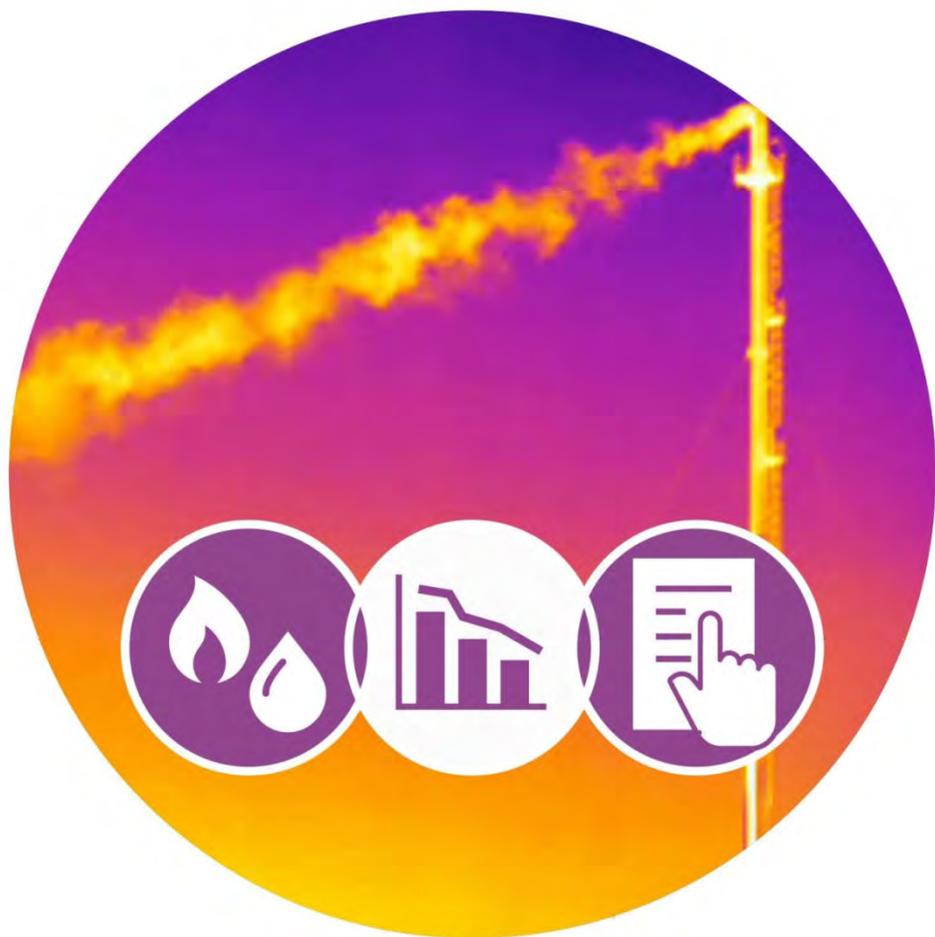


# Redução de emissões de metano para o setor de petróleo e gás

Manual para formuladores de políticas



## **Carta de abertura da Secretária Raimondo**

As mudanças climáticas representam um desafio profundo e global. Os Estados Unidos estão se preparando para enfrentar esse desafio. Na Ordem Executiva 14008, o governo Biden-Harris reconhece que este é o momento de agir para evitar os piores impactos da crise climática, bem como para aproveitar a oportunidade que o combate às mudanças climáticas apresenta. O Departamento de Comércio dos EUA faz parte desse esforço de todo o governo para enfrentar o momento climático e garantir uma transição justa e rápida para um futuro sustentável, próspero e com menos emissão de carbono.

As emissões de metano são um dos principais contribuintes para a mudança climática. A redução das emissões de metano também representa uma oportunidade única. Por esse motivo, em 2021, os Estados Unidos e seus parceiros internacionais estabeleceram o Compromisso Global do Metano (Global Methane Pledge). De acordo com o Compromisso, os países se comprometem a reduzir coletivamente as emissões de metano em 30% até 2030 em relação aos níveis de 2020. Agora, os EUA e seus parceiros trabalham para ajudar os países em relação ao metano, na adoção de políticas de redução, mobilização de financiamento, implementação de tecnologias e práticas de redução, bem como na revisão de leis e regulamentações.

Por mais de 30 anos, o Programa de Desenvolvimento em Direito Comercial (CLDP) do Gabinete do Conselho Geral do Departamento de Comércio dos EUA tem ajudado os países na atualização de suas leis e regulamentações comerciais. Agora, o CLDP preparou um guia gratuito, acessível e adequado para os formuladores de políticas e reguladores visando reduzir as emissões de metano da cadeia de valor de petróleo e gás.

Para a elaboração deste manual, o CLDP reuniu um grupo de especialistas em redução de metano do governo dos EUA, de instituições multilaterais, de organizações não governamentais, da indústria e do meio acadêmico. Esses vários autores e muitos outros apoiadores do manual trabalharam inúmeras horas de forma

voluntária. O resultado é um guia que legisladores, autoridades ministeriais e agências reguladoras de todo o mundo podem usar imediatamente para elaborar, adotar e fiscalizar uma nova legislação que reduzirá o metano proveniente dos processos de petróleo e gás de forma rápida e eficaz.

Este manual também amplia o escopo da série desenvolvida pela CLDP no âmbito da iniciativa Power Africa, chamada *Understanding Power*: uma biblioteca de manuais de código aberto e linguagem simples de manuais que explicam uma variedade de tópicos essenciais em contratos, financiamento e aquisição de projetos de energia. Além de apoiar o Compromisso Global do Metano e as metas climáticas dos Estados Unidos, o manual promove os objetivos de comércio de tecnologias limpas e climáticas do Departamento de Comércio dos EUA.

Sou grata ao CLDP e aos autores, patrocinadores e apoiadores por desenvolverem essa importante contribuição para nosso esforço coletivo de agir contra as mudanças climáticas. Trabalhando juntos, podemos enfrentar a crise climática, aproveitar as oportunidades econômicas e estar à altura do desafio.



Gina M. Raimondo  
Secretária de Comércio dos EUA

# Í N D I C E

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| <b>Guia do Manual</b> | <b>8</b> |
|-----------------------|----------|

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. A oportunidade gerada pelo metano</b> | <b>14</b> |
|---|-----------|

|   |    |
|---|----|
| a. A mudança do papel do metano no setor de petróleo e gás                      | 15 |
| b. O metano e o desafio climático   | 17 |
| c. O metano na cadeia de valor de petróleo e gás                                | 18 |
| d. A oportunidade: redução de emissões de metano provenientes de petróleo e gás | 20 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2. Planejamento para reduzir as emissões de metano do setor de petróleo e gás</b> | <b>26</b> |
|--|-----------|

|   |    |
|---|----|
| a. Planos de ação nacional para o metano                  | 27 |
| b. Planos de redução para o setor de petróleo e gás       | 31 |
| c. Adaptação das políticas de metano aos contextos locais | 35 |
| d. Recursos úteis   | 38 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3. Introdução às regulamentações para redução de metano</b> | <b>39</b> |
|--|-----------|

|   |    |
|---|----|
| a. Estratégias possíveis para políticas e regulamentações | 40 |
| b. Avaliação das leis e instituições existentes           | 45 |
| c. Envolvimento das partes interessadas                   | 47 |
| d. Aproveitamento da ação voluntária do setor             | 49 |
| e. Abordagens comuns em regulamentações existentes        | 50 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>4. Fontes de metano por segmento de mercado de petróleo e gás</b>   | <b>51</b>  |
| a. Upstream  | 54         |
| b. Midstream   | 57         |
| c. Downstream  | 63         |
| <b>5. Detecção e reparo de vazamentos (LDAR)</b>   | <b>67</b>  |
| a. Características da regulamentação de LDAR   | 69         |
| b. Exemplo: Requisito federal de LDAR do Canadá  | 72         |
| <b>6. Flaring e venting</b>  | <b>78</b>  |
| a. Características das regulamentações para Flaring e Venting  | 80         |
| b. Exemplo: Restrições de queima e liberação de gás na Colômbia  | 82         |
| c. Exemplo: Utilização de gás associado no Cazaquistão   | 88         |
| <b>7. Normas de equipamentos e processos</b>   | <b>92</b>  |
| a. Como é uma regulamentação típica de equipamento ou processo   | 94         |
| b. Exemplo: Normas regulamentadoras para equipamentos na Nigéria   | 97         |
| <b>8. Inventários</b>  | <b>105</b> |
| a. Inventários de emissões x Monitoramento   | 107        |
| b. Dados necessários para os inventários de emissões   | 108        |
| c. Inventário de poços tamponados e abandonados  | 109        |
| d. Considerações sobre o design para o desenvolvimento de programas de geração de relatórios e inventários de emissões | 110        |
| e. Recursos disponíveis para auxiliar no desenvolvimento de inventários  | 113        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>9. Monitoramento</b>  | <b>119</b> |
| a. Tecnologias para monitoramento disponíveis                            | 120        |
| b. Necessidade de monitoramento para apoiar arcabouços jurídicos         | 126        |
| c. Considerações sobre protocolos de monitoramento, relato e verificação | 127        |
| d. Suporte disponível para governos                                      | 129        |
| e. Recursos úteis  | 131        |
| <b>10. Garantia de conformidade</b>                                      | <b>133</b> |
| a. Comunicação de expectativas   | 135        |
| b. Fiscalização  | 140        |
| c. Como desenvolver um plano de inspeção                                 | 143        |
| <b>11. Financiamento para a redução de metano</b>                        | <b>145</b> |
| a. O déficit de financiamento  | 147        |
| b. Tendências em financiamento   | 153        |
| c. Como apresentar um argumento econômico para a redução do metano       | 157        |
| d. Monetização da redução de metano                                      | 160        |
| <b>12. Capacitação para a ação</b>                                       | <b>164</b> |
| a. Conhecimento especializado necessário para o gerenciamento do metano  | 165        |
| b. Elaboração de uma estratégia de capacitação                           | 167        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>13. Recursos para implementação</b>     | <b>175</b> |
| a. Consultoria especializada personalizada | 176        |
| b. Financiamento                           | 177        |
| c. Guias                                   | 179        |
| d. Ferramentas                             | 182        |
| e. Fontes de dados                         | 184        |
| <b>Anexo: sobre o metano</b>               | <b>186</b> |
| <b>Acrônimos</b>                           | <b>190</b> |
| <b>Notas</b>                               | <b>193</b> |
| <b>Colofão</b>                             | <b>210</b> |

# Guia do Manual

---

## **A quem se destina este documento?**

A comunidade internacional se comprometeu a reduzir rapidamente as emissões de metano provenientes das operações de petróleo e gás para atender aos objetivos de combate às mudanças climáticas e melhorar a segurança econômica e energética. No entanto, muitos países ainda precisam entender como atingir esses objetivos. Este manual apresenta às autoridades governamentais uma série de opções para a redução de metano no setor de petróleo e gás e orienta a elaboração e a implementação de regulamentações. Ele se baseia nas lições aprendidas com os modelos regulatórios em diversos países. As autoridades governamentais envolvidas em todos os aspectos do setor de petróleo e gás podem se beneficiar deste manual.

## **Qual é o escopo deste documento?**

Este manual explica as tecnologias e oportunidades para redução de metano e como desenvolver e implementar políticas e regulamentações eficazes para tal redução. Ele apresenta exemplos úteis e estudos de caso sobre regulamentações de redução de metano adotadas recentemente por países em todo o mundo. Este manual aborda apenas algumas das tecnologias específicas de redução de metano em profundidade e se concentra nos pontos mais importantes sobre o tema. Ele resume os pontos que os autores individuais consideram particularmente importantes ao levar em conta as regulamentações e a implementação da redução de metano. Este manual não se destina a defender um conjunto específico de políticas de redução de metano, mas apresenta uma visão geral das opções disponíveis.

## Quem escreveu este livro?

Os autores são diversos profissionais do setor de energia, incluindo autoridades governamentais, engenheiros, especialistas em políticas públicas, advogados e acadêmicos. Este manual busca reunir a experiência prática coletiva e o conhecimento atual desses autores. Entretanto, ele pode não representar as posições políticas das organizações, instituições, países e/ou empresas com as quais os autores individuais estão ou estiveram afiliados. Para conhecer tais pontos de vista, consulte as publicações e os sites das respectivas organizações, instituições, países e/ou empresas.

A redução das emissões de metano é uma questão complexa, informada por meio de aprendizado contínuo de muitas partes interessadas e pelos avanços tecnológicos. As diversas áreas de especialização dos autores permitiram que o manual abordasse essa complexidade em um formato de fácil compreensão, apontando os problemas e as alternativas, com a participação dos autores em determinados tópicos, de acordo com seus conhecimentos individuais. Os autores esperam que este manual ajude a promover o desenvolvimento e a implementação de políticas e regulamentações de redução de metano e contribua para a redução das emissões globais de metano provenientes do setor de petróleo e gás.

## Como o documento foi elaborado?

Este manual foi produzido utilizando o método Book Sprints ([www.booksprints.net](http://www.booksprints.net)), que permite a elaboração, edição e publicação de um produto completo em apenas cinco dias. Nossos sinceros agradecimentos à Barbara Rühling, facilitadora do Book Sprint, por sua orientação paciente e liderança inabalável durante todo o processo de elaboração, que durou quase 75 horas. Agradecemos também a Henrik van Leeuwen e Lennart Wolfert por transformarem nossos rabiscos apressados em ilustrações belas e significativas. Também gostaríamos de reconhecer o incansável trabalho de Raewyn Whyte e Christine Davis, revisoras de texto do Book Sprints.

Gostaríamos de expressar nosso reconhecimento às seguintes pessoas e instituições que ajudaram a direcionar o diálogo para a construção de um consenso em torno do potencial deste manual: o Escritório de Recursos Energéticos do Departamento de Estado dos EUA, o Enviado Presidencial Especial para o Clima do Departamento de Estado dos EUA e Stephen Gardner (Programa de Desenvolvimento em Direito Comercial do Departamento de Comércio dos EUA). Gostaríamos também de agradecer àqueles que forneceram apoio durante todo o processo de elaboração: Martin Oswald, do Banco Mundial; Shareen Yawanarajah, do Fundo de Defesa Ambiental; Dan McDougall, da Coalizão Clima e Ar Limpo; Meghan Demeter, do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente; Mark Davis, da Capterio; Riley Duren e Daniel Bon da Carbon Mapper; Dr. Gabrielle Dreyfus e Tad Ferris, do Institute for Governance and Sustainable Development; e Osasu Dorsey, da Administração de Segurança de Dutos e Materiais Perigosos dos EUA. Além disso, foi necessário planejamento e desenvolvimento consideráveis para a conceituação deste manual. Gostaríamos também de agradecer generosidade do Programa de Energia Mineral e Governança do Escritório de Recursos Energéticos do Departamento de Estado dos EUA, que financiou integralmente este manual.

## Como posso usar este documento?

Seguindo a tradição do compartilhamento de conhecimento de código aberto, este manual visa refletir a natureza dinâmica do processo do Book Sprint e servir como referência e ponto de partida para discussões e estudos mais aprofundados. Ele é disponibilizado nos termos da Licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 Internacional (**CC BY NO SA**). Ao selecionar essa licença de publicação, qualquer pessoa poderá copiar, extrair, reestruturar, traduzir e reutilizar o texto para qualquer finalidade não comercial sem precisar de permissão aos autores, desde que o trabalho resultante também seja publicado sob uma Licença Creative Commons. O manual foi originalmente publicado no idioma inglês. As traduções serão publicadas em breve. Ele está disponível

em formato eletrônico em <https://cldp.doc.gov/resources> e em formato impresso. Além disso, o manual pode ser usado como um recurso interativo on-line. Muitos dos autores que contribuíram também estão empenhados em trabalhar dentro de suas instituições para adaptar esse recurso para uso como base em cursos de treinamento e iniciativas de assistência técnica.

Atenciosamente,  
*Os Autores*

**Dr. Md. Rafiqul Islam**

Divisão de Energia e Recursos  
Minerais  
*Governo de Bangladesh*  
(Bangladesh)

**Chathura Wijesinghe**

*Autoridade para o Desenvolvimento  
Petróleo*  
(Sri Lanka)

**Kenyon Weaver**

Programa de Desenvolvimento em  
Direito Comercial  
*Departamento de Comércio dos EUA*  
(Estados Unidos)

**Eric Camp**

Programa de Desenvolvimento em  
Direito Comercial  
*Departamento de Comércio dos EUA*  
(Estados Unidos)

**Mohamed Badissy**

*Penn State Dickinson Law*  
(Estados Unidos)

**Gil Damon**

*UC Berkeley School of Law*  
(Estados Unidos)

**Deanna Haines**

*Honeywell*  
(Estados Unidos)

**K.C. Michaels**

*Agência Internacional de Energia*  
(França)

**Naadira Ogeer**

*Secretariado da Commonwealth*  
(Trinidad e Tobago)

**Dr. Adam Pacsi**

*Chevron*  
(Estados Unidos)

**Darin Schroeder**

*Clean Air Task Force*  
(Estados Unidos)

**Steve Wolfson**

*Agência de Proteção ao Meio  
Ambiente dos EUA*  
(Estados Unidos)

**Dr. Ryan Wong**

*Northumbria University*  
(Reino Unido)

# 1. A oportunidade gerada pelo metano

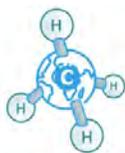
---

**Por que os países devem reduzir o metano do setor de petróleo e gás agora**

## Principais conclusões

- O metano, principal componente do gás natural, é tanto uma commodity global quanto um gás de efeito estufa (GEE), que contribui para as mudanças climáticas.
- A redução de metano a curto prazo em todos os setores econômicos, incluindo o petróleo e gás, é fundamental para atingir as metas climáticas globais.
- A redução de metano pode gerar receita, melhorar o acesso à energia, criar empregos, aumentar a segurança energética, proporcionar acesso a investimentos, melhorar a segurança, promover a saúde da comunidade e demonstrar liderança.
- Os governos podem elaborar políticas eficazes de redução de metano no setor de petróleo e gás para alcançar essas situações vantajosas para todos.
- Os governos devem aproveitar a oportunidade gerada pelo metano, reduzindo as emissões e avançando em suas metas econômicas e sociais.

## A mudança do papel do metano no setor de petróleo e gás



O metano, com a fórmula química  $\text{CH}_4$ , é o principal componente do gás natural. O papel do gás natural no sistema energético mudou drasticamente ao longo do tempo.

Quando o petróleo foi descoberto e começou a ser produzido, o gás natural era visto como um perigo, um produto indesejado encontrado junto às jazidas. Naquela época, o gás natural era uma inconveniência a ser gerenciada. Para comercializar o petróleo, muitos produtores eliminavam o gás natural por liberação na atmosfera ou por combustão (também chamada de “flaring”).

Atualmente, o gás natural desempenha um papel significativo na matriz energética de muitos países. Ele é usado na geração de energia, na indústria e nas cidades para aquecimento, sendo também uma matéria-prima essencial na fabricação de fertilizantes, amônia e outros produtos químicos e petroquímicos. Em alguns mercados, ele tem substituído amplamente o carvão e os combustíveis líquidos em residências, indústrias e usinas de energia, melhorando a qualidade do ar nas cidades em todo o mundo e reduzindo as emissões de dióxido de carbono. No entanto, estudos demonstraram que a substituição do carvão pelo gás só produz um benefício líquido para o clima,<sup>1</sup> quando as taxas de vazamento de metano estão abaixo de 2,4% a 3,4%.<sup>2</sup>

O surgimento da liquefação em grande escala do gás natural na década de 1950 significou que o gás natural já não precisava ser transportado apenas por meio de gasodutos. Em vez disso, os países que enfrentavam um declínio em suas reservas de gás natural, ou que não tinham opções para geração de energia, podiam aproveitar o gás natural liquefeito (GNL) importado.

O gás natural, que antes era apenas um incômodo e um perigo, passa a ser uma fonte de energia e receita fundamental para vários países que dependem dele para o crescimento econômico. Mesmo agora, alguns países estão aumentando o uso do gás natural para o desenvolvimento econômico ou substituindo fontes de combustível com uso mais intensivo de carbono, como o carvão. Por outro lado, outros países estão avaliando futuras reduções no uso do gás natural como parte de seu planejamento de transição energética. A Agência Internacional de Energia considera que os caminhos consistentes com a obtenção de emissões líquidas zero até 2050 exigem a redução pela metade da intensidade das emissões do setor de petróleo e gás até o final da década e, ao mesmo tempo, a redução do consumo total de petróleo e gás.

## O metano e o desafio climático

O metano é um potente gás de efeito estufa (GEE) de vida curta e se decompõe na atmosfera em cerca de 12 anos. De acordo com o Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima), estima-se que o impacto do metano é cerca de 84 vezes maior do que o do dióxido de carbono quando a média é de 20 anos e cerca de 28 vezes mais potente quando a média é de 100 anos.<sup>3</sup> De acordo com a Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA) dos EUA, a concentração atmosférica de metano mais do que dobrou desde a era pré-industrial (cerca de 715 partes por bilhão (ppb) para cerca de 1.912 ppb em 2022), e o metano de todas as fontes, naturais e antropogênicas, é o segundo GEE mais abundante.<sup>4</sup>

Conforme observado no Compromisso Global do Metano, “medidas prontamente disponíveis e econômicas para redução de metano têm o potencial de evitar mais de 0,2 grau Celsius de aquecimento até 2050”.<sup>5</sup> Devem ser buscadas soluções para reduzir as emissões de metano em conjunto com as reduções de outras emissões de gases de efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono, para que as metas climáticas globais sejam atingidas de forma significativa.

A redução das emissões de metano em curto prazo é um componente vital para atingir as metas climáticas globais e pode limitar a taxa de aquecimento global. O IPCC recomenda cortes “fortes, rápidos e constantes” nas emissões de metano.<sup>6</sup>

# O metano na cadeia de valor de petróleo e gás

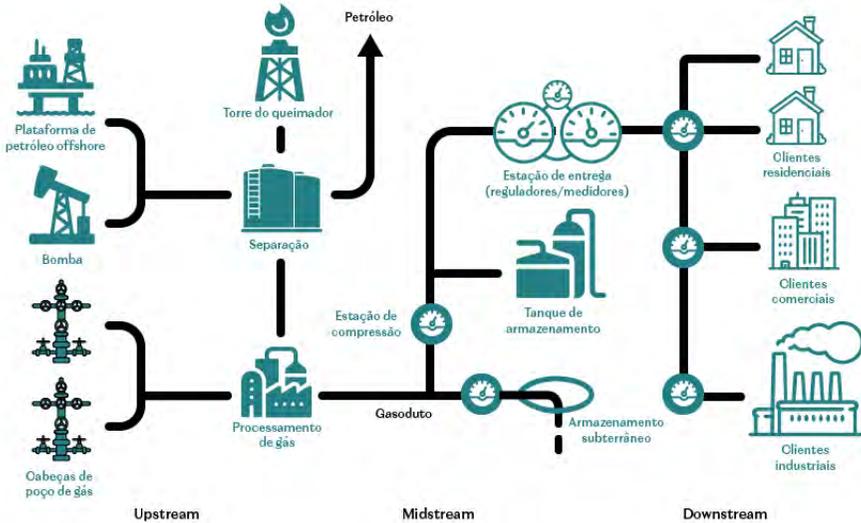


Figura 1.1: Diferentes segmentos da cadeia de valor de petróleo e gás.

O metano pode ser emitido em toda a cadeia de valor de petróleo e gás, que consiste em três segmentos:

- ➔ **Produção (upstream):** produção, coleta e processamento de petróleo e gás.
- ➔ **Transporte (midstream):** transporte de gás por gasodutos ou como GNL e atividades de armazenamento.

→ **Refino e distribuição (downstream):** transporte e refino de petróleo e sistemas de distribuição local de gás para os consumidores.

A maioria das emissões de metano provenientes das operações de petróleo e gás se enquadra em uma das três categorias:



**Flaring.** A queima intencional de gás natural para aliviar a pressão em condições adversas ou quando o envio de gás para venda não é viável. Quando as tochas queimam o gás natural, a maior parte do metano é convertida em CO<sub>2</sub>, mas parte do metano permanece sem combustão.



**Venting.** A liberação intencional de gás natural proveniente de um processo ou atividade diretamente no ar.



**Emissões fugitivas.** A liberação não intencional de metano devido a vazamentos, por exemplo, de válvulas ou flanges. Como o metano é incolor e inodoro, os vazamentos podem passar despercebidos sem inspeção regular.

A Agência Internacional de Energia (AIE) estima que as emissões globais de metano provenientes das atividades de petróleo e gás em 2022 foram de 82 milhões de toneladas métricas.<sup>7</sup> A Figura 1.2 mostra a proporção relativa das emissões de metano entre flaring, venting e emissões fugitivas.

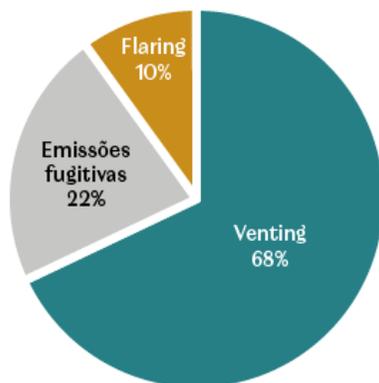


Figura 1.2: Fontes de emissões de metano nos setores de petróleo e gás natural (2021).<sup>8</sup>

## A oportunidade: redução de emissões de metano provenientes de petróleo e gás

Os governos começaram a priorizar a redução do metano a curto prazo à luz do crescente conhecimento nessa área. Mais de 150 países aderiram ao Compromisso Global do Metano até a data da elaboração deste manual. O Compromisso Global do Metano inclui, entre outras coisas, o compromisso de “trabalhar em conjunto para reduzir coletivamente as emissões globais antropogênicas de metano em todos os setores em pelo menos 30% abaixo dos níveis de 2020 até 2030”. Outros fóruns internacionais também reconheceram o metano como uma questão prioritária.<sup>9</sup>

**O setor de petróleo e gás não é a única e nem a maior fonte de emissões antropogênicas de metano.** Três importantes setores são responsáveis pela maior parte das emissões de metano causadas pelo ser humano no mundo: energia, agricultura e resíduos. Cada um desses setores precisará de uma abordagem própria para a redução de metano. Embora este documento se

concentre no metano do setor de petróleo e gás, os governos podem maximizar os benefícios da redução de metano considerando ações simultâneas em outros setores.

**Os avanços recentes em sensoriamento remoto mostraram que o setor de energia tem oportunidades de reduzir as emissões de metano a curto prazo.** Em 2022, a AIE estimou que o setor mundial de petróleo e gás emitiu cerca de 82 milhões de toneladas de metano e que cerca de 70% das emissões de metano das operações globais de combustíveis fósseis poderiam ser reduzidas com tecnologias bem conhecidas disponíveis atualmente.<sup>10</sup>

**A redução de metano no setor de petróleo e gás pode ser vantajosa para todos.** É possível reduzir rapidamente o metano proveniente do setor de petróleo e gás, e isso pode e deve promover um amplo crescimento econômico, a criação de empregos, a saúde da comunidade, a segurança dos trabalhadores e a competitividade internacional. A redução de metano no setor de petróleo e gás é uma oportunidade de mitigação das mudanças climáticas e de desenvolvimento econômico.

**Mas o “como” é importante.** A forma como o metano é reduzido determinará o quanto um país poderá obter os benefícios econômicos e sociais. A redução de metano exigirá ajustes no ambiente regulatório e operacional para investimentos em petróleo e gás. Questões importantes a serem levadas em conta incluem:

- **Custos.** Quem arcará com o ônus dos custos das novas tecnologias e práticas?
- **Receitas.** As receitas do tesouro ou da empresa petrolífera estatal (National Oil Company, NOC) serão reduzidas?
- **Capacidade.** Os governos, as NOCs e as empresas privadas desenvolverão conhecimento e equipe suficientes para atender aos novos requisitos regulatórios e operacionais para a redução de metano?
- **Empregos.** Qual será o impacto da redução de metano sobre os empregos? Haverá impactos desiguais entre as comunidades?

- **Tecnologia:** As tecnologias de redução estarão disponíveis e acessíveis?

Embora tais preocupações sejam reais e devam ser enfrentadas, a redução de metano proveniente das atividades de petróleo e gás pe trazer benefícios significativos:

- **Mais receita.** Os governos podem monetizar o metano que está sendo desperdiçado atualmente. Isso pode gerar mais receitas para o tesouro e um melhor gerenciamento dos recursos públicos.
- **Melhoria do acesso à energia.** Os governos e as operadoras podem melhorar o acesso à energia para as populações ao capturar e utilizar metano para geração de eletricidade, aquecimento e preparo de alimentos.
- **Criação de empregos.** As tecnologias de redução de metano exigem pessoal treinado, estimulando a criação de novos empregos.<sup>11</sup>
- **Aumento da Segurança Energética.** A eliminação dos resíduos de metano garante uma menor dependência de fontes de energia importadas e, às vezes, caras.
- **Acesso a investimentos.** As empresas, incluindo as estatais, estão buscando acesso ao financiamento climático ou verde; mas, para fazer isso, precisam mostrar que têm sólidas métricas climáticas e de boas práticas ambientais, sociais e de governança corporativa (ESG).
- **Melhor segurança pública.** As atividades de redução de metano podem diminuir os riscos para o público e para os trabalhadores.
- **Melhoria na qualidade do ar.** A redução das emissões de metano pode trazer benefícios adicionais relacionados à melhoria da qualidade do ar local.
- **Liderança climática na região e no mundo.** A redução das emissões de metano é uma prioridade global, e os países que demonstram progresso serão reconhecidos como líderes regionais e globais.



Figura 1.3: Benefícios da redução de metano.

## Mais receita, mais energia: como os governos podem se beneficiar ao usar gás em vez de queimá-lo

Alguns governos e empresas estatais estão perdendo uma oportunidade ao permitirem a queima do gás associado. A redução da queima permite que mais gás seja canalizado para os mercados consumidores ou usado para gerar eletricidade. Esses projetos de gás para gasoduto e gás para energia são vantajosos para os governos, o setor e o público. Em alguns casos, esses projetos exigem pouco ou nenhum gasto orçamentário do governo: todos eles são realizados por operadores privados que podem obter lucro. Além disso, nos projetos de conversão de gás em energia, a nova eletricidade pode aumentar a estabilidade da rede e reduzir as emissões atmosféricas de poluentes decorrentes do processo de eletrificação das operações.

Dois exemplos do Egito ilustram o potencial da oportunidade. Em um deles, uma empresa petrolífera independente sediada no Reino Unido, a Pharos Energy, reduziu a queima de gás em 30% nas suas operações de campos de petróleo ao instalar dois novos geradores de energia alimentados a gás. Isso também reduziu significativamente a poluição e os custos da combustão do diesel. Com base nas estimativas da ferramenta FlareIntel da Capterio, a redução da queima e das emissões atmosféricas provenientes do diesel nesses projetos reduziram aproximadamente 42.000 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por ano.

Em outro campo de petróleo separado, a empresa estatal ucraniana Naftogaz instalou novos equipamentos para recuperar o gás natural que seria queimado e enviá-lo ao mercado por meio de um gasoduto próximo. Isso reduziu as emissões em até 800.000 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por ano. A FlareIntel estima que, devido a esse projeto de gás para gasoduto, cerca de 15 milhões de pés cúbicos padrão de gás natural por dia estão sendo comercializados em vez de serem queimados.<sup>12</sup>

## **Os países vão aproveitar a oportunidade?**

Como será o futuro do petróleo e do gás? Isso dependerá de como os países aproveitarão a oportunidade de redução de metano no setor. Os países que adotarem o crescente número de novas análises, ferramentas, padrões, práticas e compromissos poderão reduzir rapidamente as emissões de metano do setor de petróleo e gás. Existem oportunidades para ampliar as pretensões e a implementação da redução de metano.

## **2. Planejamento para reduzir as emissões de metano do setor de petróleo e gás**

---

## Principais conclusões

- Governos nacionais e subnacionais planejam reduzir o metano estabelecendo metas e objetivos de alto nível em todos os setores em um plano de ação nacional relacionado a essa emissão. Dezenas de países adotaram ou estão desenvolvendo planos de ação para o metano.
- Os países que estão desenvolvendo planos de ação nacionais e medidas específicas para o setor podem buscar exemplos úteis do que pode ser incluído em outros países.
- Os parceiros internacionais de desenvolvimento do setor de petróleo e gás têm recursos para desenvolver planos de redução de metano, roteiros detalhados e regulamentações específicas.
- Ao desenvolver uma política de redução de metano que abranja o setor de petróleo e gás, os formuladores de políticas e os reguladores devem adaptar a política às suas circunstâncias.
- As opções de redução de metano dependem dos três segmentos do setor: upstream (produção), midstream (transporte) e downstream (refinamento e distribuição).

## Planos de ação nacional para o metano

Os planos de ação nacional para o metano estabelecem as pretensões em toda a economia para o controle das emissões. Um plano de ação nacional é uma boa oportunidade para estabelecer metas e objetivos de alto nível para o metano em todos os setores, incluindo petróleo e gás, carvão, resíduos e agricultura. Tais planos podem incluir metas numéricas de alto nível, uma lista de medidas específicas de mitigação que o governo adotará, ou as duas coisas.

- O Plano de ação nacional de **Gana** para mitigar os poluentes climáticos de curta duração (2018) identifica medidas específicas para reduzir o metano e outros poluentes em todos os setores.<sup>13</sup>

- O plano de ação de redução de emissões de metano dos **Estados Unidos** (2021) detalha várias medidas regulatórias e não regulatórias que o governo está adotando para reduzir o metano proveniente de petróleo e gás, aterros sanitários, minas de carvão, agricultura e outros setores e edifícios.<sup>14</sup>
- O plano de ação nacional para o metano da **Noruega** (2022) não estabelece uma meta específica, mas observa que o metano está incluído na meta geral de redução das emissões de gases de efeito estufa da Noruega de 55% até 2030 e de 90% a 95% até 2050 (em comparação com os níveis de 1990).<sup>15</sup>
- A estratégia do **Canadá** para o metano (2022) descreve medidas de redução e programas de apoio para reduzir as emissões nacionais de metano em mais de 35% até 2030 (em comparação com 2020). Para o setor de petróleo e gás, o Canadá se comprometeu a reduzir as emissões em 75% até 2030, em comparação com 2012.<sup>16</sup>

À medida que os países acompanham o progresso em direção às suas metas políticas, eles podem revisar as metas e os planos para refletir novos aprendizados.

Os países que estão desenvolvendo novos planos de ação podem buscar exemplos úteis do que pode ser incluído em outros países. Até maio de 2023, cerca de 50 países adotaram ou estão desenvolvendo planos de ação para o metano.<sup>17</sup>

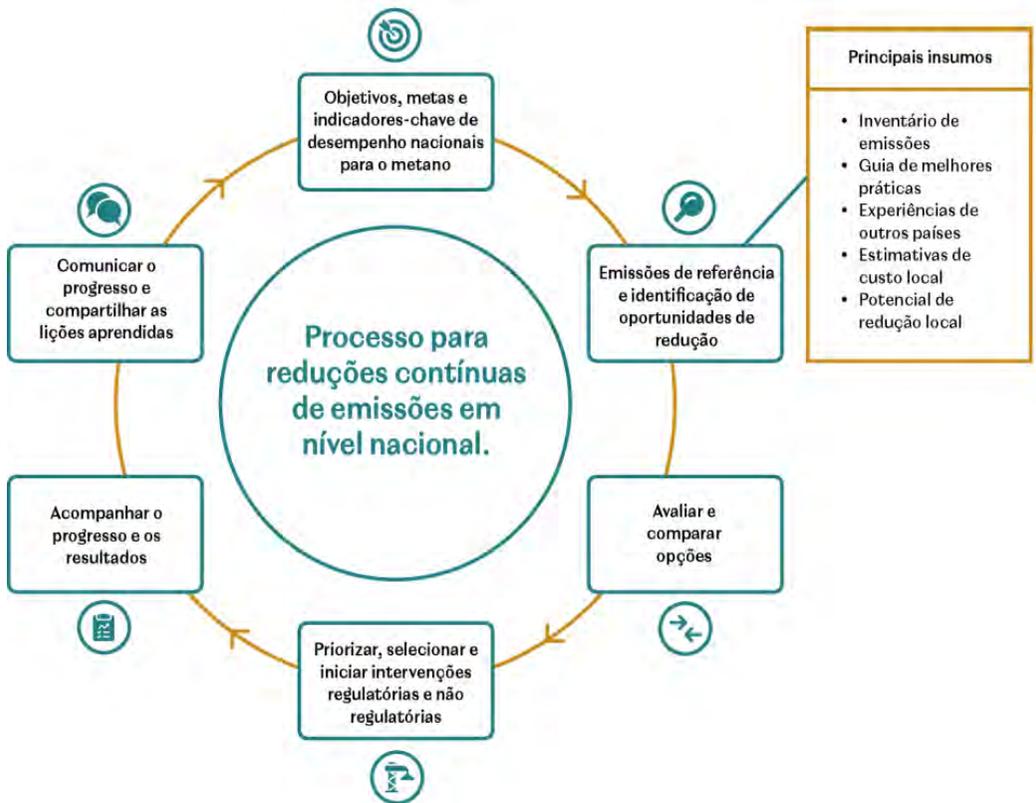


Figura 2.1: Processo para reduções contínuas de emissões em nível nacional.

Há recursos disponíveis para ajudar os países nesse processo, incluindo o Programa do Roteiro de Ação do Metano (Methane Roadmap Action Program - M-RAP) da Coalizão Clima e Ar Limpo (CCAC).<sup>18</sup>



## Estudo de caso: plano de ação do Vietnã para o metano até 2030

Um plano de ação para o metano pode demonstrar a intenção e estabelecer os processos de desenvolvimento de um roteiro mais detalhado. O plano de ação do Vietnã para o metano até 2030 estabelece metas para reduzir as emissões globais em pelo menos 30% abaixo dos níveis de 2020 até 2030, com metas específicas para os setores de agricultura, resíduos e energia.

O Plano de ação do Vietnã para o metano afirma que “as reduções de emissões de metano devem ser feitas com base na análise de custo-benefício de acordo com um roteiro estabelecido que garanta os direitos e benefícios legítimos de entidades institucionais e individuais e promova inovações que atendam ao desenvolvimento socioeconômico sustentável do Vietnã”. Esse roteiro inclui disposições para:

- promover a transferência e a adoção de tecnologia para apoiar a implementação de soluções de redução.
- estabelecer o arcabouço jurídico para a gestão dos créditos de carbono provenientes da redução de metano e apoiar os emissores no acesso aos mercados de carbono nacionais e internacionais.

O plano também determina que as ações para reduzir o metano estejam alinhadas com as políticas existentes, instruindo autoridades ministeriais a incluir a redução das emissões de metano na estratégia de resposta às mudanças climáticas, no plano nacional de crescimento verde e nos planos diretores setoriais e provinciais.

## Planos de redução para o setor de petróleo e gás

Em apoio a um plano de ação nacional para toda a economia, muitos países estão desenvolvendo políticas e roteiros mais detalhados que descrevem ações específicas para lidar com as emissões do setor de petróleo e gás. A AIE desenvolveu um Roteiro Regulatório e um Conjunto de Ferramentas para ajudar os formuladores de políticas, identificando as etapas que os governos podem seguir para projetar e implementar novas políticas e regulamentações sobre o metano.<sup>19</sup>

Essas etapas podem ser agrupadas em três grandes fases: compreensão do cenário, desenho regulatório e implementação, que podem ser realizadas em sequência ou ocorrer simultaneamente.



Figura 2.2: Roteiro da AIE para a elaboração de políticas eficazes sobre o metano.<sup>20</sup>

## **Avaliação dos custos e benefícios da redução de metano**

Ao estabelecer metas e planos específicos para o setor de petróleo e gás, os países podem priorizar as fontes mais significativas de emissões ou as opções de redução mais econômicas. O Rastreador Global de Metano (Global Methane Tracker) da AIE é um bom ponto de partida para obter essas informações.<sup>21</sup> O rastreador fornece estimativas da AIE sobre as emissões de metano, opções de redução e custos em cada país. Essas informações podem ajudar a identificar as áreas com maior potencial de mitigação, mesmo sem informações detalhadas em nível nacional.

Com o tempo, os países podem trabalhar no sentido de obter informações específicas sobre fontes potenciais de emissões e custos. A CoMAT, Ferramenta Nacional de Redução de Metano (Country Methane Abatement Tool) da Força-Tarefa pelo Ar Limpo (Clean Air Task Force, CATF) foi projetada para ajudar as agências reguladoras no desenvolvimento de estimativas das emissões atuais e do potencial de redução de várias opções de políticas.<sup>22</sup> Eventualmente, uma curva detalhada de custo marginal de abatimento (MACC) pode ajudar a mostrar onde as reduções podem ser feitas ao menor custo, orientando assim a priorização entre as diferentes opções de mitigação.

## Elaboração de uma curva de custo marginal de abatimento

Uma curva de custo marginal de abatimento (MACC) em nível nacional mostra as oportunidades de redução em relação ao custo, o que pode informar as escolhas sobre quais opções de mitigação devem ser priorizadas.

Existem muitas ferramentas disponíveis para ajudar a desenvolver MACCs, e especialistas de organizações como a CATF e outras podem aconselhar sobre como criá-las adequadamente.<sup>23</sup>

Estes são os principais insumos para esse processo:

- A quantidade anual de emissões reduzidas pela oportunidade, normalmente expressa em toneladas de metano ou emissões de CO<sub>2</sub> equivalente.
- Estimativas de custo de capital.
- Custos anuais recorrentes para atividades, incluindo mão de obra ou manutenção.
- Uma taxa de desconto para ajudar a determinar o valor presente líquido ou outros indicadores econômicos, considerando o valor relativo dos gastos atuais em relação aos futuros.
- Considerações sobre a vida útil do equipamento.
- O valor da economia de custos, como custos de manutenção mais baixos para intervenções, incluindo o valor potencial do gás natural recuperado.

Uma MACC pode mudar à medida que as tecnologias evoluem e se tornam mais amplamente disponíveis. Novas tecnologias de monitoramento ainda estão sendo desenvolvidas, o que pode reduzir o custo de detecção e reparo de emissões fugitivas (*consulte o Capítulo 9: Monitoramento*). Entretanto, a maioria das considerações de projeto discutidas neste capítulo já está bem estabelecida.

Levando em conta que as soluções para as emissões de metano precisarão ser buscadas em conjunto com as reduções de dióxido de carbono, os governos precisarão estudar como priorizar as ações relativas ao metano juntamente com as ações de mitigação voltadas para outras emissões de gases de efeito estufa (GEE) e esforços de adaptação. Os custos podem ser um fator crítico na tomada dessas decisões, principalmente quando os recursos são limitados.

## **Potencial de aquecimento global: o que os formuladores de políticas precisam saber**

Os formuladores de políticas podem estimar o efeito do aquecimento global usando o Potencial de Aquecimento Global (PAG), que expressa uma tonelada de gases de efeito estufa emitidos em termos de CO<sub>2</sub> equivalente para fornecer uma medida única das emissões totais de gases de efeito estufa (em CO<sub>2</sub> equivalente). O IPCC indicou “um PAG para o metano entre 84 e 87 ao considerar seu impacto ao longo de um período de 20 anos (PAG 20) e entre 28 e 36 ao considerar seu impacto ao longo de um período de 100 anos (PAG 100). Dessa forma, uma tonelada de metano pode ser considerada equivalente a 28 a 36 toneladas de CO<sub>2</sub> se levarmos em conta seu impacto ao longo de 100 anos.”<sup>24</sup> No âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), as Partes concordaram em usar os PAGs de 100 anos (ou PAG 100) para relatórios nacionais e para acompanhar o progresso nos termos do Artigo 13 do Acordo de Paris, e as diretrizes de relatório especificam o uso de valores de PAG 100 do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC.<sup>25</sup> As diretrizes do IPCC fornecem várias métricas a partir das quais os países podem relatar as emissões de gases de efeito estufa. Conforme o Acordo de Paris, os países usariam o PAG 100 do Quinto Relatório de Avaliação.

## Adaptação das políticas de metano aos contextos locais

Uma política de metano para o setor de petróleo e gás será mais eficaz se for adaptada à situação local de uma jurisdição, incluindo o contexto político e regulatório, a natureza do setor, o tamanho e a localização das fontes de emissões e os objetivos políticos da jurisdição.

Uma questão importante pode ser o nível de maturidade do setor de petróleo e gás do país: se é um produtor novo, um produtor existente ou um produtor em estágio avançado.

Tabela 2.1: Comparação entre os pontos de partida e as oportunidades para a redução de metano no setor de petróleo e gás.

| Diferentes pontos de partida  | Oportunidade de evitar e reduzir o metano para os países  |
|---|---|
| <b>Produtores novos</b><br>Os países sem produção atual ou com produção limitada podem desenvolver regulamentações e ao mesmo tempo desenvolver seu entendimento sobre as operações de petróleo e gás.  | Exige que novas instalações sejam projetadas de acordo com um padrão de emissões de metano quase zero - fazer isso corretamente desde o início pode evitar modernizações mais caras e incorporar as melhores práticas na fase de projeto. |
| <b>Produtores em estágio inicial e intermediário</b><br>As circunstâncias variam de acordo com a escala e a complexidade do setor. Por exemplo, uma nação insular com um único campo offshore em comparação com países com produção de gás em onshore, offshore, convencional e não convencional. | O foco inicial deve ser nos maiores emissores (superemissores) para obter as maiores reduções com o menor investimento possível. A priorização pode ser projetada com foco na relação custo-eficácia.                                     |

**Produtores em estágio avançado**

Podem precisar de produção contínua, com poços prestes a serem desativados ou abandonados.

Procure oportunidades de redução contínua para a produção ativa, o que pode exigir ir além das medidas regulatórias iniciais. As políticas podem desenvolver programas para abandonar de forma adequada e permanente poços a fim de reduzir as possíveis emissões de metano.

Há muitas considerações importantes ao desenvolver uma política de redução de metano no setor de petróleo e gás.

**Considerações locais** Os custos de bens ou equipamentos podem variar significativamente em todo o mundo. Da mesma forma, os bens e serviços podem estar sujeitos a requisitos de conteúdo local que podem não ter a capacidade de fabricação de tecnologias específicas de redução de metano.

**Cadeias de suprimentos e logística.** Vários países estão atualmente adotando regulamentações e requisitos de controle de metano. Embora o mercado, em última análise, equilibre oferta e demanda por essas tecnologias, pode haver desafios de curto prazo na obtenção de peças de equipamentos específicas, possivelmente exigindo prazos razoáveis para a implementação de controles de engenharia. Por exemplo, o American Petroleum Institute (API) recentemente citou tempos de espera de 1 ano para sistemas de ar comprimido e de 1,5 a 2 anos para painéis solares, que são tecnologias importantes para a redução de metano. No entanto, um relatório recente da Datu Research, com base em entrevistas com fornecedores de tecnologias de emissão zero, afirma que os fornecedores estão bem preparados para atender à demanda prevista nos EUA. Os órgãos reguladores podem obter informações sobre a situação atual da cadeia de suprimentos do setor de petróleo e gás e com os fornecedores de tecnologia.

**Serviços locais e treinamento.** Para certos tipos de oportunidades de redução de metano, as operadoras e contratados vão precisar de treinamento em procedimentos ou práticas de manutenção para reduzir as emissões de metano de forma eficaz. A disponibilidade local de pessoal de manutenção e o fornecimento contínuo de peças e materiais de reposição são vitais para a implementação eficaz de outras opções de redução de metano.

**Resiliência às condições climáticas locais.** Condições climáticas locais, como temperaturas extremas ou níveis de precipitação, afetarão os padrões de design dos equipamentos. Estudos de caso e soluções de redução desenvolvidas para uma operação ou local podem não se aplicar a outro.

**Fontes novas em comparação com fontes existentes.** Os custos dos controles de emissão de metano no projeto de novas instalações podem ser menores do que para a modernização de fontes existentes por diversos motivos. Alguns exemplos incluem a garantia de que a geração de energia no local seja dimensionada para a carga elétrica associada a compressores de ar ou unidades de recuperação de vapores, ou a disponibilidade de espaço no convés em uma plataforma offshore para uma unidade de processo adicional necessária para a redução de metano. Novos produtores podem aproveitar parceiros locais e internacionais e adotar as melhores práticas regulatórias de mercados mais estabelecidos, adaptando-se às circunstâncias locais. Se as novas instalações forem projetadas com as melhores tecnologias de mitigação disponíveis, será possível atingir emissões de metano próximas a zero.



## Recursos úteis

Parceria de Petróleo e Gás Metano: documentos e modelos para orientação.

<https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates/>

A parceria ambiental: tomada de medidas - Programas de desempenho ambiental.

<https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/taking-action/>

Princípios orientadores para o metano: recursos - Guias de melhores práticas e conjuntos de ferramentas. <https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/>

Programa Star de Gás Natural: tecnologias recomendadas para reduzir as emissões de metano <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/recommended-technologies-reduce-methane-emissions>

ExxonMobil Corporation: Mitigação das emissões de metano do setor de petróleo e gás: Modelo de arcabouço jurídico.

<https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-Framework.pdf>

Assistência da Coalizão Clima e Ar Limpo. <https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>

Orientação da Clean Air Task Force. <https://www.catf.us/methane/international-oil-gas/>

Relatório da AIE: Redução dos vazamentos de metano do setor de petróleo e gás.

<https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry/regulatory-roadmap>

# **3. Introdução às regulamentações para redução de metano**

---

## Principais conclusões

- Compreender as medidas que podem ser aplicadas para reduzir as emissões de metano é um bom ponto de partida para o desenvolvimento de novas regulamentações.
- Há quatro abordagens principais para a regulamentação do metano: prescritiva, de desempenho, econômica e informativa. Elas não são mutuamente exclusivas; um regime regulatório provavelmente incluirá elementos de várias abordagens.
- O arcabouço jurídico e regulatório existente determinará quais as ações regulatórias possíveis e quem tem autoridade para desenvolver novas políticas.
- O envolvimento dos principais interessados no desenvolvimento de políticas de redução de metano dá a eles voz nas decisões que os afetam e informa o processo de formulação de políticas.
- Os agentes do setor podem já estar adotando ações voluntárias que podem ser aproveitadas e reforçadas por medidas regulatórias.
- A análise das regulamentações existentes em outros países pode fornecer insights sobre as opções regulatórias mais eficazes. Por exemplo, as regulamentações existentes geralmente incluem requisitos de detecção e reparo de vazamentos, restrições para flaring e venting e normas para equipamentos e processos específicos.

## Estratégias possíveis para políticas e regulamentações

Um bom ponto de partida para o desenvolvimento de uma nova política ou regulamentação é entender os diferentes tipos de estratégias regulatórias que podem ser aplicadas à redução de metano. Após um levantamento das regulamentações existentes sobre metano no setor de petróleo e gás, a AIE classificou diferentes abordagens que poderiam ser aplicadas às emissões de metano no setor.<sup>26</sup>

- As medidas **prescritivas** exigem diretamente que as entidades realizem ou não ações ou procedimentos específicos. Isso inclui requisitos para detecção e reparo de vazamentos (LDAR, na sigla em inglês), padrões de equipamentos e proibições ou suspensões.

- As medidas de **desempenho** estabelecem um padrão de desempenho obrigatório para as entidades reguladas, mas não determinam como a meta deve ser atingida. Elas podem ser estabelecidas em uma escala ampla (por exemplo, padrões de desempenho em toda a instalação) ou em uma escala mais limitada (por exemplo, padrões de desempenho para eficiência de queima).
- As medidas **econômicas** incentivam a ação por aplicando taxas ou introduzindo incentivos financeiros para determinados comportamentos. Tais incentivos variam de relativamente específicos, como impostos sobre flaring e venting ou subsídios diretos para ações de redução de emissões, a medidas mais amplas que vinculam as reduções de metano a mercados de carbono multissetoriais.
- As medidas **informativas** visam melhorar o estado das informações sobre emissões e podem incluir requisitos para que as entidades reguladas estimem, meçam e relatem suas emissões a órgãos públicos. Tais medidas podem variar desde a simples notificação das fontes e instalações existentes até a elaboração detalhada de relatórios sobre taxas de emissão e dados mensurados. Por exemplo, esse sistema pode incluir a publicação da lista dos principais emissores ou dados completos de emissões disponíveis para consulta pública. As medidas informativas podem ser ferramentas poderosas para reduzir emissões quando os dados são tornados públicos e as empresas enfrentam a responsabilidade pública.



Figura 3.1: Diferentes abordagens regulatórias possíveis usando um exemplo de gás associado.

Essas quatro abordagens não são mutuamente exclusivas e um determinado regime regulatório provavelmente incluirá elementos de várias abordagens. Por exemplo, as medidas regulatórias de um país podem incluir um requisito obrigatório de LDAR (uma medida prescritiva), um imposto sobre a queima (uma medida econômica) e uma norma de comunicação que exija que as empresas informem o volume de gás queimado e o resultado específico de cada campanha de LDAR (uma medida informativa).

## Vantagens comparativas

Em todo o mundo, há muitos exemplos de regulamentações de metano no setor de petróleo e gás que se encaixam em cada um desses quatro tipos principais de regulamentação. Ao selecionar a abordagem e os elementos a serem usados, muitas considerações diferentes são relevantes, dependendo da situação específica de um país.

**Facilidade de implementação.** Regulamentações prescritivas bem elaboradas geralmente são relativamente fáceis de serem

implementadas, tanto pelos órgãos reguladores quanto pelas empresas, pois são inequívocas, e a estrutura de comunicação e de conformidade pode ser simples. Por esse motivo, a maioria das regulamentações existentes sobre redução de metano é prescritiva. Essa pode ser uma questão crucial para jurisdições com recursos regulatórios limitados. Por outro lado, pode ser mais difícil implementar instrumentos econômicos, principalmente se dependerem de fatores externos, como um esquema mais amplo de fixação de preços de carbono ou uma estrutura internacional para compensações.

**Eficácia.** Abordagens diferentes podem ser mais eficazes dependendo das circunstâncias específicas de cada país. Por exemplo, as regulamentações baseadas em informações podem permitir instrumentos econômicos ou baseados em desempenho, mas geralmente não resultam em reduções por si só.

**Necessidade de dados de alta qualidade.** O tipo de dados necessários, sejam de emissões ou outros dados, é uma consideração importante. Um imposto sobre a queima de gás só vai funcionar para reduzir as emissões se as empresas tiverem a certeza de que a redução da queima reduzirá sua carga de impostos. Tal programa poderia exigir a medição dos volumes de queima e a comunicação desses dados medidos ao órgão governamental competente.

**Flexibilidade ou rigidez no regime regulatório.** As abordagens prescritivas tendem a ser limitadas às opções tecnológicas existentes quando a regulamentação é finalizada. Por outro lado, as abordagens econômicas e de desempenho permitem que as empresas escolham como cumprir as normas à medida que novas tecnologias são disponibilizadas.

Embora essas sejam considerações comuns na seleção de um regime regulatório, outros fatores relacionados a normas internacionais, dinâmicas de mercado, choques geopolíticos, complicações domésticas e aceitabilidade das partes interessadas também devem ser levados em conta.

Tabela 3.1: Tabela da AIE sobre abordagens regulatórias, desvantagens e benefícios.<sup>27</sup>

| Abordagem regulatória                    | Custos de transação   | Rigidez   | Condições prévias  | Considerar quando...   | Exemplos  |
|--|---|---|--|--|---|
| Prescritiva                              | <b>Baixo</b><br>Fácil de administrar tanto para órgãos reguladores quanto para empresas | <b>Alto</b><br>Somente as alterações prescritas ocorrerão             | <b>Moderado</b><br>É necessário o conhecimento das emissões das instalações                                  | Tiver identificado as principais oportunidades de redução                                | Proibição (Guiné Equatorial <sup>28</sup> )               |
| Com base no desempenho ou nos resultados | <b>Moderado</b> São necessários monitoramento, medição e acompanhamento                 | <b>Baixo</b><br>Incentiva a adoção de soluções diferentes             | <b>Alto</b><br>Requer informações sobre emissões de referência e totais                                      | Tiver uma compreensão razoável das emissões e dos recursos de monitoramento              | Limites das instalações (Alberta, Canadá <sup>29</sup> )  |
| Econômica                                | <b>Alto</b><br>Requer sistemas de verificação robustos                                  | <b>Baixo</b><br>Permite estratégias de redução específicas da empresa | <b>Moderado</b><br>Requer conhecimento das emissões de referência e das contribuições de metano relacionadas | Houver um sistema de monitoramento em vigor e você quiser mobilizar diferentes soluções  | Royalties (Brasil <sup>30</sup> )                         |
| Informativa                              | <b>Alto</b><br>Exige a coleta, análise e transmissão de informações                     | <b>Moderado</b><br>Permite outras soluções em alguns casos            | <b>Baixo</b><br>Não há necessidade de informações prévias  | Precisar de uma compreensão melhor das emissões de metano e das oportunidades de redução | Medição e relatório (Saskatchewan, Canadá <sup>31</sup> ) |

Muitas vezes, diferentes abordagens são combinadas; por exemplo, o Vietnã<sup>32</sup> implementou uma regulamentação com restrições à queima de gás (prescritiva), permitindo que o governo concedesse o direito de usar, gratuitamente, o gás que seria queimado (econômica) e exigindo relatórios sobre perda de gás (informativa).

## **Avaliação das leis e instituições existentes**

Alguns países podem já ter leis, regulamentos, normas ou outras políticas que abordem ou possam abordar a redução de metano no setor de petróleo e gás. No entanto, esses arcabouços jurídicos podem variar quanto ao tipo de instrumentos legais, procedimentos e normas para lidar com as emissões de metano. Alguns países talvez precisem desenvolver novas regulamentações para lidar com as emissões de metano.

Em alguns países, a autoridade competente para proteger os recursos nacionais e seu uso benéfico pode ser particularmente ampla. Outras jurisdições podem precisar de disposições legais precisas para fornecer autoridade legal para lidar com fontes específicas de emissões de metano. Alguns países podem testar políticas provisórias para informar o desenvolvimento de um organismo oficial para lidar com as emissões de metano do setor de petróleo e gás.



## Estudo de caso: Como o Sri Lanka está desenvolvendo seu arcabouço jurídico

O Sri Lanka é um exemplo de como um governo pode desenvolver sua abordagem para regulamentar o desenvolvimento do setor de petróleo e gás e como está preparado para integrar a redução das emissões de metano em seu arcabouço jurídico atual. A história da exploração de petróleo no Sri Lanka remonta à década de 1960. De 1960 a 1984, foram adquiridos volumes substanciais de dados sísmicos 2D, e sete poços foram perfurados na costa noroeste. Os esforços exploratórios foram renovados com uma empresa sísmica norueguesa desenvolvendo dados sísmicos 2D de alta qualidade em 2001 e 2005 na bacia de Mannar. Durante esse período, no entanto, não estava claro se o Sri Lanka dispunha de alguma regulamentação ou diretriz ambiental para operações petrolíferas. Em vez de tais regulamentações, o Governo do Sri Lanka (GOSL) garantiu que as operadoras utilizassem as melhores práticas em campos petrolíferos, revisando e aprovando os Procedimentos Operacionais Padrão (POP) das operadoras.

Encorajado pelo resultado das operações mencionadas acima, o GOSL decidiu, desde então, promulgar um novo arcabouço jurídico e regulatório e adotar novas diretrizes para as operações petrolíferas. Como resultado, a Secretaria de Desenvolvimento de Recursos Petrolíferos (PRDS, na sigla em inglês), criada pela Lei de Desenvolvimento de Recursos Petrolíferos (Petroleum Resources Act) n° 26, de 2003, emitiu diretrizes de programas geofísicos, geológicos, ambientais e geotécnicos para operações petrolíferas em 2008 e diretrizes para programas de perfuração offshore em 2011. Além disso, a Autoridade para Proteção Ambiental Marinha (Marine Environmental Protection Authority), agência responsável pela liberação ambiental das operações petrolíferas, emitiu o Regulamento sobre Exploração e Produção Offshore de Recursos Naturais, incluindo Petróleo (Proteção do Meio Ambiente Marinho) n° 1, de 2011. Várias pesquisas sísmicas 2D e 3D offshore foram realizadas e quatro poços offshore foram perfurados em acordo com essas disposições, resultando em duas descobertas de gás. Em 2020, o Gabinete do Sri Lanka aprovou sua Política Nacional de Gás Natural, para apoiar o processo de comercialização de gás natural.

O GOSL recentemente promulgou a nova Lei de Desenvolvimento de Recursos Petrolíferos nº 21, de 2021 (Petroleum Resources Act No. 21 of 2021) e criou uma nova agência para regular todas as operações upstream no Sri Lanka, a Autoridade de Desenvolvimento Petrolífero do Sri Lanka (Petroleum Development Authority of Sri Lanka - PDASL). A PDASL publicou várias regulamentações para estabelecer procedimentos para participação em programas de exploração, geração de dados e licenciamento. Além disso, a PDASL deve formular novas regulamentações técnicas para as operações upstream, incluindo áreas relacionadas à saúde, segurança e meio ambiente, considerando a redução de emissões de metano e a utilização de gás.

Os esforços subnacionais também desempenham um papel fundamental no gerenciamento de emissões em algumas jurisdições. Isso inclui regulamentações em vários estados dos EUA, como Califórnia, Novo México e Colorado, além de províncias canadenses, como Alberta e British Columbia. Além disso, iniciativas voltadas para o clima, como a rede C40 Cities e a Under2 Coalition, uniram entidades subnacionais de todo o mundo para lidar com as emissões de metano.

Os procedimentos de aprovação de projetos podem ser essenciais para avaliar as opções de gerenciamento de emissões de metano, juntamente com a viabilidade, os impactos e a mitigação. Algumas jurisdições exigem a análise das emissões esperadas de metano antes da aprovação do projeto; por exemplo, como parte de uma Avaliação de Impacto Ambiental ou de um plano de gestão de GEE. A aprovação pode incluir condições para mitigar os impactos ambientais, incluindo monitoramento, procedimentos operacionais ou limites para as emissões de metano.

## **Envolvimento das partes interessadas**

O envolvimento das partes interessadas dá às comunidades afetadas uma voz nas decisões e informa sobre o processo de tomada de decisão. Tal processo pode incluir um aviso público e uma

oportunidade para fazer comentários, proporcionando transparência. O envolvimento eficaz das partes interessadas pode promover o apoio.



Figura 3.2: Partes interessadas na regulamentação para redução de metano.

Grupos da sociedade civil e órgãos ambientais podem estar interessados nas emissões de metano como parte de uma estratégia nacional ou subnacional de redução de GEE. Eles também podem procurar garantir que sejam tomadas medidas para assegurar as oportunidades de participação significativa das comunidades carentes e que elas sejam protegidas nas decisões que as afetam.

O setor pode estar particularmente interessado nos custos e na margem de manobra para inovação à medida que são desenvolvidas novas tecnologias. Em muitos casos, o setor dispõe de informações vitais que os reguladores precisam para garantir que

as regulamentações sejam viáveis e práticas. Se as operadoras designarem um ponto de contato, tais pessoas poderão ajudar a lidar com um evento de emissão posterior. As agências e as operadoras devem manter listas de contato atualizadas dos representantes, para garantir uma comunicação oportuna e ágil.

Os órgãos governamentais que gerenciam os recursos naturais ou as finanças, ou supervisionam as operadoras de petróleo e gás podem estar interessadas no desperdício de gás natural resultante de práticas como flaring e venting. As agências de energia podem estar particularmente interessadas em garantir e expandir o acesso à energia.

## Aproveitamento da ação voluntária do setor

Em alguns casos, os formuladores de políticas e as agências reguladoras podem aproveitar as iniciativas existentes do setor para a redução de metano. Os países com menos recursos e menor capacidade inicial podem começar sua jornada de políticas para redução de metano trabalhando com o setor para promover ações voluntárias e aprender sobre as opções de políticas e as melhores práticas.

Esforços conjuntos do setor, como a iniciativa Aiming for Zero Methane Emissions da Oil and Gas Climate Initiative (OGCI), apresentam diretrizes, normas e códigos padronizados para compartilhar as melhores práticas e melhorar o desempenho do setor. Outros exemplos:

- A parceria ambiental.
- Princípios orientadores para o metano.
- Oil and Gas Climate Initiative (OGCI).
- Parceria de Petróleo e Gás Metano 2.0 (OGMP 2.0).

Dada a meta compartilhada de redução de emissões globais de metano em curto prazo, muitos governos estão ativamente analisando todas as ferramentas disponíveis para a redução de metano, voluntárias ou não, incorporando-as em seus programas regulatórios. Os governos devem considerar a possibilidade de que

as escolhas de políticas tenham consequências não intencionais sobre as atividades voluntárias de redução das emissões de metano.

## **Abordagens comuns em regulamentações existentes**

Nos últimos anos, muitos países implementaram regulamentações para redução de metano que podem fornecer exemplos práticos para outras jurisdições. Entre eles estão o Canadá, a Colômbia, o México, a Nigéria, a Noruega, os Estados Unidos e a União Europeia. Conforme discutido acima, as jurisdições subnacionais também desenvolveram regulamentações sobre o metano em alguns países, incluindo Alberta (Canadá) e Califórnia, Colorado e Novo México (EUA). Tais exemplos também podem ser um bom ponto de partida para entender quais opções podem ser eficazes.

A maioria das regulamentações atuais sobre metano se concentra em abordagens prescritivas ou informativas. Os modelos regulatórios existentes geralmente incluem (1) requisitos de LDAR; (2) restrições para flaring e venting; e (3) normas para equipamentos e processos específicos. Tais aspectos serão discutidos em detalhes nos próximos capítulos. A eficácia desses e de outros modelos regulatórios é, por sua vez, apoiada por um inventário em evolução das emissões de metano (e de GEE) baseado em um programa de monitoramento, relato e verificação (MRV). Os capítulos sobre inventários e MRV seguem a discussão dos três modelos regulatórios.

# **4. Fontes de metano por segmento de mercado de petróleo e gás**

Os três segmentos da cadeia de valor do metano dispõem de equipamentos, componentes e processos exclusivos. As ações específicas para redução e seus custos variam significativamente. Por exemplo, o flaring geralmente está associado às atividades de produção upstream e é muito menos comum nos segmentos midstream e downstream. Por esses motivos, a composição específica do setor de um país pode orientar a definição de prioridades entre as diferentes opções de mitigação.



## Estudo de caso: Modernização dos sistemas de distribuição de gás (Bangladesh)

Para Bangladesh, os segmentos de gás midstream e downstream são prioritários. Atualmente, o país está modernizando seu sistema de distribuição de gás. Bangladesh identificou muitos vazamentos de metano nos antigos dutos de distribuição de gás. Esses dutos foram construídos há décadas.

O gás natural foi descoberto em 1962 e, dois anos depois, foi criada a Titas Gas Transmission and Distribution Company (TGTDCL). Na época, a TGTDCL iniciou a construção de uma rede de distribuição de gás. Ainda hoje, é a maior empresa de distribuição de gás, fornecendo mais de 50% do abastecimento total de gás natural aos consumidores.

Os vazamentos de gás natural da rede de distribuição chamaram a atenção quando Bangladesh começou a importar GNL no final de 2018 para atender à crescente demanda de energia. O GNL é caro, assim como as perdas desse GNL no sistema de gasodutos. Principalmente para obter eficiência energética e economia de custos, a TGTDCL decidiu modernizar o sistema.



Desde então, a TGTDCCL preparou um projeto para substituir ou atualizar sua antiga rede de gás nas áreas corporativas das cidades de Dhaka e Narayanganj. Os serviços de rede da TGTDCCL atendem cerca de 2,8 milhões de consumidores residenciais.

A TGTDCCL realizou um estudo de viabilidade para cerca de 2.750 quilômetros de gasodutos a serem construídos ou substituídos e 18 estações de gás natural a serem modificadas. É importante destacar que o projeto incluirá o mapeamento de sistemas de informações geográficas (SIG), um sistema de supervisão e aquisição de dados (SCADA) e sistemas de identificação de defeitos na rede modernizada. Por fim, a TGTDCCL integrará essa rede modernizada ao sistema de automação do setor de energia.

Para Bangladesh, portanto, o setor downstream é uma prioridade. E, embora a TGTDCCL esteja modernizando seu sistema de gasodutos para obter eficiência operacional e melhorar as salvaguardas financeiras, a redução de vazamentos ajudará a atingir as metas climáticas, a preservar recursos e a melhorar o meio ambiente local e a segurança pública.

As tabelas abaixo destacam as principais fontes de emissões de metano nos segmentos upstream, midstream e downstream. Elas descrevem as fontes de emissões conhecidas, as principais opções de redução para lidar com elas e as possíveis compensações.<sup>33</sup>

## Upstream

O segmento upstream (produção) consiste em poços de petróleo e gás (tanto onshore quanto offshore), instalações de separação de petróleo, instalações de processamento de gás e dutos de coleta e de curta distância entre essas instalações.

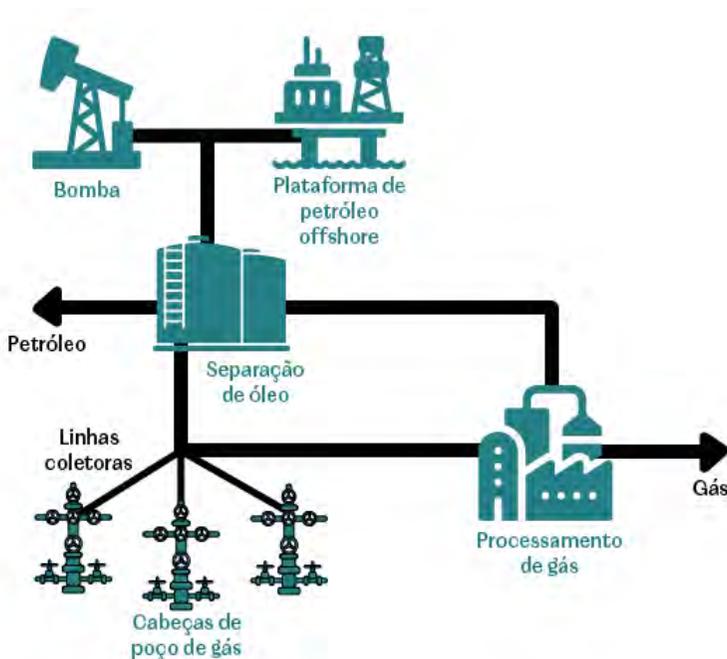


Figura 4.1: Infraestrutura de petróleo e gás do segmento upstream.

Tabela 4.1: Fontes e oportunidades selecionadas de redução de metano no segmento upstream de petróleo e gás.

**Controladores e bombas pneumáticas.** Dispositivos que utilizam gás natural pressurizado para ações de controle de processos ou bombeamento de fluidos quando não há eletricidade disponível.

| Opção de redução  | Descrição  | Considerações  |
|---|--|--|
| Modernizações ou substituições de alta emissão. <sup>34</sup>   | Substituir certos tipos de controladores de alta emissão por opções que liberam menos gás natural.           | Nenhum identificado.   |
| Inspeção de controladores de liberação intermitentes. <sup>35</sup>   | Verificar se os controladores de liberação intermitentes não liberam gás fora dos períodos de atuação ativa. | Requer a existência de um programa LDAR para emissões fugitivas.                                 |
| Substituição por ar comprimido (pode substituir todo e qualquer sistema de alta emissão, emissão intermitente, baixa emissão e bombas). <sup>36</sup> | Substituir o gás natural pressurizado por ar comprimido.   | Requer acesso à eletricidade ou geração no local, que pode ser obtida por meio de energia solar. |

**Descarga manual de líquidos.** Desvio temporário do poço para um local de menor pressão para remover a água acumulada.

| Opção de redução  | Descrição  | Considerações        |
|---|--|----------------------|
| Equipe no local durante a operação de descarga. <sup>37</sup> | O operador permanece no local até que a descarga seja concluída e o poço retorne à produção. | Nenhum identificado. |

**Tanques de armazenamento de hidrocarbonetos.** Emissões de gás associadas a atividades de queda de pressão e movimentação de líquidos em tanques de armazenamento.<sup>38</sup>

| Opção de redução  | Descrição   | Considerações   |
|---|---|---|
| Direcionamento para um dispositivo de controle, como uma tocha. | Queimar em vez de liberar o gás.                    | Selecione as situações em que seria necessário um gás suplementar para queimar os vapores.                                      |
| Direcionamento para um sistema de recuperação de vapor.         | Captura de gás para venda ou uso benéfico no local. | Alguns projetos de tanques não são compatíveis com sistemas de recuperação de vapor; design inadequado para lidar com emissões. |

**Vedações úmidas de compressores centrífugos.** O metano fica retido em sistemas de vedação à base de óleo (úmidos) que precisam ser purgados para manter o funcionamento do compressor.

| Opção de redução   | Descrição   | Considerações   |
|--|---|---|
| Redirecionamento do gás.   | Captura de gás através de recuperação de vapor ou direcionamento para a sucção do compressor. | Converter para uma tecnologia de vedação a seco de mais baixa emissão.    |
| Converter para uma tecnologia de vedação a seco de mais baixa emissão. | Substituir ou projetar o sistema de vedação com tecnologia de mais baixa emissão.             | A conversão de alguns projetos de compressores mais antigos não é viável. |

## Midstream

O segmento midstream inclui infraestrutura de transporte, como gasodutos de longa distância e estações de compressão associadas, instalações de gás natural liquefeito e navios-tanque, bem como instalações de armazenamento.

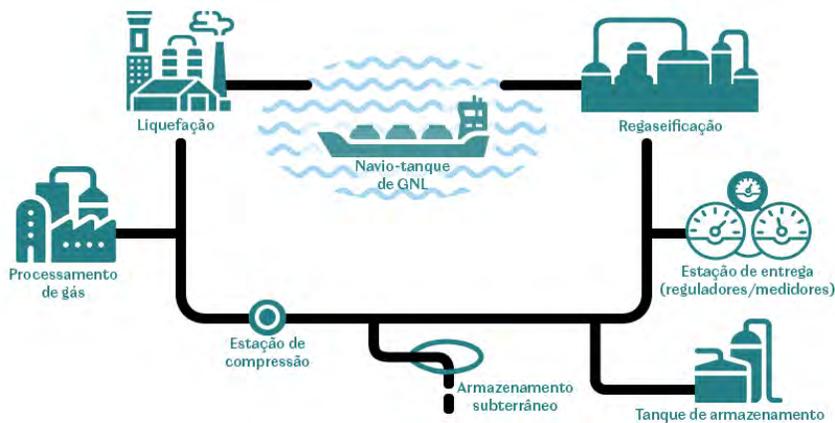


Figura 4.2: Infraestrutura de petróleo e gás do segmento midstream.

Tabela 4.2: Fontes e oportunidades selecionadas de redução de metano no segmento midstream de petróleo e gás.

**Dispositivos pneumáticos.** Dispositivos que utilizam gás pressurizado para ações de controle de processos ou bombeamento de fluidos quando não há eletricidade disponível.

| Opção de redução  | Descrição  | Considerações  |
|---|--|--|
| Modernizações ou substituições de alta emissão. <sup>39</sup>   | Substituição dos controladores de alta emissão por aqueles que liberam menos gás.                            | Nenhum identificado.   |
| Inspeção de controladores de liberação intermitentes. <sup>40</sup>   | Verificar se os controladores de liberação intermitentes não liberam gás fora dos períodos de atuação ativa. | Requer a existência de um programa LDAR para emissões fugitivas.                                 |
| Substituição por ar comprimido (pode substituir todo e qualquer sistema de alta emissão, emissão intermitente, baixa emissão e bombas). <sup>41</sup> | Substituir o gás pressurizado por ar comprimido.   | Requer acesso à eletricidade ou geração no local, que pode ser obtida por meio de energia solar. |

**Tanques de armazenamento de hidrocarbonetos.** Emissões de gás associadas a atividades de queda de pressão e movimentação de líquidos em tanques de armazenamento.<sup>42</sup>

| <b>Opção de redução</b>   | <b>Descrição</b>                                    | <b>Considerações</b>  |
|---|---|---|
| Direcionamento para um dispositivo de controle, como uma tocha. | Queimar o gás, em vez de liberá-lo.                 | Selecione as situações em que seria necessário um gás suplementar para queimar os vapores.        |
| Direcionamento para um sistema de recuperação de vapor.         | Captura de gás para venda ou uso benéfico no local. | Alguns projetos de tanques mais antigos não são compatíveis com sistemas de recuperação de vapor. |

**Vedações úmidas de compressores centrífugos.** O metano fica retido em sistemas de vedação à base de óleo (úmidos) que precisam ser purgados para manter o funcionamento do compressor.

| <b>Opção de redução</b>  | <b>Descrição</b>  | <b>Considerações</b>  |
|--|---|---|
| Redirecionamento do gás.   | Captura de gás através de recuperação de vapor ou direcionamento para a sucção do compressor. | São necessários estudos de projeto de engenharia para garantir uma operação segura.     |
| Converter para uma tecnologia de vedação a seco de mais baixa emissão. | Substituir ou projetar o sistema de vedação com tecnologia de mais baixa emissão.             | A conversão de alguns projetos de compressores mais antigos não é viável. <sup>43</sup> |

**Compressores alternativos - liberação da gaxeta da haste.** Em geral, as emissões da gaxeta da haste não ocorrem ao redor dos anéis, mas através da junta de vedação ao redor da caixa da gaxeta, entre os copos da gaxeta e entre os anéis e o eixo. À medida que os anéis se desgastam, ou se o encaixe entre os anéis de vedação e a haste estiver muito frouxo, mais gás poderá escapar.

| Opção de redução  | Descrição   | Considerações  |
|---|---|--|
| Substituição da gaxeta da haste com base em um período fixo predeterminado ou em horas de operação. | Substituição da gaxeta da haste do compressor alternativo a cada 26.000 horas ou a cada 36 meses.   | O agendamento do tempo de inatividade garante que a estação atenda aos requisitos de confiabilidade e demanda, especialmente se estiver conectada a uma concessionária de serviços públicos ou infraestrutura crítica. |
| Captura, queima ou controle do gás liberado.  | Direcionamento da liberação da gaxeta para um sistema de captura para uso benéfico ou direcionamento para queima para obter uma redução de pelo menos 95% nas emissões de metano. | Agendamento do tempo de inatividade, conforme descrito acima, possíveis restrições de espaço e possíveis interrupções nos sistemas associados.   |
| Monitoramento baseado em condições.   | Utilize dados de monitoramento contínuo ou de teste para identificar emissões e desenvolver um programa de manutenção preditiva.  | Custos iniciais; Configuração inicial de sensores e software associado; e curva de aprendizado para um novo sistema.   |

**Purgas de gasodutos de transmissão entre estações de compressão.** As purgas são a liberação de gás de um duto que causa uma redução na pressão ou uma completa despressurização do sistema. Em geral, elas são necessárias para manutenção.

| Opção de redução                       | Descrição  | Considerações  |
|--|--|--|
| Captura de gás liberado. <sup>44</sup> | Direcionamento do gás para um compressor ou sistema de captura para uso benéfico, direcionamento para a tocha ou aproveitamento das conexões existentes entre os sistemas de alta e baixa pressão. <sup>45</sup> | Planejamento extensivo e coordenação com o Controle de Gás para minimizar o tempo de inatividade; algumas oportunidades de direcionamento podem não estar disponíveis devido a questões de segurança; instalação de novas infraestruturas por meio de hot tapping (trepanação) aumenta os pontos de vazamento e a necessidade de manutenção. |

**Estações de compressores, medidores de transmissão e estações reguladoras ou instalações acima do solo.** Gás fugitivo e liberado associado a instalações acima do solo.

| Opção de redução   | Descrição   | Considerações   |
|--|---|---|
| LDAR periódico; reformular sistemas de liberação ou de purga de emergência para simular ou redirecionar o gás para o sistema durante o teste; instalar monitoramento contínuo. | Realização de programas de inspeção e manutenção de rotina ou programas LDAR em intervalos definidos; instalação de monitoramento contínuo em estações de compressores; e incorporação da capacidade de não liberar | A reformulação dos sistemas de purga de emergência pode exigir muito capital e interromper outras operações; a eficácia em termos de custos de sistemas de monitoramento contínuo depende do baixo risco de eventos de emissão em |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | gás durante os testes de segurança dos sistemas de purga de emergência. | grande escala; a integração de nova infraestrutura terá custos iniciais e manutenção contínua. |
|--|---|--|

**Motores ou outros dispositivos de combustão no local (por exemplo, tochas).** A combustão incompleta permite que o metano se transforme em gás de combustão na atmosfera.

| Opção de redução  | Descrição   | Considerações  |
|---|---|--|
| Programas de ajuste e manutenção periódicos; sistemas de otimização de monitoramento e controle de processos. | Programas de manutenção periódica para garantir que o motor ou dispositivo de combustão esteja operando conforme projetado e de acordo com as especificações; instalação de sistemas de monitoramento e controle para otimizar a eficiência da combustão. | Novas habilidades para aprender a ajustar e manter adequadamente o equipamento para obter a eficiência de combustão ou aprender novos sistemas de monitoramento e controle de processos. |

**Gasodutos.** Os gasodutos de transmissão podem apresentar vazamentos devido a falhas de integridade causadas pela corrosão e danos não intencionais causados por eventos climáticos (por exemplo, deslizamentos de terra) ou por terceiros (escavações).

| Opção de redução  | Descrição   | Considerações   |
|---|---|---|
| Programa de integridade de gasodutos; programas LDAR; sistemas de monitoramento contínuo. | Programas de integridade de gasodutos com inspeção interna e externa; inspeções LDAR periódicas (aéreas e terrestres); instalação de monitoramento contínuo ao longo das rotas dos gasodutos. | Os programas de integridade exigem diligência e experiência na avaliação e no tratamento de ameaças identificadas com boas ferramentas de gerenciamento de dados; novos treinamentos e habilidades podem ser necessários. |

## Downstream

O segmento de gás downstream consiste principalmente em redes de distribuição destinadas a atender aos consumidores finais, sejam eles residenciais, comerciais ou industriais.

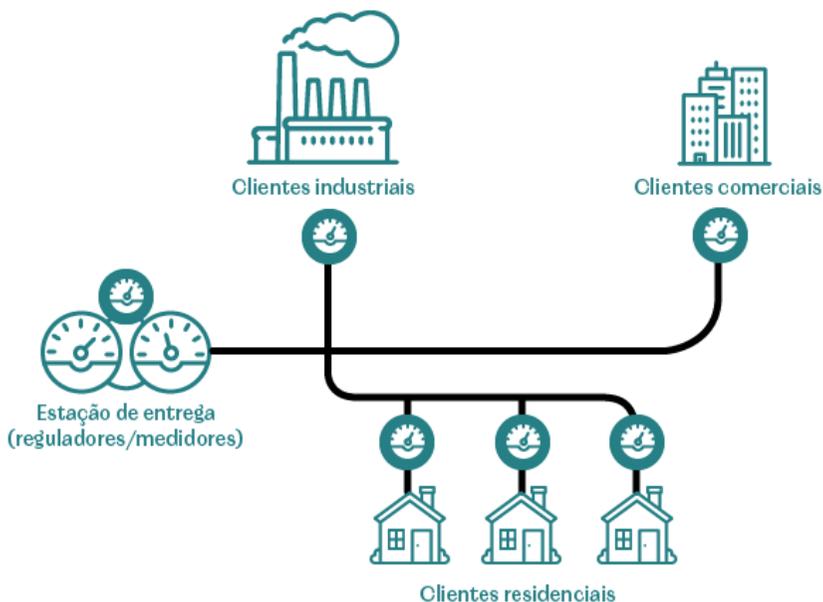


Figura 4.3: Infraestrutura do segmento de gás downstream.

**Dutos (redes e serviços).** Os dutos de distribuição podem apresentar vazamentos devido a falhas de integridade (geralmente devido à corrosão do aço nas juntas de ferro fundido ou trincas em materiais plásticos não modernos) ou danos acidentais causados por escavações de terceiros.

Tabela 4.3: Fontes e oportunidades selecionadas de redução de metano no segmento downstream de gás.

| Opção de redução                   | Descrição   | Considerações   |
|------------------------------------|---|---|
| Programas de integridade de dutos. | <p>Programas de gerenciamento da integridade da distribuição para identificar ameaças e monitorar o desempenho contínuo.</p> <p>Utilização de pesquisas aéreas e móveis e tecnologias de monitoramento contínuo de detecção pontual.</p> <p>Priorizar o reparo de vazamentos maiores.</p> <p>Acelerar a substituição de sistemas de dutos propensos a vazamentos.</p> | <p>A reabilitação e a substituição de dutos podem levar anos e exigir um capital inicial significativo.</p> <p>Demonstrar reduções exigirá alternativas aos métodos tradicionais de fatores de emissão: novos métodos para relacionar as emissões a vazamentos reais e sua duração antes do reparo.</p> <p>Desenvolver curvas de custo-benefício ou de custo marginal de redução é fundamental para garantir que o LDAR aprimorado seja priorizado para obter o máximo impacto.</p> |
| Programas LDAR aprimorados.        | <p>Os programas de LDAR aprimorados aumentam as inspeções em áreas de baixo desempenho.</p> <p>Use a análise de árvore de decisão identificar os vazamentos mais significativos.</p>  | <p>Custos operacionais e de capital.</p> <p>Desenvolver curvas de custo-benefício ou de custo marginal de redução é fundamental para garantir que o LDAR aprimorado seja priorizado para obter o máximo impacto.</p>  |

| <b>Opção de redução</b>   | <b>Descrição</b>  | <b>Considerações</b>  |
|---|---|---|
| Programas de prevenção de danos (por exemplo, Call Before You Dig - 811). | Esses programas reduzem o risco de rompimento de gasodutos causado por atividades de escavação, mantendo um sistema de fácil acesso para que os empreiteiros obtenham informações sobre a localização dos gasodutos antes de cavar. | Pode ser difícil obter os dados de SIG com as localizações dos gasodutos. É necessário construir o banco de dados de informações. Tempo e custo para conscientização do público sobre o programa. |

**Medidores de clientes.** Emissões fugitivas de componentes com vazamentos (por exemplo, encaixes com folgas) ou liberação de reguladores de pressão. Os medidores comerciais e industriais podem ter dispositivos pneumáticos e um maior potencial de emissão, pois operam em pressões mais altas do que os medidores residenciais.

| <b>Opção de redução</b>                                 | <b>Descrição</b>  | <b>Considerações</b>   |
|---|---|--|
| Detecção aprimorada de vazamentos e reparos acelerados. | Aprimoramento da detecção de vazamentos por meio de levantamentos aéreos e móveis e da instalação de detecção pontual, onde a análise de dados pode ser utilizada para encontrar vazamentos. Aceleração ou priorização do reparo com base em vazamentos de sistemas de alta pressão (se não forem sensíveis à segurança). | Restrições de financiamento e de capacidade humana. Assim como nos gasodutos, existe a necessidade de passar dos fatores tradicionais de emissão para métodos baseados em vazamentos para demonstrar reduções e desenvolver perfis de emissão mais precisos. |

| <b>Opção de redução</b>                                      | <b>Descrição</b>  | <b>Desafios conhecidos de implementação</b>  |
|--|---|--|
| Instalação de redes avançadas de medidores.                  | As redes avançadas de medidores podem usar análises de dados do medidor do cliente para identificar vazamentos por meio de anomalias nas taxas de consumo por hora.                 | Custos operacionais e de capital.<br>Custos de treinamento e de integração à infraestrutura de TI. |
| Reformulação do medidor para reduzir os pontos de vazamento. | A reformulação dos medidores pode envolver a troca de medidores de deslocamento por medidores sônicos para uso residencial ou a eliminação de pontos de vazamento, quando possível. | Custos operacionais e de capital.  |

# **5. Detecção e reparo de vazamentos (LDAR)**

---

## Principais conclusões

- Os programas LDAR são projetados para identificar e corrigir emissões não intencionais ou fugitivas de equipamentos.
- Os requisitos de LDAR podem ser implementados sem a necessidade de dados abrangentes ou medições específicas do nível de emissões fugitivas.
- As características importantes de design para as regulamentações de LDAR são as seguintes:
  - Escopo das instalações a serem inspecionadas.
  - Tecnologias de detecção a serem utilizadas e definição do limite de detecção.
  - Frequência das inspeções.
  - Requisitos de reparo, incluindo prazos.
  - Geração de relatórios, manutenção de registros e certificação.
- A regulamentação federal de LDAR do Canadá é discutida como exemplo dessas características de design.

Emissões fugitivas, ou vazamentos, são perdas não intencionais de metano. Os vazamentos geralmente ocorrem em vários pontos de conexão, como valores, ao longo da cadeia de valor. Embora as emissões de um vazamento individual possam não ser significativas, as taxas coletivas de emissão de metano de fugas estão entre as maiores fontes de emissões do setor de petróleo e gás.

Os programas LDAR envolvem inspeções periódicas no local por pessoal qualificado. Se forem detectados vazamentos, a operadora é obrigada a consertar esses vazamentos dentro de um período especificado. Além disso, as operadoras geralmente são obrigadas a documentar o processo de LDAR e a apresentar relatórios regulares ao governo.

Os programas LDAR não exigem dados robustos de emissão de metano para funcionar. As operadoras podem começar a realizar inspeções de detecção de vazamentos e a consertá-los, o que leva a reduções de metano, mesmo antes da coleta de dados abrangentes.

No entanto, os dados compilados pelas operadoras durante os programas LDAR, como o tipo e a frequência de certos vazamentos, podem ser informações valiosas para ajudar a embasar ações futuras.

## Características da regulamentação de LDAR



Figura 5.1: Características das regulamentações de LDAR.

Várias considerações de design determinam a eficácia dos programas LDAR:

**Escopo das instalações inspecionadas.** Os requisitos de LDAR podem especificar quais instalações devem ser inspecionadas. As exclusões podem ser baseadas em tamanho, capacidade ou outras características. Por exemplo, instalações menores podem ser excluídas ou ter requisitos diferentes. A frequência das inspeções pode ser menor para instalações muito remotas. Os programas

LDAR podem incluir exceções para componentes considerados não seguros para monitoramento.

Vazamentos podem ocorrer em todos os tipos de instalações, sejam elas grandes ou pequenas. Um programa focado em um subconjunto de fontes de emissão pode corrigir

menos vazamentos, mas ser mais econômico e eficaz. Se uma regulamentação abranger apenas um subconjunto de fontes, será essencial abranger as fontes mais propensas a vazamentos.

**Tecnologias e limite de detecção.** As regulamentações de LDAR podem exigir métodos ou tecnologias específicas para inspecionar a fonte. Tais métodos incluem, entre outros, inspeções auditivas, visuais e olfativas (AVO), vários instrumentos de monitoramento portáteis, como farejadores para o Método 21 desenvolvido pela EPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA), e câmeras de imageamento óptico de gás (OGI). Para instrumentos e câmeras de OGI, as regulamentações podem especificar requisitos operacionais e de calibração para o dispositivo. Esses requisitos podem incluir um limite de detecção específico para o tamanho de um vazamento que o instrumento pode detectar. No entanto; as regulamentações de LDAR podem não necessariamente exigir a quantificação de vazamentos individuais, além de determinar se estão acima do limite de detecção.

As inspeções AVO são econômicas, pois são agrupadas entre outras tarefas de rotina em uma instalação e não exigem equipamentos especiais. No entanto, sua eficácia na detecção de vazamentos é melhor em locais com equipamentos simples (como cabeças de poço) e baixos níveis de ruído. As câmeras de OGI, que exigem treinamento especializado para operar e usar, são mais eficazes para identificar vazamentos.

Há uma discussão em curso sobre como garantir que as regulamentações de LDAR incentivem a inovação e o desenvolvimento de tecnologias avançadas, como levantamentos aéreos por meio de aviões ou drones, satélites e monitoramento contínuo. Algumas jurisdições criaram processos para as operadoras

solicitarem a utilização de uma abordagem alternativa, provando que ela pode atingir pelo menos o mesmo nível de redução de emissões que as tecnologias de detecção especificadas na regulamentação. Outras opções possíveis são o desenvolvimento de uma estrutura comum para avaliar a equivalência das tecnologias de monitoramento emergentes para identificar as reduções de emissões.

Dado o número de diferentes opções de detecção e o fato de que a tecnologia está avançando rapidamente, algumas agências reguladoras optaram por incorporar as abordagens de outras jurisdições em suas

regulamentações. Por exemplo, muitas jurisdições já fazem referência à norma para instrumentos de detecção estabelecida pela Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos EUA (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) - Método 21. Mais detalhes sobre essas tecnologias podem ser encontrados no *Capítulo 8: Inventários* e no *Capítulo 9: Monitoramento*.

**Frequência das inspeções.** A frequência das inspeções (anual, trimestral etc.) influencia o potencial de redução de emissões de um programa LDAR. Inspeções mais frequentes levam a detecção e reparo de vazamentos mais rápidos, mas com custos adicionais. Em um dado momento, inspeções adicionais podem atingir um ponto de retorno decrescente. Uma fonte de orientação sobre a frequência das inspeções e medições é a MiQ, que fornece uma norma de certificação de emissões de metano.<sup>46</sup>

**Requisitos de reparo.** As regulamentações de LDAR podem exigir que as empresas consertem qualquer vazamento identificado durante as inspeções periódicas. A regulamentação pode estabelecer um prazo específico para esses reparos, como 30 dias. Pode ser necessário um período mais longo para reparos complexos. Um prazo de reparo mais curto garante que os vazamentos sejam consertados mais rapidamente, mas pode ter implicações operacionais para as instalações. Algumas regulamentações determinam que, se um reparo puder ser feito sem interromper as operações da instalação, eles devem ser realizados em um prazo curto (como 30 dias), mas

permitem um prazo mais longo para reparos que exijam uma paralisação total.

**Relatórios, certificação e auditoria.** As regulamentações de LDAR podem exigir que as empresas mantenham registros de suas inspeções de detecção de vazamentos, vazamentos detectados e ações de reparo. Isso pode ser feito por meio de modelos específicos ou de uma ferramenta de relatório on-line. Esses relatórios podem incluir:

- Data da vistoria.
- Tipo de instrumento de detecção.
- Detalhes sobre a fonte pesquisada (localização, tipo de instalação).
- Informações sobre qualquer vazamento detectado (tipo de componente, tipo de serviço etc.).
- Medidas tomadas em relação aos reparos, incluindo datas.
- O resultado dos reparos, incluindo inspeções de acompanhamento.

Algumas regulamentações exigem que os relatórios de LDAR sejam certificados ou auditados por terceiros. Essa prática pode ajudar o órgão regulador a garantir que os relatórios sejam completos e precisos, mas também pode impor ônus administrativos adicionais às operadoras.

## Exemplo: Requisito federal de LDAR do Canadá

Em 2018, o governo federal canadense estabeleceu um requisito nacional de LDAR que contém muitas das características mencionadas acima.<sup>47</sup>

**Escopo das instalações inspecionadas.** A regulamentação do Canadá se aplica apenas a instalações de grande porte, geralmente abrangendo todas as instalações de petróleo e gás upstream, incluindo plataformas de perfuração e estações de compressão, que

produzem ou manuseiam mais de 60.000 m<sup>3</sup> de gás natural anualmente.<sup>48</sup> A seção 28(1) da regulamentação também exclui explicitamente certos equipamentos do requisito de LDAR:

*Seção 28 (1) As seções 29 a 36 não se aplicam em relação a:*

- *(a) um componente de equipamento utilizado em uma cabeça de poço em um local em que não haja outra cabeça de poço ou equipamento, exceto dutos de coleta ou um medidor conectado à cabeça de poço;*
- *(b) um par de válvulas de isolamento em um gasoduto de transmissão, se nenhum outro equipamento estiver localizado no segmento do gasoduto que possa ser isolado pelo fechamento das válvulas; e*
- *(c) um componente de equipamento utilizado em uma instalação de petróleo e gás upstream, cuja inspeção representaria um sério risco à saúde ou à segurança humana.*

Ao especificar as instalações, equipamentos ou circunstâncias isentas, as regulamentações do Canadá concentram as inspeções nas fontes de vazamentos que são mais importantes para atingir reduções significativas. Por exemplo, como os vazamentos costumam ocorrer a partir de componentes ou equipamentos em uma instalação, locais que possuam apenas cabeças de poço com poucos componentes e nenhum outro equipamento (como tanques de armazenamento, compressores etc.) são isentos devido à menor probabilidade de vazamentos. Da mesma forma, as válvulas de isolamento em dutos de transmissão estão isentas na seção (b) porque o potencial de emissões desses componentes nessas instalações é baixo. A terceira isenção na seção (c) abrange qualquer caso em que a inspeção possa representar um risco para a saúde ou segurança humana, fornecendo menos clareza sobre onde ela se aplicaria. As isenções podem reduzir o ônus sobre as operadoras, mas podem deixar de detectar emissões decorrentes de emissores significativos de metano e aumentar o ônus sobre o órgão regulador para atender aos pedidos de isenção.

**Tecnologias e limite de detecção.** O Canadá exige inspeções com base em instrumentos. Dois instrumentos podem ser utilizados: (1)

instrumentos de monitoramento portáteis que atendam a determinadas especificações de operação e de calibração e (2) instrumentos de OGI capazes de atender a requisitos específicos de detecção. A Seção 30(2) estabelece que um instrumento de monitoramento portátil deve estar em conformidade com o Método 21 da EPA em sua especificação, aplicação e calibração. Para as câmeras de OGI, a regulamentação estabelece um limite de concentração de “no máximo 500 ppm [por volume] e a uma vazão de pelo menos 60 [gramas/hora] vazando de um orifício com 0,635 centímetros de diâmetro”. Inclui também requisitos relativos à distância de visualização.<sup>49</sup>

A exigência do uso desses instrumentos pode acarretar custos de treinamento e equipamentos, mas pode detectar vazamentos que os métodos AVO não detectariam. Ao fazer referência às especificações existentes de outro órgão regulador, a regulamentação canadense evita a necessidade de desenvolver um padrão técnico detalhado, ao mesmo tempo que garante consistência para as operadoras que precisam cumprir as mesmas especificações em suas jurisdições.

A regulamentação canadense permite que as operadoras estabeleçam um programa LDAR alternativo, desde que ele “resulte, no máximo, na mesma quantidade de emissões fugitivas que resultaria de”

um programa LDAR em conformidade com a regulamentação.<sup>50</sup> A regulamentação também estabelece que um programa alternativo deve ter os seguintes elementos:

*(a) a inspeção de vazamentos;*

*(b) a operação, manutenção e calibração de instrumentos de detecção de vazamentos, se aplicável; e*

*(c) o reparo dos vazamentos identificados.<sup>51</sup>*

Essa flexibilidade permite que uma operadora utilize um instrumento que não esteja diretamente listado nas regulamentações ou inspecione com frequências diferentes. A utilização de um programa alternativo coloca sobre a operadora a responsabilidade de demonstrar a eficácia

do programa com documentos de apoio que devem ser enviados ao órgão regulador.

**Frequência das inspeções.** A regulamentação do Canadá especifica o prazo para as inspeções iniciais e subsequentes:

*30(3) O período para as inspeções é o seguinte:*

*(a) para a primeira inspeção, em 1º de maio de 2020 ou antes, ou até 60 dias após o início da produção na instalação, o que ocorrer por último; e*

*(b) para as inspeções subsequentes, pelo menos três vezes por ano e com um intervalo mínimo de 60 dias após uma inspeção anterior.*

Por exemplo, uma nova instalação precisaria realizar uma inspeção LDAR no prazo de 60 dias após o primeiro dia de produção e, em seguida, pelo menos três vezes por ano em cada instalação, com um intervalo mínimo de 60 dias entre as inspeções. Essa frequência permite que as operadoras determinem o melhor cronograma de inspeção em várias instalações dentro dos limites da regulamentação.

**Requisitos de reparo.** A regulamentação do Canadá exige que os vazamentos identificados sejam reparados. O prazo para o reparo varia de acordo com a facilidade de realização do reparo. Quando o reparo puder ser feito enquanto o componente estiver em funcionamento, a operadora deve realizar o reparo dentro de 30 dias:

*32 (1) Um vazamento detectado em um componente do equipamento, seja como resultado de uma inspeção ou de outra forma, deve ser reparado.*

*(a) se o reparo puder ser realizado enquanto o componente do equipamento estiver em funcionamento, dentro de 30 dias a partir do dia em que foi detectado.*

Entretanto, se o reparo exigir uma parada, ele poderá ser realizado durante a próxima parada programada:

*32(1) (continuação)*

*(b) em qualquer outro caso, dentro do período anterior ao final da próxima parada programada, a menos que esse período seja prorrogado, conforme a seção 33.*

A regulamentação específica ainda que o prazo para realizar a próxima parada programada é baseado no tamanho relativo do vazamento em comparação com as emissões que seriam emitidas no processo de reparo:

*(2) A próxima parada programada deve ser agendada até a data em que o volume estimado de gás hidrocarboneto, expresso em m<sup>3</sup> padrão, que, a partir do dia em que o vazamento for detectado, seria emitido pelo componente do equipamento com vazamento em questão e por todos os outros componentes do equipamento que também apresentarem vazamento a partir desse dia, se nenhum reparo for feito, for igual ao volume de gás hidrocarboneto, expresso em m<sup>3</sup> padrão, que seria emitido devido à purga do gás hidrocarboneto dos componentes do equipamento a serem reparados.*

Em outras palavras, como a parada e o reparo de componentes podem exigir a liberação de gás contido no componente, o reparo deve ser agendado antes que as emissões acumuladas do vazamento ultrapassem as emissões previstas que a parada causaria.<sup>52</sup> Essa abordagem oferece flexibilidade às empresas para agendar o reparo, ao mesmo tempo em que estabelece limites para garantir que o vazamento não continue indefinidamente.

**Relatórios, certificação e auditoria.** A regulamentação canadense exige que as operadoras criem e mantenham registros e documentos de apoio, incluindo:

- ➔ Cada calibração de instrumentos de inspeção.
- ➔ Data das inspeções.
- ➔ O tipo e a localização do equipamento com coordenadas de GPS.
- ➔ O tipo de instrumento utilizado.
- ➔ Em caso de OGI, as imagens registradas com indicações incorporadas de dados e tempo.
- ➔ Vazamentos identificados e a documentação das medidas tomadas para reparar os vazamentos.<sup>53</sup>

O Canadá exige que tais registros sejam criados dentro de 30 dias após a disponibilização das informações e que sejam mantidos por cinco anos.<sup>54</sup> A regulamentação exige que eles sejam enviados dentro de 60 dias mediante solicitação.<sup>55</sup> Essa abordagem reduz a constante carga administrativa sobre o órgão regulador, que precisa receber e analisar os relatórios, ao mesmo tempo que fornece um mecanismo para que os funcionários do governo obtenham informações para análise, conforme necessário. O não cumprimento das disposições de relatório ou de outras disposições dessa regulamentação pode sujeitar a operadora a penalidades financeiras.

Para obter mais informações sobre mecanismos de conformidade, consulte o *Capítulo 10: Garantia de conformidade*.

# 6. Flaring e venting

---

## Principais conclusões

- A abordagem da queima e da liberação de gás natural é uma das principais maneiras pelas quais os órgãos reguladores podem reduzir as emissões de metano do setor de petróleo e gás.
- As tecnologias para reduzir ou eliminar a queima e a liberação de rotina são bem conhecidas e, com a infraestrutura adequada, podem ser implementadas.
- Vários países adotaram regulamentações para reduzir a queima e a liberação. Tais regulamentações geralmente incluem várias características importantes, que este capítulo discute de forma mais detalhada.
- A Colômbia e o Cazaquistão recentemente promulgaram novas regulamentações para reduzir a queima e a liberação. Esta seção analisa os textos de suas regulamentações como fonte de insights sobre como outros órgãos reguladores podem elaborar suas regulamentações de queima e liberação.

**Flaring** é a queima de gás natural controlada por motivos operacionais, de segurança ou econômicos. **Venting** é a liberação intencional de gás natural na atmosfera. Do ponto de vista da emissão de gases de efeito estufa, a queima é melhor do que a liberação, porque transforma o metano em dióxido de carbono em vez de liberar diretamente na atmosfera o gás metano, que tem um potencial de aquecimento global mais alto.

Este capítulo se concentra nos casos em que o gás natural é queimado ou liberado intencionalmente por motivos operacionais, de segurança ou econômicos. Observe que a liberação proveniente da operação regular de equipamentos ou da manutenção ou de outros processos é abordada na seção de normas de equipamentos do *Capítulo 7: Normas de equipamentos e processos*.

A queima e a liberação são desperdícios de recursos energéticos e são fontes de emissões de gases de efeito estufa no setor de petróleo e gás. Elas também contribuem para os níveis de poluição do ar local.

O gás queimado libera CO<sub>2</sub>, carbono negro (fuligem) e uma certa quantidade de metano não queimado. Mesmo as tochas com melhor desempenho não atingem 100% de eficiência na destruição (algumas estimativas

chegam a 98%; a AIE estima que a eficiência típica de destruição seja de 92%), e muitas atingem eficiências significativamente mais baixas.

## Características das regulamentações para Flaring e Venting

As restrições à queima e liberação são relativamente comuns. Recentemente, algumas jurisdições tomaram medidas para expandir ou aprimorar as leis destinadas a reduzir a queima e a liberação, incluindo a Colômbia, a Nigéria e o Cazaquistão. Outras adotaram regulamentações para proibir em grande parte a queima de rotina, incluindo a Holanda, a Noruega e o estado do Novo México, nos EUA.

Há opções regulatórias testadas e comprovadas para que os órgãos reguladores reduzam ou evitem a queima ou a liberação de rotina, principalmente para o gás associado da produção de petróleo. Estes incluem:

**Quando é necessário um licenciamento.** Algumas jurisdições exigem que as operadoras obtenham uma licença ou autorização para a queima. Caso ocorra um evento não planejado, a regulamentação pode exigir que as operadoras apresentem um relatório após o fato. A exigência de uma licença proporciona uma oportunidade para uma jurisdição coletar informações sobre a queima e a liberação em andamento, o que pode ajudá-la a compreender os níveis gerais de emissões. Os custos de conformidade com os limites de queima podem ser levados em conta no processo de aprovação da licença.

**Exceções às proibições de queima e liberação.** A queima de gás geralmente é permitida por motivos de segurança ou para proteger

a saúde humana. Alguns países permitem exceções às proibições de queima quando esta seria economicamente injustificada, proibitiva em termos de custos ou quando o custo de utilização do gás é maior do que o valor recebido. Algumas jurisdições estabeleceram que a falta de infraestrutura de gasodutos disponível não justifica a queima. Ao decidir quais exceções permitir, os governos podem pesar os custos para o

setor em relação à redução das emissões e evitar o desperdício de gás natural. O impacto sobre as receitas do petróleo também é um fator que pode ser levado em consideração.

**Redução da queima de gás ao longo do tempo.** A Parceria Global para a Redução da Queima de Gás (World Bank Global Gas Flaring Reduction Partnership, GGFR)<sup>56</sup> do Banco Mundial obtém compromissos globais de governos e empresas para acabar com a queima rotineira de gás. Alguns países e empresas aderiram à iniciativa Zero Routine Flaring by 2030.<sup>57</sup> Alguns países incluíram essa meta ou uma data anterior, como 2025, em suas regulamentações.

**Eficiência da queima.** Nem todo o gás natural será totalmente queimado. Algumas tochas podem não funcionar adequadamente e operar com menos eficiência do que os padrões do setor.<sup>58</sup> Algumas chamas de queima (também chamadas de chamas-piloto ou luzes-piloto) podem se apagar, resultando na liberação de metano. Melhorar a eficiência da queima é uma importante área de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia para redução de emissões.<sup>59</sup>

Alguns países têm regulamentações que estabelecem normas de projeto ou envelopes operacionais para os equipamentos, a fim de garantir níveis mínimos de eficiência de destruição para as queimas.<sup>60</sup>

**Royalties, penalidades e outros incentivos econômicos.** As regulamentações para queima e liberação podem incluir um elemento prescritivo, como uma proibição ou exigência de licença, e um elemento econômico, como uma cobrança de royalties. A queima é comparativamente fácil de medir e aferir (*consulte o Capítulo 9:*

*Monitoramento*); portanto, os incentivos econômicos são mais viáveis para a queima do que para as emissões fugitivas (ou liberação). Um royalty ou imposto sobre a queima de gases pode fornecer um incentivo monetário para que as empresas reduzam sua queima. Tais encargos podem ser impostos sobre todos os volumes queimados ou volumes acima de um limite. O impacto dessas medidas pode ser afetado pela taxa de royalties, infraestrutura, preços do gás e demanda.

**Medições e relatórios.** Muitos governos exigem que as operadoras informem os volumes de gás queimado ou liberado. Em alguns casos, é necessária a medição direta dos volumes queimados, enquanto

em outros casos, os valores são estimados com base na proporção de gás para óleo e nos volumes de produção de petróleo.

**Incentivos para aumentar a utilização de gás.** Alguns países desenvolveram incentivos para ajudar a criar um mercado interno ou outras oportunidades de utilização potencial para o gás que, de outra forma, seria queimado. Alguns países exigem que as operadoras elaborem planos para utilização de gás e oferecem investimentos diretos em infraestrutura ou outros incentivos para estimular a utilização. Um projeto recente em Angola redireciona o gás que seria queimado para exportações de GNL.<sup>61</sup>

## Exemplo: Restrições de queima e liberação de gás na Colômbia

A Colômbia reduziu significativamente a queima de gás por meio de regulamentações e dos esforços de sua empresa estatal, a Ecopetrol. Entre 2012 e 2022, os volumes absolutos de queima de gás na Colômbia foram reduzidos em 75%, enquanto a produção diminuiu cerca de 20%. Neste mesmo período, a intensidade da queima (metros cúbicos de gás queimado por barril de petróleo produzido) diminuiu cerca de 65%, tornando a Colômbia um dos países com melhor desempenho na redução da queima em todo o mundo, juntamente com a Noruega, o Canadá e o Brasil.

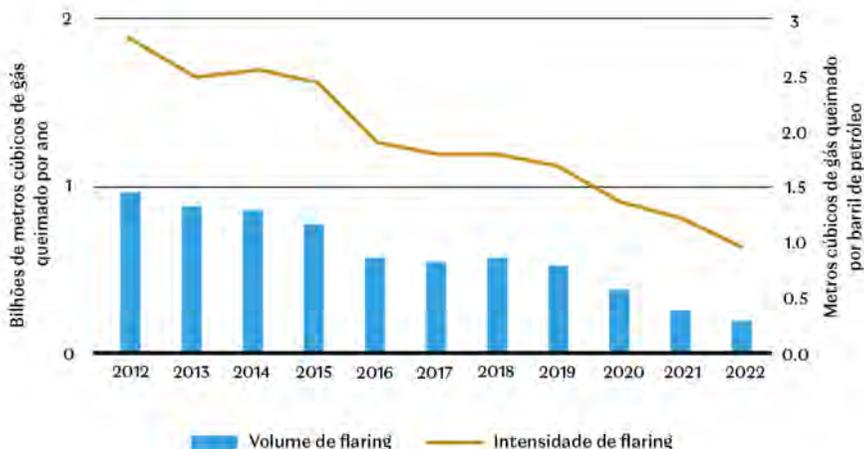


Figura 6.1: Volumes e intensidade da queima de gás na Colômbia, 2012-2022.<sup>62</sup>

As regulamentações relacionadas ao gás natural associado na Colômbia incluem:

- ➔ Fiscalização das medidas de queima e liberação pelos órgãos reguladores, a Agência Nacional de Hidrocarbonetos (ANH) e o Ministério de Minas e Energia (MME).
- ➔ Pagamentos feitos pelas operadoras ao governo pela queima e liberação.
- ➔ Medidas de incentivo a um competitivo mercado interno de gás através de acesso aberto e não discriminatório à infraestrutura de gás.

A histórica Resolução 40066 da Colômbia, adotada em 2022, estabelece:

- A liberação de gás é proibida tanto na exploração quanto na produção, com exceções em caso de emergência ou para manutenção.
- Toda queima requer autorização prévia do órgão regulador, que deve ser incluída em uma licença anual.
- Em geral, a queima não é permitida, com exceções limitadas, inclusive por motivos de segurança, manutenção programada e inviabilidade econômica.
- A queima devido a eventos não planejados deve ser estimada antecipadamente com base no ano anterior e está sujeita a uma eliminação gradual ao longo de cinco anos.
- As operadoras devem pagar royalties sobre o gás queimado, liberado ou desperdiçado, a menos que estejam autorizadas por uma licença.<sup>63</sup>

A Resolução 40066 aborda os principais aspectos das regulamentações de liberação e queima:

**Quando é necessário um licenciamento.** A Resolução 40066 proíbe a liberação intencional de gás associado e exige a coleta para utilização ou o redirecionamento para uma tocha quando as condições técnicas ou econômicas impedem a utilização. Essa disposição inclui exceções limitadas sem autorização prévia. A operadora deve informar o órgão regulador no prazo de 24 horas após o evento de emissões.

A Resolução 40066 proíbe as operadoras de queimar gás natural sem uma autorização e licença de queima emitida pela ANH. É necessária uma licença anual.

Para obter a licença anual de queima de gás, as operadoras devem enviar uma solicitação pelo menos 30 dias antes do início das operações ou do vencimento da licença atual, com informações sobre os níveis esperados de queima para cada um desses motivos, uma

justificativa e informações de suporte. Para queimar gás por não ser economicamente viável, a operadora deve demonstrar que o gás associado não pode ser comercializado.

O Artigo 18 estabelece o que a operadora deve apresentar para obter uma licença anual:

*[Trecho do Artigo 18:]*

1. *Causa e justificativa para a queima de gás natural.*
2. *O volume máximo de gás natural a ser queimado deve ser determinado de acordo com o Artigo 17 desta resolução.*
3. *O volume estimado de gás a ser queimado por razões de segurança será fundamentado por cálculos ou valores estabelecidos pelo fornecedor.*
4. *O volume estimado de gás natural economicamente inviável será fundamentado por seu respectivo estudo técnico-econômico.*
5. *O volume estimado de gás de eventos planejados será fundamentado por um plano de manutenção.*
6. *No caso de apresentação de volume de gás proveniente de eventos não planejados, estes devem ser devidamente justificados com a entrega de um plano de otimização operacional.*
7. *O volume estimado de gás proveniente de liberação intencional coletado para queima deve ser fundamentado pelos respectivos cálculos.*
8. *Alternativas e justificativas para realizar a utilização do gás, quando aplicável.*<sup>64</sup>

Além disso, é necessária uma licença de queima em casos especiais para eventos não incluídos na licença anual e resultantes do gerenciamento de gás ou de causas não atribuíveis a práticas operacionais. Se uma licença não for apresentada, a operadora deverá fornecer uma notificação dentro de 24 horas. A ANH deve decidir sobre cada solicitação de licença em até 30 dias após o recebimento. A ANH também pode solicitar informações adicionais

para avaliar a solicitação de licença no prazo de 7 dias após o recebimento.

**Exceções às proibições de queima e liberação.** A Resolução 40066 (Artigo 34) prevê três exceções à proibição de liberação.

1. A liberação pode ocorrer em caso de emergência, e a ANH deve ser informada dentro de 24 horas após o término da emergência.
2. A liberação pode ocorrer no contexto do programa de manutenção preventiva de uma instalação, e a ANH deve ser notificada dentro de 24 horas.
3. Quando o volume de gás é inferior ao necessário para manter a chama piloto da tocha acesa.

As autorizações de queima podem ser concedidas nas seguintes circunstâncias:

- Razões de segurança.
- A queima de rotina está sujeita a limites estabelecidos na regulamentação (por exemplo, chamadas-piloto).
- Quando a captura não for economicamente viável (com uma demonstração justificada).
- Queima relacionada a eventos de manutenção programada.
- Gás coletado que, de outra forma, teria sido liberado intencionalmente.
- Eventos não planejados que estejam devidamente justificados.

As operadoras devem apresentar documentação comprobatória para justificar a queima. A Resolução estabelece que uma autorização de queima será concedida sempre que o gás estiver sendo coletado e que, de outra forma, teria sido liberado. Isso elimina o incentivo para liberar gás em vez de buscar uma autorização de queima.

**Redução da queima de gás ao longo do tempo.** A Resolução 40066 inclui um cálculo para o volume máximo de gás que pode ser queimado, que é essencialmente a soma das estimativas para a

queima autorizada sob cada uma das exceções listadas acima. A quantidade máxima permitida devido a eventos não planejados, no entanto, deve diminuir em 20% a cada ano ao longo de cinco anos, até atingir zero no quinto ano. Essa redução gradual se aplica apenas a essa categoria específica de queima (eventos não planejados) e não se aplica a situações em que a captura não é economicamente viável ou aos casos limitados em que a queima de rotina é permitida.

**Eficiência da queima.** A Resolução 40066 (Artigo 22) exige que as operadoras verifiquem anualmente se cada tocha foi inspecionada e opera dentro de faixas aceitáveis.. A operadora pode realizar a

verificação por conta própria, desde que tenha o equipamento e os recursos técnicos necessários. Além disso, devem ser instalados equipamentos de monitoramento para garantir que a tocha esteja funcionando corretamente:

*[Trecho do Artigo 22:]*

*Para isso, será utilizada a melhor tecnologia disponível para monitorar a chama, como uma câmera de infravermelho para detectar a geração de fumaça da queima de hidrocarbonetos líquidos ou drones de medição de emissões para verificar o status do sistema de ignição de chamas-piloto ou equipamentos semelhantes.<sup>65</sup>*

Se problemas ou falhas forem encontrados, a operadora deve (1) fazer os reparos o mais rápido possível, em nenhum caso ultrapassando 6 meses, e (2) informar a condição ao órgão regulador.

**Royalties, penalidades e outros incentivos econômicos.** A Resolução 40066 e suas antecessoras estabeleceram dois incentivos financeiros para as operadoras, a fim de incentivá-las a não queimar mais do que o permitido em suas licenças:

➔ **Royalties.** O Artigo 18 estabelece que serão devidos royalties sobre qualquer queima que exceder o volume permitido na licença para queima. Dessa forma, qualquer valor que eles informarem além daquele na licença estará automaticamente sujeito ao pagamento de royalties.

→ **Penalidade administrativa.** De acordo com a Resolução 40066 e o Código do Petróleo de 1953, a penalidade por infrações (queima de gás a mais do que o permitido pela licença) será de US\$ 5.000.

**Medições e relatórios.** A Resolução 40066 exige medições e relatórios mensais dos volumes queimados e fornece um formato de relatório:

*Artigo 24. Medições e relatórios dos volumes de queima de gás natural. Todos os volumes de queima de gás natural devem ser medidos e informados pela Operadora mensalmente à [ANH] por meio do [Formulário de Relatório] em anexo ou de outro que o substitua.<sup>66</sup>*

A Resolução 40066 também determina que o gás liberado intencionalmente seja comunicado às autoridades, juntamente com uma justificativa. No entanto, ela não exige medição. Em vez disso, especifica que os volumes devem ser quantificados e informados de acordo com os modelos e procedimentos de relatórios de produção.

## Exemplo: Utilização de gás associado no Cazaquistão

O Cazaquistão é um exemplo de como um país pode reduzir a queima de gás incentivando a utilização de gás associado. A queima de gás diminuiu significativamente na última década, conforme ilustrado abaixo:

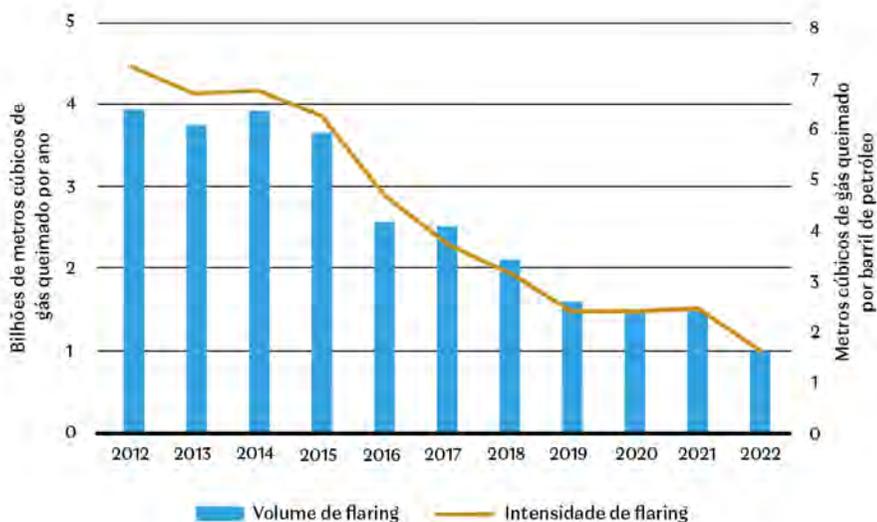


Figura 6.2: Volumes e intensidade da queima de gás no Cazaquistão, 2012-2022.<sup>67</sup>

**Incentivos para aumentar a utilização de gás.** Tal como muitos países, o Cazaquistão proibiu a queima e a liberação de gás, sujeitas a certas exceções, incluindo para proteger a saúde e a segurança humanas.<sup>68</sup> Paralelamente, o Cazaquistão incentivou os produtores de petróleo a utilizar ou comercializar o gás associado.

No Cazaquistão, os recursos petrolíferos - incluindo o gás associado - são propriedade do Estado.<sup>69</sup> A propriedade pelo Estado proporciona um forte incentivo para que o governo garanta que o recurso seja utilizado de forma produtiva e não desperdiçado.

A Lei do Petróleo do Cazaquistão exige que as operadoras elaborem um plano para utilizar o gás associado antes de receberem autorização para construir novos projetos em campos petrolíferos. O órgão regulador deve aprovar esses planos antes que o projeto obtenha uma licença, e eles devem ser atualizados a cada três anos. A operadora também deve apresentar um relatório anual sobre a implementação do plano para utilização de gás.<sup>70</sup>

A lei do Cazaquistão prevê quatro opções para utilização do gás associado:

1. O gás pode ser queimado se for enquadrado em uma das exceções (por exemplo, queima de emergência para proteger a saúde e a segurança humanas, queima durante testes etc.).
2. O gás pode ser utilizado para os fins imediatos da operadora, como a queima para geração de energia no local.
3. O gás pode ser vendido a outro usuário para processamento e comercialização.
4. Se o processamento de gás bruto não for econômico, o gás pode ser reinjetado em um reservatório subterrâneo para armazenamento ou para manter a pressão do reservatório.<sup>71</sup>

A operadora deve apresentar um plano de captura e utilização de gás (que não inclua liberação e queima de rotina) para que um novo projeto seja aprovado. A lei autoriza o órgão regulador a trabalhar com operadoras de instalações existentes, a fim de estabelecer metas progressivas de captura e utilização com base na viabilidade econômica.

**O requisito de utilização pode ajudar a criar um mercado interno para o gás associado e incentivos para a instalação da infraestrutura necessária.** Como as empresas são obrigadas a buscar ativamente oportunidades de utilização, isso cria uma oportunidade de negócios para as empresas que podem utilizar esse gás de forma produtiva.

O Cazaquistão contou com a vantagem inicial de já ter uma infraestrutura de gás, incluindo gasodutos midstream, distribuição urbana e gasodutos de exportação, além de uma base de consumidores e clientes industriais existente. Assim, os produtores de petróleo poderiam transportar o gás por meio da infraestrutura existente para o mercado interno e de exportação. Outras características do regime regulatório, como restrições à queima de gás no Código Ambiental, incentivam a utilização do gás. O Cazaquistão também impõe penalidades monetárias por violações

dos requisitos de licenciamento. O foco do Cazaquistão em garantir que o gás associado possa chegar aos mercados consumidores, juntamente com essas restrições regulatórias, reduziu significativamente a queima.



## Recursos úteis sobre flaring e venting

Banco Mundial 2022: Análise comparativa das regulamentações para Flaring e Venting,

<https://flaringventingregulations.worldbank.org/summary-report>

Princípios orientadores para o metano, redução das emissões de metano:

Guia de melhores práticas — Flaring,

<https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/best-practice-guides/flaring>

Global Gas Flaring Reduction Partnership (parceria global para a redução da queima de gás), Oil and Gas Climate Initiative, Methane Guiding Principles (Princípios orientadores para o metano) e Methane Flaring Toolkit (Conjunto de ferramentas para queima de metano, <https://flaringmethanetoolkit.com>)

# 7. Normas de equipamentos e processos

## Principais conclusões

- O metano pode ser emitido a partir de equipamentos utilizados no setor de petróleo e gás como resultado do design ou das normas operacionais para esses equipamentos. Dessa forma, exigir que as operadoras adotem normas de equipamentos e processos é uma importante ferramenta regulatória para a redução de metano.
- As regulamentações de equipamentos e processos podem exigir que as empresas substituam equipamentos por alternativas com emissões mais baixas ou adotem procedimentos específicos que evitem ou limitem as emissões de metano.
- Há muitos exemplos de normas regulamentadoras para equipamentos e processos no setor de petróleo e gás. Tais regulamentações se aplicam a completações de poços e dispositivos pneumáticos, incluindo controladores de válvulas e bombas, compressores, tanques de armazenamento, desidratadores de glicol e descarga de líquidos.
- A regulamentação de novembro de 2022 na Nigéria mostra como um país está utilizando normas operacionais e de equipamentos como parte de seu plano de redução de metano.

As normas de equipamentos são os requisitos de design para tipos específicos de equipamentos no setor de petróleo e gás. As normas de processo, incluindo os procedimentos operacionais padrão, são requisitos para operar esses equipamentos ou realizar atividades específicas. O metano pode ser liberado dos equipamentos devido ao seu design e durante a operação regular. Por exemplo, quando uma operadora precisa realizar a manutenção de um equipamento como um separador de petróleo e gás, o procedimento operacional padrão pode ser liberar o gás pressurizado em seu interior para que os trabalhadores possam realizar a manutenção com segurança. A liberação emite metano.

As emissões de metano provenientes de equipamentos e processos podem ser significativas. Portanto, muitos governos adotaram regulamentações que exigem que os equipamentos sejam atualizados para versões mais recentes com menos ou nenhuma

emissão de metano. Muitos governos também adotaram regulamentações que exigem mudanças nas etapas dos procedimentos operacionais que podem reduzir as emissões em comparação com os procedimentos anteriores.

Melhores normas de equipamentos e processos podem ajudar a reduzir as emissões de metano, mesmo na ausência de dados robustos e medidos a partir de

fontes de emissões específicas. Dito isso, um bom inventário de fontes - mesmo baseado em fatores de emissão padrão - pode ajudar os órgãos reguladores a entender quais regulamentações terão o maior impacto e os possíveis custos para o setor com a implementação das normas.

## Como é uma regulamentação típica de equipamento ou processo

Os elementos específicos de uma norma para **emissões relacionadas a equipamentos** dependem da fonte específica das emissões. Tal regulamentação pode exigir que as empresas substituam um dispositivo conhecido por emitir metano por uma versão atualizada que emita menos ou nada, ou pode exigir que as empresas instalem novos equipamentos que colem as emissões.

Para **emissões relacionadas a processos**, normas prescritivas podem especificar alterações nos procedimentos que podem reduzir as emissões em comparação com os procedimentos operacionais padrão.

**Equipamentos/processos específicos.** Determinar em qual equipamento a regulamentação deve se concentrar é a questão mais importante ao elaborar normas de equipamentos. Os requisitos específicos de controle podem ser diferentes, dependendo da tecnologia predominante na jurisdição e das opções técnicas de redução disponíveis.

As regulamentações podem ter como alvo

- dispositivos pneumáticos, incluindo controladores de válvulas e bombas. Algumas partes do mundo podem se referir a isso como “utilização de gás instrumental”.
- Compressores.
- Tanques de armazenamento.
- Desidratadores de glicol.
- Descarga de líquidos.
- Completações de poços.

Os órgãos reguladores podem levar em conta os volumes de emissões de diferentes fontes e a viabilidade e os custos associados às opções de redução. Cada um desses fatores pode ser influenciado por características regionais ou locais, como topografia ou clima. Com frequência, os órgãos reguladores que buscam elaborar ou atualizar normas regulamentares de equipamentos e processos podem obter informações mais detalhadas sobre a natureza local dessas fontes com as partes interessadas.

Algumas regulamentações de equipamentos exigem controladores pneumáticos de vazamento zero, o que exige o uso de eletricidade (da rede elétrica ou painéis solares) ou de ar de instrumento em vez de gás natural. Essa especificidade pode proporcionar clareza e reduções previsíveis, mas pode não incentivar o uso de tecnologias que possam surgir posteriormente para reduzir as emissões a um grau equivalente a um custo semelhante ou inferior.

Outras regulamentações usam **normas de equipamentos baseados em desempenho**. Em vez de exigir um dispositivo específico, uma regulamentação pode listar o nível de desempenho exigido; por exemplo, um controlador pneumático que emita menos de 0,17 metro cúbico padrão por hora. Essa abordagem permite que a empresa escolha qualquer tecnologia que atenda às metas de desempenho, às vezes com economia de custos.

**Abrangência das fontes.** Conforme discutido anteriormente, o potencial de redução de metano e as curvas de custo podem ser

fatores importantes no desenho regulatório. As regulamentações podem fazer distinções entre fontes grandes e pequenas ou estabelecer outras distinções relacionadas ao custo ou à viabilidade da conformidade. Um período de implementação em fases pode dar às instalações existentes tempo para se ajustarem às normas imediatamente aplicáveis às novas fontes. Em algumas regulamentações, as fontes existentes podem solicitar uma isenção ou prorrogação do prazo com base em questões técnicas ou de custo.

**Monitoramento.** Outra questão fundamental é determinar as reduções de emissões atingidas por um requisito. Algumas regulamentações se baseiam exclusivamente nas especificações do fabricante: se o produto é projetado para emitir menos do que o limite na regulamentação,

então o requisito será cumprido. Em outros casos, a regulamentação exige testes periódicos do equipamento. Os testes de rotina proporcionam maior certeza em relação às emissões, com custos de implementação mais altos para o setor.

**Relatórios, certificação e auditoria.** Os requisitos de relatórios são importantes para monitorar a conformidade e podem contribuir para melhorar a conformidade, assegurando que as empresas saibam como está seu desempenho. Os relatórios são também a base da transparência para criar responsabilidade pública, o que, por sua vez, é um fator essencial para um melhor desempenho. Em alguns casos, a regulamentação exige que as empresas mantenham registros por um período específico, e o órgão regulador pode obter esses registros mediante solicitação. Os requisitos para envio eletrônico de alguns dos registros mais essenciais também podem ser valiosos, para que as empresas saibam que o governo tem acesso imediato a esses registros.

Algumas regulamentações exigem a certificação de terceiros por meio de uma auditoria. A certificação de terceiros aumenta a confiança de que uma empresa está cumprindo as normas sem exigir um grande aparato de garantia governamental, embora isso implique em custos adicionais para o setor regulamentado. Os programas de certificação de terceiros são mais eficazes quando os

terceiros são totalmente independentes das entidades que estão sendo auditadas; a designação aleatória de auditores é uma abordagem comprovadamente eficaz para uma verificação mais precisa.

## Exemplo: Normas regulamentadoras para equipamentos na Nigéria

A Nigéria adotou uma regulamentação em 2022 que estabeleceu normas específicas para várias classes de equipamentos utilizados em operações de petróleo e gás no segmento upstream, incluindo controladores pneumáticos, bombas pneumáticas, vedações de compressores centrífugos, compressores alternativos, desidratadores de glicol e tanques de armazenamento de líquidos.<sup>72</sup> A regulamentação da Nigéria é um bom exemplo da utilização de normas de equipamentos para reduzir as emissões de metano. Esta seção discute algumas dessas novas normas de equipamentos em detalhes:

### Tanque de armazenamento de líquidos

A seção 3.4.6 da regulamentação da Nigéria estabelece normas para tanques de armazenamento de líquidos.

**Equipamentos/processos alternativos.** A regulamentação da Nigéria exige que as operadoras implementem um sistema de recuperação de vapores ou um dispositivo de combustão (tocha) para tanques que atendam a um determinado limite de tamanho:

#### *1. Requisitos de controle*

*i. Para todos os tanques de armazenamento com teto fixo com potencial para emitir mais de 2 toneladas por ano de compostos orgânicos voláteis (COVs) devido a gás ventilado, perdas de trabalho e perdas por variações de temperatura, as operadoras devem redirecionar as emissões, incluindo todas as emissões de gás ventilado e devido a perdas de trabalho e perdas por variações de*

*temperatura, para um sistema de recuperação de vapor ou, em alguns casos, para um dispositivo de combustão.*<sup>73</sup>

As operadoras podem selecionar (1) um sistema de recuperação de vapor ou (2) um dispositivo de combustão. A inclusão de duas alternativas de conformidade dá às empresas a flexibilidade de escolher a solução mais adequada para uma circunstância específica.

Além disso, as operadoras devem avaliar seus sistemas de controle de poluição e assegurar que o sistema seja grande o suficiente para capturar as emissões associadas a vários processos de tanques diferentes.

*iv. Exigir que as operadoras de tanques controlados avaliem seus sistemas de controle de emissões de tanques e assegurem que cada sistema, conforme projetado, seja grande o suficiente para capturar todas as emissões potenciais (gás ventilado, perdas de trabalho e perdas por variações de temperatura) do tanque.*<sup>74</sup>

Separadamente, a regulamentação inclui práticas operacionais associadas a escotilhas e outros pontos de acesso utilizados para fins de inspeção ou medição de nível:

*iii. Proibir a liberação de emissões de hidrocarbonetos de escotilhas e outros pontos de acesso em tanques durante a operação normal.*

*a. A escotilha pode ser aberta para fins de medição, mas deve ser fechada imediatamente após a coleta da amostra.*

*b. Como alternativa, a operadora pode utilizar um sistema de medição automática ou um bocal para coletar amostras de hidrocarbonetos no tanque sem abrir a escotilha.*<sup>75</sup>

As operadoras podem cumprir essa regulamentação instalando sistemas de medição automática ou bocais para coletar amostras do tanque, mas não são obrigados a instalá-los. Se tais opções não forem instaladas, a operadora deverá fechar as escotilhas do tanque logo após a coleta de uma amostra. Essa opção oferece à operadora uma flexibilidade significativa, uma vez que a atualização do equipamento não é obrigatória.

**Abrangência das fontes.** A regulamentação nigeriana é aplicável a todos os tanques de teto fixo com potencial de emissão de mais de duas toneladas por ano de COVs, independentemente da idade dos tanques. No entanto, existe um cronograma de implementação em fases que exige que os controles sejam implementados mais cedo em tanques maiores:

*Implementados utilizando a fase seguinte em um cronograma (exceto no caso observado na seção 3.4.6, 1(ii)).*

*a. Tanques com COVs >12 tpa controlados até um ano após a implementação das diretrizes atuais.*

*b. Tanques com COVs de 6 a 12 tpa controlados até dois anos após a implementação das diretrizes atuais.*

*c. Tanques com COVs de 2 a 6 tpa controlados até três anos após a implementação das diretrizes atuais.<sup>76</sup>*

Separadamente, a regulamentação permite que as operadoras solicitem uma isenção se o uso de equipamentos de controle de poluição atmosférica for “tecnicamente inviável sem combustível suplementar”:

*ii. Os proprietários ou as operadoras de tanques de armazenamento para os quais o uso de equipamentos de controle de poluição atmosférica seria tecnicamente inviável sem combustível suplementar podem solicitar à NUPRC uma isenção dos requisitos de controle da Seção 3.4.6, 1(i). Tal solicitação deve incluir documentação que demonstre a inviabilidade dos equipamentos de controle de poluição atmosférica. A aplicabilidade dessa isenção não dispensa os proprietários ou as operadoras do cumprimento dos requisitos de monitoramento de tanques de armazenamento.<sup>77</sup>*

Essa isenção destina-se à situação em que a regulamentação seria excessivamente onerosa para as empresas devido à necessidade de transportar combustível suplementar para operar o equipamento de controle de poluição. A empresa deve solicitar especificamente uma isenção e apresentar a documentação comprobatória. A seção 2.iii estabelece que as operadoras devem realizar testes anuais nos

tanques isentos para avaliar se a isenção permanece justificada (veja abaixo).

**Monitoramento.** A regulamentação da Nigéria inclui um requisito específico de monitoramento para dispositivos de controle de tanques. Esse requisito exige que o tanque de armazenamento e os sistemas de recuperação de vapor associados sejam incluídos em atividades como inspeções auditivas, visuais e olfativas (AVO) e em programas LDAR instrumentados:

## *2. Monitoramento*

*i. Exigir inspeções visuais e AVO pelo menos trimestrais dos tanques de armazenamento de teto flutuante e teto fixo com emissões acima de 2 tpa e dispositivos de controle para garantir que as emissões estejam sendo direcionadas para unidades de controle e que as tochas estejam operando conforme projetado.*

*ii. Monitorar recipientes de armazenamento, pontos de acesso, sistemas de recuperação de vapor e combustores como parte do LDAR instrumentado.*

*iii. Todos os tanques (com emissão >2 tpa) que não empregam um sistema de recuperação de vapor devem realizar testes anuais de análise flash para esses tanques, a fim de estimar as emissões anuais de metano dos tanques e avaliar se a isenção na Seção 3.4.6, 1(ii) ainda é justificada.<sup>78</sup>*

**Relatórios, certificação e auditoria.** A regulamentação do tanque de armazenamento de líquidos exige que a operadora envie um relatório anual

demonstrando a conformidade. No entanto, os requisitos de manutenção de registros são relativamente limitados em comparação, sendo necessários apenas registros para inspeções visuais e AVO trimestrais.

## Controladores pneumáticos

A Seção 3.4.1 da regulamentação da Nigéria exige a substituição de dispositivos de alto vazamento por dispositivos de baixo vazamento ou vazamento zero, a modernização de dispositivos de alto vazamento e o aprimoramento das práticas de manutenção. Essas medidas podem reduzir as emissões e, em algumas circunstâncias, podem ter períodos de retorno curtos.

Em muitas instalações, a regulamentação proíbe que as operadoras utilizem um controlador pneumático a gás natural que libere o gás diretamente para a atmosfera:

*i. O requisito a seguir se aplica a todas as estações de compressão e plantas de processamento. Além disso, é aplicável a instalações de produção de poços com acesso a operadoras de rede elétrica e a todas as novas instalações de produção de poços construídas após a data de vigência desta norma:*

*A operadora não deve utilizar controladores pneumáticos a gás natural e, em vez disso, deve modernizar as instalações com controladores de vazamento zero, incluindo aqueles alimentados por eletricidade ou ar de instrumento, ou as emissões devem ser direcionadas para um sistema de recuperação de vapor que capture as emissões. Se não for viável capturar as emissões, as operadoras poderão usar uma tocha.<sup>79</sup>*

Embora a regulamentação da Nigéria exija controladores de vazamento zero, ela observa que as emissões podem ser direcionadas para um sistema de recuperação de vapor ou, como último recurso, queimadas. Isso permite que os controladores a gás natural continuem a ser utilizados em alguns casos, mas exige que o gás natural seja capturado ou controlado em última instância.

**Abrangência das fontes.** A regulamentação da Nigéria se aplica a todas as estações de compressão e usinas de processamento. Ela é aplicável apenas a novas construções e àquelas com acesso à rede elétrica existente para

instalações de produção de poços. Para as instalações de produção de poços existentes sem acesso à rede elétrica, a regulamentação prevê um período de implementação progressiva de 5 anos:

*ii. O seguinte é aplicável a instalações de produção de poços que não têm acesso a operadores de rede elétrica:*

*Período de implementação progressiva de 5 anos:*

*a. No prazo de um ano após a implementação das diretrizes atuais, a operadora deverá garantir que 25% desses controladores pneumáticos sejam controladores de vazamento zero (conforme definido na seção anterior) e que o restante seja de baixo vazamento (ou seja, emitam menos de 0,17 metro cúbico padrão por hora de gás natural).*

*b. No prazo de dois anos após a implementação das diretrizes atuais, a operadora deverá garantir que 65% desses controladores pneumáticos sejam controladores de vazamento zero (conforme definido na seção anterior) e que o restante seja de baixo vazamento (ou seja, emitam menos de 0,17 metro cúbico padrão por hora de gás natural).*

*c. No prazo de três anos após a implementação das diretrizes atuais, a operadora deverá garantir que 75% desses controladores pneumáticos sejam controladores de vazamento zero (conforme definido na seção anterior) e que o restante seja de baixo vazamento (ou seja, emitam menos de 0,17 metro cúbico padrão por hora de gás natural).*

*d. No prazo de quatro anos após a implementação das diretrizes atuais, a operadora deverá garantir que 85% desses controladores pneumáticos sejam controladores de vazamento zero (conforme definido na seção anterior) e que o restante seja de baixo vazamento (ou seja, emitam menos de 0,17 metro cúbico padrão por hora de gás natural).*

*e. No prazo de cinco anos após a implementação das diretrizes atuais, a operadora deverá garantir que todos os controladores pneumáticos*

*sejam controladores de vazamento zero (conforme definido na seção anterior).<sup>80</sup>*

A exigência de utilização de dispositivos de vazamento zero aumenta rapidamente de 25% para 65% em apenas dois anos e depois se aproxima de 100% nos próximos três anos. Como medida de segurança, as emissões dos controladores pneumáticos que não forem substituídos por dispositivos de vazamento zero são limitadas a menos de 0,17 metro cúbico padrão por hora. Essa disposição funciona como um **padrão de desempenho**, pois não exige um tipo ou modelo específico de controlador e deixa a critério da operadora a escolha de qualquer controlador que atenda ao padrão de desempenho.

**Monitoramento.** A regulamentação da Nigéria para controladores pneumáticos exige um teste anual e inspeções regulares:

## *2. Monitoramento*

*i. Enquanto a operadora tiver controladores pneumáticos a gás no local, eles deverão ser testados anualmente usando um método de medição direta (amostragem de alto volume, ensacamento, instrumento de medição de fluxo calibrado), e a operadora deverá reparar qualquer dispositivo com uma taxa de fluxo de emissões medida superior a 0,17 metros cúbicos padrão por hora no prazo de 14 dias a partir da data de detecção do vazamento.*

*ii. Todos os controladores intermitentes que liberem gás para a atmosfera devem ser monitorados com instrumentos durante qualquer inspeção realizada de acordo com os requisitos da Seção 3.2 para garantir que não ocorram emissões entre as atuações. Se ocorrerem emissões entre as atuações, o controlador deverá ser consertado ou substituído em 30 dias.<sup>81</sup>*

Para dispositivos de baixo vazamento, a regulamentação da Nigéria exige um teste anual utilizando medição direta para determinar se o fluxo excede o limite. Ela exige ainda que a operadora faça reparos imediatos se um problema for detectado.

**Relatórios, certificação e auditoria.** A regulamentação exige que cada operadora mantenha registros da taxa de vazamento ou do tipo de controlador pneumático por pelo menos cinco anos e apresente relatórios anuais demonstrando a conformidade. Isso permite que as autoridades nigerianas acompanhem a conformidade do operador por meio da análise dos relatórios.

# 8. Inventários

---

## Principais conclusões

- Os inventários de emissões são essenciais para compreender a magnitude relativa de diferentes fontes de emissões.
- A preparação de inventários de emissões é normalmente diferente das atividades que monitoram as emissões, embora recentemente tenha havido esforços para aproximar esses dois tipos de dados.
- Os inventários iniciais podem ser compilados utilizando cálculos baseados em fatores de emissão (multiplicando as atividades por fatores de emissão) sem medições de emissões reais. Essa etapa pode ser a mais apropriada para um órgão regulador que está construindo pela primeira vez um inventário de emissões de metano.
- Existe a ambição de avançar para inventários de metano baseados em medições, que podem incluir informações adicionais de monitoramento de fontes como satélites e aeronaves para melhorar as estimativas de emissões de metano.
- Há muitos recursos gratuitos disponíveis para ajudar os países a desenvolverem seus inventários e os respectivos programas de monitoramento, elaboração de relatórios e verificação.

Os governos elaboram inventários nacionais de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para monitorar e relatar as emissões de GEE, incluindo o metano, como parte do processo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (U.N. Framework Convention on Climate Change - UNFCCC). As diretrizes para a elaboração de relatórios da UNFCCC exigem o uso da orientação metodológica do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. As emissões de metano do setor de petróleo e gás são geralmente baseadas em fatores de emissão. O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) descreve níveis de práticas de elaboração de relatórios. A hierarquia metodológica em níveis do IPCC inclui métodos de estimativa mais simples baseados na produção ou no rendimento aplicados a taxas de emissão

regionais ou globais por unidade de produção ou rendimento (Nível 1), até metodologias em níveis mais elevados que usam informações específicas do país, incluindo o uso de dados ou modelos específicos do país ou da instalação (Nível 2 ou 3). Para alguns países, a mudança para os níveis mais elevados exigirá a coleta de dados adicionais para desenvolver estimativas de emissões mais refinadas. Esses dados adicionais incluirão

informações que também serão úteis para identificar oportunidades de redução de emissões e podem ajudar a monitorar as reduções de emissões de projetos concluídos. Por fim, a inclusão de estimativas robustas para esse setor nos inventários nacionais de gases de efeito estufa ajudará os países a incluírem as reduções de metano resultantes de políticas como contribuições contabilizáveis para o cumprimento de suas contribuições nacionalmente determinadas no âmbito do Acordo de Paris.

## **Inventários de emissões x Monitoramento**

Historicamente, os setores com emissões dispersas, incluindo agricultura, gestão de resíduos e petróleo e gás, têm elaborado inventários de emissões utilizando dados de atividades e fatores de emissão padrão. Os fatores de emissão estimam as emissões médias de uma atividade ou equipamento (ou seja, quilogramas de metano por hora por dispositivo pneumático) e geralmente são desenvolvidos com base em estudos acadêmicos ou campanhas de medição em campo.

Recentemente, estudos científicos que utilizam métodos de estimativa top-down, como medições de aeronaves, calcularam níveis de emissões mais altos do que as estimativas baseadas em fatores de emissão. A detecção de eventos superemissores - de menor probabilidade, mas com alta magnitude de emissão - pode ser responsável por parte da diferença.

As tecnologias para monitorar as emissões de metano das operações de petróleo e gás estão sendo cada vez mais utilizadas, muitas vezes como parte dos programas LDAR. Essas tecnologias são normalmente não quantitativas; elas determinam se houve um vazamento sem medir o volume de emissões. Embora a tecnologia evolua, a maioria das atividades de desenvolvimento de inventário de emissões permanece distinta das atividades de monitoramento. Cada vez mais, a tendência é alinhar as observações de monitoramento e as atividades de desenvolvimento de inventário de emissões. Para melhorar a utilidade dos dados monitorados de estudos top-down e a sua utilização para identificar áreas de melhoria nos inventários de emissões, é importante envolver-se desde o início para garantir que o projeto e o escopo do trabalho estejam alinhados e para garantir uma análise comparativa, quando aplicável.

## Dados necessários para os inventários de emissões

Grande parte das informações necessárias para a elaboração de inventários de emissões requer dados importantes fornecidos pelas operadoras. Os inventários nacionais compilam as emissões esperadas relatadas pelas operadoras ou a nível de ativos, às vezes complementadas com estimativas ou medições. Por exemplo, o Programa de Relato de Emissões de Gases de Efeito Estufa nos EUA (U.S. Greenhouse Gas Reporting Program, GHGRP) geralmente tem um limite de relatório de 25.000 toneladas de emissões de CO<sub>2</sub> equivalente por ano. O Inventário de Emissões e Sumidouros de Gases de Efeito Estufa nos EUA utiliza várias fontes de dados para quantificar as emissões e sumidouros nacionais, incluindo informações relatadas ao GHGRP, estudos de pesquisa e estatísticas nacionais

Os inventários são muitas vezes compilados a partir de estimativas geradas pela combinação de fatores de emissão com dados de atividades. Os fatores de emissão estimam as emissões médias de

uma atividade ou equipamento (ou seja, quilogramas de metano por hora por dispositivo pneumático) com base em estudos ou campanhas de medição em campo. Os dados de atividades podem incluir contagens de equipamentos (ou seja, o número de dispositivos pneumáticos) ou o monitoramento de dados auxiliares, como o uso de combustível. As abordagens baseadas em fatores de emissão destinam-se a abranger as emissões médias em uma ampla gama de ativos e, portanto, podem não corresponder precisamente às emissões de um único local. Em alguns casos, estimativas de engenharia para fontes específicas podem complementar as estimativas baseadas em fatores de emissão.

Uma crítica aos inventários de metano que se baseiam apenas em fatores de emissão é que eles podem não coletar informações sobre superemissores,

sejam eles decorrentes de condições normais de processo e operação (como manutenção ou descarga) ou de eventos não planejados (como rupturas de tubulações, falhas de equipamentos).

Atualmente, os governos e as operadoras que buscam melhorar as informações sobre as emissões de metano procuram passar de fatores simples (ou seja, baseados na produção ou no rendimento) para fatores de emissão específicos da fonte e para relatórios baseados em medições que utilizam fontes adicionais de informação, como monitoramento contínuo de emissões ou pesquisas periódicas aéreas ou por satélite.

## **Inventário de poços tamponados e abandonados**

As melhores práticas de inventário do IPCC incluem estimativas em nível nacional para poços existentes não utilizados, geralmente com base em fatores de emissão. Poços não utilizados podem emitir volumes significativos de metano e outras substâncias.<sup>82</sup> As emissões podem ser estimadas utilizando fatores de emissão e contagens de poços tamponados e não tamponados. Quando devidamente

tamponados, esses poços representam uma pequena fração das emissões em comparação com as fontes de emissão de operações ativas.

Poços órfãos são poços não tamponados sem um proprietário legal registrado. O encargo financeiro para tamponar esses poços é deixado para os governos e o público. Para evitar que os poços se tornem órfãos, as operadoras podem ser obrigadas a fornecer uma garantia financeira inicial na forma de um seguro suficiente para cobrir o custo de fechamento de um poço. Ter aplicativos robustos de transferência de ativos para rastrear a propriedade e a responsabilidade também é útil para evitar que os poços fiquem órfãos. Outra opção de política é financiar as agências para tamponar, cobrir e recuperar as terras associadas a poços órfãos como parte de uma estratégia de redução de metano.<sup>83</sup>

## Considerações sobre o design para o desenvolvimento de programas de geração de relatórios e inventários de emissões

Um programa de relatórios bem elaborado em nível de instalação ou de operadora pode servir como uma contribuição fundamental para o desenvolvimento de inventários de emissões em nível nacional e para análises de mitigação.

**Escopo dos relatórios.** Um ponto de decisão fundamental é decidir quais emissões de GEE incluir nos programas de relatórios em nível de instalação ou operadora e, portanto, nos inventários de emissões. Embora as fontes de emissões de dióxido de carbono e metano sejam diferentes, é útil incluir as duas em um programa de relatórios de petróleo e gás.

Uma segunda decisão importante é aplicar a mesma exigência de relatório a todas as operadoras. Alguns governos excluíram as operadoras menores devido ao custo de coletar e informar os dados

necessários. Entretanto, mesmo que as operadoras sejam pequenas, isso não significa que suas emissões sejam proporcionalmente menores do que as das grandes operadoras, especialmente porque as pequenas operadoras podem ter menos recursos financeiros para ações de mitigação.

**A exigência de utilização de metodologias específicas.** Ao desenvolver um programa de elaboração de relatórios pela primeira vez, um ponto de decisão importante é definir se todos os relatórios devem utilizar ou não a mesma metodologia para cada fonte identificada. A padronização permitiria uma comparação mais direta entre as diferentes operadoras em um país. Isso proporcionaria clareza metodológica para o relatório, mas quando existem normas concorrentes, também pode impor custos adicionais, especialmente para as operadoras internacionais.

**Transparência dos dados do inventário.** Embora os dados de emissão de GEE em nível nacional sejam normalmente divulgados como parte

dos processos de geração de relatórios da UNFCCC, nem todos os países divulgam publicamente os dados de empresas ou de ativos individuais. Essas informações podem ser valiosas para comparar as fontes de emissões e o desempenho entre as operadoras, e muitas partes interessadas têm pedido a ampla disponibilidade pública dessas informações. Os Estados Unidos, por exemplo, disponibilizam publicamente a maioria dos dados a nível de instalação.<sup>84</sup> Outro exemplo é a Autoridade de Transição do Mar do Norte (North Sea Transition Authority, NSTA), no Reino Unido, que desenvolveu um relatório de monitoramento de emissões e um painel de controle disponíveis publicamente em seu site.<sup>85</sup> Embora forneça tendências de emissões de GEE e parâmetros de comparação para a produção nacional, ele fornece apenas dados parcialmente desagregados com base no tipo e nos grupos de idade da infraestrutura, não por operadora individual.

**Inclusão de dados adicionais.** Em algumas circunstâncias, a coleta de dados e informações adicionais em programas de elaboração de relatórios em nível de instalação ou de operadora pode

ser útil para avaliar o desempenho de todas as operadoras e compreender as oportunidades para uma maior redução do metano. Por exemplo, contagens de poços, dados de produção ou rendimento e informações sobre o tipo de ativo podem ser úteis para entender o desempenho relativo de diferentes ativos e por que as emissões podem ser maiores ou menores para algumas operadoras.

**Verificação de dados por terceiros.** Algumas jurisdições exigem que prestadores de serviços terceirizados verifiquem as informações de emissões relatadas. Às vezes, o órgão regulador oferece treinamento ou certificação para a entidade verificadora e determina seus requisitos de treinamento ou qualificação. A verificação por terceiros pode aumentar os custos de desenvolvimento do inventário de GEE, principalmente em locais onde ainda não haja indivíduos treinados, e pode exigir mais tempo nos ciclos de elaboração de relatórios de emissões.

A certificação por terceiros não deve ser confundida com o desenvolvimento de inventários de emissões por terceiros, como o desenvolvimento inicial de inventários por consultores. Certas opções de políticas, como mercados de carbono ou programas de compensação, exigem a verificação de dados por terceiros.

**Fatores que contribuem para a incerteza.** A qualidade do inventário, os fatores de emissão e a tecnologia contribuem para a incerteza. Para jurisdições nas quais o relatório de emissão de metano é uma prática madura, existe a expectativa de que métodos e tecnologias continuarão a evoluir à medida que novas informações surgirem.

## Recursos disponíveis para auxiliar no desenvolvimento de inventários

Muitos governos e ONGs oferecem recursos ou serviços para estabelecer inventários de emissões de metano para apoiar programas governamentais de redução de emissões de metano, incluindo:

### **Coalizão Clima e Ar Limpo (CCAC)**

- A CCAC assessora diretamente os governos no desenvolvimento de inventários de metano e Planos de Ação para o Metano.<sup>86</sup> A CCAC “está pronta para se reunir individualmente com os países para discutir prioridades e necessidades e ajudar a desenvolver as estratégias mais eficientes de mitigação do metano”.

### **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC)**

- Diretrizes de relatório para os países compilarem e enviarem suas informações nacionais sobre GEE, incluindo análises sobre os principais setores.
- As emissões fugitivas no contexto da UNFCCC incluem a queima, a liberação e as emissões fugitivas de gases, conforme descrito neste manual.

### **Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC)**

- Estrutura metodológica e orientações para estimar as emissões nacionais de GEE.
- No Volume 2 sobre Energia, o Refinamento de 2019 das Diretrizes 2006 do IPCC para Inventários Nacionais de GEE inclui um capítulo sobre a estimativa de emissões fugitivas em diversos setores, incluindo sistemas de petróleo e gás.

### **Clean Air Task Force (CATF)**

- A Ferramenta Nacional de Redução de Metano<sup>87</sup> (Country Methane Abatement Tool) pode ajudar os países a identificar oportunidades de redução de metano usando diferentes níveis de informação disponível, desde oportunidades genéricas que normalmente existem até recomendações mais detalhadas quando há informações mais específicas disponíveis.

### **Agência de Proteção ao Meio Ambiente (EPA)**

- O Programa de Relato de Emissões de Gases de Efeito Estufa nos EUA (U.S. Greenhouse Gas Reporting Program, GHGRP)<sup>88</sup> tem metodologias definidas por regulamentação e formulários<sup>89</sup> de relatórios disponíveis ao público para o cálculo de metano e dióxido de carbono em instalações de petróleo e gás.
- Isso inclui metodologias personalizadas e abordagens de cálculo para fontes onshore, offshore, midstream e downstream dentro da cadeia de valor.
- A EPA dos EUA tem feito atualizações periódicas na metodologia para esse setor. Isso pode ser benéfico para alguns países que acompanham os fatores e métodos de emissão mais recentes, ou um desafio, se os países vincularem suas regulamentações a uma metodologia em constante evolução sobre a qual não têm controle.

**Índice do clima do petróleo mais gás (Oil Climate Index plus Gas), do Rocky Mountain Institute**

- Modelo desenvolvido pelos principais especialistas do Rocky Mountain Institute, essa ferramenta “revela o tamanho, o escopo e a natureza do problema do metano ao quantificar e comparar as emissões de gases de efeito estufa de mais de dois terços das reservas mundiais de petróleo e gás”.

**Parceria de Petróleo e Gás Metano 2.0 (OGMP 2.0)<sup>90</sup>**

- Oferece abordagens de estimativa de emissões específicas por fonte que abrangem fatores de emissão (definidos como Nível 3 no programa), cálculos de engenharia mais detalhados ou medições específicas da fonte (Nível 4 no programa) e reconciliação com informações derivadas de campo (Nível 5 no programa).
- O programa está sob a responsabilidade do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e inclui uma análise dos dados enviados pelos contratados do PNUMA para as empresas inscritas no programa.
- Entre os elementos positivos desse programa estão a **participação** global, a padronização e o aprendizado com os outros em relação à melhoria dos relatórios.

## **Parceria de Petróleo e Gás Metano 2.0 (OGMP 2.0)<sup>91</sup>**

- Do ponto de vista de um país, a confiança no processo OGMP 2.0 completo pode ter desvantagens em relação à quantidade de dados disponíveis para os órgãos reguladores (atualmente, apenas as informações totais globais em nível de empresa são divulgadas e os dados em nível de ativos são considerados proprietários) e à prontidão da disponibilização dos dados, que deve ocorrer pelo menos nove meses após essa disponibilização.
- O OGMP 2.0 planeja fazer atualizações periódicas na metodologia para esse setor. Isso pode ser benéfico para alguns países que acompanham os fatores e métodos de emissão mais recentes, ou um desafio, se os países vincularem suas regulamentações a uma metodologia em constante evolução sobre a qual não têm controle.
- Para as empresas estatais (NOCs) e as multinacionais, o uso do OGMP 2.0 pode representar oportunidades de eficiência para aqueles que já estão se gerando relatórios no âmbito do programa ou desafios de conformidade para as operadoras que ainda não aderiram.

## Limites de carbono

- Uma ferramenta on-line e um sistema de armazenamento de dados conhecido como MIST<sup>92</sup> fornecem instruções passo a passo para o desenvolvimento de inventários de emissões de metano com diferentes níveis de informações disponíveis.
- Atualmente, a ferramenta foi desenvolvida para 28 fontes de metano no segmento upstream do setor de petróleo e gás com base em fontes de financiamento filantrópico e apoio financeiro do setor por meio da Oil and Gas Climate Initiative (OGCI) e dos Princípios orientadores para o metano (Methane Guiding Principles, MGP).
- A ferramenta é atualmente gratuita para que as operadoras desenvolvam seus inventários de emissões e pode ser um bom ponto de partida para os países que não têm tais ferramentas atuais.
- Tal como acontece com qualquer software não comercial, pode haver desvantagens relacionadas à falta de controle de longo prazo sobre o sistema de registro de informações de GEE e o modelo de financiamento de longo prazo para o produto e os serviços.

## Instituto Americano de Petróleo (American Petroleum Institute, API)

- Compêndio de metodologias de emissão de GEE do setor de petróleo<sup>93</sup> e gás, que inclui fontes potenciais e metodologias de estimativa disponíveis.
- Pode complementar outras metodologias, especialmente para fontes de emissão exclusivas que não estão bem caracterizadas em outros programas.

## MiQ

- Fornece uma estrutura independente para avaliar as emissões de metano da produção de gás natural, para certificação.
- É uma fonte de normas técnicas para cada segmento da cadeia de suprimento de gás natural.

## Tecnologias para monitoramento

A evolução da tecnologia de monitoramento para detectar e medir as emissões de metano será amplamente discutida no *Capítulo 9: Monitoramento*. Com o tempo, essa evolução tecnológica pode permitir opções adicionais para que as agências reguladoras rastreiem e verifiquem as emissões de metano do setor de petróleo e gás e forneçam informações às operadoras para apoiar reduções mais significativas nas emissões.

Os custos e benefícios das opções descritas na *Figura 8.1* variam. Intervenções de baixo custo, como a utilização de dados de satélite disponíveis ao público, podem formar a base de tal programa no curto prazo. Opções adicionais às vezes exigem gastos com recursos do governo para contratar fornecedores de tecnologia terceirizados para serviços de monitoramento aéreo ou móvel, ou para instalar redes de monitoramento fixas perto de instalações importantes. As abordagens não são mutuamente exclusivas, e um programa baseado em satélite pode acrescentar outros elementos, como monitoramento aéreo, móvel ou contínuo, à medida que tal programa amadurece.

### Sequência de monitoramento



Figura 8.1: Ferramentas de monitoramento remoto de metano.

# 9. Monitoramento

---

## Principais conclusões

- Existem muitas tecnologias de monitoramento disponíveis no mercado atualmente, e novas tecnologias estão sendo desenvolvidas. No entanto, todas essas tecnologias têm limitações diferentes e casos de uso ideais.
- Hoje, a maioria das regulamentações de detecção e reparo de vazamentos utiliza uma abordagem prescritiva com base em tecnologias de monitoramento por instrumentos.
- As regulamentações atuais podem incluir requisitos que melhoram os dados e os relatórios, o que pode estabelecer as bases para o futuro.
- Os governos podem tirar proveito de diferentes recursos de organizações internacionais e não governamentais para melhorar o monitoramento, incluindo levantamentos aéreos únicos e monitoramento por satélite.

## Tecnologias para monitoramento disponíveis

Os programas de monitoramento fornecem informações sobre onde e por que as emissões podem ocorrer e como evitá-las ou preveni-las. Atualmente, há uma grande variedade de tecnologias para as operadoras no mercado, e novas tecnologias estão sendo comercializadas e desenvolvidas. As tecnologias de monitoramento mais tradicionais envolvem a detecção ao nível da fonte por meio de instrumentos, enquanto as tecnologias novas e emergentes permitem o sensoriamento aéreo e o monitoramento contínuo. Os programas de monitoramento mais eficazes incorporam várias tecnologias para melhorar a detecção de vazamentos e a atribuição das fontes.

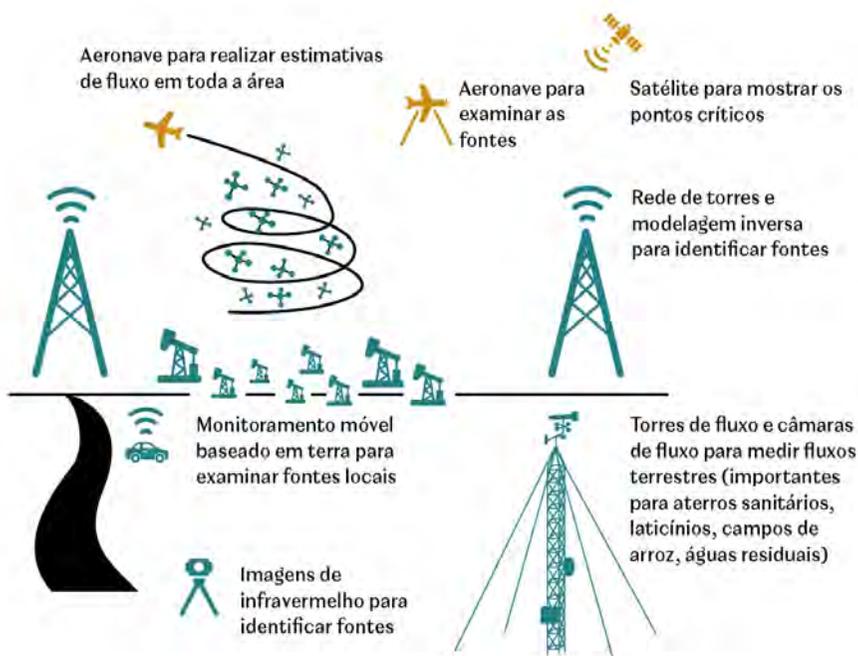


Figura 9.1: Conceito de sistema de observação de metano em níveis.<sup>94</sup>

**Instrumentos de detecção mais comuns.** Os programas tradicionais de detecção e reparo de vazamentos no setor de petróleo e gás geralmente são baseados em imageamento óptico de gás (OGI) ou no uso de levantamentos com farejadores para o Método 21 da EPA. O OGI envolve um operador treinado com uma câmera infravermelha que observa possíveis pontos de vazamento, como válvulas ou flanges dentro de uma instalação, para determinar se há um vazamento. O levantamento com farejadores para o Método 21 da EPA envolve um operador que faz leituras de detecção em cada interface de vazamento em potencial. Uma leitura acima de um limite especificado, como 500 ppm, indicaria um vazamento. Tanto o OGI quanto o Método 21 exigem muita mão de obra e treinamento especializado para serem implementados.

**Tecnologias emergentes e avançadas.** Avanços recentes expandiram os tipos de tecnologias disponíveis para detecção e medição de emissões de metano. Essas tecnologias

avançadas incluem (1) sensores que examinam vários locais em busca de emissões de metano e que podem ser instalados em satélites, aviões, drones ou veículos e (2) sensores que são instalados permanentemente em um único local para fornecer um monitoramento mais contínuo da concentração de metano. Há vantagens e desvantagens em cada tipo de abordagem. Alguns métodos exigirão atividades de acompanhamento por parte de um operador para identificar a causa de uma detecção de metano e prescrever as etapas de reparo.

**Monitoramento e digitalização contínuos de processos.**

Embora ainda esteja em seus estágios iniciais, a combinação de sensores de monitoramento contínuo com a digitalização dos sistemas de controle de processos da operadora mostra grande potencial para futuras reduções. Combinando esses dados, é possível vincular dados em tempo real de metano a informações sobre atividades do processo e ajudar a identificar eventos de emissões associados a falhas no processo ou problemas de manutenção.<sup>95</sup>

**Abordagens em níveis.** A combinação de diferentes tipos de tecnologias de monitoramento, incluindo inspeções regulares por instrumentos, inspeções aéreas e por satélite e monitoramento contínuo, pode aumentar muito a capacidade das operadoras de detectar, mitigar e evitar emissões. Tecnologias diferentes são mais eficazes na detecção de vários tipos de emissões. Assim, um sistema de monitoramento em níveis aproveita os recursos complementares de diferentes métodos e evita algumas das limitações individuais de cada tecnologia.



## Estudo de caso: Monitoramento de emissões em escala por meio de aeronaves

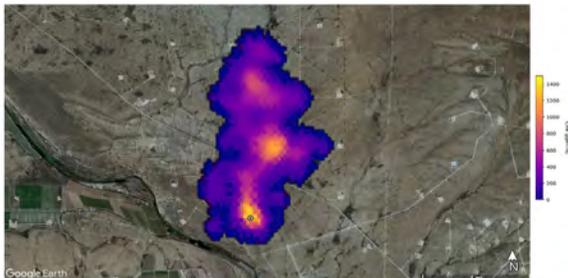
Em alguns países, o setor de petróleo e gás dispõe de muitas instalações e está geograficamente disperso. O rastreamento de metano baseado em aeronaves pode cobrir áreas na escala de centenas ou milhares de instalações por dia e está sendo cada vez mais adotado pelas operadoras. Existem diferenças de desempenho entre as diferentes tecnologias, com limites de detecção de metano que variam de 3 a 50 kg/h e precisão de geolocalização variando do nível do equipamento ao nível do local para emissões detectadas. As tecnologias baseadas em aeronaves podem permitir a identificação relativamente rápida das principais fontes de emissão em áreas geográficas amplas. No entanto, existem contrapartidas entre os fornecedores entre o número de locais cobertos e os níveis de detecção.

Os fornecedores podem precisar de vários clientes âncora para justificar os custos de uma campanha de monitoramento e a permissão das autoridades de aviação competentes para autorizar voos em novas regiões. Em terra, as operadoras geralmente precisam estar preparadas para fazer o acompanhamento das emissões detectadas com uma solução de confirmação, como o OGI ou outros tipos de informações operacionais para compreender as fontes detectadas e as opções de mitigação disponíveis.

Tabela 9.1: Amostras de detecção de diferentes tecnologias de monitoramento.

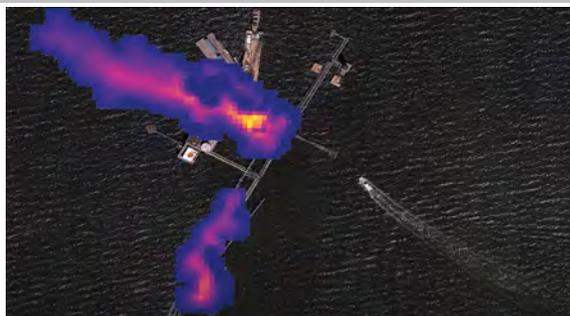
### Monitoramento episódico

Satélite



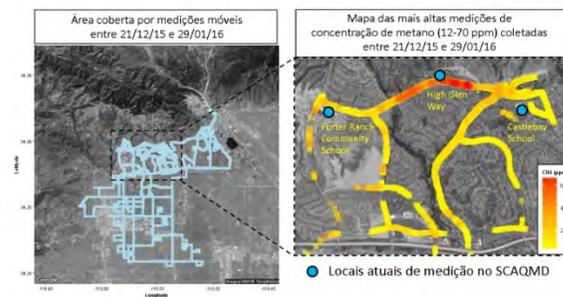
Fonte: NASA/JPL-CalTech

Aéreo



Fonte: Carbon Mapper

Móvel



Fonte: South Coast Air Quality Management District, Estado da Califórnia<sup>96</sup>

## Monitoramento episódico

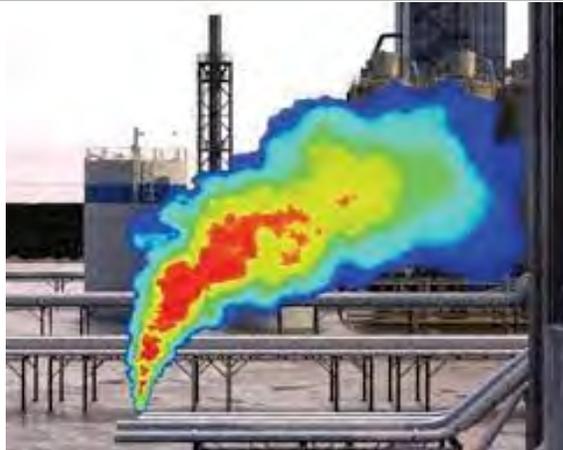
Câmera de mão



Fonte: U.S. EPA<sup>97</sup>

## Monitoramento contínuo

Câmera fixa



Fonte: Honeywell

Sensores fixos



Fonte: Honeywell<sup>98</sup>

## Necessidade de monitoramento para apoiar arcabouços jurídicos

Conforme discutido em mais detalhes no *Capítulo 5: Detecção e Reparo de Vazamentos*, a maioria das regulamentações atuais para programas LDAR adotou uma abordagem prescritiva que exige o monitoramento por instrumentos, mas geralmente não requer medição ativa. Por exemplo, o LDAR requer tecnologias de detecção como câmeras de OGI ou o Método 21 da EPA. No entanto, geralmente não exige tecnologia que possa quantificar o tamanho dos vazamentos detectados.

As regulamentações baseadas em desempenho e economia geralmente exigem um regime robusto de medição e relatórios baseado em monitoramento e medição ativos. Embora as medidas econômicas sejam comuns no campo ambiental em geral, apenas algumas delas abrangem o metano. A Lei de Redução da Inflação dos EUA<sup>99</sup> de 2022 estabelece uma taxa sobre as emissões de metano que excedam um limite de intensidade para determinados segmentos do setor de petróleo e gás. Também existem exemplos limitados da incorporação do metano em esquemas de precificação de GEE. A Noruega aplicou um imposto sobre as emissões de CO<sub>2</sub> e metano às emissões<sup>100</sup> offshore de petróleo e gás. Os projetos de redução de metano também são elegíveis para créditos de carbono em algumas circunstâncias, incluindo no sistema de cap-and-trade da Califórnia e em alguns projetos certificados de acordo com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto.

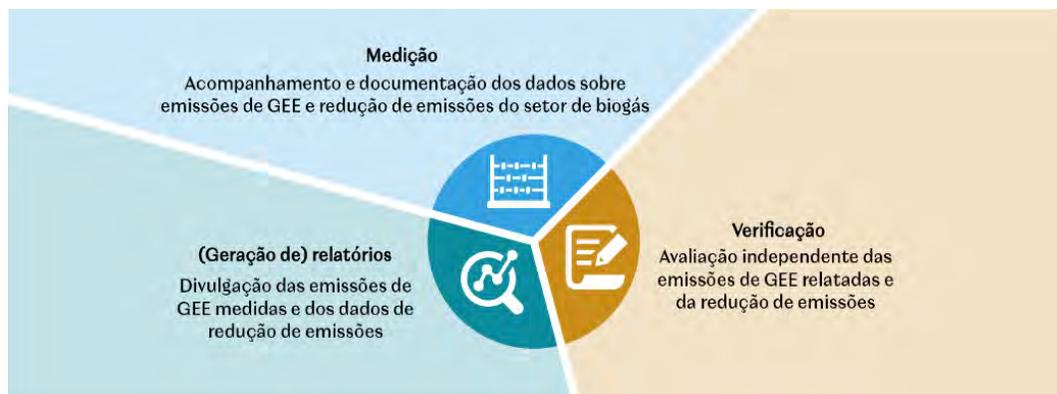
Algumas disposições econômicas ou de desempenho são baseadas em medidas substitutas que estão aparentemente correlacionadas com as emissões. O estado de Massachusetts emitiu uma regulamentação para reduzir as emissões de metano das linhas de distribuição de gás por meio de requisitos de desempenho para cada empresa, com emissões estimadas de acordo com fatores de emissões para diferentes materiais de dutos especificados na lei.<sup>101</sup>

Com a rápida melhoria das tecnologias, os órgãos reguladores devem avaliar se as medidas regulatórias atuais incluem requisitos que irão

melhorar os dados e os relatórios, o que pode estabelecer as bases para regulamentações econômicas ou baseadas em desempenho mais eficientes.<sup>102</sup>

## Considerações sobre protocolos de monitoramento, relato e verificação

Monitoramento, Relato e Verificação costumam ser agrupados como “MRV”, mas cada um deles tem seu próprio significado. Monitoramento é a geração de dados por meio da medição de emissões. Relato é a divulgação desses dados. Verificação é a avaliação independente desses dados de emissões. A Iniciativa Global para o Metano (Global Methane Initiative, GMI) tem um excelente resumo de MRV (que eles chamam de Medição, Relatórios e Verificação), incluindo o seguinte infográfico:<sup>103</sup>



**Perfis de custo.** As tecnologias que oferecem rastreamento periódico das emissões tendem a ter perfis de custo diferentes. As inspeções com câmeras de OGI e drones geralmente têm um componente de custo operacional e de capital que as operadoras devem pagar. Ao mesmo tempo, as opções de aeronaves e satélites comerciais normalmente operam com base em taxas de serviço por

local, com todos os custos incorporados à taxa de serviço. As tecnologias que podem ser instaladas de forma permanente, mas que fornecem monitoramento quase contínuo (por exemplo, câmeras), podem exigir um investimento de capital inicial da empresa.

**Eficácia.** A frequência das inspeções (anual, trimestral etc.) influencia o potencial de redução de emissões de um programa LDAR. Além disso, as inspeções LDAR são úteis principalmente para detectar emissões associadas a equipamentos defeituosos ou com mau funcionamento. Mesmo inspeções frequentes de detecção de vazamentos podem não detectar liberações relacionadas a falhas no processo. Embora as tecnologias não estejam tão amplamente implementadas, o monitoramento contínuo pode ser mais eficaz na detecção desses tipos de eventos de emissões.

**Barreiras regulatórias.** Alguns países proibiram de drones para fins privados e a utilização não governamental de imagens de satélite ou estabeleceram zonas de exclusão aérea em torno de infraestruturas críticas. Essas leis podem impedir a utilização de certas tecnologias para detectar emissões de metano, limitando o número de opções de detecção disponíveis para as operadoras e desestimulando a implantação de novas tecnologias.

**Requisitos de treinamento.** Certas tecnologias de monitoramento exigem treinamento e experiência especializados para serem operadas. Estudos demonstraram que a experiência é fundamental para a capacidade de um técnico detectar vazamentos ao realizar uma campanha de LDAR.<sup>104</sup>

**Autonomia do inspetor.** Alguns programas LDAR permitem que a operadora decida entre utilizar uma equipe interna ou uma empresa contratada para realizar a inspeção. Algumas partes interessadas acreditam que os inspetores independentes da operadora terão mais incentivo para encontrar e documentar vazamentos do que alguém da própria empresa que esteja ciente dos custos de reparo.

## Suporte disponível para governos

Há muitas organizações disponíveis para dar suporte aos governos na detecção e estimativa dos níveis de emissões utilizando várias opções tecnológicas.

O Methane Science Program da CCAC pode fornecer estudos pontuais de regiões de petróleo e gás usando levantamentos aéreos coordenados pelo Fundo de Defesa Ambiental (Environmental Defense Fund). Normalmente, esse programa fornece uma imagem instantânea das taxas totais de emissão em uma região de interesse ao longo de alguns dias. No entanto, ele pode não fornecer as informações necessárias para compreender por que as emissões diferem das expectativas.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) utiliza o Sistema de Alerta e Resposta ao Metano (Methane Alert and Response System, MARS) para coletar grandes detecções de metano de satélites públicos existentes que podem detectar superemissores muito grandes. Atualmente, a tecnologia de satélites pode cobrir melhor as regiões<sup>105</sup> planas e de latitude média onshore do que os ativos offshore ou aqueles em regiões equatoriais ou polares.

As próximas missões de satélite com financiamento filantrópico, lideradas pelo Fundo de Defesa Ambiental (MethaneSAT) e pela Carbon Mapper, podem aumentar o número de satélites de código aberto que monitoram as emissões de metano das principais regiões (aumentando a frequência de observação) e melhorar a granularidade espacial, os limites de detecção e a capacidade de monitorar ativos offshore. Os dados desses satélites serão disponibilizados publicamente em portais da Internet para uso por diferentes partes interessadas.



## Estudo de caso: Sistema de Alerta e Resposta ao Metano (MARS)

O Observatório Internacional de Emissões de Metano (IMEO) do PNUMA lançou o Sistema de Alerta e Resposta ao Metano (MARS), o primeiro sistema global que fornece dados acionáveis e transparentes sobre as emissões de metano a partir de satélites quase em tempo real. O MARS foi projetado para acelerar as reduções de emissões de metano (inclusive em apoio ao Compromisso Global do Metano), detectando grandes fontes de emissões antropogênicas de metano usando dados de satélite, notificando as partes interessadas relevantes, avaliando e mitigando eventos de emissões individuais e rastreando eventos, incluindo o compartilhamento público de dados.

O MARS utiliza dados de satélite de última geração para identificar rapidamente os principais eventos de emissões, notificar e envolver países e operadoras, apoiar a mitigação e acompanhar o progresso ao longo do tempo. Embora o modelo operacional completo ainda esteja em desenvolvimento, no momento da elaboração deste manual, a fase inicial do MARS se concentra na detecção e atribuição de eventos de emissões específicas no setor de energia e, em seguida, trabalhará para identificar e notificar as partes interessadas relevantes entre os contatos governamentais e as empresas que aderiram à Parceria de Petróleo e Gás Metano 2.0 (OGMP 2.0) do IMEO. Os países podem designar um ponto de contato para receber notificações do PNUMA que incluam informações relevantes para possibilitar a mitigação e devem compartilhar qualquer informação sobre as ações tomadas. Quando estiver totalmente operacional, o PNUMA pretende disponibilizar publicamente os dados e análises de detecções específicas por meio do MARS e a resposta do governo e das operadoras entre 45 e 75 dias após a detecção. O impacto final do programa MARS pode depender do financiamento disponível para observações contínuas por satélite e o fornecimento de informações acionáveis para orientar a notificação, a avaliação e a mitigação de superemissores.



## Recursos úteis

O Observatório Internacional de Emissões de Metano (IMEO)

<https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/methane/imeo-action>

Programa da ONU que “catalisa a coleta, reconciliação e integração de dados empíricos de emissões de metano quase em tempo real, para proporcionar transparência climática sem precedentes e as informações necessárias para reduzir esse poderoso gás de efeito estufa”.

Carbon Mapper

<https://carbonmapper.org/>

O Carbon Mapper é uma iniciativa sem fins lucrativos, em parceria com o estado da Califórnia e o Laboratório de Propulsão a Jato da NASA, que trabalha para “oferecer um serviço rápido de detecção de vazamento de metano para operadoras e órgãos reguladores de instalações” por meio de tecnologia de sensoriamento remoto. Eles planejam lançar dois satélites em 2023 para oferecer amplo acesso a esses dados.

MethaneSAT

<https://www.methanesat.org/>

Essa iniciativa do Fundo de Defesa Ambiental planeja lançar um satélite no início de 2024. Eles prometem identificar grandes plumas de metano “praticamente em qualquer lugar da Terra”, observando que “a redução das emissões de metano do petróleo e do gás é a maneira mais rápida e impactante de desacelerar a taxa de aquecimento hoje”.



### Climate Trace

<https://climatetrace.org/>

Essa parceria fornece dados abertos e gratuitos sobre emissões conhecidas e estimadas, incluindo metano. Ela oferece às jurisdições uma noção imediata, porém geral, do seu perfil de emissões de metano.

### NASA EMIT

<https://earth.jpl.nasa.gov/emit/data/data-portal/Greenhouse-Gases/>

Utilizando um instrumento instalado na Estação Espacial Internacional, a NASA mapeia grandes nuvens de metano com cobertura global limitada. Tal ferramenta pode identificar algumas plumas em uma jurisdição, mas não é exaustiva nem atualizada com frequência.

### TROPOMI

<http://www.tropomi.eu/data-products/methane>

O TROPOMI é um instrumento a bordo do satélite Copernicus Sentinel-5 Precursor, encomendado pela Agência Espacial Europeia, que fornece dados sobre metano.

Satellite Point Source Emissions Completeness Tool (SPECT) (Rocky Mountain Institute)

<https://rmi.org/clean-energy-101-methane-detecting-satellites/>

A ferramenta SPECT foi projetada para ajudar os usuários a comparar satélites quanto à integridade em relação à "identificação e rastreamento de superemissores de metano".

Iniciativa Global para o Metano 2023: Recursos do setor de petróleo e gás.

<https://www.globalmethane.org/oil-gas/index.aspx>

Muitas tecnologias emergentes oferecem diferentes tipos de detecção de emissões. Diversos recursos, incluindo a GTI Energy,<sup>106</sup> a colaboração de membros da IPIECA, da OGCI e da IOGP,<sup>107</sup> bem como experiências específicas de empresas (como a Chevron)<sup>108</sup> fornecem informações sobre os tipos de tecnologias disponíveis e suas contrapartidas.

# 10. Garantia de conformidade

---

## Principais conclusões

- Os sistemas de conformidade regulatória para os requisitos de redução de metano podem incluir penalidades e recompensas.
- Tais sistemas também podem incluir os tipos de estruturas de monitoramento, de relatórios e de responsabilidade pública para tornar o desempenho das operadoras mais autoaplicável, de modo que os órgãos reguladores não precisem depender apenas da fiscalização.
- Portanto, ao elaborar um programa de conformidade regulatória, os órgãos reguladores podem recorrer a muitas opções.
- As ações de fiscalização promovem a conformidade e a igualdade de condições ao oferecer uma ameaça plausível de fiscalização para as infrações; os programas de transparência baseados no monitoramento e nos relatórios exigidos desempenham uma função semelhante.

As abordagens tradicionais para a conformidade regulatória podem incluir penalidades como forma de dissuasão contra infrações e incentivos para recompensar aqueles que cumprem as exigências regulatórias. O modelo “stick-and-carrot” (penalidades e incentivos) é uma abordagem que os órgãos reguladores podem adotar ao projetar e implementar programas de conformidade.

A eficácia das penalidades e dos incentivos está intimamente ligada à solidez do regime de fiscalização subjacente às regulamentações. Se a fiscalização for consistente e previsível, as operadoras tenderão a tomar medidas que mantenham a conformidade e evitarão aquelas que desencadeiam infrações. Também pode acontecer do número de possíveis fontes de metano supere em muito os recursos de fiscalização disponíveis; portanto, programas eficazes de redução de metano não devem depender apenas da imposição legal. Os órgãos reguladores podem incentivar as operadoras a reduzir as emissões por meio de regras que exijam monitoramento, relatórios eletrônicos, uso de capacidade de monitoramento de terceiros para identificar

grandes eventos de emissões, responsabilidade pública, uso de automação sempre que possível e equipamentos à prova de falhas.

-  **Conscientização e promoção da conformidade**
-  **Auditorias ou certificações de terceiros**
-  **Requisitos de notificação**
-  **Requisitos de relatórios e registros**
-  **Verificação da conformidade; por exemplo, por meio de inspeções, levantamentos na linha de vedação, sensoriamento remoto**
-  **Aplicação de penalidades por violações.**

Figura 10.1: Ícones que representam atividades de conformidade para redução de metano.

## Comunicação de expectativas

Um aspecto crítico de um regime de conformidade eficaz é a clareza e a amplitude das iniciativas do órgão regulador junto aos agentes regulados no mercado.

Para maior clareza, os órgãos reguladores podem adotar uma abordagem multinível, em que os requisitos detalhados são estabelecidos na regulamentação, orientações operacionais sobre a implementação da regulamentação é compartilhada por meio de diretrizes e explicações adicionais são compartilhadas por meio da mídia, treinamento e aprendizagem entre pares.

A amplitude da campanha de divulgação dos órgãos reguladores deve procurar atingir não apenas os principais agentes do setor de petróleo e gás, como as operadoras de campo e de instalações, mas também outros agentes críticos, como subcontratadas, serviços de monitoramento, empresas de auditoria e contabilidade etc. Ao buscar uma compreensão ampla dos requisitos regulatórios em todo o setor, além de regras que

forcem os que apresentam mau desempenho a enfrentar o escrutínio e a responsabilidade pública, o órgão regulador pode estabelecer uma cultura de conformidade que se autorreforce, em que os agentes incentivem uns aos outros a agir de maneira apropriada.

## Verificação da conformidade

A detecção de infrações é um componente essencial dos sistemas eficazes de garantia de conformidade. Além da fiscalização, as regulamentações podem estabelecer critérios de autorregulação para as empresas. Uma regulamentação para redução de metano também pode incluir um processo de participação pública. Entretanto, há opções para determinar as funções do governo nacional, de um governo regional/local ou de uma entidade privada subcontratada que esteja realizando a supervisão. Uma autoridade clara para tais atividades pode gerar maior certeza e reduzir o risco de litígios.

### Incentivo à autorregulação

Embora possa parecer contraditório, a experiência em muitos mercados em todo o mundo mostrou que as empresas podem responder de forma positiva a incentivos que as encorajem a reconhecer voluntariamente seus erros. Por exemplo, os órgãos reguladores podem se comprometer a penalizar as infrações que tenham sido identificadas, prontamente relatadas e rapidamente corrigidas pelas empresas de forma menos severa do que as infrações não relatadas.<sup>109</sup> Operadoras com um bom histórico de conformidade podem receber tratamento fiscal favorável, créditos de carbono ou aumentos de preços. Além de transferir alguns custos de supervisão para as empresas, tais estratégias incentivam as operadoras a

agirem rapidamente para limitar o impacto das infrações em vez de esperar pela intervenção regulatória.

### **Estratégias de conformidade e monitoramento**

Existem muitas abordagens de monitoramento para regulamentações de metano. Um programa eficaz pode utilizar todas elas.

**Automonitoramento.** A exigência de que as empresas monitorem suas próprias emissões atinge dois objetivos ao mesmo tempo: as empresas sabem quais são suas emissões (um primeiro passo para corrigi-las) e sabem que o governo (e o público) também está ciente das emissões.

A **inspeção** deve ser entendida como a ação do governo para verificar a conformidade. A regulamentação pode estabelecer requisitos de inspeção, como a verificação dos registros de certificação, a coleta de amostras e a interação com o pessoal da empresa, para determinar a conformidade. Como o número de fontes geralmente é muito maior do que o governo pode inspecionar, as inspeções devem se concentrar nas fontes indicadas pelos dados como piores infratoras.

**Monitoramento de emissões por terceiros.** Atualmente, há muitas empresas capazes de monitorar as emissões de metano por meio de satélites e sobrevoos, chamando a atenção necessária para os maiores eventos de emissões. Os governos podem tirar proveito desse conhecimento incorporando os dados de terceiros em programas governamentais. Se terceiros identificarem os grandes eventos de emissões e o governo exigir que as empresas tomem medidas para corrigi-los, a capacidade externa poderá se unir à autoridade governamental para reduzir as grandes emissões.

As **auditorias de terceiros** (diferentes do monitoramento de emissões de terceiros discutido acima) empregam organizações ou especialistas independentes para avaliar a precisão das informações fornecidas pelas operadoras de petróleo e gás ao órgão regulador. Esse tipo de suporte pode ser vantajoso quando um órgão regulador nacional não tiver estabelecido sua própria capacidade de auditoria.

Entretanto, o órgão regulador ainda precisa gerenciar a certificação e garantir a autonomia desses auditores terceirizados. Por exemplo, os auditores terceirizados devem ser avaliados quanto a possíveis conflitos de interesse e ter a competência necessária para realizar auditorias de conformidade ambiental. Uma opção comprovada para aumentar a autonomia e, portanto, a precisão das auditorias de terceiros é designar auditores aleatoriamente de um grupo aprovado. É importante destacar que a determinação de conformidade cabe ao órgão regulador e que as auditorias de terceiros devem ser cuidadosamente analisadas, com oportunidade de envolvimento das operadoras. A Argentina e o México exigem que auditores terceirizados verifiquem os relatórios das empresas.<sup>110</sup>

Os **levantamentos na linha de vedação** permitem a inspeção remota em condições em que a inspeção no local é desafiadora. Instrumentos de medição terrestres ou aéreos podem analisar locais em busca de possíveis emissões de metano. O sensoriamento remoto para a identificação de grandes eventos de emissões também pode ser realizado por terceiros. Os resultados de tais levantamentos podem indicar a necessidade de acompanhamento com a operadora ou de inspeção no local.

**Relatórios eletrônicos de medição** e outros relatórios de conformidade podem melhorar drasticamente a eficiência dos esforços de conformidade e permitir uma transparência muito maior, uma estratégia fundamental para a conformidade. As ferramentas digitais podem reduzir a carga de documentação de conformidade, especialmente para grandes operações que geram dados volumosos. A incorporação da automação e da inteligência artificial reduz os erros na geração de relatórios e acelera a identificação de oportunidades para melhorar a conformidade e, potencialmente, diminuir as infrações.

Os governos têm muitas opções de estratégias regulatórias para promover a conformidade.

A **inspeção** deve ser entendida como a ação do governo para verificar a conformidade. A regulamentação pode estabelecer requisitos de inspeção, como a verificação dos registros de

certificação, a coleta de amostras e a interação com o pessoal da empresa, para determinar a conformidade.

As **auditorias de terceiros** empregam organizações ou especialistas independentes para avaliar a precisão das informações fornecidas pelas operadoras de petróleo e gás ao órgão regulador. Esse tipo de suporte pode ser vantajoso quando um órgão regulador nacional não tiver estabelecido sua própria capacidade de auditoria. Entretanto, o órgão regulador ainda precisa gerenciar a certificação e garantir a autonomia desses auditores terceirizados. Por exemplo, os auditores terceirizados devem ser avaliados quanto a possíveis conflitos de interesse e ter a competência necessária para realizar auditorias de conformidade ambiental. É importante destacar que a determinação de conformidade cabe ao órgão regulador e que as auditorias de terceiros devem ser cuidadosamente analisadas, com oportunidade de envolvimento das operadoras. A Argentina e o México exigem que auditores terceirizados verifiquem os relatórios das empresas.

Os **levantamentos na linha de vedação** permitem a inspeção remota em condições em que a inspeção no local é desafiadora. Instrumentos de medição terrestres ou aéreos podem analisar locais em busca de possíveis emissões de metano. Os resultados de tais levantamentos podem indicar a necessidade de acompanhamento com a operadora ou de inspeção no local.

A **digitalização** dos mecanismos de medição e geração de relatórios pode aumentar a eficiência dos esforços de conformidade. As ferramentas digitais podem reduzir a carga de documentação de conformidade, especialmente para grandes operações que geram dados volumosos. A incorporação da automação e da inteligência artificial reduz os erros na geração de relatórios e acelera a identificação de oportunidades para melhorar a conformidade e, potencialmente, diminuir as infrações.

Os governos têm muitas opções tanto para “sticks” quanto para “carrots: as penalidades e os incentivos. Tais opções se complementam como em uma pirâmide, conforme ilustrado abaixo.



Figura 10.2: Pirâmide de apoios e pirâmide de correções

Para promover a eficiência e acompanhar o ritmo crescente das mudanças tecnológicas, os órgãos reguladores de diferentes jurisdições podem adotar uma **abordagem de avaliação das equivalências**.<sup>111</sup> Essa abordagem permite que um órgão regulador compreenda e aprove uma alternativa proposta por uma operadora para equipamentos e/ou práticas de mitigação de metano exigidos por uma regulamentação (por exemplo, no caso de LDAR) sem comprometer os benefícios ambientais.

## Fiscalização

As ações de fiscalização promovem a conformidade e a igualdade de condições ao oferecer uma ameaça plausível de ações apropriadas para as infrações. A agência governamental responsável por fazer cumprir os regulamentos de redução de metano precisa de

autoridade legal clara para aumentar a credibilidade de seus esforços de fiscalização. Isso inclui a autoridade para inspeções e fiscalização, com o poder de impor uma variedade crescente de ações apropriadas para incentivar a conformidade.

Cartas de advertência podem informar à empresa as infrações encontradas e listar etapas específicas para entrar em conformidade. Elas permitem que o órgão regulador se envolva com a empresa para corrigir as infrações e entrar em conformidade de maneira cooperativa. A ação formal de fiscalização pode ser limitada a situações em que uma carta de advertência não conduz à conformidade.

No início de uma ação formal de fiscalização, é fundamental avaliar a dimensão da infração com base em muitos fatores, incluindo:

- O dano real ou potencial.
- A extensão da desobediência aos requisitos.
- O histórico de conformidade do infrator.
- Se a infração foi revelada por ela mesma ou descoberta em uma inspeção.

Esses fatores também podem influenciar a magnitude da penalidade civil. A determinação de uma penalidade apropriada também pode ser influenciada pelo objetivo geral de garantir que os infratores não se beneficiem financeiramente da não conformidade. Uma oportunidade importante para promover um melhor desempenho por meio da fiscalização é exigir que as empresas que cometeram infrações não apenas entrem em conformidade, mas também que reduzam suas emissões no futuro, ou seja, que preservem o meio ambiente, além de pagarem uma multa que recupere todo o dinheiro economizado com a infração e que seja suficiente para dissuadir futuras infrações.

Um bom desenho regulatório deve incluir um mecanismo pelo qual uma operadora possa recorrer ou contestar as ações de fiscalização, incluindo medidas corretivas e penalidades. Limitações financeiras não são um motivo válido para a falha no cumprimento; se uma

empresa determinar que uma instalação não pode arcar com os custos para operar em conformidade, ela pode evitar penalidades futuras optando por fechar tal instalação. Entretanto, em algumas jurisdições, uma penalidade pode ser reduzida quando os registros financeiros oficiais da empresa documentarem a incapacidade da empresa de pagar. Como alternativa, uma empresa pode ser autorizada a fazer pagamentos em parcelas ao longo de um período específico, quando puder comprovar que o pagamento da multa a impedirá de pagar despesas comerciais ordinárias e necessárias.

## Plano de inspeção

A seção a seguir descreve algumas perguntas-chave que um órgão regulador pode usar para desenvolver seu plano de inspeção para garantir a conformidade com as regulamentações de redução de metano.

Como os recursos de inspeção sempre serão limitados, é importante priorizar a inspeção das infrações de emissões mais graves, os infratores reincidentes e as empresas com histórico de grandes eventos de emissões.

# Como desenvolver um plano de inspeção

## Objetivos

- Qual é a finalidade da inspeção?
- O que deve ser alcançado?

## Tarefas

- Quais informações serão analisadas (por exemplo, autorizações, licenças, regulamentações, relatórios de inspeções prévias e informações sobre o histórico de conformidade)?
- De que forma será necessária a coordenação com pessoal de detecção, outros programas ambientais, advogados ou agências governamentais?

## Procedimentos

- Quais processos específicos da instalação serão inspecionados?
- Os inspetores adquiriram o direito de acesso à instalação?
- A inspeção exigirá procedimentos especiais?
- Foi elaborado e implementado um plano de garantia de qualidade/controle de qualidade?
- Quais equipamentos serão necessários?
- Quais são as responsabilidades de cada membro da equipe?

## Recursos

- Que pessoal será necessário?
- Foi elaborado e implementado um plano de segurança?

## Cronograma

- Quais serão os requisitos de tempo para uma ordem de atividades de inspeção?
- Quais serão as prioridades? O que deve ser feito e o que é opcional para ser concluído?



## Recursos úteis para garantir a conformidade

Rede Internacional para Conformidade e Fiscalização da Norma Ambiental (International Network for Environmental Compliance and Enforcement - INECE): Princípios de fiscalização eficaz do meio ambiente (Principles of Effective Environmental Enforcement). <https://inece.org/>

Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency - EPA): Política de resposta à fiscalização e Política de auditoria da EPA (Enforcement Response Policy and EPA Audit Policy).

<https://www.epa.gov/enforcement/enforcement-policy-guidance-publications>

Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency, EPA) 2022: Nova geração de conformidade. <https://www.epa.gov/compliance/next-generation-compliance>

# **11. Financiamento para a redução de metano**

---

## Principais conclusões

- As soluções para o metano têm um dos maiores benefícios de redução de emissões por dólar de capital investido, mas são subfinanciadas globalmente.
- É necessário direcionar fluxos financeiros suficientes para a redução de metano no setor de petróleo e gás, a fim de ajudar a diminuir as emissões.
- A concretização da oportunidade do metano requer investimentos em soluções técnicas e atividades de capacitação. O financiamento ineficaz dos custos indiretos para os governos pode ser um grande obstáculo para a implementação de soluções técnicas.
- As fontes de financiamento incluem Instituições Financeiras de Desenvolvimento (IFDs), mecanismos de financiamento específicos para o clima e empresas emissoras de Green Bonds (títulos verdes).
- O Compromisso Global do Metano pode contribuir para a integração da redução de metano na arquitetura de financiamento climático.
- As emissões de metano são uma forma de desperdício, mas na ausência de um preço para os GEE, nem todas as fontes são economicamente viáveis para as empresas corrigirem ou evitarem.
- Algumas empresas podem optar voluntariamente por utilizar o metano previamente desperdiçado que oferece a oportunidade de investimento mais atrativa. Em muitos países, os governos precisarão de regulamentações para promover ações de redução de metano.

Aproveitar a oportunidade de reduzir o metano no setor de petróleo e gás exigirá investimentos significativos. Embora 39% das emissões de metano sejam provenientes do setor de energia, apenas 0,8% do financiamento para redução de metano foi direcionado para este setor. Para superar esse déficit de financiamento, serão necessárias contribuições do setor privado, dos governos nacionais, das instituições multilaterais e dos fundos de financiamento climático. Este capítulo discute tais fontes de financiamento, suas abordagens para financiar a redução de metano e estudos de caso que ilustram exemplos práticos de como o financiamento pode acelerar os esforços de redução.

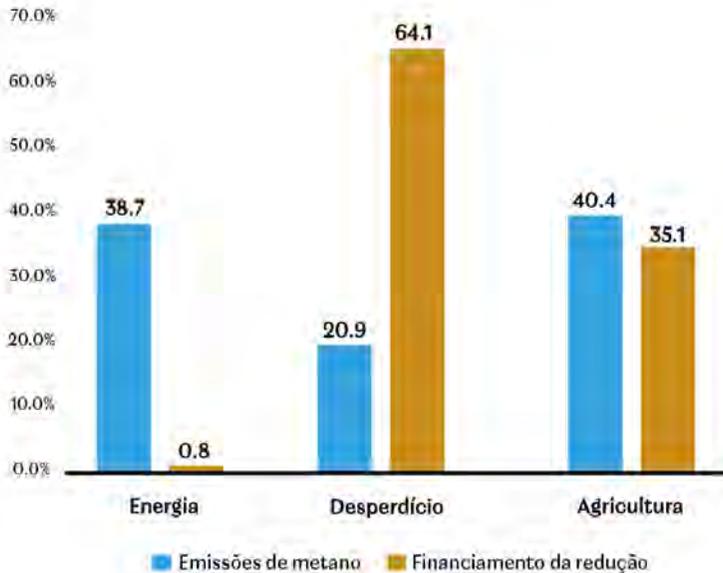


Figura 11.1: Distribuição do financiamento de redução e distribuição das emissões de metano entre os setores, em porcentagem.<sup>112, 113</sup>

## O déficit de financiamento

As medidas para redução das emissões de metano têm financiamento insuficiente.<sup>114</sup> Com base no Compromisso Global do Metano, esse gás é responsável por 17% das emissões globais de GEE provenientes da atividade humana. No entanto, o metano recebeu menos de 2% do total dos fluxos de financiamento climático (cerca de US\$ 11 bilhões em 2019/2020). São necessários mais de US\$ 100 bilhões anualmente, um aumento pelo menos dez vezes superior em relação aos níveis atuais.<sup>115</sup> O setor de combustíveis fósseis, que tem o maior potencial de mitigação de metano até 2030, foi o que menos recebeu financiamento para a redução de metano.

De acordo com uma estimativa da AIE, são necessários cerca de US\$ 100 bilhões em investimentos totais até 2030 para atingir uma redução de

cerca de 75% no setor de energia.<sup>116</sup> Levando em conta os benefícios da redução das emissões de metano no setor de petróleo e gás, esse déficit de financiamento é um desafio crítico.

## O que precisa de financiamento?

O controle das emissões de metano requer investimentos em infraestrutura e no ambiente propício para essa infraestrutura - políticas, leis, regulamentações e contratos, incluindo estruturas de incentivos e penalidades, para reduzir as emissões de metano.

**Infraestrutura.** As medidas de redução de metano abrangem fontes existentes e possíveis novas fontes de emissões. Embora seja lógico direcionar urgentemente para as fontes pontuais de grandes emissões, também é necessário financiamento para evitar fontes de *novas* emissões. O financiamento da infraestrutura de redução de metano poderia, portanto, incluir intervenções que:

- Evitem ou previnam a ocorrência de emissões de metano, por exemplo, projetando de acordo com novas normas.
- Fazendo uso do metano: projetos que capturem esse gás e depois o utilizem ou reinjetem.
- Diminuindo ou reduzindo os níveis atuais de emissões.

**Ambiente favorável.** O financiamento para redução de metano inclui assistência técnica para desenvolvimento da capacidade. Por exemplo, o desenvolvimento de mercados domésticos de gás requer assistência técnica significativa e pode contribuir para a redução das emissões de metano em projetos de petróleo.

## Fontes de financiamento

O financiamento para soluções de redução de metano no setor de petróleo e gás pode ser feito de maneira específica para o setor ou como parte do financiamento nacional para mudanças climáticas. Algumas das principais fontes de financiamento de soluções para redução de metano são as seguintes:

**Instituições Financeiras de Desenvolvimento (IFDs)** As IFDs são voltadas para o desenvolvimento e mais ativas em mercados com acesso limitado ao financiamento privado ou para projetos sem uma base comercial sólida. As IFDs podem reduzir os preços, fornecer empréstimos de longo prazo, aumentar a transparência e oferecer cobertura para investidores em locais de alto risco. Elas também costumam estar dispostas a assumir riscos técnicos em relação a tecnologias emergentes, desde que estejam alinhados com seus objetivos políticos, como a mitigação das mudanças climáticas. Elas buscam prestar suporte aos objetivos do governo e fornecer financiamento a projetos que se enquadrem em suas atribuições estabelecidas. Normalmente, as IFDs têm condições ambientais e sociais abrangentes para seu apoio.

**Fundos climáticos específicos.** Várias IFDs administram fundos climáticos para promover a rápida implantação de tecnologias de baixo carbono, com foco em energia renovável. Isso inclui o Fundo Verde para o Clima (Green Climate Fund, GCF), o Fundo Global para o Meio Ambiente (Global Environment Facility, GEF), o Global Methane Hub (GMH) e os Fundos de Investimento Climático (Climate Investment Funds, CIF) - a saber, o Fundo para Tecnologia Limpa (Clean Technology Fund, CTF) e o Fundo Estratégico para o Clima (Strategic Climate Fund, SCF). A principal vantagem desses fundos é a capacidade de emprestar a taxas abaixo do mercado (financiamento concessional). Esse tipo de empréstimo melhora a estrutura de capital de um investimento em metano ao reduzir o custo do financiamento, reduzindo o custo de financiamento. Esses fundos também têm uma significativa capacidade de empréstimo. Por exemplo, o Global Methane Hub é uma organização filantrópica

que fornece financiamento direto para projetos de redução de metano e já arrecadou mais de US\$ 340 milhões.

**Agências de crédito à exportação (Export Credit Agencies, ECAs):** O governo de um país estabelece uma ECA para promover a exportação de seus bens e serviços. As ECAs podem ser capazes de prestar apoio a transações para soluções de redução de metano, software e tecnologia, quando essas transações envolverem importações do mercado da ECA. As ECAs cobrem uma transação por meio de seguro ou por meio de uma garantia direta de pagamento, fornecendo cobertura de riscos comerciais e políticos. Quando as ECAs estão envolvidas, os exportadores provavelmente oferecerão condições comerciais mais competitivas. Além disso, as ECAs podem oferecer cobertura adequada quando os credores comerciais estão mais relutantes em assumir riscos políticos.

**Empresas do setor de petróleo e gás.** Essas empresas podem ser incentivadas a financiar medidas de redução quando o valor da redução, em termos de metano adicional capturado ou evitando penalidades regulatórias, for maior do que os custos. Várias empresas petrolíferas internacionais dedicaram partes de seus orçamentos de capital a projetos que reduzirão suas emissões operacionais de GEE, incluindo as emissões de metano. Esses programas são estruturados de forma que os projetos de redução competem por capital com outras oportunidades internas de redução de GEE, mas não com outros usos de capital, como perfuração de poços. Como o setor de petróleo e gás é diversificado, essa pode não ser uma opção para todas as empresas, regiões geográficas ou oportunidades de redução de metano.

**Empresas estatais de petróleo (NOCs).** Em países onde as NOCs participam ativamente do setor de petróleo e gás (como operadoras ou parceiras em joint ventures), elas podem ser uma fonte de financiamento para projetos de redução de metano. As NOCs podem apoiar projetos de redução tanto como investidoras, redirecionando uma parcela de seus lucros retidos, quanto como credoras, redirecionando fundos que, de outra forma, seriam destinados ao tesouro nacional. Mesmo quando as NOCs não têm a receita

necessária para apoiar a redução de metano, os governos ainda podem optar por usar uma NOC como ponto focal para o apoio financeiro público, seja por meio de alocações diretas de um orçamento central ou por meio de reempréstimos, nos quais o governo contrai empréstimos e repassa os fundos para a concessionária.

**Bancos comerciais e fundos de investimento em participações (private equity).** Instituições financeiras, como bancos comerciais e fundos de investimento em participações, avaliarão a viabilidade comercial das oportunidades de investimento em redução de metano da mesma forma que fariam com qualquer outro investimento. Tais instituições podem não levar em conta o valor dos benefícios relacionados ao clima como uma IFD faria. Entretanto, muitos financiadores têm metas ESG internas, incluindo a redução de metano. Além disso, se os benefícios da redução de metano puderem ser monetizados (ou seja, créditos de carbono, reembolsos de impostos etc.), tais incentivos financeiros serão levados em conta na avaliação do projeto pela instituição.

**Financiamento do governo.** Alguns governos obtiveram sucesso na captação de títulos de infraestrutura, incluindo títulos verdes para projetos de mitigação de mudanças climáticas. Contudo, a maior parte dos fundos públicos continua a ser direcionada para programas de redução de metano no setor agrícola. Alguns governos estabeleceram mecanismos para financiar projetos específicos de metano, como o Programa de poços órfãos do Canadá, que destinou 1,7 bilhão de dólares canadenses para ajudar na desativação de poços de petróleo e gás abandonados em Alberta, Saskatchewan e British Columbia.<sup>117</sup> Em muitos países em desenvolvimento, essa opção pode não estar disponível devido a outros compromissos de despesas fiscais do governo, altos níveis de endividamento e outras prioridades de desenvolvimento.

Tabela 11.1: Mecanismos de financiamento climático e instituições financeiras específicas

| <b>Instituições Financeiras de Desenvolvimento (IFDs)</b>  |   |
|--|---|
| IFDs multilaterais   | Banco Mundial (World Bank), Banco Asiático de Desenvolvimento (Asian Development Bank), Banco Europeu para a Reconstrução e o Desenvolvimento (European Bank for Reconstruction and Development), Corporação Financeira Internacional (International Finance Corporation) |
| IFDs bilaterais  | Grupo CDC (Reino Unido), Swedfund (Suécia), Corporação Financeira dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (U.S. International Development Finance Corporation)  |
| IFDs nacionais   | Banco de Desenvolvimento da China (China Development Bank), KfW Banking Group (Alemanha), Banco de Exportação-Importação da Índia (Export-Import Bank of India)   |
| IFDs subnacionais  | Fundo de Garantia de Buenos Aires (Buenos Aires Guarantee Fund), Garantias e Investimentos do Estado de Baixa Áustria (Lower Austria Guarantees and Investments), Agência de Desenvolvimento Econômico e Social do Estado do Rio de Janeiro                               |
| <b>Mecanismo de financiamento específicos para o clima</b> |   |
| Fundos multilaterais de financiamento climático (UNFCCC)   | Fundo de Adaptação (Adaptation Fund) da UNFCCC, Fundo Verde para o Clima (Green Climate Fund, GCF), Fundo para os Países Menos Desenvolvidos (Least-Developed Countries Fund, LDCF) e Fundo Global para o Meio Ambiente (Global Environment Facility, GEF)                |
| Fundos climáticos não vinculados à UNFCCC                  | Programa para o Desenvolvimento de Baixas Emissões (Low Emission Capacity Building Programme) do PNUD, Iniciativa Enlighten para Eficiência Energética do PNUMA   |
| Fundos climáticos nacionais (FCNs)                         | Fundo Fiduciário para Mudanças Climáticas da Indonésia (Indonesia Climate Change Trust Fund),   |

|   |  |
|---|--|
|   | Fundo Internacional do Reino Unido para o Clima (UK International Climate Fund), Fundo Fiduciário para Mudanças Climáticas de Bangladesh (Bangladesh Climate Change Trust) e a Iniciativa Internacional de Proteção do Clima (IKI), da Alemanha              |
| Filantropia   | Fundação Rockefeller, Bloomberg Philanthropies, Energy Foundation, Fundação Ford, Global Methane Hub   |
| <b>Empresas emissoras de green bonds (títulos verdes)</b> |  |
| Bancos de desenvolvimento                                 | Banco Europeu para a Reconstrução e o Desenvolvimento (European Bank for Reconstruction and Development), Banco Mundial (World Bank), Banco Africano de Desenvolvimento (African Development Bank), Banco Europeu de Investimento (European Investment Bank) |
| Empresas emissoras de títulos lastreados em ativos        | Fannie Mae, Credit Agricole CIB, Toyota  |
| Empresas financeiras emissoras                            | BNP Paribas, Bank of America, Bank of China, Morgan Stanley  |
| Entidades apoiadas pelo governo                           | Agência de Construção, Transporte e Tecnologia Ferroviária do Japão (Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency), Agência Indiana de Desenvolvimento de Energia Renovável (Indian Renewable Energy Development Agency)                      |
| Emissores de títulos soberanos                            | República de Fiji, Governo Federal da Nigéria  |
| Empresas não financeiras emissoras                        | Canadian Solar, Tesla Energy, Beijing Enterprises Water Group  |
| Governos locais   | Governo Metropolitano de Tóquio (Japão), Cidade de Gotemburgo (Suécia), Autoridade de Transporte Metropolitano (MTA) de Nova York (EUA), Estado de Connecticut (EUA)   |

## Tendências em financiamento

Atualmente, há várias tendências nos mercados financeiros globais que podem ampliar ou acabar com o déficit de financiamento para a redução de metano. O financiamento de projetos de redução de metano no setor de petróleo e gás poderia aumentar, caso os benefícios desses projetos fossem mais proeminentes. No entanto, há desafios para os investimentos em redução de metano no setor de petróleo e gás, considerando os objetivos de transição energética e o combate às mudanças climáticas.

**O papel da filantropia.** Com a crescente conscientização sobre a oportunidade do metano contribuir para as metas ambientais, econômicas, energéticas e de emprego, a filantropia pode desempenhar um papel mais significativo. O Compromisso Global do Metano e suas iniciativas de financiamento associadas podem catalisar outras iniciativas para aumentar a participação do metano no financiamento climático.

**Financiamento misto.** O financiamento privado de atividades e projetos para redução de metano é 40% maior do que o financiamento público, contrastando fortemente com outras intervenções de mudança climática, nas quais o financiamento público desempenha um papel significativo. É provável que surja uma mistura de financiamento público, privado e filantrópico.

**Cooperação.** Redes de governos municipais estão aproveitando as economias de escala para realizar atividades em prol do clima, como a aquisição coletiva de tecnologias nos EUA e na Nigéria. Esse aproveitamento poderia ser estendido às soluções para redução de metano (por exemplo, soluções regionais para a utilização de gás associado para geração e acesso à energia).

**Requisitos ESG** Os investimentos baseados em critérios ambientais, sociais e de governança têm afastado governos, IFDs, bancos comerciais e outras empresas privadas dos investimentos no

setor de petróleo e gás. Diretrizes ESG também estão sendo desenvolvidas para melhorar a divulgação das atividades das empresas e como elas afetam o clima. Por exemplo, a Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima (Task Force on Climate-Related Financial Disclosures), criada em 2015 e o Conselho de Padrões de Divulgação do Clima (Climate Disclosure Standards Board), criado em 2007, são esforços conjuntos entre agentes privados, bancos centrais, conselhos de estabilidade financeira e órgãos reguladores nacionais para desenvolver padrões ESG e climáticos consistentes para a divulgação de informações pelas empresas.

## **Maior escrutínio no financiamento**

Demonstrar que a redução de metano no setor de petróleo e gás atenderá aos objetivos ESG e climáticos pode desbloquear fundos.

## Limites para empréstimos internacionais a projetos intensivos em carbono

Em 16 de agosto de 2021, o Departamento do Tesouro dos EUA emitiu um memorando de orientação de política intitulado Fossil Fuel Energy Guidance for Multilateral Development Banks (MDBs).<sup>118</sup> O foco principal dessa política era anunciar a oposição do governo dos EUA ao “financiamento internacional de energia baseada em combustíveis fósseis intensivos em carbono”, especificamente que usaria seu papel como membro de conselho em diversos bancos multilaterais de desenvolvimento (BMDs) para votar contra tais projetos. O memorando do Tesouro é o mais recente de um número cada vez maior de declarações de grandes doadores se opondo ao uso do financiamento para o desenvolvimento de projetos usando combustíveis fósseis. Por exemplo, a política afirma categoricamente que haverá oposição dos EUA a “projetos de gás natural no segmento upstream”. Ela permite o apoio limitado a “projetos de gás natural midstream e downstream” em países qualificados pela Associação Internacional de Desenvolvimento (AID), desde que incluam “estratégias de redução de gases de efeito estufa”. De forma crítica, a nova política prevê uma exceção para o financiamento de projetos de redução de metano, mas com importantes ressalvas (ênfase no original):

*“Abertos ao apoio a projetos de Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (Carbon Capture, Use and Storage, CCUS) e de redução de metano. Estamos abertos a apoiar soluções de CCUS e de redução de metano como investimentos independentes para projetos de combustíveis fósseis existentes, desde que não ampliem a capacidade do projeto existente ou prolonguem significativamente sua vida operacional.”*

A lição para os países que buscam obter financiamento internacional para o desenvolvimento de projetos de petróleo e gás é que eles enfrentarão um exame cada vez mais minucioso de suas propostas de projetos e avaliações de viabilidade. Recentemente, na COP27, os países que representam mais da metade das importações globais e um terço das exportações globais de gás pediram a minimização da queima, além da redução, na medida do possível, das emissões de metano e de CO<sub>2</sub> em toda a cadeia de suprimentos.<sup>119</sup>

**Abordagens inovadoras ou não tradicionais.** Os fundos soberanos de riqueza e de investimento estratégico com objetivos climáticos ambiciosos são fontes potenciais de financiamento de projetos de redução de metano. Para países que enfrentam desafios relacionados ao acesso à energia e segurança energética, a busca de

projetos de metano alinhados com os caminhos nacionais de desenvolvimento de baixo carbono e planos nacionais de desenvolvimento atende às prioridades de acesso à energia do país e, ao mesmo tempo, mitiga as emissões de metano. Títulos de transição e empréstimos vinculados à sustentabilidade são mecanismos emergentes que proporcionam às empresas com altas emissões flexibilidade na estruturação de suas atividades de financiamento.

**Mercados de carbono.** Os projetos de redução de metano podem gerar receitas por meio dos mercados de carbono se forem projetados e estruturados adequadamente. O desafio atual é a limitada quantificação do impacto positivo sobre o clima, que pode ser traduzido em licenças negociáveis de emissão. Isso é especialmente desafiador no caso emissões fugitivas, pois é difícil determinar um parâmetro para quantificar a redução atingida por meio das medidas tomadas pelo setor. À medida que houver progresso na estimativa e no monitoramento das emissões, isso poderá se tornar uma futura fonte de financiamento para projetos.<sup>120</sup>

## Como apresentar um argumento econômico para a redução do metano

Os órgãos reguladores devem apresentar um argumento econômico dentro do governo ou persuadir as operadoras de que as soluções de redução são adequadas para investimentos de curto e longo prazo. Embora as operadoras tenham um incentivo financeiro para evitar o desperdício, algumas soluções são mais econômicas do que outras. Uma análise da relação custo-benefício específica para o ambiente operacional local pode ajudar a desenvolver políticas regulatórias viáveis de redução de metano. Os investimentos em redução de metano, como LDAR no segmento upstream e unidades de recuperação de vapor, podem gerar um retorno positivo, dependendo das circunstâncias.

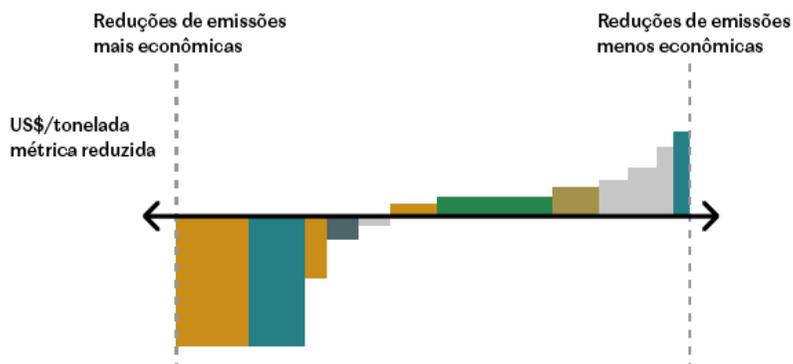


Figura 11.2: Exemplo de uma curva de custo marginal de abatimento. Cada barra representa um tipo de projeto de redução de emissões, e as cores indicam oportunidades temáticas de redução, como programas de detecção e reparo de vazamentos.<sup>121</sup>

As operadoras privadas geralmente preferem opções de baixo custo ou até mesmo aquelas que gerem custo negativo. No entanto, mesmo nesses casos, geralmente é necessário um investimento inicial; portanto, períodos de retorno curtos tornarão os investimentos mais atraentes em relação a outros possíveis ativos. Em muitos casos, as atividades de redução de metano podem ser uma oportunidade comercial que pagará pelo investimento inicial e os custos de manutenção, gerando uma renda adicional.

## Custo-benefício das reduções de emissões de metano

Uma explicação clara do argumento econômico dos projetos de redução de metano pode aumentar o interesse dos investidores. No entanto, a forma como se vê a proposta de custo-benefício pode variar, dependendo do ponto de vista de cada um.

**A perspectiva da empresa.** Relação custo-benefício para a empresa significa que o valor do gás adicional recuperado ou das taxas ou multas por infrações evitadas pela recuperação do gás excedem o capital incremental e o custo operacional do projeto de redução. As medidas que satisfazem esses critérios podem ser descritas como tendo um valor presente líquido (VPL) positivo, um período de retorno curto ou uma taxa interna de retorno (TIR) que atenda aos critérios de investimento de uma empresa.

**A perspectiva econômica.** Essa abordagem leva em conta os benefícios líquidos para a economia nacional. Por exemplo, as empresas de transmissão e distribuição local geralmente não são proprietárias do gás que transportam. Normalmente, os órgãos reguladores exigem que eles retornem para seus clientes o valor da redução de perdas proveniente da redução de metano. Como resultado, as reduções de metano nesses segmentos do setor não terão um retorno positivo para a empresa. Dito isso, o valor das perdas reduzidas beneficiará outras partes da economia na forma de preços mais baixos do gás e prevenção da poluição. Portanto, existe um benefício mais amplo mesmo quando a entidade que implementa uma redução não pode se beneficiar diretamente da redução das perdas.

**A perspectiva regulatória.** Essa abordagem leva em conta as metas ambientais e de saúde pública para determinar o benefício para a sociedade. A relação custo-benefício varia de acordo com os diferentes poluentes e programas regulatórios. Nesse contexto, as reduções de metano podem ser consideradas econômicas devido à redução da poluição local e do aquecimento global, mesmo que tenham um custo líquido para a empresa. Os órgãos reguladores também podem ponderar as receitas fiscais adicionais resultantes das emissões evitadas em relação ao investimento em equipamentos de detecção e pessoal.

## Monetização da redução de metano

Os benefícios da redução de metano podem ser tanto diretos, como a captura de gás que, de outra forma, seria queimado ou liberado, quanto indiretos, como a emissão de créditos de carbono passíveis de revenda.

### Captura de gás

Os investimentos em redução do metano que resultam na captura de gás podem proporcionar retornos significativos se o gás capturado puder ser direcionado para consumidores com demanda por gás. Esses investimentos podem oferecer à empresa retornos tão altos quanto outras oportunidades de investimento. Em vez de ser queimado, o metano capturado pode ser monetizado através da:

- Venda do gás para consumo doméstico (preparo de alimentos, aquecimento etc.).
- Produção de gás natural liquefeito ou gás de petróleo liquefeito se o gás estiver úmido.
- Reinjeção do gás em um reservatório de petróleo e gás para melhorar a recuperação.
- Utilização do gás natural para geração de energia.
- Oferta de matéria-prima para as indústrias de hidrogênio, metanol e gás para líquidos.

Cada opção vem com seu próprio conjunto de desafios. Por exemplo, o Nigerian Gas Flare Commercialization Programme (Programa de Comercialização da Queima de Gás da Nigéria) teve um processo de licitação (2020-2023) para locais de queima para monetizar seu gás associado, incluindo a produção de produtos petroquímicos e fertilizantes.<sup>122</sup> Esse processo de licitação foi baseado em um sistema de cadeia de suprimentos existente (instalação de processamento, transporte) com o qual os licitantes poderiam contar para transportar o gás natural para o mercado. Na Colômbia, no Campo

de Floreña, foi feito um investimento para utilizar um compressor de reinjeção de alta pressão. Mas apenas parte da quantidade total de gás pôde ser reinjetada no reservatório. Portanto, o gás excedente foi convertido em energia e fornecido à rede elétrica.<sup>123</sup>

## Créditos de carbono

Os mercados de carbono, onde as economias de GEE são traduzidas em créditos negociados ativamente, têm se tornado cada vez mais comuns nos últimos anos. A implementação e as implicações políticas dos mercados de carbono são assuntos que merecem um manual próprio e não serão discutidos em detalhes aqui. A redução de metano é, no entanto, uma maneira de produzir créditos em um mercado de GEE. A seguir, um exemplo de como a redução das emissões fugitivas de uma rede de distribuição de gás se transformou em créditos que sustentaram a economia do projeto.



### **Estudo de caso sobre monetização da redução de emissões de metano: iniciativas de redução de emissões de metano em Bangladesh**

O gás natural é a principal fonte de energia primária em Bangladesh. Cerca de 65% da energia comercial em Bangladesh é proveniente do gás natural. Aproximadamente 13% do suprimento total de gás natural é utilizado em residências para fins de preparo de alimentos através de uma rede de distribuição de gás. Com o envelhecimento da rede de distribuição de gás, muitos vazamentos foram identificados pelas empresas de distribuição. As empresas contratam terceiros para identificar e reparar vazamentos de metano a fim de melhorar a eficiência e a segurança operacional. As empresas de distribuição não precisam investir quando um programa é financiado pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). As atividades LDAR são um exemplo de projeto de metano financiado pelo MDL.

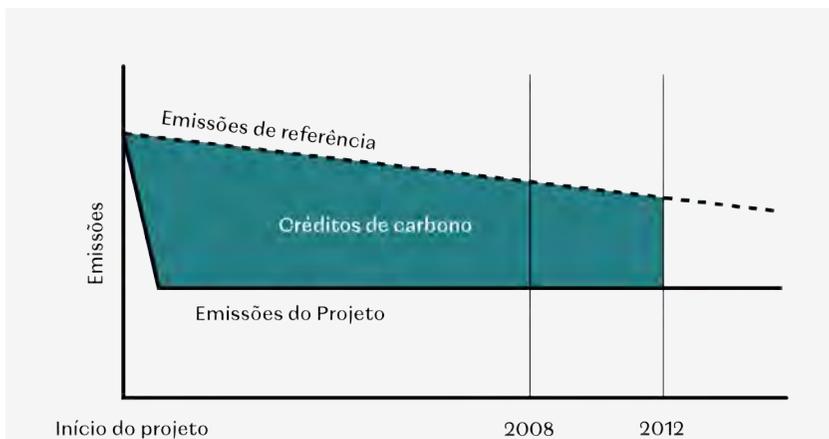


Figura 11.3: Retornos de créditos de carbono com base na redução de emissões.<sup>124</sup>

Em 2012, a Titas Gas Transmission and Distribution Company Limited (TGTDC), fornecedora de gás na capital Dava e arredores, assinou o Acordo de Investimento em Projeto de Reduções Certificadas de Emissões (Certified Emission Reductions Project Investment Agreement) com a empresa dinamarquesa NE Climate A/S (NES) para reduzir as emissões de metano por meio da implementação de LDAR. A UNFCCC registrou o projeto em 2015. Sob esse projeto, cerca de 4,0 milhões de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente em emissões de metano são reduzidas anualmente. Além disso, a TGTDC está gerando receita com a venda de RCEs.

Levando em consideração o sucesso inicial do projeto do MDL, a TGTDC assinou outro contrato com a mesma empresa para Redução Verificada de Emissões (RVE) em 2021. O patrocinador iniciou o programa LDAR com o novo projeto em nível de elevação/estações de medição do órgão regulador, buscando economizar 10,91 milhões de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente por meio de reduções de emissões de metano.

A Paschimanchal Gas Company (PGCL) assinou um contrato com a Eco Gas Asia Limited. Como resultado, a cada ano é economizado cerca de 0,36 milhão de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente em reduções de emissões de metano, e isso começou a gerar receita como um benefício do projeto de MDL.

A Karnaphuli Gas Distribution Company (KGDCL) iniciou um projeto de MDL considerando a estratégia LDAR. Como resultado, no período entre 2019 e 2022, foram economizados cerca de 2,64 milhões de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente em reduções de emissões de metano. Além disso, a KGDCL inaugurou outro sistema de detecção de vazamento de gás no gasoduto usando um sistema móvel de detecção de gás. Esse sistema de detecção de vazamento de gás é replicado em outras empresas de distribuição (BGDCL, JGTDSL) da Petrobangla, a empresa estatal de gás de Bangladesh. Todos esses projetos de MDL contribuem para atingir as metas de Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) de Bangladesh no que diz respeito às emissões fugitivas de gás no setor de energia e geram financiamento para reduzir as emissões de metano.

# 12. Capacitação para a ação

---

## Principais conclusões

- A redução do metano é uma nova prioridade: governos e empresas em todo o mundo estão tomando medidas ousadas. Diversas áreas de conhecimento são importantes para que os governos possam agir de forma eficaz para reduzir o metano.
- Na elaboração de uma estratégia de capacitação, os governos podem desenvolver novas habilidades de forma progressiva ao longo do tempo.
- Dependendo das circunstâncias e das capacidades existentes, a capacitação pode ocorrer de forma rápida e com recursos financeiros limitados.
- Existe assistência disponível: várias iniciativas de capacitação oferecem suporte especializado e apoio entre pares sob medida para jurisdições nacionais e subnacionais. Há recursos disponíveis para ajudar os governos e as empresas estatais de petróleo a agirem rapidamente em relação ao metano.

## Conhecimento especializado necessário para o gerenciamento do metano

As principais áreas de especialização necessárias ao longo do ciclo de vida do setor incluem o seguinte:

**Desenvolvimento de políticas.** Conhecimento especializado na avaliação de políticas ambientais, energéticas e petrolíferas existentes, competência para elaboração e experiência em navegar pelo cenário político. Compromissos políticos claros aumentarão as chances de obter assistência técnica.

**Desenho regulatório.** Conhecimento das implicações legais, institucionais e políticas das opções. O desenho das regulamentações para redução de metano determinará se elas atingem a eficácia, a eficiência, a viabilidade, a responsabilidade, a acessibilidade e a segurança.

**Conhecimento jurídico.** O conhecimento e a aplicação da legislação local, a legalidade de intervenções específicas e a elaboração de documentos legais são fundamentais para evitar qualquer violação das leis existentes que inviabilize a implementação da nova regulamentação.

**Conhecimento técnico.** As várias estruturas e técnicas de quantificação e como elas funcionam com tecnologias e softwares avançados contribuem para compreender como desenvolver regimes eficazes de monitoramento, relato e verificação.

**Conhecimento econômico.** Compreensão das tendências macroeconômicas, opções de financiamento, incentivos de mercado e mecanismos de precificação na redução de metano no setor de petróleo e gás. Conforme discutido neste manual, uma das ferramentas mais poderosas para elaboração de políticas e regulamentações é a curva de custo marginal de abatimento.<sup>125</sup>

**Experiência no setor.** Familiaridade com questões contemporâneas, sucessos e fracassos regulatórios, questões operacionais e viabilidade de implementação do setor. Estudos formais de viabilidade, juntamente com o conhecimento tácito de uma região, setor, tecnologia e regulamentação, ajudam a orientar a avaliação dos riscos e benefícios de várias opções.

**Conhecimento especializado em supervisão, fiscalização e conformidade.** Atuação na análise e aprovação de projetos, concessão de licenças e monitoramento, conformidade e fiscalização. Especialistas em engenharia, segurança e meio ambiente têm uma compreensão dos aspectos técnicos necessários para propostas e operações, a fim de identificar quaisquer mudanças exigidas pelo programa de redução de metano do país.

**Coordenação intragovernamental e resolução de conflitos.** Coordenação entre agências para incentivar a troca de informações, a negociação de diferenças, a convergência de esforços e o alinhamento de regulamentações. Para garantir eficácia, o coordenador deve buscar o respaldo e a legitimidade dos mais altos

níveis de liderança e ser colocado em um nível de autoridade suficientemente alto para efetuar mudanças.

A coordenação com jurisdições subnacionais sustenta a oferta de soluções flexíveis para atender às necessidades locais do setor e das comunidades. Isso é particularmente verdadeiro na política climática, em que os governos estaduais e regionais têm demonstrado a vontade e a capacidade de liderar, inclusive por meio de metas e regulamentações específicas para suas jurisdições. Os governos subnacionais agora têm a oportunidade de tomar medidas antecipadas em relação ao metano, e muitos já se comprometeram<sup>126</sup> a reduzir as emissões de metano provenientes do setor de petróleo e do gás. O Intercâmbio Subnacional de Líderes de Ação Climática (Subnational Climate Action Leaders Exchange, SCALE)<sup>127</sup> incorpora o Compromisso Global do Metano, que oferece oportunidades de capacitação por meio da aprendizagem entre pares na coordenação intersetorial e multinível, bem como nos mecanismos de mobilização financeira.

## Elaboração de uma estratégia de capacitação

As economias em desenvolvimento geralmente têm poucos recursos para atividades de elaboração de desenho regulatório e de supervisão. Ao criar uma estratégia de capacitação, os governos nacionais devem (1) avaliar suas necessidades, (2) identificar recursos e (3) garantir financiamento.

### 1. Avaliação de necessidades

A avaliação examina as capacidades individuais e institucionais. Capacidade individual refere-se ao conhecimento e às habilidades do pessoal responsável pelo arcabouço jurídico do metano.

Capacidade institucional compreende um sistema que inclui procedimentos para gerenciamento de dados, planejamento

estratégico, desenvolvimento da mão de obra, alocação de recursos e resolução de disputas.

A avaliação dependerá de várias características. Por exemplo, ela levará em conta o estágio específico de desenvolvimento do setor no país: sem produção, desenvolvimento inicial, oferta consistente, pico de produção e fase de encerramento. A avaliação também observará a capacidade necessária com base na compreensão da perspectiva futura do setor: ciclo rápido de expansão e retração, instabilidade de preços e período áureo de crescimento.

Além disso, um dos aspectos mais importantes de qualquer avaliação de capacitação, será determinar onde a autoridade e o conhecimento especializado existentes já estão localizados: a estrutura de governança existente no país. Em alguns países, há uma agência central que abriga grande parte da expertise necessária. Em outros países, o conhecimento especializado estará distribuído em vários órgãos. Por fim, alguns países têm NOCs com algum nível de autonomia em relação ao governo. As NOCs podem representar um desafio para a coordenação e a eficiência operacional, mas também podem ser uma fonte de força significativa para medidas rápidas de redução de metano. Muitas NOCs têm capacidades individuais e institucionais robustas de networking, otimização de processos e tomada de decisões conjuntas. A ilustração abaixo fornece uma comparação simplificada entre esses três mecanismos de governança.



Figura 12.1: Diferentes estruturas de sistemas regulatórios.

## 2. Identificação de recursos e suporte

Este manual contém uma lista de recursos que podem ser um bom ponto de partida para a capacitação; os detalhes são fornecidos no

Capítulo 13: Recursos para implementação. A transferência de conhecimentos e habilidades pode ocorrer por meio de pesquisa documental, treinamento presencial ou virtual, treinamento no local de trabalho, coaching e mentoria. As fontes de suporte são as seguintes:

**Pesquisa/Análise/Publicações.** Uma grande quantidade de pesquisas escritas, publicações e documentos de referência existentes pode fornecer às autoridades governamentais uma base de questões críticas associadas ao metano no setor de petróleo e gás. Os recursos podem orientar sobre estratégias, políticas e regimes regulatórios. As entidades comerciais disponibilizam alguns desses recursos mediante pagamento, mas outros são de acesso gratuito. Por exemplo, a AIE regularmente fornece dados e análises sobre emissões de metano no setor de petróleo e gás, potenciais de redução e tecnologias para apoiar os governos na elaboração de políticas eficazes de redução de metano.

**Iniciativas internacionais para o Metano.** Por meio de seu centro de soluções, a *Coalizão Clima e Ar Limpo* (Climate and Clean Air Coalition, CCAC) trabalha com os países participantes para identificar recursos que apoiem a mitigação do metano. A CCAC se reúne individualmente com os países para discutir prioridades e necessidades. Eles também ajudam a desenvolver estratégias de mitigação do metano projetadas para atingir as metas do Compromisso Global do Metano. A Global Methane Alliance tem como objetivo apoiar os países que se comprometem com metas ambiciosas de redução de metano no setor de petróleo e gás. A *Parceria Global para a Redução da Queima de Gás* (World Bank Global Gas Flaring Reduction Partnership, GGFR) do Banco Mundial é um fundo fiduciário de múltiplos doadores composto por governos, empresas petrolíferas e organizações multilaterais comprometidas com o fim da queima rotineira de gás nos locais de produção de petróleo em todo o mundo. O *Banco Europeu para a*

*Reconstrução e o Desenvolvimento (BERD)* fornece assistência técnica e facilita a transferência de conhecimento sobre medição, geração de relatórios e redução de emissões de metano e pode analisar a possibilidade de fornecer financiamento para planos de investimento em redução de metano. Os exemplos acima são apenas algumas das iniciativas internacionais específicas para o metano.

**Especialistas no assunto.** Esses especialistas podem ser do setor público, privado ou de agências multilaterais. Aproveitar o conhecimento especializado externo muitas vezes é vital para o desenvolvimento de soluções específicas para uma

jurisdição. Com frequência, os especialistas podem ser consultados gratuitamente por meio de ONGs, intercâmbios multilaterais e programas da ONU. Em outros casos, empresas podem ser contratadas para prestar consultoria. Instituições acadêmicas nacionais e estrangeiras podem oferecer orientação com pouco ou nenhum custo.

**Iniciativas conduzidas pelo setor.** Tais iniciativas fornecem assistência técnica e orientação no setor. Por exemplo, a *iniciativa Aiming for Zero Methane Emissions da OGCI*<sup>28</sup> exige uma abordagem abrangente que trate as emissões de metano com a mesma seriedade com que o setor de petróleo e gás já trata a segurança.

**Intercâmbio entre pares.** Utilizando redes formais e informais, os países podem explorar lições e desafios compartilhados com seus pares. Enquanto isso, os países com ampla experiência em regulamentação e conhecimento técnico podem oferecer conselhos relevantes. Os órgãos reguladores se beneficiam da sabedoria de seus pares ao empreenderem suas iniciativas de mitigação do metano. Consulte o *New Producers Group* para ver um exemplo de comunidades de práticas governamentais.

**Parceiros de desenvolvimento.** Essas são redes internacionais criadas para o compartilhamento de conhecimento entre fronteiras e provedores de recursos, capazes de ajudar a reunir governos para identificar estratégias eficazes de capacitação e compartilhar resultados positivos. Veja os exemplos abaixo.



## A Coalizão Clima e Ar Limpo (CCAC)

A CCAC é um recurso fundamental em um primeiro passo para a assistência à capacitação na redução de metano. Através de seu centro de soluções, a CCAC trabalha com parceiros interessados para ajudar todos os governos e outros atores prontos a assumir compromissos sólidos e ambiciosos para reduzir as emissões de metano do setor de petróleo e gás. A CCAC tem ajudado países a desenvolver a capacidade de elaborar e implementar políticas e regulamentações para a redução de metano:

- **México.** Em 2018, a CCAC ofereceu capacitação para a Agência de Segurança, Energia e Meio Ambiente (ASEA) do México para que ela pudesse implementar uma audaciosa regulamentação para controlar as emissões de metano do setor de petróleo e gás. A CCAC forneceu treinamento em gerenciamento de dados, inspeções para o programa LDAR, e verificação por terceiros, entre outros. O México estabeleceu uma meta de redução entre 40% e 45% das emissões de metano do setor de petróleo e gás até 2030.<sup>129</sup>
- **Nigéria.** A CCAC auxiliou a Nigéria com suas políticas e regulamentações recentes sobre redução de metano, algumas das quais são discutidas neste manual. Ao conectar a Nigéria de igual para igual com formuladores de políticas e especialistas de todo o mundo, a CCAC auxiliou os principais órgãos reguladores do setor de petróleo e gás da Nigéria, como a Comissão Reguladora de Atividades Upstream de Petróleo (Upstream Petroleum Regulatory Commission), na elaboração de disposições sobre queima de gás, LDAR e MRV.<sup>130</sup>



## New Producers Group: rede de conhecimento entre governos

O New Producers Group (NPG) é um exemplo de rede bem-sucedida de compartilhamento de conhecimentos e experiências do Sul Global ao longo de 10 anos. Ele reúne mais de 30 países em desenvolvimento que são relativamente novos no setor de petróleo e gás, como Guiana, Gana, Quênia, Mauritânia, Moçambique, Senegal, Suriname, Tanzânia, Uganda e Namíbia. Foi criado em 2012 pela Chatham House, pelo Natural Resources Governance Institute e pelo Secretariado da Commonwealth. Ele conecta mais de 700 autoridades governamentais (ministérios, órgãos reguladores, NOCs) com pares, grupos de reflexão, especialistas do setor e empresas de energia. O NPG tem como objetivo auxiliar os governos na gestão eficaz dos recursos petrolíferos, na transição energética e na integração de estratégias resilientes às mudanças climáticas para obter resultados de desenvolvimento sustentável. Um aspecto central da atividade do NPG é a capacitação das autoridades governamentais em GEE, que tem sido feito por meio de webinars, pesquisas e oficinas, como *Aligning Petroleum Sector with National Development, Energy and Climate Goals (2021)* e *Minimising GHG Emissions from the Petroleum Sector (2022)*.

### 3. Garantia de financiamento

Compreender quais são os recursos financeiros disponíveis ajudará a estruturar a oportunidade de definir e determinar de onde os governos podem obter financiamento. Possíveis fontes:

**Parceiros de desenvolvimento.** Embora esse recurso possa ser acessado a curto e médio prazo, a dependência dele a longo prazo deve ser evitada, e estruturas devem ser estabelecidas para garantir o financiamento autossustentável a longo prazo.

**Operadores por meio de requisitos de treinamento e desenvolvimento existentes.** Os regimes regulatórios podem incluir uma disposição, seja por meio de lei ou acordos de petróleo, criando um fundo de treinamento ou contribuindo para a capacitação

local. Em países com um setor de petróleo e gás ativo, o órgão regulador pode impor uma taxa às operadoras para estabelecer um fundo de capacitação.

**Alocações orçamentárias nacionais.** Os governos que priorizarem a redução de metano obterão financiamento por meio de impostos e economias orçamentárias de acordo com sua estrutura de política climática.

**Financiamento climático.** Pode haver oportunidades de acesso a financiamento climático para esforços de mitigação. Tais oportunidades exigiriam o desenvolvimento de propostas de projetos que definam claramente as emissões de metano a serem reduzidas ou evitadas.

**Imposto de resiliência climática.** Esse imposto pode ajudar a financiar a capacitação de ponta. Como a redução da emissão de metano gera receita, parte dos fundos podem ser alocada para a capacitação setorial.

**Subsídios para pesquisa.** O financiamento para bolsas de pesquisa de soluções tecnológicas adequadas pode ser alocado para pesquisadores em potencial, especialmente em nível universitário. Em alguns casos, os governos podem atuar como concedentes, quando devem ser responsáveis pelos fundos dedicados à captura e redução de metano, distribuindo fundos para áreas com maior probabilidade de ter o impacto mais significativo.

Um mapeamento detalhado das fontes de financiamento pode ser encontrado no *Capítulo 11: Financiamento para a redução de metano*.



## Estudo de caso sobre capacitação bem-sucedida: O Protocolo de Montreal

O Protocolo de Montreal reduziu com sucesso o uso de substâncias que destroem a camada de ozônio na estratosfera. Foram criadas Unidades Nacionais de Ozônio (NOUs) em países em desenvolvimento, formadas por Oficiais Nacionais de Ozônio com autoridade para gerenciar seus programas nacionais de conformidade com o Protocolo de Montreal, incluindo cronogramas de eliminação acordados para substâncias controladas. A criação das NOUs ilustra a necessidade de capacitação para implementar eficazmente o Protocolo de Montreal.

Enquanto isso, essas NOUs interagem umas com as outras em redes regionais e workshops de capacitação, onde podem se beneficiar de orientações e conhecimentos adicionais. Como resultado, os formuladores de políticas em países em desenvolvimento aprenderam com as experiências de seus pares e tiveram acesso a recursos adicionais. Apesar desse sucesso, o Protocolo enfrentou dificuldades para executar as funções regulatórias estabelecidas, devido à alta rotatividade de pessoal em países com NOUs menores.

Os países desenvolvidos financiaram essas atividades por meio do Fundo Multilateral para Implementação do Protocolo de Montreal. Através desse modelo, as jurisdições tiveram sucesso em reduzir drasticamente as substâncias que destroem a camada de ozônio. Esse modelo pode ser replicado para reduzir as emissões de metano.

# 13. Recursos para implementação

---

## Você não está sozinho

A redução do metano é um desafio, mas há muitos recursos disponíveis para ajudar, e muitos deles são gratuitos. Tais recursos podem ser cartilhas, portais de dados e ferramentas de modelagem e até organizações cuja missão é ajudar os governos, muitas vezes sem nenhum custo. A lista abaixo não tem a intenção de ser exaustiva, mas reflete uma amostra dos recursos disponíveis.

## Consultoria especializada personalizada

### A Coalizão Clima e Ar Limpo

<https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>

Essa parceria entre governos, organizações intergovernamentais, empresas, instituições científicas e organizações da sociedade civil, com uma Secretaria sediada no Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, oferece consultoria sobre a redução de metano. Com foco na qualidade do ar e nos poluentes climáticos, a CCAC “está pronta para se reunir individualmente com os países para discutir prioridades e necessidades e ajudar a desenvolver as estratégias mais eficientes de mitigação do metano”. Além disso, eles fornecem projeções, suporte ao planejamento nacional, orientação política, ferramentas regulatórias e muito mais.

### A Clean Air Task Force (CATF)

<https://www.catf.us/methane/international-oil-gas/>

Essa ONG ajuda os produtores de petróleo e gás e os formuladores de políticas a elaborar regulamentações robustas sobre o metano. Eles trabalharam com a Nigéria, o México, a Colômbia, o Equador e outros países para apoiar a redução de metano no setor de petróleo e gás. Eles também trabalham para facilitar o acesso ao envolvimento multilateral e ao financiamento.

## **Fundo de Defesa Ambiental (EDF)**

<https://www.edf.org/issue/methane>

Essa ONG tem inúmeras ferramentas para auxiliar os formuladores de políticas e órgãos reguladores na redução de metano. A EDF trabalha com uma variedade de parceiros e partes interessadas e presta consultoria sobre opções regulatórias para a redução de metano em todo o mundo.

## **Iniciativa Global para o Metano (GMI)**

<https://www.globalmethane.org/about/index.aspx>

Desde 2004, essa coalizão internacional tem promovido a “redução eficaz e a curto prazo do metano”, conectando os formuladores de políticas com instituições financeiras e governos parceiros. A GMI fornece suporte técnico para implantar projetos de transformação de metano em energia em todo o mundo, permitindo que os países parceiros lancem projetos de recuperação e uso de metano.

## **A Coalizão Under2**

<https://www.theclimategroup.org/methane-project>

Esse consórcio de governos subnacionais reúne mais de 160 estados e regiões que lideram ações climáticas. Ele oferece um importante fórum para que os governos “compartilhem maneiras eficazes de reduzir as emissões de metano, começando com um foco no setor de petróleo e gás”.

# **Financiamento**

## **A Coalizão Clima e Ar Limpo**

<https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>

Essa parceria entre governos, organizações intergovernamentais, empresas, instituições científicas e organizações da sociedade civil, com uma Secretaria sediada no Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, pode direcionar os governos para oportunidades de

financiamento. Eles fornecem assistência especializada personalizada para ajudar os governos a atingirem suas metas de metano em todos os setores.

### **O Panorama do Financiamento para a Redução de Metano (The Landscape of Methane Abatement Finance) - Climate Policy Initiative**

<https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/the-landscape-of-methane-abatement-finance/>

Esse relatório se concentra em soluções estabelecidas de redução de metano em todos os setores para “avaliar o investimento global em atividades de redução de metano e criar uma referência em relação à qual as necessidades de investimento e o progresso possam ser medidos”.

### **O Global Methane Hub**

<https://globalmethanehub.org/>

Essa organização filantrópica fornece financiamento direto para projetos de redução de metano. Lançada em março de 2022, ela pretende “apoiar e sustentar ações da sociedade civil, do governo e do setor privado, inclusive nos mais de 100 países que assinaram o GMP, investindo de maneira significativa em soluções de redução do metano”.

### **Rede de Projetos da Iniciativa Global para o Metano**

<https://www.globalmethane.org/about/index.aspx>

Essa rede “consiste em representantes do setor, da comunidade de pesquisa, de instituições financeiras, de governos estaduais e locais e de outras partes interessadas especializadas em desenvolver e apoiar projetos de redução, recuperação e uso de metano em países parceiros”.

### **Programa de Títulos Verdes do Grupo Banco Mundial**

<https://treasury.worldbank.org/en/about/unit/treasury/ibrd/ibrd-green-bonds>

Esse programa oferece financiamento para a redução do metano proveniente da queima de gás, bem como projetos do setor agrícola e de resíduos.

### **Soluções de financiamento para reduzir a queima de gás natural e as emissões de metano**

<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/e7bb2e64-799c-59d7-9f92-4531d541b129>

Esse relatório fornece uma estrutura para que os formuladores de políticas avaliem a viabilidade e a atratividade financeira dos projetos de redução da queima e emissão de metano (flaring and methane reduction, FMR), analisa as barreiras ao investimento e identifica variáveis essenciais e fatores de sucesso com base nas lições aprendidas em estudos de caso. São sugeridos modelos simplificados de modelagem financeira para ajudar os formuladores de políticas a avaliarem as opções de FMR.

## **Guias**

### **Avaliação global do metano: resumo para tomadores de decisão (Coalizão Clima e Ar Limpo da ONU)**

<https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-summary-decision-makers>

Esse recurso foi elaborado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e pela Coalizão Clima e Ar Limpo. Ele explica os fatores sanitários, econômicos e climáticos indispensáveis para combater o metano em todos os setores.

### **Roteiro regulatório para o metano proveniente do setor de petróleo e gás (Agência Internacional de Energia)**

<https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry/regulatory-roadmap>

A Agência Internacional de Energia elaborou este prático guia passo a passo. Independentemente da jurisdição, ele é um recurso para o

desenvolvimento de políticas para redução de metano no setor de petróleo e gás. O roteiro guia os formuladores de políticas em um processo de dez etapas, desde a compreensão do contexto jurídico e político até a revisão e atualização de políticas.

**Cartilha sobre a redução do metano: a melhor estratégia para desacelerar o aquecimento na década até 2030 (Institute for Governance and Sustainable Development)**

[https://www.igsd.org/wp-content/uploads/2022/09/IGSD-Methane-Primer\\_2022.pdf](https://www.igsd.org/wp-content/uploads/2022/09/IGSD-Methane-Primer_2022.pdf)

Conforme explica o Instituto de Governança e Desenvolvimento Sustentável (Institute for Governance and Sustainable Development, IGSD), esta Cartilha sobre o Metano “fornece a fundamentação científica e política para que os tomadores de decisão consigam os cortes ‘fortes, rápidos e sustentados’ nas emissões de metano necessários para desacelerar o aquecimento global no curto prazo e limitar o risco de desencadear pontos de não retorno climáticos, econômicos e sociais. Os tópicos abordados são a ciência da mitigação do metano e por que a ação é urgentemente necessária; oportunidades de mitigação atuais e emergentes por setor; esforços nacionais, regionais e internacionais que podem informar a ação global emergencial sobre o metano; e iniciativas de financiamento para garantir o apoio à rápida redução de metano. A Cartilha sobre o Metano também apoia a necessidade de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para remover o metano da atmosfera em escala.”

**Minimização das emissões de gases de efeito estufa no setor de petróleo (New Producers Group)**

<https://www.newproducersgroup.online/minimising-greenhouse-gas-emissions-in-the-petroleum-sector-the-opportunity-for-emerging-producers/>

Esse relatório se concentra em novos produtores, ajudando-os a “elaborar suas leis, sistemas regulatórios, regimes de monitoramento e projetos” para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

## **Guia para ações subnacionais sobre o metano (Coalizão Under2)**

<https://www.theclimategroup.org/our-work/resources/tackling-methane-guide-subnational-government-action>

Desenvolvida por uma coalizão que reúne mais de 160 jurisdições subnacionais, essa visão geral foi projetada para oferecer aos governos municipais, estaduais e regionais uma variedade de recursos para lidar com o metano em diversos setores.

## **Soluções de financiamento para reduzir a queima de gás natural e as emissões de metano (Banco Mundial)**

<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/publication/financing-solutions-to-reduce-natural-gas-flaring-and-methane-emissions>

Esse relatório “oferece uma estrutura sistemática para avaliar a viabilidade de projetos de redução de queima em locais de médio porte. As abordagens e ferramentas desenvolvidas ajudarão os formuladores de políticas e as operadoras a analisar as barreiras de investimento, identificar as principais variáveis e fatores de sucesso e modelar as opções financeiras para as tochas de médio porte que historicamente têm sido negligenciadas.”

## **Parceria Global para a Redução da Queima de Gás (Banco Mundial)**

<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction>

Esse fundo desenvolve programas de queima específicos para cada país, compartilha as melhores práticas e garante compromissos globais para acabar com a queima de rotina. Seu objetivo é “acabar com a queima de rotina nos locais de produção de petróleo em todo o mundo”.

## **Recursos sobre o metano (Center for Law, Energy, and the Environment)**

<http://methaneresources.org>

Pesquisadores da Faculdade de Direito da Universidade da Califórnia, em Berkeley, EUA, desenvolveram essa plataforma como um ponto de coleta de informações sobre a redução de metano em diversos setores. Ela direciona os usuários para um conjunto abrangente de recursos para ajudar “governos, empresas, ONGs e outros a aproveitarem uma oportunidade climática vital, abordando as emissões de metano”.

## Ferramentas

### **Ferramenta Nacional de Redução de Metano (Clean Air Task Force)**

<https://www.catf.us/comat/>

Desenvolvida pela Clean Air Task Force, essa ferramenta oferece uma combinação única e de fácil utilização de ferramentas de coleta de dados, relatórios, engajamento e elaboração de políticas que permitem aos usuários obter insights, analisar dados, criar consenso e desenvolver planos de mitigação, reconhecendo que não existe uma solução única para o problema das emissões de metano.

### **Índice do clima do petróleo mais gás (Rocky Mountain Institute)**

<https://rmi.org/oci-update-tackling-methane-in-the-oil-and-gas-sector/>

Desenvolvida pelos principais especialistas do Rocky Mountain Institute, essa ferramenta “revela o tamanho, o escopo e a natureza do problema do metano ao quantificar e comparar as emissões de gases de efeito estufa de mais de dois terços das reservas mundiais de petróleo e gás”. Ela visa apresentar uma avaliação das emissões ao longo do ciclo de vida na cabeça de poço e durante o processamento, refino e transporte.

### **Satellite Point Source Emissions Completeness Tool (Rocky Mountain Institute)**

<https://rmi.org/clean-energy-101-methane-detecting-satellites/>

A ferramenta SPECT foi projetada para ajudar os usuários a comparar satélites quanto à integridade na “identificação e rastreamento de superemissores de metano”.

## **MiQ**

<https://miq.org/>

A MiQ é uma organização independente sem fins lucrativos criada pela RMI e pela SYSTEMIQ para facilitar uma redução rápida das emissões de metano do setor de petróleo e gás. É o primeiro sistema de certificação do mundo a classificar o gás com base nas emissões de metano.

## **Conjunto de ferramentas para queima de metano**

<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/publication/methane-flaring-toolkit>

Publicado pelo Banco Mundial, este documento fornece conselhos práticos e informações sobre a medição e o monitoramento das emissões de metano provenientes da queima no setor de petróleo e gás.

## **Modelos de relatórios e orientação técnica (Parceria de Petróleo e Gás Metano - OGMP 2.0).**

<https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates/>

Esses documentos e modelos ajudam a simplificar o processo de relatório e explicam os principais conceitos de operações de equipamentos de petróleo e gás.

## **Os princípios orientadores para o metano**

<https://methaneguidingprinciples.org/>

Os 24 signatários do setor de petróleo e gás que aderiram a esses princípios trabalham no sentido de “agir no setor e nos governos para reduzir as emissões de metano na cadeia de suprimentos de gás natural”. Eles também “desenvolvem e compartilham ferramentas interativas práticas e orientações para ajudar outros a aprender com sua experiência e colocar essas lições em prática”.

## **A série de estruturas para o metano (Center for Law, Energy, and the Environment)**

<https://methaneresources.org/>

Esta série fornece a base de políticas para a redução de metano. Ela prepara os governos para aproveitarem as oportunidades de ação em relação ao metano nos setores de petróleo e gás, agricultura, carvão e resíduos.

## **Fontes de dados**

### **O Observatório Internacional de Emissões de Metano (IMEO)**

<https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/methane/imeo-action>

Programa da ONU que “catalisa a coleta, reconciliação e integração de dados empíricos de emissões de metano quase em tempo real, para proporcionar transparência climática sem precedentes e as informações necessárias para reduzir esse poderoso gás de efeito estufa”.

### **Carbon Mapper**

<https://carbonmapper.org/>

O Carbon Mapper é uma iniciativa sem fins lucrativos, em parceria com a Universidade Estadual do Arizona, a Universidade do Arizona, o Rocky Mountain Institute, o estado da Califórnia e o Laboratório de Propulsão a Jato da NASA, que trabalha para “oferecer um serviço rápido de detecção de vazamento de metano para operadoras e órgãos reguladores de instalações” por meio de tecnologia de sensoriamento remoto. Eles planejam lançar dois satélites em 2023 para oferecer amplo acesso a esses dados.

### **MethaneSAT**

<https://www.methanesat.org/>

Essa iniciativa do Fundo de Defesa Ambiental planeja lançar um satélite no início de 2024. Eles prometem identificar grandes plumas de metano “praticamente em qualquer lugar da Terra”, observando que “a redução das emissões de metano do petróleo e do gás é a maneira mais rápida e impactante de desacelerar a taxa de aquecimento hoje”.

### **Climate Trace**

<https://climatetrace.org/>

Essa parceria fornece dados abertos e gratuitos sobre emissões conhecidas e estimadas, incluindo metano. Ela oferece às jurisdições uma noção imediata, porém geral, do seu perfil de emissões de metano.

### **NASA EMIT**

<https://earth.jpl.nasa.gov/emit/data/data-portal/Greenhouse-Gases/>

A NASA mapeia grandes nuvens de metano com cobertura global limitada utilizando um instrumento instalado na Estação Espacial Internacional. Tal ferramenta pode identificar algumas plumas em uma jurisdição.

### **TROPOMI**

<http://www.tropomi.eu/data-products/methane>

O TROPOMI é um instrumento a bordo do satélite Copernicus Sentinel-5 Precursor, encomendado pela Agência Espacial Europeia, que fornece dados sobre metano.

# **Anexo: sobre o metano**

---

O metano (CH<sub>4</sub>) é um gás de efeito estufa (GEE) incolor, inodoro e inflamável que tem fontes tanto naturais quanto antropogênicas. As fontes antropogênicas incluem os setores de agricultura, petróleo e gás, carvão e resíduos. No setor de petróleo e gás, o metano também é conhecido como gás natural, o mesmo utilizado em usinas de energia, processos industriais, motores de combustão, aplicações comerciais e residenciais, como aquecimento e preparo de alimentos. Além disso, o metano é matéria-prima para diversos recursos químicos e elementares (hidrogênio). Como gás natural, o metano é a molécula que compõe o Gás Natural Veicular (GNV), um combustível alternativo. E o metano compõe o Gás Natural Liquefeito (GNL), uma das grandes mudanças energéticas das últimas cinco décadas.

## Fontes de metano

Cerca de 60% das emissões globais de metano são provenientes de atividades humanas (antropogênicas), enquanto o restante vem de fontes naturais, incluindo áreas úmidas, águas doces, exsudações geológicas, animais selvagens, cupins, incêndios florestais, permafrost e vegetação.<sup>131</sup>

## Agricultura

A agricultura é a maior fonte individual de emissões de metano causadas pelo ser humano, e as reduções dessas emissões no setor representam uma oportunidade de diminuir o ritmo do aquecimento global a curto prazo. O metano de origem agrícola é liberado através do armazenamento de energia orgânica em condições de baixo teor de oxigênio. Isso inclui arrozais, sistemas digestivos de animais ruminantes e, em alguns países, poças de esterco em grandes operações pecuárias.

As técnicas de redução de metano na agricultura podem controlar as emissões e, ao mesmo tempo, melhorar a geração de produtos, o que

geralmente aumenta os lucros de rebanhos e fazendas.<sup>132</sup> No caso do gado, as soluções para o metano incluem melhorias simples na dieta, práticas de reprodução aprimoradas, aditivos alimentares que combatem o metano, melhor armazenamento do esterco e captura do metano do esterco. As estratégias para o arroz podem consistir no cultivo de tipos variados de arroz e na redução do nível de água nos arrozais.

## Energia

O setor de energia (petróleo, gás, carvão e bioenergia) é responsável por cerca de 33% das emissões antropogênicas de metano. Este manual discute detalhadamente as fontes de emissão de metano e as opções de redução para fontes de petróleo e gás.<sup>133</sup>

## Resíduos

O setor de resíduos é a terceira maior fonte de metano antropogênico, respondendo por cerca de 20% do total. As emissões de metano a partir de resíduos resultam da decomposição de matéria orgânica em condições sem oxigênio, como aterros sanitários, instalações de tratamento de águas residuais, sistemas sépticos e latrinas. As técnicas de redução de metano do setor de resíduos podem controlar as emissões e, em alguns casos, redirecionar essa energia para outros usos, incluindo produtos e combustíveis. De acordo com a Avaliação Global do Metano (Global Methane Assessment), cerca de 60% das soluções para o metano no setor de resíduos têm custo negativo ou nulo.

Como os aterros e os sistemas de tratamento de águas residuais tendem a ser gerenciados em nível subnacional, o metano do setor de resíduos apresenta uma oportunidade de liderança para as cidades, os municípios, os estados e as províncias. Embora as pesquisas nesse campo ainda estejam em andamento, muitas estratégias bem estabelecidas para o metano no setor de resíduos podem ser

implementadas hoje com efeito significativo. Isso inclui programas de prevenção de resíduos e compostagem, coberturas de aterros sanitários e sistemas de captura de gás, além de melhorias nos sistemas de saneamento de águas residuais.

Este manual aborda apenas as emissões de metano provenientes do setor de petróleo e gás, mas pode ajudar a informar uma estratégia mais abrangente, focada em múltiplas fontes de emissões de metano.

# Acrônimos

---

|              |   |
|--------------|---|
| <b>AVO</b>   | Auditivo, Visual e Olfativo   |
| <b>BMD</b>   | Banco Multilateral de Desenvolvimento (MDB, na sigla em inglês)     |
| <b>CATF</b>  | Clean Air Task Force  |
| <b>CCAC</b>  | Coalizão Clima e Ar Limpo   |
| <b>CCUS</b>  | Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono                      |
| <b>CoMAT</b> | Ferramenta Nacional de Redução de Metano                            |
| <b>COV</b>   | Composto Orgânico Volátil (VOC, na sigla em inglês)                 |
| <b>EDF</b>   | Fundo de Defesa Ambiental   |
| <b>EPA</b>   | Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos EUA                        |
| <b>ESG</b>   | Ambiental, Social e de Governança                                   |
| <b>GEE</b>   | Gás de efeito estufa (GHG, na sigla em inglês)                      |
| <b>GGFR</b>  | Parceria Global para a Redução da Queima de Gás                     |
| <b>GMP</b>   | Compromisso Global do Metano  |
| <b>GNL</b>   | Gás natural liquefeito (LNG, na sigla em inglês)                    |
| <b>IFD</b>   | Instituição Financeira de Desenvolvimento (DFI, na sigla em inglês) |
| <b>IMEO</b>  | Observatório Internacional de Emissões de Metano                    |
| <b>IPCC</b>  | Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima                    |
| <b>LDAR</b>  | Detecção e reparo de vazamentos                                     |

|               |  |
|---------------|--|
| <b>MACC</b>   | Curva de custo marginal de abatimento                                      |
| <b>MARS</b>   | Sistema de Alerta e Resposta ao Metano                                     |
| <b>MDL</b>    | Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM, na sigla em inglês)               |
| <b>M-RAP</b>  | Programa do Roteiro de Ação do Metano                                      |
| <b>MRV</b>    | Monitoramento, Relato e Verificação  |
| <b>NOC</b>    | Empresa Estatal de Petróleo  |
| <b>OGCI</b>   | Oil and Gas Climate Initiative   |
| <b>OGI</b>    | Imageamento Óptico de Gás  |
| <b>OGMP</b>   | Parceria de Petróleo e Gás Metano:   |
| <b>PAG</b>    | Potencial de aquecimento global (GWP, na sigla em inglês)                  |
| <b>PNUMA</b>  | Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, na sigla em inglês) |
| <b>SCALE</b>  | Intercâmbio Subnacional de Líderes de Ação Climática                       |
| <b>TIR</b>    | Taxa interna de retorno (IRR, na sigla em inglês)                          |
| <b>TPA</b>    | Tonelada por Ano (TPY, na sigla em inglês)                                 |
| <b>UNFCCC</b> | Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas               |
| <b>VPL</b>    | Valor Presente Líquido (NPV, na sigla em inglês)                           |

# Notas

---

## Capítulo 1

- 1 “O benefício das emissões climáticas pode ser ainda menor, abaixo de 0,2%, quando as coemissões de aerossóis provenientes da queima de carvão são levadas em consideração.” citar Gordon D., Reuland F., Jacob D. J., Worden J. R., Shindell D., & Dyson M. (2023) *Evaluating net life-cycle greenhouse gas emissions intensities from gas and coal at varying methane leakage rates*, Environ. Res. Lett. 18(8): 084008, <https://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ace3db>

---

- 2 Alvarez R. A. et al. 2018: Assessment of methane emissions from the U.S. oil and gas supply chain, Science 361(6398): 186–88, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aar7204>  
  
Howarth R. W. 2014: A bridge to nowhere: methane emissions and the greenhouse gas footprint of natural gas, Energy Sci. Eng. 2(2): 47–60, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ese3.35>  
  
Schwietzke S., Griffin W. M., Matthews H. S., & Bruhwiler L. M. P. 2014: Natural Gas Fugitive Emissions Rates Constrained by Global Atmospheric Methane and Ethane, Environ. Sci. Technol. 48(14): 7714–22, <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es501204c>

---

- 3 Valores do Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Os valores do Sexto Relatório são 81,2 e 27,9 para 20 anos e 100 anos, respectivamente.

---

- 4 Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e Coalizão Clima e Ar Limpo (CCAC), Avaliação Global do Metano 2022:  
  
Avaliação Global do Metano: Relatório de Referência até 2030, <https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-2030-baseline-report>

---

- 5 Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) 2022: Avaliação Global: Medidas urgentes devem ser tomadas para reduzir as emissões de metano nesta década, <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/global-assessment-urgent-steps-must-be-taken-reduce-methane>

- 6 Resumo do IPCC AR6 WGI para Formuladores de Políticas, Declarações Principais, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/resources/spm-headline-statements/>

---

- 7 AIE 2023: Rastreador Global de Metano para 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>

---

- 8 AIE 2023: Rastreador Global de Metano para 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>

---

- 9 Veja a Declaração Conjunta de Importadores e Exportadores de Energia sobre a Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa provenientes de Combustíveis Fósseis, <https://www.state.gov/joint-declaration-from-energy-importers-and-exporters-on-reducing-greenhouse-gas-emissions-from-fossil-fuels/> ; Comunicado dos Ministros do G7 sobre Clima, Energia e Meio Ambiente, [/energy/pdf/G7MinistersCommunique2023.pdf](https://www.meti.go.jp/information/g7hirosima/energy/pdf/G7MinistersCommunique2023.pdf) ; (paragraph 61), <https://www.meti.go.jp/information/g7hirosima/energy/pdf/G7MinistersCommunique2023.pdf> ; veja também a Declaração Conjunta em Glasgow entre China e EUA sobre o Aprimoramento da Ação Climática na Década de 2020, <https://www.state.gov/u-s-china-joint-glasgow-declaration-on-enhancing-climate-action-in-the-2020s/>

---

- 10 AIE 2023: Rastreador Global de Metano para 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>

---

- 11 Fundo de Defesa Ambiental 2022: How reducing methane emissions creates jobs, <https://www.edf.org/how-reducing-methane-emissions-creates-jobs>

---

- 12 Mark Davis, James Turrilo, Ioannis Biniotoglou 2022: Leadership on flaring in Egypt: Recent successes and future opportunities in the lead-up to COP27, <https://flareintel.com/insights/leadership-on-flaring-in-egypt-recent-successes-and-future-opportunities-in-the-lead-up-to-cop27>

## Capítulo 2

- 13 Governo de Gana, 2018: Plano de ação nacional de Gana para mitigar os poluentes climáticos de curta duração, <https://www.ccacoalition.org/en/resources/national-action-plan-mitigate-short-lived-climate-pollutants-ghana>

---

- 14 Gabinete da Casa Branca para política climática doméstica, 2021: Plano de ação de redução de emissões de metano dos EUA, <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/11/US-Methane-Emissions-Reduction-Action-Plan-1.pdf>

---

- 15 A Coalizão Clima e Ar Limpo, <https://www.ccacoalition.org/en/file/9060/download?token=fWAlxbrU>

---

- 16 Governo do Canadá, 2022: Mais rápido, mais longe: a estratégia do Canadá para o metano, <https://publications.gc.ca/site/eng/9.915545/publication.html>

---

- 17 Departamento de Estado dos EUA, 2022: Compromisso Global do Metano: do momento ao momentum, <https://www.state.gov/global-methane-pledge-from-moment-to-momentum/>

---

- 18 Coalizão Clima e Ar Limpo (CCAC), 2022: Programa do Roteiro de Ação do Metano (M-RAP), <https://www.ccacoalition.org/en/activity/methane-roadmap-action-programme-m-rap>

---

- 19 AIE, 2021: redução dos vazamentos de metano do setor de petróleo e gás: Um roteiro regulatório e um conjunto de ferramentas, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>

---

- 20 AIE, 2021: redução dos vazamentos de metano do setor de petróleo e gás: Um roteiro regulatório e um conjunto de ferramentas, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>

---

- 21 Agência Internacional de Energia, 2023: Rastreador Global de Metano para 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>

- 22 Clean Air Task Force, 2023: Ferramenta Nacional de Redução de Metano, <https://www.catf.us/comat/>
- 
- 23 Limites de carbono, MIST, <https://mist.carbonlimits.no/>
- 
- 24 Valores do Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Os valores do Sexto Relatório são 81,2 e 27,9 para 20 anos e 100 anos, respectivamente.
- 
- 25 Veja o parágrafo 37 do Anexo da Decisão 18/CMA.1: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018\\_3\\_add2\\_nw\\_advance.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_3_add2_nw_advance.pdf)
- 

### Capítulo 3

- 26 Agência Internacional de Energia, 2021: redução dos vazamentos de metano do setor de petróleo e gás: Um roteiro regulatório e um conjunto de ferramentas, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
- 
- 27 Um roteiro regulatório e um conjunto de ferramentas da AIE.
- 
- 28 Agência Internacional de Energia, 2022: Ordem Ministerial nº 04/2013 - Regulamentação das Operações Petrolíferas, [https://www.iea.org/policies/11934-ministerial-order-no-042013-petroleum-operations-regulations?country=Equatorial percent 20Guinea&q=equatorial&topic=Methane](https://www.iea.org/policies/11934-ministerial-order-no-042013-petroleum-operations-regulations?country=Equatorial%20Guinea&q=equatorial&topic=Methane)
- 
- 29 Agência Internacional de Energia, 2022: Diretiva 060 da AER (Agência Reguladora de Energia de Alberta: Queima, Incineração e Liberação na de Gás no Segmento Upstream do Setor de Petróleo (provisões do segmento upstream, <https://www.iea.org/policies/8712-alberta-aer-directive-060-upstream-petroleum-industry-flaring-incinerating-and-venting-upstream-provisions?country=Canada&q=Alberta&topic=Methane>)

- 30** Agência Internacional de Energia, 2022: Resolução ANP n° 806/2020, <https://www.iea.org/policies/11752-resolution-no-806-of-2020-from-anp?country=Brazil&topic=Methane>
- 
- 31** Agência Internacional de Energia, 2022: Diretiva PNG017 de Saskatchewan: Requisitos de medição para operações de petróleo e gás, <https://www.iea.org/policies/8900-saskatchewan-directive-png017-measurement-requirements-for-oil-and-gas-operations?country=Canada&topic=Methane>
- 
- 32** Agência Internacional de Energia, 2022: Decreto n° 84-CP de 1996, detalhando a implementação da Lei do Petróleo, <https://www.iea.org/policies/11905-decree-no-84-cp-1996-detailing-the-implementation-of-the-petroleum-law?country=Vietnam&qsviet&topic=Methane>
- 

## Capítulo 4

- 33** Relatório “Conheça seu petróleo e gás”, do RMI (<https://rmi.org/insight/kyog/>) has detailed additional recommendations.
- 
- 34** A parceria ambiental, 2020: Atualizações de controladores pneumáticos, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/pneumatic-controllers-upgrades/>
- 
- 35** Princípios orientadores para o metano, 2022: redução das emissões de metano: dispositivos pneumáticos, <https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/best-practice-guides/pneumatic-devices/>
- 
- 36** Programa Star de Gás Natural, 2006: conversão de controles pneumáticos a gás para ar de instrumento, [https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/ll\\_instrument\\_air.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/ll_instrument_air.pdf)

- 37 A parceria ambiental, 2020; remoção manual de líquidos, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/manual-liquids-removal/>
- 
- 38 ExxonMobil, 2020: Mitigação das emissões de metano do setor de petróleo e gás: modelo de arcabouço jurídico, <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-Framework.pdf>
- 
- 39 A parceria ambiental, 2020: Atualizações de controladores pneumáticos, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/pneumatic-controllers-upgrades/>
- 
- 40 Princípios orientadores para o metano, 2022: Redução das emissões de metano: dispositivos pneumáticos.
- 
- 41 Programa Star de Gás Natural, 2006: conversão de controles pneumáticos a gás para ar de instrumento, [https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/ll\\_instrument\\_air.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/ll_instrument_air.pdf)
- 
- 42 ExxonMobil, 2020: Mitigação das emissões de metano do setor de petróleo e gás: Modelo de arcabouço jurídico. <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-Framework.pdf>
- 
- 43 Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (EPA), 2022: Melhores Práticas de Gestão (BMPs) para o Desafio do Metano do Programa STAR de Gás Natural, Opções de Compromisso, <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/methane-challenge-background-best-management-practices-bmp-commitment#CCompressors>
- 
- 44 Deanna Haines, 2016: Comparação de Estudos de Caso em relação ao relatório “Emissões de Descarga de Gasodutos e Opções de Mitigação” da MJB&A, <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/case-study-comparisons-against-mjba-report-pipeline-blowdown-emissions>

- 45 Redefinir ou desviar temporariamente a pressão antes da manutenção ou instalar conexões temporárias entre sistemas de alta e baixa pressão; fazer uma trepanação para criar uma nova conexão no gasoduto enquanto o gasoduto permanece em manutenção para evitar a descarga de gás.
- 

## Capítulo 5

- 46 <https://miq.org>
- 
- 47 Regulamentações do Canadá sobre a redução da emissão de metano e certos compostos orgânicos voláteis (segmento upstream do setor de petróleo e gás), SOR/2018-66, <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2018-66/index.html>
- 
- 48 Id. na Seção 20(1).
- 
- 49 Id. na Seção 30(2).
- 
- 50 Id. na Seção 29(1)(b).
- 
- 51 Id. na Seção 35(1).
- 
- 52 Id. na Seção 33.
- 
- 53 Id. nas Seções 36(1) e (2).
- 
- 54 Id. na Seção 56(1)-(5).
- 
- 55 Id. na Seção 56(6).
- 

## Capítulo 6

- 56 Veja, por exemplo, o Banco Mundial: Parceria Global para a Redução da Queima de Gás (GGFR), <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/about> (last visited May 5, 2023)

- 57** Banco Mundial: Iniciativa Zero Routine Flaring (ZRF) até 2030, <https://www.worldbank.org/en/programs/zero-routine-flaring-by-2030/about> (last visited May 5, 2023)
- 
- 58** As normas do setor pressupõem que as tochas operam com 98% de eficiência de destruição. Instituto Americano de Petróleo, 2021: Compêndio de metodologias de emissão de GEE do setor de petróleo e gás, p. 5-4, <https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf>
- 
- 59** As regulamentações da Nigéria também incorporam inspeções das chamas da tocha como parte de seus requisitos de LDAR: iii. A inspeção deve incluir a observação da chaminé da tocha. Notação sobre o estado da chaminé da tocha:
- a. Chama acesa - combustão adequada
  - b. Acesa - combustão fraca (falhas, fumaça etc.)
  - c. Chama apagada com liberação de gás
  - d. Chama apagada sem liberação de gás
- 
- 60** Departamento de energia, 2021: redução das emissões de metano todos os dias do ano, <https://arpa-e.energy.gov>
- 
- 61** Banco Mundial, 2023: Relatório do rastreador global de queima de gás, <https://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/publication/2023-global-gas-flaring-tracker-report>
- 
- 62** Rastreador global de queima de gás do Banco Mundial, <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/global-flaring-data>.
- 
- 63** Colombia, Resolución 40066 de 2022, por la cual se establecen requerimientos técnicos para la detección y reparación de fugas, el aprovechamiento, quema y venteo de gas natural durante las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, [https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion\\_minminas\\_40066\\_2022.htm](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40066_2022.htm); veja também Regulamentações Globais para Flaring e Venting do Banco Mundial: Colômbia, <https://flaringventingregulations.worldbank.org/colombia>
- 
- 64** Id. no Artigo 18.

- 65 Id. no Artigo 22.
- 
- 66 Id. no Artigo 24.
- 
- 67 Rastreador global de queima de gás do Banco Mundial.  
<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/global-flaring-data>
- 
- 68 Cazaquistão. Lei sobre subsolo e uso do subsolo, Artigo 146,  
<https://adilet.zan.kz/eng/docs/K1700000125> (tradução não oficial); veja também Regulamentações Globais para Flaring e Venting do Banco Mundial: Cazaquistão,  
<https://flaringventingregulations.worldbank.org/kazakhstan>
- 
- 69 Id. no Artigo 147(9).
- 
- 70 Id. no Artigo 147.
- 
- 71 Id. no Artigo 147(4).
- 

## Capítulo 7

- 72 Nigéria. Diretrizes para o gerenciamento de emissões fugitivas e emissões de gases de efeito estufa nas operações do segmento upstream do setor de petróleo e gás na Nigéria, Guia 0024-2022 da NUPRC, <https://www.nuprc.gov.ng/wp-content/uploads/2022/11/METHANE-GUIDELINES-FINAL-NOVEMBER-10-2022.pdf>
- 
- 73 Id. na Seção 3.4.6 (1).
- 
- 74 Id. na Seção 3.4.6 (1).
- 
- 75 Id. na Seção 3.4.6 (1).
- 
- 76 Id. na Seção 3.4.6 (1).
- 
- 77 Id. na Seção 3.4.6 (1).
- 
- 78 Id. na Seção 3.4.6 (2).
- 
- 79 Id. na Seção 3.4.1 (1).
-

80 Id. na Seção 3.4.1 (1)(ii).

---

81 Id. na Seção 3.4.1 (2).

---

## Capítulo 8

- 82 Kang et al. (2021): Orphaned oil and gas well stimulus — Maximizing economic and environmental benefits, <https://online.ucpress.edu/elementa/article/9/1/00161/116782/Orphaned-oil-and-gas-well-stimulus-Maximizing>
- 
- 83 Veja, por exemplo, a Lei de Infraestrutura Bipartidária dos EUA.
- 
- 84 Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency, EPA) 2022: “ferramenta de informação ao nível das instalações da EPA sobre gases de efeito estufa”, <https://ghgdata.epa.gov/ghgp/main.do>
- 
- 85 Autoridade de Transição do Mar do Norte, 2021: Intensidade de emissões offshore da plataforma continental do Reino Unido (UKCS), <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMWEwNTQ3ZWMtZjZiMC00NDRiLTg4MzAtN2M5N2I5MjhlMTYxIiwidCI6ImU2OEFjNTlkLTg2OGUtNDg4Ny04MGZhLWNlMzZmMwYyMwIiwiaWF0Ijoi>
- 
- 86 Coalizão Clima e Ar Limpo, 2023: assistência técnica sobre metano, <https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>
- 
- 87 Clean Air Task Force, 2023: CoMAT — Ferramenta Nacional de Redução de Metano, <https://www.catf.us/comat/>
- 
- 88 Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos, 2023: programa de relatórios de gases de efeito estufa (GHGRP), <https://www.epa.gov/ghgreporting>

- 89 Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos, 2023: instruções para o formulário de relatório, <https://ccdsupport.com/confluence/display/help/Reporting+Form+Instructions>
- 
- 90 Parceria de Petróleo e Gás Metano 2.0 (OGMP 2.0), 2023: documentos e modelos para orientação, <https://ogmppartnership.com/guidance-documents-and-templates/>
- 
- 91 Ibid.
- 
- 92 Limites de carbono, 2023: MIST, <https://mist.carbonlimits.no/>
- 
- 93 Instituto Americano de Petróleo, 2021: compêndio de metodologias de emissão de GEE do setor de petróleo e gás, <https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf>
- 

## Capítulo 9

- 94 Com base no Conselho de recursos atmosféricos do estado da Califórnia, 2023: Pesquisa sobre pontos críticos do metano (AB 1496), <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/methane/ab1496-research>
- 
- 95 Avaliação da GTI dos principais resultados dos métodos emergentes para detecção de metano, 2021, [https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods\\_Dec2021.pdf](https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods_Dec2021.pdf)
- 
- 96 Distrito de gerenciamento de qualidade do ar da Costa Sul, 2023: levantamentos móveis para medição de metano, <https://www.aqmd.gov/home/news-events/community-investigations/aliso-canyon-update/air-sampling/mobile-methane-measurement-surveys>
- 
- 97 Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos, 2018: Manual da EPA: Sensoriamento óptico e remoto para medição e monitoramento do fluxo de emissões de gases e material particulado, <https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-08/documents/gd-52v.2.pdf>

- 98** Honeywell, 2023, <https://www.regulations.gov/comment/EPA-HQ-OAR-2021-0317-2340>
- 
- 99** Congresso dos EUA — H.R.5376 — Lei de Redução da Inflação de 2022, <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376/text>
- 
- 100** Diretoria de Petróleo da Noruega — Lei 21 de dezembro de 1990, n° 72, referente ao imposto sobre a descarga de CO<sub>2</sub> nas atividades de petróleo na plataforma continental, <https://www.npd.no/en/regulations/acts/co2-discharge-tax/>
- 
- 101** Departamento de Proteção Ambiental de Massachusetts, 2021: Redução das emissões de metano (CH<sub>4</sub>) nas redes e serviços de distribuição de gás natural (310 CMR 7.73), <https://www.mass.gov/service-details/reducing-methane-ch4-emissions-from-natural-gas-distribution-mains-services-310-cmr-773>
- 
- 102** Comentário enviado no Registro da EPA ID n° EPA-HQ-OAR-2021-0317. Código de Regulamentos 5 CCR 1001-9 do Colorado, regulamento número 7 - controle de ozônio por meio de precursores de ozônio e controle de hidrocarbonetos por meio de emissões no setor de petróleo e gás, com referência ao estabelecimento de um inventário de emissões para, em última análise, apoiar metas de intensidade.
- 
- 103** Iniciativa Global de Metano; Medição, Relato e Verificação de Metano. Disponível em: <https://globalmethane.org/mrv/>
- 
- 104** Veja, por exemplo, Colorado State University, 2021: Aula de treinamento da OGI, <https://energy.colostate.edu/metec/ogi-training-class/>
- 
- 105** Mozhou Gao, et al. 2023: Cobertura observacional global de fontes de metano proveniente do setor de petróleo e gás com o TROPOMI, <https://www.researchsquare.com/article/rs-2681923/v1>

- 106** GTI Energy 2021: Artigo técnico: Avaliação dos métodos emergentes para detecção de metano, [https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods\\_Dec2021.pdf](https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods_Dec2021.pdf)
- 
- 107** Oil and Gas Climate Initiative, 2020: Implementação eficaz de tecnologias de detecção e quantificação de metano, <https://www.ogci.com/news/deploying-methane-detection-and-quantification-technologies-effectively>
- 
- 108** Chevron, 2022: Relatório sobre metano, p.9, <https://www.chevron.com/-/media/shared-media/documents/chevron-methane-report.pdf>
- 

## Capítulo 10

- 109** Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos, 2023: Política de auditoria da EPA, <https://www.epa.gov/compliance/epas-audit-policy>
- 
- 110** AIE, 2021: Redução dos vazamentos de metano do setor de petróleo e gás, p. 58, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
- 
- 111** Fundo de Defesa Ambiental, 2019: Caminhos para a conformidade alternativa: uma estrutura para promover a inovação, proteção ambiental e prosperidade., [https://www.edf.org/sites/default/files/documents/EDFAlternativeComplianceReport\\_0.pdf](https://www.edf.org/sites/default/files/documents/EDFAlternativeComplianceReport_0.pdf)
- 

## Capítulo 11

- 112** CPI, 2022: O Panorama do Financiamento para a Redução de Metano, <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2022/07/Landscape-of-Methane-Abatement-Finance.pdf>

- 113** AIE, 2022: Rastreador Global de Metano para 2022, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022/estimativ-methane-emissions>
- 
- 114** CPI, 2022: o panorama do financiamento para a redução de metano.
- 
- 115** AIE, 2022: Rastreador Global de Metano para 2022, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022>.
- 
- 116** AIE 2023: As emissões de metano permanecem altas em 2022, mesmo com o aumento dos preços da energia, tornando as ações para reduzi-las mais baratas do que nunca, <https://www.iea.org/news/methane-emissions-remained-stubbornly-high-in-2022-even-as-soaring-energy-prices-made-actions-to-reduce-them-cheaper-than-ever>
- 
- 117** CBS News, 17 de abril de 2020: US\$ 1,7 bilhão para limpar poços órfãos e abandonados pode gerar milhares de empregos, <https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/federal-oil-and-gas-orphan-wells-program-1.5535943>
- 
- 118** Departamento do Tesouro dos EUA: Orientação sobre energia proveniente de combustíveis fósseis para bancos multilaterais de desenvolvimento (MDBs), <https://home.treasury.gov/system/files/136/Fossil-Fuel-Energy-Guidance-for-the-Multilateral-Development-Banks.pdf>
- 
- 119** Departamento de Estado dos EUA, 2022: Declaração Conjunta de Importadores e Exportadores de Energia sobre a Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa provenientes de Combustíveis Fósseis, <https://www.state.gov/joint-declaration-from-energy-importers-and-exporters-on-reducing-greenhouse-gas-emissions-from-fossil-fuels/>
- 
- 120** Se os mercados voluntários de carbono estiverem operando em um ambiente onde as regulamentações estão em vigor, deverão ser especificados critérios de adicionalidade. Se os regulamentos exigirem reduções de emissões, tais reduções não serão consideradas “adicionais” e não serão elegíveis para créditos de carbono em um mercado de carbono.

- 121** AIE, 2020: Rastreador Global de Metano para 2020, <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/methane-abatement-options>
- 
- 122** Banco Mundial, 2022: Soluções de financiamento para reduzir a queima de gás natural e as emissões de metano, <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/27e9b31f-c8bf-5fa4-aecha/p3-3576d60e1a48/content>
- 
- 123** Banco Mundial, 2022: Soluções de financiamento para reduzir a queima de gás natural e as emissões de metano, <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/e7bb2e64-799c-59d7-9f92-4531d541b129>
- 
- 124** Ecofys, 2004: Guia de introdução para projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo em países em fase inicial de transição, p.3, <https://www.oecd.org/env/outreach/34595305.pdf>
- 

## Capítulo 12

- 125** AIE, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/marginal-abatement-cost-curve-for-oil-and-gas-related-methane-emissions-globally>
- 
- 126** Climate Group: Mais longe, mais rápido, juntos: ações dos líderes da Under2 na COP26, <https://www.theclimategroup.org/further-faster-together-under2-leaders-actions-cop26> (último acesso em 5 de maio de 2023)
- 
- 127** Departamento de Estado dos EUA, 2022: Departamento de Estado dos EUA e Fundação Bloomberg anunciam apoio ao intercâmbio entre líderes da ação climática subnacional, <https://www.state.gov/u-s-state-department-and-bloomberg-philanthropies-announce-support-for-the-subnational-climate-action-leaders-exchange/>

- 128** OGCI: iniciativa Aiming for Zero Methane Emissions da OGCI, <https://aimingforzero.ogci.com/>
- 
- 129** A Coalizão Clima e Ar Limpo, <https://www.ccacoalition.org/en/activity/reducing-methane-emissions-mexico%E2%80%99s-oil-and-gas-sector>
- 
- 130** A Coalizão Clima e Ar Limpo, <https://www.ccacoalition.org/en/news/harn-essing-law-slash-methane-emissions-oil-and-gas-industry-0>
- 

## Anexo

- 131** Avaliação Global do Metano nos EUA, <http://ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-full-report>
- 
- 132** Essa estrutura não aborda questões de oferta de carne ou redução da demanda, que podem ser componentes essenciais das estratégias de redução de emissões de longo prazo. Os formuladores de políticas que elaboram estratégias de acordo com essa estrutura devem ter o cuidado de evitar a criação de incentivos perversos ou o bloqueio de programas que possam inibir esforços futuros.
- 
- 133** PNUMA e CACC, 2022: Avaliação Global do Metano: Relatório de Referência até 2030, <https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-full-report>
-

# Colofão

---

Esta obra está licenciada para uso sob uma Licença Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional (**CC BY NO SA**).

Este manual foi escrito usando o método Book Sprints ([www.booksprints.net](http://www.booksprints.net)) in May 2023.

Autores: Adam Pacsi, Chathura Wijesinghe, Darin Schroeder, Deanna Haines, Eric Camp, Gil Damon, K.C. Michaels, Kenyon Weaver, Mohamed Badissy, Naadira Ogeer, Rafiql Islam, Ryan Wong, Steve Wolfson

Facilitadora da Book Sprints: Barbara Rühling

Revisoras: Raewyn Whyte, Christine Davis

Designer em HTML: Manuel Vazquez

Ilustradores e designers da capa: Lennart Wolfert, Henrik van Leeuwen

Foto da capa: captura de tela de um vídeo termográfico filmado com uma câmera infravermelha e disponibilizado à Reuters em 10 de junho de 2021 pela Clean Air Task Force (CATF)

Fonte: *Inria* por The Black[Foundry], *Techna* por Carl Enlund, *Faune* por Alice Savoie

Este documento deve ser citado como: Redução de emissões de metano para o setor de petróleo e gás: manual para formuladores de políticas (2023).



Financiado por:

# Bureau of Energy Resources

U.S. DEPARTMENT *of* STATE

Elaborado por:



# CLDP

COMMERCIAL LAW DEVELOPMENT PROGRAM

Colaboradores institucionais:



Berkeley  
Law

Center for Law, Energy,  
& the Environment



The Commonwealth