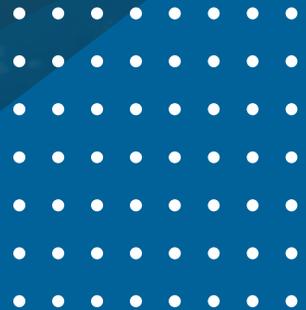
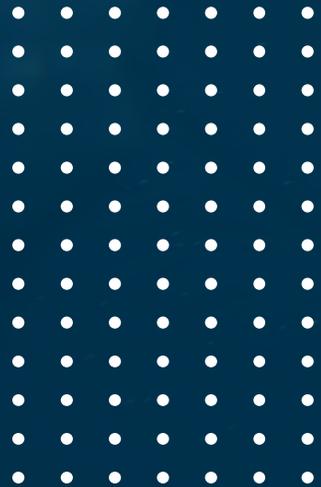


# Reinjeção de Gás

Garantindo o melhor aproveitamento dos recursos energéticos brasileiros

**Bruno Moczydlower**

PETROBRAS



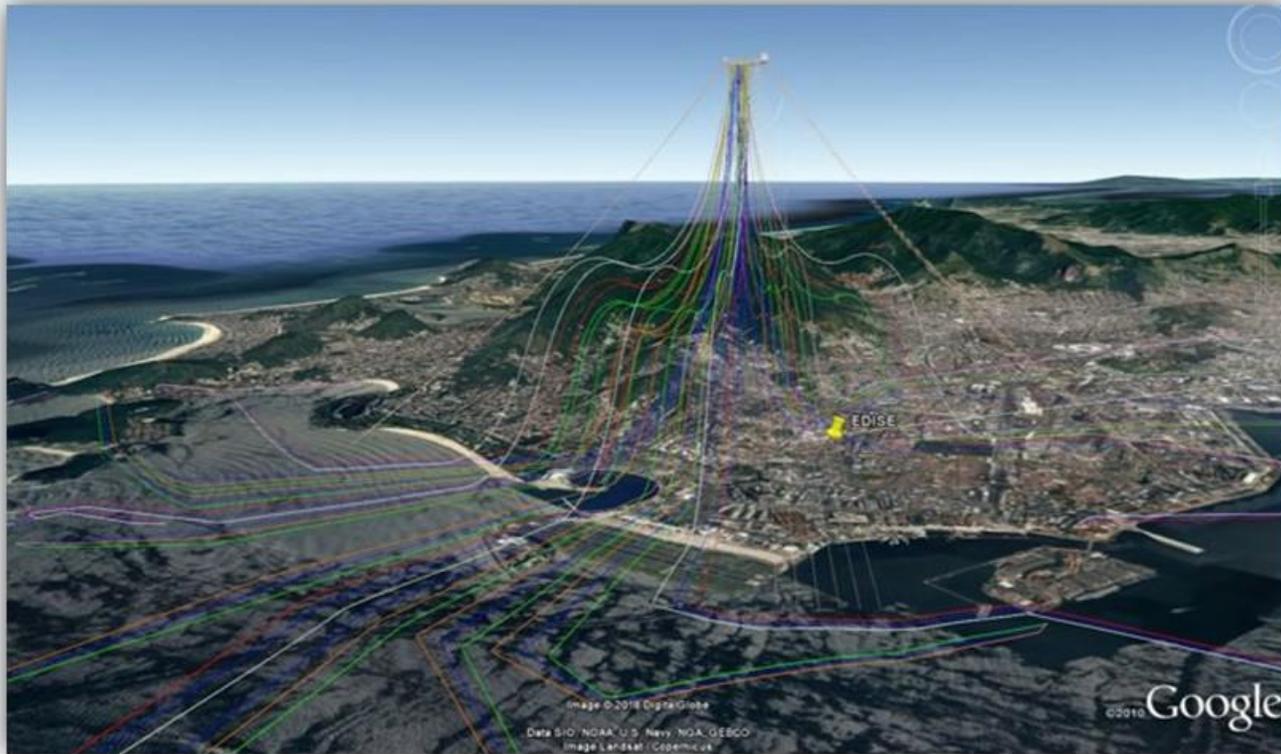
Agosto de 2023

- 1 Seleção de alternativas em um megaprojeto de águas profundas**
- 2 Por que a reinjeção de gás é competitiva no pré-sal brasileiro?**
- 3 Considerações Finais**

- 1 Seleção de alternativas em um megaprojeto de águas profundas**
- 2 Por que a reinjeção de gás é competitiva no pré-sal brasileiro?
- 3 Considerações Finais

# Projeto Típico de Exploração e Produção no Pré-Sal

A plataforma é “apenas” a parte visível de um sistema de altíssima complexidade



- Investimento da ordem de 5 bilhões de dólares
- Vida útil de projeto > 25 anos
- 10 a 20 poços por plataforma
- 200 a 350 km de linhas submarinas
- 2000 m de profundidade média de água
- Plataformas com peso > 60.000 t
- Geração de Energia ~100 MW
- Poços atingem até 7.000 m de profundidade

# Projeto Típico de Exploração e Produção no Pré-Sal

Como cada parte deste sistema é projetada de modo a termos o melhor projeto global? Por meio do processo de seleção de alternativas

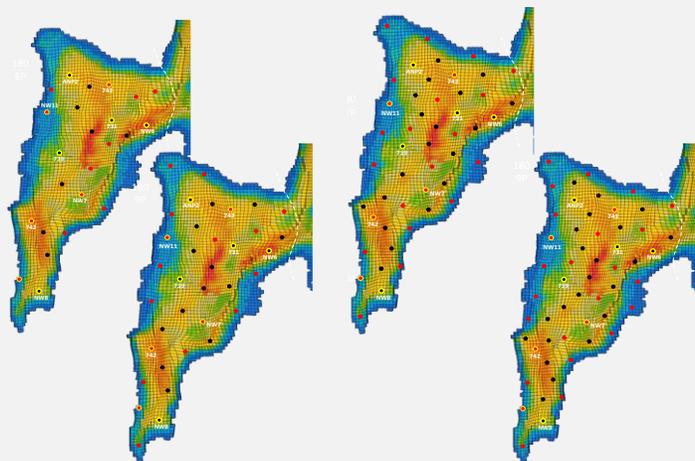
## ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO A SEREM TESTADAS E COMPARADAS

| PLANO DE DRENAGEM                   | POÇOS                          | SISTEMA SUBMARINO                          | PLATAFORMA                    |
|-------------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|
| Método de recuperação               | Geometria                      | Dutos flexíveis x rígidos                  | Número de plataformas         |
| Estratégia de aproveitamento do gás | Diâmetro                       | Diâmetros de risers e flowlines            | Capacidade ao óleo            |
| Número e locação de poços           | Estratégia de completação      | Poços satélites x sistemas compartilhados  | Capacidade ao gás             |
| Cronograma de poços                 | Uso de válvulas "inteligentes" | Umbilicais em termoplástico x tubos em aço | Capacidade de injeção de água |

# Projeto Típico de Exploração e Produção no Pré-Sal

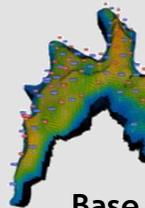
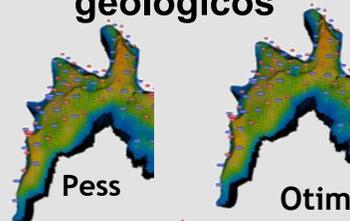
Como é feita a seleção de alternativas?

Diferentes estratégias de produção



Análise de Incertezas

Diferentes modelos geológicos



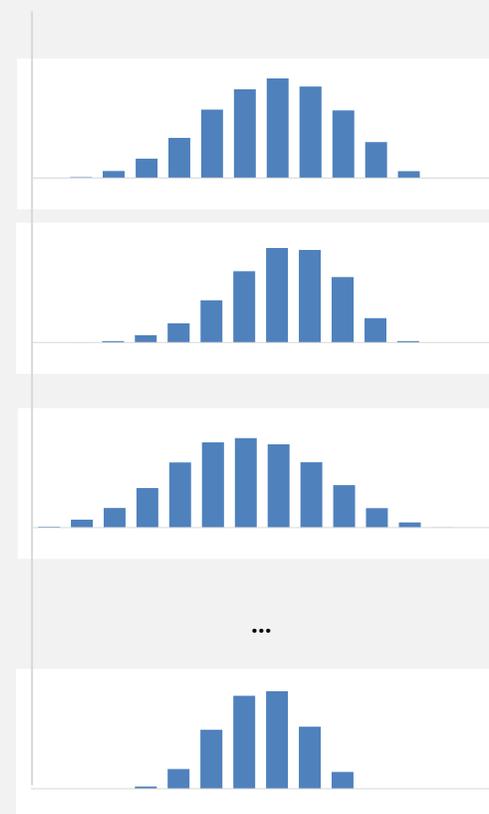
+

Parâmetros Dinâmicos

+

Parâmetros Econômicos

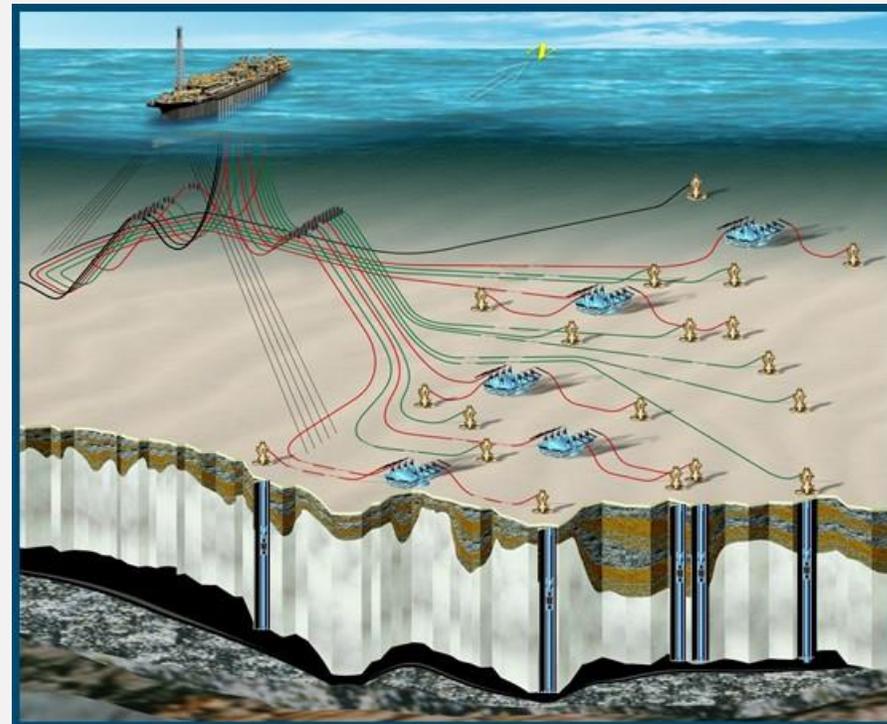
Distribuições de probabilidade de VRec e diferentes indicadores econômicos



# O critério para escolha observa as exigências legais, regulatórias e contratuais

Exigências legais (Leis 9.478/97 e 12.351/2010), regulatórias (RANP 17/2015) e contratuais (Contrato de Concessão e de Partilha de Produção)

- ✓ Melhores práticas da indústria
- ✓ Técnicas apropriadas de recuperação
- ✓ Racionalização da produção
- ✓ Controle do declínio das reservas
- ✓ Incremento do rendimento econômico e da produção das Jazidas



**Plano de Desenvolvimento** elaborado pelos Concessionários com observância das **exigências legais, regulatórias e contratuais** é submetido à **aprovação da ANP** e **norteia** os investimentos, a infraestrutura necessária e os processos que serão seguidos na produção

# A seleção de alternativa de um megaprojeto de E&P considera então diversos critérios

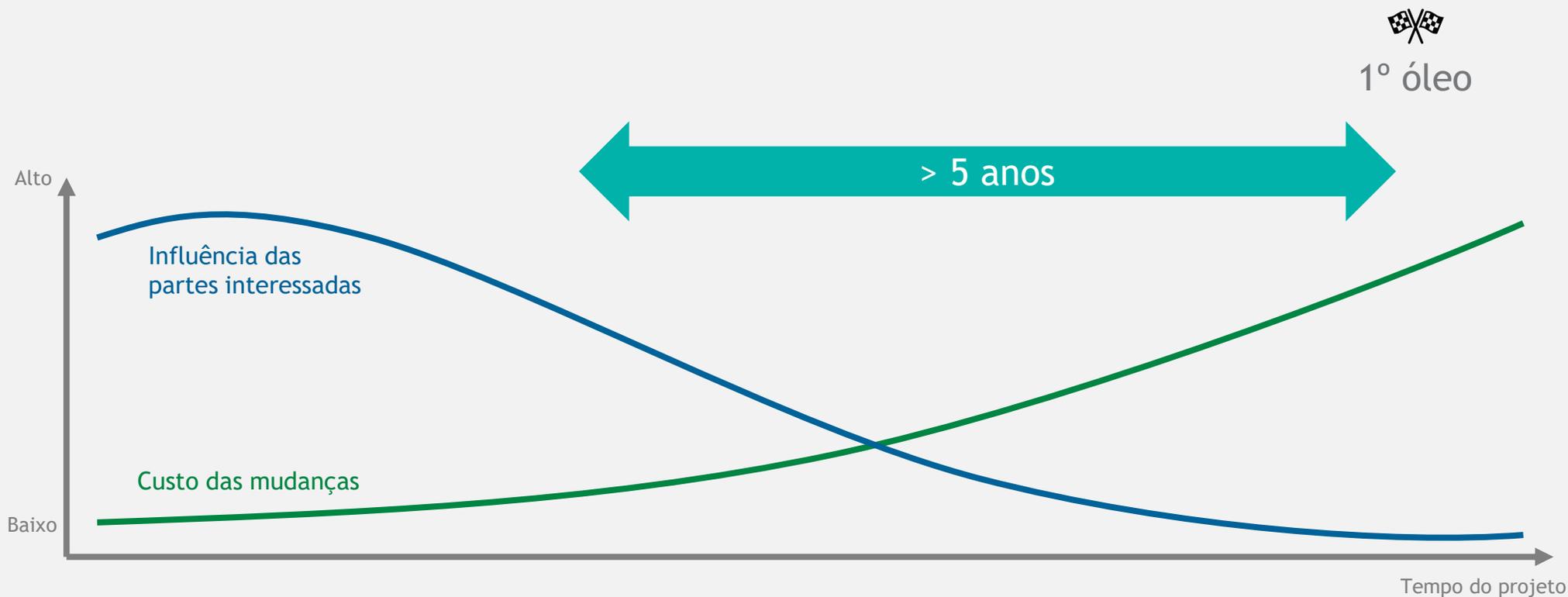
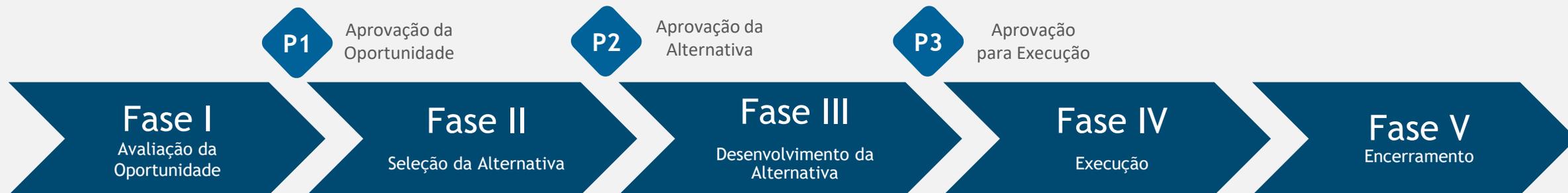
A alternativa escolhida precisa ser **viável técnica e economicamente**, otimizando a recuperação dos recursos

## Alguns aspectos considerados

- ✓ Segurança das pessoas e instalações
- ✓ Menor impacto ao meio ambiente
- ✓ Produção de hidrocarbonetos
- ✓ Investimentos a serem realizados: plataforma de produção, dutos, poços e infraestrutura de escoamento e processamento do gás
- ✓ Custos operacionais ao longo da vida do projeto
- ✓ Projeção de preços de óleo e gás

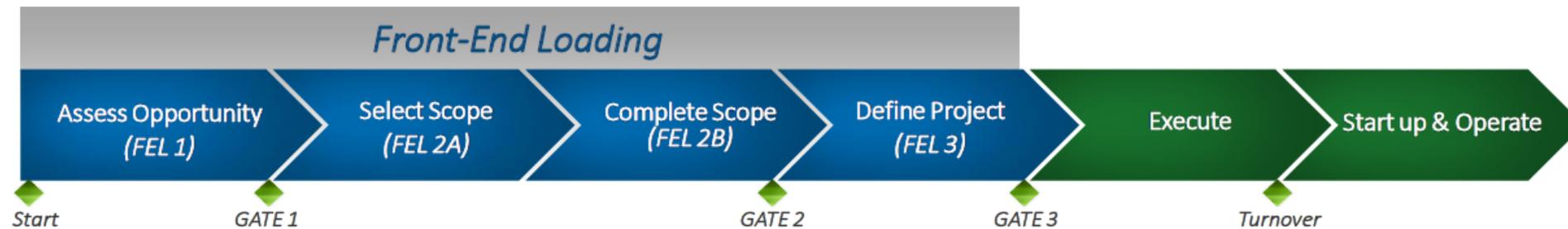


# Nestes projetos, a seleção da melhor alternativa de desenvolvimento da produção ocorre no mínimo 5 anos antes do 1º óleo



# A sistemática de aprovação de projetos adotada pela Petrobras e seus parceiros segue as melhores práticas da indústria

## The Standard Concept of the Stage-Gated Process



- Develop the frame
- Identify and screen alternatives
- Develop initial business case

• Select and develop preferred alternative

- Complete the business case
- Business authorization

- Complete basic engineering and project execution planning
- Confirm the business case
- Full-funds authorization

\* Source: Paul Barshop, *Making Good Business Decisions Using the Stage-Gate Process*, IBC 2017, IPA, March 2017

- 1 Seleção de alternativas em um megaprojeto de águas profundas
- 2 Por que a reinjeção de gás é competitiva no pré-sal brasileiro?**
- 3 Considerações Finais

# E por que a reinjeção de gás no pré-sal tem se mostrado uma alternativa tão competitiva?

Principalmente devido a dois motivos:

- 1** A injeção de gás, nas condições do pré-sal, especialmente quando aliada ao método WAG, é capaz de extrair mais óleo das rochas (maior fator de recuperação), quando comparado ao método mais convencional de injeção de água.
- 2** As capacidades máximas das plataformas avaliadas são diretamente impactadas pelo requisito de exportação de gás. Com a tecnologia disponível, não é viável que as plantas com exportação tenham as mesmas capacidades que as de reinjeção total.

# E por que a reinjeção de gás no pré-sal tem se mostrado uma alternativa tão competitiva?

Principalmente devido a dois motivos:

1

A injeção de gás, nas condições do pré-sal, especialmente quando aliada ao método WAG, é capaz de extrair mais óleo das rochas (maior fator de recuperação), quando comparado ao método mais convencional de injeção de água.

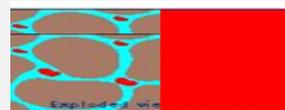
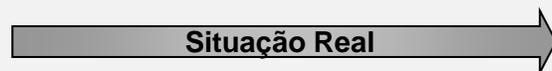
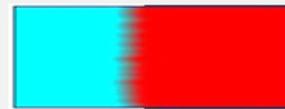
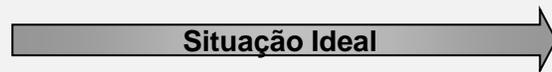
2

As capacidades máximas das plataformas avaliadas são diretamente impactadas pelo requisito de exportação de gás. Com a tecnologia disponível, não é viável que as plantas com exportação tenham as mesmas capacidades que as de reinjeção total.

# Benefícios da injeção de gás miscível com WAG

Comparação com a injeção de água

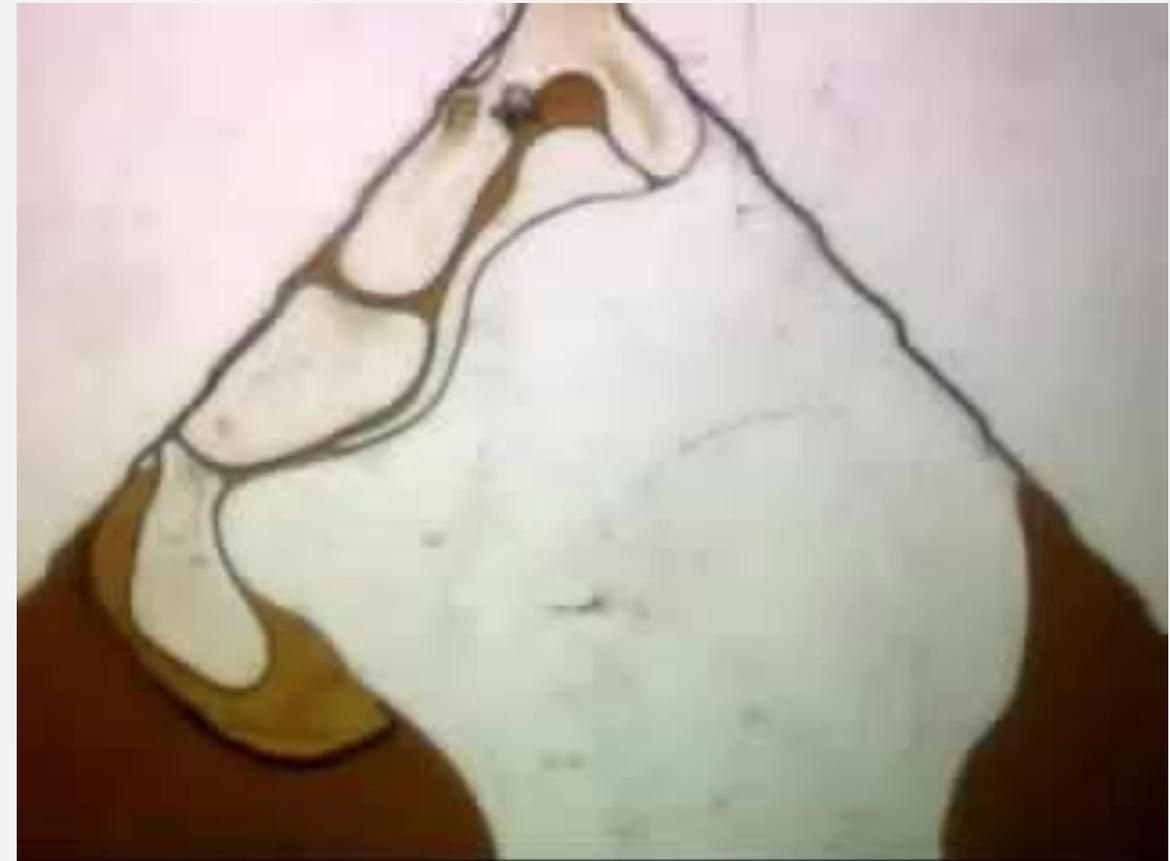
Injeção de Água



**Óleo residual**  
(Volume retido nos poros)

Injeção de gás miscível (WAG):  
atua reduzindo drasticamente o % de  
óleo residual

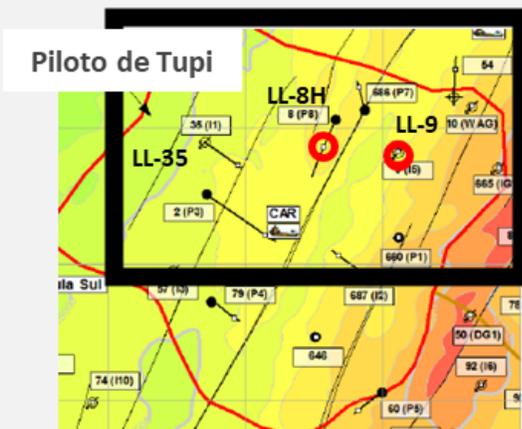
Óleo deslocado por gás miscível pós injeção de água



Óleo residual    Água    Fluido miscibilizado

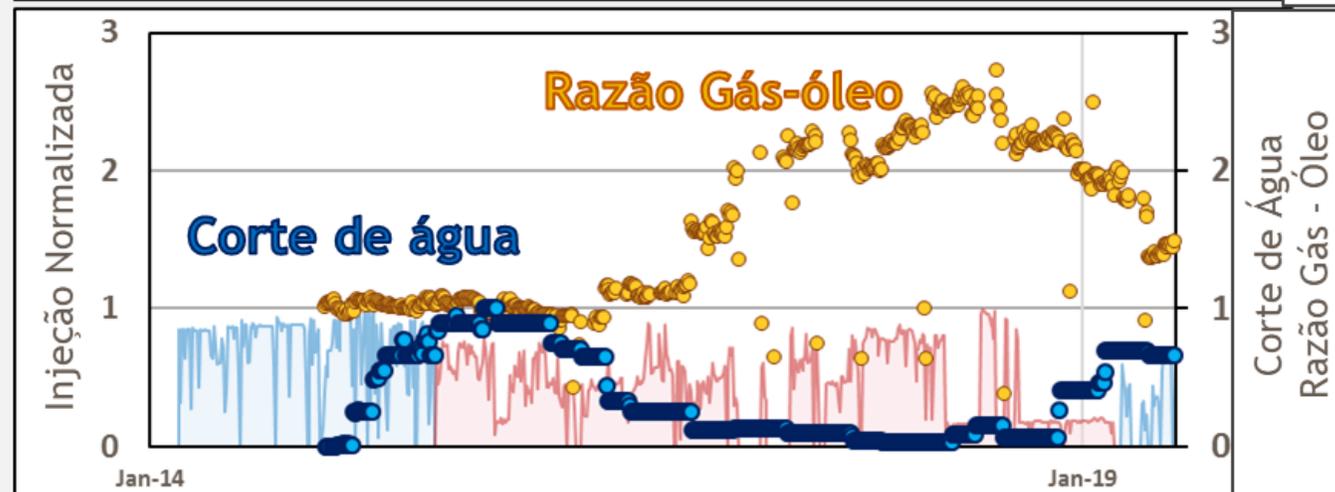
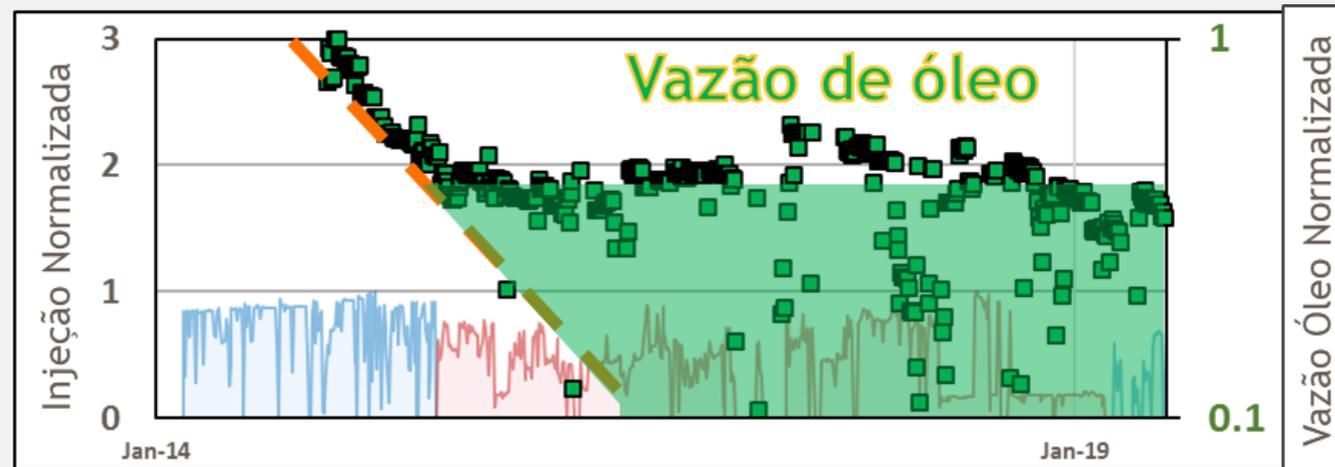
# Benefícios da injeção de gás miscível com WAG

Exemplo real de campo



 Injeção de Água

 Injeção de Gás



# Benefícios da injeção de gás miscível com WAG

Experiência de outra Operadora



Fonte: youtube.com/@bppic

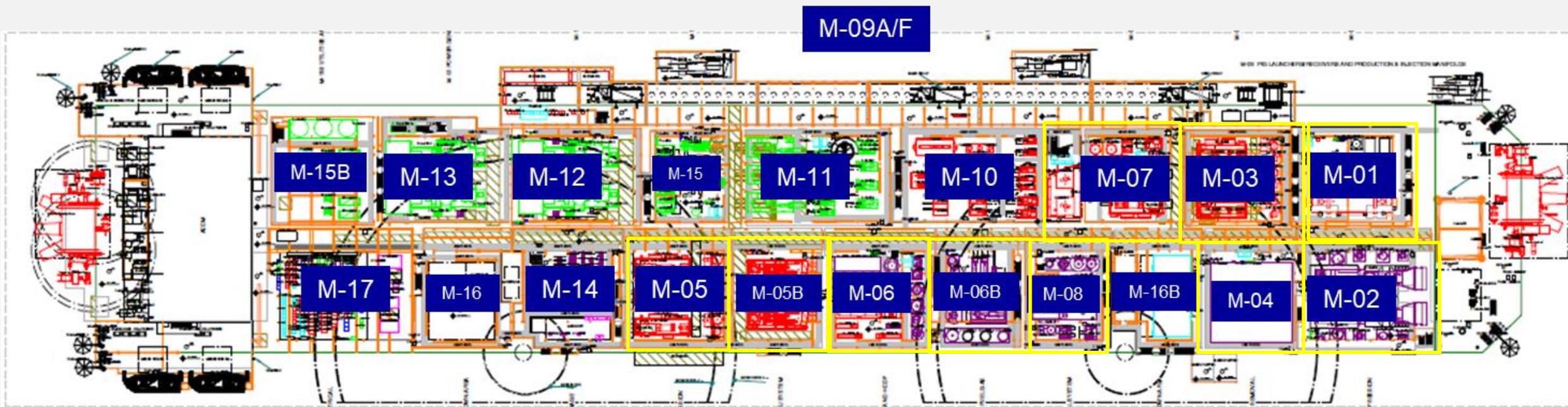
# E por que a reinjeção de gás no pré-sal tem se mostrado uma alternativa tão competitiva?

## Principalmente devido a dois motivos:

- 1** A injeção de gás, nas condições do pré-sal, especialmente quando aliada ao método WAG, é capaz de extrair mais óleo das rochas (maior fator de recuperação), quando comparado ao método mais convencional de injeção de água.
- 2** As capacidades máximas das plataformas avaliadas são diretamente impactadas pelo requisito de exportação de gás. Com a tecnologia disponível, não é viável que as plantas com exportação tenham as mesmas capacidades que as de reinjeção total.

# Arranjo típico de uma plataforma com exportação de gás

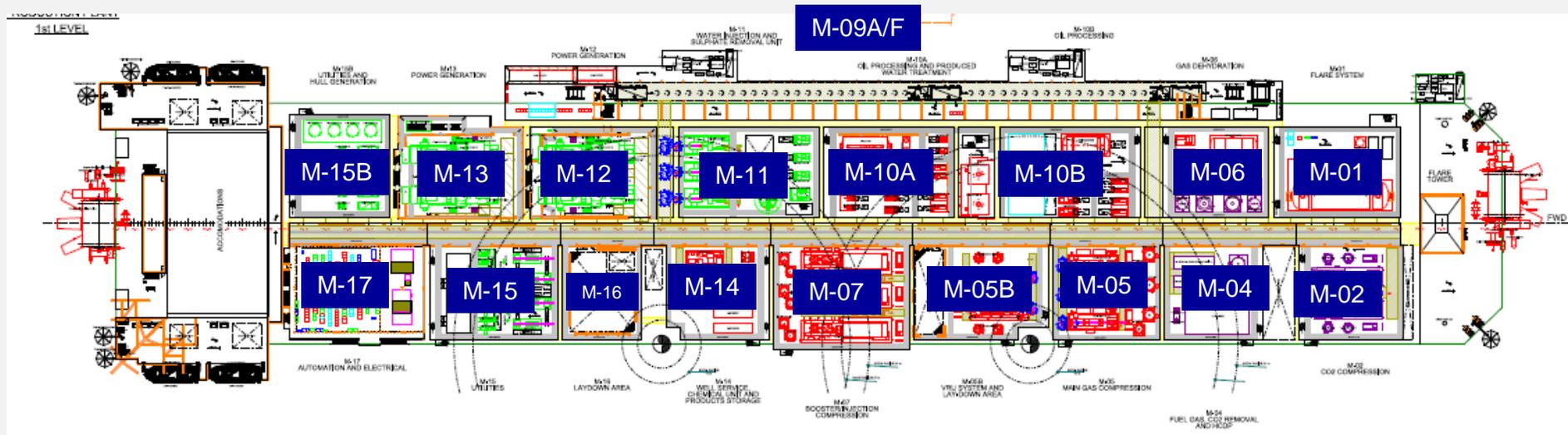
Mais da metade da área da planta é dedicada aos sistemas de gás



Módulos exclusivamente destinados ao processamento do gás natural

# Arranjo Típico de uma planta com reinjeção total

O que seria necessário modificar para permitir exportação de gás?



Necessário incluir:

M-03

M-06B

M-08

- M-03: Compressão de exportação de gás
- M-06B: Desidratação do gás (GDU-2 com peneira molecular)
- M-08: Sistema de remoção de H<sub>2</sub>S (amina)

Necessário aumentar:

M-02

M-11

M-04

M-14

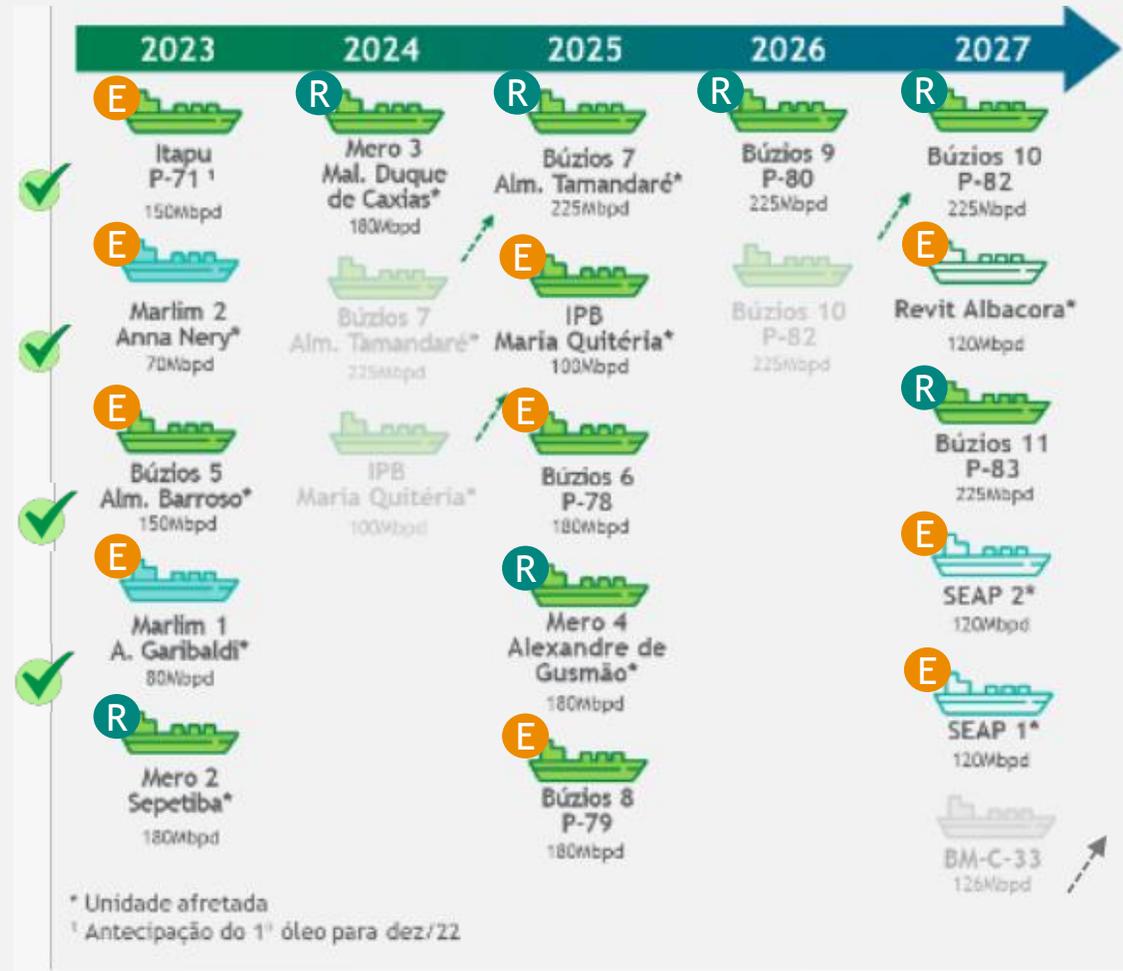
M-09

M-15

- M-02: Sistema de compressão de CO<sub>2</sub>
- M-04: Unidade de remoção de CO<sub>2</sub> e UAPO
- M-09: Lançadores e receptores e manifold de produção e de injeção
- M-11: Injeção de água e unidade de remoção de sulfato
- M-14: Unidade química e estocagem de produtos/Sist Serv. Poço
- M-15: Módulo de Utilidades

- 1 Seleção de alternativas em um megaprojeto de águas profundas
- 2 Por que a reinjeção de gás é competitiva no pré-sal brasileiro?
- 3 Considerações Finais**

# O melhor aproveitamento do gás é sempre avaliado caso a caso de forma criteriosa



■ Pré-sal em implantação  
 ■ Pós-sal em implantação  
  Pré-sal em contratação  
  Pós-sal em contratação  
  Não operado

E Exportação de gás  
 R Reinjeção total (s/ exportação)

# A reinjeção do gás maximiza a recuperação dos recursos, o valor do projeto e as participações governamentais

A injeção alternada de água e gás (WAG) pode elevar em **25-30%** o volume recuperável de petróleo de alguns campos do pré-sal, quando comparado ao cenário de injeção de água. (\*)



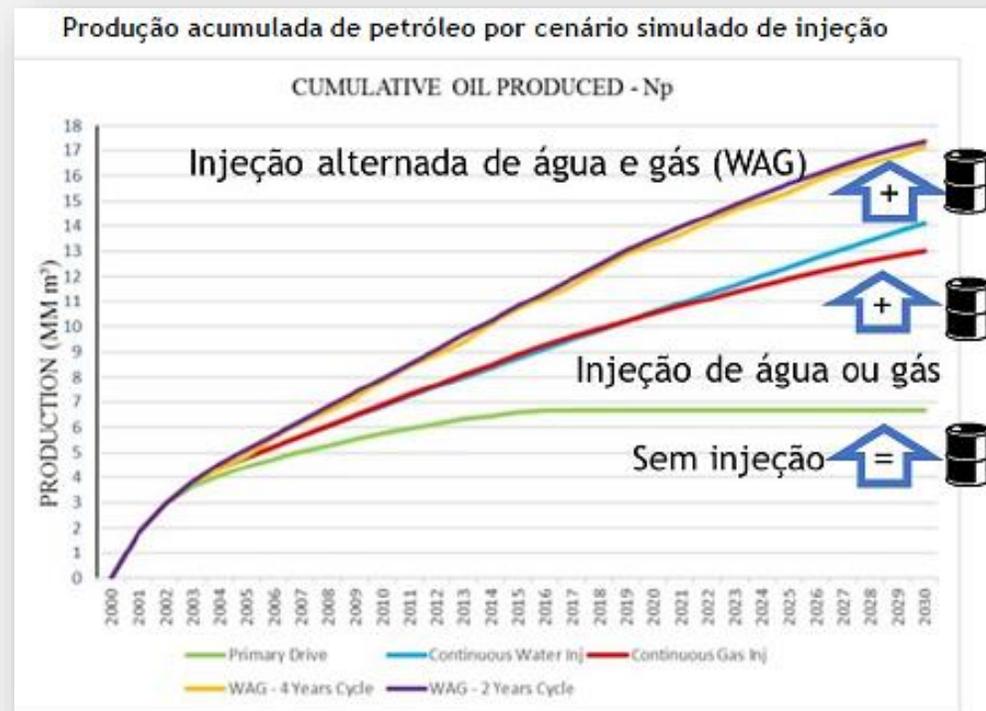
Maximização da recuperação dos recursos e o valor dos ativos



Aumento da receita e, conseqüentemente, da arrecadação de participações governamentais



Em alguns casos, a reinjeção de gás é fator decisivo para a viabilização do projeto



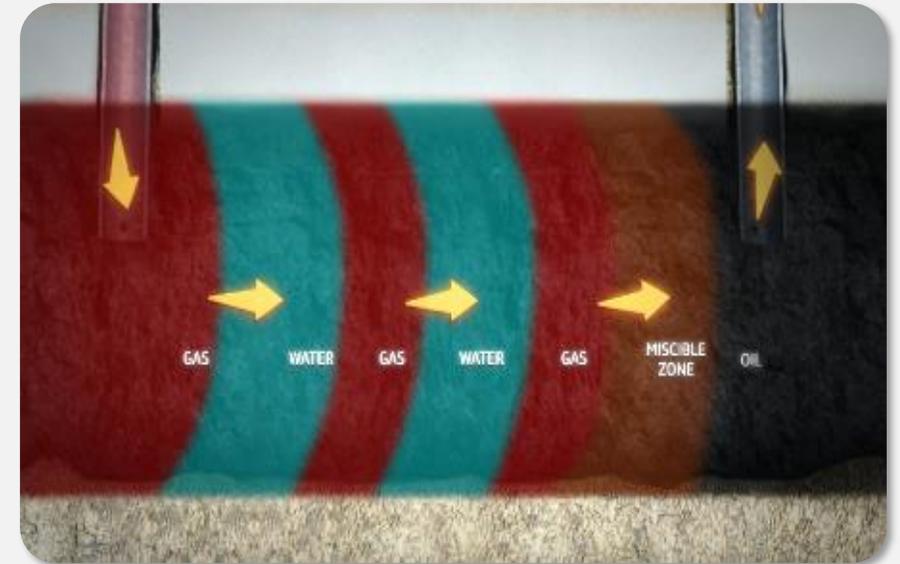
\*SCHAEFER, B.; REIS, M.; SCHAEFER, M.; ZULIANI, P.; PINTO, M. (2017) Technical-economic evaluation of continuous CO2 reinjection, continuous water injection and water alternating gas (WAG) injection in reservoirs containing CO2. CILAMCE 2017.

Nossa estratégia de produção com reinjeção de gás foi reconhecida internacionalmente e tem sido essencial para a  viabilização do pré-sal



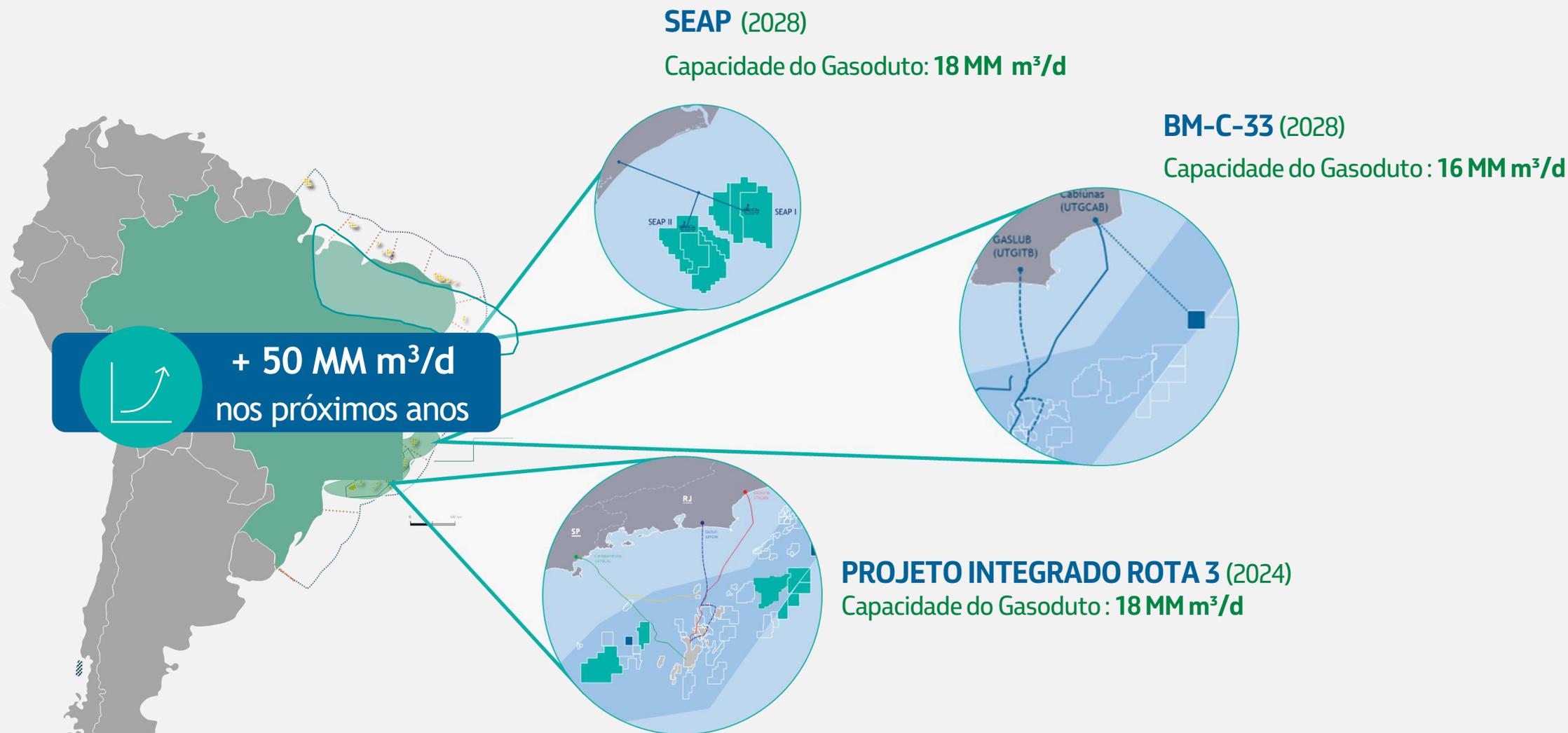
Prêmio OTC 2015  
Distinguished  
Achievement Award

**10 tecnologias premiadas** que aumentaram a produção e foram fundamentais para **viabilizar o Pré-sal**, entre elas destaca-se a **injeção alternada de água e gás em águas ultra profundas**



Primeiro uso do método alternado de injeção de água e gás em águas ultraprofundas (2.200 m)

# A Petrobras está comprometida com a ampliação da infraestrutura e portfólio de ofertas de gás natural

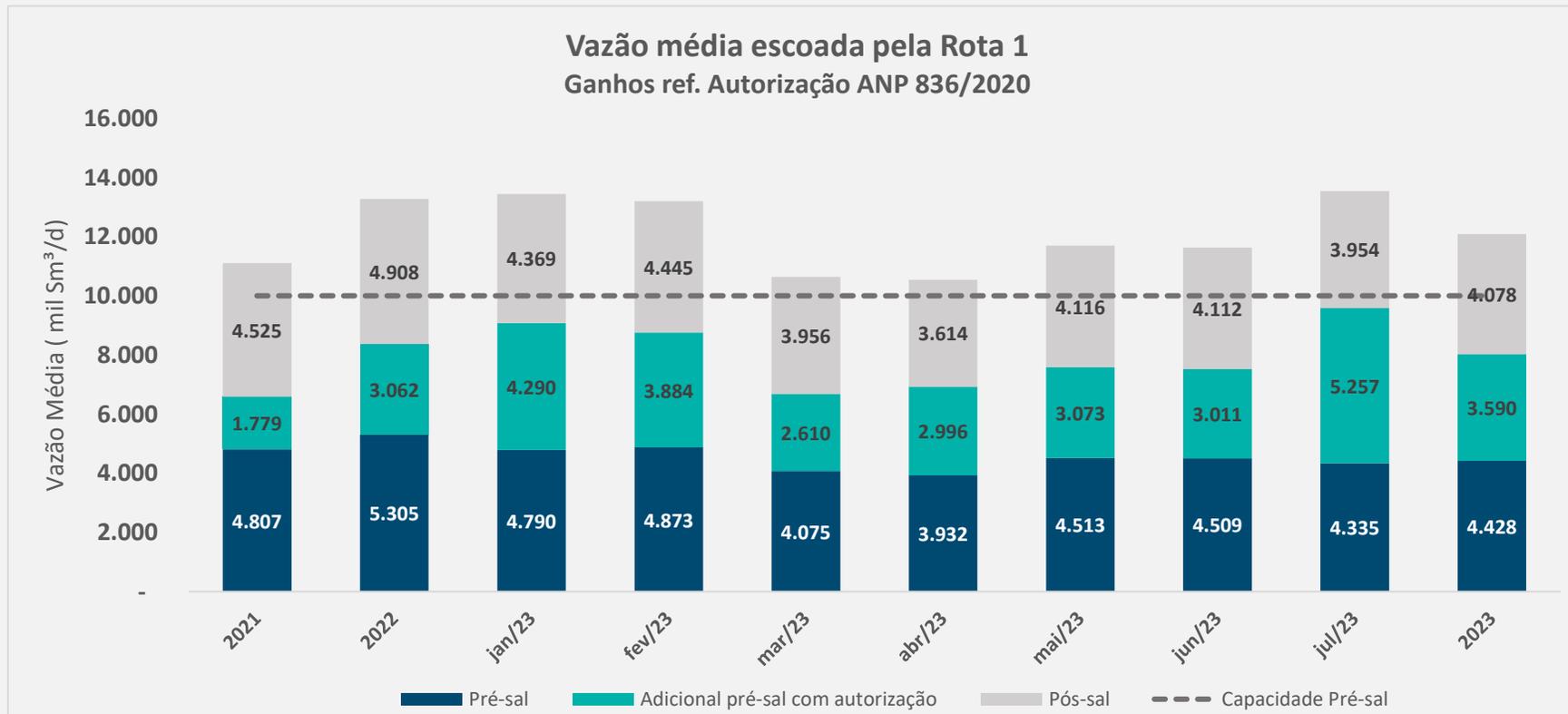


\* Parcela Petrobras no período 2023-27

# E continuamente avalia oportunidades de incremento na oferta doméstica de gás no curto prazo

2019: Ampliação da capacidade da Rota 2 de 16 para 20 MM m<sup>3</sup>/d de escoamento de gás

2020: Aumento na entrega de gás da Rota 1 viabilizada pela Autorização Especial ANP nº 836/2020



Flexibilização no limite mínimo de metano na saída da UTG Caraguatatuba viabilizou entrega adicional de 2,5 bilhões de m<sup>3</sup> de gás natural desde sua autorização

**Obrigado!**