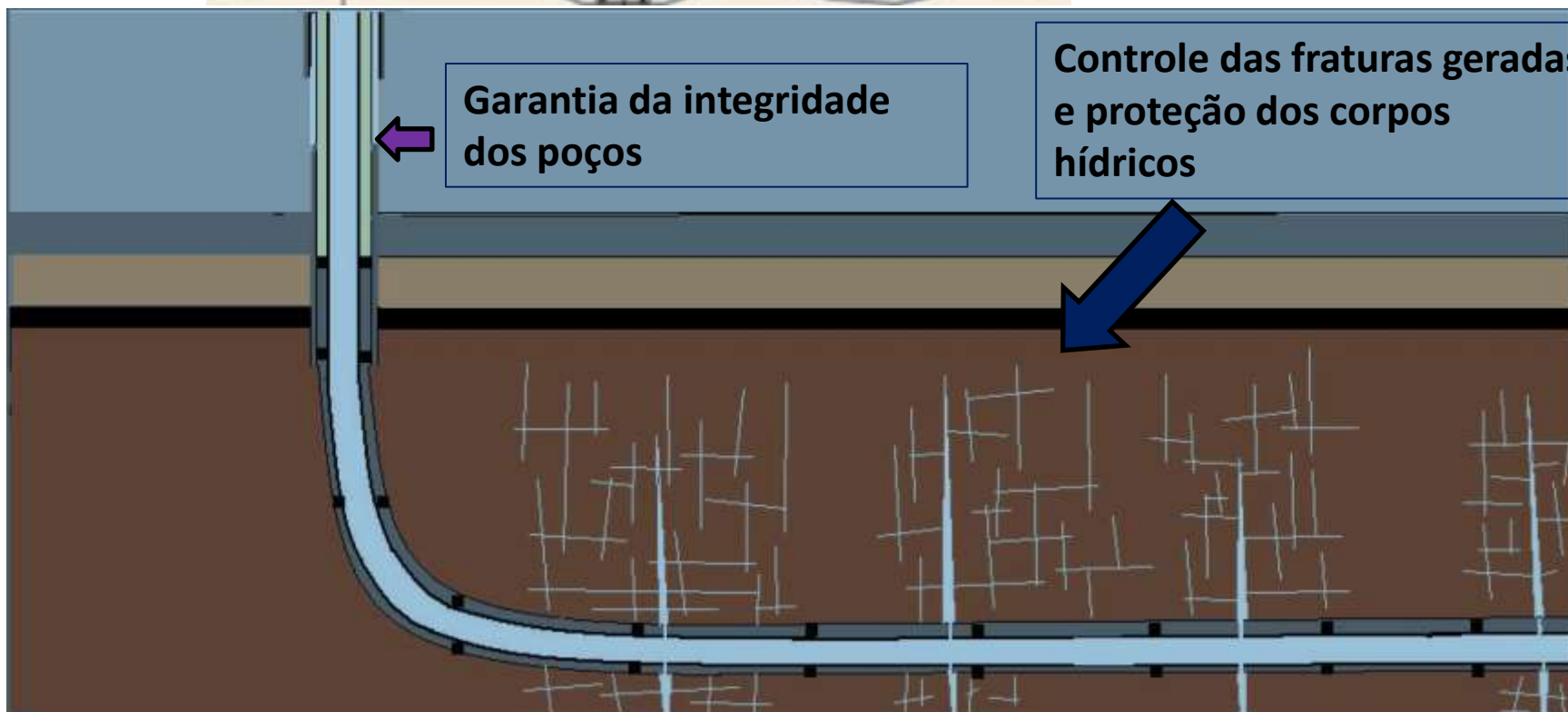
**Monitoramento da água
utilizada**

**Gestão de efluentes e
resíduos**

Comunicação social efetiva

**Garantia da integridade
dos poços**

**Controle das fraturas geradas
e proteção dos corpos
hídricos**





anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP

Av. Rio Branco, 65, 18º andar

tel. 21 2112-8436

www.anp.gov.br

Obrigado!

Hugo Manoel Marcato Affonso

Superintendente-adjunto

Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente

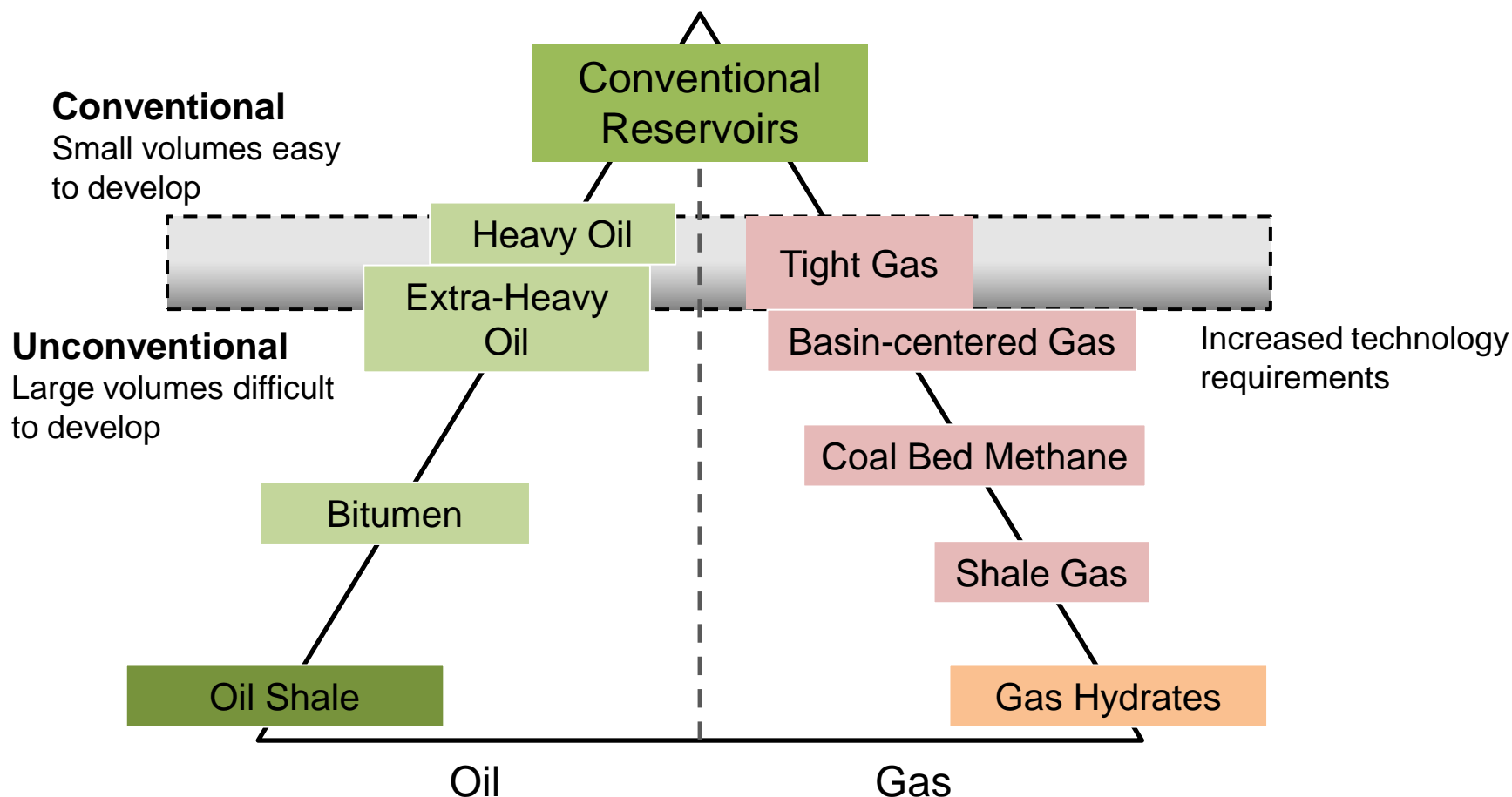
haffonso@anp.gov.br



anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Técnicas de estudo e modelagem de jazidas não convencionais

Resources triangle: petroleum volumes stored in unconventional reservoirs are substantially higher than in conventional reservoirs





anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Técnicas de estudo e modelagem de jazidas não convencionais

Decline curve analysis: estimate decline rate of historical production performance trends to extrapolate cumulative production to economic limit

Generally used in the mature stage of production, after well defined historical trends have been observed

Based on the assumption that factors controlling the fitted trend will continue in the future

Method of forecasting future production

Used to determine Estimated Ultimate Recovery (EUR)



There are three decline curve types (Arps equations)

1. Exponential decline

$$b = 0$$

Production
rate at time t

$$q_t = q_i e^{-D_i t}$$

Cumulative
production at
time t

$$N_p = \frac{q_i - q_t}{D_i}$$

Parameters

$$q_i, D_i$$

2. Harmonic decline

$$b = 1$$

$$q_t = \frac{q_i}{1 + D_i t}$$

$$N_p = \frac{q_i}{D_i} \ln \frac{q_i}{q_t}$$

$$q_i, D_i$$

3. Hyperbolic decline

$$0 < b < 1; b > 1$$

$$q_t = \frac{q_i}{(1 + b D_i t)^{1/b}}$$

$$N_p = \frac{q_i^b}{(1 - b) D_i} (q_i^{1-b} - q_t^{1-b})$$

$$q_i, D_i, b$$

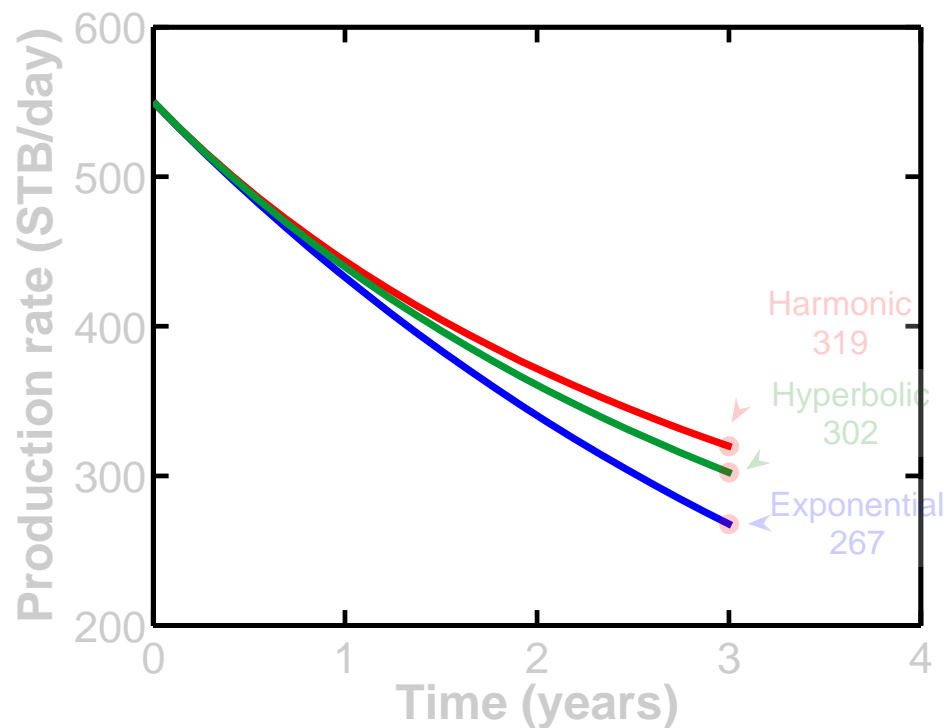
D : nominal decline rate (1/day)
 q : production rate (STB/day)
 t : time (day)
 K : proportionality constant
 b : hyperbolic-decline exponent



Comparison of decline curve types

Parameters	Value
Initial production rate (STB/day)	500
Initial decline rate (1/month)	0.02
Hyperbolic-decline exponent	0.6
Time (years)	3

- Exponential decline give conservative estimates
- Harmonic decline leads to more optimistic estimates

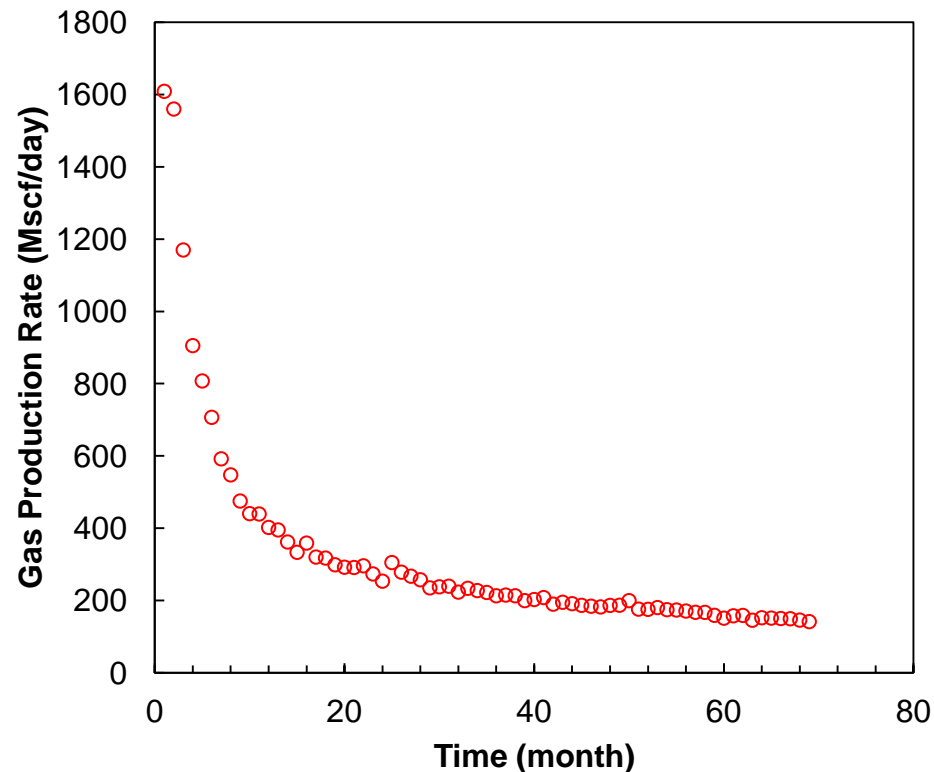




anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Técnicas de estudo e modelagem de jazidas não convencionais

Tight gas reservoir, Grand Valley field Williams Fork formation, Piceance Basin





anp
Agência Nacional
do Petróleo,
Gás Natural e Biocombustíveis

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP

Av. Rio Branco, 65, 18º andar

tel. 21 2112-8436

www.anp.gov.br

Obrigado!

Hugo Manoel Marcato Affonso

Superintendente-adjunto

Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente

haffonso@anp.gov.br