



**anp**  
Agência Nacional  
do Petróleo,  
Gás Natural e Biocombustíveis

**PROMINP / CTMA**  
**Workshop Técnico do Projeto MA-09**

**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**

**Hugo Manoel Marcato Affonso**  
**Superintendente-adjunto de Segurança Operacional e Meio Ambiente**

**Brasília, 25 de novembro 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](http://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



# 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**

Art. 1º, inciso XIV: Técnica de injeção de fluidos pressurizados no poço, em **volumes acima de 3.000 m<sup>3</sup>**, com objetivo de criar fraturas em determinada formação cuja **permeabilidade seja inferior a 0,1mD**, viabilizando a recuperação de hidrocarbonetos contidos nessa formação.



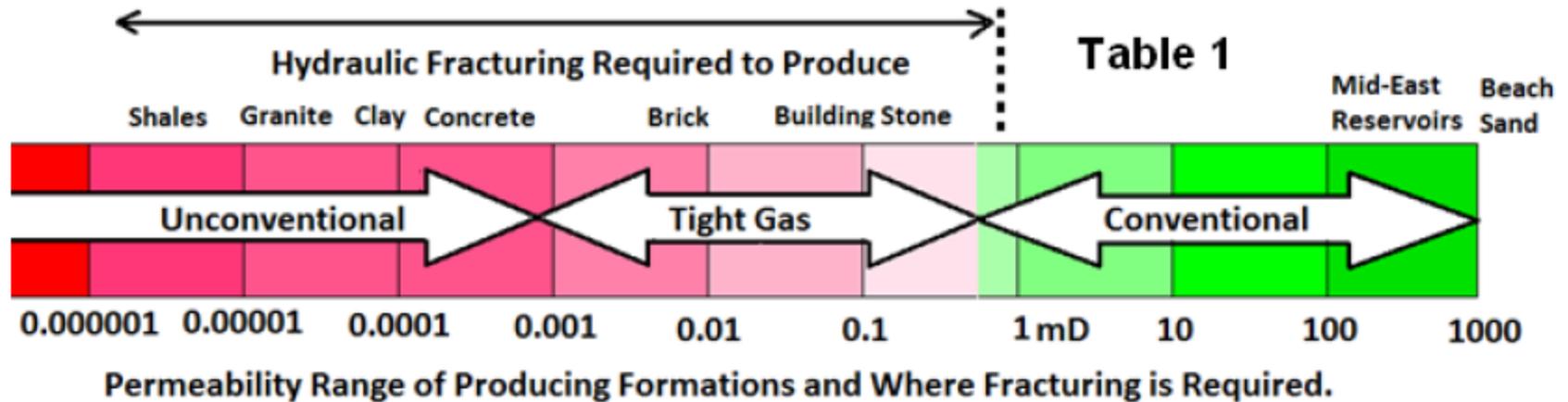
**anp**  
Agência Nacional  
do Petróleo,  
Gás Natural e Biocombustíveis

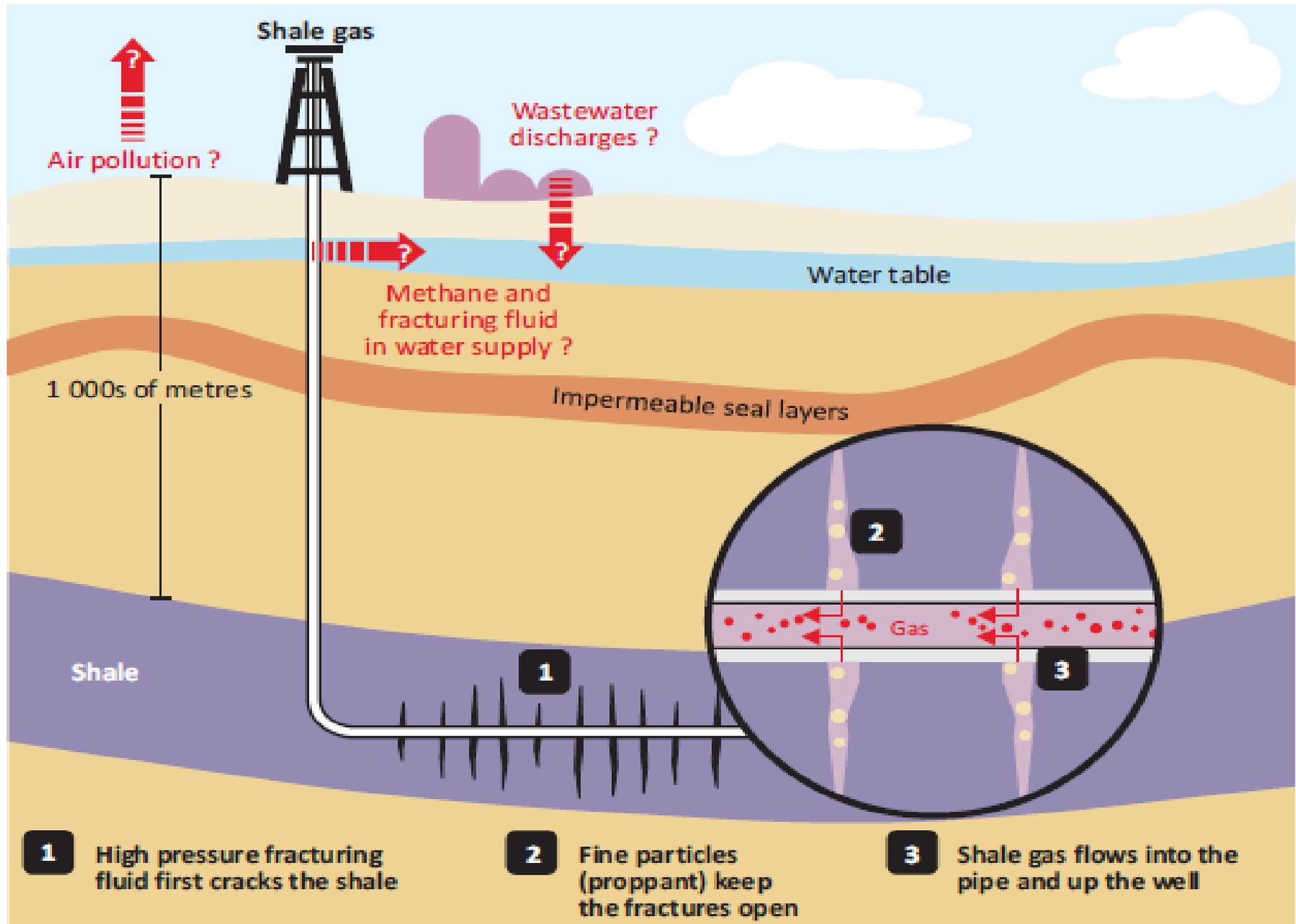
# Convencional vs. Não Convencional

<b>FRATURAMENTO HIDRÁULICO</b>	<b>Pressão de injeção (psi)</b>	<b>Volume injetado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vazão (bmp)</b>	<b>Potência Hidráulica (HHP)</b>	<b>Permeabilidade (mD)</b>
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/weowebiste/2012/goldenrules/weo2012\\_goldenrulesreport.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/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



- 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.



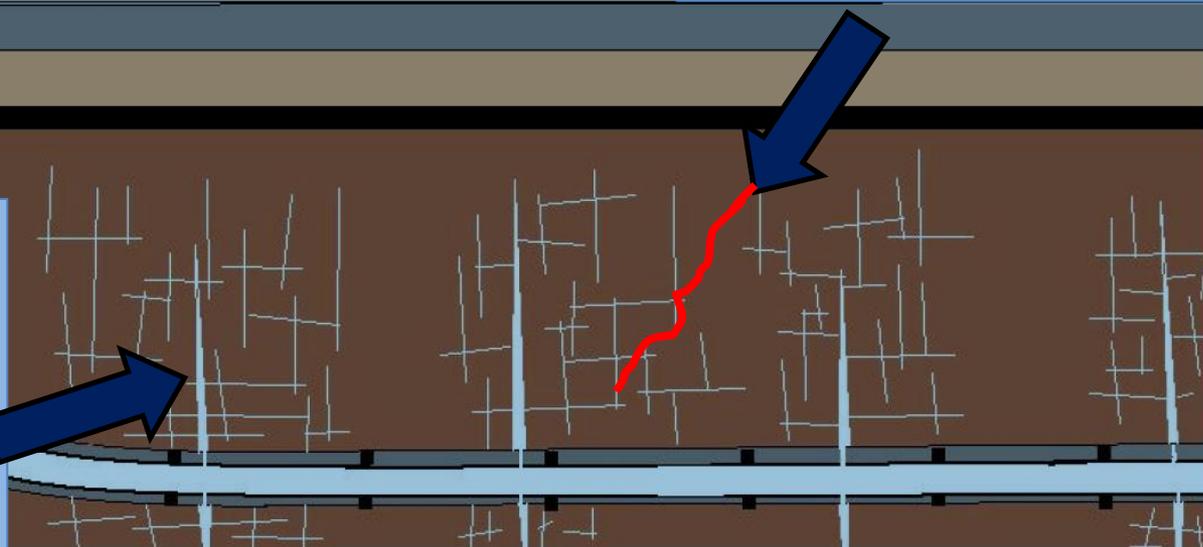
**anp**  
Agência Nacional  
do Petróleo,  
Gás Natural e Biocombustíveis

# 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**;



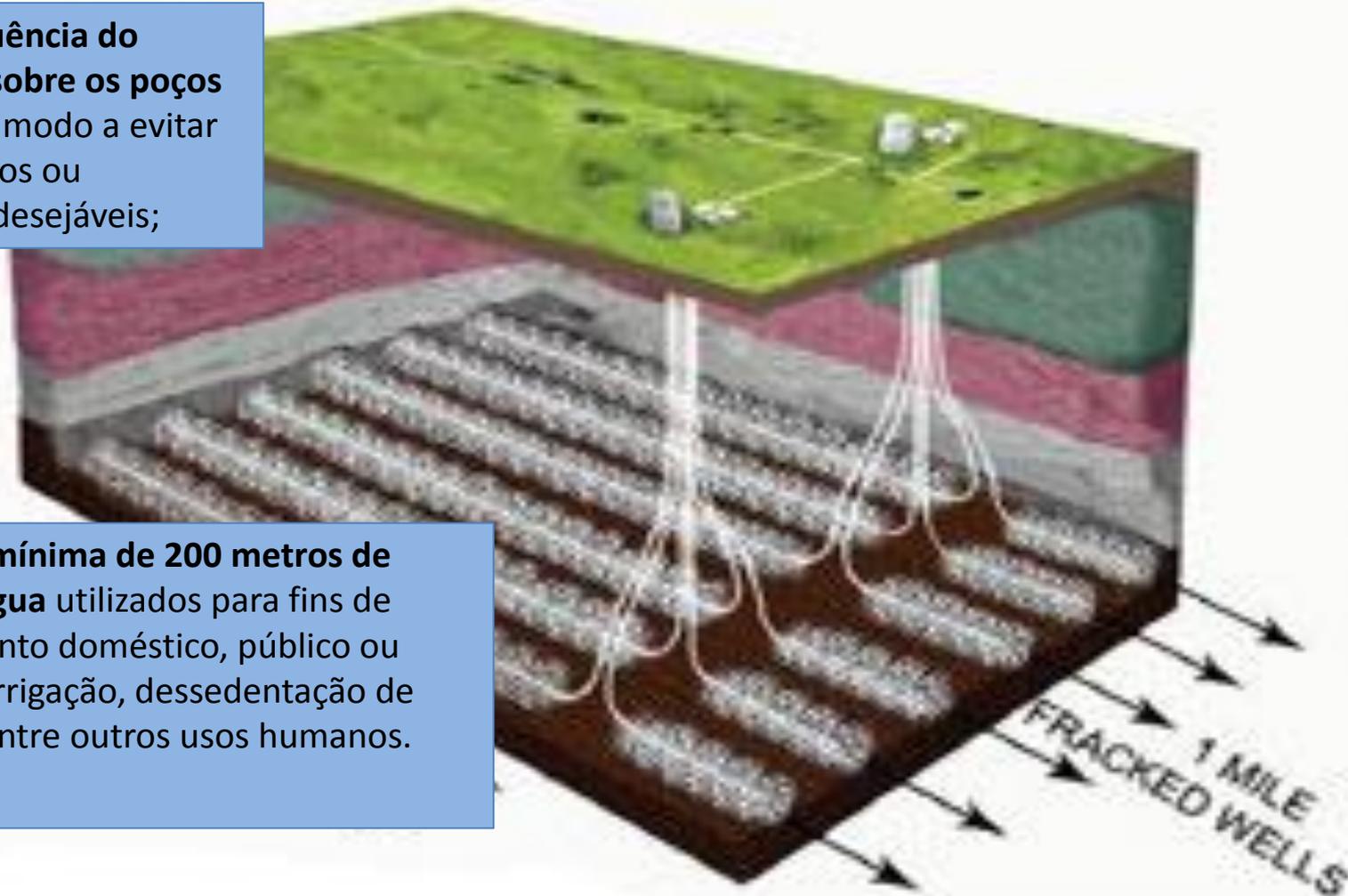


**anp**  
Agência Nacional  
do Petróleo,  
Gás Natural e Biocombustíveis

# 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.**

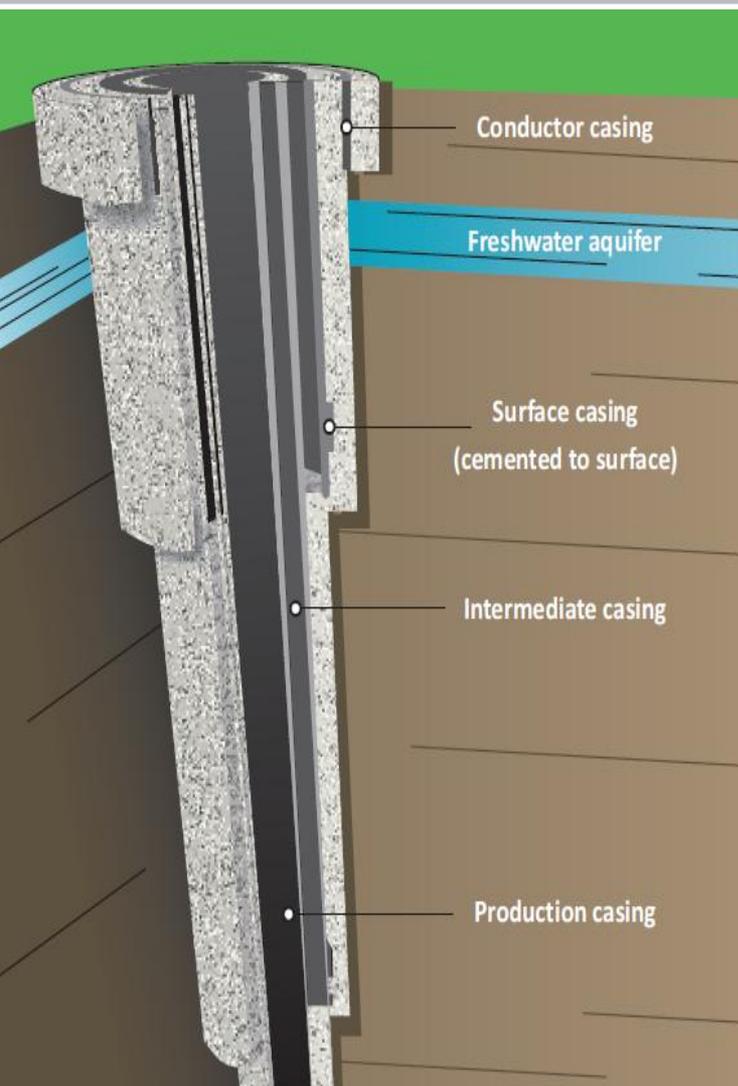


**anp**  
Agência Nacional  
do Petróleo,  
Gás Natural e Biocombustíveis

# 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.**



- 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.



### 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.***

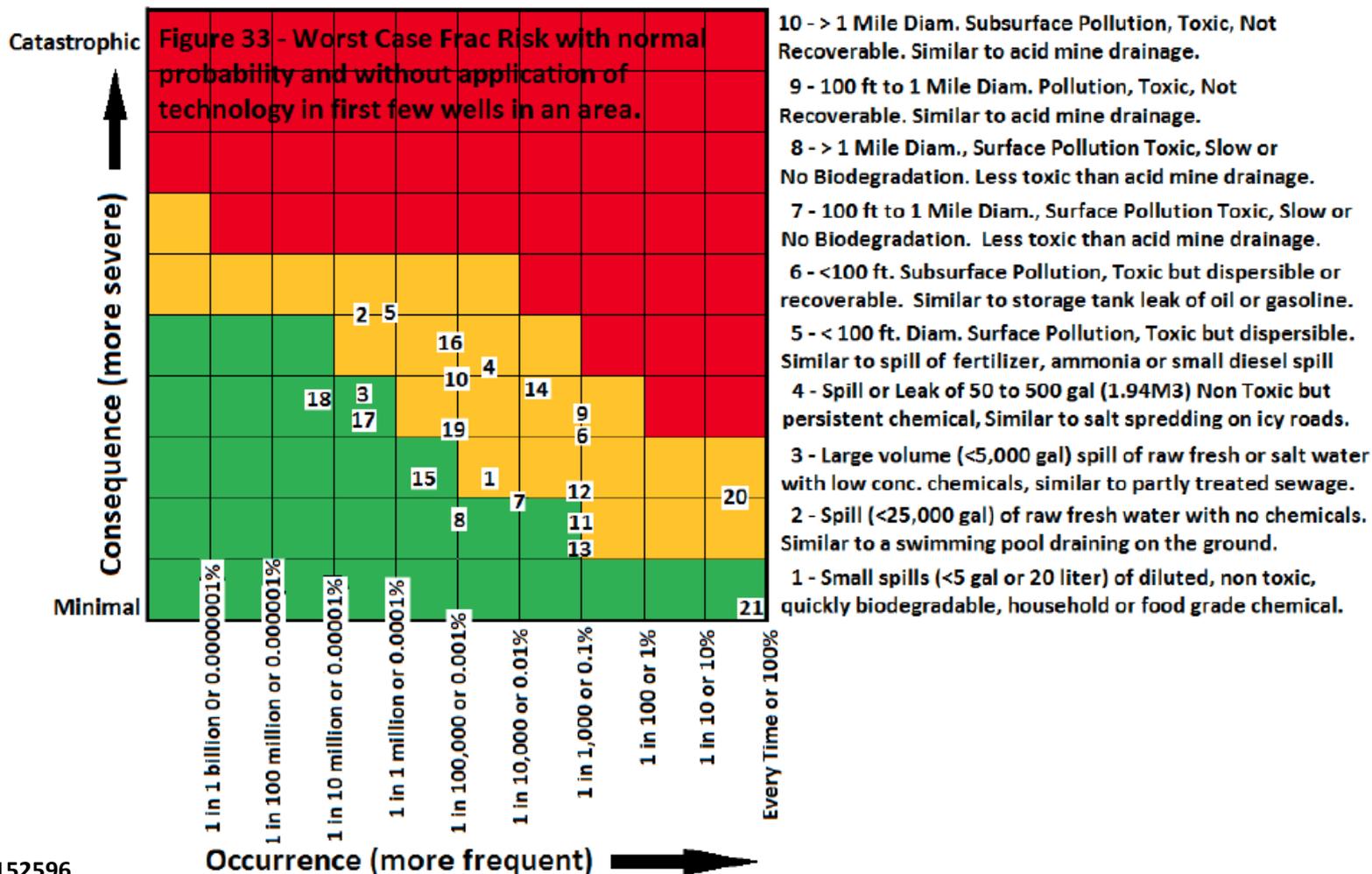


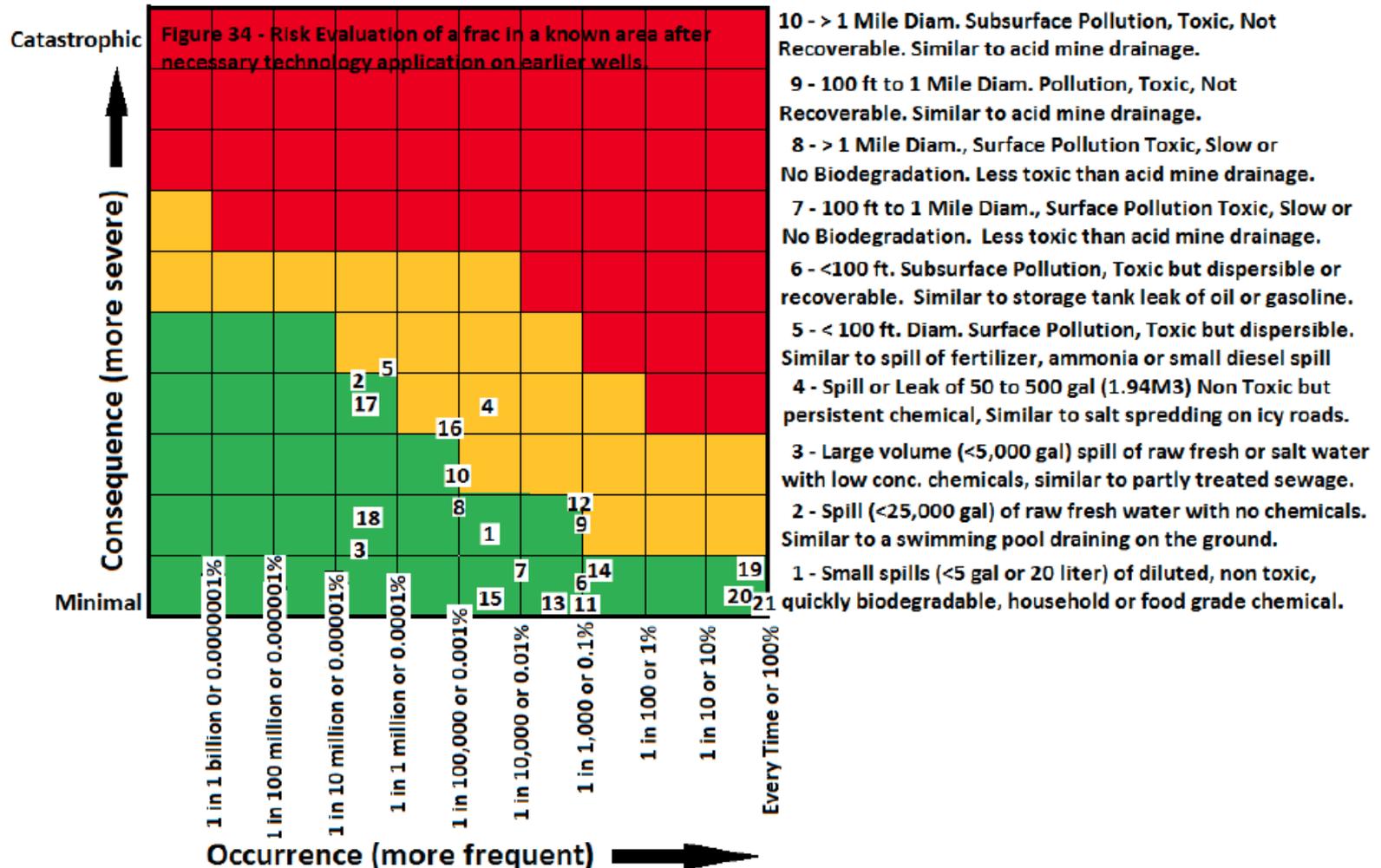
**anp**  
Agência Nacional  
do Petróleo,  
Gás Natural e Biocombustíveis

# 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.







## 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.



## 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

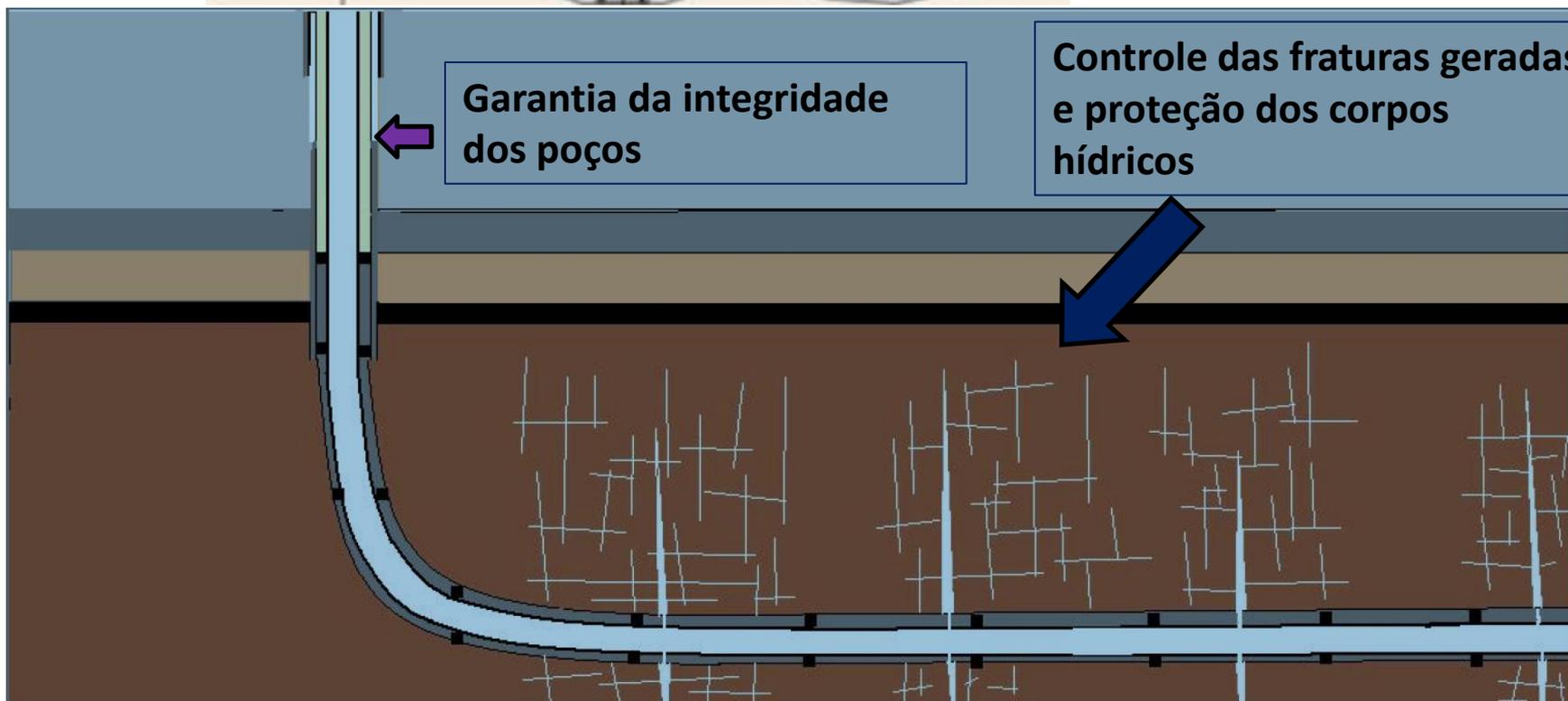
**Monitoramento da água utilizada**

**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 2112-8359**

**[www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)**

**Obrigado!**

Hugo Manoel Marcato Affonso

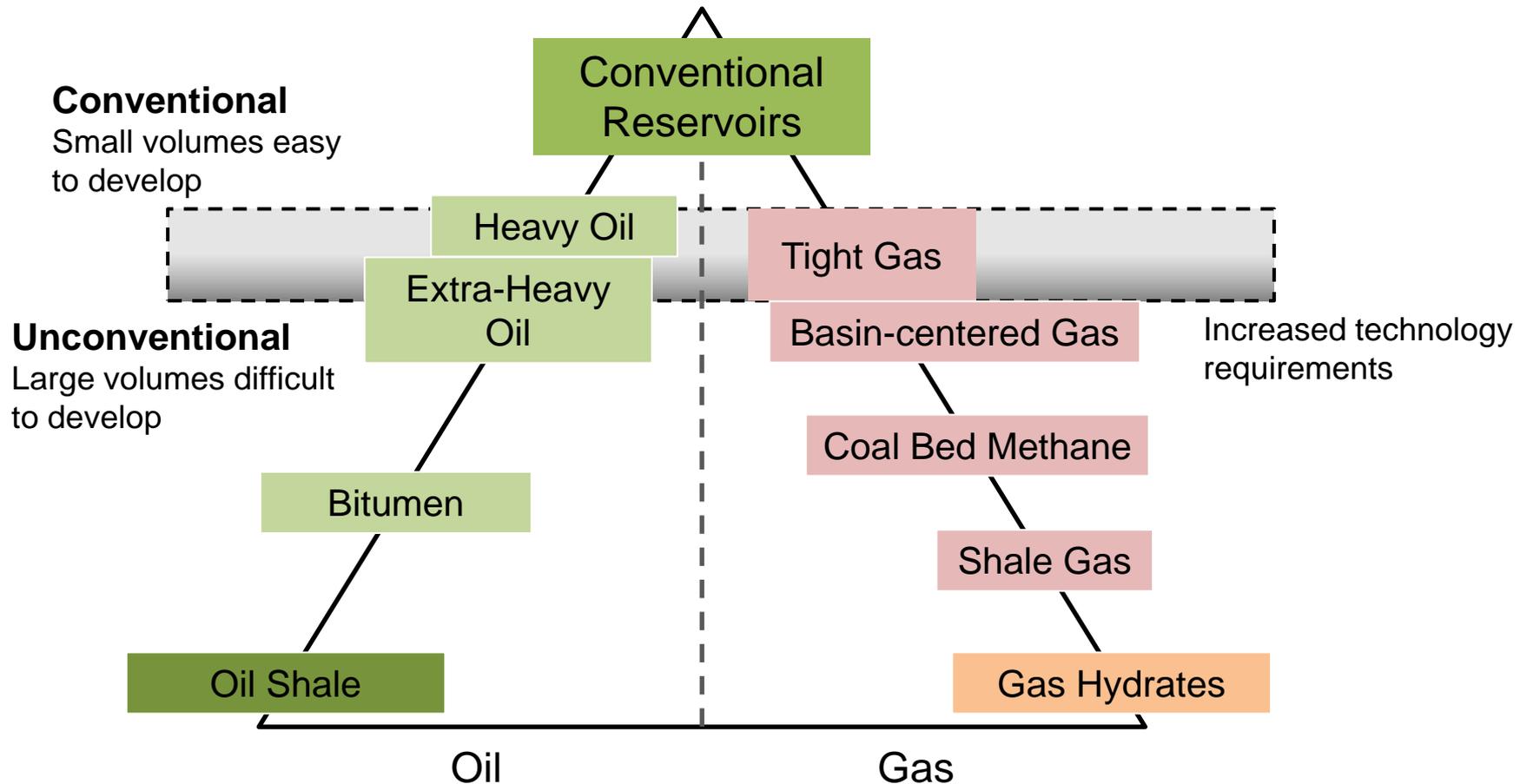
Superintendente-adjunto

Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente

[haffonso@anp.gov.br](mailto:haffonso@anp.gov.br)



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





**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

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

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

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

$$q_i, D_i, b$$

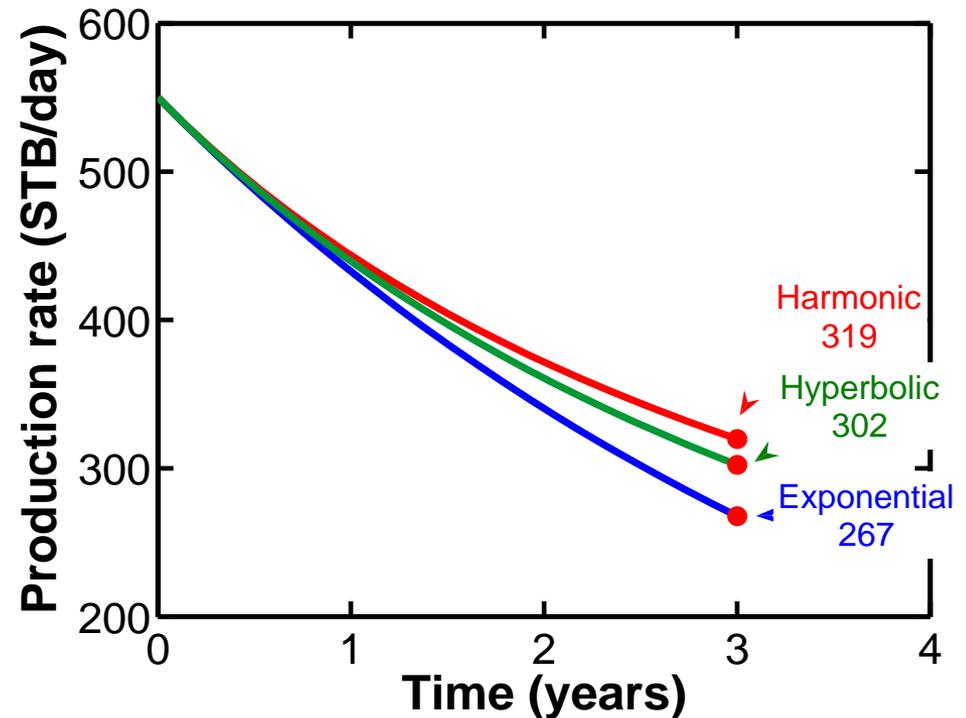
$D$  : nominal decline rate (1/day)  
 $q$  : production rate (STB/day)  
 $t$  : time (day)  
 $K$  : proportionality constant  
 $b$  : hyperbolic-decline exponent



## Comparison of decline curve types

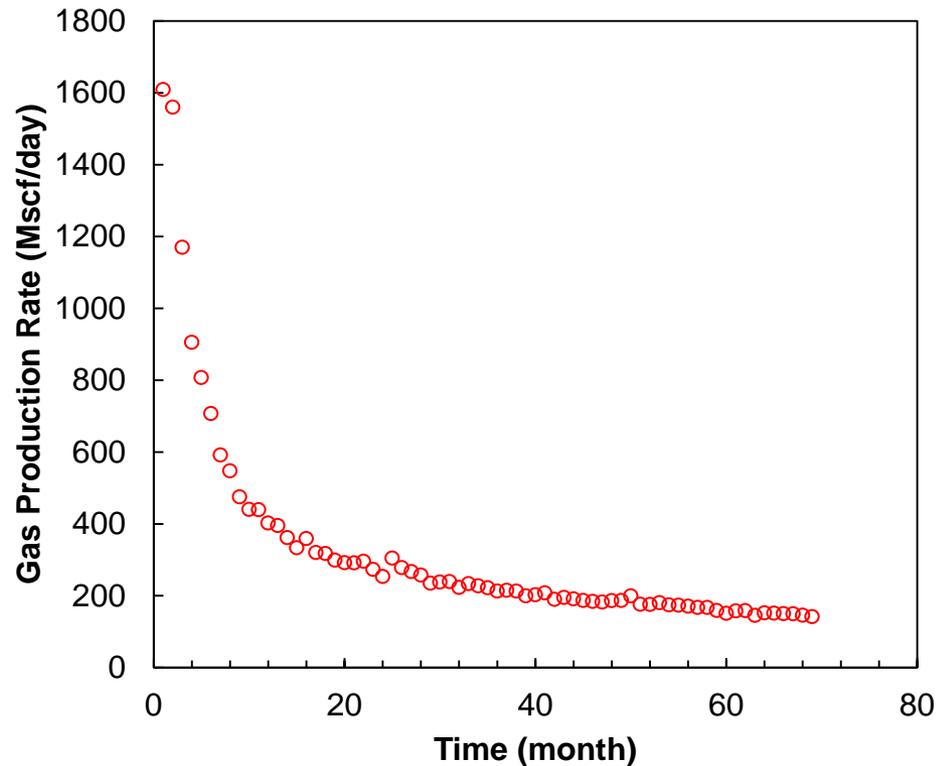
Parameters	Value
Initial production rate (STB/day)	500
Initial decline rate (1/month)	0.02
Hyperbolic-decline exponent	0.6
Time (years)	3

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





## **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](http://www.anp.gov.br)**

**Obrigado!**

Hugo Manoel Marcato Affonso

Superintendente-adjunto

Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente

[haffonso@anp.gov.br](mailto:haffonso@anp.gov.br)