

RELEVÂNCIA DO SETOR DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Bloco 1

Considerações sobre o potencial e oportunidade de
descarbonização do E&P

Rio de Janeiro, RJ - Abril de 2024

E&P/SPG/DPG



ÍNDICE

A Era da Transição Energética	4
Energia e os Gases do Efeito Estufa (GEE)	5
Emissões de GEE do setor de O&G	6
O papel da indústria na transição	7
A demanda por O&G nas trajetórias climáticas	9
Entendendo a demanda por O&G na transição	10
O O&G e as alternativas de descarbonização	11
Descarbonizando a cadeia de O&G.....	14
Mercado proeminente: Armazenamento de Carbono (CCS)	16
Caderno suplementar: Potencial de redução de emissões de GEE nas atividades de E&P.....	18

O PHASE-OUT DO SETOR DE O&G É SUSTENTÁVEL?

A ERA DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA



A “Transição Energética” representa o movimento mundial de promoção da substituição de combustíveis fósseis por fontes energéticas menos intensivas em carbono¹.



Nesse movimento, o equilíbrio entre a garantia de acesso à energia de qualidade, segura, acessível, inclusiva e ambientalmente responsável deve respeitar as metas climáticas globais e contextualizá-las às realidades socioeconômicas e ambientais de cada nação (IEA, 2023)².



Mudanças significativas na forma de ofertar e utilizar energia são vitais para um mundo mais descarbonizado. Entretanto, as mesmas exigem adaptações que somente podem ser promovidas por meio de processos complexos¹.

¹ CENTRO BRASILEIRO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS (CEBRI), BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO (BID) E EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). 2022. Tendências e Incertezas da Transição Energética no caso brasileiro. Disponível em https://www.cebri.org/media/documentos/arquivos/PTE_Whitepaper_21dez_PT.pdf. Acesso em 24 nov. 2023.

² INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). 2023. World Energy Outlook 2023. Disponível em <https://iea.blob.core.windows.net/assets/614bb748-dc5e-440b-966a-ad9e9ea022fe/WorldEnergyOutlook2023.pdf>. Acesso em 16 nov. 23.

³ SHAH, S. A. A. et al. 2021. Energy trilemma based prioritization of waste-to-energy technologies: Implications for post-COVID-19 green economic recovery in Pakistan. Journal of Cleaner Production, v. 8, 15 February 2021, p. 124729.

TRILEMA ENERGÉTICO³



ENERGIA E OS GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE)



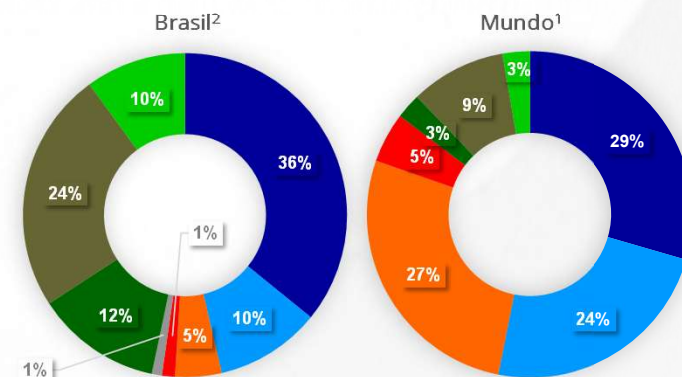
Distintamente do contexto mundial, o Brasil apresenta uma **matriz energética equilibrada** em termos da participação de fontes **renováveis** e **não-renováveis**^{1 e 2}.



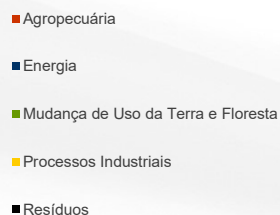
O Brasil se destaca ainda na contribuição de cada setor da economia para as emissões de GEE^{3 e 4}: no **mundo**, o **setor energético** é o maior responsável; já no **Brasil**, o mesmo fica atrás dos setores de **mudanças de uso da terra e florestas** e **agropecuária**.



Matriz Energética - 2022



Emissões de GEE - 2022



No **setor energético mundial**, o **Brasil** contribuiu, em 2022, com cerca de **1%** das emissões de GEE. **China, EUA, Índia, Rússia e Japão**, juntos, foram responsáveis por quase **60%** das emissões do setor³.

¹ IEA, 2023. Energy Statistics Data Browser. Disponível em <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TFSbySource>. Acesso em 16 jan. 2024.

² EPE, 2023. Balanço Energético Nacional. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/publicacoes/dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em 23 nov. 2023.

³ CRIPPA, M. et al. 2023. GHG emissions of all world countries. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0cde235057-11ee-9220-01aa75ed71a11/language-e>. Acesso em 23 nov. 2023.

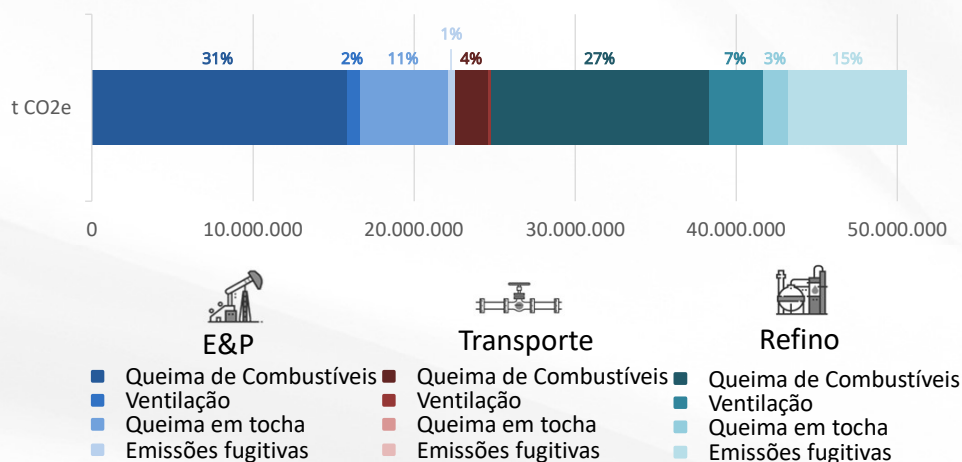
⁴ SISTEMA DE REGISTRO NACIONAL DE EMISSÕES (SIRENE), 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene>. Acesso em 01 dez. 2023.

EMISSIONES DE GEE DO SETOR DE O&G

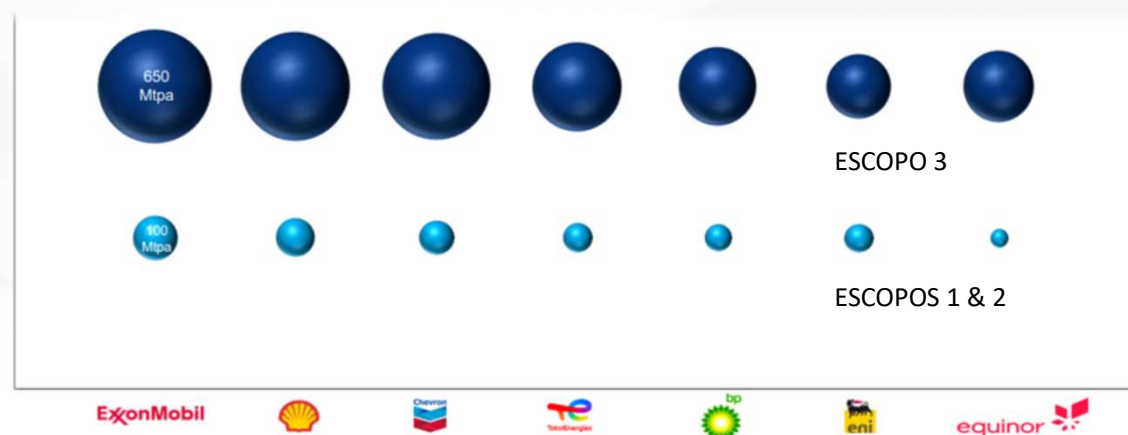


Globalmente, as maiores emissões estão associadas às inúmeras atividades da cadeia de valor (ESCOPO 3), seguidas pelas emissões diretas de operação (ESCOPO 1) e emissões indiretas das atividades operacionais (ESCOPO 2)¹.

Emissões do setor de O&G do Brasil em 2022 ³



Emissões relatadas das principais empresas de O&G à nível mundial acerca dos Escopo 1 e 2 *versus* Escopo 3 ²



Nota: o tamanho da bolha representa o volume de emissões

¹ BECK, C. et al. 2020. The future is now: How oil and gas companies can decarbonize. Disponível em <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-future-is-now-how-oil-and-gas-companies-can-decarbonize>. Acesso em 05 mar 2024.

² ELLACOTT, T. 2022. How will oil and gas companies get to Scope 3 net zero?. Disponível em <https://www.woodmac.com/news/opinion/how-will-oil-and-gas-companies-get-to-scope-3-net-zero/>. Acesso em 07 mar. 2024.

³ Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) - Observatório do Clima (OC), 2023/v11.1

O PAPEL DA INDÚSTRIA DE O&G NA TRANSIÇÃO

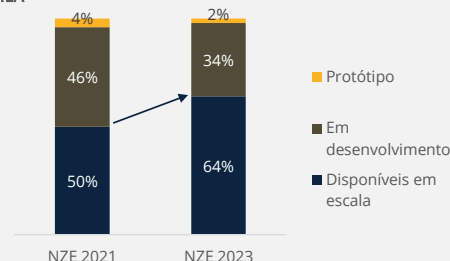
01 | Segurança energética

- Garantir o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida em uma transição centrada nas pessoas
- Atender à demanda prevista, dado que o ritmo de declínio ainda é incerto mesmo nas trajetórias condizentes com as metas climáticas
- Sustentar os níveis de emprego e renda proporcionados pela indústria em paralelo à capacitação da força de trabalho para novas atividades

02 | Capacidade de investimento e inovação

- Apesar do notável aumento no percentual de tecnologias de descarbonização disponíveis no mercado, ainda **é necessário um crescimento expressivo em diferentes áreas** para desenvolver inovações que estão em estágio de maturação

Maturidade das tecnologias necessárias para redução das emissões de CO₂ entre o ano base e 2050 nos cenários NZE da IEA¹



03 | Experiência em projetos intensivos em capital²



- Diversos projetos para geração de energia a partir de fontes de baixo carbono exigem **grandes infraestruturas**, operação de **indústrias de rede e captação de recursos em larga escala** em ambientes regulatórios diversos, aspectos que são inerentes da experiência adquirida pela indústria de O&G

04 | Adaptação e reutilização de infraestruturas

- Diversas infraestruturas da indústria estão sendo testadas e avaliadas tecnicamente em relação ao seu potencial aproveitamento para viabilizar o transporte e/ou armazenamento de hidrogênio e gás carbônico e reduzir o risco de inutilizar esses ativos precocemente (*stranded assets*)
- Terminais de GNL podem ser utilizados para o comércio de hidrogênio líquido e amônia, além de armazenamento de CO₂, mas ainda não existem projetos concretos

Transporte e/ou armazenamento de H₂ e CO₂



Terminais de GNL para H₂, NH₃ ou CO₂



¹ IEA, 2023. *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach*. Disponível em https://iea.blob.core.windows.net/assets/d954f15d-36c5-41b9-a693-9b74daef59cc/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf.

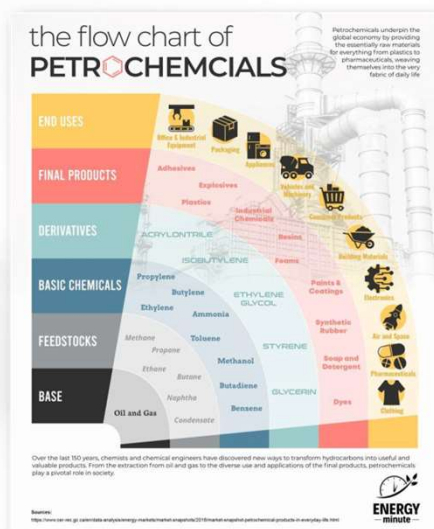
² adaptado de IEA, 2023. *Energy Technology Perspectives*. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a86b480e-2b03-4e25-bae1-da1395e0b620/EnergyTechnologyPerspectives2023.pdf>.

COMO DESCARBONIZAR O SETOR DE O&G?

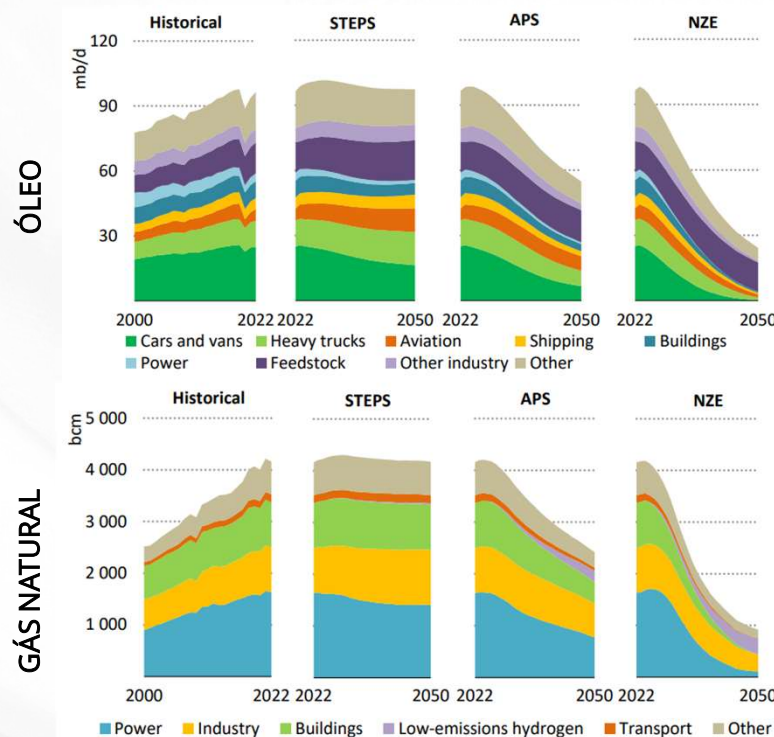
A DEMANDA POR O&G NAS TRAJETÓRIAS CLIMÁTICAS



Concomitante às tecnologias para descarbonização, o setor de **óleo e gás natural (O&G)**, ainda será parte importante da matriz energética. Embora seja projetada, para as próximas décadas, uma queda em termos de demanda e oferta, o setor **continuará sustentando indústrias** onde não é possível a completa substituição de seus produtos finais (Ex: petroquímica)¹.



Demandas por óleo e gás natural, em diferentes cenários, até 2050 segundo IEA (2023)¹



Legenda:

mb/d = Milhões de barris por dia

bcm = Bilhões de m³ por dia

STEPS (*Stated Policies Scenario*) = Cenário de Políticas Declaradas, considera o que os governos estão realmente fazendo e não o que pretendem alcançar.

APS (*Announced Pledges Scenario*) = Cenário de compromissos anunciados, considera o cumprimento das promessas dos governos, empresas e organizações.

NZE (*Net Zero Emissions by 2050 Scenario*) = Cenário de emissões líquidas zero até 2050, contempla o sucesso do alcance das emissões líquidas nulas de CO₂ até 2050, por todo o setor energético, sem compensações de medidas de uso da terra.

¹ IEA. 2023. The Oil and Gas Industry in Net Zero Transitions. Disponível em <https://www.iea.org/reports/the-oil-and-gas-industry-in-net-zero-transitions#downloads>. Acesso em 06 mar 24.

ENTENDENDO A DEMANDA POR O&G NA TRANSIÇÃO



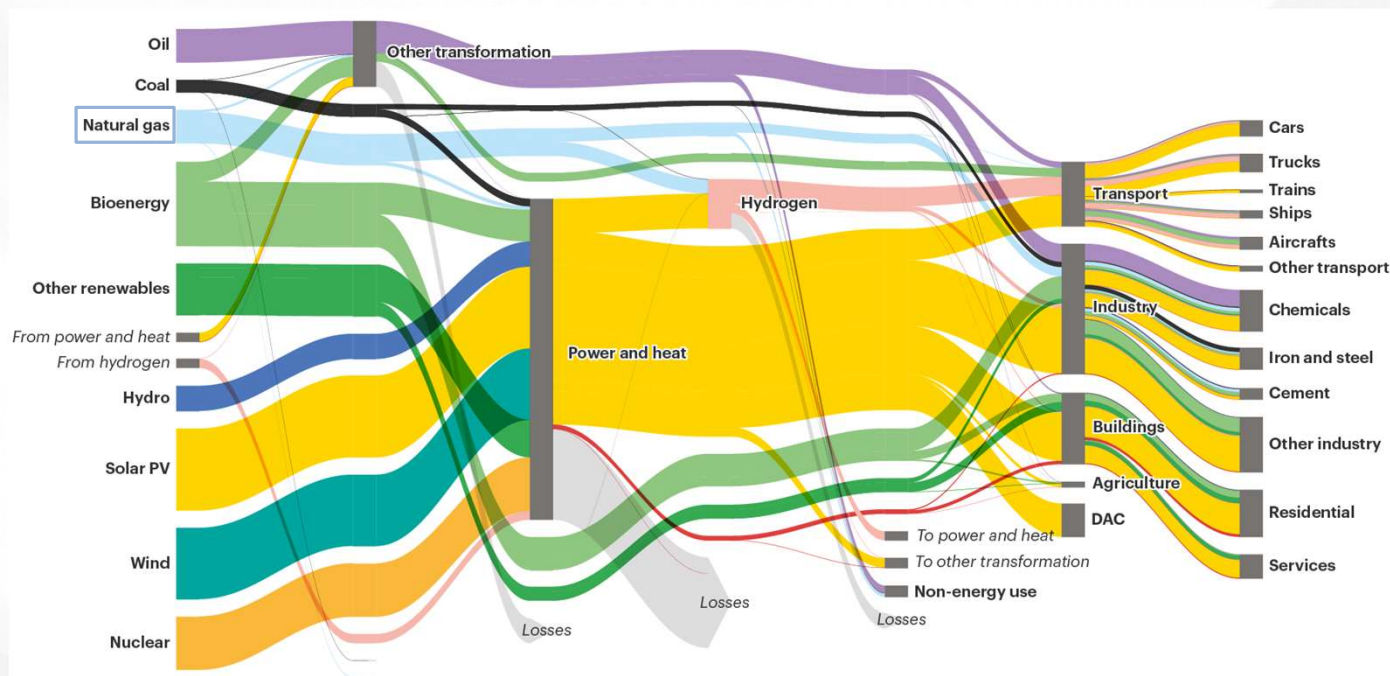
Mesmo o cenário mais ambicioso em termos de emissões (como o NZE da IEA) mostra a presença dos combustíveis fósseis até o horizonte de 2050, com destaque para a atuação do gás natural no setor de transporte e industrial (químico e cimento principalmente)¹.



Dentre os fatores que sustentam a demanda pelo O&G podem ser citados:

- ❑ **Crescimento populacional e econômico** em países **emergentes**;
- ❑ Perenidade das atividades em indústrias e setores **energo-intensivos**, como petroquímica, aviação e navegação;
- ❑ **Transição gradual**, com o **pico da demanda** sendo **sucedido** por um **gradual declínio** ao longo dos anos;
- ❑ **Necessidade de sincronia** entre a **entrada de fontes alternativas** e a **redução do consumo** de fósseis.

Fluxos globais de energia no cenário NZE segundo IEA (2023)¹



¹ IEA. 2023. Energy Technology Perspectives 2023. Disponível em <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a86b480e-2b03-4e25-bae1-da1395e0b620/EnergyTechnologyPerspectives2023.pdf>. Acesso em 06 mar 24.

O O&G E AS ALTERNATIVAS DE DESCARBONIZAÇÃO



Uma série de **diferentes estratégias** podem ser adotadas para a **promoção da descarbonização** e **redução** das emissões de **GEE**^{1 e 2} em todo o setor energético.



Questões de ordem **econômica** e **técnica** influenciam o **ritmo de implementação** e a **escala de alcance** dessas alternativas, de tal modo que, para o cumprimento das metas climáticas globais acordadas para 2050, a **conjugação personalizada de múltiplas frentes** tem se mostrado um caminho promissor a ser adotado^{2 e 3}.



O **apoio político** para se avançar na atração de parceiros e execução de projetos dessas alternativas é um fator crucial para o sucesso das metas¹.



Desde a década de 80, diversas empresas (privadas e estatais) investem em fontes e processos com menor intensidade de carbono. Dessa forma, o setor de O&G é uma importante base de **apoio à flexibilização** das energias renováveis e meio de **viabilização técnica e financeira** para os diversos eixos de remoção e redução de carbono.



Há de se destacar, contudo, que para a **coexistência** das atividades do **setor de O&G** com as alternativas de menor intensidade de carbono é **imperioso** aumentar os esforços de **neutralização** das **emissões** das fontes fósseis.



Nesse sentido, a indústria de hidrocarbonetos brasileira apresenta uma **vantagem competitiva** por ter uma **taxa de emissão de CO₂ por barril abaixo da média mundial** (20 kg CO₂/boe)⁴.



Hidrogênio



Eletrificação



Bioenergia



Solar
fotovoltaica e
eólica



Eficiência
Energética



DACCS
BECCS



CCUS



Energia
Geotérmica



Mudanças
comportamentais

¹ IEA. 2023. Decarbonisation enablers. Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers>. Acesso em 18 jan. 2024.

² IBP. 2023. Tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCUS) e sua importância para a transição energética no Brasil. Disponível em <https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2023/06/ccus.pdf>. Acesso em 28 jun. 2023.

³ WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). 2023. Closing the Climate Action Gap: Accelerating Decarbonization and the Energy Transition in MENA. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Closing_the_Climate_Action_Gap_2023.pdf. Acesso em 18 jan. 2023.

⁴ INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS (IBP). 2023. Panorama geral do setor de petróleo e gás: uma agenda para o futuro. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2023/04/panorama-geral-do-setor-og-22-03-2023-web.pdf>. Acesso em 23 nov. 2023.

DIFERENTES ESTRATÉGIAS PODEM SER ADOTADAS PELAS EMPRESAS DO SETOR

PRESSÃO DE *STAKEHOLDERS*

Sociedade civil¹

Impactos ambientais do petróleo pressionam o setor para a energia limpa

19 dezembro 2022



Pressão ambiental já atinge petroleiras, que estão sendo obrigadas judicialmente a reduzir suas emissões

Investidores²

BlackRock



LARRY FINK'S 2022 LETTER TO CEOs:

We focus on sustainability not because we're environmentalists, but because we are capitalists and fiduciaries to our clients.



citi Our Approach to Net Zero by 2050

"Our intention is to work with all our clients, including our fossil fuel clients, to develop credible plans and transition to net zero together. We will also encourage the responsible retirement of carbon-intensive assets rather than divestment as part of these transition plans."

Acionistas³

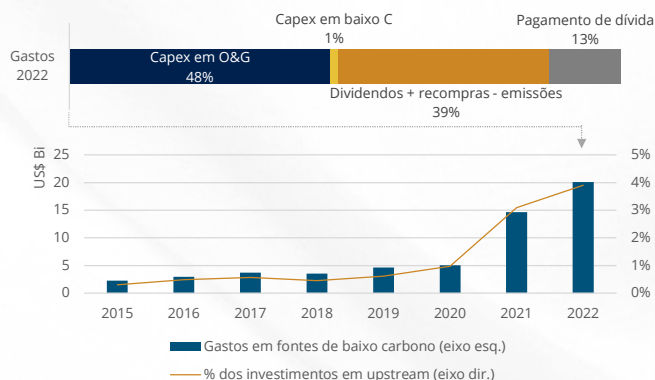
euronews.

Shell shareholders back call for fossil fuel firm to align emissions targets with Paris Agreement

"27 shareholders are putting pressure on Shell to align its emissions targets with the Paris Agreement. The investors backing the push for stronger climate action own around 5 per cent of Shell's shares and manage more than € 3.9 trillion in assets."

DIVERSIFICAÇÃO

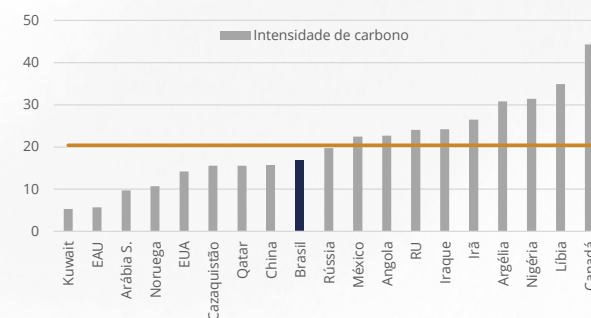
Distribuição dos dispêndios das empresas de O&G, incluindo a parcela em fontes de baixo carbono⁴



Apesar do notável aumento no volume de investimentos fora da cadeia de O&G, o valor ainda é marginal comparado ao Capex em E&P e à recomposição financeira, indicando oportunidades para a indústria

REDUÇÃO DA INTENSIDADE DE EMISSÕES

Intensidade média de carbono da produção de óleo⁵
kgCO₂/boe em 2019



Com os investimentos em **inovação e especialização** para produção de petróleo com menor emissão de gases do efeito estufa, a indústria brasileira atingiu uma intensidade média de carbono da sua produção que a torna **competitiva globalmente**, fator crucial para um cenário de restrição na demanda por priorização de fontes de baixo carbono

¹ WWF, 2022. Impactos ambientais do petróleo pressionam o setor para a energia limpa. Disponível em: www.wwf.org.br

² Blackrock, 2022. Larry Fink's 2022 letter to CEOs. Disponível em: www.blackrock.com/corporate/investor-relations. Acesso em: 08 mar 2024; Citi, 2022. Our Approach to Net Zero by 2050. Disponível em: www.citigroup.com/global/news/perspective/2022. Acesso em: 08 mar 2024.

³ Euronews, 2024. Shell shareholders back call for fossil fuel firm to align emissions targets with Paris Agreement. Disponível em: www.euronews.com/green. Acesso em: 08 mar 2024.

⁴ IEA, 2023. World Energy Investment. Disponível em: www.iea.com

⁵ bp, 2022. bp Energy Outlook. Nota: países com produção acima de 1 milhão de barris/dia em 2019.

OPORTUNIDADES E DESAFIOS DA DESCARBONIZAÇÃO DO SETOR DE O&G NO BRASIL

DESCARBONIZANDO A CADEIA DE O&G



Para a sustentabilidade do setor de O&G em um mundo cada vez mais descarbonizado, três eixos de ação são essenciais¹:

REDUÇÃO

- Relacionado ao uso da energia.
- Envolve mudanças de comportamento e estruturação de projetos.
- Menores barreiras para implementação (menor CAPEX e investimento em tecnologia).

REMOÇÃO

- Remove os gases diretamente emitidos.
- Envolve ações de armazenamento.
- Pode contemplar as emissões de metano (CH₄), que embora menores (em volume) do que as de CO₂ são mais perigosas por seu poder de captura da radiação solar.

SUBSTITUIÇÃO

- Considera a substituição da geração de energia convencional baseada em hidrocarbonetos por alternativas de baixo carbono.
- Desafio para projetos existentes.
- Dificuldade de ação em larga escala.
- Integração tecnológica é fundamental.

¹ DNV, 2022. Decarbonization – act now. Disponível em <https://www.dnv.com/article/simplifying-the-pathway-to-decarbonization-for-oil-and-gas-operators-228270>. Acesso em 05 mar 2024.

DESCARBONIZANDO A CADEIA DE O&G



Tecnologias existentes podem reduzir grande parte das emissões do setor de O&G¹.

Upstream

Midstream

Downstream

Perfuração e extração	Queima (CO ₂)	Fugitivas e ventilação (CH ₄)	Transporte	Sistemas de calor e energia em refinarias	Produção de hidrogênio/emissões de CCF*	Emissões fugitivas (CH ₄)
•Eficiência energética •Eletrificação •CCUS (ex. EOR)	•CCUS (ex.: EOR) •Zero queima (ex.: troca de equipamentos, melhoria na manutenção, captura de metano)	•Unidades de recuperação de vapor •LDAR nas unidades de compressão (ex.: manutenção preventiva, •Substituição de equipamentos e tubulações com vazamento	•Navios de transporte de petróleo bruto (Ex.: substituição de combustíveis) •Transporte de petróleo bruto (Ex.: eletrificação)	•Eficiência energética •Substituição de combustíveis por biogás e/ou hidrogênio •Eletrificação •CCUS •Substituição da matéria-prima da refinaria de petróleo bruto para óleo vegetal	•Hidrogênio renovável •Reforma de metano com vapor de hidrogênio e CCS •Produção de hidrogênio de base biológica on site	• Unidades de recuperação de vapor em tanques • Detecção de vazamentos e reparos, principalmente para compressores • Substituição de equipamentos e tubulações com vazamento

Nota: o esquema acima representa uma aproximação para o contexto mundial das emissões por cada segmento da cadeia do setor de O&G. Porém, cabe notar que cada país possui particularidades que devem ser levadas em consideração.

¹ BECK, C. et al. 2020. The future is now: How oil and gas companies can decarbonize. Disponível em <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-future-is-now-how-oil-and-gas-companies-can-decarbonize>. Acesso em 05 mar 2024.

Fonte: Beck et al. (2020)

MERCADO PROEMINENTE: ARMAZENAMENTO DE CARBONO (CCS)



Suporta a **retirada** (em grande quantidade) de **carbono** da atmosfera por milhares de anos.



É **essencial** para o **redução** das **emissões** de setores cuja **descarbonização é mais difícil** (*hard-to-abate*) – por motivos econômicos ou técnicos: indústrias de cimento, ferro e aço, petroquímica.



O CCS pode ser utilizado para aumentar a **recuperação avançada de hidrocarbonetos (EOR)** em áreas que já produzem, contribuindo para a **maior eficiência** da atividade produtiva .



Possibilidade de **acoplamento** com **atividades** de produção de **hidrogênio de baixo carbono** e **bioenergia**, promovendo o alcance das emissões negativas!



O CO₂ capturado **pode ser usado** como insumo das **indústrias de ureia e metanol**.



Transferência coordenada de **mão-de-obra** e **conhecimento** de um setor importante economicamente como o O&G.



Capacidade de reaproveitar **instalações** (após os devidos estudos que avaliem a pertinência desse reuso) ou a **faixa de território** já alterada.

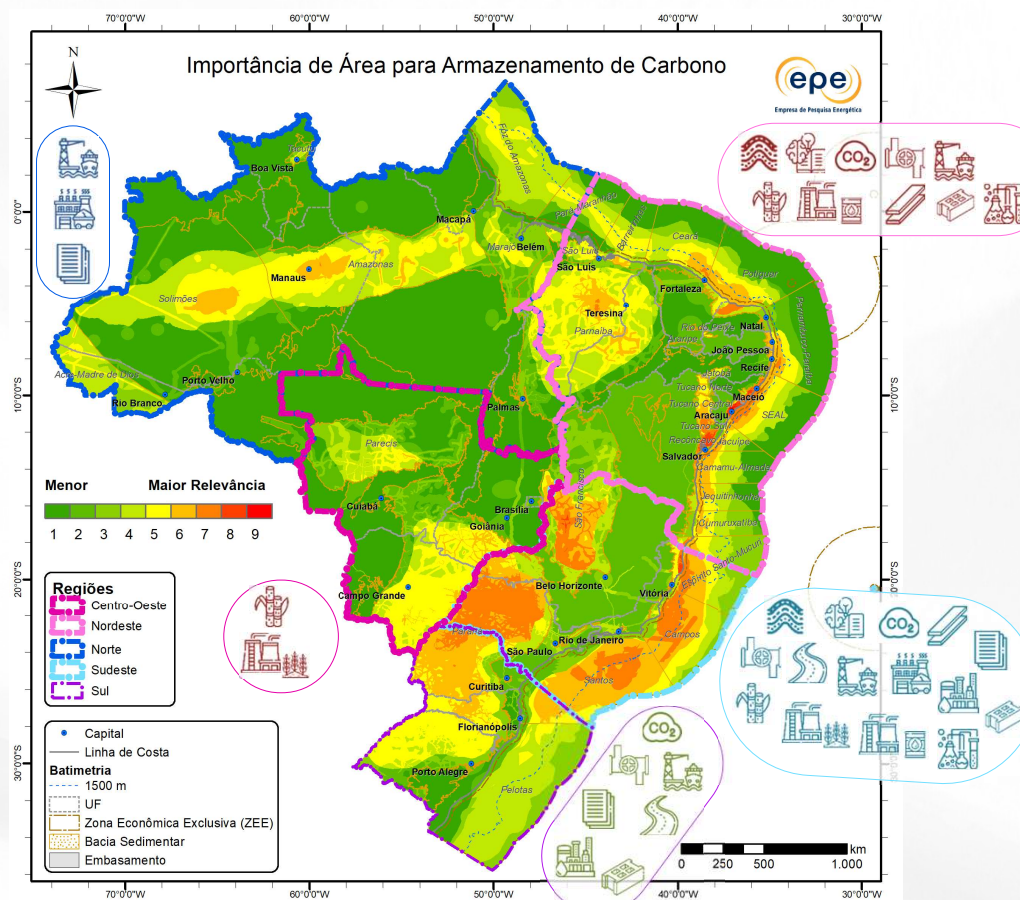
Novos postos podem ser criados pelas atividades de CCUS nas fases de **pesquisa, instalação (em maior número) e operação**, tanto nos casos de **retrofit** quanto de criação de **novas infraestruturas**²

Para diferentes cenários de transição energética no Brasil, as estimativa de **investimentos anuais** em **projetos de CCS**, são da ordem de R\$ 2 a 4,5 bilhões até 2050³

No Brasil, apenas o **mercado de créditos de carbono** pode gerar de **\$14 a \$20 bilhões** de dólares por ano⁴

CCS NO BRASIL: RECONHECENDO ÁREAS RELEVANTES

Fatores mais relevantes por região



O mapeamento realizado pela EPE, em 2023, contribui para o direcionamento de estratégias e para a tomada de decisões técnica e economicamente sustentáveis sobre o armazenamento geológico de carbono no país.

As regiões Centro-Sul, e Centro-Oeste são as fortes candidatas para projetos de captura e armazenamento associado ao CO₂ proveniente da biomassa (Bio-CCS ou BECCS) por serem as responsáveis pela maior parte da produção do etanol brasileiro (incluindo milho).

É fundamental ampliar a infraestrutura de transporte, principalmente para o centro-oeste.

RELEVÂNCIA DO SETOR DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Suplemento ao Bloco 1

Potencial de redução de emissões de GEE nas atividades de
E&P

Rio de Janeiro, RJ - Abril de 2024

E&P/SPG/DPG



AVISO

As informações fornecidas nesta publicação refletem a visão da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Contudo, o conteúdo exposto envolve uma gama de riscos e incertezas conhecidos e desconhecidos e, portanto, os dados e as análises aqui contidas devem ser usados para fins de referência, não sendo garantia de realizações e acontecimentos futuros.

Este documento possui caráter informativo, sendo destinado a subsidiar o planejamento do setor energético nacional. Logo, quaisquer decisões de encaminhamento (como formulação de políticas públicas, definição de diretrizes estratégicas, decisões de investimento ou estratégias de negócio) dependem de outras instituições públicas e privadas.

A EPE se exime de qualquer responsabilidade por ações e tomadas de decisão que possam ser realizadas por agentes econômicos ou qualquer pessoa com base nas informações contidas neste documento.

MEDIDAS INDICADAS PARA O SEGMENTO DE E&P



I - Inspeções de vazamentos

- + (5) Inspeção direta e manutenção em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas
- + (8) Implementação de programas de detecção e reparo de vazamentos (LDAR)



II - Redução/eliminação da queima de rotina ou ordinária

- (10) Eliminação da queima de rotina com reinjeção de gás natural
- (11) Eliminação da queima de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos: uso local para a geração de eletricidade
- (12) Eliminação da queima de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos: monetização em pequena escala utilizando gás natural comprimido
- (13) Eliminação da queima de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos: monetização em grande escala
- (14) Eliminação da queima de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos: monetização em pequena escala utilizando gás natural liquefeito
- (15) Redução da queima e/ou ventilação de gás natural associado, em queimas ordinárias, para até 2%



III - Eletrificação das operações e de equipamentos

- Δ (2) Eletrificação das operações com geração de eletricidade centralizada (all electric)
- Δ (3) Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid
- Δ (4) Eletrificação das operações com eletricidade proveniente de sistema descentralizado de geração de energia renovável
- Δ (6) Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado
- Δ (9) Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos

IV - Instalação de dispositivos para recuperação ou queima de gás em processos rotineiros e emergenciais

- × (7) Instalação de unidades de recuperação de vapor
- × (16) Recuperação de gás de operações de pigging de dutos na produção, processamento e transmissão
- × (17) Instalação de tochas
- × (19) Instalação de unidades de recuperação de vapor em tanques de armazenamento

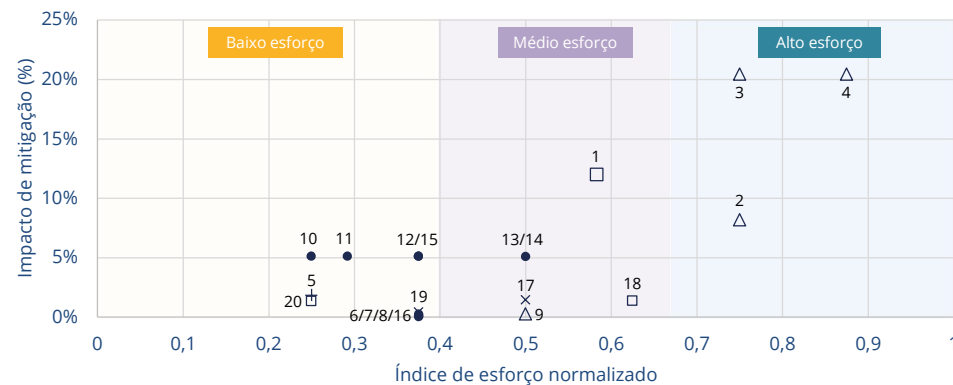


V - Ganho de eficiência operacional e outros

- (1) Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado
- (18) Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural (CCUS)
- (20) Estratégia de redução de emissões de GEE da Organização Marítima Internacional



Matriz de esforço x impacto para avaliação de medidas de mitigação no E&P brasileiro¹



¹ Green Domus e EPE, 2023. "Modelagem da estimativa do potencial de redução de emissões de GEE em atividade de E&P de petróleo e gás natural e aspectos envolvidos". Relatório final. Nota: os critérios utilizados para o índice de esforço foram custo marginal de abatimento e maturidade da tecnologia. Ao final foi feita uma normalização para composição do "Índice de esforço". Para o eixo "Impacto da mitigação" foi adotado o percentual mínimo de abatimento da medida tendo como base o ano de 2021. Houve uma priorização das medidas a serem analisadas após o mapeamento inicial.

CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS DE EMISSÃO

Cenário base

- Sem a adoção de medidas de mitigação

Cenário de baixo esforço

- (5) Inspeção direta e manutenção (LDAR) em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas
- (6) Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado
- (7) Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)
- (10) Eliminação da queima de rotina com reinjeção de gás natural

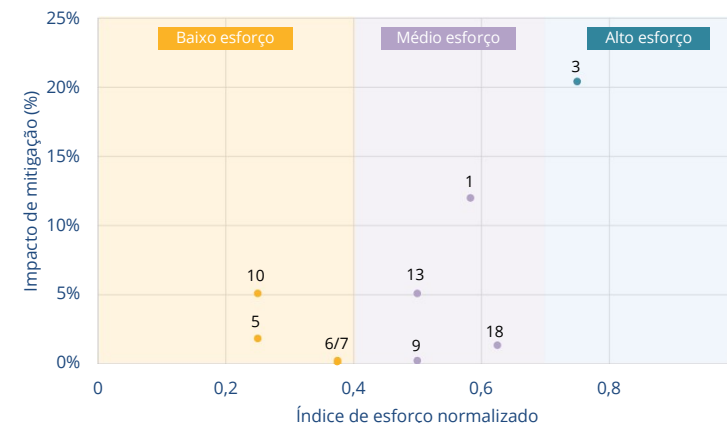
Cenário de médio esforço

- (1) Substituição das turbinas de gás natural de CA por turbinas com CC
- (9) Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos
- (13) Eliminação da queima de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos: monetização em grande escala
- (18) Reinjeção de CO2 decorrente do processamento do gás natural (CCUS)
- 5, 6 e 7 já citadas no cenário "baixo esforço"

Cenário de alto esforço

- (3) Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid
- 5, 6, 7, 9, 13, e 18 já citadas no cenário "médio esforço"

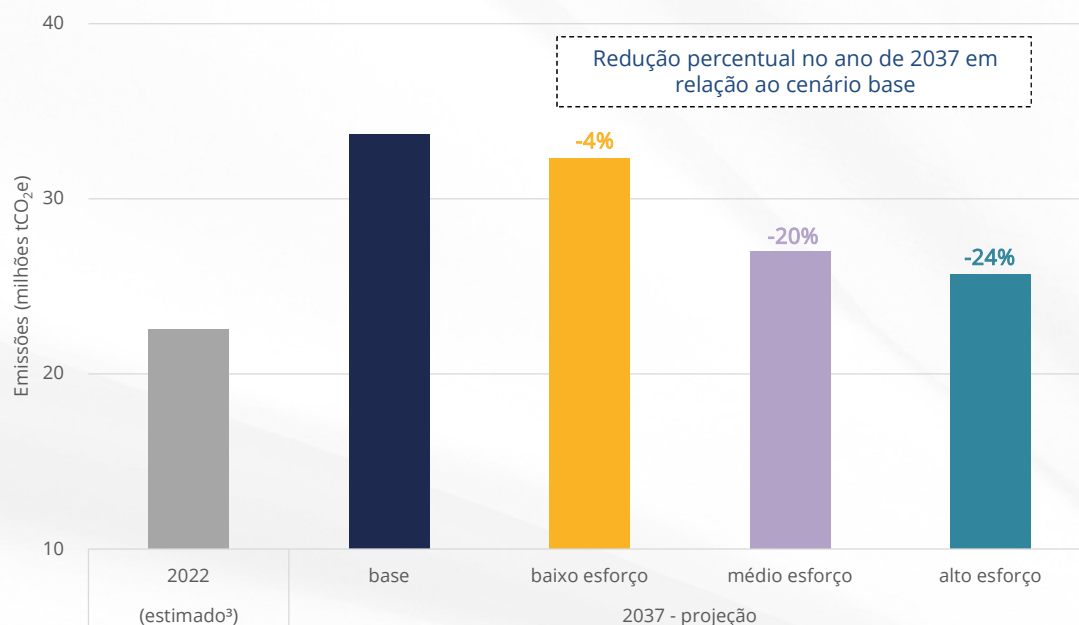
Matriz de esforço x impacto para avaliação de medidas de mitigação no E&P brasileiro



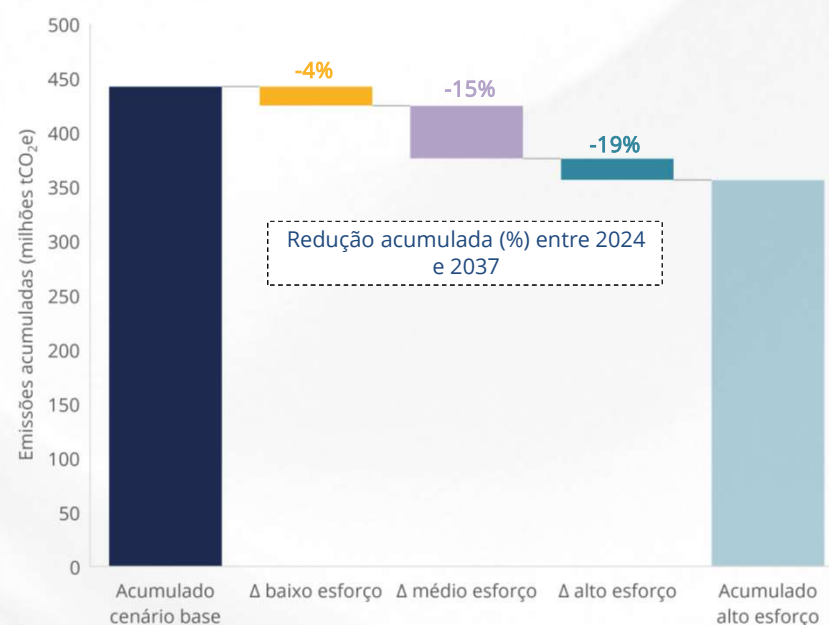
- Medidas para o cenário de baixo esforço
- Medidas para o cenário de médio esforço
- Medida para o cenário de alto esforço

CENÁRIOS DE EMISSÃO

Emissões e percentuais de redução previstos em 2037 para os cenários modelados^{1,2}



Redução entre o cenário base e os cenários alternativos das emissões acumuladas projetadas de 2024 a 2037



¹ Green Domus e EPE, 2023. "Modelagem da estimativa do potencial de redução de emissões de GEE em atividade de E&P de petróleo e gás natural e aspectos envolvidos". Relatório final.

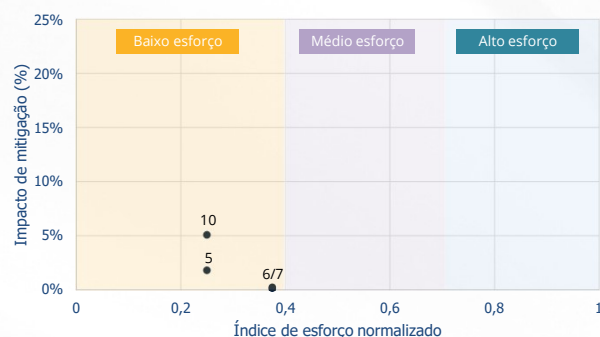
² O método utilizado no "Modelo dinâmico de previsão e redução de emissões" aplica correlações estatísticas para projetar o potencial de redução nas emissões ao longo do horizonte de análise - definido como 15 anos - a partir do histórico disponível de forma agregada. Portanto, o objetivo do cálculo é obter uma estimativa inicial da ordem de grandeza dos potenciais de mitigação em cenários com a adoção de diferentes medidas no segmento de E&P brasileiro. Dessa forma, é mais adequado utilizar as variações percentuais acumuladas do que avaliar os resultados numéricos obtidos por ano.

³ Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa (SEEG). 2023. Emissões brutas de Gases do Efeito Estufa. Disponível em: www.plataformaseeg.eco.br. Acesso em: 11/04/2024.

CENÁRIO “BAIXO ESFORÇO”

i CARACTERIZAÇÃO

Matriz esforço x impacto para as medidas aplicadas



DESCRIÇÃO DAS MEDIDAS

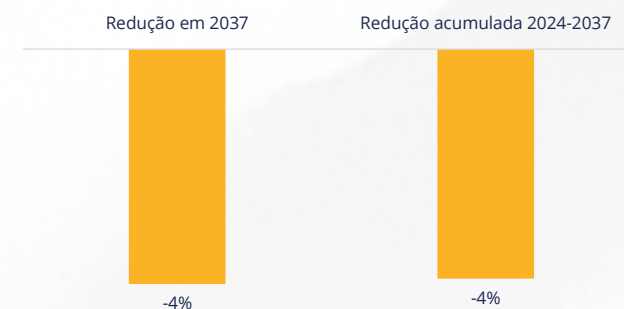
- (5) Inspeção direta e manutenção (LDAR) em UPGN, estações de pressurização, estações compressoras, gates, vedações e válvulas
- (6) Substituição de dispositivos pneumáticos movidos a gás natural por sistemas de ar pressurizado
- (7) Instalação de unidades de recuperação de vapor (VRU)
- (10) Eliminação da queima de rotina com reinjeção de gás natural

- Todas as medidas aplicadas no cenário “Baixo esforço” utilizam tecnologias consolidadas e acessíveis à indústria em larga escala, com custos reduzidos e relativamente rápida implementação operacional.
- LDAR, troca por dispositivos pneumáticos e VRU têm potencial para serem custo líquido negativos devido ao valor econômico do gás natural recuperado/economizado.
- O cenário considera um limite de 1% para a queima de rotina, ou seja, índice de utilização de gás associado (IUGA) maior ou igual a 99%. Apesar da tendência de crescimento nos últimos anos, auxiliada pela resolução 806 da ANP, a IUGA no Brasil ainda se encontra inferior a 98% (97,4% em média em 2023).
- A Petrobras e outros operadores de campos no Brasil são signatários do programa do Banco Mundial **Zero Routine Flaring**, com isso, pretendem zerar suas queimas ordinárias até 2030.



RESULTADOS

Percentuais de redução em relação ao cenário base

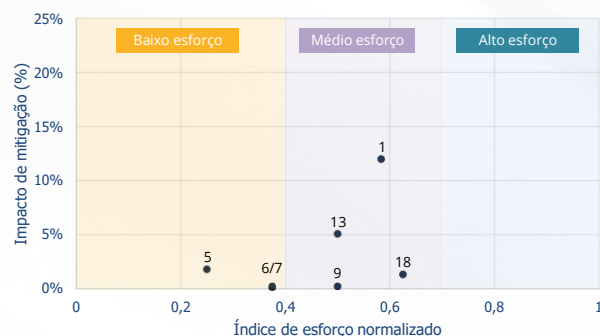


O cenário mostra que a adoção de medidas custo-efetivas já implantadas pela indústria seria capaz de reduzir em quase 5% as emissões acumuladas do E&P, mesmo sendo uma alternativa de menor complexidade

CENÁRIO “MÉDIO ESFORÇO”

i CARACTERIZAÇÃO

Matriz esforço x impacto para as medidas aplicadas¹



DESCRIÇÃO DAS MEDIDAS

- (1) Substituição das turbinas de gás natural de ciclo aberto por turbinas com ciclo combinado
- (9) Substituição de dispositivos movidos a gás natural por equipamentos elétricos
- (13) Eliminação da queima de rotina com captação e utilização do gás natural para fins produtivos: monetização em grande escala
- (18) Reinjeção de dióxido de carbono decorrente do processamento do gás natural (CCUS)
- 5, 6 e 7 já citadas no cenário “baixo esforço”

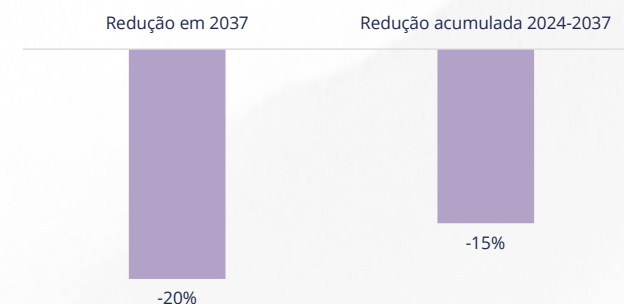
- O cenário “médio esforço” engloba medidas que reduzem emissões de tocha, ventilação e fugitivas mais ambiciosas, focando no ganho de eficiência operacional.
- As medidas citadas exigem investimentos em infraestruturas de produção, processamento e escoamento do gás (UPGNs, malhas de injeção, gasodutos, etc.). Porém, otimizam a operação das unidades de produção, reduzindo o consumo interno de gás natural em até 30% e aumentando seu potencial de aproveitamento.
- Além do retorno ambiental, essas técnicas também tendem a gerar retorno econômico no longo prazo, devido (i) à comercialização do gás que outrora seria consumido ou queimado e (ii) ao aumento da produção resultante da maior reinjeção.

¹ Os cenários de maior esforço englobam as medidas dos inferiores. Portanto, serão discutidas apenas as medidas adicionais selecionadas para o cenário em análise.



RESULTADOS

Percentuais de redução em relação ao cenário base

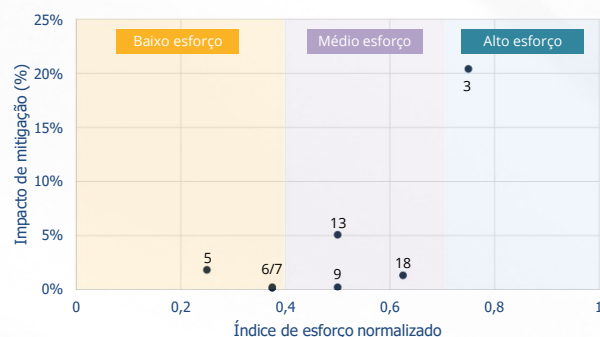


No cenário intermediário, a adoção de medidas de eficiência energética e operacional, além do CCUS, resultam em uma redução mais expressiva nas emissões acumuladas, mas demandam maiores investimentos em infraestruturas e dependem de um mercado para monetização do gás natural capturado

CENÁRIO “ALTO ESFORÇO”

CARACTERIZAÇÃO

Matriz esforço x impacto para as medidas aplicadas¹



DESCRIÇÃO DAS MEDIDAS

(3) Eletrificação das operações com eletricidade proveniente do grid

5, 6 e 7 já citadas no cenário “baixo esforço”

9, 13, e 18 já citadas no cenário “médio esforço”

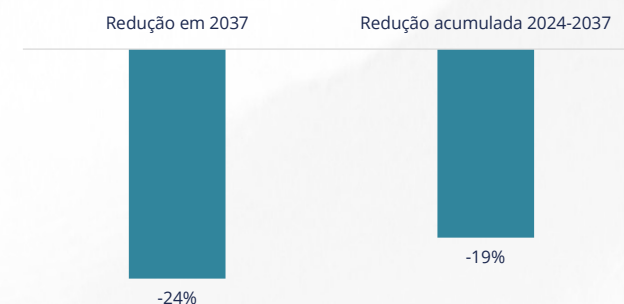
- O cenário “alto esforço” engloba a eletrificação das operações com eletricidade proveniente do GRID.
- As emissões na geração elétrica brasileira alcançaram um fator de 61,7 kg CO₂e/MWh em 2022, 34% do registrado na Europa OCDE, 24% dos EUA e 12% do valor da matriz na China.
- Dentre os desafios associados à eletrificação, destacam-se os elevados custos de investimento em decorrência da complexidade e da distância de interligação dos campos produtores ao GRID, dado que as atividades de E&P no Brasil são majoritariamente *offshore*.
- Há um limite técnico para a eletrificação em substituição aos combustíveis fósseis, especialmente em atividade que demandam grande quantidade de calor.

¹ Os cenários de maior esforço englobam as medidas dos inferiores. Portanto, serão discutidas apenas as medidas adicionais selecionadas para o cenário em análise.



RESULTADOS

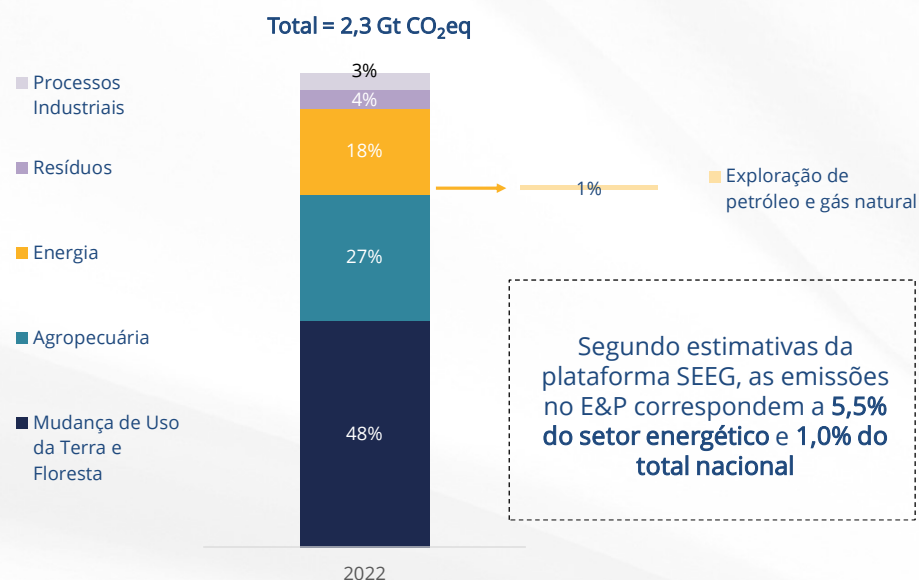
Percentuais de redução em relação ao cenário base



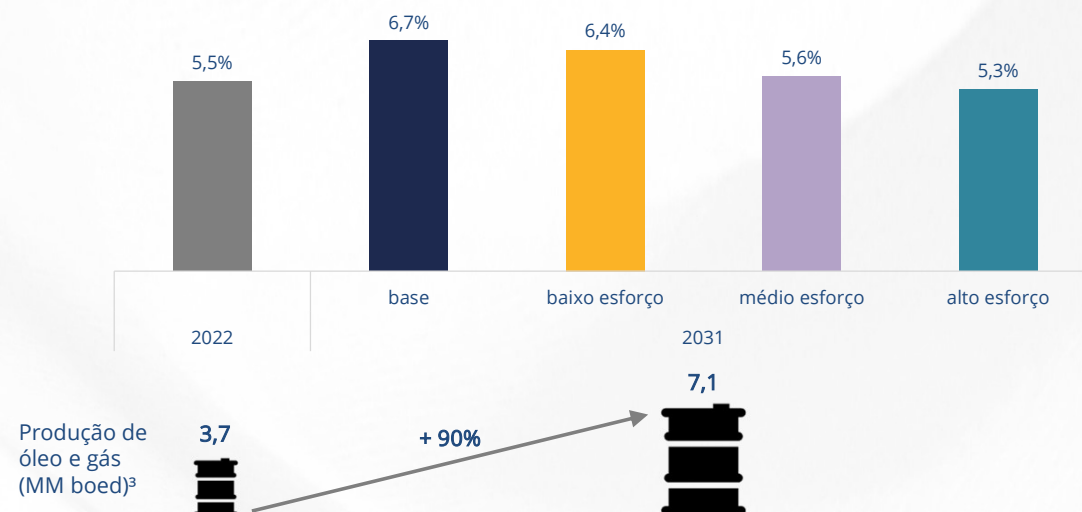
Com a eletrificação, o cenário permite reduções acumuladas mais expressivas, de aproximadamente 20%, mas o desafio de conectar as plataformas *offshore* ao GRID configuram um alto esforço para implantação

PARTICIPAÇÃO DO SEGMENTO DE E&P NAS EMISSÕES NACIONAIS

Emissões brasileiras por setor¹



Estimativa de participação do E&P no setor energético por cenário²



O cenário de "alto esforço" poderia reduzir a contribuição do E&P nas emissões do setor energético de 6,7% (cenário base) para 5,3% em 2031, mantendo a participação atual do segmento mesmo com 90% de aumento na produção de óleo e gás

¹ Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa (SEEG). 2023. Emissões brutas de Gases do Efeito Estufa. Disponível em: www.plataformaseeg.eco.br. Acesso em: 11/04/2024.

² EPE. 2022. Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2021.

³ ANP. 2023. Anuário estatístico 2022; EPE. 2022. Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032: Previsão da Produção de Petróleo e Gás Natural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Atualmente as emissões de E&P equivalem a 5,5% do setor energético e 1,0% do total do Brasil. Entretanto, há potencial de reduzir ainda mais a intensidade de emissões do setor para reduzir essa contribuição.
 - ❑ Com medidas custo-efetivas, já conhecidas pela indústria, seria possível reduzir em cerca de 4% as emissões acumuladas do E&P até 2037 (cenário “baixo esforço”).
 - ❑ Adotando medidas de eficiência energética/operacional e CCUS, a redução acumulada das emissões poderia chegar a aproximadamente 15% (“médio esforço”).
 - ❑ No cenário de “alto esforço”, superando desafios da eletrificação com o GRID, o percentual de redução acumulada alcançaria quase 20%.
- Projetos de E&P possuem longo ciclo entre descoberta, produção e retorno financeiro, o que significa que as decisões com impacto de longo prazo precisam ser tomadas agora.
 - ❑ Da mesma forma, a maturação de novas tecnologias demandam tempo e os investimentos em inovação precisam ser priorizados.
 - ❑ Os riscos associados à escassez de oferta incluem, por exemplo, necessidade de aumento da importação, enquanto os riscos de restrição da demanda além do planejado pelo setor poderia resultar em dificuldade de retorno dos projeto e/ou encalhamento de ativos.
- Em um cenário de restrição da demanda poderão ser priorizados campos competitivos em custos e emissões, o que justifica o suporte à redução da intensidade de carbono do E&P brasileiro, principalmente em uma perspectiva de aumento da parcela destinada ao mercado externo.

Presidente

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Estudos Econômicos e Ambientais

Thiago Ivanosky

Coordenação Técnica

Marcos Frederico Farias de Souza
Regina Freitas Fernandes
Roberta de Albuquerque Cardoso
Elisangela Medeiros de Almeida
Glauce Maria Botelho

Equipe Técnica

Bruna Silveira Guimarães
Isis de Oliveira Fernandes
Nathalia Oliveira de Castro
Pamela Cardoso Vilela
Rafael Freitas Funcia Lemme
Marcos Ribeiro Conde
Mariana Barroso

