



GRUPO DE TRABALHO DO PROGRAMA GÁS PARA EMPREGAR (GT- GE)

Comitê 1

Disponibilidade do Gás Natural

Reunião 4 – Dia: 31/08/2023



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Roteiro do dia 31/08/2023

- 9:00 – 9:15 – Início das atividades do dia:
 - Abertura da reunião do Comitê pelo Coordenador do GT-GE;
 - Abertura pelo Líder do Comitê;
 - Verificação dos representantes presentes;
 - Apresentação da programação do dia.
- 9:15 – 10:45 – Apresentação: Disponibilidade de gás natural no pré-sal *EPE/ DEPG/ PPSA*
- 10:45 – 11:15 – Apresentação: Injeção de gás no pré-sal e alternativas para redução dos índices *Petrobras*
- 11:15 – 11:45 – Apresentação: Descobertas recentes e desafios na monetização do gás *Shell*
- 11:45 – 12:15 – Apresentação: Disponibilidade de gás natural no Brasil – injeção econômica de gás e outros aspectos *IBP*
- 12:30 – Encerramento

Ações Prioritárias



1 - Ações prioritárias para a **avaliação da disponibilidade de gás**

- 1.1 Diagnóstico atual da situação
 - ❖ análise de dados e informações que caracterizem a situação, e auxiliem no conhecimento e na discussão do problema

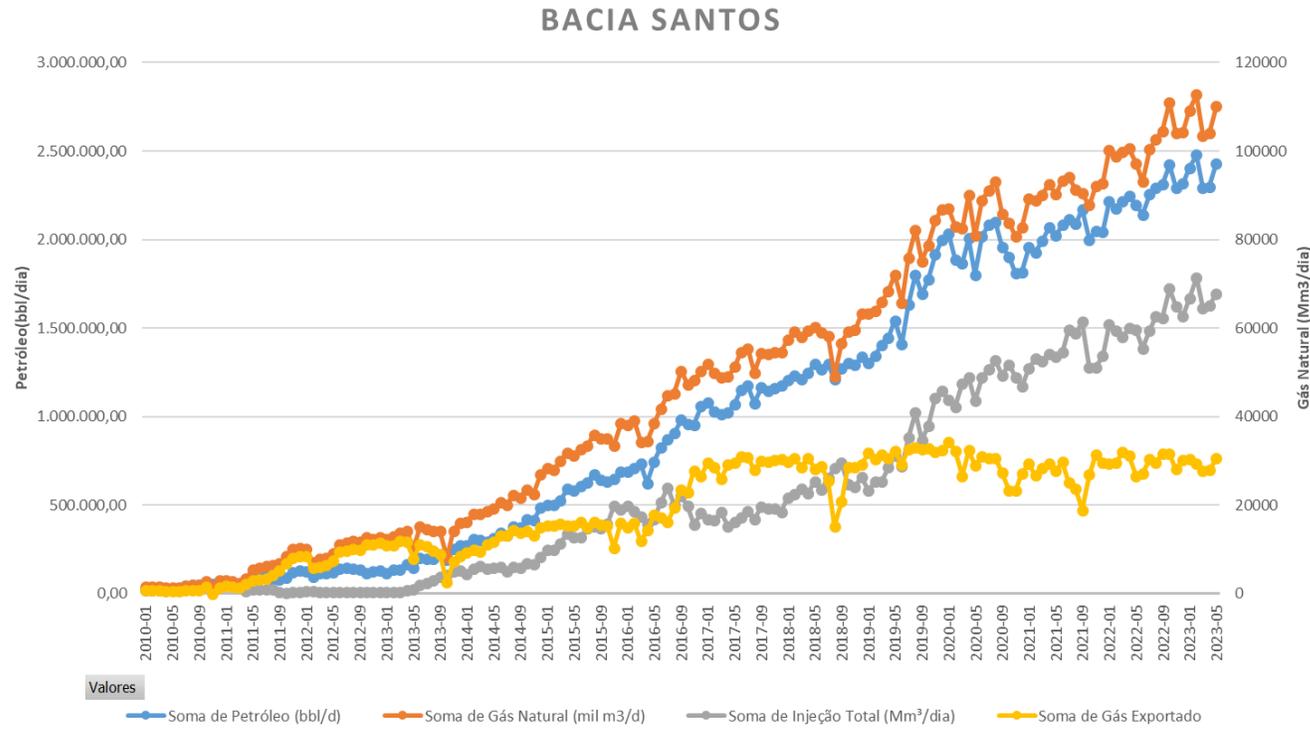
- 1.2 Análise da capacidade máxima de produção de gás natural (sem considerar restrições de infraestruturas);
 - ❖ estudo do tema, a partir da análise de dados

- 1.3 Desafios e alternativas relacionados à redução da reinjeção de gás.
 - ❖ seminário sobre o tema, apresentado por agentes, com amplo conhecimento

Disponibilidade de Gás Natural no Pré-sal

- Diagnóstico da Bacia de Santos
- Desafios para a Monetização do Gás na Bacia de Santos e perspectivas futuras (Horizonte a longo prazo)
- Injeção de gás natural
 - Nomenclatura
 - WAG
 - Eficiência da Membrana
 - Previsão de disponibilidade de gás – Cenários de “injeção mandatória”
 - Necessidade de novas infraestruturas?
- Discussão Final

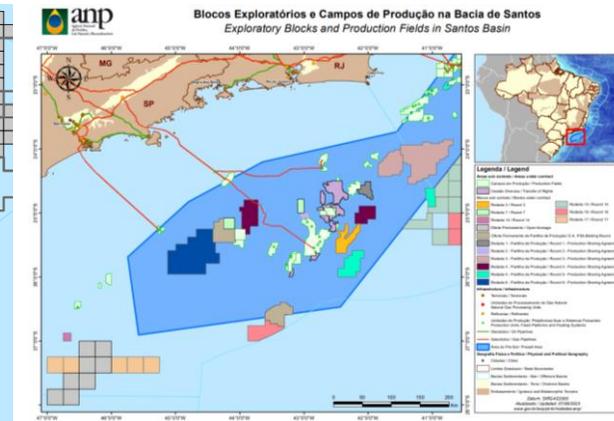
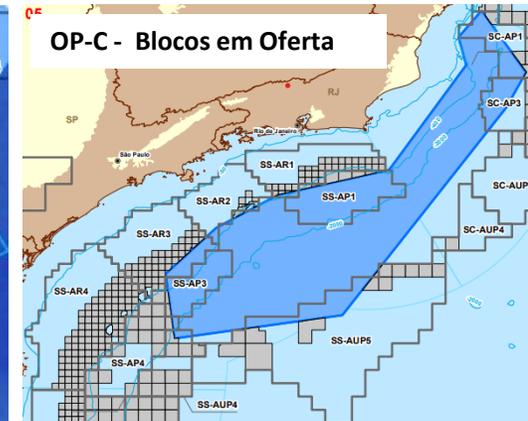
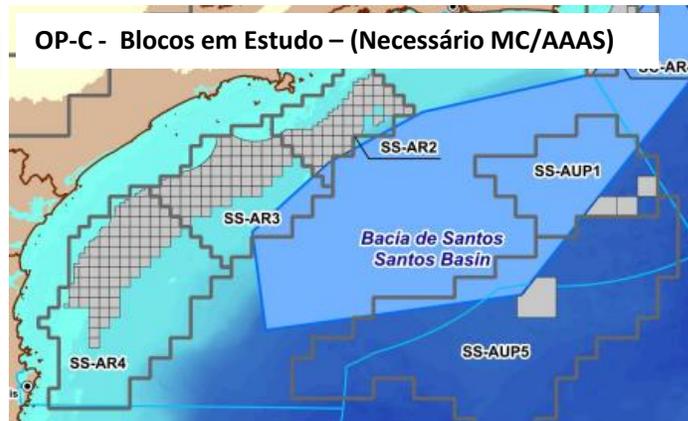
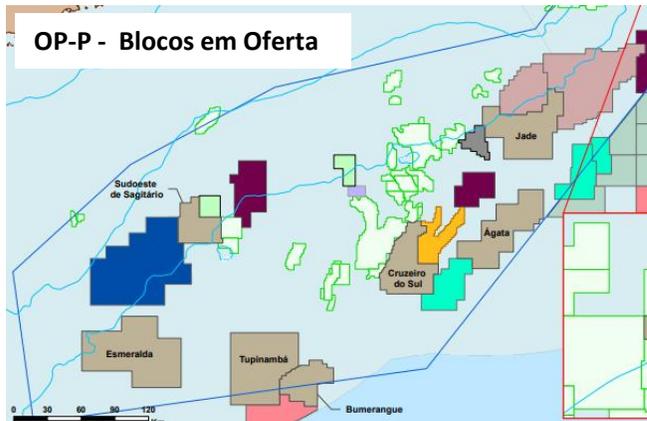
Diagnóstico da Bacia de Santos



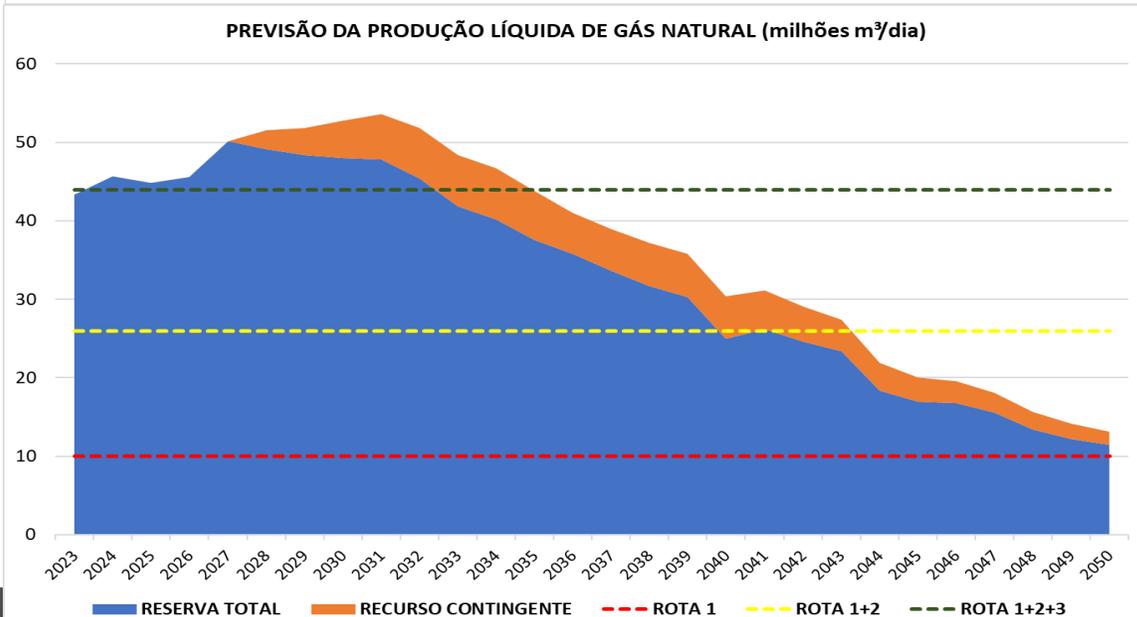
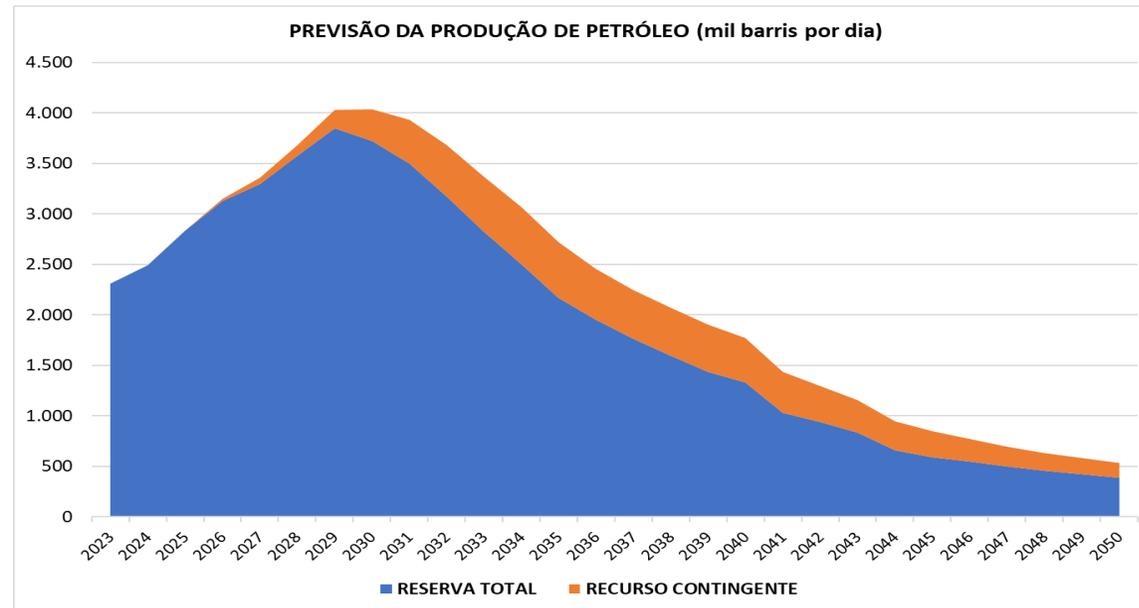
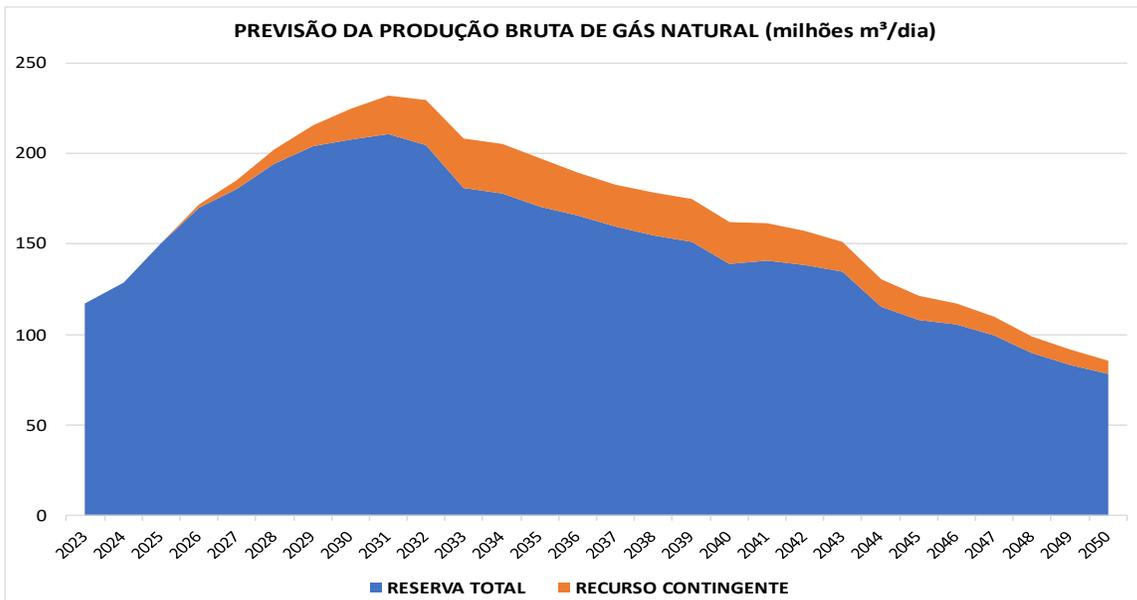
Bacia	Ano	Gás (mil m ³ /dia)
Santos	2023	111.243,97
	2024	124.430,54
	2025	152.662,49
	2026	179.670,53
	2027	190.934,09

Bacia	Ano	Injeção de Gás (mil m ³ /dia)
Santos	2023	69.600
	2024	77.557
	2025	93.749
	2026	118.528
	2027	129.402

Bacia	Blocos Exploratórios	Quantidade de Poços	
		Total	Descobertas
SANTOS	31	32	23



Perspectivas Futuras (Horizonte a longo prazo)

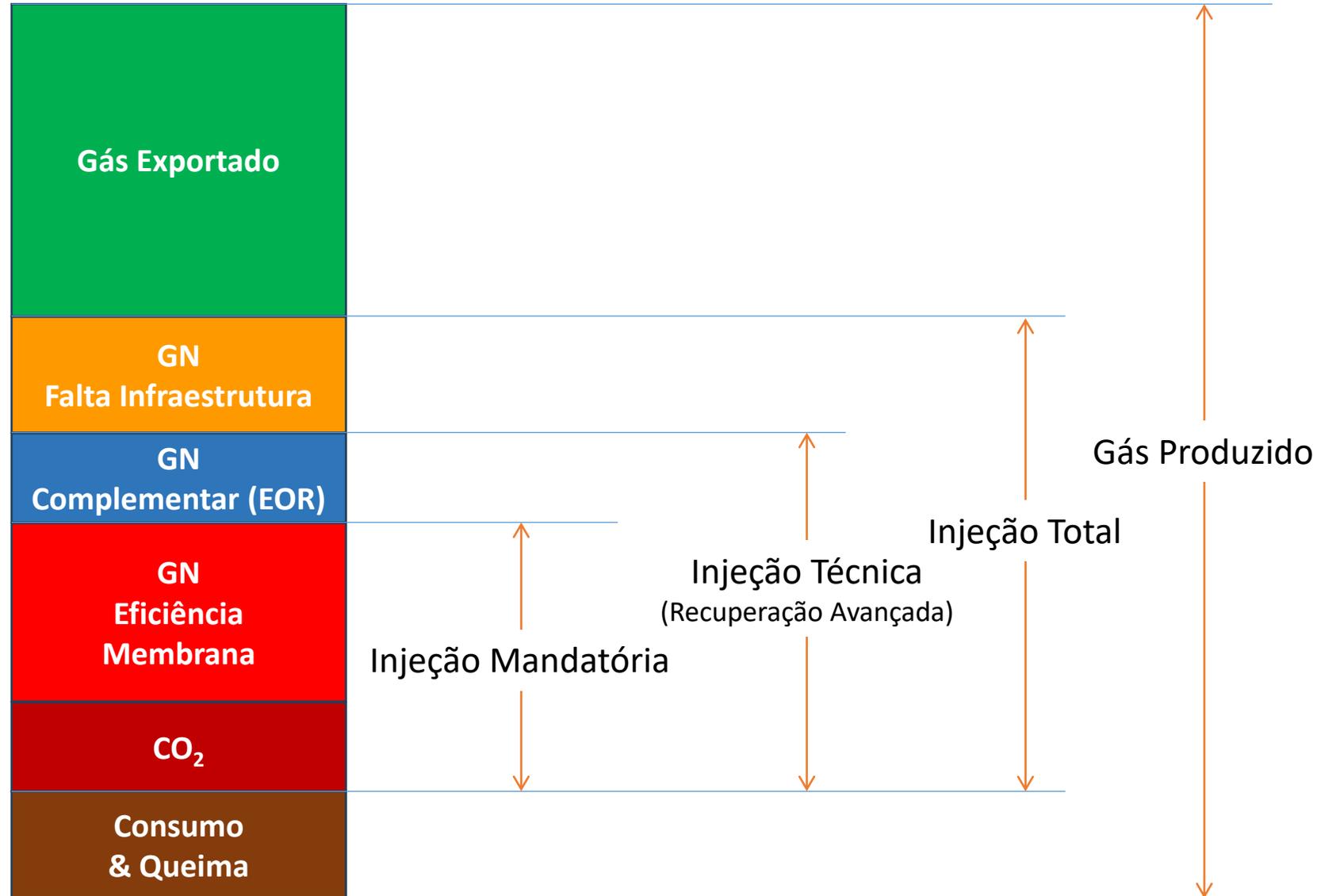


Desafios (Brain Storm):

- Infraestrutura
- Declaração de Comercialidade das novas descobertas
- Atratividade do “Novo Pré-Sal” – CO₂ e Economicidade “Marginal” - Risco Geológico/“Baixo” volume
- Potencial da “Franja” do Pré-Sal
- Licenciamento Ambiental
- Atualização de PDs

Nomenclatura:

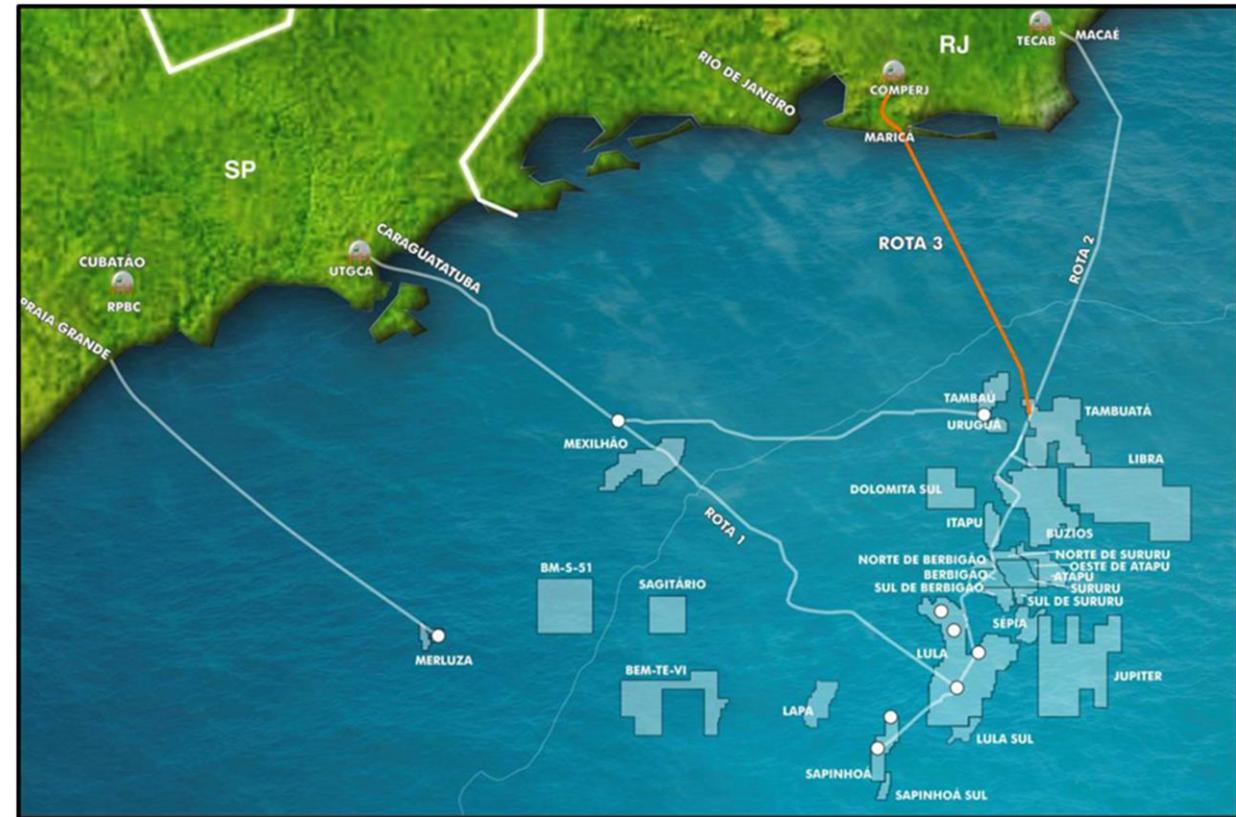
- Injeção Técnica:
 - Volume necessário para garantir a Recuperação Avançada (EOR):
 - Injeção Mandatória: Volume de CO₂ + CH₄ arrastado no processo de separação de CO₂.
 - GN Complementar: Parcela de GN adicional necessária para alcançar o volume de EOR planejado. Mais relevante em baixos teores CO₂.
- Injeção Total:
 - Injeção Técnica
 - GN Falta Infraestrutura: Volume adicional injetado, além da Injeção Técnica, em razão da falta de infraestrutura de escoamento.
- Consumo & Queima: Volumes necessários para acionamento dos equipamentos de processo nas UEPs (Consumo) e aqueles queimados em *flare*, por questões de segurança operacional, e perdas.



Introdução

Campos do Pré-sal:

- Alto teor de **gás associado** ao óleo;
- Presença de CO₂ em teores variáveis (até 44%);
- Ausência de infraestrutura pré-existente para produção e escoamento do gás na área;
- Águas ultraprofundas → Projetos demandam investimentos de grande porte e longo período (4 a 10 anos) entre a descoberta e o início da produção.



Atualmente operam duas rotas de exportação: Rota 1 (10 M m³/d) e Rota 2 (16 M m³/d)

Previsão de conclusão da Rota 3 no 2º semestre de 2024 (capacidade de 18 M m³/d) → 44 MM m³/dia de gás.

Presença do CO₂ no óleo

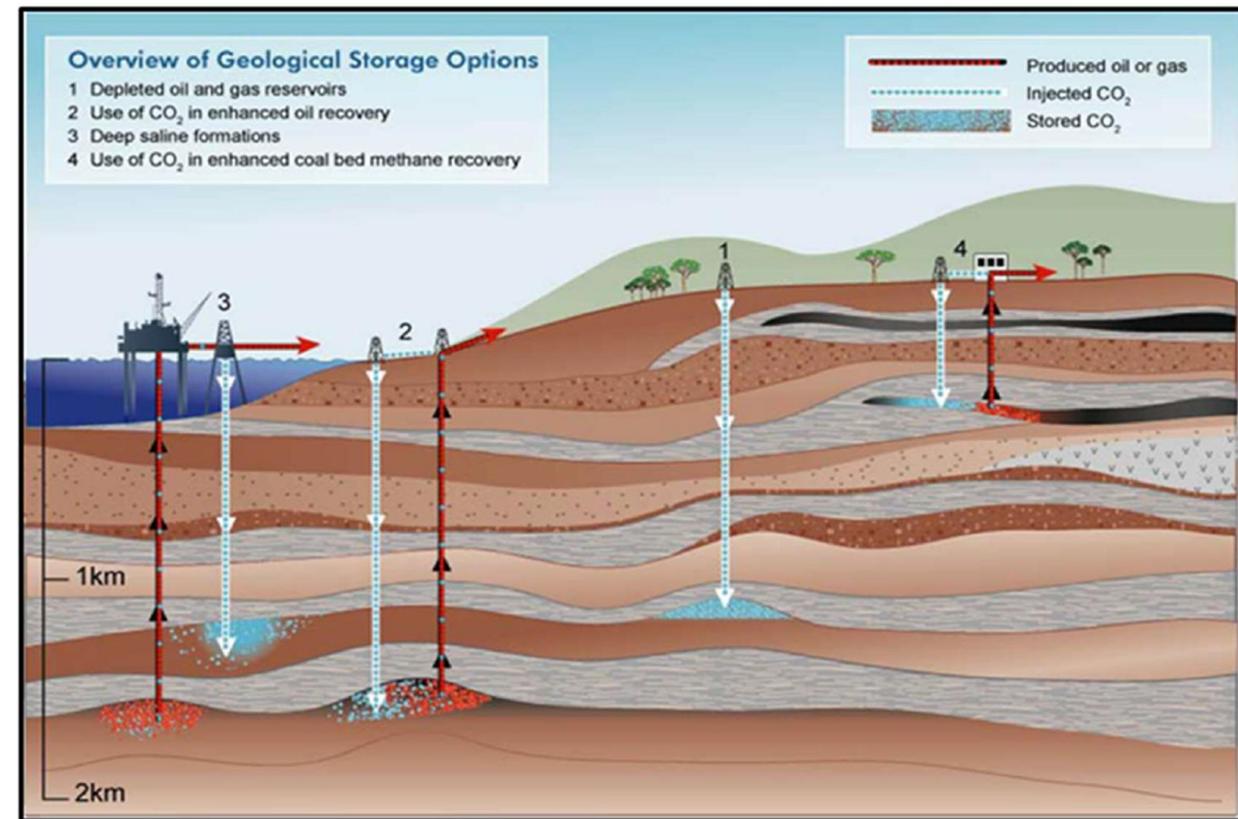
Desafio: Como conciliar o desenvolvimento dos campos do Pré-sal, em um ambiente offshore, de forma ambientalmente sustentável ?

Solução: Separar o CO₂ do gás produzido e reinjetá-lo no próprio reservatório produtor.

Vantagens:

- Aprisionamento do CO₂ em Subsuperfície;
- Atuar como método especial de recuperação (EOR-CO₂) aumentando as Reservas.

Motivação: A condição termodinâmica de pressão e temperatura mostrou-se muito favorável ao deslocamento miscível do óleo pelo gás, um processo muito eficiente de recuperação.



Fonte: SPE-126566 – CCGS Opportunities in the Santos Basin Pre-salt Development (from IPCC Report)

Estratégia adotada:

Identificação precisa dos principais incertezas e riscos associados

Plantas de processo de fluidos preparadas para separação de contaminantes do gás (CO₂) e de sua injeção em reservatório;

Incorporar, ao máximo, flexibilidades operacionais;

Validar uso do Método WAG (injeção de gás alternada com água) nessas condições.

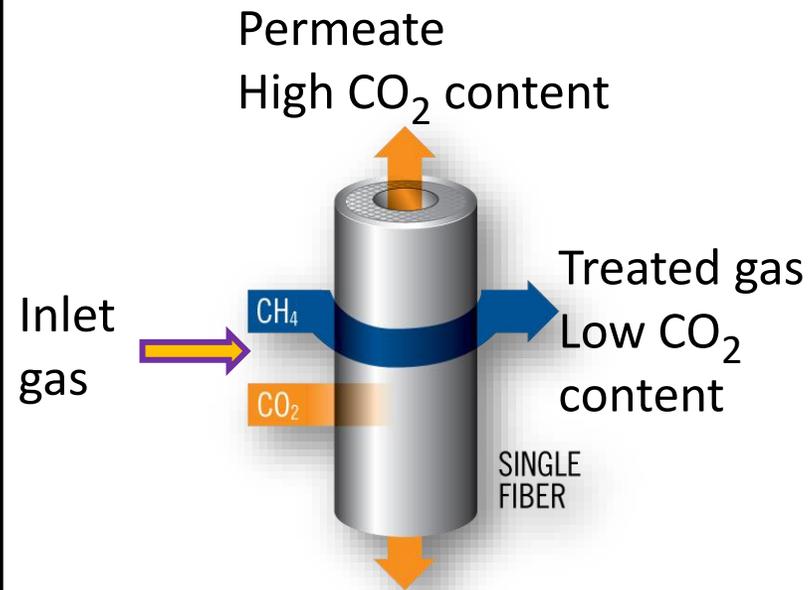
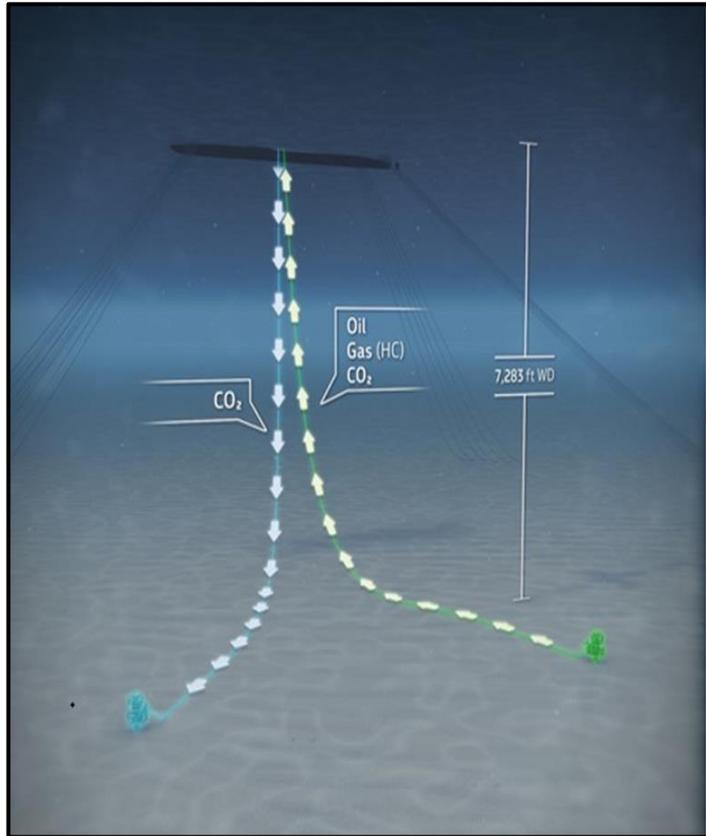


REF. SPE-155665. Pizarro, J.O.S., Branco, C.C.M. “Challenges in implementing an EOR project in the Pre-Salt province in deep offshore Brazil.”

A reinjeção do CO₂ nos reservatórios produtores viabilizou a produção comercial desse *play* (**injeção mandatória**)

A validação do uso do processo de injeção WAG contribuiu para o aumento da recuperação de óleo (**injeção técnica**)

Separação do CO₂ do Gás Natural (1/2)



Fonte: OTC-25691 • Offshore Production Units for Pre-Salt Projects, Andrade et al. 2015.

Separação do CO₂ do Gás Natural (2/2)

- Eficiência de separação de CO₂ em membranas depende do conteúdo do contaminante no gás produzido, ver tabela ao lado;
- Em casos em que o CO₂ original é muito elevado a fração de gás tratado é pequena, pode não compensar o tratamento (elevada “autofagia”);
- Este é o caso de Mero em que o teor de CO₂ é de ~44%;
- Projetos de P&D em estudo para melhorar a tecnologia de separação de CO₂ com CMS (Carbon Molecular Sieves).

CO ₂ Content in Feed Stream (% mol/mol)	Treated Gas Flow Rate Percentage (Remain/Feed)
10%	70%
20%	56%
30%	45%
40%	36%
45%	30%
50%	27%

Fonte: OTC-25274 An Evaluation of Large Capacity Processing Units for Ultra Deep Water and High GOR Oil Fields” (Pinto, A.C.C.; Vaz, E.M.V.; Branco, C.C.M.; Ribeiro, J.)

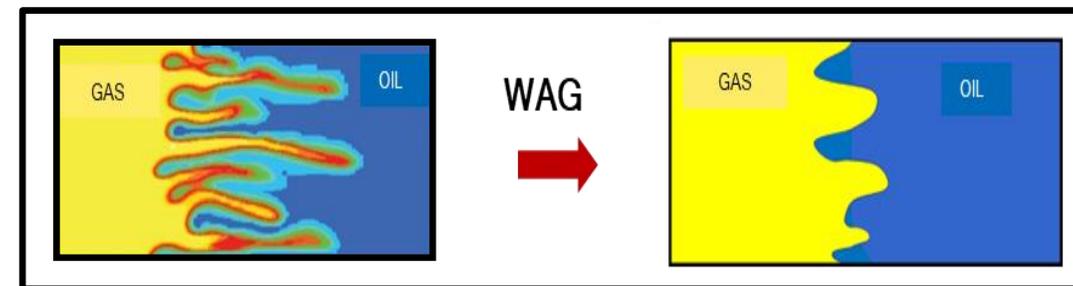
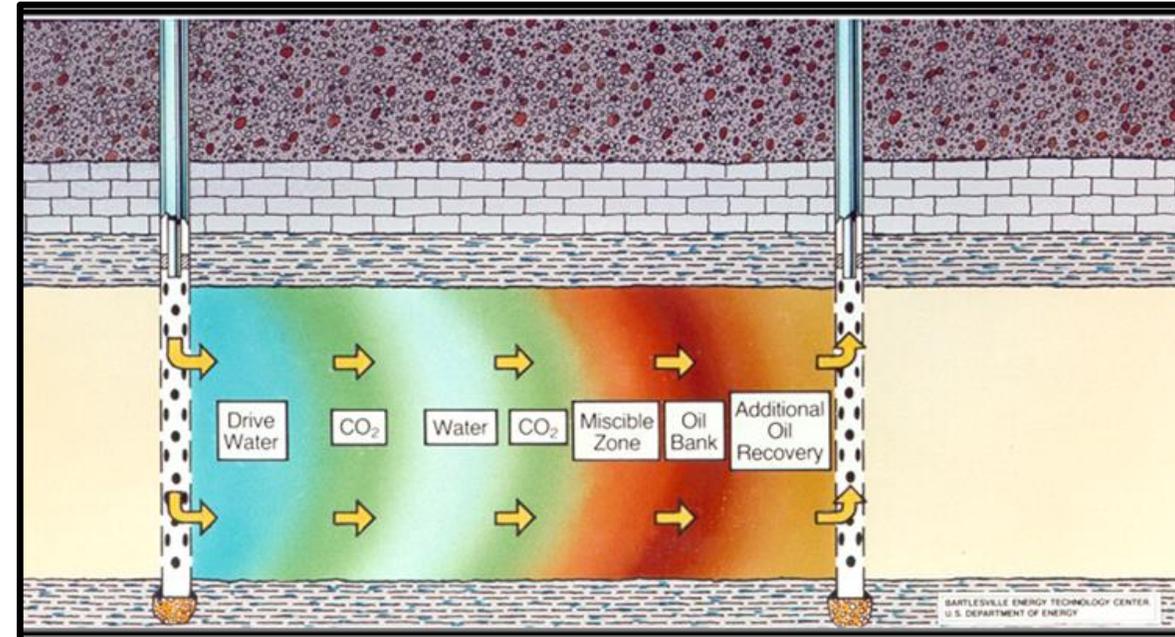
O Método WAG - *Water Alternating Gas Injection*

Motivação: Melhorar o desempenho da injeção contínua de gás (HC+CO₂), conjugando seus benefícios com o método de injeção de água, gerando o máximo valor;

Processo WAG: Conhecido e aplicado pela indústria, há algumas décadas, em campos do Texas, no Mar do Norte e outros. Porém, nunca havia sido utilizado em condições offshore similares às encontradas nos campos do Pré-sal;

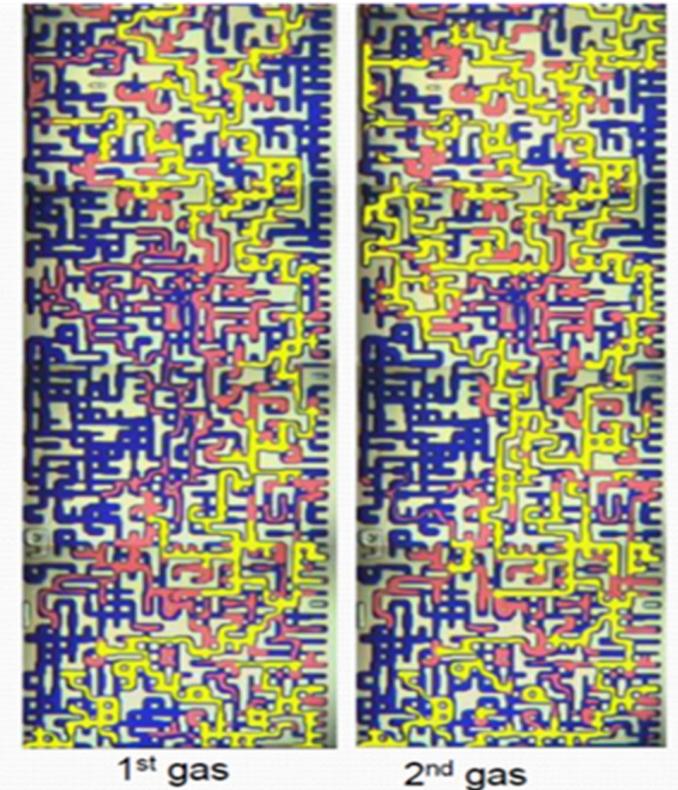
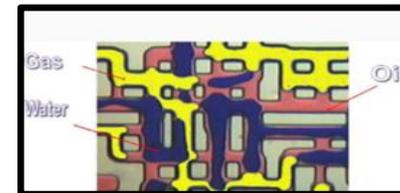
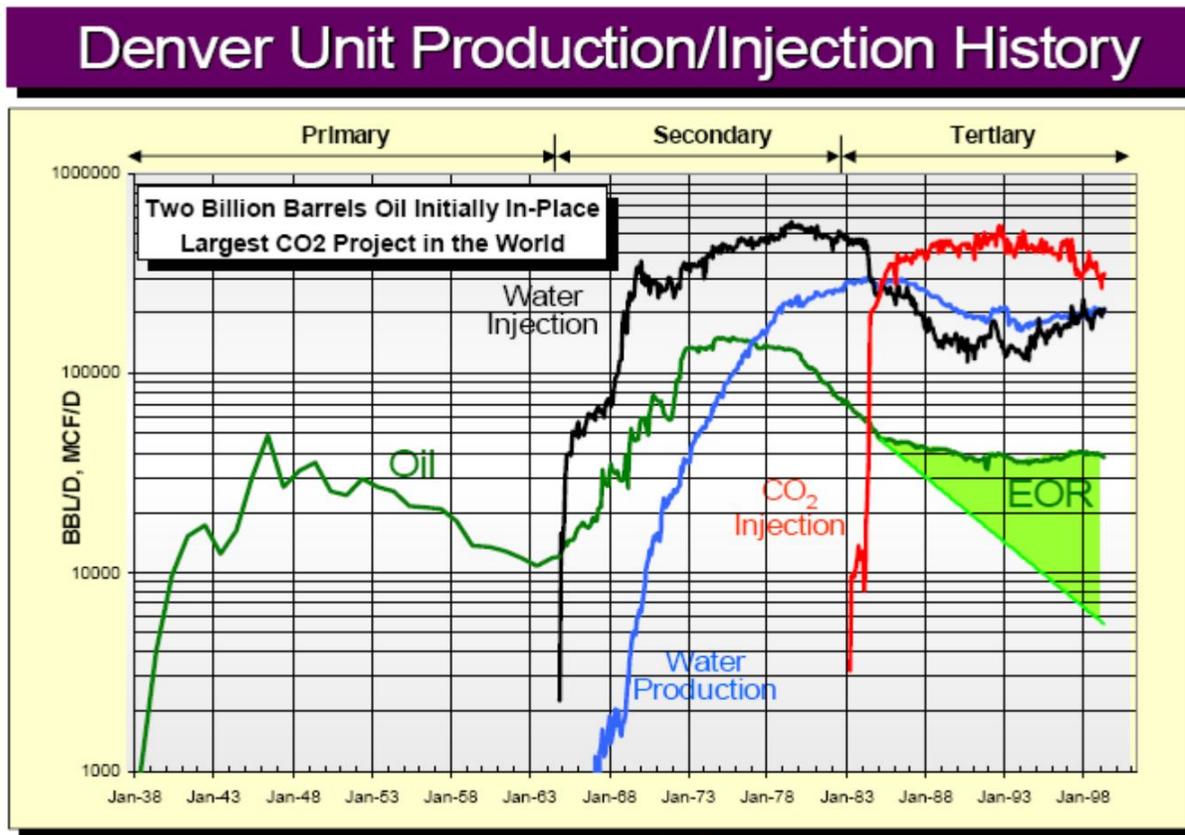
Metodologia: Alternar bancos de gás e água, segundo um plano previamente definido, de forma que haja um aprisionamento parcial de um fluido pelo outro, reduzindo a mobilidade do gás e provocando sua divergência para regiões inicialmente não varridas;

Objetivo: Conjuguar o aumento da recuperação do óleo, obtido principalmente pela injeção de gás, com uma melhor eficiência de deslocamento e varrido proporcionada pela injeção de água;



O Método WAG - *Water Alternating Gas Injection*

O Gás/CO₂ exerce o papel principal de extrair o óleo, enquanto a água o ajuda a percorrer diferentes caminhos

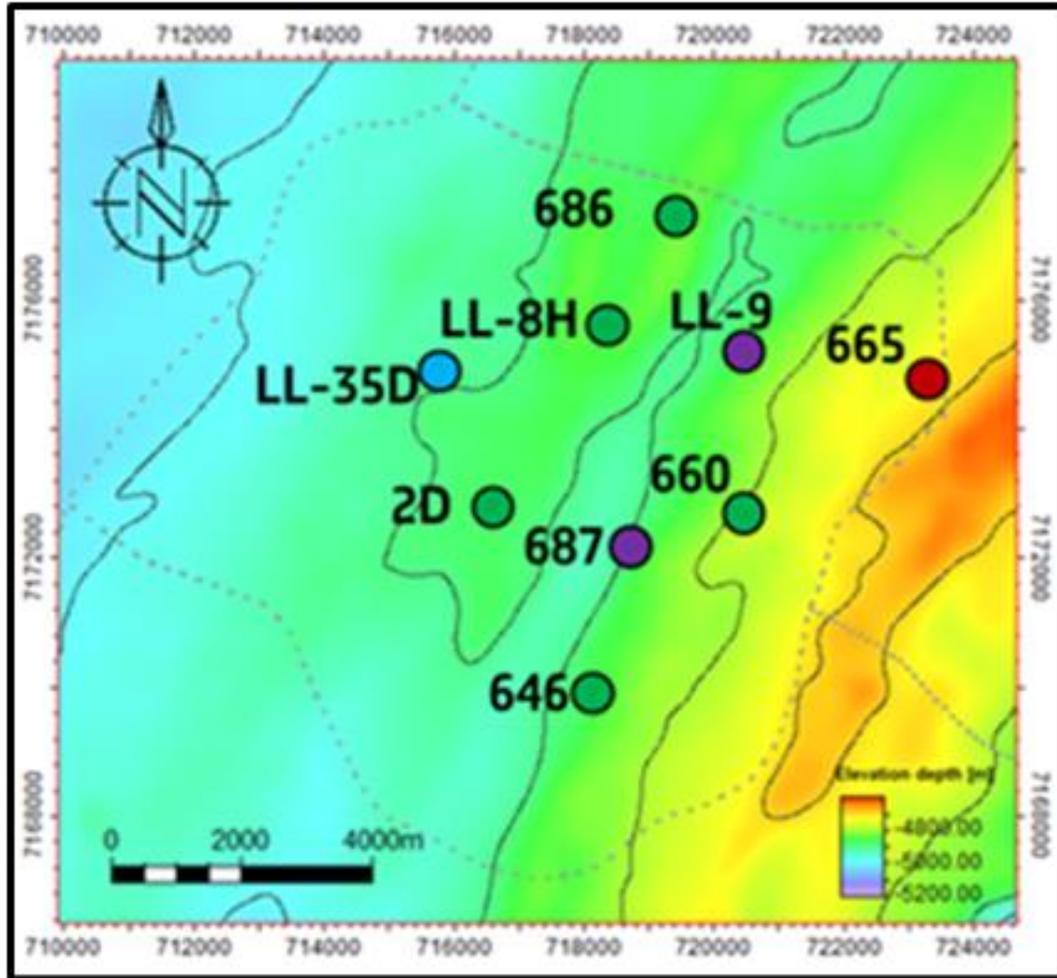


Ensaios ilustrativos do deslocamento WAG em um meio poroso artificial de vidro

Fonte: Prof. Mehran Sohrabi Heriot-Watt University.

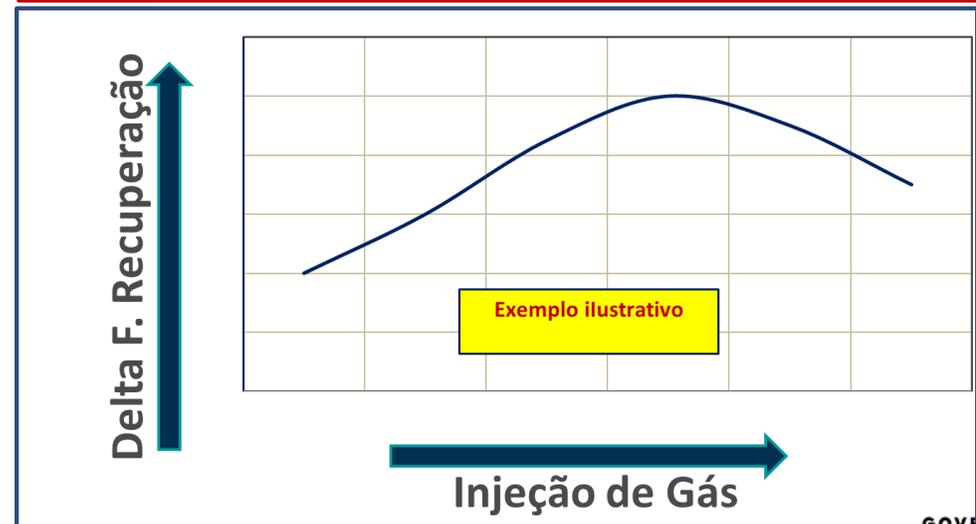
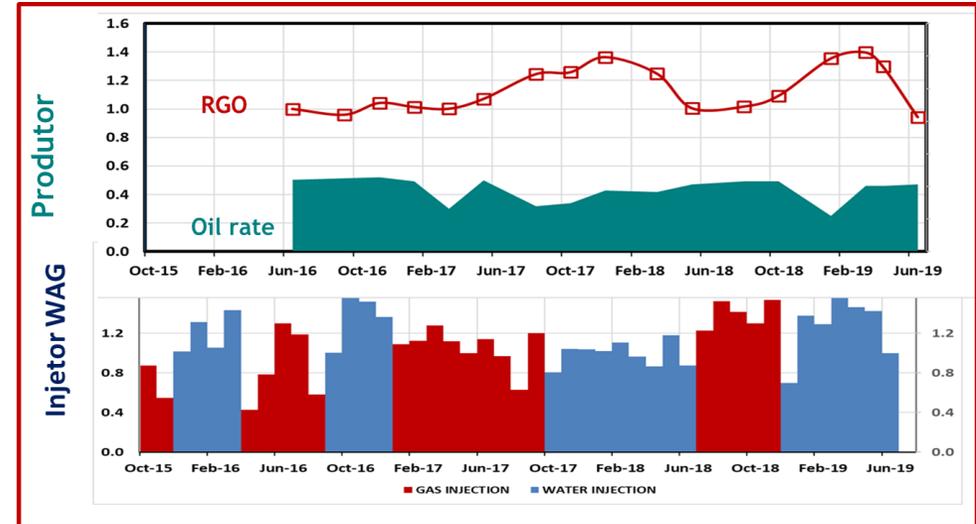
Ref.: Lake and Hadlow. 1992 (from Prof. Larry Lake course).

Validação do Uso do Método WAG



Módulo Piloto de Tupi

REF. SPE-155665. Pizarro, J.O.S., Branco, C.C.M.

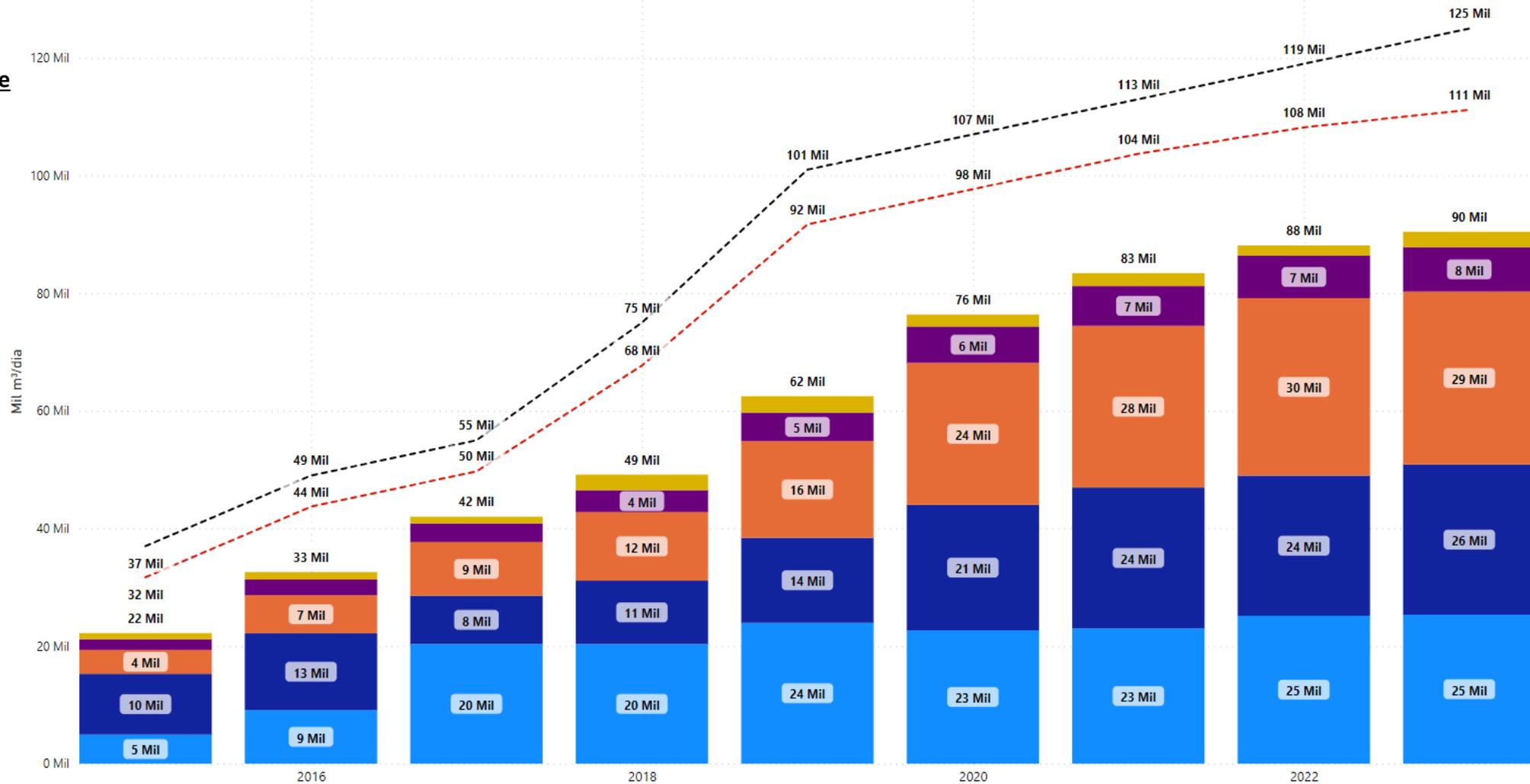


Disponibilidade de gás – Histórico

● Exportação ● Inj. Complementar* ● Inj. Mandatória ● Consumo ● Queima --- Cap. Processamento --- Cap. Exportação

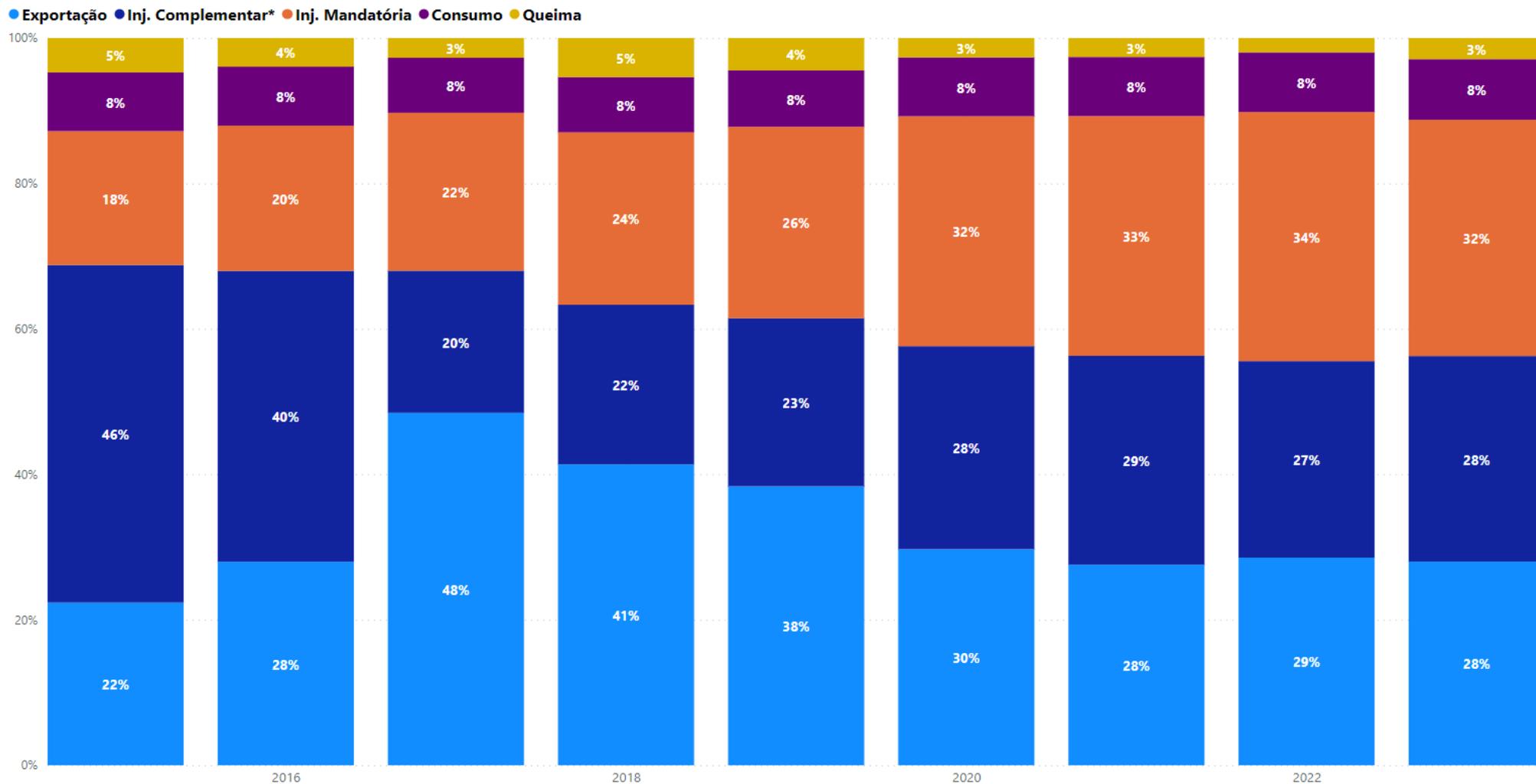
Gráficos compostos pelos grupos de campos abaixo:

- ATAPU/ATAPU_ECO/OESTE DE ATAPU/AnC_NORTE_ATAPU
- BERBIGÃO/SUL DE BERBIGÃO/SURURU
- BÚZIOS/BÚZIOS_ECO/TAMBUATÁ
- ITAPU/ITAPU_ECO
- SAPINHOÁ/NOROESTE DE SAPINHOÁ/NORDESTE DE SAPINHOÁ/SUDOESTE DE SAPINHOÁ
- SÉPIA/SÉPIA_ECO/SÉPIA LESTE
- TUPI/AnC_TUPI/SUL DE TUPI



* Inj. Complementar = GN Complementar (EOR) + GN Falta Infra.

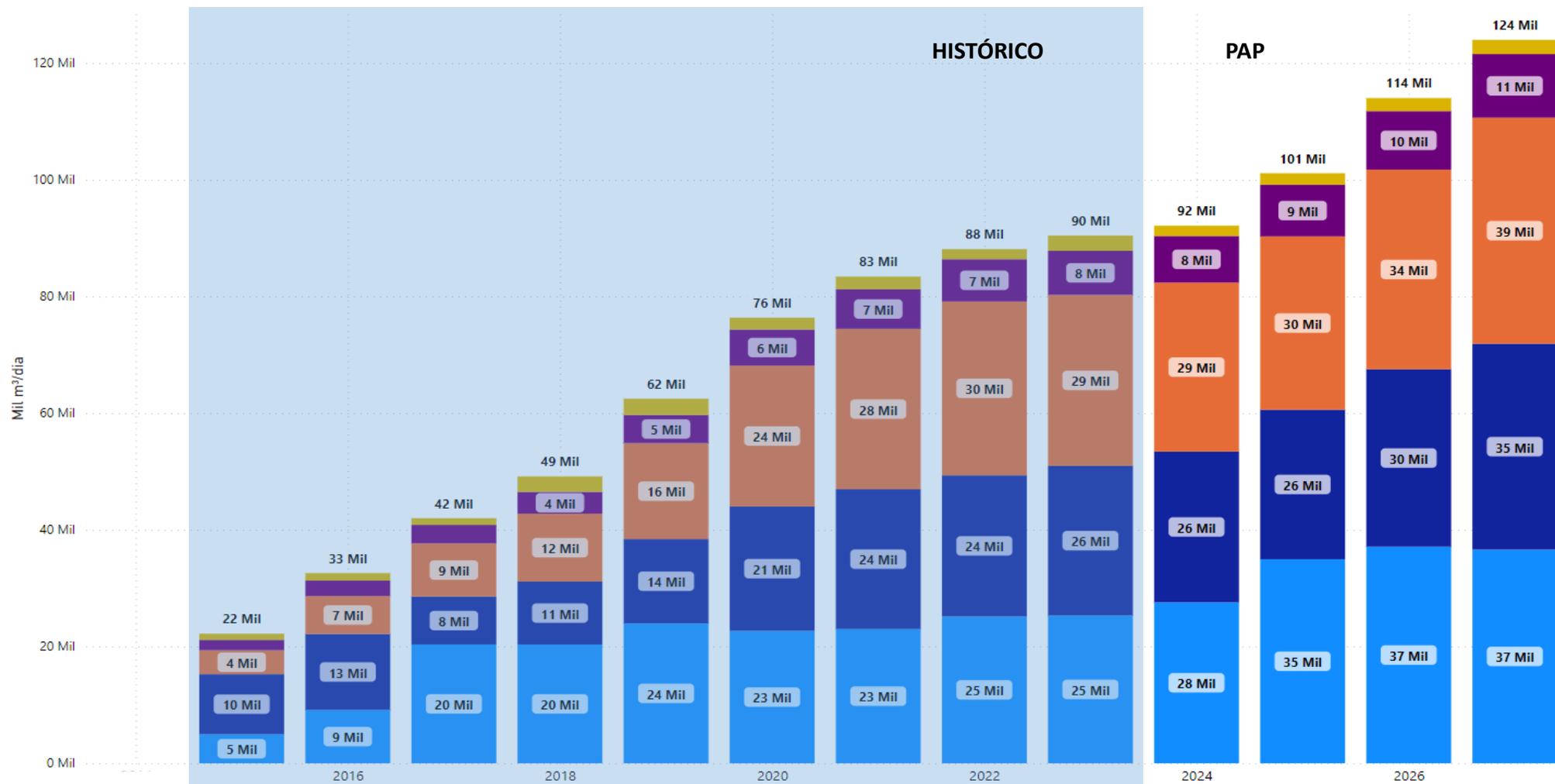
Disponibilidade de gás – Histórico:



* Inj. Complementar = GN Complementar (EOR) + GN Falta Infra.

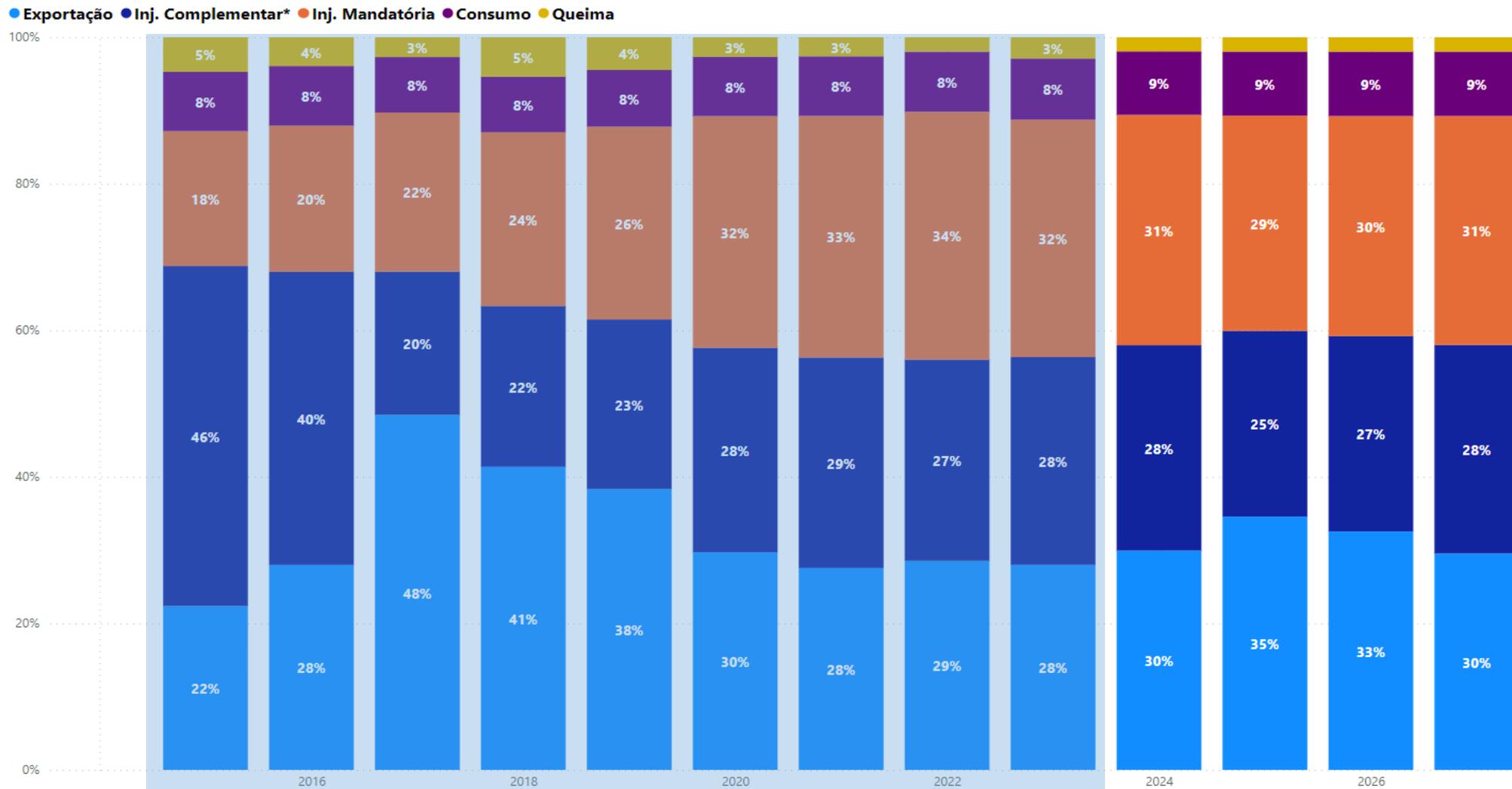
Previsão de disponibilidade de gás – Histórico e PAP ANP:

● Exportação ● Inj. Complementar* ● Inj. Mandatória ● Consumo ● Queima



* Inj. Complementar = GN Complementar (EOR) + GN Falta Infra.

Previsão de disponibilidade de gás – Histórico e PAP ANP:



* Inj. Complementar = GN Complementar (EOR) + GN Falta Infra.

Discussão Final

Grupo de Trabalho do Programa Gás para Empregar



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

