

# **Guia do Usuário En-ROADS**

# Índice

Introdução

Sobre o En-ROADS

Tutorial En-ROADS

Estrutura do En-ROADS

Cenário Linha de Base do En-ROADS

Gráficos de Kaya

Fundamentos sobre a Dinâmica do En-ROADS

Impactos das Mudanças Climáticas

Carvão

Petróleo

Gás Natural

Bioenergia

Renováveis

Nuclear

Novo Carbono Zero

Precificação de Carbono e Padrões de Energia

Transporte – Eficiência Energética

Transporte – Eletrificação

Construções e Indústrias – Eficiência Energética

Edifícios e Indústria – Eletrificação

Crescimento Populacional

Crescimento Econômico

Emissões Agrícolas e Escolhas Alimentares

Resíduos e Vazamentos

Desmatamento e degradação de florestas maduras

Remoção de dióxido de carbono baseada na natureza

Remoção Tecnológica de Dióxido de Carbono

Comparação de Modelos - Histórico

Glossário

# Guia do Usuário En-ROADS

Por Janet Chikofsky, Ellie Johnston, Andrew Jones, Yasmeen Zahar, Chris Campbell, John Sterman, Lori Siegel, Cassandra Ceballos, Travis Franck, Florian Kapmeier, Stephanie McCauley, Rebecca Niles, Caroline Reed, Juliette Rooney-Varga e Elizabeth Sawin

*Última atualização em novembro de 2024*

O [En-ROADS Climate Solutions Simulator](#) é uma ferramenta de simulação climática rápida e poderosa para entender como podemos atingir nossas metas climáticas por meio de mudanças em energia, uso da terra, consumo, agricultura e outras políticas. O simulador se concentra em como as mudanças no PIB global, eficiência energética, inovação tecnológica e preço do carbono influenciam as emissões de carbono, a temperatura global e outros fatores. Ele é projetado para fornecer uma síntese da melhor ciência disponível sobre soluções climáticas e colocá-la ao alcance de grupos em workshops de políticas e jogos de RPG. Essas experiências permitem que as pessoas explorem os impactos climáticos de longo prazo das políticas globais e decisões de investimento.

O En-ROADS está sendo desenvolvido pela [Climate Interactive](#), [Ventana Systems](#), [UML Climate Change Initiative](#) e [MIT Sloan](#).

Este guia fornece informações sobre a dinâmica do En-ROADS, dicas para usar o simulador, descrições gerais, exemplos do mundo real, configurações do controle deslizante e notas de estrutura do modelo para os diferentes controles deslizantes no En-ROADS.

Além deste Guia do Usuário, há:

- Uma base de conhecimento de suporte geral em [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) com perguntas frequentes e um formulário de contato
- Um [online training](#) aprofundado sobre o uso do En-ROADS que pode ser feito a qualquer momento
- Um [En-ROADS Technical Reference](#) abrangente que abrange suposições e estrutura do modelo, bem como referências para fontes de dados.

# Sobre o En-ROADS

En-ROADS é um modelo de simulação poderoso para explorar como lidar com os desafios globais de energia e mudanças climáticas por meio de ações políticas, tecnológicas e sociais em larga escala. Com o En-ROADS, você pode criar cenários que enfocam como as mudanças nos impostos, subsídios, crescimento econômico, eficiência energética, inovação tecnológica, precificação do carbono, mix de combustíveis e outros fatores irão alterar as emissões globais de carbono e a temperatura.

O En-ROADS foi projetado para ser usado interativamente com grupos, como base para conversas cientificamente rigorosas sobre como abordar as mudanças climáticas. Isso o torna ideal para tomadores de decisão que atuam no governo, empresas e sociedade civil; ou para quem está curioso sobre as escolhas do nosso mundo. A Climate Interactive disponibiliza materiais abrangentes para apoiar as pessoas nas facilitações de atividades com o uso do En-ROADS, que vão desde workshops [policy workshops](#) sobre políticas climáticas a jogos de RPG [roleplaying games](#).

Comparando o En-ROADS com outros modelos globais de energia e sistema climático, observa-se que o En-ROADS retorna resultados em poucos segundos, é transparente em sua lógica matemática e permite que você teste interativamente centenas de fatores. O En-ROADS complementa os outros modelos mais desagregados abordando questões semelhantes, por exemplo, aqueles apresentados no [EMF-27](#) (27º Estudo do Energy Modeling Forum). Esses modelos desagregados maiores são usados como fonte de dados e na calibração dos resultados do En-ROADS.

En-ROADS (Energy-Rapid Overview and Decision-Support) significa "Visão Geral Rápida de Energia e Suporte à Decisão". Sob a liderança da equipe da Climate Interactive, o En-ROADS tem-se beneficiado de uma estreita colaboração entre a Climate Interactive, Tom Fiddaman da Ventana Systems, Professor John Sterman do MIT Sloan e Professora Juliette Rooney-Varga da UMass Lowell's Climate Change Initiative. O En-ROADS é uma extensão do premiado simulador [C-ROADS](#), usado por milhares de pessoas para avaliar as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) para a redução das emissões de gases de efeito estufa e conduzir exercícios de negociações climáticas. Tanto o C-ROADS como o En-ROADS foram construídos usando a metodologia de modelagem de dinâmica de sistema e baseiam-se nas teses de doutorado do Dr. John Sterman e Dr. Tom Fiddaman no MIT.

O modelo enfatiza as interações em todo o sistema das políticas climáticas. Por trás da simulação há um extenso estudo da literatura de pesquisas mais recente sobre fatores como tempos de demora (delay), taxas de progresso, sensibilidades de preços, histórico do crescimento de fontes de energia e potencial de eficiência energética. Isso permite que o En-ROADS revele as interações dinâmicas entre diferentes alavancas (ações políticas), tais como a influência da eficiência energética sobre a energia renovável e quais ciclos de retroalimentação (feedback loops) são mais significativos.

Para usuários familiarizados com o C-ROADS, a distinção entre os dois modelos é que o C-ROADS se concentra em como as modificações nas emissões nacionais e regionais podem afetar as emissões globais de carbono e os impactos climáticos, enquanto que o En-ROADS se concentra em como as modificações globais na energia, economia e nas políticas públicas podem afetar as emissões globais de carbono e os impactos climáticos.

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](http://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

# Tutorial En-ROADS

O En-ROADS foi projetado para ser um simulador fácil de usar para criar caminhos para abordar com sucesso as mudanças climáticas globalmente. Este [tour em vídeo introdutório](#) de 11 minutos do En-ROADS oferece orientação sobre os recursos da interface do modelo. Para se aprofundar e aprender sobre as maneiras de usar o En-ROADS e a dinâmica, participe de nosso programa de treinamento En-ROADS gratuito em [learn.climateinteractive.org](http://learn.climateinteractive.org).

Incentivamos você a explorar todos os recursos do En-ROADS clicando nas opções do menu. Aqui estão alguns dos principais recursos do En-ROADS para procurar:

## Gráficos

Existem mais de 100 gráficos de saída disponíveis no En-ROADS. Eles mostram dados de diferentes partes do sistema global de energia e clima e são atualizados conforme você move os controles deslizantes no En-ROADS.

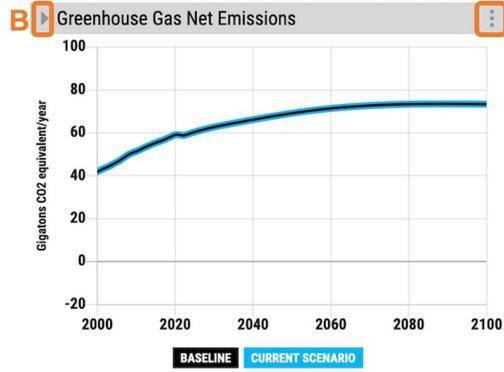
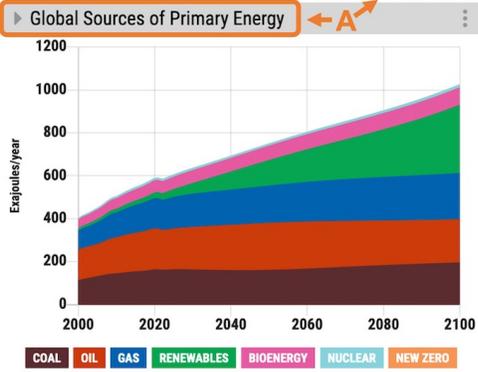
**A. Selecionar Gráficos** – Ao abrir o En-ROADS pela primeira vez, você verá os dois gráficos padrões. Você pode selecionar na lista completa de gráficos clicando no título do gráfico esquerdo ou direito. Você também pode selecionar no menu Gráficos na barra de ferramentas superior.

**B. Mais Informações** – Para obter mais informações sobre um gráfico e o que ele mostra, selecione o ícone de triângulo à esquerda do título do gráfico.

**C. Copiar Dados do Gráfico** – Copie os dados do gráfico para a área de transferência clicando nos três pontos à direita do título do gráfico e selecionando “Copiar Dados para a Área de Transferência”. Você pode colar esses dados em um programa de planilhas como o Excel.

**D. Atalho para Gráficos Populares** – Você pode pular rapidamente para uma seleção dos gráficos mais usados no ícone “Mostrar Gráficos em Miniatura” na barra de ferramentas superior. Você pode clicar em qualquer um desses gráficos em miniatura para alternar para esse gráfico na exibição do gráfico principal.

**E. Visualizar Gráficos Maiores** – Se você deseja expandir um dos gráficos para ser maior ou em uma janela separada, você pode acessá-lo clicando nos três pontos à direita do título do gráfico e selecione “Visualizar Maior” ou “Visualizar em Nova Janela”. Você pode acessar nosso recurso “Gráfico Esquerdo Grande” ou “Gráfico Direito Grande” no menu Exibir na barra de ferramentas superior.



**+3.3°C**  
+5.9°F  
Temperature Increase by 2100

## Controles deslizantes/Ações

Existem 18 controles deslizantes representando diferentes ações que você pode testar no simulador En-ROADS. Clique no título do controle deslizante ou nos três pontos à direita de cada controle deslizante para acessar as configurações detalhadas do controle deslizante:



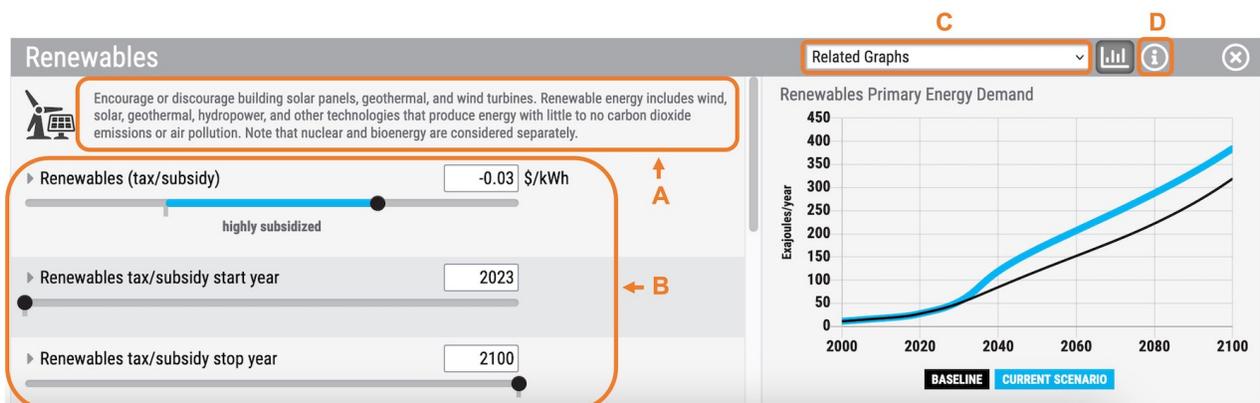
Aqui está o que você encontrará na exibição detalhada do controle deslizante:

**A. Uma descrição geral do controle deslizante** – Esta descrição fornece mais detalhes sobre a solução específica.

**B. Mais controle do controle deslizante principal** – Você verá as unidades associadas ao controle deslizante e os valores numéricos dos pontos ao longo do controle deslizante. Você pode inserir valores numéricos diretamente para definir o nível do controle deslizante para um valor específico de sua escolha (dentro do intervalo). Role para baixo para alterar e explorar os controles deslizantes relacionados. Clique no triângulo à esquerda do título de cada controle deslizante para ver uma breve descrição do controle deslizante.

**C. Gráficos relacionados** – No painel direito, você verá um gráfico relevante para o controle deslizante principal, bem como uma seleção adicional de Gráficos Relacionados. É útil fazer referência a eles para examinar as alterações que ocorrem ao mover os controles deslizantes nessa exibição. Selecione na lista suspensa de Gráficos Relacionados para visualizar outros gráficos. Você também poderá ver os movimentos do controle deslizante impactar os gráficos principais.

**D. Ajuda** – Você pode acessar informações mais detalhadas sobre o controle deslizante através do botão de informações. Esta é a mesma informação encontrada para este tópico no Guia do Usuário En-ROADS.



## Principais recursos da barra de ferramentas

Muitos recursos úteis estão a apenas um clique da barra de ferramentas superior do En-ROADS. Aqui estão alguns dos recursos que você pode acessar.



**A. Compartilhe Seu Cenário** – Você pode compartilhar seu link de cenário exclusivo com outras pessoas, que poderão abrir seu cenário En-ROADS com todas as configurações que você escolheu e os últimos gráficos principais que você visualizou. Você também pode compartilhar seu cenário em canais de mídia social. Pegar o link da barra de URL do seu navegador também funcionará, mas seus últimos gráficos visualizados não serão capturados.

**B. Reproduzir Última Alteração** – Este é um recurso divertido para reproduzir rapidamente sua última alteração várias vezes. Esse recurso ajuda você a examinar como as diferentes partes do sistema responderam à sua ação, dando a você mais tempo para procurar alterações nos gráficos relacionados. Você também pode usar os outros controles para Desfazer ou Refazer sua última ação (localizado à esquerda do controle “Repetir Última Alteração” na barra de ferramentas superior).

**C. Suposições** [no menu “Simulação”] – Acesse e altere suposições importantes que orientam o modelo En-ROADS.

**D. Unidades dos EUA** [no menu “Visualizar”] – Mude de unidades métricas para unidades dos EUA.

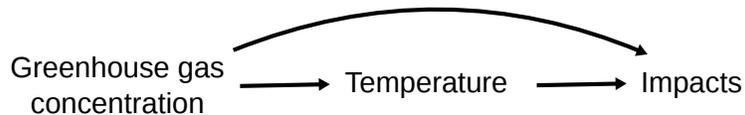
**E. Ações e Resultados** [no menu “Visualizar”] – Esta lista resume as ações totais e os principais resultados climáticos do seu cenário.

**F. Exemplos Relacionados** [no menu “Ajuda”] – Esta lista compartilha exemplos comuns de tópicos e soluções relacionados a cada um dos 18 controles deslizantes. Isso é útil quando você precisa obter rapidamente uma lista de exemplos relacionados a cada um dos controles deslizantes.

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

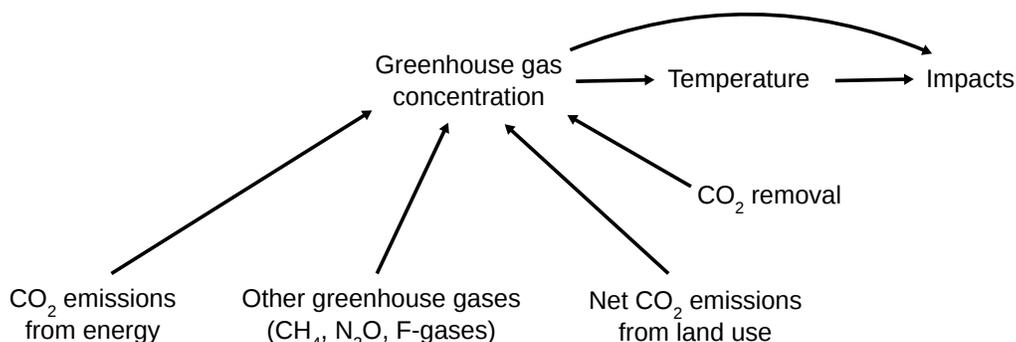
# Estrutura do En-ROADS

Uma maneira simples de pensar sobre a estrutura do En-ROADS é considerar os impulsionadores dos impactos climáticos. No simulador, a concentração de gases de efeito estufa eleva a temperatura global, o que leva a vários impactos (por exemplo, aumento do nível do mar e acidificação dos oceanos).



A concentração de gases de efeito estufa na atmosfera é impulsionada por quatro fontes principais:

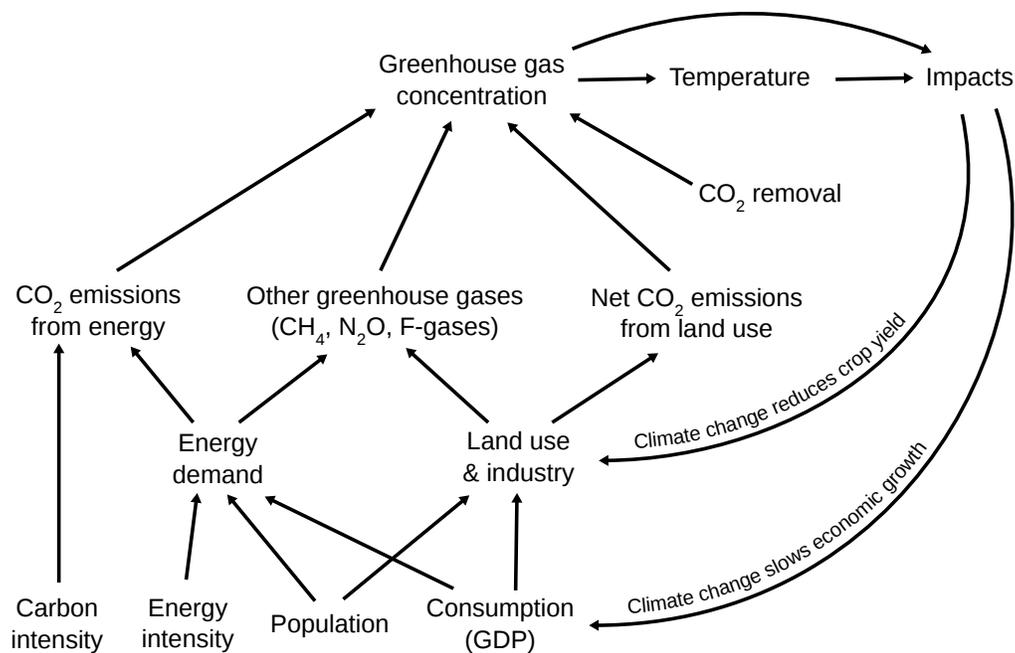
1. **Emissões de CO<sub>2</sub> de energia** da queima de carvão, petróleo, gás e biomassa. As emissões de CO<sub>2</sub> da energia atualmente compreendem cerca de 67% das emissões de gases de efeito estufa.
2. **Emissões de CO<sub>2</sub> do uso da terra** como florestas e mudanças no uso da terra. As emissões de CO<sub>2</sub> do uso da terra atualmente compreendem cerca de 7% das emissões de gases de efeito estufa.
3. **Abordagens de remoção de dióxido de carbono** que retiram o dióxido de carbono da atmosfera e o armazenam em plantas, solos ou no subsolo, levando a uma diminuição nas concentrações de CO<sub>2</sub>.
4. **Outras emissões de gases de efeito estufa** como metano, N<sub>2</sub>O e gases fluorados. As emissões não-CO<sub>2</sub> atualmente compreendem cerca de 26% do total de emissões de gases de efeito estufa.



Indo além, as emissões de CO<sub>2</sub> da energia são impulsionadas por quatro fatores, conhecidos como "Identidade Kaya". População, consumo (PIB/capita), intensidade de energia (uso de energia por dólar do PIB) e intensidade de carbono (emissões de CO<sub>2</sub> por unidade de energia) são todos multiplicados e o resultado são as emissões globais de CO<sub>2</sub> de energia. Desta forma, em alto nível, a redução das emissões de CO<sub>2</sub> envolve quatro coisas: menos pessoas, menos consumo, mais eficiência e menos fontes de energia com alto teor de carbono.

O crescimento populacional e de consumo (PIB per capita) também impulsiona as emissões dos setores agrícola, de uso da terra, de mudança no uso da terra e florestal, devido ao aumento da demanda por coisas como alimentos, produtos de madeira e matérias-primas de bioenergia. Isso aumenta as emissões de CO<sub>2</sub> do uso da terra e outros gases de efeito estufa, o que reforça o aumento da temperatura e as mudanças climáticas.

No modelo, os impactos das mudanças climáticas retroalimentam o crescimento econômico e a produtividade das colheitas. Temperaturas globais mais altas reduzem o crescimento do PIB devido aos custos de resposta a eventos climáticos extremos, elevação do nível do mar, secas e inundações. Da mesma forma, o crescimento da produtividade das colheitas também é prejudicado por esses impactos.



Esta é a maneira mais simples de entender a estrutura do En-ROADS. Para uma explicação mais aprofundada da estrutura, assista aos vídeos abaixo do nosso [En-ROADS training course](#) ou explore o documento técnico [Reference Guide](#).

## Vídeos

- [Estrutura do modelo En-ROADS \(com o professor John Sterman, MIT\)](#)
- [Como usamos as pesquisas e os dados no En-ROADS](#)
- [Comparação com dados e outros cenários \(Parte 1\)](#)
- [Comparação com dados e outros cenários \(Parte 2\): En-ROADS Junho 2023](#)
- [Transparência, atualizações de modelos e testes de condições extremas](#)
- [Relevância para os formuladores de políticas](#)
- [Nossas principais críticas ao En-ROADS \(com o professor John Sterman, MIT\)](#)
- [Mecânica do software En-ROADS](#)

## Perguntas Frequentes

- [Que tipo de modelo é o En-ROADS?](#)

# Cenário Linha de Base do En-ROADS

O Cenário de Linha de Base En-ROADS representa **o estado do mundo se as mudanças sociais e tecnológicas continuassem em sua taxa atual de progresso**, sem políticas ou ações adicionais. O Cenário de Base foi projetado para ser um ponto de partida razoável para testar várias mudanças em políticas e suposições para ver os impactos em nosso clima global. Não é uma previsão do que é mais provável que aconteça.

## O que está incluído no Cenário de Linha de Base En-ROADS?

O En-ROADS não representa explicitamente políticas locais, nacionais, internacionais e corporativas, mas estima os efeitos gerais das condições que elas criam. O Cenário de Linha de Base inclui uma implementação aproximada e agregada das atuais condições globais tecnológicas, políticas e de investimento. As políticas climáticas em vigor no mundo hoje, como a Lei de Redução da Inflação dos Estados Unidos e a estrutura "1+N" da China, estão promovendo energias renováveis, continuando a subsidiar petróleo e gás e incentivando a eficiência energética e a eletrificação. O Cenário de Linha de Base pressupõe que tais condições continuarão, mas elas não se fortalecem nem enfraquecem.

Para saber mais sobre os fatores que impulsionam as emissões no Cenário de Linha de Base, explore os [gráficos Kaya](#).

## O que *não* está incluído no Cenário de Linha de Base do En-ROADS?

O Cenário de Linha de Base En-ROADS não se destina a capturar metas de políticas. Ele não inclui promessas nacionais ou corporativas de emissões líquidas zero, por exemplo. Ele também não inclui Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) dos países sob o Acordo de Paris ou continuação de longo prazo de outras políticas nacionais. Esta é uma distinção importante de alguns outros cenários de base ou "políticas declaradas" de modelos.

Escolhemos construir o Cenário de Base En-ROADS dessa forma porque políticas "prometidas" ou "anunciadas" podem ser alteradas ou nunca implementadas. Os governos mudam e as prioridades mudam. Como resultado, você mesmo pode usar o En-ROADS para comparar os efeitos médios globais das NDCs com seu cenário e o Cenário de Base no qual essas ações políticas não são tomadas. Saiba mais aqui: [O Cenário de Base En-ROADS inclui políticas futuras ou NDCs dos países sob o Acordo de Paris?](#)

## E se eu discordar de algumas das premissas do Cenário de Linha de Base do En-ROADS?

Escolhemos um conjunto de premissas para ser nosso padrão no Cenário de Linha de Base do En-ROADS, mas encorajamos usuários curiosos a variar as premissas no En-ROADS no menu *Simulações > Premissas*. Lá você pode alterar fatores vinculados ao clima, economia, uso da terra e sistema de energia para explorar o quão sensível o modelo é a suas mudanças ou configurar um cenário diferente para testar políticas e envolver públicos.

## Perguntas Frequentes

- [Como o Cenário de Linha de Base do En-ROADS se compara aos cenários futuros de outros modelos?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

# Gráficos de Kaya

Os Gráficos Kaya descrevem os impulsionadores do crescimento das emissões de dióxido de carbono da energia, o que reflete cerca de dois terços de todas as emissões de gases de efeito estufa.

Para acessar a visualização dos Gráficos Kaya, clique no item da barra de menu "Visualizar" e depois em "Gráficos Kaya". O nome "Kaya" é devido ao Yoichi Kaya criador da equação abaixo:

$$\text{População Global} \times \text{PIB per Capita} \times \text{Intensidade Energética do PIB} \times \text{Intensidade de Carbono da Energia} = \text{Emissões de CO}_2 \text{ da Energia}$$

Aqui está uma maneira de entender suas tendências ao longo do tempo:

**População global** está crescendo – atualmente ultrapassamos os 8 bilhões de pessoas – e prevemos um crescimento de 11 bilhões até o final do século, de acordo com projeções da ONU. A taxa de crescimento está diminuindo com o tempo, pois as pessoas têm famílias menores.

**PIB per Capita** está crescendo constantemente a cada ano, e presumimos que continuará, principalmente quando as pessoas em países em rápido desenvolvimento, como China, Índia, África do Sul, México, Brasil e Indonésia, atingirem padrões de vida mais elevados.

**Intensidade Energética do PIB** está diminuindo com o tempo, devido à economia mundial se tornar mais eficiente ou usar menos energia por unidade de produção econômica. As tecnologias estão melhorando – por exemplo, carros, prédios e máquinas mais eficientes – e as economias estão mudando da manufatura para os serviços. O produto da multiplicação destes três fatores: população global, PIB per capita e a intensidade energética do PIB é igual a quantidade total de energia usada pela economia global.

**Intensidade de Carbono da Energia Final**, espera-se que a quantidade de dióxido de carbono emitida pelo uso de energia, diminua ligeiramente com o tempo. No geral, essa tendência de queda na intensidade do carbono é atribuída à mudança gradual dos combustíveis fósseis para fontes de energia com baixo teor de carbono.

**Emissões de Dióxido de Carbono da Energia** é o resultado de todos os quatro fatores multiplicados juntos, e você pode ver que no cenário de Linha de Base as emissões estão crescendo. Como o nível de dióxido de carbono na atmosfera se correlaciona com a temperatura, um aumento na concentração de dióxido de carbono na atmosfera leva a um aumento nas temperaturas globais.

Esses fatores explicam, em termos simples, por que as emissões estão aumentando no cenário de Linha de Base. As melhorias na eficiência e na descarbonização ainda não acompanham o forte crescimento da população e do consumo.

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

# Fundamentos sobre a Dinâmica do En-ROADS

Ao usar o En-ROADS, preste atenção em quando e quanto os ajustes do controle deslizante resultam em desvios do cenário de linha de base. Peça ao seu público para refletir sobre por que isso aconteceu para iluminar o pensamento sobre a dinâmica do sistema climático e energético que o En-ROADS simula.

A maior parte da dinâmica no En-ROADS pode ser respondida por estas explicações:

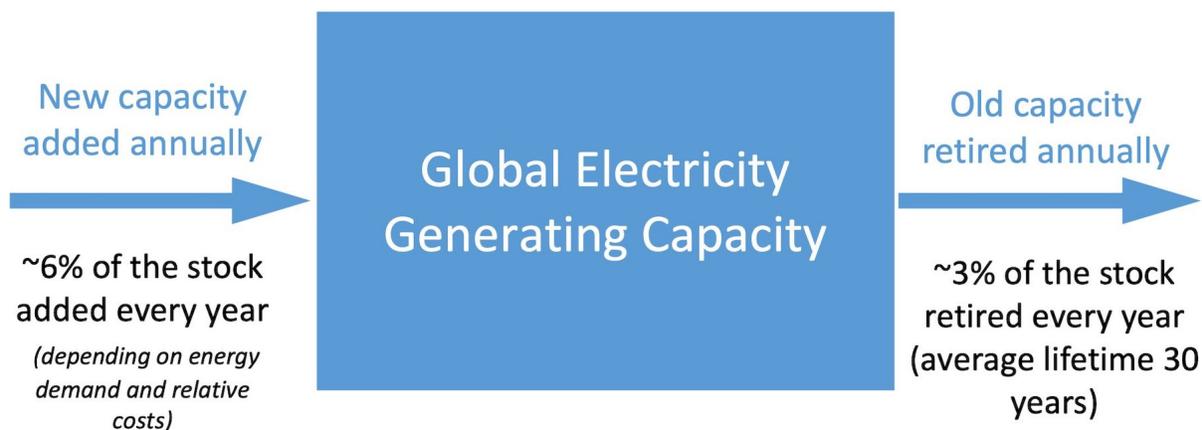
## Interações Complexas entre Oferta e Demanda de Energias Concorrentes

### 1. Atrasos e Rotação do Capital Social

Novas fontes de energia (por exemplo, renováveis e novas fontes de energia de carbono zero) demoram décadas (não anos) para crescer o suficiente para competir com carvão, petróleo e gás globalmente. Uma das principais fontes desses atrasos é que a nova infraestrutura de energia só é construída quando a infraestrutura antiga é sucateada ou há necessidade de atender ao aumento da demanda de energia.

Apenas cerca de 6% de toda a infraestrutura de energia do mundo muda a cada ano, já que infraestruturas como usinas a carvão e refinarias de petróleo podem ser usadas por 30 anos ou mais. Assim, embora as novas fontes de energia de carbono zero possam representar a maior parte da participação de mercado do novo capital de energia, levará muitos anos para que o antigo capital físico se transforme e seja sucateado. O clima só é beneficiado quando o carvão, o petróleo e o gás são retirados e, na ausência de outras intervenções, esse valor é relativamente pequeno — cerca de 3% ao ano.

## Slow Capital Stock Turnover



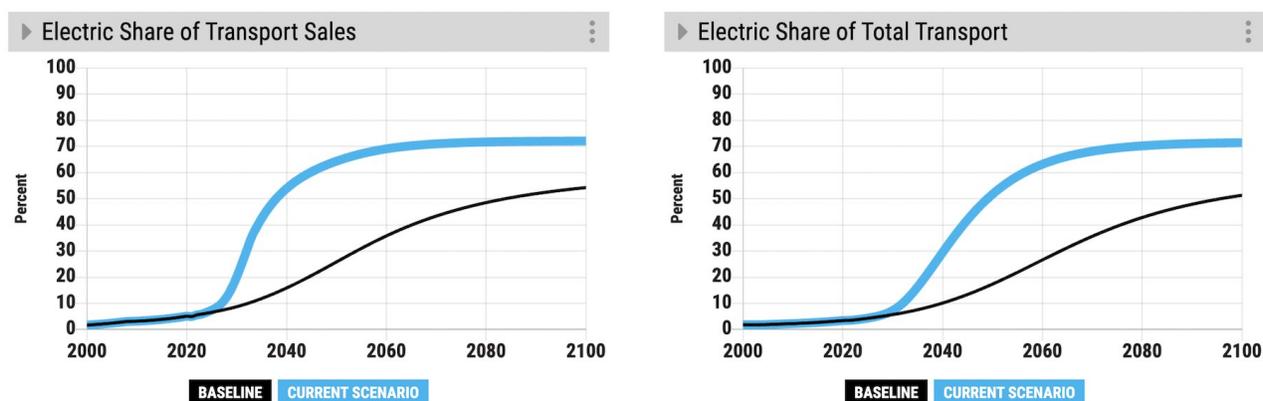
Isso aborda questões como:

- “Por que subsidiar energias renováveis, nucleares ou uma nova fonte de energia de carbono zero ajuda a evitar mais aquecimento?”

Essa dinâmica também é relevante para o aumento da eficiência energética. No entanto, o capital físico que utiliza energia, como veículos, edifícios e indústria, tem uma vida útil média muito menor (10 a 15 anos). Pode-se promover aumentos de eficiência energética de carros novos imediatamente, por exemplo, mas a eficiência energética média de todos os carros demora décadas para melhorar, pois leva tempo para que todos os carros velhos e ineficientes sejam retirados das ruas.

- Para ilustrar este ponto:\* Mova o controle deslizante Novo Carbono Zero para um grande avanço. Examine o gráfico “Fontes Globais de Energia Primária” e observe que, mesmo com o crescimento das fontes de baixo carbono, leva várias décadas até que a capacidade suficiente de combustível fóssil seja retirada para causar grande impacto. Observe que o carvão, o petróleo e o gás natural crescem constantemente nas décadas de 2020 e 2030 e leva tempo para que as emissões de gases de efeito estufa se afastem do cenário de Linha de Base.

[Visualize este cenário no En-ROADS.](#)



*Implicações desta dinâmica:* Políticas que meramente promovem alternativas aos combustíveis fósseis demoram várias décadas para reduzir as emissões de dióxido de carbono – a infraestrutura existente leva muito tempo para ser sucateada. Assim, atingir as metas climáticas também requerem desincentivos diretos à construção e uso de infraestrutura de combustíveis fósseis.

[Para saber mais, assista a este vídeo sobre Rotação do Estoque de Capital.](#)

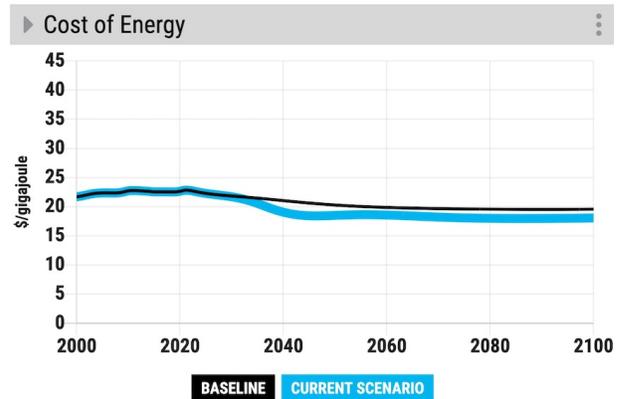
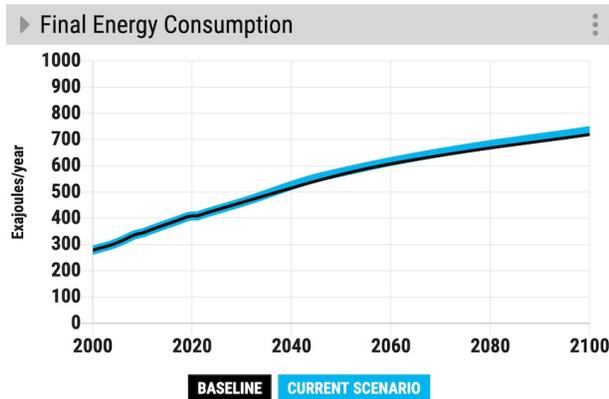
## 2. Efeitos de Preço e Demanda

A demanda de energia cai se os preços da energia subirem e a demanda aumenta se os preços caírem. Pessoas e empresas são mais propensas a tomar medidas para economizar energia (como desligar as luzes quando não estão sendo usadas) ou investir em eficiência energética (como comprar aparelhos com eficiência energética ou isolamento térmico de edifícios) quando os preços da energia são altos. As políticas devem ser elaboradas para permitir que as pessoas que têm uma alta carga de energia (uma grande proporção de sua renda para pagar pela energia) tenham acesso a energia acessível e melhorias de eficiência energética.

Quando um alto preço do carbono é definido, por exemplo, a demanda de energia cai porque os preços da energia aumentam. Por outro lado, a demanda de energia aumenta quando os preços caem quando um tipo de energia, como renovável ou uma nova fonte de energia de carbono zero, é subsidiada ou experimenta um avanço na melhoria de custo.

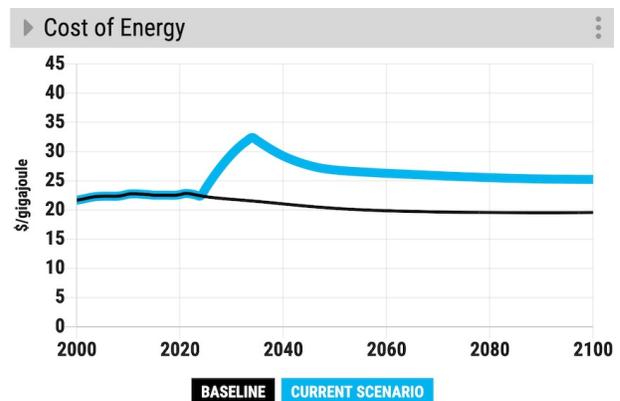
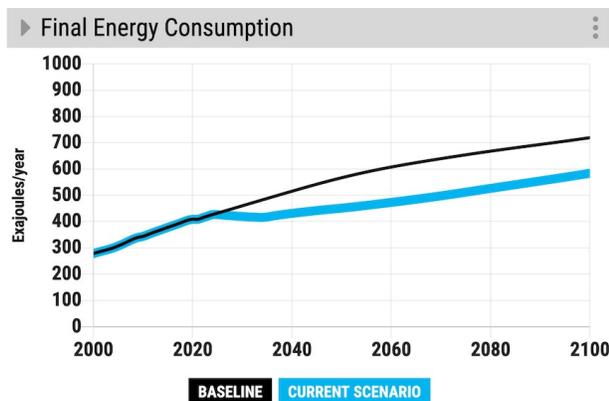
Ao subsidiar fontes de energia de baixo carbono, como as renováveis, observe o aumento do consumo final de energia. A propagação econômica da energia eólica e solar em todo o mundo diminui os preços gerais da energia e aumenta a demanda por energia:

[Visualize este cenário no En-ROADS.](#)



Por outro lado, implementar um preço de carbono faz com que os custos de energia aumentem e o consumo diminua:

[Visualize este cenário no En-ROADS.](#)



*Por que o ciclo de feedback preço-demanda enfraquece alguns dos efeitos positivos de subsidiar energias renováveis ou outras fontes de energia de carbono zero?*

O ciclo de feedback preço-demanda é uma das razões pelas quais subsidiar formas de energia renovável e de carbono zero é menos eficaz na redução das emissões de CO<sub>2</sub> do que você poderia esperar.

Aqui estão os pontos-chave a serem lembrados sobre essa dinâmica:

1. As energias renováveis ou outras formas de energia de baixo ou zero carbono só ajudam o clima quando substituem carvão, petróleo e gás, evitando que essas fontes emitam gases de efeito estufa.
2. Quando você subsidia energia renovável ou nuclear ou adiciona uma inovação em uma nova fonte de energia de carbono zero que é muito barata, isso reduz o custo geral da energia e a demanda aumenta.
3. Esse aumento na demanda por energia enfraquece os efeitos positivos das energias renovável/nuclear/nova de carbono zero por dois motivos:
  - A maior demanda por energia é atendida em sua maior parte por energia de baixo carbono, mas, como resultado, menos energia de baixo carbono está disponível para substituir os combustíveis fósseis.
  - Parte do aumento da demanda pode ser atendida por combustíveis fósseis que de outra forma não seriam necessários, que emitem gases de efeito estufa.

Se as únicas fontes de energia disponíveis não emitissem CO<sub>2</sub>, então um aumento na demanda de energia não afetaria o clima. Mas, na maioria dos cenários, é importante desincentivar a queima de carvão, petróleo e gás, além de incentivar fontes de energia de baixo carbono.

*Para saber mais, assista a este vídeo sobre o ciclo de retroalimentação (feedback loop) preço-demanda.*

### 3. Competição entre Fontes de Energia: “Crowding Out” (Efeito de deslocamento) e “Squeezing the Balloon” (Esmecendo o Balão)

Muitos assumem que, se o mundo promovesse várias fontes de energia de carbono zero de longo prazo, como nuclear, eólica e solar, sua contribuição para a mitigação de carbono seria aditiva. Mas, ao contrário disso, eles realmente competem entre si. Mais de um, menos de outro.

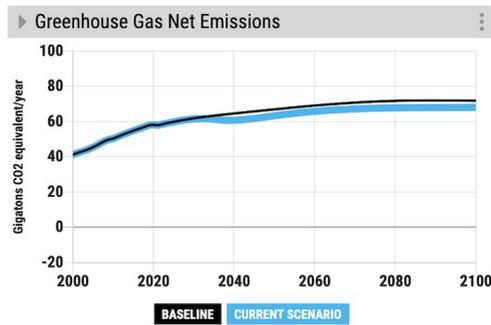
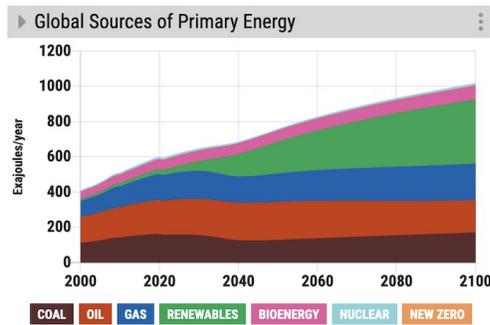
Isso aborda questões como:

- “Por que não ajudou ter um avanço em uma nova oferta de energia de carbono zero neste cenário dominado por renováveis?”

Para ilustrar este ponto: Veja o gráfico “Fontes Globais de Energia Primária” nos três cenários abaixo. No primeiro gráfico, subsidiamos apenas as renováveis; no segundo, há um avanço em uma nova oferta de energia de carbono zero; no terceiro gráfico, vemos um subsídio para renováveis e uma novo avanço de carbono zero. *Dica: Para ver a temperatura em 2100 com duas casas decimais, posicione o mouse sobre a temperatura.*

No cenário a seguir, um alto subsídio para Renováveis leva a uma redução de 0,1 grau Celsius na temperatura da Linha de Base:

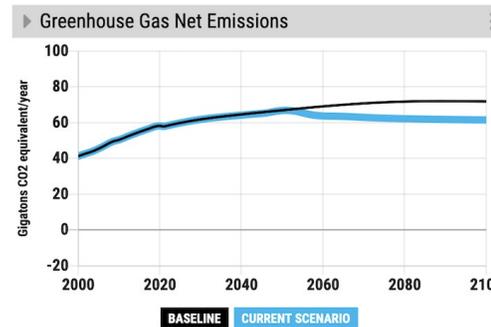
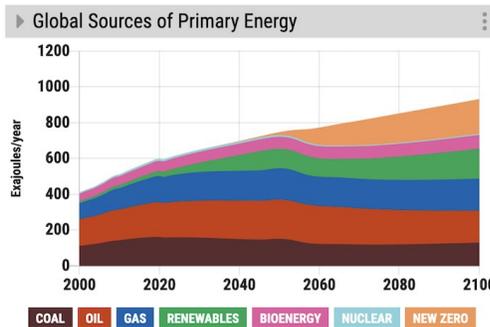
[Visualize este cenário no En-ROADS.](#)



+3.23°C  
**+3.2°C**  
+5.8°F  
Temperature Increase by 2100

Um grande avanço no Novo Carbono Zero leva a uma redução de 0,16 grau Celsius por si só:

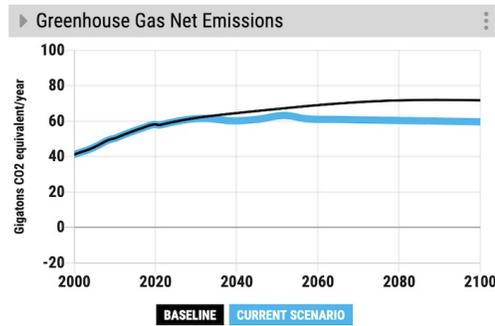
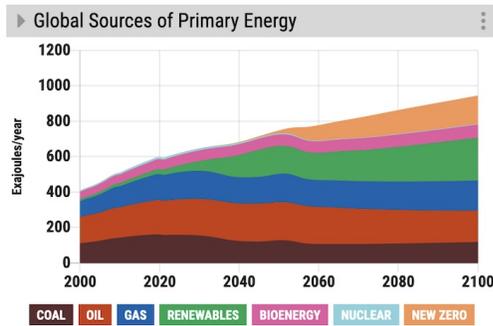
[Visualize este cenário no En-ROADS.](#)



+3.18°C  
**+3.2°C**  
+5.7°F  
Temperature Increase by 2100

Quando combinados, em vez de ver uma redução aditiva de 0,26 grau Celsius, vemos apenas uma redução de 0,2 grau na temperatura da Linha de Base devido as ofertas de energia estarem competindo entre si por participação de mercado:

*Visualize este cenário no En-ROADS.*



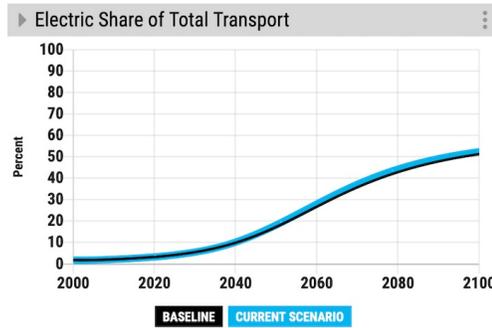
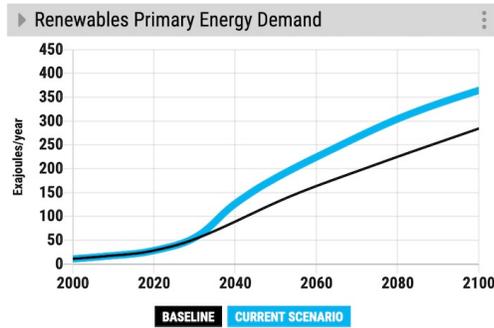
+3.11°C  
**+3.1°C**  
+5.6°F  
**Temperature Increase by 2100**

*Para saber mais, assista a este vídeo sobre "Crowding Out e Squeezing the Balloon."*

## 4. Políticas Complementares: Eletrificação

No En-ROADS as energias renováveis, nucleares e novas energias de carbono zero produzem energia na forma de eletricidade. Construções, indústria e transporte precisam ser capazes de usar eletricidade para usar essas fontes de energia mais limpas. A eletrificação das construções e da indústria (por exemplo, através da mudança para bombas de calor elétricas) e transporte (mudança de motores de combustão interna para veículos elétricos) é, portanto, essencial para mudar o mix de energia. Observe no En-ROADS como subsidiar significativamente as energias renováveis leva a uma redução de 0,1 grau Celsius na temperatura:

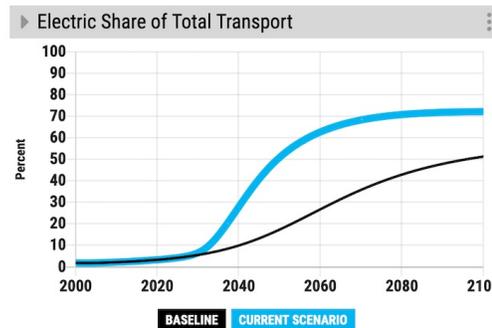
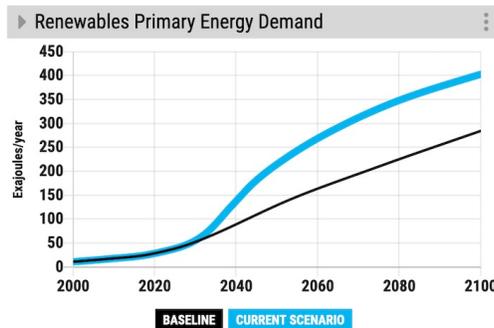
[Visualize este cenário no En-ROADS.](#)



**+3.2°C**  
+5.8°F  
Temperature Increase by 2100

E adicionar uma política para aumentar a eletrificação do transporte reduz ainda mais a temperatura e aumenta a demanda por energias renováveis:

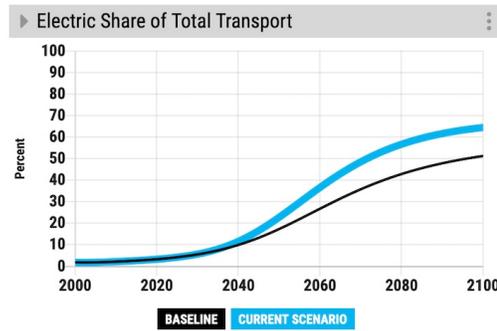
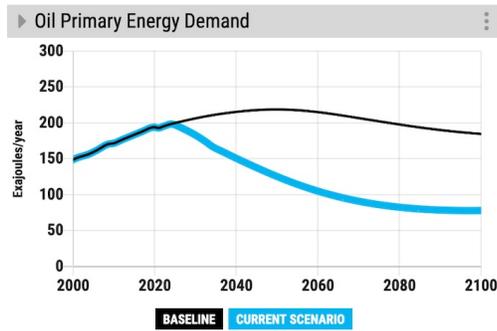
[Visualize este cenário no En-ROADS.](#)



**+3.2°C**  
+5.7°F  
Temperature Increase by 2100

Da mesma forma, em outro cenário, taxar o petróleo não é suficiente para desestimular o uso desse combustível:

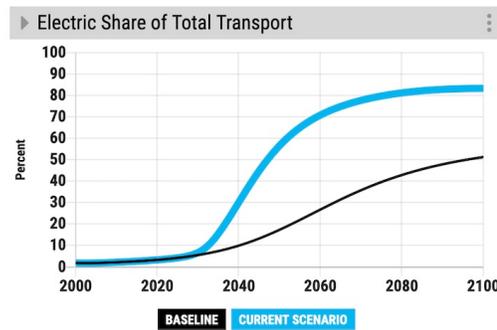
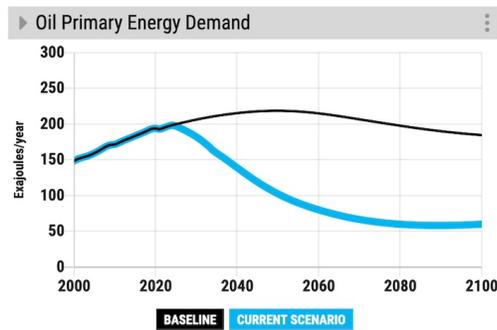
*Visualize este cenário no En-ROADS.*



**+3.2°C**  
+5.7°F  
Temperature Increase by 2100

Você também deve adicionar políticas que incentivem a eletrificação, o que permite que coisas que dependiam do petróleo usem outras fontes de energia.

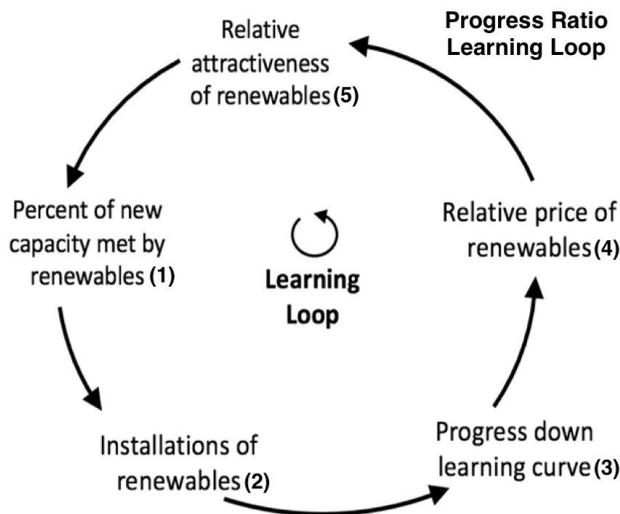
*Visualize este cenário no En-ROADS.*



**+3.1°C**  
+5.7°F  
Temperature Increase by 2100

## 5. Economias de Escala e Aprendizagem

Os custos de oferta de energia, como as renováveis, caem à medida que a experiência cumulativa é adquirida por meio de um ciclo de feedback de aprendizado, também conhecido como “economia de escala”. Cada duplicação da capacidade instalada cumulativa de renováveis reduz os custos em cerca de 20%, criando um ciclo de reforço (conhecido como “taxa de progresso”. Aumentar a capacidade (1) e a instalação (2) de novas fontes de energia leva a um aumento da aprendizagem (3), a uma diminuição do preço (4), ao aumento da atratividade das renováveis (5) e, portanto, a uma capacidade e instalações ainda maiores:



Isso aborda questões como:

- “Por que devemos ter esperança?”
- “Como podemos arcar com uma transição para uma economia de baixo carbono?”
- “Os custos das renováveis não são proibitivos?”

A dinâmica das economias de escala é uma boa notícia quando se trata de energias renováveis. Nas últimas duas décadas, o preço da energia renovável caiu significativamente e a instalação de fontes renováveis cresceu exponencialmente. (Você pode ver essas tendências de 1990 a 2020 nos gráficos "Comparação de Modelos - Histórico" no En-ROADS).

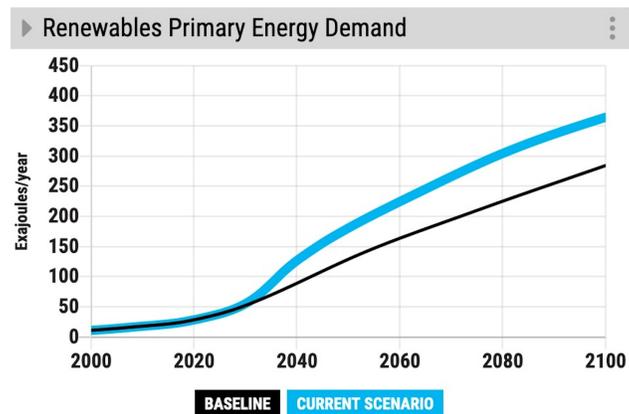
A taxa de progresso para energias renováveis é de 0,80, o que é bastante baixo em comparação com outras fontes de energia, como nuclear e carvão (0,98). Lembre-se, uma taxa de progresso de 0,80 significa que cada duplicação da capacidade instalada cumulativa reduz os custos em 20%. Para o carvão, cada duplicação da capacidade instalada cumulativa reduz os custos em apenas 2%. O carvão e outras fontes de energia mais antigas já alcançaram reduções de custo significativas devido aos avanços tecnológicos nas últimas décadas.

Isso também aborda a questão “Por que subsidiar energias renováveis é útil?”

Os subsídios reduzem o custo das renováveis, o que leva a mais instalação de renováveis e mais experiência cumulativa (aceitação social, treinamento de instaladores e engenheiros, maior disponibilidade de fábricas para fazer as peças etc.). O ciclo de aprendizado é mais rápido do que seria sem os subsídios. A mesma coisa ocorreria sem subsídios, mas seria mais lento. Enquanto isso, mais carvão, petróleo e gás seriam queimados e emitiriam gases de efeito estufa.

*Para ilustrar este ponto:* Observe o gráfico “Demanda de Energia Primária Renovável” em um cenário em que as renováveis são subsidiadas. O subsídio aumenta o crescimento exponencial que é impulsionado e sustentado pela figura do ciclo de reforço da aprendizagem mostrada acima.

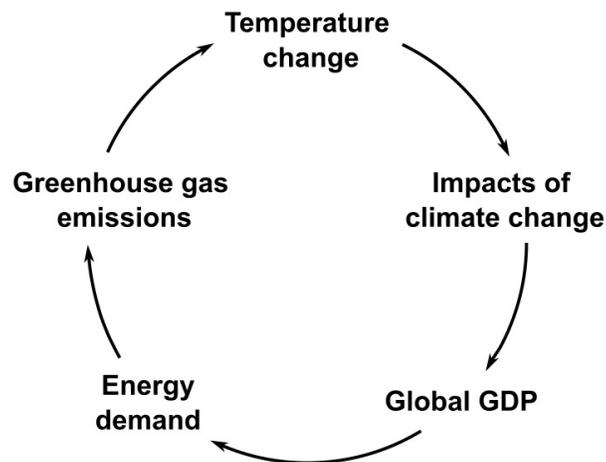
[Visualize este cenário no En-ROADS.](#)



*Para saber mais, assista a este vídeo sobre Economias de Escala.*

## 6. Danos econômicos causados pelas mudanças climáticas

O aumento da temperatura devido à mudança climática prejudica a economia e reduz o consumo, reduzindo ligeiramente alguns dos efeitos negativos futuros da mudança climática. Um aumento na temperatura global está ligado a mudanças nos padrões climáticos – como desastres climáticos mais frequentes, menores rendimentos de colheitas devido a secas, etc. – que prejudicam a economia. Isso reduz o crescimento do PIB e o consumo global de energia. Menos consumo produz menos emissões de gases de efeito estufa, o que resulta em menor aumento de temperatura. Este é um ciclo de feedback compensatório ou de equilíbrio:



Isso aborda questões como:

- “O En-ROADS leva em conta os custos dos impactos das mudanças climáticas?”
- “Por que as ações de Remoção de Carbono aumentam o Consumo de Energia ou as Emissões de CO<sub>2</sub> da Energia?”
- “Por que as ações sobre Emissões Agrícolas ou Resíduos e Vazamentos aumentam o Consumo de Energia?”

Aqui estão os pontos-chave a serem lembrados sobre essa dinâmica:

1. Essa dinâmica pode ser desligada com o botão “Mudança climática desacelera o crescimento econômico” em Simulação > Suposições > Economia > “Impacto econômico da mudança climática”. Isso faz com que a economia continue a crescer sem ser afetada pela mudança climática, causando mais poluição de gases de efeito estufa e mais mudanças climáticas. Observe que alterar as Suposições no En-ROADS afeta apenas o Cenário Atual, e o impacto econômico da mudança climática continuará presente no Cenário de Linha de Base. [Veja este cenário no En-ROADS e ligue e desligue o interruptor “Mudanças climáticas desaceleram o crescimento econômico”.](#)
2. Ações (por exemplo, remoção de carbono ou redução de Emissões Agrícolas ou Resíduos e Vazamentos) que reduzem a temperatura sem afetar os custos de energia ou a eficiência energética ainda causarão aumento no consumo de energia. A redução de temperatura causada por essas ações reduz parte do impacto econômico das mudanças climáticas, o que leva a um maior crescimento do PIB e, portanto, mais Consumo Final de Energia e emissões de gases de efeito estufa.

Observe que se as únicas fontes de energia disponíveis não emitem CO<sub>2</sub>, então um aumento na demanda de energia devido ao maior crescimento do PIB não teria efeito no clima.

3. As estimativas do efeito das mudanças climáticas na economia, conhecidas como “função de dano”, são variadas. A base da função de dano do Cenário de Linha de Base é um estudo de Burke et al. 2018. Se os usuários quiserem escolher um caminho maior ou menor para a função de dano, eles podem selecionar entre as funções de outros estudos revisados por pares ou criar os seus próprios. Detalhes podem ser encontrados neste FAQ: [Por que o En-ROADS inclui a função de dano de Burke et al. \(2018\) no Cenário de Linha de Base?](#)

*Para saber mais, leia o Explicador sobre o Impacto Econômico das Mudanças Climáticas no En-ROADS.*

# Impulsionadores do cenário de Linha de Base

Para obter uma compreensão mais profunda dos comportamentos do modelo, é importante compreender quais fatores impulsionam o cenário de Linha de Base. Para saber mais sobre este cenário de Linha de Base, visite esta FAQ: [En-ROADS Baseline Scenario chapter](#).

## 1. Impulsionadores de Crescimento

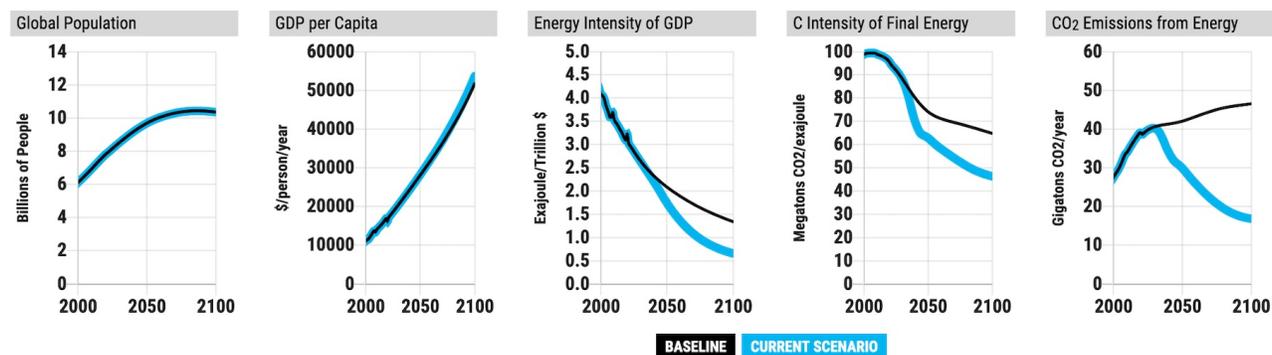
Nesta simulação, o desafio para limitar o aquecimento futuro é o forte crescimento do PIB global (Produto Mundial Bruto). Isso é impulsionado pelos controles deslizantes População e Crescimento Econômico. Mais produção e consumo de bens e serviços requerem mais energia. Embora a eficiência energética e as mudanças na mistura de combustíveis possam ajudar a reduzir as emissões de energia, seu sucesso é atenuado pelo crescimento constante do PIB. Reconhecer esse fato leva muitos usuários a explorarem diferentes futuros para a população (por exemplo, empoderando mulheres em países em desenvolvimento, o que poderia diminuir o crescimento populacional) e crescimento econômico medido em PIB per capita (por exemplo, encontrando maneiras de atender às necessidades econômicas sem aumentar consumo).

Isso aborda questões como:

- *"Fizemos muito em eficiência energética e energia limpa - por que as reduções das emissões não foram suficientemente altas?"*

*Para ilustrar este ponto:* Consulte a visualização dos Gráficos Kaya abaixo para obter um cenário de baixas emissões com maior eficiência energética e uma transição para fontes de energia de baixo carbono. Embora a Intensidade de Energia do PIB melhore e a Intensidade de Carbono da Energia também diminua, a População Global e o PIB per capita continuam a crescer.

[Visualize este cenário no En-ROADS.](#)



*Para saber mais, assista a este vídeo sobre os gráficos Kaya.*

## 2. As Emissões Não-CO<sub>2</sub> Afetam Significativamente a Temperatura

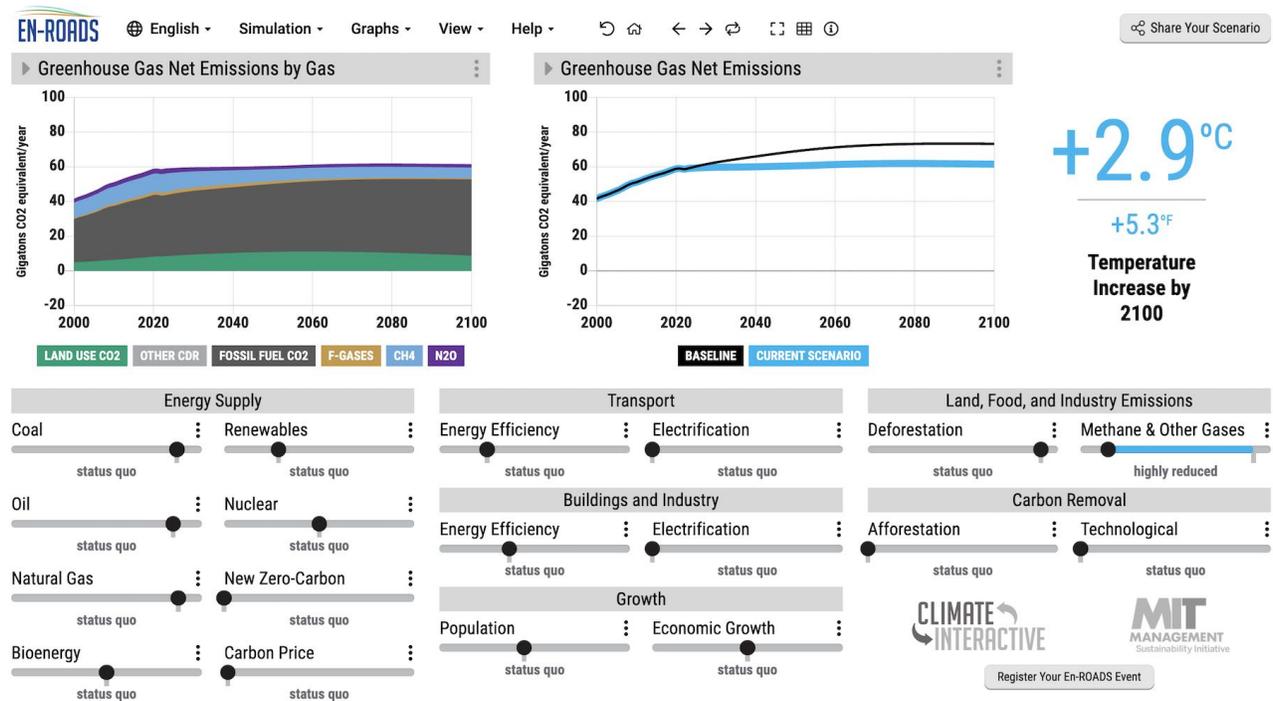
Metano (CH<sub>4</sub>), N<sub>2</sub>O e os Gases Fluorados são controlados pelo controle deslizante Emissões Agrícolas e Resíduos e Vazamentos. Ajustes neles têm um grande impacto na temperatura. Isto implica mudanças significativas na gestão e consumo de gado, gestão de resíduos, uso de fertilizantes e indústria. Atualmente, essas emissões representam cerca de 26% do total de emissões de gases de efeito estufa.

Isso aborda questões como:

- “Fizemos muito em energia – por que não resolvemos a crise climática?”

Para ilustrar este ponto: Consulte os gráficos “Emissões Líquidas de Gases de Efeito Estufa por Gás – Área” e “Emissões Líquidas de Gases de Efeito Estufa” e ajuste os controles deslizantes Emissões Agrícolas ou Resíduos e Vazamentos. Veja o cenário abaixo – reduzir muito as emissões de metano, N<sub>2</sub>O e Gases Fluorados reduz significativamente a temperatura em 2100.

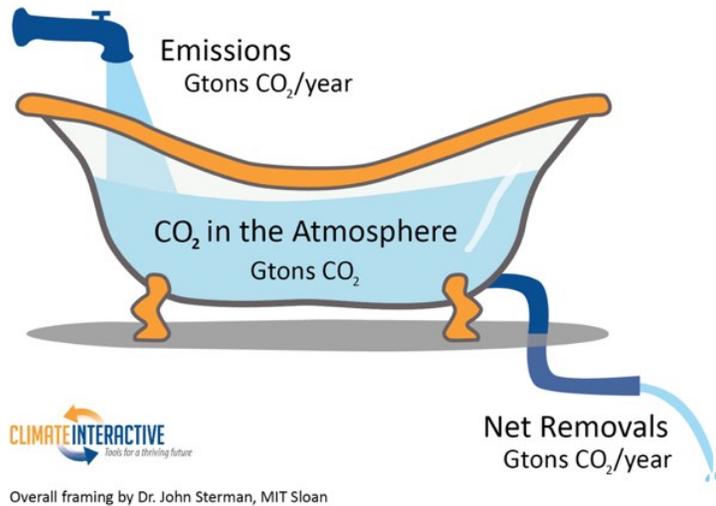
Visualize este cenário no En-ROADS.



# Dinâmica de Sistemas do Clima

## 1. Dinâmica da Banheira - As Emissões de CO<sub>2</sub> Devem Ser Iguais ou Inferiores às Remoções de CO<sub>2</sub> para que a Temperatura se Estabilize

A metáfora da banheira ajuda a explicar a dinâmica do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Se mais CO<sub>2</sub> entra na atmosfera (como a água que flui para uma banheira) do que é removido (como a água que sai da banheira), então a quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera (a quantidade de água na banheira) continuará a aumentar. Para nivelar a concentração de CO<sub>2</sub> e, portanto, a temperatura, precisamos reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> para remoções iguais. Se sua banheira estiver transbordando, feche a torneira primeiro.

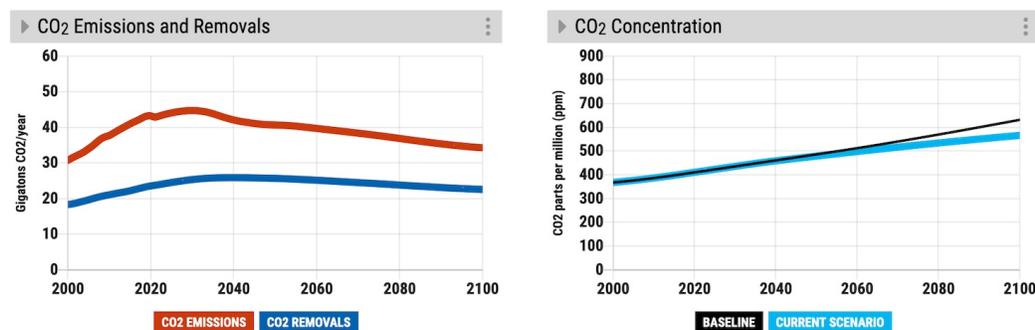


Isso aborda questões como:

- “As emissões estão estabilizadas, então por que a temperatura ou a concentração de CO<sub>2</sub> ainda está subindo?”

*Para ilustrar este ponto:* Consulte os gráficos “Emissões e Remoções de CO<sub>2</sub>” e “Concentração de CO<sub>2</sub>” em um cenário em que as emissões de CO<sub>2</sub> se estabilizam. Embora as emissões de CO<sub>2</sub> (em vermelho abaixo) tenham diminuído, a concentração de CO<sub>2</sub> (em azul à direita abaixo) continua aumentando porque as emissões são maiores que as remoções.

Visualize este cenário no En-ROADS.



**+3.0°C**  
+5.4°F  
Temperature Increase by 2100

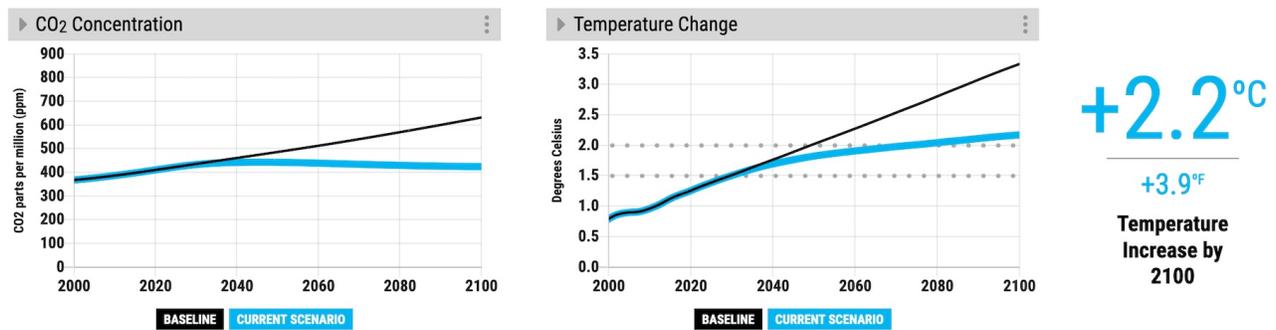
Para saber mais, assista a este vídeo sobre a Banheira de Dióxido de Carbono.

Para entender mais sobre estoques, fluxos e o enquadramento da banheira abaixo, confira nossa série de aprendizado [Climate Leader](#).

## 2. Demoras (delays) no Sistema Climático

Num cenário de estabilização da concentração de CO<sub>2</sub>, a temperatura da superfície global continua a aumentar durante vários anos devido aos desequilíbrios térmicos entre os oceanos e a atmosfera (isto é conhecido como inércia climática). O oceano absorveu a maior parte do calor retido pelos gases de efeito estufa, mas demora para atingir o equilíbrio térmico com a atmosfera. Observe que a simulação no En-ROADS termina em 2100 e o tempo para a temperatura se estabilizar após a estabilização da concentração de CO<sub>2</sub> pode ser posterior a 2100.

*Visualize este cenário no En-ROADS.*



Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

# Impactos das Mudanças Climáticas

Impactos climáticos referem-se aos efeitos das mudanças no clima da Terra sobre as pessoas, economias, ecossistemas e infraestrutura. Isso inclui redução da produção agrícola, mais mortes devido ao calor extremo e menor crescimento econômico. Os impactos podem ser causados diretamente pelo aumento da temperatura ou por fatores associados, como concentração de CO<sub>2</sub> e aumento do nível do mar.

## Índice de Impactos no En-ROADS

### Atmosfera

- [Mudança de temperatura](#)
- [Concentração de CO<sub>2</sub>](#)
- [Concentração de metano](#)
- [Concentração de gases de efeito estufa](#)

### Clima Extremo

- [Dias de calor extremo—Mapa](#)
- [Dias de calor e umidade extremos—Mapa](#)
- [Frequência de calor extremo](#)
- [Mortes por calor extremo](#)
- [Mortes por calor extremo por região](#)
- [Perdas de trabalho ao ar livre por calor extremo](#)
- [População exposta a furacões e tufões](#)
- [População exposta a inundações de rios](#)

### Oceanos

- [Elevação do nível do mar](#)
- [Elevação do nível do mar—Mapa de risco de inundação](#)
- [População exposta à elevação do nível do mar](#)
- [Acidificação dos oceanos](#)
- [Probabilidade de um verão ártico sem gelo](#)
- [Perda de vida oceânica devido ao aquecimento](#)

### Ecossistemas e Biodiversidade

- [Dias de Perigo de Incêndios Florestais devido ao Aquecimento—Mapa](#)
- [Expansão de Terras Áridas devido ao Aquecimento](#)
- [Mudanças no Ecossistema devido ao Aquecimento](#)
- [Risco de Extinção de Espécies Endêmicas de Animais](#)
- [Espécies Perdendo Mais de 50% da Faixa Climática](#)

## Saúde e Economia

- [Poluição do Ar por Energia – Emissões de PM2,5](#)
- [Poluição do Ar por Energia por Fonte – PM2,5](#)
- [Diminuição da Produção Agrícola devido ao Aquecimento](#)
- [Perda do PIB Global](#)

## Grandes Mensagens

- Os impactos climáticos podem destacar a importância de até mesmo uma pequena mudança na temperatura. Muitos impactos não aumentam constantemente conforme as temperaturas sobem. Em vez disso, eles podem piorar muito rapidamente.
- A mitigação traz co-benefícios imediatos, que são aparentes ao comparar o impacto em 2030 ou 2040 na Linha de Base vs. Cenário Atual.

## Dinâmicas Chave

- **Temperatura:** A maioria dos impactos é resultado do aumento da temperatura global ou de suas consequências. O aumento do nível do mar, por exemplo, é causado por uma combinação de derretimento do gelo e expansão térmica. Oceanos mais quentes fazem com que os ciclones tropicais se intensifiquem em força mais rapidamente do que no passado. A biodiversidade diminui quando a mudança dos padrões climáticos e o aumento do calor fazem com que os ecossistemas mudem ou se desestabilizem, alterando os habitats das espécies.
- **Concentração de CO<sub>2</sub>:** A acidificação dos oceanos, por exemplo, é causada por um aumento na concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>. Os oceanos absorvem cerca de 30% do CO<sub>2</sub> liberado na atmosfera. Uma vez dissolvido na água, o CO<sub>2</sub> aumenta a acidez da água por meio de uma série de reações químicas. Um resultado importante é que menos carbonato de cálcio fica disponível, dificultando a construção de conchas e esqueletos de corais por espécies marinhas.
- **Poluição do ar:** A poluição do ar por energia é o resultado de emissões de partículas da queima de carvão, petróleo e gás natural. Transformar o sistema energético para usar energias renováveis e outras fontes de energia limpa melhorará imediatamente a qualidade do ar.

## Dicas para facilitadores

- Destacar os impactos climáticos ao longo de um workshop En-ROADS: no início, para motivar a ação; após criar um cenário de sucesso climático, para ilustrar as melhorias; e para enfatizar a necessidade de adaptação e resiliência, mesmo em um cenário bem-sucedido.
- Mapas, como aqueles que mostram a elevação do nível do mar, ajudam as pessoas a conectar as mudanças globais às suas áreas locais.

## Considerações de Equidade

- As mudanças climáticas afetam desproporcionalmente populações marginalizadas e vulneráveis, incluindo comunidades de baixa renda, minorias raciais, idosos e pessoas com deficiência. Por exemplo, muitos idosos são mais vulneráveis a ondas de calor e eventos climáticos extremos devido a condições crônicas de saúde, capacidade reduzida de regular a temperatura corporal e fatores socioeconômicos, como recursos financeiros limitados e maior probabilidade de viver sozinho.
- Comunidades de baixa renda geralmente não têm recursos para se adaptar ou se recuperar de impactos climáticos, como desastres climáticos, quebras de safra ou elevação do nível do mar.

## Vídeos

[Impactos das Mudanças Climáticas](#)

## Estrutura do Modelo

Muitos dos impactos climáticos no En-ROADS são derivados de estudos de pesquisa que conectaram impactos específicos a diferentes cenários de temperatura global. Para obter mais informações sobre o impacto climático e o estudo no qual ele se baseia, visualize a descrição do gráfico clicando na seta cinza no canto superior esquerdo do título do gráfico. Detalhes sobre modelagem estão incluídos na [Referência Técnica do En-ROADS](#).

## Perguntas Frequentes

- [Onde posso encontrar informações detalhadas sobre os estudos de pesquisa usados para os gráficos de impacto?](#)

### Impacto econômico das mudanças climáticas

- [Explicador: Impacto econômico das mudanças climáticas no En-ROADS](#)

### Rendimento da colheita

- [Qual é a relação entre o rendimento da colheita e a temperatura no En-ROADS?](#)

### Elevação do nível do mar

- [O que a área “Terra em risco” \(azul escuro\) nos mapas de elevação do nível do mar \(SLR\) representa?](#)
- [O que a área “Terra salva por ações” \(verde\) nos mapas de elevação do nível do mar \(SLR\) representa?](#)
- [Por que os mapas de elevação do nível do mar \(SLR\) mostram tanto “Terra em risco” \(azul\) em 2030?](#)
- [Acho que os mapas de elevação do nível do mar \(SLR\) de 2030 para minha região não são confiáveis. Isso significa que os mapas de longo prazo estão errados?](#)
- [O que significa o mapa de elevação do nível do mar \(SLR\) de equilíbrio de longo prazo?](#)
- [Onde posso encontrar mais informações sobre os mapas de elevação do nível do mar \(SLR\)?](#)

### Outro

- [Como simulo “pontos de inflexão” climáticos no En-ROADS?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.



# Carvão

**Desencoraje ou incentive a extração de carvão e sua queima em usinas de energia.** O carvão é o combustível fóssil mais nocivo em termos de emissões de carbono, bem como em poluentes atmosféricos que causam graves impactos à saúde. É uma fonte de energia globalmente dominante, no entanto, porque é relativamente barato para minerar e transportar.

## Exemplos

Desencorajando o Carvão:

- Políticas governamentais que eliminam gradualmente as usinas elétricas ou as tornam mais caras de alguma forma, como impostos sobre o carvão.
- Indústria de serviços financeiros (por exemplo, bancos) ou instituições de desenvolvimento global (por exemplo, Banco Mundial) limitando o acesso ao capital financeiro para novas infraestruturas de mineração de carvão, refino e usina de energia.

## Grandes Mensagens

- Desencorajar o carvão é uma estratégia de alta alavancagem para reduzir futuras mudanças de temperatura. O carvão emite mais dióxido de carbono quando é queimado do que o petróleo ou o gás natural (o carvão tem a maior intensidade de carbono).
- Desencorajar o carvão também melhora a saúde pública e economiza custos médicos por meio da melhoria da qualidade do ar. As usinas de carvão emitem matéria particulada e outras formas de poluição do ar que provocam doenças respiratórias e cardiovasculares e mortes prematuras. nota de<sup>1</sup>

## Dinâmicas Chave

- **Impacto.** Quando o carvão é desencorajado, observe a área marrom do carvão diminuir no gráfico “Fontes Globais de Energia Primária”. É um dos abastecimentos de energia mais sensíveis a qualquer aumento de custo porque, ao contrário do petróleo, o carvão em muitas situações pode ser substituído por gás natural (para aquecimento ou eletricidade) ou renováveis (para eletricidade).
- **“Espremendo o Balão.”** Quando o carvão é tributado, observe o que acontece com o gás natural em resposta. A menos que haja restrições ao gás, sua demanda aumentará em resposta ao preço caro do carvão. Chamamos isso de problema “espremer o balão” – ou seja, reduzir as emissões de combustíveis fósseis em uma área faz com que elas apareçam em outra. As energias renováveis também são ligeiramente impulsionadas, mas o impacto nas emissões do aumento das energias renováveis é pequeno. As soluções para o problema de “espremer o balão” incluem também taxar o petróleo e o gás natural ou adicionar um preço ao carbono, que aborde todos os combustíveis fósseis juntos.
- **Feedback Preço-Demanda.** Tributar o carvão também reduz a procura de energia (ver gráficos “Energia Primária Total” e “Custo de Energia”). Quando os preços da energia são mais altos, as pessoas tendem a usar a energia de forma mais eficiente e a economizar energia. No entanto, as políticas fiscais devem ser implementadas levando em consideração as comunidades pobres e da classe trabalhadora que podem ser impactadas negativamente pelos altos preços da energia. [Saiba mais.](#)

## Co-benefícios Potenciais de Desencorajar o Carvão

- A redução de poluentes atmosféricos da queima de carvão melhora a qualidade do ar e os resultados de saúde para as comunidades vizinhas. Veja isso no gráfico “Poluição do Ar por Energia”.
- Menos mineração de carvão reduz a drenagem de metais pesados e os resíduos das minas, o que melhora a qualidade da água para as pessoas e a vida selvagem.

## Considerações de Equidade

- Tributar o carvão pode aumentar os custos de energia para famílias e empresas que dependem do carvão para suas necessidades energéticas.
- As comunidades de baixa renda geralmente sofrem os piores efeitos sobre a saúde, mas constituem a maioria dos indivíduos que produzem carvão. Oferecer caminhos para que essas pessoas encontrem novos empregos será essencial.

## Vídeos

[Carvão, Petróleo e Gás Natural](#)

## Configurações do Controle Deslizante

O controle deslizante Carvão é dividido em 5 níveis de entrada: muito tributado, altamente tributado, tributado, status quo e subsidiado. Cada um dos controles deslizantes de fornecimento de energia (Carvão, Petróleo, Gás Natural, Bioenergia, Nuclear e Renováveis) é definido para refletir um aumento ou diminuição de custo percentual semelhante para cada nível de entrada. A tabela a seguir exhibe os intervalos numéricos para cada nível de entrada do controle deslizante Carvão.

	<b>muito altamente tributado</b>	<b>altamente tributado</b>	<b>tributado</b>	<b>status quo</b>	<b>subsidiado</b>
Mudança no preço por tonelada de carvão equivalente (tce)	+\$100 to +\$30	+\$30 to +\$15	+\$15 to +\$5	<b>+\$5 to -\$5</b>	-\$5 to -\$15
Aumento ou diminuição de custos	+200% to +60%	+60% to +30%	+30% to +10%	<b>+10% to -10%</b>	-10% to -30%

Atualmente, a indústria do carvão é subsidiada fortemente. Esses subsídios estão incluídos na definição de “status quo” para o preço do carvão no En-ROADS. Se você quiser simular a remoção desses subsídios, mova o controle deslizante para “tributado”. Para obter mais informações, consulte esta FAQ: [Como simulo a redução de subsídios ao carvão, petróleo e gás natural?](#)

## Estrutura do Modelo

O custo do carvão afeta três decisões importantes em relação à infraestrutura de energia:

1. Investimento em nova capacidade (para construir ou não novas usinas de processamento e energia)
2. Utilização de capacidade (operar ou não plantas existentes)
3. Retirada de capacidade (seja para manter as plantas por mais ou menos tempo do que a média de ~30 anos)

## Estudos de Caso

Estados Unidos: Substituir toda a eletricidade movida a carvão nos EUA por energia solar poderia salvar 52.000 vidas por ano, o que é mais do que o número de pessoas empregadas pela indústria do carvão hoje. nota de<sup>2</sup>

Estados Unidos: O custo total da dependência do carvão para a economia dos EUA é estimado em US\$ 344 bilhões por ano. Desse custo, US\$ 187 bilhões são provenientes da poluição do ar, US\$ 74,6 bilhões são de efeitos na saúde pública em Appalachia e US\$ 61,7 bilhões de danos climáticos. nota de<sup>3</sup>

Índia: Um aumento de um gigawatt na capacidade de queima de carvão corresponde a um aumento de quase 15% na mortalidade infantil em áreas próximas às usinas de carvão. O efeito foi maior para usinas mais antigas, usinas em áreas com níveis de poluição relativamente mais altos e usinas que queimam carvão doméstico em vez de carvão importado. nota de<sup>4</sup>

## Perguntas Frequentes

- **Como posso forçar diretamente reduções mais profundas no uso de carvão?** Considere selecionar a opção "Parar de construir nova infraestrutura de carvão" na exibição avançada e alterar o controle deslizante "% de redução na utilização de carvão".
- **Como simulo a redução dos subsídios ao carvão?** Os atuais subsídios ao carvão estão incluídos no cenário Linha de Base do En-ROADS e você pode removê-los movendo o controle deslizante de carvão para "tributado". [Clique aqui para mais informações.](#)
- [Qual é a diferença entre um preço de carbono e um imposto sobre um combustível \(carvão, petróleo, gás natural ou bioenergia\)?](#)
- [Por que as tecnologias de captura e armazenamento de carbono \(CCS\) de carvão e gás natural não estão incluídas em "Remoção Tecnológica de Carbono" e como posso aumentá-las?](#)
- [Por que os intervalos do controle deslizante \(mín e máx\) são o que são? Como você decidiu o alcance dos controles deslizantes?](#)
- [O que acontece com a receita de impostos ou um preço de carbono no En-ROADS?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

### Notas de rodapé

[1]: Markandya, A. & Wilkinson, P. (2007). Electricity generation and health. *The Lancet*, 370(9591), 979-990. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61253-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61253-7)

[2]: Prehoda, E. W., & Pearce, J. M. (2017). Potential lives saved by replacing coal with solar photovoltaic electricity production in the U.S. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 710–715.

[3]: Epstein, P. R., Buonocore, J. J., Eckerle, K., Hendryx, M., Iii, B. M. S., Heinberg, R., ... Glustrom, L. (2011). [Full cost accounting for the life cycle of coal](#). *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1219(1), 73–98.

[4]: Barrows, G., Garg, T., & Jha, A. (2019). [The Health Costs of Coal-Fired Power Plants in India](#). SSRN.



# Petróleo

**Desencoraje ou encoraje a perfuração, refino e consumo de petróleo para energia.** O petróleo é um combustível fóssil amplamente utilizado em carros, navios e aviões; também é usado para indústria, aquecimento e eletricidade. O acesso ao petróleo provocou grandes conflitos e os derramamentos de óleo ameaçam os ecossistemas e a qualidade da água.

## Exemplos

Desencorajar petróleo:

- Governos impondo limites à perfuração e exploração de petróleo, removendo subsídios e taxando o petróleo.
- Universidades, corporações e indivíduos que se desfazem de empresas petrolíferas.
- Indústria de serviços financeiros (por exemplo, bancos) ou instituições de desenvolvimento global (por exemplo, Banco Mundial) limitando o acesso ao capital para exploração, perfuração, refino e distribuição.

## Grandes Mensagens

- É mais difícil de substituir o petróleo do que o carvão e o gás natural devido à sua portabilidade e alta densidade de energia, portanto a demanda por petróleo é mais resistente às mudanças de preço. Substituir o petróleo por fontes de energia menos intensivas em carbono geralmente requer eletrificação, como mudar para carros elétricos.
- Quando um alto imposto sobre o petróleo for a única ação implementada, você não verá uma mudança dramática na temperatura, pois a demanda por carvão e gás natural aumenta em resposta, compensando a redução nas emissões do petróleo.

## Dinâmicas Chave

- **“Espremendo Balão.”** Quando o petróleo for tributado, observe o que acontece com o carvão e o gás em resposta. A menos que haja restrições ao carvão e ao gás, suas demandas aumentarão em resposta ao alto preço do petróleo. Chamamos isso de problema de **“espremer o balão”** — reduzir as emissões de combustíveis fósseis em uma área faz com que elas apareçam em outra. Você pode ver essa dinâmica no gráfico “Emissões de CO<sub>2</sub> por Fonte”. As soluções para o problema de “espremer o balão” incluem também taxar o petróleo e o gás natural ou adicionar um preço ao carbono, que aborde todos os combustíveis fósseis juntos.
- **Troca de combustível.** Observe que tributar o petróleo resulta em um aumento na eletrificação da frota de veículos, pois os modos de transporte movidos a eletricidade se tornam mais acessíveis em face dos preços mais altos do petróleo. Veja demonstração no gráfico “Participação Elétrica da Energia Final-Transporte”. As fontes de energia usadas para eletricidade, como carvão, gás natural e renováveis, também aumentam devido a essa mudança. Para aumentar o impacto da tributação do petróleo, considere incentivar ainda mais a eletrificação do transporte.

- **Feedback Preço-Demanda.** Taxar o petróleo também reduz a demanda de energia (ver gráficos “Consumo de Energia Final” e “Custo de Energia”). Quando os preços da energia são mais altos, as pessoas tendem a usar a energia de forma mais eficiente e a economizar energia. No entanto, as políticas fiscais devem ser implementadas levando em consideração as comunidades pobres e da classe trabalhadora que podem ser impactadas negativamente pelos altos preços da energia. [Saiba mais.](#)

## Co-benefícios Potenciais de Desencorajar o Petróleo

- Uma redução na perfuração de petróleo pode levar a menos derramamentos de petróleo, ajudando a proteger os habitats da vida selvagem, a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos nos locais de produção e ao longo das rotas de transporte.
- A redução da dependência econômica do petróleo pode melhorar a segurança nacional e reduzir os custos militares.

## Considerações de Equidade

- A indústria do petróleo oferece muitos empregos bem remunerados para pessoas com formação técnica em comércio. Oferecer caminhos para que essas pessoas encontrem novos empregos será essencial.
- As empresas petrolíferas exercem enorme poder econômico e político local e globalmente. Para desencorajar o petróleo, certas proteções da indústria devem ser eliminadas.
- Há uma história de refinarias de petróleo localizadas em comunidades marginalizadas e empresas trabalhando para evitar ou limitar as regulamentações ambientais.

## Vídeos

[Carvão, Petróleo e Gás Natural](#)

## Configurações do Controle Deslizante

O controle deslizante Petróleo é dividido em 5 níveis de entrada: muito altamente tributado muito altamente, tributado altamente, tributado, status quo e subsidiado. Cada um dos controles deslizantes de fornecimento de energia (Carvão, Petróleo, Gás Natural, Bioenergia, Nuclear e Renováveis) é definido para refletir um aumento ou diminuição de custo percentual semelhante para cada nível de entrada. A tabela a seguir exibe os intervalos numéricos para cada nível de entrada do controle deslizante Petróleo:

	<b>muito altamente tributado</b>	<b>altamente tributado</b>	<b>tributado</b>	<b>status quo</b>	<b>subsidiado</b>
Varição do preço do barril de petróleo equivalente (boe)	+\$85 to +\$25	+\$25 to +\$12	+\$12 to +\$5	<b>+\$5 to -5</b>	-\$5 to -\$15
Aumento ou diminuição de custos	+200% to +60%	+60% to +30%	+30% to +10%	<b>+10% to -10%</b>	-10% to -30%

Atualmente, a indústria do petróleo é subsidiada fortemente. Esses subsídios estão incluídos na definição de “status quo” para o preço do petróleo no En-ROADS. Se você quiser simular a remoção desses subsídios, mova o controle deslizante para “tributado”. Para obter mais informações, consulte esta FAQ: [Como simulo a redução de subsídios ao carvão, petróleo e gás natural?](#)

## Estrutura do Modelo

O custo do petróleo afeta três decisões importantes em relação à infraestrutura de energia:

1. Investimento em nova capacidade (para construir ou não novas operações de perfuração e refinarias)
2. Utilização de capacidade (operar ou não as operações existentes)
3. Retirada de capacidade (manter a infraestrutura por mais tempo ou menos do que a média de ~30 anos)

## Perguntas Frequentes

- **Como posso forçar diretamente as reduções mais profundas no uso de petróleo?** Considere selecionar a opção "Parar de construir nova infraestrutura de petróleo" na exibição avançada e alterar o controle deslizante "% de Redução na utilização de petróleo".
- [Por que os intervalos do controle deslizante \(mín e máx\) são o que são? Como você decidiu o alcance dos controles deslizantes?](#)
- [O que acontece com a receita de impostos ou um preço de carbono no En-ROADS?](#)
- [Qual é a diferença entre um preço de carbono e um imposto sobre um combustível \(carvão, petróleo, gás natural ou bioenergia\)?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.



# Gás Natural

**Desencoraje ou incentive a perfuração e queima de gás natural para obter energia.** O Gás Natural é um metano. A perfuração de gás natural usa grandes quantidades de água e pode causar contaminação.

## Exemplos

Desencorajar o gás natural:

- Governos implementando impostos sobre o gás natural e leis contra fraturamento hidráulico.
- Indústria de serviços financeiros (por exemplo, bancos) ou instituições de desenvolvimento global (por exemplo, Banco Mundial) limitando o acesso ao capital.

## Grandes Mensagens

- Mais gás natural não é uma estratégia eficaz de longo prazo para o clima – é menos intensivo em carbono do que o carvão, mas ainda emite dióxido de carbono.
- A infraestrutura de gás tem uma longa vida útil e compete com a adoção de alternativas de baixo carbono, como as renováveis à medida que seus faturamentos crescem.

## Dinâmicas Chave

- **“Espremer o Balão.”** Se o gás natural for tributado, na ausência de outras políticas, a procura de energia primária para o gás diminui, mas a procura de carvão intensivo em carbono aumenta ligeiramente. Chamamos isso de problema de **“espremer o balão”** – reduzir as emissões de combustíveis fósseis em uma área faz com que elas apareçam em outra. Adicionar um preço de carbono é uma boa solução para o problema de “espremer o balão”, pois aborda todos os combustíveis fósseis juntos.
- **Vazamento de Metano.** Quando o gás é desencorajado, taxando-o, observe a linha azul do Cenário Atual descer no gráfico “Emissões de CH<sub>4</sub>”. O gás natural é composto principalmente de metano, um poderoso gás de efeito estufa. O gás metano vaza para a atmosfera de poços, dutos e outras infraestruturas de gás. A taxação do gás natural diminui o vazamento, incentivando a correção de vazamentos e desestimulando o uso de gás. Redução no metano também pode ser conseguida com a adoção de boas práticas como a manutenção de tubulações, simulada com o deslize Resíduos e Vazamentos.
- **Feedback Preço-Demanda.** Taxar o gás natural também reduz a demanda de energia (ver gráficos “Consumo de Energia Final” e “Custo de Energia”). Quando os preços da energia são mais altos, as pessoas tendem a usar a energia de forma mais eficiente e a economizar energia. No entanto, as políticas fiscais devem ser implementadas levando em consideração as comunidades pobres e da classe trabalhadora que podem ser impactadas negativamente pelos altos preços da energia. [Saiba mais.](#)

## Co-Benefícios Potenciais de Desencorajar o Gás Natural

- A perfuração de gás é intensiva em água, portanto, limitar a extração pode melhorar a segurança e a qualidade da água na fonte de produção e proteger os habitats da vida selvagem, a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. nota de<sup>1</sup> nota de<sup>2</sup>
- Existem preocupações sobre os impactos ambientais e de saúde da abordagem de perfuração de gás, conhecida como fraturamento (fracking), que levaram muitos lugares a proibi-la. nota de<sup>3</sup> nota de<sup>4</sup>

## Considerações de Equidade

- De um modo geral, a produção de gás natural nos países desenvolvidos está desproporcionalmente localizada perto de comunidades de baixa renda e minorias. nota de<sup>5</sup> nota de<sup>6</sup>
- Houve casos em que comunidades brancas ricas resistiram com sucesso ao desenvolvimento do gás natural e ele se deslocou para comunidades de baixa renda predominantemente habitadas por pessoas de cor. Comunidades de baixa renda geralmente têm menos capacidade de influenciar o desenvolvimento. nota de<sup>7</sup> nota de<sup>8</sup>
- Existem dados limitados sobre a localização de locais de fraturamento e usinas de energia em países em desenvolvimento, mas pesquisas de nível macro mostram que comunidades de baixa renda e comunidades de cor sofrem desproporcionalmente os impactos negativos da perfuração e queima de gás natural. nota de<sup>9</sup>

## Vídeos

[Carvão, Petróleo e Gás Natural](#)

## Configurações do Controle Deslizante

O controle deslizante de Gás Natural é dividido em 5 níveis de entrada: tributado muito altamente, tributado altamente, tributado, status quo e subsidiado. Cada um dos controles deslizantes de fornecimento de energia (Carvão, Petróleo, Gás Natural, Bioenergia, Nuclear e Renováveis) é definido para refletir um aumento ou diminuição de custo percentual semelhante para cada nível de entrada. A tabela a seguir exibe as faixas numéricas para cada nível de entrada do controle deslizante de Gás Natural:

	<b>muito altamente tributado</b>	<b>altamente tributado</b>	<b>tributado</b>	<b>status quo</b>	<b>subsidiado</b>
Mudança do preço por mil pés cúbicos (Mcf)	+\$5.00 to +\$1.40	+\$1.40 to +\$0.70	+\$0.70 to +\$0.20	<b>+\$0.20 to -\$0.20</b>	-\$0.20 to -\$0.70
Aumento ou diminuição de custos	+200% to +60%	+60% to +30%	+30% to +10%	<b>+10% to -10%</b>	-10% to -30%

Atualmente, a indústria do gás natural é subsidiada fortemente. Esses subsídios estão incluídos na definição de “status quo” para o preço do gás natural no En-ROADS. Se você quiser simular a remoção desses subsídios, mova o controle deslizante para “tributado”. Para obter mais informações, consulte esta FAQ: [Como simulo a redução de subsídios ao carvão, petróleo e gás natural?](#)

## Estrutura do Modelo

O custo do gás natural afeta três decisões importantes em relação à infraestrutura de energia:

1. Investimento em nova capacidade (para construir ou não novas usinas de processamento e energia)
2. utilização de capacidade (operar ou não plantas existentes)
3. retirada de capacidade (manter as plantas por mais tempo ou menos do que a média de ~30 anos)

## Perguntas Frequentes

- **Como posso forçar diretamente as reduções mais profundas no uso de gás natural?** Considere selecionar a opção "Parar de construir nova infraestrutura de gás natural" na exibição avançada e alterar o controle deslizante "% de Redução na utilização de gás".
- **Como simulo a redução dos subsídios ao gás natural?** Os atuais subsídios ao gás natural estão incluídos no cenário de Linha de Base do En-ROADS e você pode removê-los movendo o controle deslizante de gás natural para "tributado". [Clique aqui para mais informações.](#)
- **Como faço para simular o conserto de vazamentos de gás natural?** Ative "Usar configurações detalhadas" na visualização avançada de Metano e Outros Gases e, em seguida, defina o controle deslizante "Emissões de energia e indústria".
- [Por que os intervalos do controle deslizante \(mín e máx\) são o que são? Como você decidiu o alcance dos controles deslizantes?](#)
- [O que acontece com a receita de impostos ou um preço de carbono no En-ROADS?](#)
- [Qual é a diferença entre um preço de carbono e um imposto sobre um combustível \(carvão, petróleo, gás natural ou bioenergia\)?](#)
- [Por que as tecnologias de captura e armazenamento de carbono \(CCS\) de carvão e gás natural não estão incluídas em "Remoção Tecnológica de Carbono" e como posso aumentá-las?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](http://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

### Notas de rodapé

[1]: Bamberger, M., & Oswald, R. E. (2012). [Impacts of Gas Drilling on Human and Animal Health](#). *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 22(1), 51–77.

[2]: Ridlington, E., & Rumpler, J. (2013). [Fracking by the Numbers: Key Impacts of Dirty Drilling at the State and National Level](#). *Environment America*.

[3]: Good, K. (2015, February 12). [These 4 Countries Have Banned Fracking ... Why Can't the U.S. Get On Board?](#)

[4]: Carpenter, D. O. (2016). [Hydraulic fracturing for natural gas: impact on health and environment](#). *Reviews on Environmental Health*, 31(1).

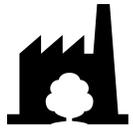
[5]: Clough, E. (2018). [Environmental justice and fracking: A review](#). *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 3, 14–18.

[6]: Bienkowski, B. (2016, February 17). [Fracking's Costs Fall Disproportionately on the Poor and Minorities in South Texas](#). *Inside Climate News*.

[7]: Jula, M. (2018, April 17). [Parents didn't want fracking near their school. So the oil company chose a poorer school, instead.](#) *Mother Jones*.

[8]: Gislason, M., & Andersen, H. (2016). [The Interacting Axes of Environmental, Health, and Social Justice Cumulative Impacts: A Case Study of the Blueberry River First Nations.](#) *Healthcare*, 4(4), 78.

[9]: Perera, F. (2017). [Pollution from Fossil-Fuel Combustion is the Leading Environmental Threat to Global Pediatric Health and Equity: Solutions Exist.](#) *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1), 16.



# Bioenergia

**Desencorajar ou encorajar o uso de árvores, resíduos e culturas agrícolas para criar energia.** Essas fontes (feedstocks) produzem energia quando queimadas como sólidos (por exemplo, madeira), líquidos (por exemplo, etanol) ou gás (por exemplo, metano da decomposição). Algumas matérias-primas podem ser sustentáveis e outras podem ser piores do que queimar carvão. A tecnologia de captura e armazenamento de carbono pode ser usada com bioenergia (BECCS), mas ainda não é amplamente usada e enfrenta barreiras para implantação.

## Exemplos

Desencorajando a bioenergia:

- Políticas governamentais que eliminam gradualmente o investimento em nova infraestrutura de bioenergia ou o tornam mais caro, como impostos sobre matérias-primas de bioenergia.
- Campanhas de informação pública que criticam fontes de bioenergia que não são sustentáveis e levantam preocupações públicas sobre as desvantagens da bioenergia.

Incentivando a bioenergia:

- Incentivos e/ou metas governamentais para converter terras em matérias-primas crescentes que fornecem o material vegetal e a biomassa necessários para produzir bioenergia.
- Pesquisa, desenvolvimento e investimento em novas tecnologias que podem produzir novas formas de biocombustíveis, e veículos e indústria que podem usar ou dar suporte a esses biocombustíveis.
- Políticas governamentais que isentam a bioenergia, independentemente da matéria-prima, de estruturas de contabilidade de gases de efeito estufa projetadas para limitar as emissões.

## Grandes Mensagens

- A bioenergia não é uma resposta de alta alavancagem às mudanças climáticas – embora use um recurso potencialmente renovável, ainda emite grandes quantidades de dióxido de carbono e enfrenta restrições de fornecimento com o aumento de escala.
- Subsidiar a bioenergia da madeira aumenta a temperatura porque resulta em maiores emissões líquidas de CO<sub>2</sub>.

## Dinâmicas Chave

- Como a bioenergia é subsidiada ou taxada, observe que a temperatura muda muito pouco e a contribuição da bioenergia para a mistura de fontes globais de energia primária não muda muito. A principal restrição à bioenergia é a quantidade de biomassa disponível a cada ano para ser transformada em energia. Essa limitação significa que há apenas pequenas mudanças em outras fontes de energia, se a bioenergia for subsidiada.

- Subsidiar a bioenergia de madeira aumenta as emissões de CO<sub>2</sub> (mostrado no gráfico “Emissões brutas de CO<sub>2</sub> da bioenergia florestal”) e reduz a remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera (mostrado no gráfico “Remoções de CO<sub>2</sub> da terra”). Juntas, a mudança nas emissões e remoções resulta em mais CO<sub>2</sub> na atmosfera, mostrado no gráfico “Emissões líquidas de CO<sub>2</sub> da bioenergia florestal”. Para uma compreensão aprofundada dessa dinâmica, leia o [Bioenergy Explainer](#).
- A bioenergia só é carbono zero se a biomassa for regenerada para compensar o carbono emitido. Isso não é garantido e, em algumas áreas, a bioenergia é produzida a partir de árvores, que levam décadas para regenerar para compensar o carbono liberado quando queimadas.
- A captura e armazenamento de carbono da bioenergia (BECCS) é proposta como uma forma de remover carbono adicional da atmosfera. Para que isso beneficie o clima, a biomassa usada precisaria ser totalmente regenerada e as emissões capturadas quando a biomassa for queimada para produzir energia. Isso ainda precisa ser comprovado como viável em grandes escalas.

## Co-benefícios Potenciais de Desencorajar a Bioenergia

- Os cultivos e as terras aráveis são liberados para outros usos, como a produção de alimentos, quando a bioenergia é desencorajada.
- Deixar intactas as fontes de biomass, como as florestas, permite a preservação da biodiversidade.
- Uma redução na queima de biomassa pode melhorar a qualidade do ar interno e externo devido à redução de fuligem e partículas.
- A bioenergia pode acelerar o mature forest degradation por meio da dependência da madeira como combustível ou pela expansão de cultivos de bioenergia, particularmente nos trópicos. Menos desmatamento tem muitos benefícios, incluindo o sequestro adicional de carbono.

## Considerações de Equidade

- As terras utilizadas para cultivos bioenergéticos podem reduzir a disponibilidade de terras para a produção de alimentos e comprometer a segurança alimentar.
- Os meios de subsistência dos agricultores podem ser afetados severamente pela mudança dos mercados agrícolas, portanto, devem ser tomadas medidas para ajudar os trabalhadores e agricultores na transição para as mudanças nas demandas das culturas.

## Vídeos

[Bioenergia](#)

## Configurações do Controle Deslizante

O controle deslizante Bioenergia é dividido em 5 níveis de entrada: tributado altamente, tributado, status quo, subsidiado e subsidiado altamente. Cada um dos controles deslizantes de fornecimento de energia (Carvão, Petróleo, Gás Natural, Bioenergia, Nuclear e Renováveis) é definido para refletir um aumento ou diminuição de custo percentual semelhante para cada nível de entrada. A tabela a seguir exibe os intervalos numéricos para cada nível de entrada do controle deslizante Bioenergia:

	<b>altamente tributado</b>	<b>tributado</b>	<b>status quo</b>	<b>subsidiado</b>	<b>altamente subsidiado</b>
Mudança do preço do barril de petróleo equivalente (boe)	+\$25 to +\$15	+\$15 to +\$5	<b>+\$5 to -\$5</b>	-\$5 to -\$15	-\$15 to -\$25
Aumento ou diminuição de custos	+60% to +30%	+30% to +10%	<b>+10% to -10%</b>	-10% to -30%	-30% to -60%

## Estrutura do Modelo

- Este setor acompanha várias etapas das instalações de bioenergia ou capacidade de fornecimento de energia, incluindo: capacidade em desenvolvimento, em construção e produção efetiva de energia, bem como os atrasos entre cada etapa.
- A Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono (BECCS) é controlada separadamente no controle deslizante Remoção Tecnológica de Carbono. No entanto, uma grande redução de custo em bioenergia pode resultar no aumento de BECCS, uma vez que se torna um custo competitivo com outras fontes.
- A modelagem futura neste setor adicionará mais refinamento às formas como o suprimento de bioenergia é caracterizado e incluirá vínculos mais fortes com a quantidade de terra disponível.

## Perguntas frequentes e explicações

- [Explicador: Bioenergia em En-ROADS](#)
- [O que representa o controle deslizante de bioenergia e por que a bioenergia não está incluída nas renováveis?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.



# Renováveis

**Incentivar ou desencorajar a construção de painéis solares, sistemas geotérmicos e turbinas eólicas.** A energia renovável inclui energia eólica, solar, geotérmica, hidrelétrica e outras tecnologias que produzem energia com pouca ou nenhuma emissão de dióxido de carbono. Observe que a nuclear e a bioenergia são consideradas separadamente.

## Exemplos

- Governos oferecendo incentivos fiscais para famílias que instalem painéis solares em seus telhados.
- Agricultores e proprietários de terras permitindo a instalação de aerogeradores em suas terras.
- Pesquisa e desenvolvimento de melhorias em tecnologias de energia renovável para melhorar a eficiência e/ou reduzir custos.
- Empresas que se comprometem a se abastecer com energia 100% renovável.

## Grandes Mensagens

- Subsidiar energia renovável ajuda a limitar a demanda por carvão e gás e a reduzir a temperatura futura, pois se torna a fonte mais acessível de eletricidade.
- Subsídios renováveis podem deslocar mais significativamente a demanda por carvão, petróleo e gás quando complementados com outras ações, particularmente a eletrificação de transporte, edifícios e indústria.
- Alcançar uma alta parcela de energia renovável para eletricidade requer armazenamento de energia e outras soluções para equilibrar a variabilidade do vento e do sol.

## Dinâmicas Chave

- **Impacto.** À medida que você incentiva as energias renováveis, observe a demanda por fontes renováveis (em verde) crescer e a demanda por carvão (em marrom) e gás natural (em azul) reduzir no gráfico "Fontes Globais de Energia Primária". A energia renovável já está crescendo constantemente no Cenário de Linha de Base, então os subsídios adicionais ajudam a reduzir as emissões, mas só até certo ponto.
- **Feedback Preço-Demanda.** Os subsídios às energias renováveis diminuem os custos de energia, o que aumenta a procura de energia em relação ao que teria sido de outra forma (as pessoas usam mais energia quando é barata). Esse efeito de feedback reduz um pouco o impacto positivo do incentivo à energia renovável. Visualize essa dinâmica com o gráfico "Consumo de Energia Final". [Saiba mais.](#)
- **Economias de escala.** O cenário de base já pressupõe um alto crescimento de energia renovável com base em tendências históricas de redução de custos e altas taxas de adoção (veja os gráficos "Custo marginal da história da eletricidade solar" e "Demanda de energia primária da história eólica e solar" na seção "Comparação de modelos – histórico") e para mais detalhes sobre a dinâmica [leia aqui.](#)

- **Demora (delay).** A demora para que os subsídios e o incentivo às renováveis apareçam na capacidade instalada. A nova infraestrutura de energia só é adicionada à medida que a demanda cresce ou quando a infraestrutura antiga é retirada e abre espaço para uma nova infraestrutura (isso é conhecido como “[demora na rotatividade do estoque de capital](#)”). A nova infraestrutura leva tempo para ser construída. Subsídios e impostos também são escalonados ao longo de 10 anos, criando parte do atraso na velocidade com que as ações causam impacto.
- **Eletrificação para aumentar o impacto.** Incentivar a eletrificação de construções, indústrias e transportes permite que a eletricidade de fontes renováveis substitua o combustível (como o petróleo). [Saiba mais.](#)

## Co-benefícios Potenciais de Encorajar às Energias Renováveis

- A diminuição da poluição do ar e da água decorrente da mudança de fontes de combustível fóssil pode melhorar a saúde pública, a produtividade do trabalhador e a economia para governos e famílias.
- As energias renováveis podem ajudar a expandir o acesso à energia durante quedas de energia.
- A energia renovável oferece oportunidades para empregos de alta e baixa qualificação.

## Considerações de Equidade

- Embora o preço da infraestrutura de energia renovável continue caindo, muitas comunidades de baixa renda continuam incapazes de acessar a tecnologia em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Trabalhar para garantir uma transição energética equitativa pode ajudar todos a colher os benefícios. nota de<sup>1</sup>
- As políticas em muitos países desenvolvidos limitam os programas de subsídios solares e eólicos aos proprietários de residências, que geralmente ocupam faixas de renda mais altas.

## Vídeos

[Renováveis](#)

## Configurações do Controle Deslizante

O controle deslizante Renováveis é dividido em 4 níveis de entrada: tributado, status quo, subsidiado e subsidiado altamente. Cada um dos controles deslizantes de fornecimento de energia (Carvão, Petróleo, Gás Natural, Bioenergia, Nuclear e Renováveis) é definido para refletir um aumento ou diminuição de custo percentual semelhante para cada nível de entrada. A tabela a seguir exibe os intervalos numéricos para cada nível de entrada do controle deslizante Renováveis:

	tributado	status quo	subsidiado	altamente subsidiado
Mudança do preço por quilowatt-hora (kWh)	+\$0.02 to +\$0.01	+\$0.01 to -\$0.01	-\$0.01 to -\$0.02	-\$0.02 to -\$0.05
Aumento ou diminuição de custos	+30% to +10%	+10% to -10%	-10% to -30%	-30% to -60%

## Estrutura do Modelo

Este setor acompanha o tempo que as instalações eólicas e solares levam para passar por vários estágios – capacidade em desenvolvimento, em construção e realmente produzindo energia.

Os ciclos de feedback mais importantes no setor de energias renováveis incluem:

1. Superaquecimento – os custos sobem quando a demanda cresce mais rápido do que as indústrias de manufatura e suporte podem acompanhar.
2. Disponibilidade do local – a eficiência diminui e os custos aumentam quando as fontes renováveis são instaladas em locais menos ideais (por exemplo, energia solar em climas chuvosos).
3. Efeito de aprendizado – cada duplicação da produção cumulativa reduzirá os custos em 20% (também conhecido como taxa de progresso). Os custos diminuem à medida que as cadeias de suprimentos, os modelos de negócios e as indústrias de produção crescem.

## Estudos de Caso

Estados Unidos: estima-se que o aumento das fontes de energia eólica e solar tenha evitado 7.000 mortes prematuras e economizado US\$ 87,6 bilhões em custos de saúde e impactos climáticos de 2007 a 2015. nota de<sup>2</sup>

Benin: Foi demonstrado que a irrigação por gotejamento movida a energia solar para mulheres agricultoras aumenta a produção e o consumo de hortaliças familiares, aumenta o nível de renda e diminui a insegurança alimentar. nota de<sup>3</sup>

Global: Aumentar a participação de energia renovável na oferta global de energia para 65% poderia gerar 6 milhões de empregos e acrescentar US\$ 19 trilhões à economia mundial até 2050.<sup>4</sup>

## Perguntas Frequentes

- **Por que o incentivo às energias renováveis com um grande subsídio não evita muito aquecimento futuro sozinho?**
  - As energias renováveis apenas reduzem as emissões de CO<sub>2</sub> quando substituem os combustíveis fósseis. Em alguns casos, a energia renovável apenas atende à nova demanda de energia e não substitui a demanda atendida por carvão e gás.
  - Existe um efeito de retroalimentação preço-demanda – para crescer, as energias renováveis são barateadas. A queda no preço da energia impulsiona a demanda, desfazendo parte do efeito positivo.
- **Como posso fazer com que as energias renováveis cresçam mais rápido?**
  - Desencorajar os combustíveis fósseis taxando-os individualmente ou definindo um preço de carbono.
  - Ajustar o controle deslizante "Redução de custos de inovação em P&D de energias renováveis" para simular uma inovação repentina que reduziria drasticamente o custo da energia renovável.
  - Incentivar a eletrificação de edifícios, indústria e transporte, o que permite que a eletricidade de energias renováveis substitua o combustível.
  - Ajustar os controles deslizantes "Redução de custos de inovação em armazenamento de hidrogênio" e/ou "Redução de custos de inovação em outras áreas de armazenamento" para simular uma inovação que reduziria o custo do armazenamento de energia necessário para acomodar a variabilidade da energia eólica e solar.

- **Como o En-ROADS lida com a disponibilidade e o custo de armazenamento de eletricidade de fontes renováveis variáveis?** O custo de armazenamento de fontes renováveis é explicitamente modelado no En-ROADS e, quando as fontes renováveis se tornam uma parte significativa do fornecimento de energia, o armazenamento deve ser rentável para permitir uma maior expansão.
- [Como simulo a armazenagem de energia para eólica e solar?](#)
- [Como simulo as inovações em energia das ondas e energia das marés?](#)
- [Como simulo o uso de hidrogênio?](#)
- [Por que todas as fontes de energia renovável estão agrupadas no En-ROADS?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

#### **Notas de rodapé**

[1]: Eisenberg, A. (2018). [Just Transitions](#). *Southern California Law Review*, Vol. 92, No. 101, 2019.

[2]: Millstein, D., Wiser, R., Bolinger, M., & Barbose, G. (2017). [The climate and air-quality benefits of wind and solar power in the United States](#). *Nature Energy*, 2(9).

[3]: Burney, J., Woltering, L., Burke, M., Naylor, R., & Pasternak, D. (2010). [Solar-powered drip irrigation enhances food security in the Sudano–Sahel](#). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(5), 1848–1853.

[4]: IEA & IRENA. (2017). [Perspectives for the Energy Transition – Investment Needs for a Low-carbon Energy System](#).



**Incentivar ou desencorajar a construção de usinas nucleares.** A produção de energia nuclear não libera dióxido de carbono, mas produz lixo nuclear nocivo.

## Exemplos

Desencorajar nuclear:

- Campanhas de informação pública para aumentar as preocupações do público sobre os riscos da energia nuclear.
- Políticas para desativar usinas nucleares existentes.

Incentivo nuclear:

- Políticas governamentais destinadas a lidar com o lixo nuclear e reduzir os custos da energia nuclear.
- Esforços corporativos para promover a aceitação pública das usinas nucleares.

## Grandes Mensagens

- A energia nuclear não se beneficiou das reduções de custo significativas que a energia eólica e solar experimentaram na última década, por isso continua sendo uma opção relativamente cara. A expansão da energia nuclear continua, no entanto, e pode se tornar mais competitiva com energias renováveis e novas tecnologias de carbono zero por meio de subsídios e/ou um avanço tecnológico. Consulte o gráfico “Custo Marginal de Produção de Eletricidade” para examinar isso mais detalhadamente.
- Pode ser parte de um conjunto de ações climáticas se alguém estiver disposto a aceitar os custos ambientais - por exemplo, manuseio de resíduos e risco de danos por radiação perto das usinas.

## Dinâmicas Chave

- **Impacto.** Conforme você subsidia a energia nuclear, observe o crescimento da Nuclear (azul claro) e a diminuição do Carvão (marrom) e do Gás Natural (azul escuro) no gráfico “Fontes Globais de Energia Primária”. A energia nuclear desloca algumas fontes de combustível fóssil, o que mantém mais carbono no solo e ajuda a reduzir modestamente a temperatura.
- **“Deslocamento - Crowding Out.”** A energia nuclear compete com todas as fontes de eletricidade disponíveis, então observe também o que acontece com as energias renováveis (verde) quando a energia nuclear é incentivada - ela diminui. [Saiba mais.](#)
- **Demoras.** A demora para que os subsídios e incentivos à energia nuclear apareçam na capacidade instalada. Os subsídios são escalonados ao longo de 10 anos e as usinas nucleares demoram um pouco para serem planejadas e construídas, então observe no gráfico “Demanda de Energia Primária Nuclear” que o Cenário Atual não difere imediatamente da Linha de Base.
- **Eletrificação para aumentar o impacto.** Incentivar a eletrificação de edifícios, indústria e transporte permite que a eletricidade nuclear substitua o combustível (como o petróleo). [Saiba mais.](#)

## Co-benefícios Potenciais de Desencorajar Nuclear

- O risco de exposição à radiação de um colapso nuclear ou de resíduos perigosos é reduzido.
- A energia nuclear pode usar mais água do que o carvão para a produção de eletricidade, portanto, desencorajar a energia nuclear pode aumentar a segurança hídrica e ajudar a proteger os habitats da vida selvagem, a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. nota de<sup>1</sup>
- A energia nuclear é alimentada por urânio, cuja mineração pode ser prejudicial, portanto, desencorajar a energia nuclear pode reduzir os riscos para os mineradores.

## Considerações de Equidade

- Usinas nucleares, minas de urânio (que fornecem o combustível para a energia nuclear) e depósitos de lixo geralmente estão localizados em comunidades marginalizadas e de baixa renda que muitas vezes carecem de recursos para defender regulamentações e supervisão ambientais mais rígidas. nota de<sup>2</sup>
- A mineração de urânio apresenta riscos significativos à saúde dos mineiros, bem como das comunidades vizinhas, devido à contaminação da água e resíduos tóxicos.

## Vídeos

[Nuclear](#)

## Configurações do Controle Deslizante

O controle deslizante Nuclear é dividido em 5 níveis de entrada: tributado altamente, tributado, status quo, subsidiado e subsidiado altamente. Cada um dos controles deslizantes de fornecimento de energia (Carvão, Petróleo, Gás Natural, Bioenergia, Nuclear e Renováveis) é definido para refletir um aumento ou diminuição de custo percentual semelhante para cada nível de entrada. A tabela a seguir exibe os intervalos numéricos para cada nível de entrada do controle deslizante Nuclear:

	<b>altamente tributado</b>	<b>tributado</b>	<b>status quo</b>	<b>subsidiado</b>	<b>altamente subsidiado</b>
Mudança no preço por quilowatt hora (kWh)	+\$0.07 to +\$0.04	+\$0.04 to +\$0.01	<b>+\$0.01 to</b> <b>-\$0.01</b>	-\$0.01 to -\$0.04	-\$0.04 to -\$0.07
Aumento ou diminuição de custos	+60% to +30%	+30% to +10%	<b>+10% to</b> <b>-10%</b>	-10% to -30%	-30% to -60%

## Estrutura do Modelo

Este setor acompanha várias etapas de usinas nucleares ou capacidade de fornecimento de energia: capacidade em desenvolvimento, em construção e efetivamente produzindo energia, incluindo atrasos entre cada etapa.

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

### Notas de rodapé

[1]: Union of Concerned Scientists. (2013, July). [How it Works: Water for Nuclear](#).

[2]: Kyne, D., & Bolin, B. (2016). [Emerging Environmental Justice Issues in Nuclear Power and Radioactive Contamination](#). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(7), 700.



## Novo Carbono Zero

**Descobrir uma nova fonte barata de eletricidade que não emite gases de efeito estufa.** Alguns especulam que tal avanço poderia ser a fusão nuclear ou a fissão nuclear baseada em tório. Decida quando ocorre o avanço, seu custo inicial em relação ao carvão e quanto tempo seriam os atrasos na comercialização e aumento de escala.

*Observação: isso não inclui novas tecnologias na remoção de CO<sub>2</sub>, transporte, eletrificação ou eficiência energética.*

### Exemplos

- Pesquisa e desenvolvimento ou outros investimentos em novas fontes de suprimento de energia, como fissão tório ou fusão nuclear.

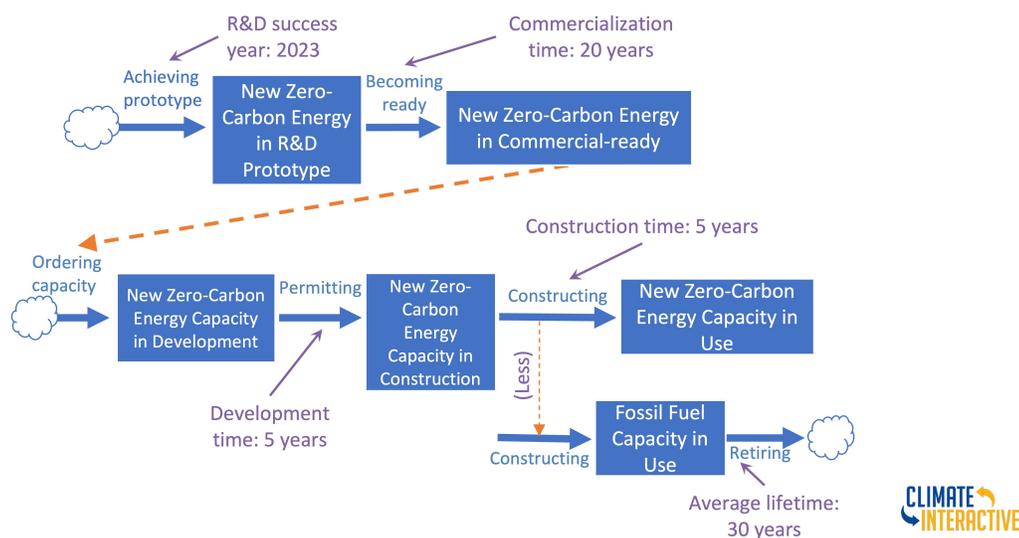
### Grandes Mensagens

- A contribuição potencial de uma nova tecnologia de fornecimento de energia é severamente prejudicada pelo longo período de tempo que as novas tecnologias levam para crescer. Mesmo em condições ideais, levaria décadas para substituir os combustíveis fósseis e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.
- Um novo suprimento de energia de carbono zero competiria com outras fontes de energia de baixo carbono, diminuindo parte de seu impacto.

### Dinâmicas Chave

- **Impacto.** Observe a área laranja do Novo Carbono Zero subir à medida que ocorre um avanço em um novo suprimento de energia de carbono zero no gráfico "Fontes Globais de Energia Primária". Observe que a temperatura cai apenas modestamente.
- **Demora - delay.** Leva muito tempo para a nova tecnologia crescer e se tornar uma grande parte da matriz energética global. Há uma longa demora entre a descoberta da tecnologia de energia de carbono zero e seu domínio no mercado – 10 anos para comercializar, vários anos para planejar e construir e depois crescer apenas quando as usinas de carvão e gás natural existentes (que têm uma vida útil de 30 anos) são sucateadas. Observe como pouco Carvão (área marrom) e Gás Natural (área azul escuro) diminuem antes de 2040. Por causa disso, muito pouco carbono é mantido no subsolo durante este período crítico.
- **Feedback de demanda de preço.** A razão pela qual a nova tecnologia de carbono zero cresce rapidamente é que ela é mais barata do que todas as outras ofertas de energia, então a abundância de energia barata aumenta a demanda para mais alto do que seria de outra forma. Veja isso no gráfico "Consumo de Energia Final". [Saiba mais.](#)
- **Competição com renováveis e nuclear.** A nova energia de carbono zero compete com todas as fontes de energia disponíveis, então observe também o que acontece com Renováveis (verde) e Nuclear (azul claro) – elas diminuem. Esta é a dinâmica "[Crowding Out](#)".

Example of the time delays in commercializing a new zero-carbon energy technology:



## Co-benefícios Potenciais de um Avanço em Novo Carbono Zero

- Um avanço em uma nova fonte de energia criaria empregos ao longo da cadeia de suprimentos, desde pesquisa e desenvolvimento até construção e operações.
- Os avanços da pesquisa em novas tecnologias podem ser úteis para outras aplicações.

## Considerações de Equidade

- Existem consequências e riscos desconhecidos associados às novas fontes de energia e, muitas vezes, essas as usinas com estas tecnologias são instaladas em locais com comunidades vulneráveis.

## Vídeos

[Novo Carbono Zero](#)

## Configurações do Controle Deslizante

	status quo	avanço	grande avanço
Ano de avanço	sem avanço	ano corrente	ano corrente
Tempo até comercializar		20 anos	20 anos
Custo inicial em relação ao carvão		2	1

O controle deslizante "Custo inicial relativo ao carvão" ajusta o custo da nova fonte de energia de carbono zero em relação ao custo do carvão. Se a nova energia de carbono zero for menor que o custo do carvão, a demanda aumentará significativamente, porque será competitiva em termos de custo com outras fontes de energia. Um valor de "2" significa que o custo inicial da eletricidade da nova fonte de energia de carbono zero em seu ano de descoberta é o dobro do custo marginal da eletricidade do carvão em 2020.

## Estrutura do Modelo

O caminho para implantação levará algum tempo após o sucesso da tecnologia no laboratório: comercialização (fixado em 10 anos, aproximadamente o mesmo tempo que a fissão baseada em urânio), planejamento (2 anos) e construção (5 anos ). Então a nova fonte de energia deve competir com outras fontes de energia.

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.



# Precificação de Carbono e Padrões de Energia

Defina um preço global do carbono que torne as fontes de energia mais caras, dependendo de quanto dióxido de carbono elas liberam ou adotam um padrão de eletricidade limpa ou padrão de desempenho de emissões.

Os produtores de energia frequentemente repassam custos adicionais a seus clientes, portanto, a política deve ser concebida para minimizar os impactos sobre os mais pobres.

*Observação, o controle deslizante Preço do Carbono no En-ROADS afeta apenas as emissões de CO<sub>2</sub> da energia.*

## Exemplos

- Países e regiões implementando taxas de carbono.
- Campanhas de base gerando apoio público para a precificação do carbono.
- Padrões de Eletricidade Limpa, semelhantes aos Padrões de Portfólio de Renováveis em uso em vários estados dos EUA ou à Obrigação de Renováveis no Reino Unido.
- Padrões de Desempenho de Emissões que estabelecem limites para a quantidade de dióxido de carbono por unidade de energia que as usinas podem emitir.
- Programas Cap-and-trade nos quais os governos estabelecem um limite de emissões e emitem um número limitado de licenças de emissão que podem ser negociadas por municípios e corporações.

## Grandes Mensagens

- Precificar o carbono é uma estratégia de alta alavancagem, pois reduz a intensidade de carbono do suprimento de energia e reduz a demanda geral de energia.
- Os Padrões de Eletricidade Limpa afetam apenas parte do sistema de energia e, portanto, sua alavancagem depende de serem usados em conjunto com a eletrificação de transportes, construções e indústrias.

## Dinâmicas Chave

- **Impacto.** Quando o preço do carbono é aumentado, observe que o Carvão (em marrom) reduz mais que outras fontes no gráfico “Fontes Globais de Energia Primária”. É a fonte de energia mais intensiva em carbono, o que a torna a mais sensível ao preço do carbono. O Gás Natural (em azul escuro) também diminui, embora de forma mais modesta. O Petróleo (em vermelho) diminui apenas ligeiramente, embora seja mais intensivo em carbono do que o gás, porque não é facilmente substituído por outras fontes de energia (por exemplo, não pode alimentar um caminhão a diesel com energia eólica). A Bioenergia (em rosa) diminui porque o preço do carbono no En-ROADS se aplica a todas as fontes de energia que liberam CO<sub>2</sub>, incluindo a bioenergia. As energias Renováveis (em verde) aumentam à medida que o custo relativo da energia eólica e solar as tornam mais atrativas.
- **Feedback sobre Preço e Demanda.** Assim como taxar o carvão, um preço significativo do carbono aumenta os custos de energia, o que reduz a demanda de energia. Veja isso no gráfico “Consumo de Energia Final”, observando que o Cenário Atual de alto Preço do Carbono (linha azul) é inferior à Linha de Base (linha preta). [Saiba mais.](#)

- **Vazamento de Metano.** Quando um preço de carbono é implementado, observe a linha azul do Cenário Atual descer no gráfico “Emissões de CH<sub>4</sub>”. O gás natural é composto principalmente de metano (CH<sub>4</sub>), um poderoso gás de efeito estufa. Metano de vazamentos de gás para a atmosfera de poços, dutos e outras infraestruturas de gás. Um Preço do Carbono diminui o vazamento, incentivando a correção de vazamentos e desencorajando o uso de gás.

## Co-Benefícios Potenciais de um Preço de Carbono

- A energia renovável torna-se relativamente mais barata, o que pode incentivar a geração de empregos no setor.
- Reduzir o uso de combustíveis fósseis melhora a qualidade do ar, aumentando a economia com saúde e a produtividade do trabalhador. Veja isso no gráfico “Poluição do Ar por Energia”.
- A receita da precificação do carbono pode ser alocada para programas sociais que podem ser compartilhados com todos.

## Considerações de Equidade

- À medida que os impostos sobre o carbono atingem níveis efetivos, as empresas podem tentar repassar os custos para os clientes, onde os pobres correm maior risco de serem afetados. Políticas podem ser desenvolvidas para limitar esse impacto.
- Os trabalhadores empregados nas indústrias de combustíveis fósseis correm o risco de perder seus empregos se as empresas reduzirem a força de trabalho em resposta aos custos mais altos de produção, portanto, os planos de transição de trabalho devem estar em vigor e as proteções para os trabalhadores devem ser garantidas.
- Devido à natureza política da produção de combustíveis fósseis, a corrupção do governo e o rentismo podem criar a possibilidade de certas indústrias evitarem o preço do carbono devido a brechas ou isenções.

## Vídeos

[Precificação de Carbono e Padrões de Energia](#)

## Configurações do Controle Deslizante

	status quo	baixo	médio	alto	muito alto
Preço do carbono por tonelada	\$ 0 to \$5 *	\$5 to \$20	\$20 to \$60	\$60 to \$100	\$100 to \$250

\* Fonte para preço de carbono padrão de US\$ 5: Dolphin, G. (2022). [Banco de dados mundial de precificação de carbono. Recursos para o futuro.](#)

*O preço do carbono se aplica às emissões de bioenergia*

A opção “O preço do carbono se aplica às emissões de bioenergia” nas configurações avançadas do Preço do Carbono determina se as emissões de CO<sub>2</sub> da bioenergia estão isentas de um preço de carbono. Muitas políticas atuais isentam a bioenergia das regulamentações climáticas ou a tratam como “líquido zero”, mesmo quando não é, então usamos o mesmo padrão para a precificação de carbono. Se ativado, isso aplicará os preços de carbono à intensidade líquida da bioenergia da mesma forma que outras fontes de CO<sub>2</sub>.

*O preço do carbono incentiva a captura e armazenamento de carbono (CCS)*

A opção "O preço do carbono incentiva a captura e armazenamento de carbono (CCS)" nas configurações avançadas do Preço do Carbono determina se o CCS recebe financiamento devido a um preço de carbono. Se desativado, o CCS só poderia ser incentivado por um Padrão de Eletricidade Limpa.

#### *Padrão de Eletricidade Limpa*

A opção "Uso do padrão de eletricidade limpa" nas configurações avançadas do Preço do Carbono define uma política que exige que uma certa porcentagem de eletricidade venha de fontes qualificadas. Isso cria um sistema de incentivos: os produtores de eletricidade qualificada recebem receita adicional, como um subsídio, exceto que o dinheiro vem dos preços da eletricidade e não dos gastos do governo. Os custos e receitas adicionados afetam os mercados de eletricidade e o investimento, empurrando o mix de geração para os padrões-alvo. O valor do incentivo depende da diferença entre a meta e a geração real e de quão ambiciosa é a meta.

Em "Fontes que se qualificam como eletricidade limpa", marque as caixas para as quais as fontes se qualificam como "limpas". Você pode ver a porcentagem que essas fontes contribuem no gráfico "% de Consumo de Eletricidade de Fontes Qualificadas". Use o controle deslizante "Meta % de eletricidade de fontes qualificadas" para definir a quantidade necessária de eletricidade qualificada.

#### *Padrão de Desempenho de Emissões*

O controle deslizante "Padrão de desempenho de emissões" nas configurações avançadas do Preço do Carbono modela um padrão de desempenho baseado na intensidade de carbono da geração elétrica (toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por terajoule (TJ) de energia gerada). Fontes de eletricidade acima do padrão são desincentivadas – quanto mais um combustível exceder o padrão, menos usinas desse tipo serão construídas. As fontes de energia têm diferentes intensidades de carbono, sendo o carvão o que emite mais dióxido de carbono por unidade de energia (aproximadamente 90 toneladas de CO<sub>2</sub> por TJ de energia), seguido do petróleo (66 toneladas de CO<sub>2</sub>/TJ) e depois do gás natural (51 toneladas de CO<sub>2</sub>/TJ).

## **Estudos de Caso**

Nordeste dos Estados Unidos: Um estudo do MIT de 2016 examinou um cenário em que o nordeste dos Estados Unidos implementou um programa de comércio e limite de carbono e descobriu que a economia anual de saúde para a região poderia ser cinco vezes maior do que os custos das mudanças necessárias para satisfazer a política. nota de<sup>1</sup>

## **Perguntas Frequentes**

- [Qual é a diferença entre um preço de carbono e um imposto sobre um combustível \(carvão, petróleo, gás natural ou bioenergia\)?](#)
- [O que acontece com a receita de impostos ou um preço de carbono no En-ROADS?](#)
- [Como funciona um padrão de desempenho de emissões?](#)
- [Como simulo um preço do carbono que aumenta com o tempo, como a estrutura de preços do carbono na "Lei de Inovação em Energia e Dividendos de Carbono" \(EICDA\) dos EUA?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

#### **Notas de rodapé**

[1]: Thompson, T. M., Rausch, S., Saari, R. K., & Selin, N. E. (2016). [Air quality co-benefits of subnational carbon policies](#). *Journal of the Air & Waste Management Association*, 66(10), 988–1002.



## Transporte – Eficiência Energética

**Aumentar ou diminuir a eficiência energética de veículos, remessas de mercadorias, viagens aéreas e sistemas de transporte.** A eficiência energética inclui coisas como carros híbridos, transporte público expandido e maneiras pelas quais as pessoas podem se locomover usando menos energia. A adoção de práticas de maior eficiência energética, como andar de bicicleta e caminhar, pode melhorar a saúde pública e economizar dinheiro.

### Exemplos

- Indivíduos que mudam seu comportamento pessoal para aumentar a caminhada, o ciclismo, o uso do transporte público, o compartilhamento de carros, a vida em bairros de maior densidade, a compra de veículos mais eficientes, a redução de voos ou o teletrabalho.
- Políticas públicas ou corporativas, como aumentar os preços do estacionamento, investir no transporte público, oferecer isenções fiscais para veículos eficientes, recompensar caronas solidárias, construir ciclovias, criar áreas urbanas de alta densidade para pedestres ou padrões de desempenho que exigem eficiência de combustível específica.
- Pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de alta eficiência para transporte marítimo, veículos e viagens aéreas.

### Grandes Mensagens

Melhorar a eficiência energética do transporte é útil, especialmente para reduzir as emissões de petróleo. Veículos energeticamente eficientes, acesso ao transporte público e modos alternativos de transporte, como caminhar e andar de bicicleta, reduzem a demanda de energia e, portanto, a dependência do petróleo.

### Dinâmicas Chave

- **Impactos..**
  - Observe a diminuição do petróleo (área vermelha) no gráfico “Fontes Globais de Energia Primária” à medida que o mundo aumenta a eficiência de seu transporte. Menos petróleo é queimado e o carvão e o gás também caem, à medida que o transporte eletrificado se torna mais eficiente.
  - Visualize o gráfico “Consumo de Energia Final” para ver a queda na demanda de energia.
  - Para ver outro benefício, consulte o gráfico “Custo de Energia”. Menos demanda por energia significa que os preços são mais baixos.
- **Demora (delay).** Há algum atraso na rapidez com que isso acelera, porque o uso de energia é impulsionado pela média geral de todos os veículos (não apenas dos novos). Leva tempo para substituir veículos antigos por novos e isso acontecerá mais rápido em alguns países do que em outros.

## Co-Benefícios Potenciais de Encorajar a Eficiência Energética

- A melhoria da qualidade do ar como resultado da menor queima de combustíveis fósseis aumenta a economia com saúde e a produtividade do trabalhador.
- Melhor eficiência de combustível significa custos de energia mais baixos.
- O transporte de massa, como ônibus e trens, pode reduzir o congestionamento e o ruído.
- A infraestrutura aprimorada para ciclismo e caminhada aumenta a atividade física e a segurança, o que resulta em economias consideráveis de saúde.

## Considerações de Equidade

- Em alguns países desenvolvidos, como os Estados Unidos, a infraestrutura para pedestres e ciclistas tem se concentrado em comunidades ricas, deixando de fora famílias de baixa renda e pessoas de cor. nota de<sup>1</sup>
- Quando as opções de transporte de massa melhorarem ou os custos operacionais diminuïrem com o uso de veículos com baixo consumo de combustível, a igualdade social pode melhorar, pois indivíduos de baixa renda têm mais opções de transporte para atender às suas necessidades.

## Vídeos

[Eficiência Energética](#)

## Configurações do Controle Deslizante

A variável que está sendo alterada é a taxa de melhoria anual na intensidade energética do novo capital de transporte, como veículos, trens e navios.

	desencorajado	status quo	aumentado	muito aumentado
Taxa anual	-1% to 0%	0% to +1%	+1% to +3%	+3% to +5%

## Estrutura do Modelo

Aumentar a taxa de melhoria no uso de energia para novos veículos e outras infraestruturas ajuda a reduzir as emissões de gases de efeito estufa no setor de transporte. A estrutura do modelo rastreia a eficiência geral, que inclui a adaptação do capital existente.

## Estudos de Caso

Cidade de Nova York: Um programa que apoia estudantes caminhando e pedalando para a escola gastou US\$ 10 milhões e economizou US\$ 230 milhões com o aumento da atividade física, redução da poluição do ar e diminuição das taxas de lesões. nota de<sup>2</sup>

Barcelona, Espanha: Substituir 20% das viagens de carro de Barcelona por bicicletas pode salvar 38 vidas por ano devido à diminuição da poluição do ar e ao aumento da atividade física, além de reduzir a emissão de 21.000 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano. nota de<sup>3</sup>

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](http://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

**Notas de rodapé**

[1]: Lusk, A. (2019, August 23). [Bike-friendly cities should be designed for everyone, not just wealthy white cyclists](#). *The Conversation*.

[2]: Muennig, P. A., Epstein, M., Li, G., & Dimaggio, C. (2014). [The Cost-Effectiveness of New York City's Safe Routes to School Program](#). *American Journal of Public Health*, 104(7), 1294–1299.

[3]: Rojas-Rueda, D., Nazelle, A. D., Teixidó, O., & Nieuwenhuijsen, M. (2012). [Replacing car trips by increasing bike and public transport in the greater Barcelona metropolitan area: A health impact assessment study](#). *Environment International*, 49, 100–109.



## Transporte – Eletrificação

**Aumentar as compras de transportes elétricos como carros, caminhões, ônibus, trens e possivelmente até navios e aviões.** O uso de motores elétricos para transporte ajuda a reduzir as emissões de gases de efeito estufa e a poluição do ar se a eletricidade for proveniente de fontes de baixo carbono, como a energia solar e vento.

### Exemplos

- Investimentos em infraestrutura de carregamento de veículos elétricos.
- Pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para veículos, baterias e carregamento.
- Compromissos corporativos para vendas de veículos elétricos.
- Programas de descontos e incentivos na compra de carros elétricos.

### Grandes Mensagens

- A eletrificação do transporte pode ajudar, especialmente quando a energia renovável já é incentivada ou combustíveis fósseis é desencorajada.

### Dinâmicas Chave

- **Eficiência** A eficiência geral é maior para transporte eletrificado do que para motores de combustão interna – em geral, menos combustível é usado para mover o transporte com eletricidade do que com petróleo.
- **Mudanças no mix de energia.** O uso do petróleo, no gráfico “Fontes Globais de Energia Primária”, cai à medida que eletrificamos o transporte. Ao mesmo tempo, a demanda de energia primária para carvão, energias renováveis e, de forma mais limitada, gás natural, aumenta para atender ao aumento da demanda elétrica. Para que a eletrificação reduza ainda mais as emissões, tente subsidiar renováveis, desencorajando carvão e gás natural, ou aumentando o preço do carbono.
- **Crescimento de renováveis.** Eletrificação é necessária para que transportes usem renováveis ou eletricidade carbono zero. Veja como a eletrificação permite que a Demanda de Energia Primária das Renováveis cresça muito mais rápido do que no cenário da Linha de Base.
- **Atrasos.** Leva décadas para que os veículos movidos a combustível existentes se aposentem e sejam substituídos por veículos elétricos (isso é conhecido como “[atrasos na rotatividade do estoque de capital](#)”). Como resultado, o gráfico “Participação Elétrica nas Vendas de Transporte” aumenta mais rápido do que o gráfico “Participação Elétrica no Transporte Total”.

### Co-Benefícios Potenciais de Encorajar a Eletrificação

- A qualidade do ar melhorada com uso de menos motores de combustão interna diminui os gastos com assistência médica e aumenta a produtividade do trabalhador.
- São criados empregos na fabricação e venda de baterias e motores elétricos.

## Considerações de Equidade

- Embora os custos estejam diminuindo, os veículos elétricos podem não ser acessíveis ou disponíveis para todos.
- A mineração de lítio e cobre, dois ingredientes necessários para as baterias usadas em veículos elétricos, pode prejudicar ecossistemas preciosos e ameaçar o bem-estar de comunidades próximas aos locais de mineração. nota de<sup>1</sup>
- Os locais das estações de carregamento elétrico podem não estarem acessíveis ou a duração da carga da bateria elétrica pode ser insuficiente em algumas situações.

## Vídeos

[Eletrificação](#)

## Configurações do Controle Deslizante

O controle deslizante principal de Eletrificação do Transporte adiciona um subsídio para novos transportes elétricos rodoviários e ferroviários (carros, caminhões, ônibus e trens movidos a eletricidade em vez de combustíveis) e garante que infraestrutura de carregamento suficiente seja construída para isso.

	status quo	subsidiado	altamente subsidiado
Porcentagem mínima de transporte novo	<b>0% to 10%</b>	10% to 25%	25% to 50%

*\*O subsídio se aplica ao preço de tabela ou ao custo de compra.*

Como é tecnologicamente mais desafiador eletrificar aviões, barcos e navios, essas formas de transporte estão em uma seção separada "Ar e Água" dos controles deslizantes nas configurações detalhadas.

## Estrutura do Modelo

A principal entrada de eletrificação do transporte muda a atratividade financeira dos veículos elétricos para impulsionar o comportamento futuro, bem como a disponibilidade de infraestrutura de carregamento complementar. As suposições no modelo podem mudar o quanto a atenção do comprador está no custo total de propriedade de veículos elétricos versus veículos movidos a combustível, e reduções de custo do aprendizado.

Observe que o Cenário de Linha de Base é responsável por um aumento no transporte eletrificado ao longo do século (veja o gráfico "Participação Elétrica do Capital Total—Transporte").

## Perguntas frequentes e explicações

- [Explicador: Eletrificação no En-ROADS](#)
- [Como simulo a armazenagem de energia para eólica e solar?](#)
- [Como simulo o uso de hidrogênio?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

**Notas de rodapé**

[1]: Lombrana, L. M. (2019, June 11). [Saving the Planet With Electric Cars Means Strangling This Desert.](#) *Bloomberg Green*.



# Construções e Indústrias – Eficiência Energética

**Aumentar ou diminuir a eficiência energética de edifícios, aparelhos e outras máquinas.** A eficiência energética inclui coisas como construir casas bem isoladas e reduzir a quantidade de energia que as fábricas usam. Práticas de eficiência energética podem economizar dinheiro por meio da redução das necessidades de energia, bem como melhorar a saúde das pessoas nesses edifícios.

## Exemplos

- Indivíduos e empresas isolando edifícios, comprando tecnologias de eficiência energética (motores, iluminação, aparelhos, servidores, sistemas HVAC) e conservando energia.
- Políticas governamentais, como incentivos fiscais e padrões de desempenho para incentivar produtos e práticas de eficiência energética.
- Pesquisa e desenvolvimento em tecnologias de alta eficiência.

## Grandes Mensagens

- A eficiência energética de edifícios e indústrias é uma alavancagem alta. Ela leva a menos uso geral de energia, o que leva a menos carvão, petróleo e gás sendo usados. Ela também economiza dinheiro para famílias, empresas e comunidades.

## Dinâmicas Chave

- **Impacto.** À medida que menos energia é usada para edifícios e indústrias, observe como todas as fontes de energia diminuem no gráfico “Fontes Globais de Energia Primária” — particularmente carvão e gás quando são as principais fontes de eletricidade. Menos combustíveis fósseis são queimados, então as emissões de CO<sub>2</sub> diminuem e a mudança de temperatura global é reduzida drasticamente.
- **Demanda de energia.** Melhorias na intensidade energética de novos capitais também reduzem a demanda de energia. Explore isso no gráfico “Consumo Final de Energia”, onde o Cenário Atual (linha azul) é menor que a Linha de Base (linha preta).
- **Atraso.** Há algum atraso na rapidez com que isso acelera porque o uso de energia é impulsionado pela média geral de todos os capitais (não apenas as coisas novas).

## Possíveis co-benefícios do incentivo à eficiência energética

- O aumento da eficiência industrial e a redução da demanda de energia podem reduzir a poluição do ar, o que aumenta a economia com assistência médica e a produtividade dos trabalhadores.
- A redução das contas de eletricidade para residências, empresas e governos aumenta a segurança energética.
- Casas isoladas permanecem mais frias no verão e mais quentes no inverno, quando eventos climáticos e sobrecarga da rede causam interrupções.
- A modernização de edifícios e casas para serem mais eficientes pode criar muitos empregos.

## Considerações de Equidade

- Os custos de capital iniciais de melhorias de eficiência podem não ser acessíveis a indivíduos de baixa renda e pequenas empresas.
- Em alguns lugares, as políticas são direcionadas a proprietários de imóveis, inibindo os locatários, que geralmente têm renda mais baixa, de acessar os benefícios.

## Vídeos

[Eficiência Energética](#)

## Configurações do Controle Deslizante

A variável que está sendo alterada é a taxa anual de melhoria na intensidade energética do novo capital para edifícios e indústria.

	desencorajado	status quo	aumentado	muito aumentado
Taxa anual	-1% to 0%	<b>0% to +1.5%</b>	+1.5% to +3%	+3% to +5%

## Estrutura do Modelo

Aumentar a taxa de melhoria no uso de energia para edifícios e indústrias reduz as emissões gradualmente, porque o uso de energia é impulsionado pela média geral de toda a infraestrutura nesta área (não apenas coisas novas). Muitos edifícios e instalações industriais duram décadas. A estrutura do modelo rastreia a eficiência geral, que inclui a modernização do capital existente.

## Estudos de Caso

Global: Por meio de edifícios com eficiência energética certificados pelo LEED, um grupo de seis grandes economias economizou US\$ 13,3 bilhões em benefícios de energia, saúde e clima e evitou emitir dezenas de poluentes atmosféricos.<sup>1</sup>

Reino Unido: Se o Reino Unido reduzisse seus gastos domésticos com energia em um quarto usando medidas de eficiência energética, as famílias poderiam economizar £ 270 por ano. O valor presente líquido desse investimento é de £ 7,5 bilhões, e os benefícios mais amplos de saúde, economia e energia poderiam chegar a £ 47 bilhões.<sup>2</sup>

## Perguntas Frequentes

- [Como simular a redução de desperdício ou ineficiência?](#)
- [Como simular a reciclagem ou a redução de plástico?](#)
- [Como simular a redução de emissões da produção de cimento?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](http://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

### Notas de rodapé

[1]: P., M., X., C., J., B., J., C.-L., J., S., A., B., & J., A. (2018). [Energy savings, emission reductions, and health co-benefits of the green building movement](#). *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 28(4), 307–318.

[2]: Rosenow, J., Eyre, N., Sorrell, S., & Guertler, P. (2017). [Unlocking Britain's First Fuel: The potential for energy savings in UK housing](#).



## Edifícios e Indústria – Eletrificação

**Aumente o uso de eletricidade, em vez de combustíveis como petróleo ou gás, em edifícios, eletrodomésticos, sistemas de aquecimento e outras máquinas.** O uso de motores elétricos só ajuda a reduzir as emissões se a eletricidade for proveniente de fontes de baixo carbono, como solar e eólica.

### Exemplos

- Aumento do interesse público em substituir fornalhas a óleo e gás em edifícios por sistemas de aquecimento elétrico.
- Pesquisa e desenvolvimento em vários motores e sistemas elétricos que podem permitir que o vento e a energia solar substituam instalações industriais a óleo e gás.

### Grandes Mensagens

- A eletrificação de edifícios e da indústria pode ajudar, especialmente quando a energia renovável já é incentivada ou combustíveis fósseis é desencorajada.

### Dinâmicas Chave

- **Troca de combustível.** Quando edifícios e indústrias são eletrificados, as fontes de combustível usadas em edifícios (por exemplo, óleo para fornos) são reduzidas e substituídas por fontes de eletricidade. Alguns tipos de energia, como o carvão, são usados como combustíveis e fontes de eletricidade em edifícios e indústrias, então a eletrificação por si só não altera a demanda significativamente. Outros tipos de energia, como o petróleo, são usados principalmente como combustível e raramente usados para eletricidade, então quando a eletrificação é aumentada, a demanda por petróleo cai significativamente. Observe essas mudanças nos gráficos de Demanda de Energia Primária.
- **Crescimento de energias renováveis.** A eletrificação é necessária para que edifícios e indústrias usem energias renováveis ou outra eletricidade de carbono zero. Observe como a eletrificação permite que a demanda primária de energia renovável cresça muito mais rápido do que no Cenário de Linha de Base.
- **Atrasos.** Leva décadas para que os equipamentos baseados em combustível existentes sejam aposentados e substituídos por equipamentos elétricos (isso é conhecido como “[atrasos na rotatividade do estoque de capital](#)”). Como resultado, o gráfico “Participação elétrica nas vendas de edifícios e equipamentos industriais” aumenta mais rápido do que o gráfico “Participação elétrica no total de edifícios e equipamentos industriais”.

### Possíveis co-benefícios do incentivo à eletrificação

- A qualidade do ar melhorada perto da fonte de energia aumenta a economia com assistência médica e a produtividade dos trabalhadores.
- A eliminação da demanda por linhas de gás natural para edifícios também elimina os riscos de incêndio e explosão.
- A poluição sonora de motores, geradores e fornalhas é reduzida.
- A qualidade do ar para indivíduos que trabalham/vivem dentro e ao redor das estruturas é melhorada, o que aumenta a economia com assistência médica e a produtividade dos trabalhadores.

## Considerações de Equidade

- Os custos de capital iniciais para reformar edifícios e sistemas de aquecimento para serem totalmente elétricos podem não ser acessíveis a indivíduos de baixa renda e pequenas empresas.
- A exposição à poluição do ar doméstico é distribuída de forma desigual dentro e entre os países, aos quais os efeitos negativos à saúde e a pobreza estão fortemente correlacionados.<sup>1</sup>

## Vídeos

[Eletrificação](#)

## Configurações do Controle Deslizante

O controle deslizante Eletrificação - Edifícios e Indústria adiciona um subsídio para equipamentos elétricos em edifícios e instalações industriais para incentivar o uso de equipamentos elétricos em vez de equipamentos que exigem o uso de combustíveis (por exemplo, um aquecedor ou fogão elétrico em vez de um alimentado por gás).

Observe que as Premissas e outras ações podem contribuir para a eletrificação e podem resultar em níveis mais altos de eletrificação do previsto no controle deslizante.

	status quo	subsidiado	altamente subsidiado
Subsídios para equipamentos elétricos*	0% to 5%	5% to 25%	25% to 50%

*\*O subsídio se aplica ao preço de tabela ou ao custo de compra.*

## Estrutura do Modelo

Este ajuste altera a atratividade financeira de aparelhos e equipamentos elétricos utilizados em construções e na indústria.

## Perguntas frequentes e explicações

- [Explicador: Eletrificação no En-ROADS](#)
- [Como simulo a armazenagem de energia para eólica e solar?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

### Notas de rodapé

[1]: World Health Organization. (2021, Sep 22). [Household air pollution and health](#).



# Crescimento Populacional

**Presuma um crescimento populacional maior ou menor.** A população é um fator-chave do aumento dos gases de efeito estufa; no entanto, isso também está fortemente ligado aos hábitos de consumo. A educação das mulheres e o acesso ao planejamento familiar podem acelerar as mudanças para famílias menores em todo o mundo.

## Exemplos

- Diferentes suposições para taxas de fertilidade futuras e demografia.
- Maior empoderamento de mulheres e meninas, resultando em menores taxas de fertilidade.
- Maior educação e acesso a serviços de saúde reprodutiva.

## Grandes Mensagens

- Limitar o crescimento populacional não é uma solução mágica para lidar com as mudanças climáticas.
- Decisões sobre população e escolha familiar são decisões pessoais e esforços para mudar essas decisões têm muitas implicações éticas.

## Dinâmicas Chave

- **Impacto.** Como a demanda de energia depende do número de pessoas, observe todas as fontes de energia mudarem conforme você muda o crescimento populacional. Use os [gráficos Kaya](#) para entender como o crescimento populacional afeta as emissões em seu cenário.
- **Atraso.** O menor crescimento populacional leva muito tempo para afetar as emissões porque as mudanças populacionais globais não ocorrem rapidamente e, em vez disso, se desenvolvem ao longo de muitas décadas.

## Possíveis co-benefícios de menor crescimento

- Menor crescimento populacional reduz o consumo global de recursos.
- Garantir acesso seguro ao planejamento familiar, serviços de saúde reprodutiva e educação para mulheres melhora a qualidade de vida e a renda das mulheres.

## Considerações de Equidade

- As políticas em torno da população devem ser voluntárias e empoderar as mulheres para fazerem as escolhas que são melhores para elas.
- Uma porcentagem maior de mulheres de cor vive em países com graves desigualdades de gênero no acesso à educação, plena participação econômica e política e planejamento familiar adequado. A redução do crescimento populacional exige um grande investimento naquele grupo em particular.
- Há um histórico de mulheres de cor em países de alta e baixa renda sendo esterilizadas à força para evitar dar à luz; isso nunca deve ser encorajado.<sup>1 2</sup>

## Vídeos

População e Crescimento Econômico

### Configurações do Controle Deslizante

O controle deslizante reflete a faixa de probabilidade de 95% de a população se desviar do caminho médio de crescimento populacional das Nações Unidas.<sup>3</sup> A variável que está sendo alterada reflete a população global em 2100, em bilhões de pessoas.

	<b>crescimento mais baixo</b>	<b>crescimento baixo</b>	<b>status quo</b>	<b>crescimento alto</b>	<b>crescimento mais alto</b>
Cenário Nações Unidas	ponto inferior da faixa de 95% das Nações Unidas		<b>ponto médio da faixa de 95% das Nações Unidas</b>		ponto superior da faixa de 95% das Nações Unidas
População em 2100	9.0 to 9.3 billion	9.3 to 10.0 billion	<b>10.0 to 10.4 billion</b>	10.4 to 11.2 billion	11.2 to 11.4 billion

### Estrutura do Modelo

A população é multiplicada com o crescimento econômico (PIB per capita) para igualar o PIB global total, ou Produto Mundial Bruto.

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

#### Notas de rodapé

[1]: Bi, S. (2015). [Forced Sterilizations of HIV-Positive Women: A Global Ethics and Policy Failure](#). *AMA Journal of Ethics*, 17(10), 952–957.

[2]: Blakemore, E. (2016, August 25). [The Little-Known History of the Forced Sterilization of Native American Women](#). *JSTOR Daily*.

[3]: United Nations. (2024). [World Population Prospects 2024](#).



# Crescimento Econômico

**Assuma um crescimento maior ou menor em bens produzidos e serviços fornecidos.** O crescimento econômico é medido em Produto Interno Bruto (PIB) por pessoa e é um fator-chave no consumo de energia. Existem alternativas para atender às necessidades das pessoas por meio de estruturas econômicas não baseadas no crescimento constante do PIB.

## Exemplos

- Esforços globais para reduzir o consumo excessivo e adotar a simplicidade voluntária.
- Alto crescimento econômico impulsionando maior consumo de recursos e maiores emissões.

## Grandes Mensagens

- Crescimento econômico mais lento seria uma abordagem de alta alavancagem para evitar futuros aumentos de temperatura, no entanto, há muitas questões sobre como isso pode ocorrer e ser feito de uma forma que seja equitativa.
- Os impactos das mudanças climáticas têm o poder de reduzir significativamente o crescimento econômico.

## Dinâmicas Chave

- **Impacto.** Observe todas as fontes de energia mudarem conforme você muda o crescimento econômico. A população é multiplicada pelo PIB per capita para igualar o PIB global total, ou Produto Mundial Bruto. Aumentos no PIB per capita aceleram o crescimento exponencial do PIB global total, sem dúvida o mais importante impulsionador das emissões de dióxido de carbono atualmente. Use os [gráficos Kaya](#) para entender como o crescimento econômico afeta as emissões em seu cenário.
- Se o sistema de energia for descarbonizado, um maior crescimento econômico não terá tanto impacto na temperatura.
- As mudanças climáticas desaceleram o crescimento econômico, o que reduz a demanda de energia e as emissões de gases de efeito estufa, produzindo um ciclo de equilíbrio que então limita as mudanças climáticas. Você pode desativar esse comportamento desligando a Suposição em "Impacto econômico das mudanças climáticas."

## Possíveis co-benefícios de menor crescimento

- O foco pode ser deslocado para medidas alternativas de prosperidade que melhorem o bem-estar das pessoas, como a felicidade nacional bruta.
- Maior foco na conservação de recursos e menos no consumo de materiais pode levar a menos desperdício.

## Considerações de Equidade

- O crescimento econômico está vinculado a tirar as pessoas da pobreza em todo o mundo. Embora, nas últimas décadas, muitos ganhos no crescimento econômico tenham ido para os mais ricos do mundo. Independentemente disso, as políticas devem ser adaptadas às circunstâncias locais e regionais específicas.
- Quando o crescimento do PIB desacelera ou contrai, os governos podem incorrer em déficits orçamentários maiores, muitas vezes implementando medidas de austeridade — cortando gastos e aumentando impostos — para compensar a diferença. Essas reformas podem impactar severamente os pobres e a classe trabalhadora, causando perdas de empregos e todas as desigualdades que vêm com a perda de meios de subsistência.<sup>1</sup>
- Ações que limitam as mudanças climáticas reduzem os danos econômicos dos impactos climáticos, o que aumenta o PIB por pessoa, o consumo e a demanda de energia.

## Vídeos

[População e Crescimento Econômico](#)

## Configurações do Controle Deslizante

*Crescimento Econômico*

	<b>crescimento baixo</b>	<b>status quo</b>	<b>crescimento alto</b>
Crescimento econômico de longo prazo	0.5% to 1.2%	<b>1.2% to 1.9%</b>	1.9% to 2.5%
Crescimento econômico de curto prazo	1.7% to 2.1%	<b>2.2% to 2.9%</b>	3.0% to 3.7%

O controle deslizante “Crescimento econômico de longo prazo” é o controle deslizante principal usado para controlar o crescimento econômico. No entanto, premissas mais precisas sobre o crescimento econômico podem ser definidas ajustando também o controle deslizante “Crescimento econômico de curto prazo”. Este controle deslizante define o crescimento médio global inicial do PIB por pessoa. O controle deslizante “Tempo de transição” está disponível para alterar a quantidade de tempo que leva para o nível “Crescimento econômico de curto prazo” atingir o nível “Crescimento econômico de longo prazo”.

*Redução do PIB devido aos Impactos Climáticos*

Espera-se que as mudanças climáticas tenham múltiplos efeitos adversos na economia, como redução do investimento em bens e serviços devido ao custo de resposta a mudanças em eventos climáticos extremos, elevação do nível do mar, desertificação, redução da produtividade agrícola, inundações e migração resultante. Para levar isso em conta, o En-ROADS inclui um feedback no Cenário de Linha de Base, onde o aumento da temperatura reduz a quantidade estimada de crescimento econômico. Isso é conhecido como “função de dano”. O interruptor “Mudança climática desacelera o crescimento econômico” (em Simulação > Premissas > Impacto econômico da mudança climática) permite que o usuário explore cenários com e sem danos à economia devido aos impactos da mudança climática. Quando a chave é ativada, o usuário pode especificar qual função de dano usar no controle deslizante “Formulação de dano econômico”.

Vários economistas formularam esse impacto como uma redução percentual do PIB global e o estimaram como uma função da mudança de temperatura. Quatro funções principais da literatura de pesquisa estão incluídas no En-ROADS: Burke et al. (2015), Dietz & Stern (2015) e Howard & Sterner (2017). Os usuários também podem criar uma formulação personalizada para testar seu próprio impacto estimado no PIB devido às mudanças climáticas. Veja as estimativas resultantes para danos econômicos no gráfico "Redução no PIB vs Temperatura".

Para saber mais, visite a seção [Dano Econômico das Mudanças Climáticas da página En-ROADS Dynamics](#).

O controle deslizante "Taxa de desconto social" (SDR) em Simulação > Premissas > Impacto econômico das mudanças climáticas é usado para calcular o valor presente dos benefícios das ações para reduzir o aquecimento global porque elas ocorrem gradualmente, ao longo das próximas centenas de anos, devido à longa vida útil dos gases de efeito estufa na atmosfera. Ele representa a preocupação que as pessoas vivas hoje têm com o bem-estar das gerações futuras. Quanto maior a taxa de desconto social, menos o bem-estar das gerações futuras importa.

## Estrutura do Modelo

O En-ROADS usa dados históricos de crescimento econômico do Banco Mundial e então projeta o crescimento do PIB per capita para todas as regiões para que eventualmente converja para uma taxa de crescimento econômico de longo prazo de 1,5%/ano. O crescimento econômico no En-ROADS leva em conta o impacto no PIB dos impactos das mudanças climáticas, então o crescimento real de longo prazo no Cenário de Linha de Base é menor que 1,5%/ano. As diferenças entre um cenário que considera o impacto econômico da mudança de temperatura e um que não considera podem ser exploradas nos gráficos "PIB per capita" e "Produto Mundial Bruto".

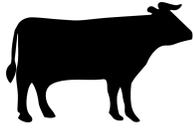
## Perguntas frequentes e explicações

- [Os custos ou benefícios financeiros ou econômicos das ações são modelados no En-ROADS?](#)
- [Explicador: Impacto econômico das mudanças climáticas no En-ROADS](#)
- [Como o impacto econômico das mudanças climáticas \(a "função de dano" climática\) é modelado no En-ROADS?](#)
- [Por que o En-ROADS inclui a função de dano de Burke et al. \(2018\) no Cenário de Linha de Base?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

### Notas de rodapé

[1]: Ruckert, A., & Labonté, R. (2017). [Health inequities in the age of austerity: The need for social protection policies](#). *Social Science & Medicine*, 187, 306–311.



# Emissões Agrícolas e Escolhas Alimentares

**Altere o nível de adoção das melhores práticas de emissões na agricultura e hábitos alimentares.** O metano (CH<sub>4</sub>) surge de fontes como vacas e arrozais, enquanto o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) vem de fertilizantes e esterco. Métodos agrícolas aprimorados podem reduzir diretamente as emissões, e a mudança de hábitos alimentares pode reduzir a demanda por gado e plantações, cortando a necessidade de novas terras agrícolas e ajudando a prevenir o desmatamento.

## Exemplos

### Metano:

- Reduzir a produção de metano no gado (fermentação entérica), por meio de métodos como melhoria da saúde do gado, otimização da dieta, seleção genética e aditivos para ração.
- Técnicas de gerenciamento de esterco, como lagoas cobertas de captura de metano, digestores anaeróbicos e compostagem.
- Técnicas aprimoradas de cultivo de arroz, incluindo métodos alternativos de umedecimento e secagem e gerenciamento de água.
- Práticas agrícolas sustentáveis, como pastejo rotacional, rotação de culturas e gerenciamento da saúde do solo.

### Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O):

- Adotar métodos agrícolas como fertilização de precisão, fertilizantes de liberação controlada, pastejo rotacional, rotação de culturas, gerenciamento da saúde do solo e inibidores de nitrificação.
- Melhorar as práticas de gerenciamento de água, incluindo o uso de irrigação por gotejamento e irrigação por tempo para atender à demanda de nitrogênio.

## Grandes Mensagens

- Melhorar as práticas agrícolas pode diminuir substancialmente a quantidade de metano e óxido nitroso produzidos por unidade de produtos agrícolas.
- Para maximizar a redução total de emissões, também é importante considerar a redução da quantidade de gado e culturas intensivas em metano. As opções incluem a redução de alimentos de animais e desperdício de alimentos.
- As emissões agrícolas não podem ser reduzidas a zero; elas são inerentes à produção de culturas e gado para alimentar o mundo, mesmo quando os sistemas agrícolas do mundo seguem as melhores práticas de gestão.

## Dinâmicas Chave

- **Contribuição.** As emissões de metano e N<sub>2</sub>O compreendem aproximadamente 22% das emissões atuais de gases de efeito estufa, e sua redução é essencial para lidar com as mudanças climáticas.
- **Desafios à difusão.** Leva tempo para que as melhores práticas sejam desenvolvidas, aprimoradas e implementadas, e para que as políticas apoiem sua adoção.
- **Escala e intensidade.** Há duas maneiras de mudar as emissões: diminuir a escala geral de produção e diminuir a intensidade das emissões dessa produção por meio da adoção de práticas de gestão aprimoradas e avanços tecnológicos.
- **Outras fontes de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O.** Além da agricultura, o metano e o N<sub>2</sub>O também são produzidos por energia e resíduos. Para uma compreensão aprofundada das emissões de metano, leia o [Methane Explainer](#).

## Possíveis co-benefícios da redução de emissões agrícolas

- A agricultura sustentável e baseada em plantas produz mais alimentos com menos recursos, o que aumenta a segurança alimentar.
- Um bom gerenciamento de esterco e menos escoamento de fertilizantes ricos em nitrogênio podem reduzir a poluição da água, diminuir a eutrofização e aumentar a saúde dos ecossistemas aquáticos.
- A redução das emissões de metano contribui para a redução do ozônio no nível do solo, uma preocupação com a qualidade do ar, que afeta a saúde humana e diminui a produtividade das colheitas.

## Considerações de Equidade

- Políticas implementadas sem cuidado podem ameaçar a segurança alimentar de certos indivíduos e comunidades. Por exemplo, arrozais, uma fonte significativa de metano, produzem um alimento básico para muitos países.
- Mudanças nas práticas agrícolas que aumentam os custos podem ameaçar as economias locais e o emprego em comunidades que dependem da agricultura como seu principal meio de vida.
- Muitos valores culturais são vinculados a certos alimentos, o que significa que uma mudança para dietas mais baseadas em vegetais pode exigir uma grande mudança social.

## Configurações do Controle Deslizante

Mover o controle deslizante principal altera o nível de adoção global das melhores práticas em duas áreas — pecuária e lavouras — e afeta a intensidade das emissões de metano (quilogramas de metano liberados por tonelada de produção agrícola). É possível alterar a escala geral da produção agrícola por meio dos controles deslizantes “[Alimentos de animais](#)” e “[Desperdício de alimentos](#)”. Observe que uma redução de 100% do controle deslizante “Metano e óxido nitroso da agricultura” não é uma redução total de 100% das emissões, pois algumas emissões da agricultura são consideradas inevitáveis.

	altamente reduzido	reduzido	status quo	aumentado
Porcentagem de redução potencial	100% to 70%	70% to 20%	<b>20% to 0%</b>	0% to -10%

## Estrutura do Modelo

O En-ROADS distingue entre a escala da Produção Agrícola Total (medida em giga toneladas por ano) e a Intensidade de Metano da Agricultura (medida em quilogramas de metano por tonelada produzida).

No Cenário de Linha de Base, a intensidade de emissões de metano da produção agrícola continua a diminuir, com uma pequena quantidade de melhoria a cada ano. Quando o controle deslizante de Emissões Agrícolas é reduzido e uma redução potencial maior é selecionada, as melhores práticas para reduzir as emissões são adotadas ao longo de um período de 30 anos. Isso acelera a melhoria em direção a valores ainda mais baixos para intensidades de emissões, com um limite inferior definido pelos sistemas de menor emissão para culturas e gado.

Cada gás de efeito estufa é modelado separadamente no En-ROADS, o que permite que o impacto de cada gás na temperatura global seja tratado sem usar conversões de potencial de aquecimento global (GWP) e equivalência de CO<sub>2</sub>. Gases de efeito estufa diferentes de CO<sub>2</sub> que são refletidos em gráficos com as unidades CO<sub>2</sub>e usam GWP100 para permitir a comparação e o relato de todos os gases de efeito estufa juntos, mas apenas para fins de documentação.

## Perguntas Frequentes

- [Explicador: Metano no En-ROADS](#)
- [Explicador: Alimentação e Agricultura no En-ROADS](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.



# Resíduos e Vazamentos

**Altere o nível de adoção das melhores práticas de emissões relacionadas a resíduos, energia e indústria.** As emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) de aterros sanitários e sistemas de águas residuais podem ser reduzidas por meio de melhor design e gerenciamento de resíduos. Aborde vazamentos de metano de operações de combustíveis fósseis e gerencie as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  de processos industriais, como produção de fertilizantes. Gerencie gases fluorados (HFCs, PFCs,  $\text{SF}_6$  e outros) na indústria química e em bens de consumo, como aparelhos de ar condicionado.

## Exemplos

### Vazamento de metano de sistemas de energia:

- Detecção de vazamentos usando drones e satélites; reparo de vazamentos; e atualização de válvulas e bombas para evitar vazamentos.
- Recuperação de metano durante a extração e processamento de combustíveis fósseis, seja para geração de energia ou para queima em vez de ventilação.

### Metano e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) de resíduos:

- Educação e políticas para reduzir resíduos.
- Captura de metano de aterros sanitários.
- Controle cuidadoso dos níveis de oxigênio em sistemas de tratamento de águas residuais para evitar a formação de metano e  $\text{N}_2\text{O}$ .

### Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) da indústria:

- Remoção de  $\text{N}_2\text{O}$  durante processos de fabricação, convertendo-o em nitrogênio e oxigênio.

### Gases fluorados:

- Recuperação e reciclagem de gases refrigerantes e uso de refrigerantes alternativos, como  $\text{CO}_2$ , propano e isobutano.
- Destruição de gases F em equipamentos e estoques no final de sua vida útil.

## Grandes Mensagens

- Melhorar as práticas de gerenciamento de resíduos e reduzir o vazamento de sistemas de energia pode diminuir substancialmente a quantidade de metano, óxido nitroso e gases fluorados produzidos.
- Metano,  $\text{N}_2\text{O}$  e gases fluorados têm um efeito maior de retenção de calor (por unidade de peso) na atmosfera, e certos tipos podem persistir na atmosfera por períodos mais longos, em comparação ao  $\text{CO}_2$ . Lidar com essas emissões é uma estratégia de mitigação poderosa.

## Dinâmicas Chave

- **Dinâmica de difusão.** Leva tempo para que as melhores práticas sejam desenvolvidas, melhoradas e implementadas, e para que a política apoie sua adoção.
- **Atrasos na rotatividade do estoque de capital.** Também leva tempo para que a infraestrutura de maior emissão (por exemplo, usinas de energia, instalações de processamento de combustível e plantas industriais) seja aposentada e substituída por capital novo e de menor emissão ou adaptada para produzir menos emissões.
- **Escala e intensidade.** Há duas maneiras de mudar as emissões: diminuir a **escala** geral da produção e diminuir a **intensidade das emissões** dessa produção por meio da adoção de práticas aprimoradas. Para uma compreensão aprofundada das emissões de metano, leia o [Explicador do Metano](#).

## Possíveis co-benefícios da redução de resíduos e vazamentos

- Reduzir o vazamento de metano de sistemas de gás natural pode economizar dinheiro.
- Compostagem de resíduos alimentares em vez de enviá-los para aterros sanitários produz emendas de solo ricas em nutrientes.
- Reduzir as emissões de N<sub>2</sub>O ajuda a proteger a camada de ozônio, já que N<sub>2</sub>O é atualmente a maior fonte de emissões que destroem a camada de ozônio.

## Considerações de Equidade

- A adoção de práticas para limitar emissões em algumas indústrias requer tecnologias ou métodos que adicionam custos aos bens, potencialmente aumentando os preços para os consumidores.
- As substâncias alternativas utilizadas para substituir os gases fluorados podem ter diferentes considerações de segurança, tais como inflamabilidade ou toxicidade, que necessitam de ser cuidadosamente avaliadas e geridas.

## Configurações do Controle Deslizante

Mover o controle deslizante principal de Resíduos e Vazamentos altera o nível de adoção global de melhores práticas em todas as quatro áreas: vazamento de metano proveniente de energia, metano e óxido nitroso proveniente de resíduos, óxido nitroso proveniente da indústria e gases fluorados.

	altamente reduzido	reduzido	status quo	aumentado
Porcentagem de redução potencial	100% to 70%	70% to 20%	<b>20% to 0%</b>	0% to -10%

As melhores práticas para a área de **energia e vazamento** reduzem apenas a **intensidade** de emissões de metano do setor (metano liberado por unidade produzida). É possível alterar a **escala** geral da produção de energia de combustível fóssil por meio de vários controles deslizantes do setor de energia e ver os resultados no gráfico "[Intensidade de metano da energia primária](#)".

As melhores práticas para metano e óxido nitroso de **resíduos** reduzem tanto a **escala** da produção de resíduos (particularmente materiais orgânicos que entram em aterros sanitários e tratamento de águas residuais) quanto a intensidade das emissões (quanta poluição por unidade de resíduo).

Para **óxido nitroso da indústria**, o potencial máximo representa uma redução de 95% do valor de emissões de 1990, consistente com os potenciais máximos relatados por [Jörfß et al. \(2023\)](#). O controle deslizante define quanto dessa redução máxima é alcançada ao longo de 30 anos.

Para **gases fluorados**, o potencial máximo depende de Suposições sob a categoria "Metano, N<sub>2</sub>O e gases F"; o padrão representa uma redução de 90% das intensidades de emissões de gases F.

Observe que uma redução de 100% do controle deslizante "Metano e outros gases de resíduos e vazamentos" não é uma redução total de 100% das emissões, uma vez que algumas emissões são consideradas inevitáveis.

## Estrutura do Modelo

O En-ROADS calcula a intensidade de metano da energia (medida em quilo toneladas de metano por exajoule de energia produzida). As emissões podem ser reduzidas por meio de reformas ou substituições à medida que novas tecnologias de menor emissão se tornam disponíveis. As emissões também podem ser reduzidas por meio de mudanças nas práticas (por exemplo, não queima) e manutenção e monitoramento (por exemplo, conserto de vazamentos). Dinâmicas semelhantes impulsionam as emissões de metano de resíduos, emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e gases F.

Cerca de 10% do metano de combustíveis fósseis e 100% do metano da geração de bioenergia vêm da combustão incompleta e não são afetados por este controle deslizante. Ele só pode ser reduzido não queimando o combustível.

Cada gás de efeito estufa é modelado separadamente no En-ROADS, o que permite que o impacto de cada gás na temperatura global seja tratado sem usar o potencial de aquecimento global (GWP) e conversões de equivalência de CO<sub>2</sub>. Os gases de efeito estufa diferentes do CO<sub>2</sub> refletidos nos gráficos com as unidades CO<sub>2</sub>e usam o GWP100 para permitir a comparação e o relato de todos os gases de efeito estufa juntos, mas apenas para fins de documentação.

## Perguntas frequentes e explicações

- [Explicador: Metano no En-ROADS](#)
- [Como posso reduzir as emissões de gases fluorados, simulando políticas como a Emenda Kigali ao Protocolo de Montreal ou uma política semelhante?](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.



# Desmatamento e degradação de florestas maduras

**Incentive ou desencoraje a proteção de florestas para mudar a tendência atual de desmatamento e degradação.** Desmatamento é a conversão de terras florestais para outros usos, principalmente para agricultura. Degradação florestal é a perda temporária de florestas devido à colheita para produtos de madeira ou bioenergia. O desmatamento é motivado pela necessidade de terras agrícolas, que podem ser afetadas por mudanças no sistema alimentar sob Emissões Agrícolas.

## Exemplos

- Política governamental para preservar terras florestais e colocar restrições em indústrias como soja e/ou óleo de palma.
- Maior apoio aos direitos de terras indígenas.
- Apoio público e campanhas para encorajar a preservação da terra.

## Grandes Mensagens

- Reduzir o desmatamento é parte de um esforço multifacetado para lidar com as mudanças climáticas. No entanto, as emissões do desmatamento são ofuscadas pela enorme quantidade de dióxido de carbono liberado pela combustão de combustíveis fósseis.
- Proteger florestas é útil por muitas razões além da ação climática, incluindo a conservação da biodiversidade e a proteção das terras dos povos indígenas.

## Dinâmicas Chave

- A redução acentuada das emissões de desmatamento reduz a temperatura menos do que a maioria das pessoas estimaria. Veja o gráfico “Emissões líquidas de gases de efeito estufa por gás – área” para ver o papel do uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura em relação a todas as outras fontes de emissões.
- À medida que o consumo cresce, o desperdício de alimentos e a demanda por alimentos de origem animal aumentam a quantidade de terras cultiváveis necessária, o que gera mais desmatamento.
- Os fatores de degradação florestal também incluem extração de madeira e extração de madeira para produtos como bioenergia de madeira (por exemplo, lenha e pellets de madeira), madeira serrada e produtos de papel.
- A redução do desmatamento e da degradação florestal reduz as emissões líquidas do setor de uso da terra. Há mais capacidade de remoção de carbono das florestas se elas forem deixadas para crescer, e há menos emissões brutas de carbono retirado das florestas por meio da extração de madeira e extração de madeira. Para uma compreensão mais aprofundada dessa dinâmica, leia o [Explicador: Terras e Florestas](#).

## Possíveis co-benefícios da Redução do Desmatamento

- As florestas protegem a biodiversidade e fornecem serviços ecossistêmicos e fontes de alimentos.
- As árvores reduzem a erosão e previnem a perda de solo, o que pode impactar negativamente a qualidade da água a jusante.
- As florestas fornecem meios de subsistência para as pessoas (por exemplo, coleta de recursos em pequena escala e silvicultura sustentável) que podem ser perdidos quando a terra é deslocada para outros usos.

## Considerações de Equidade

- Os esforços de preservação florestal às vezes restringiram o acesso à terra de povos indígenas que viveram de forma sustentável na terra por gerações. Políticas devem ser criadas com o engajamento das partes interessadas locais.<sup>1 2</sup>

## Vídeos

[Desmatamento e degradação de florestas maduras](#)

## Configurações do Controle Deslizante

	<b>altamente reduzido</b>	<b>moderadamente reduzido</b>	<b>status quo</b>	<b>aumentado</b>
Porcentagem de redução ou aumento anual	-10% to -4%	-4% to -1%	<b>-1% to 0%</b>	0% to +1%

## Estrutura do Modelo

Este setor rastreia vários tipos diferentes de terra para avaliar os impactos do ganho, perda e degradação florestal, e o uso da terra associado, mudança no uso da terra e emissões de gases de efeito estufa florestais. Os principais aspectos são:

- Desmatamento é impulsionado principalmente pela crescente necessidade de plantações e pastagens. Como resultado, mais desperdício de alimentos e mais consumo de produtos de origem animal levam a mais desmatamento. Reduzir esses impulsionadores (localizados em Emissões Agrícolas) ou implementar políticas de proteção florestal leva a menos desmatamento.
- Degradação florestal madura é impulsionado pela necessidade de bioenergia de madeira e outros produtos florestais, como papel e madeira serrada. Taxar a bioenergia ou ter uma meta de redução na política de degradação florestal madura pode reduzir a colheita de florestas mais antigas que armazenam grandes quantidades de carbono.
- Rendimento da colheita: rendimentos mais altos evitam a necessidade de expansão de terras agrícolas por meio do desmatamento. Maior demanda por safras — devido ao crescimento populacional e maior PIB (que aumenta o consumo de produtos de origem animal) — pode ser atendida por maiores rendimentos na área de terras agrícolas existentes em vez de sua expansão (o controle deslizante está nas Premissas En-ROADS).
- Redução da produtividade da safra devido à temperatura: a produtividade da safra está crescendo de forma constante no Cenário de Linha de Base, seguindo tendências históricas, embora as mudanças climáticas retardem esse crescimento (o controle deslizante está nas Suposições En-ROADS).

## Perguntas frequentes e explicações

- [Explicador: Terras e florestas em En-ROADS](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

### Notas de rodapé

[1]: Salopek, P. (2019, May 16). [Millions of indigenous people face eviction from their forest homes](#). *National Geographic*.

[2]: De Sam Lazaro, F. & Hartman, S. C. (2021, October 21). [Uganda's Batwa tribe, considered conservation refugees, see little government support](#). *PBS NewsHour*.



## Remoção de dióxido de carbono baseada na natureza

**Incentive a expansão de florestas (florestamento), a restauração de florestas degradadas, a implementação de práticas agrícolas que capturem carbono e a produção de biocarvão.** Esses métodos baseados na natureza podem remover dióxido de carbono da atmosfera e armazená-lo em plantas e solos. No entanto, esse carbono pode ser liberado novamente se a terra for alterada, seja por meio de ações deliberadas como agricultura ou eventos acidentais como incêndios florestais.

### Exemplos

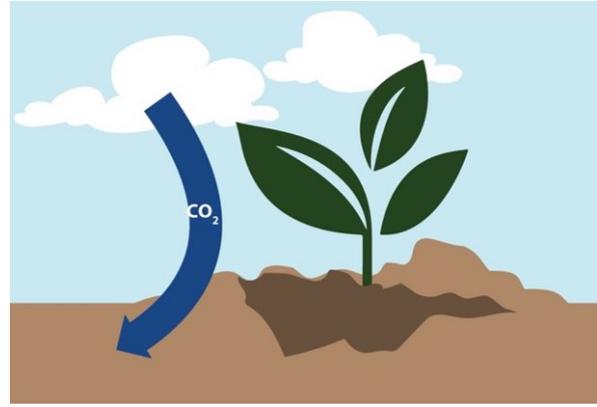
- Políticas governamentais, incentivos e financiamento para identificar terras disponíveis, plantar árvores e gerenciar florestas.
- Apoio empresarial, de proprietários de terras e público para plantio de árvores em larga escala.
- Mercados de carbono que incentivam os agricultores a implementar práticas de sequestro de carbono no solo agrícola, como cultivo de cobertura e rotação de culturas.
- Fabricação e uso de biocarvão como um aditivo de solo.

### Métodos de remoção de dióxido de carbono baseados na natureza

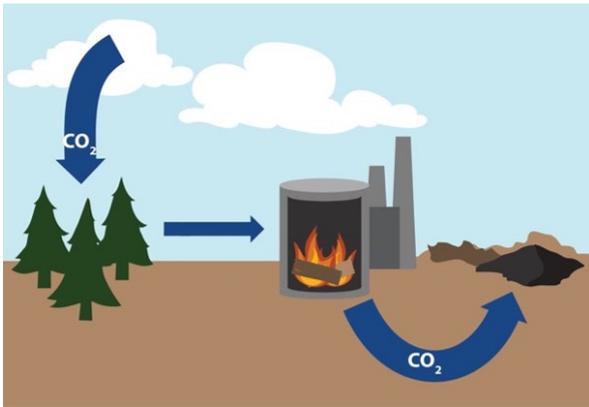
*Os seguintes métodos de remoção de CO<sub>2</sub> baseados na natureza podem ser explorados no simulador EnROADS:*



**Florestamento e reflorestamento.** À medida que as árvores crescem, elas retiram carbono do ar, o que reduz a concentração de dióxido de carbono. O  $\text{CO}_2$  é então armazenado em biomassa viva.



**O sequestro de carbono do solo agrícola** envolve o uso de práticas agrícolas que aumentam o carbono do solo (como agricultura sem plantio direto e prevenção do pastoreio excessivo).



**Biocarvão** é biomassa (por exemplo, de árvores) que foi transformada em carvão por meio de pirólise e depois enterrada para reter o carbono.

## Grandes Mensagens

- O reflorestamento tem o potencial de retirar quantidades significativas de dióxido de carbono da atmosfera, mas a disponibilidade de terra e outros efeitos devem ser considerados. Seria necessária uma quantidade imensa de terra para causar um grande impacto na mudança de temperatura.
- O carbono armazenado em árvores e solos é vulnerável à liberação futura devido a perturbações naturais (por exemplo, incêndios florestais) ou mudanças na gestão da terra (por exemplo, pastoreio excessivo ou desmatamento).

## Dinâmicas Chave

- **Impacto.** O cultivo de mais árvores aumenta a remoção global de CO<sub>2</sub> da atmosfera, pois a fotossíntese puxa o carbono para a biomassa e os solos. Observe a temperatura diminuir modestamente como resultado.
- **Atraso.** Leva décadas para que as árvores recém-plantadas removam carbono suficiente para que sejam uma fonte significativa de remoção de carbono.
- **Reversibilidade.** As árvores são suscetíveis a incêndios, insetos e danos relacionados ao clima, sem mencionar as colheitas futuras; tudo isso leva a emissões de carbono como resultado da combustão e decomposição.
- **Escala comparada às emissões de energia.** A quantidade de carbono que árvores adicionais podem retirar da atmosfera é ofuscada pela enorme quantidade de dióxido de carbono liberado pela combustão de combustíveis fósseis.
- **Terra necessária.** Veja os gráficos “Terra para cultivo de biomassa de remoção de CO<sub>2</sub>” e “Terra para agricultura com remoção de CO<sub>2</sub>” e observe a quantidade total de área de terra que todas as abordagens podem exigir.

## Potenciais co-benefícios da remoção de dióxido de carbono baseada na natureza

- Novas florestas podem criar novos ecossistemas e proteger habitats de vida selvagem, biodiversidade e serviços ecossistêmicos existentes.
- Copas de árvores maiores e mais saudáveis nas cidades reduzem os efeitos de ilha de calor urbana e a energia necessária para aquecimento e resfriamento.
- Empregos são criados no plantio, cuidado e manutenção de árvores.
- Abordagens de remoção de carbono baseadas na natureza, como sequestro de carbono do solo agrícola, podem ajudar a melhorar os lucros dos proprietários de terras e fazendeiros em alguns casos por meio de mercados de carbono.
- Alguns métodos de sequestro de carbono do solo agrícola, como culturas de cobertura e correção do solo com biocarvão, podem melhorar a saúde do solo.

## Considerações de Equidade

- O reflorestamento envolve a mudança de grandes áreas de terra para florestas. Isso pode, às vezes, resultar em monoculturas de árvores que são todas da mesma idade, o que não contribui para uma biodiversidade saudável tanto quanto as florestas naturais.
- Grandes mudanças na terra podem comprometer o acesso histórico à terra, portanto, envolver comunidades de baixa renda e minorias, incluindo povos indígenas, no processo de desenvolvimento e implementação de políticas é essencial.
- A colheita de matérias-primas para a produção de biocarvão pode competir com outros usos, como produção de alimentos ou preservação de habitat, e pode ter impactos ambientais ou sociais negativos se não for gerenciada de forma sustentável.

## Configurações do Controle Deslizante

Mover o controle deslizante principal de Remoção de Dióxido de Carbono com Base na Natureza altera a quantidade de carbono removido por três métodos: florestamento, sequestro de carbono do solo agrícola e biocarvão.

	status quo	crescimento baixo	crescimento médio	crescimento alto
Porcentagem do potencial máximo	0% to +15%	+15% to +40%	+40% to +70%	+70% to +100%

**Florestamento:** O controle deslizante “Porcentagem de terra disponível para florestamento” altera a porcentagem de terra disponível que é usada para cultivar novas florestas. 100% significaria que 550 milhões de hectares (Mha) de terra são cobertos por florestas. 550 Mha representam aproximadamente 16% da área atual de pastagens, 6% de toda a terra (incluindo deserto e tundra) que não é floresta atualmente e cerca de 80% da diferença na área florestal de 1850 até agora (ou seja, há 680 Mha a menos de área florestal hoje do que em 1850).<sup>1</sup>

**Sequestro de carbono do solo agrícola e biochar:** As configurações padrão para o potencial máximo de sequestro de carbono do solo agrícola e biocarvão (“% do potencial máximo”) são originadas do ponto médio dos intervalos do [relatório “Remoção de gases de efeito estufa” de 2018 da Royal Society](#) (Tabela 2, Capítulo 2). Por exemplo, mover o controle deslizante de biocarvão do simulador para “100% do potencial máximo” aumenta as remoções em até 3,5 Gton/ano, o que foi tirado do intervalo do relatório de 2-5 Gton/ano. Para uma remoção maior, pode-se ajustar as configurações de “Remoção máxima de dióxido de carbono” na visualização Premissas, até o limite mais alto do intervalo obtido do relatório. Por exemplo, o máximo de biocarvão pode ser aumentado para 5 Gtons/ano.

## Estrutura do Modelo

Os métodos de remoção de CO<sub>2</sub> baseados na natureza incluídos são modelados de forma independente. Cada um deles varia em seu potencial máximo de sequestro, o ano em que podem começar a aumentar, quanto tempo leva para armazenar carbono e a taxa de vazamento de carbono ao longo do tempo (o carbono armazenado nem sempre é permanente).

**Florestamento:** As florestas são dinâmicas e resultam em remoções e emissões de carbono. Observe no gráfico “Remoção de CO<sub>2</sub> do Florestamento” que as remoções líquidas de CO<sub>2</sub> são menores do que as remoções totais devido à perda de carbono por decomposição e incêndios florestais em florestas mais antigas ou insalubres. Para remoções maiores, pode-se ajustar a “Terra máxima disponível para florestamento” em “Configurações de florestamento” na visualização Suposições. Por exemplo, para explorar o plantio de um trilhão de árvores, aumente o controle deslizante “Terra máxima disponível para florestamento” para 900 Mha (com um espaçamento médio entre árvores consistente com o valor do ponto médio de [Russell \(2020\)](#)).

## Estudos de Caso

Nova York, EUA: O aumento da densidade de árvores urbanas em 343 árvores por quilômetro quadrado demonstrou reduzir a taxa de asma infantil em 29% na cidade de Nova York.<sup>2</sup>

## Perguntas Frequentes

- [Por que plantar árvores \(florestamento\) não tem mais impacto?](#)
- **Onde posso aprender mais sobre os diferentes tipos de CDR?** Siga os links para encontrar fichas técnicas detalhadas sobre esses tipos de CDR:
  - [Florestamento](#)
  - [Biocarvão](#)
  - [Sequestro de carbono em solo agrícola](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

### Notas de rodapé

[1]: Hurtt, G. C., L. Chini, R. Sahajpal, S. Frolking, B. L. Boudris, K. Calvin, J. C. Doelman, J. Fisk, S. Fujimori, K. K. Goldewijk, T. Hasegawa, P. Havlik, A. Heinemann, F. Humpenöder, J. Jungclaus, Jed Kaplan, J. Kennedy, T. Kristzin, D. Lawrence, P. Lawrence, L. Ma, O. Mertz, J. Pongratz, A. Popp, B. Poulter, K. Riahi, E. Shevliakova, E. Stehfest, P. Thornton, F. N. Tubiello, D. P. van Vuuren, X. Zhang (2020). [Harmonization of Global Land-Use Change and Management for the Period 850-2100 \(LUH2\) for CMIP6](#). *Geoscientific Model Development Discussions*.

[2]: Lovasi, G. S., Quinn, J. W., Neckerman, K. M., Perzanowski, M. S., & Rundle, A. (2008). [Children living in areas with more street trees have lower prevalence of asthma](#). *Journal of Epidemiology & Community Health*, 62(7), 647–649.



# Remoção Tecnológica de Dióxido de Carbono

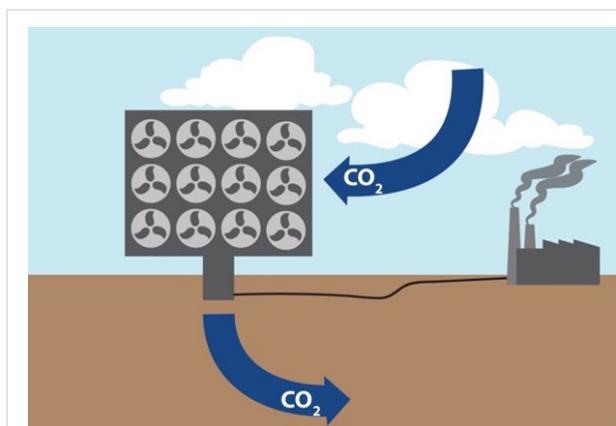
**Promover o uso de tecnologias de remoção de dióxido de carbono, como captura direta de ar e mineralização aprimorada.** Esses métodos dependem da indústria pesada para remover diretamente o dióxido de carbono da atmosfera. Embora essas tecnologias ofereçam soluções promissoras para reduzir o carbono atmosférico, elas exigem energia e investimento substanciais para serem implementadas em larga escala.

## Exemplos

- Avanços em várias tecnologias de CDR por meio de pesquisa e desenvolvimento e políticas governamentais.
- Suporte de empresas, proprietários de terras e do público em geral para implementar tais tecnologias.

## Métodos de remoção de dióxido de carbono

*Os seguintes métodos de remoção tecnológica de CO<sub>2</sub> podem ser explorados no simulador En-ROADS:*



**A captura e armazenamento direto de carbono no ar (DACCS)** é uma tecnologia emergente que retira CO<sub>2</sub> do ar, sendo então armazenado em reservas geológicas. Para obter um benefício líquido de remoção, o carbono capturado deve ser armazenado a longo prazo.



**A mineralização aprimorada** envolve a mineração de rochas específicas, como basalto, que podem absorver CO<sub>2</sub> do ar e convertê-lo em rocha para armazenamento de carbono a longo prazo.

## Grandes Mensagens

- A remoção tecnológica de carbono tem o potencial de retirar quantidades significativas de dióxido de carbono da atmosfera.
- A maioria dessas tecnologias ainda está passando por testes piloto e não existe no nível necessário para implantação em larga escala.
- Para ter sucesso, essas tecnologias devem armazenar carbono (geralmente no subsolo) por um futuro indefinido sem vazarem de volta para a atmosfera.

## Dinâmicas Chave

- **Escala industrial.** Veja o gráfico “Material a granel para mineralização” para ver a escala de produção industrial que essas abordagens envolvem.
- **Banheira de carbono.** A concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera continuará a aumentar enquanto as emissões de CO<sub>2</sub> excederem as remoções de CO<sub>2</sub>, assim como o nível de água em uma banheira continuará a aumentar enquanto a água que entra na banheira exceder a água que sai. [Saiba mais aqui](#).

## Potenciais co-benefícios do crescimento do CDR

- A ampliação de muitas abordagens de remoção de carbono resultaria em vastas novas indústrias e negócios, que criariam empregos.
- A mineralização aprimorada pode beneficiar o solo ao reduzir sua acidez.

## Considerações de Equidade

- Métodos como captura e armazenamento direto de carbono no ar demandariam grandes quantidades de energia.
- Muitas das abordagens tecnológicas de remoção de carbono ainda não foram desenvolvidas em escala e representam riscos e consequências desconhecidos para as comunidades em que estão situadas.

## Vídeos

[Florestação e Remoção Tecnológica de CO<sub>2</sub>](#)

## Configurações do Controle Deslizante

	status quo	crescimento baixo	crescimento médio	crescimento alto
Porcentagem do potencial máximo	0% to +10%	+10% to +40%	+40% to +70%	+70% to +100%

**DACCS:** As configurações padrão para o potencial máximo de remoção tecnológica de carbono do DACCS (“% do potencial máximo”) são originadas do ponto médio dos intervalos do [relatório de remoção de gases de efeito estufa de 2018 da Royal Society](#) (Tabela 2, Capítulo 2).

Para níveis de remoção mais altos, é possível ajustar as configurações de “Remoção máxima de dióxido de carbono” na visualização Premissas, até a extremidade mais alta do intervalo originado do mesmo relatório.

## Estrutura do Modelo

Os métodos de remoção de CO<sub>2</sub> incluídos são modelados de forma independente. Cada um deles varia em seu potencial máximo de sequestro, o ano em que podem começar a aumentar, quanto tempo leva para serem introduzidos gradualmente e a taxa de vazamento de carbono ao longo do tempo (o carbono armazenado nem sempre é permanente).

**Mineralização aprimorada:** En-ROADS representa o tempo que leva para a prática de mineralização aprimorada ser adotada e a infraestrutura ser construída. Após a adoção, a quantidade bruta de CO<sub>2</sub> removida pela mineralização é uma função da área de terra em que a rocha moída é aplicada, a quantidade de rocha por área e o potencial de absorção do tipo de rocha. O CO<sub>2</sub> líquido capturado é a quantidade bruta de CO<sub>2</sub> removida menos as emissões de energia usada para moer e espalhar a rocha. Os usuários podem ajustar todos esses parâmetros no menu Premissas.

## Perguntas Frequentes

- **Onde posso aprender mais sobre os diferentes tipos de CDR?** Siga os links para encontrar fichas técnicas detalhadas sobre esses tipos de CDR:
  - [Captura Direta do Ar](#)
  - [Mineralização Aprimorada](#)

Por favor, visite [support.climateinteractive.org](https://support.climateinteractive.org) para obter consultas adicionais e suporte.

# Comparação de Modelos - Histórico

## Table of Contents

1. [Primary Energy Demand History](#)
2. [Final Energy Consumption History](#)
3. [Electricity Generated by Energy Source History](#)
4. [Marginal Cost of Wind, Solar, and Geothermal Electricity History](#)
5. [Emissions History](#)
6. [Atmospheric Concentrations History](#)
7. [Radiative Forcing History](#)
8. [Temperature History](#)

The purpose of this section of the En-ROADS User Guide is to supplement the historical comparison graphs in the En-ROADS application by sharing multiple comparisons of En-ROADS model behavior compared against measured historical data.

En-ROADS uses historical data for two purposes: initialization of the simulation and calibration. Certain variables in En-ROADS are initialized with their measured historical values from 1990, and then the model runs. We compare the model output from 1990 through present day to measured historical data to identify opportunities for model improvement.

The graphs below compare the En-ROADS Baseline Scenario to measured historical data for select variables. Not all variables and comparisons to history are included here. The historical data are derived from the following sources:

- Global Carbon Project: Friedlingstein, P., et al. (2022). [Global carbon budget 2022](#). *Earth System Science Data*, 14, 4811–4900. [CO<sub>2</sub> energy emissions only]
- IEA. (2020a). [Evolution of solar PV module cost by data source, 1970-2020](#).
- IEA. (2020b). [Global average LCOEs and auction results for utility-scale PV by commissioning date](#).
- IEA WEO: IEA. (2022). [World Energy Outlook 2022](#).
- IEA World Energy Statistics & Balances: IEA. (2022). [World Energy Statistics & Balances](#).
- IRENA. (2020). [Renewable Power Generation Costs in 2019](#).
- Lazard. (2021). [Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis - Version 15.0](#).
- LUH2: Hurtt, G. C., et al. (2020). [Harmonization of global land-use change and management for the period 850-2100 \(LUH2\) for CMIP6](#). *Geoscientific Model Development*, 13(11), 5425–5464.
- Met Office Hadley Centre HadCRUT5: Morice, C. P., et al. (2022). [An updated assessment of near-surface temperature change from 1850: the HadCRUT5 dataset](#). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126, e2019JD032361. Data available at <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut5/data/current/download.html>.
- NASA GISS. (2022). [GISS Surface Temperature Analysis \(GISTEMP\), version 4](#). NASA Goddard Institute for Space Studies.
- NOAA AGGI: NOAA. (2022). [Annual Greenhouse Gas Index](#).
- NOAA ESRL: NOAA. (2022). [Trends in Atmospheric Carbon Dioxide](#).
- PRIMAP: Gütschow, J., Günther, A., & Pflüger, M. (2021). [The PRIMAP-hist national historical emissions time series \(1850-2018\). v2.3.1](#). [Non-CO<sub>2</sub> greenhouse gas emissions only]

Five historical comparison graphs are also included in the En-ROADS app under *Graphs > Model Comparison—Historical* and are included and disaggregated here:

- [Greenhouse Gas Net Emissions History](#)
- [Primary Energy Demand of Coal, Oil, and Gas History](#)
- [Primary Energy Demand of Wind and Solar History](#)
- [Marginal Cost of Solar Electricity History](#)
- [Temperature History](#)

## Primary Energy Demand History

- [Total Primary Energy Demand](#)
- [Primary Energy from Coal](#)
- [Primary Energy from Oil](#)
- [Primary Energy from Natural Gas](#)
- [Primary Energy from Bioenergy](#)
- [Primary Energy from Nuclear](#)

Global primary energy demand of energy sources for the En-ROADS Baseline Scenario compared to IEA historical data. This is measured in exajoules per year (joules x  $10^{18}$ /year) for electric and nonelectric sources combined.

Primary energy refers to the total energy from a raw energy source that is converted into consumable energy. For example, primary coal energy demand refers to the total energy in coal that is mined, processed, and consumed. Primary energy is greater than final energy consumption because it accounts for inefficiencies in fuel processing, thermal conversion, and transmission and distribution (T&D).

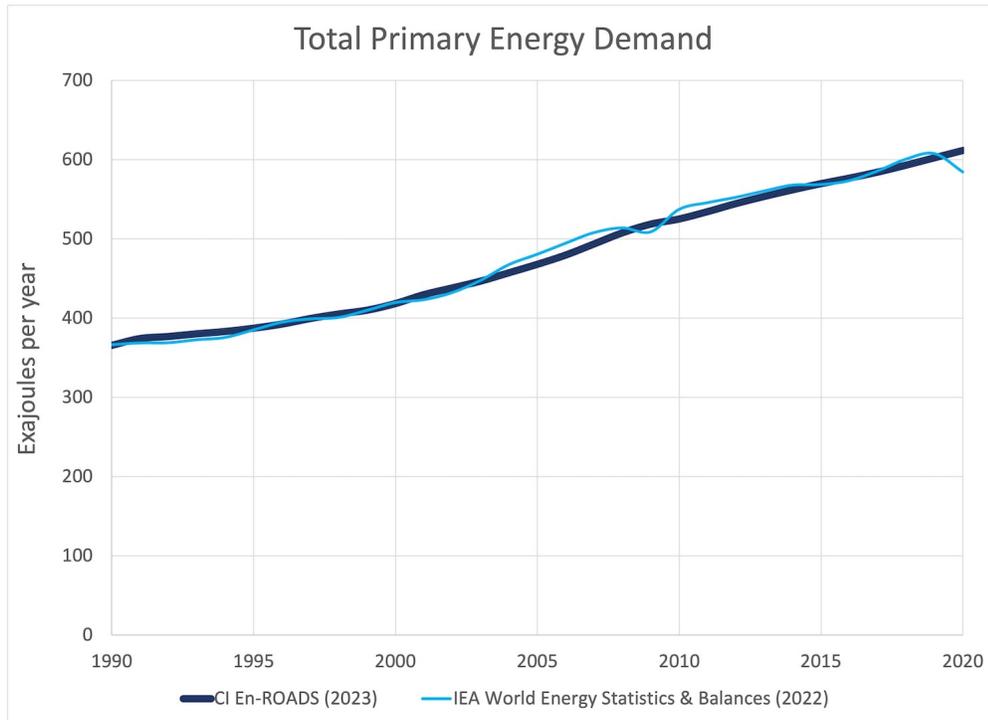
### Statistical fit

[Click here for descriptive statistics of En-ROADS fit to historical data.](#)

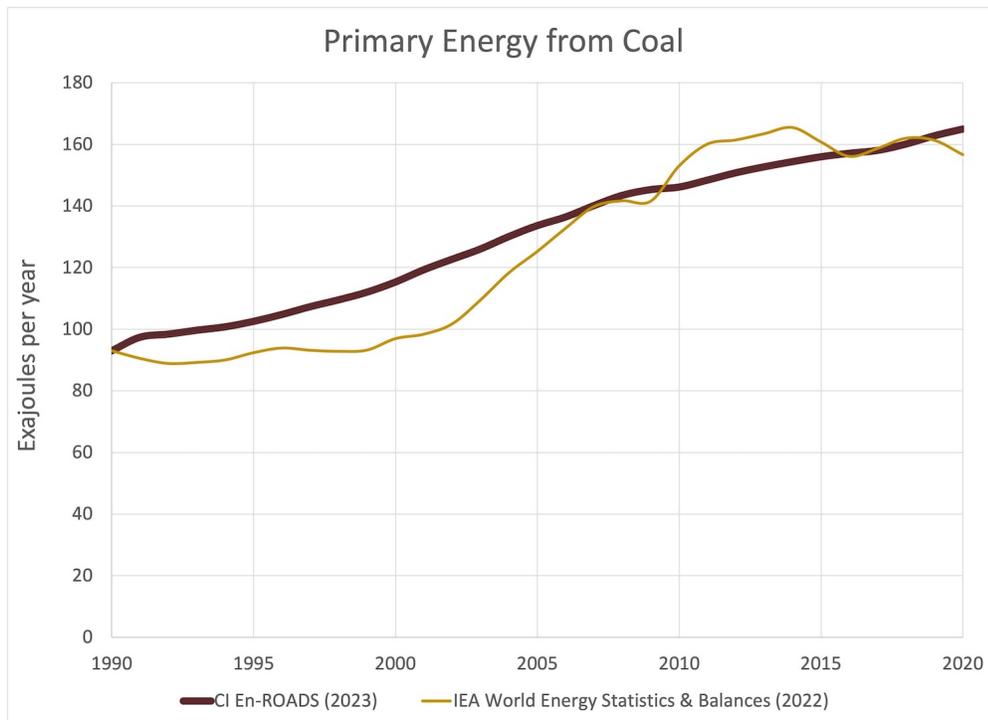
### Sources of historical data

- IEA World Energy Statistics & Balances: IEA. (2022). *World Energy Statistics & Balances*.

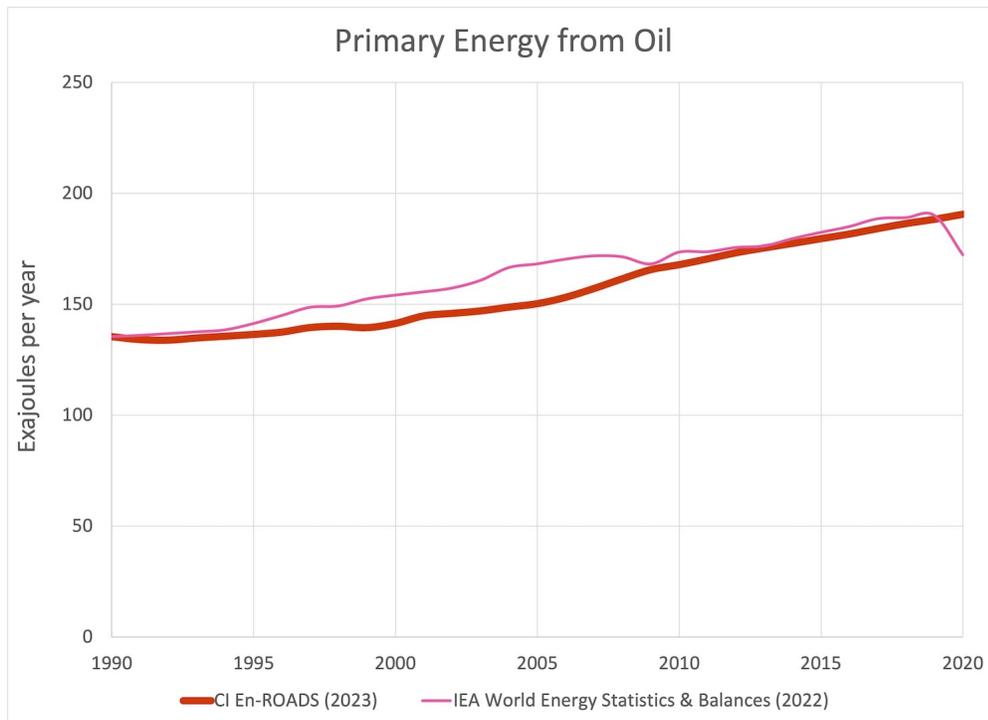
## Total Primary Energy Demand



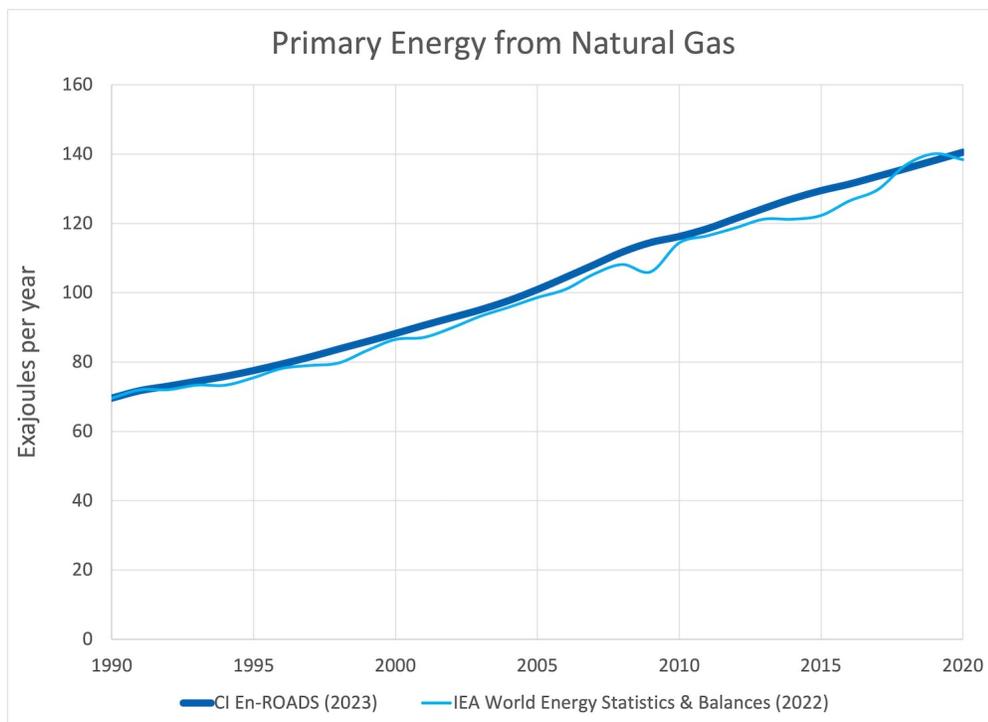
## Primary Energy from Coal



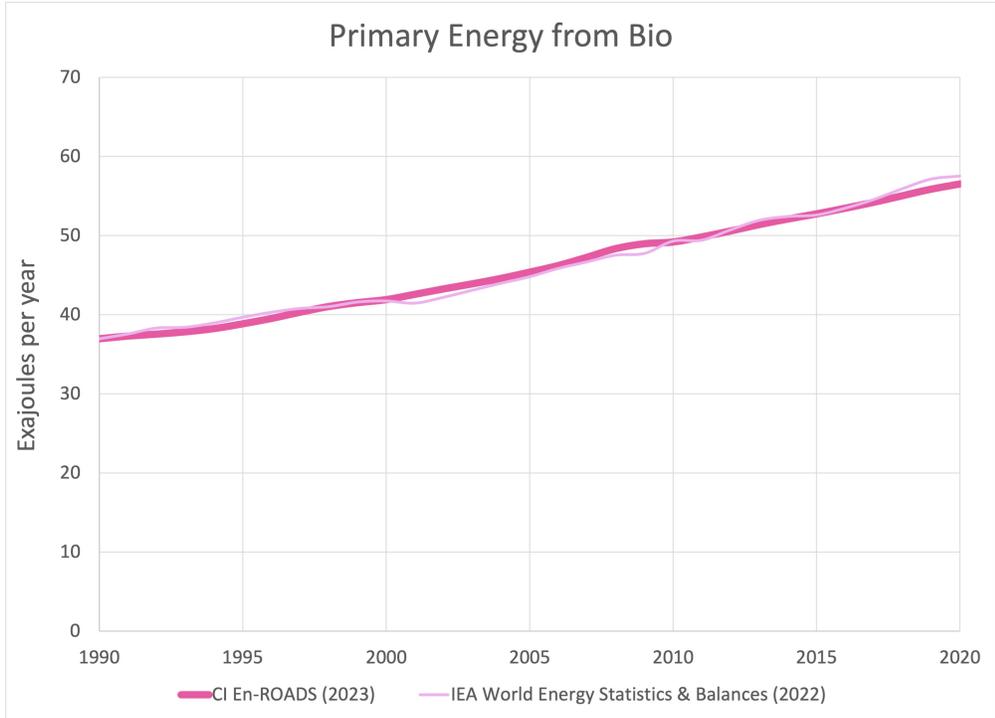
## Primary Energy from Oil



## Primary Energy from Natural Gas

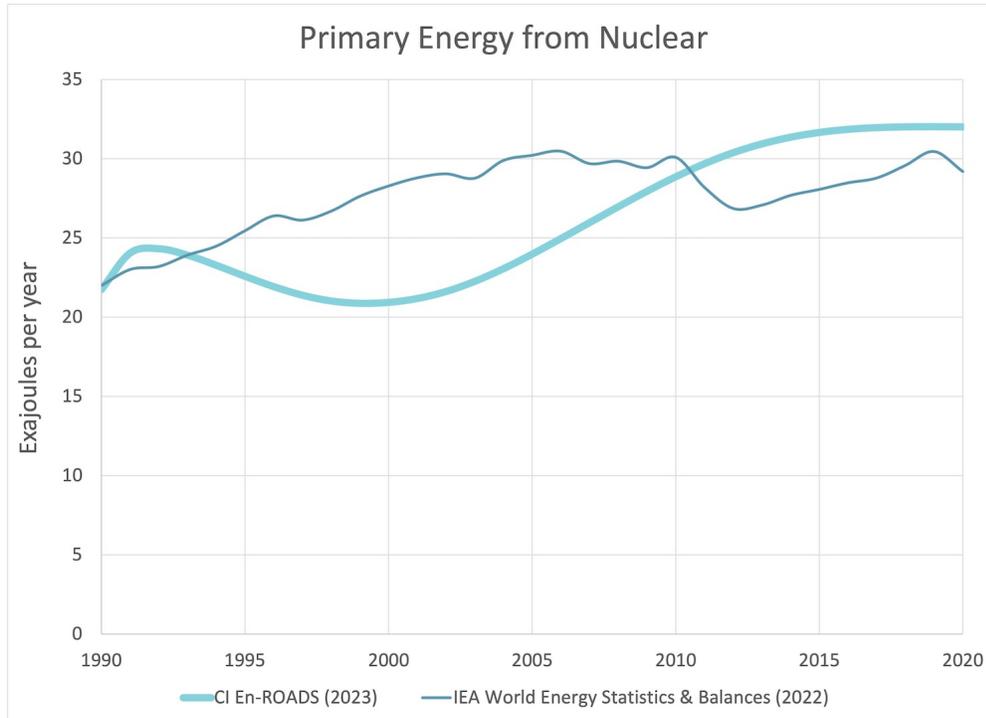


# Primary Energy from Bioenergy



## Primary Energy from Nuclear

En-ROADS, as well as many other sources, assumes that nuclear energy has an efficiency of 100% conversion of primary energy into electricity generated. Some sources, like the IEA WEO, assume that the primary energy equivalent from the electricity generation has an efficiency of 33%. To compare En-ROADS output to the IEA WEO, we multiply the primary energy in En-ROADS by 3.



[Return to Table of Contents](#)

## Final Energy Consumption History

- [Total Final Energy Consumption](#)
- [Total Final Energy Consumption - Buildings & Industry](#)
- [Total Final Energy Consumption - Transport](#)
- [Total Final Energy Consumption - Electric Buildings & Industry](#)
- [Total Final Energy Consumption - Electric Transport](#)

Global total final energy consumption of energy sources in exajoules/year (joules x  $10^{18}$ /year) for electric and nonelectric sources combined in the En-ROADS Baseline Scenario compared to historical data.

Final energy consumption is the total energy consumed to meet the demand of all final end uses. For example, how much electricity a lightbulb uses or how much fuel a truck burns are measures of final energy consumption. It does not include energy lost through transmission and distribution (T&D) or inefficiencies, which, in contrast, is accounted for in primary energy demand.

Final energy consumption is divided into two end uses: stationary (buildings and industry) and transport.

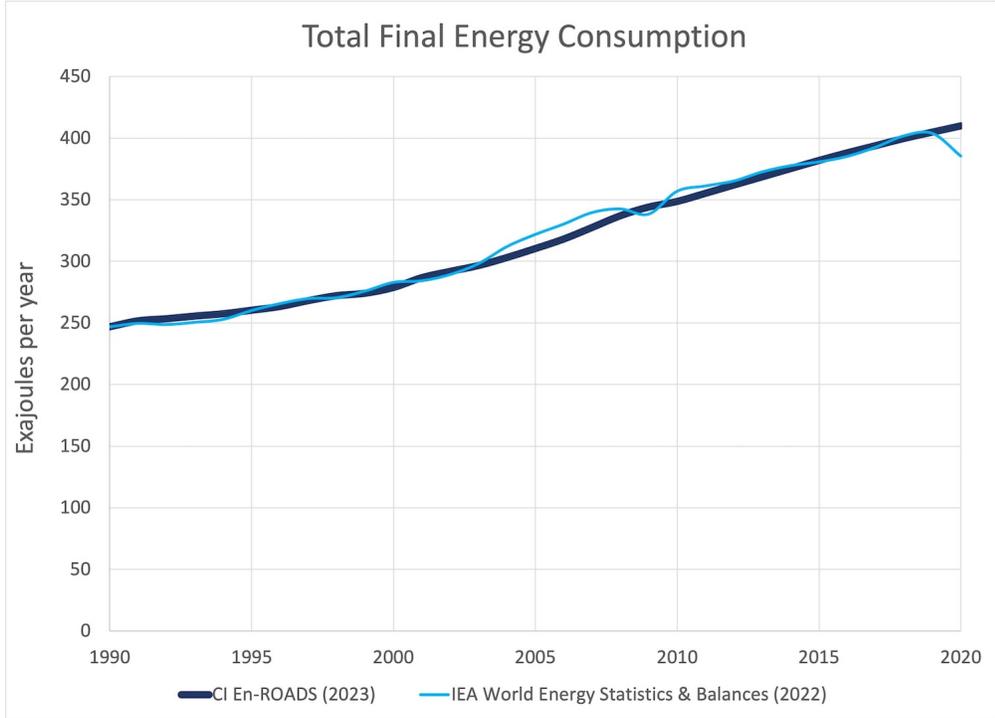
### Statistical fit

[Click here for descriptive statistics of En-ROADS fit to historical data.](#)

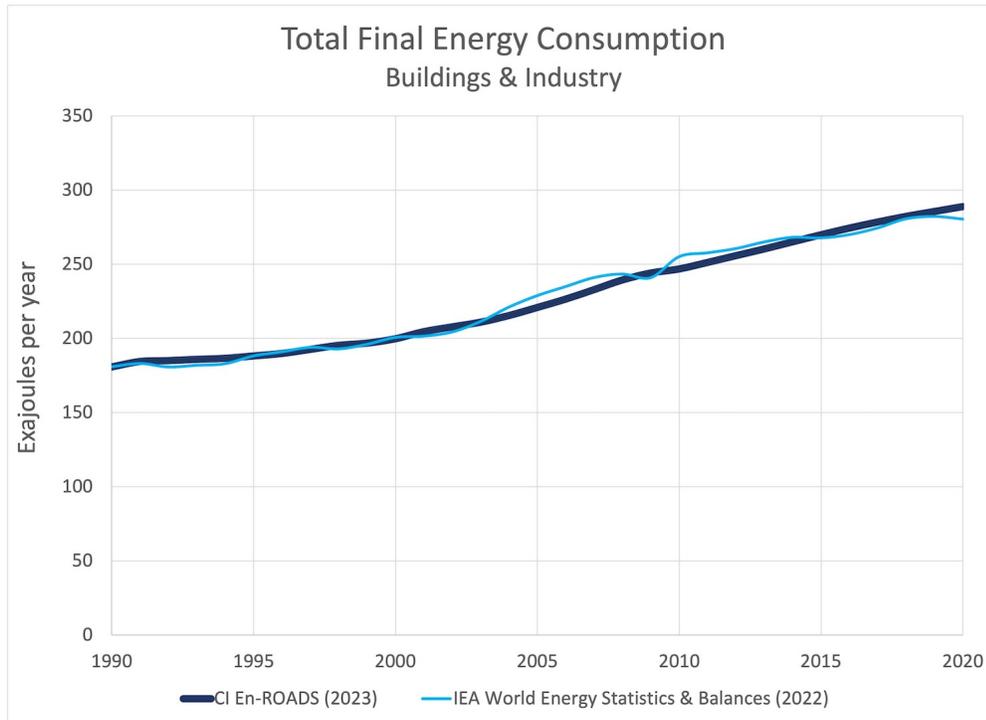
### Sources of historical data

- IEA World Energy Statistics & Balances: IEA. (2022). *World Energy Statistics & Balances*.

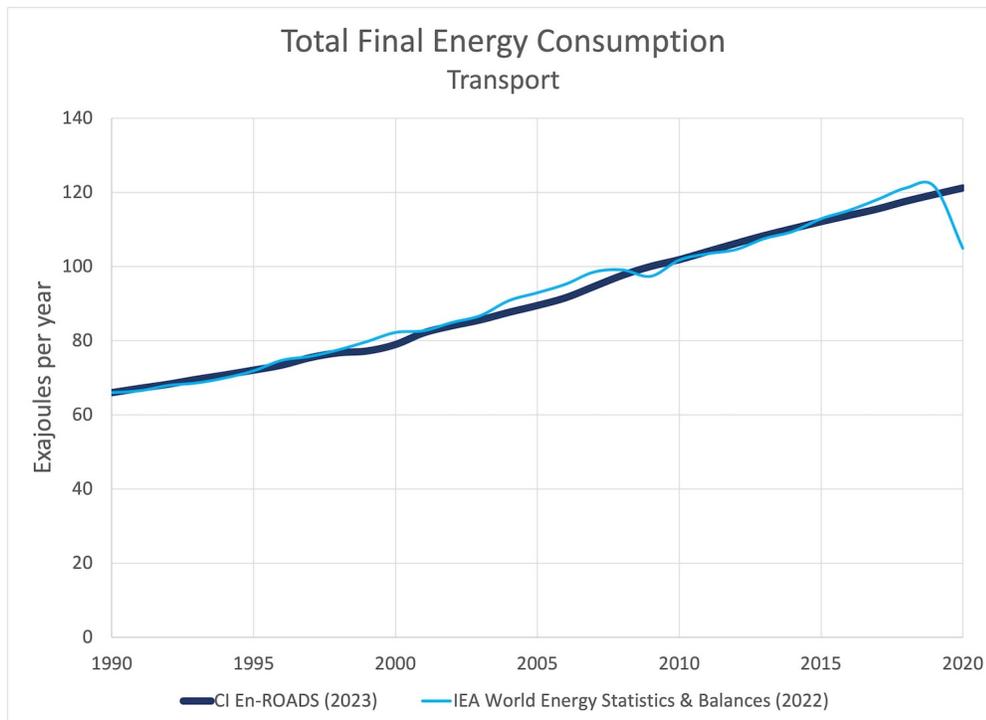
# Total Final Energy Consumption



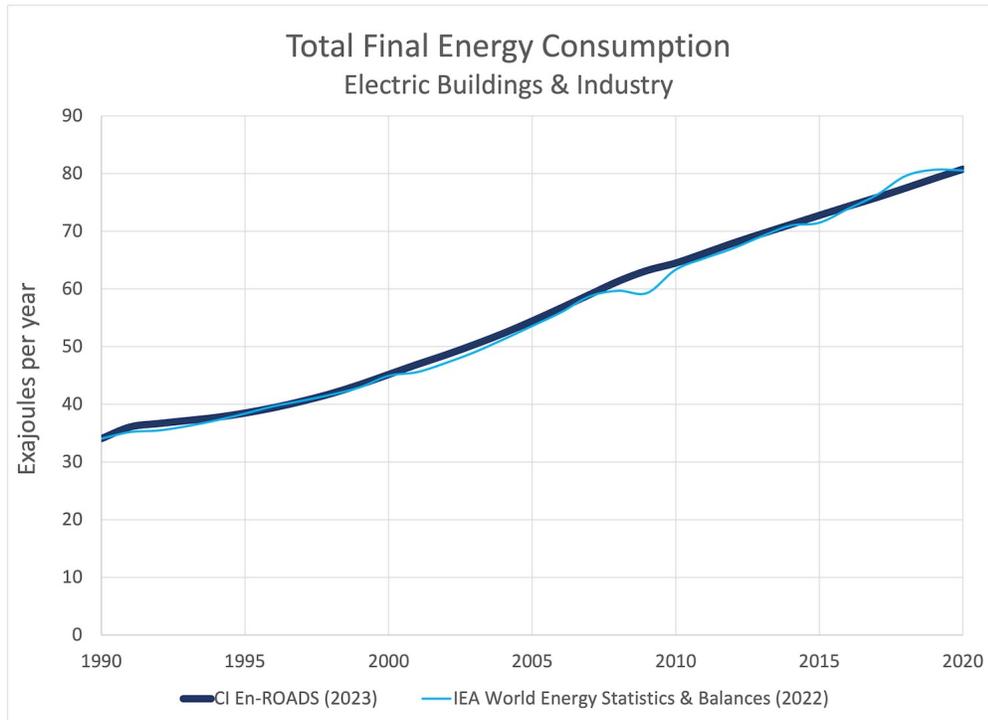
## Total Final Energy Consumption – Buildings & Industry



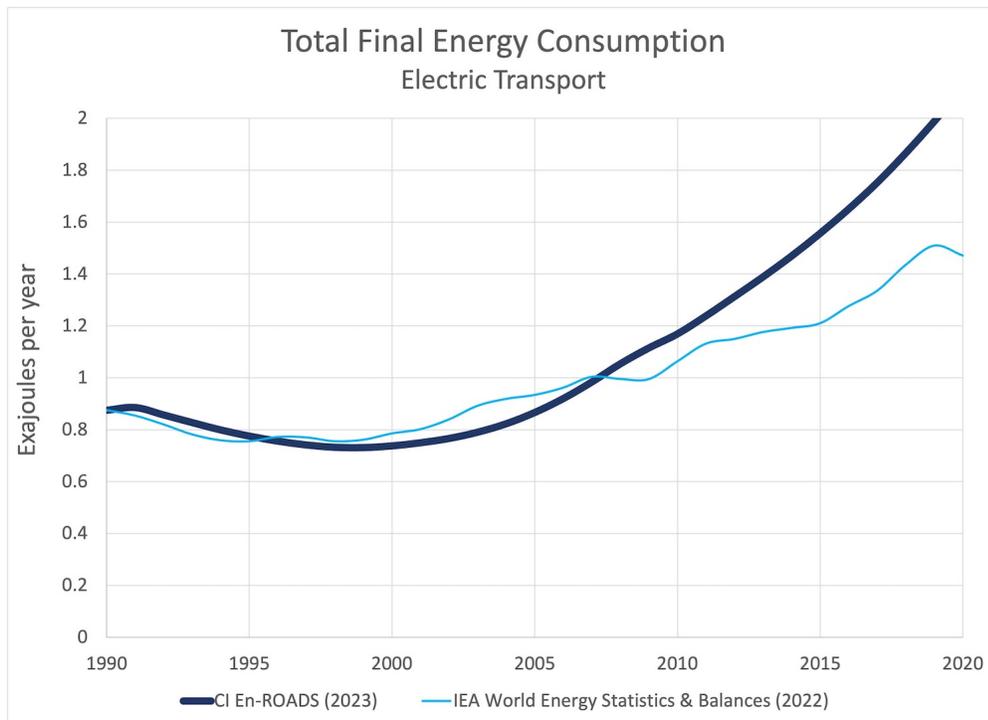
## Total Final Energy Consumption – Transport



## Total Final Energy Consumption – Electric Buildings & Industry



## Total Final Energy Consumption – Electric Transport



[Return to Table of Contents](#)

## Electricity Generated by Energy Source History

- [Electricity Generated by Coal](#)
- [Electricity Generated by Oil](#)
- [Electricity Generated by Natural Gas](#)
- [Electricity Generated by Nuclear](#)
- [Electricity Generated by Bioenergy](#)
- [Electricity Generated by Hydro](#)
- [Electricity Generated by Solar](#)
- [Electricity Generated by Wind](#)
- [Electricity Generated by Geothermal](#)
- [Electricity Generated by Other Renewables](#)

The electricity generated by energy sources in the En-ROADS Baseline Scenario compared to historical data.

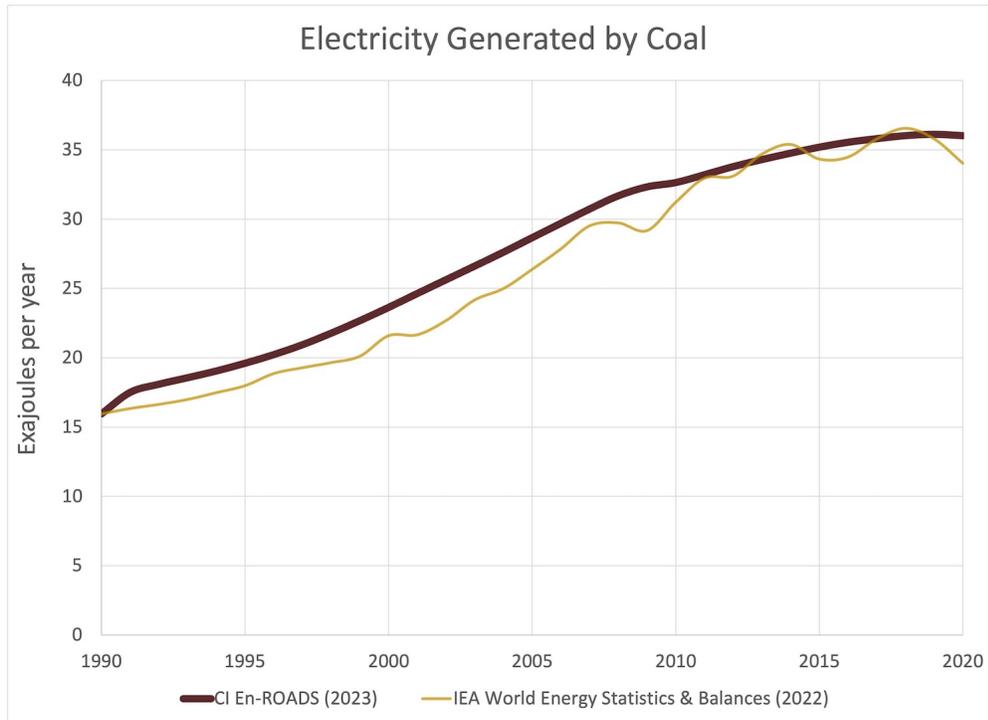
### Statistical fit

[Click here for descriptive statistics of En-ROADS fit to historical data.](#)

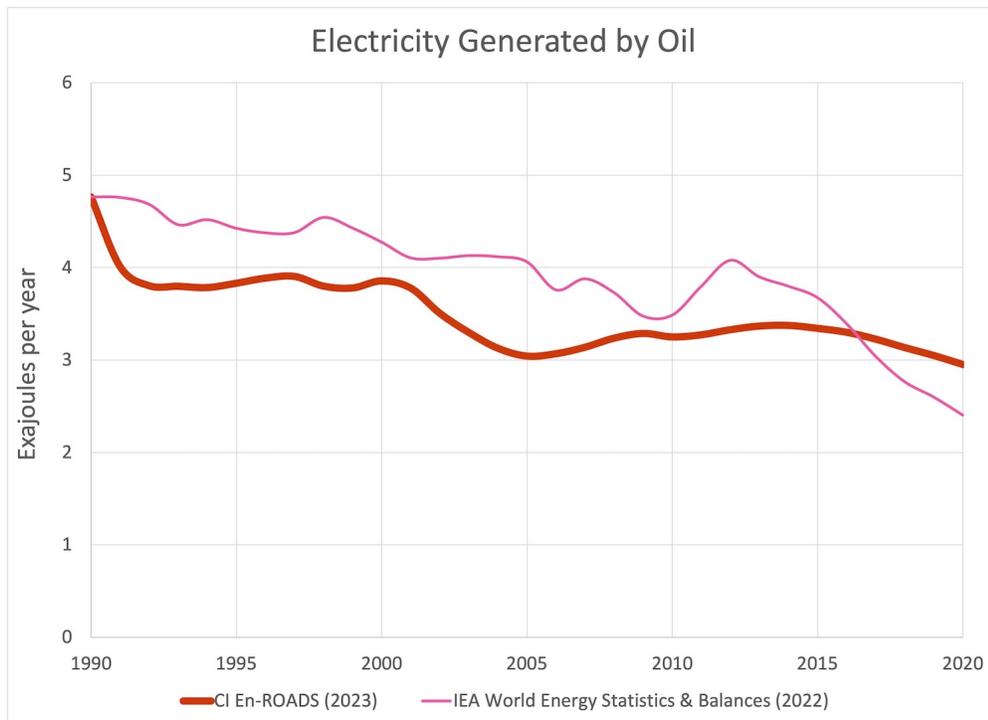
### Sources of historical data

- IEA World Energy Statistics & Balances: IEA. (2022). *World Energy Statistics & Balances*.

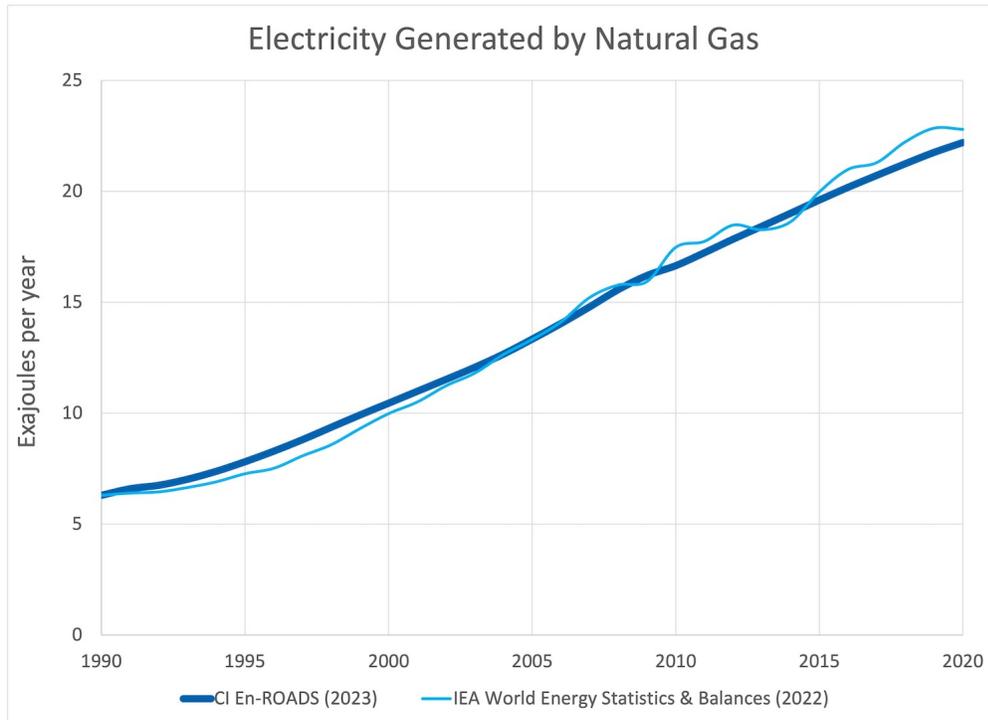
## Electricity Generated by Coal



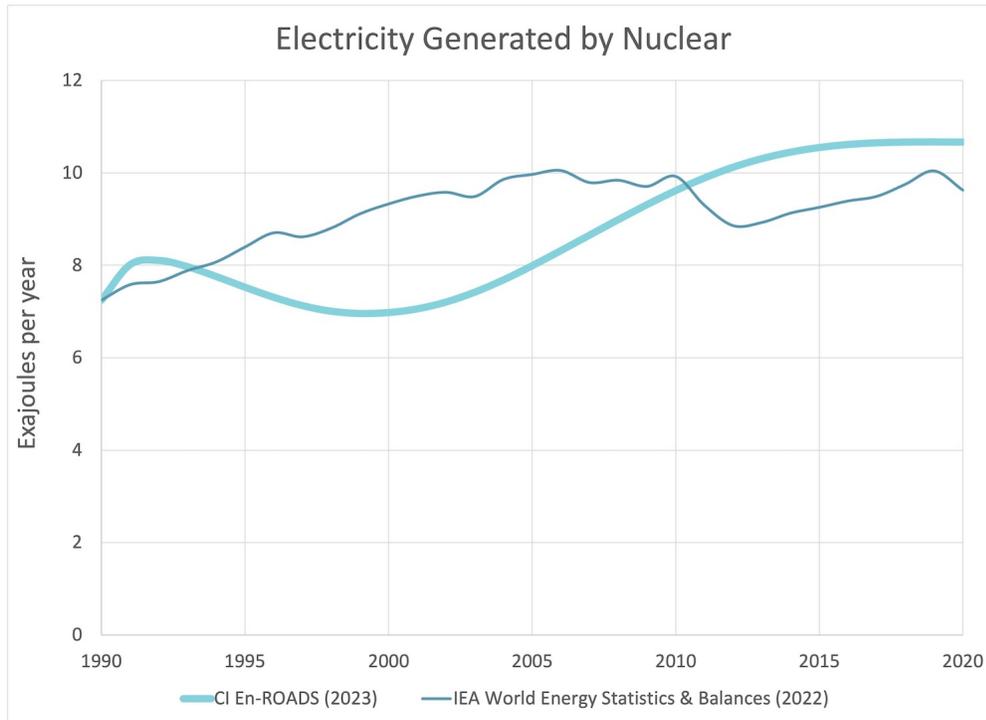
## Electricity Generated by Oil



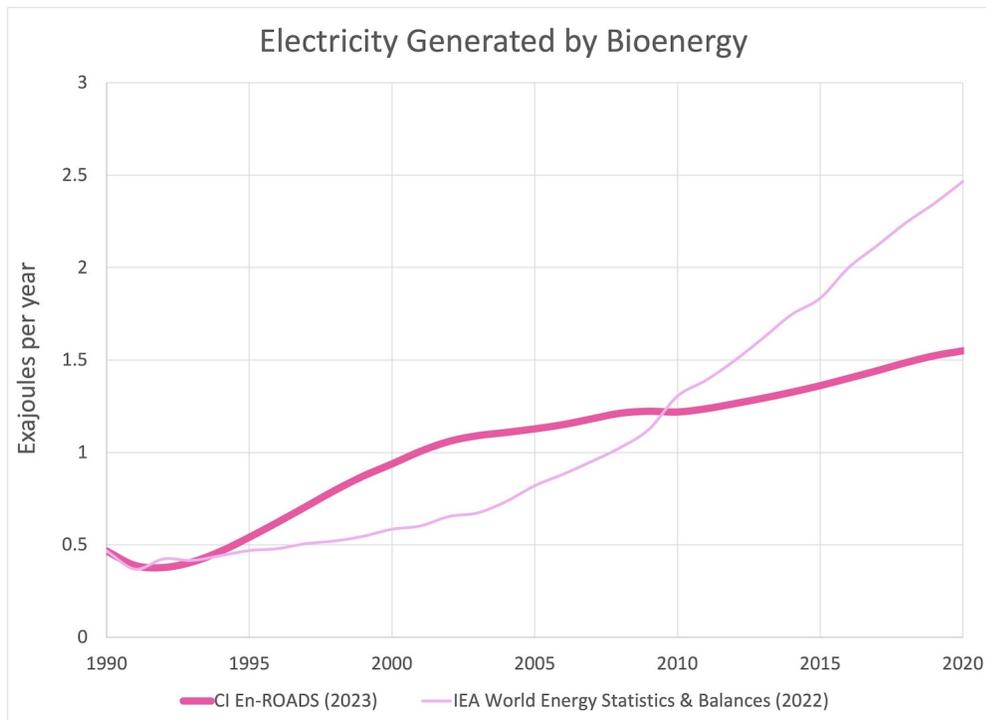
## Electricity Generated by Natural Gas



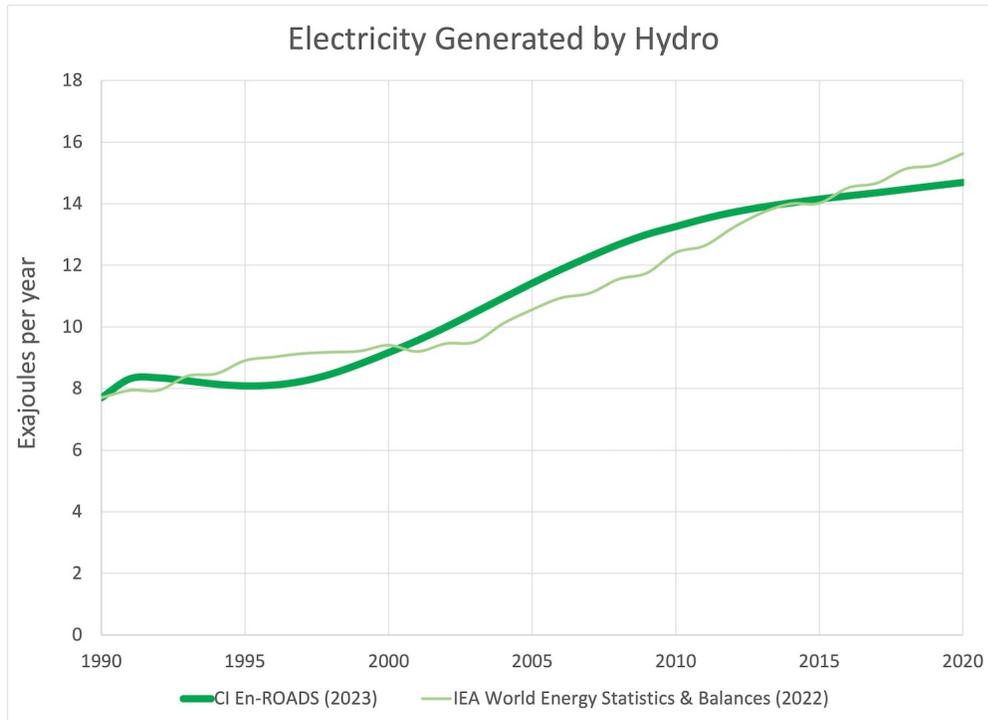
## Electricity Generated by Nuclear



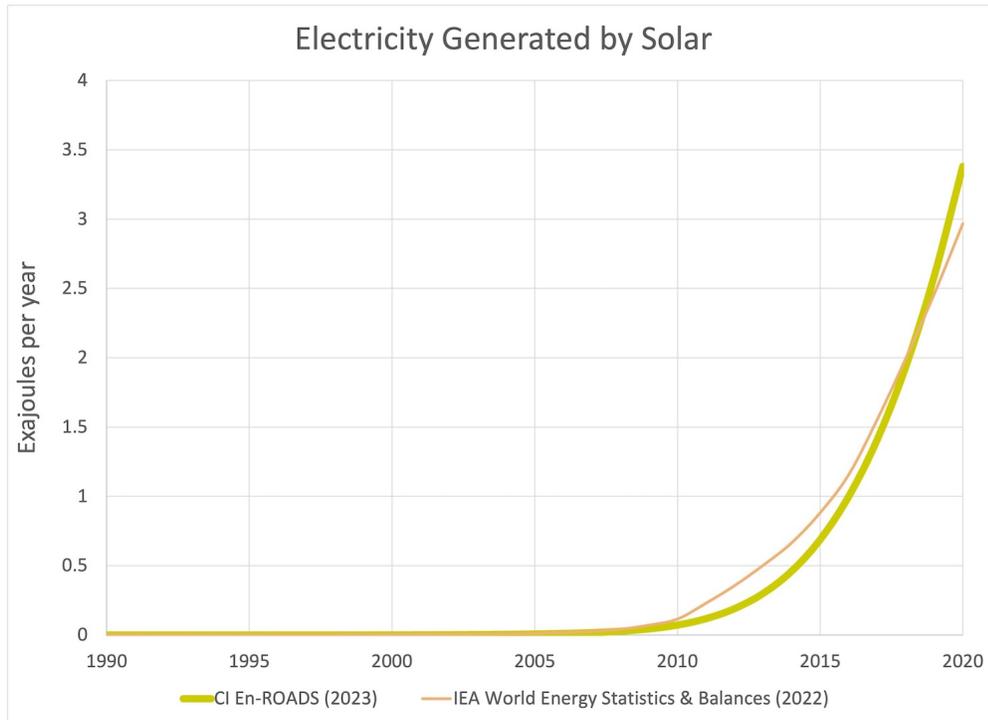
## Electricity Generated by Bioenergy



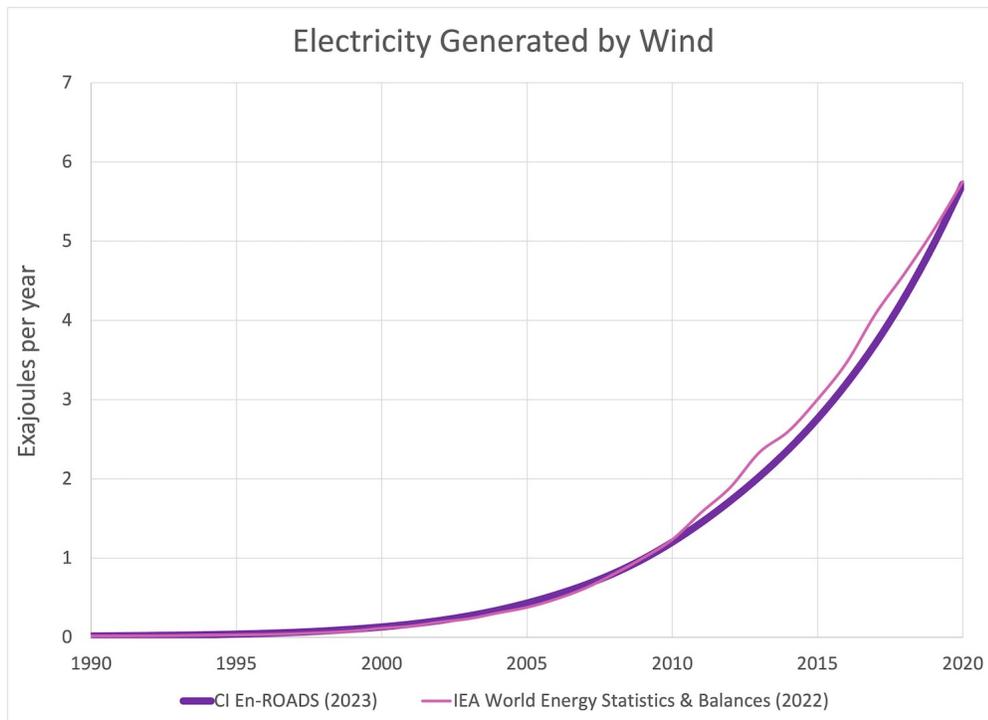
## Electricity Generated by Hydro



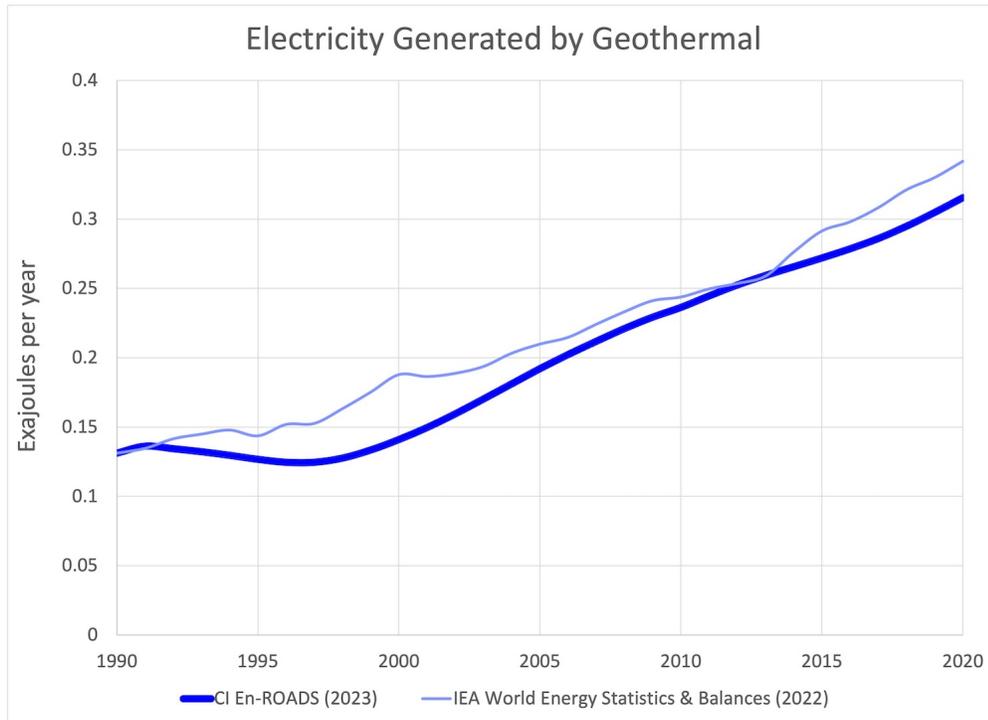
## Electricity Generated by Solar



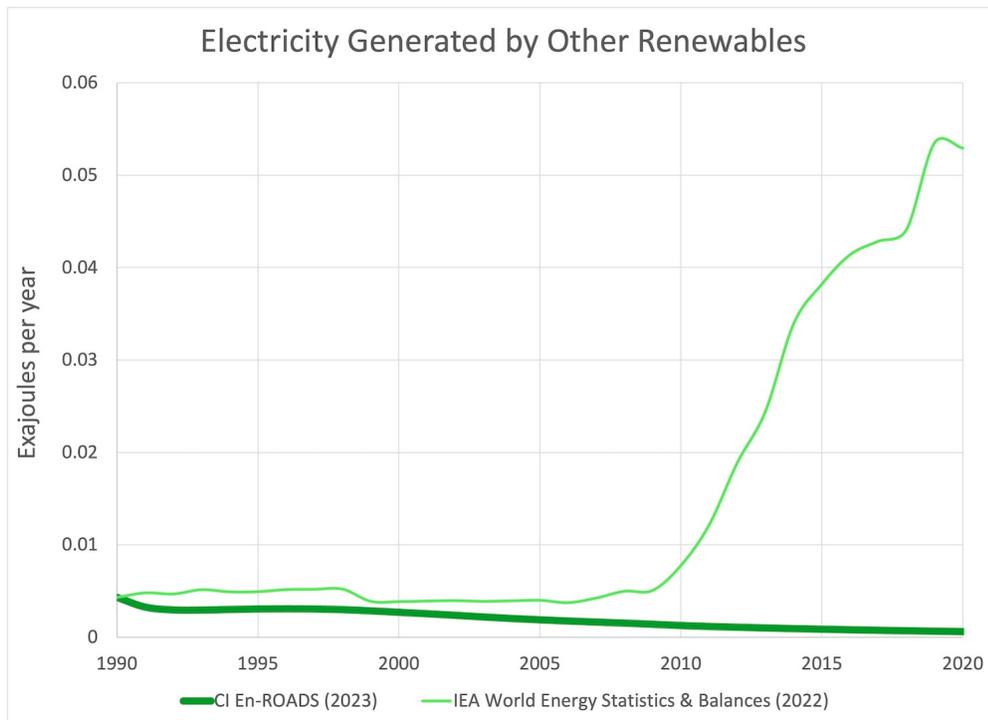
## Electricity Generated by Wind



## Electricity Generated by Geothermal



## Electricity Generated by Other Renewables



[Return to Table of Contents](#)

# Marginal Cost of Wind, Solar, and Geothermal Electricity History

- [Marginal Cost of Wind](#)
- [Marginal Cost of Solar](#)
- [Marginal Cost of Geothermal](#)

The marginal cost of electricity production from wind, solar, and geothermal energy in dollars (\$US 2017) per kilowatt hour (kWh) in the En-ROADS Baseline compared to historical data. This is the marginal cost for energy producers to make electricity from a new solar, wind, or geothermal installation. The cost factors in how much it costs to build new energy generation facilities (the levelized capital costs) and how much it costs to operate and maintain new facilities (O&M).

For solar, the En-ROADS Baseline Scenario is shown relative to historical data from Lazard, IRENA, and IEA. The IEA & IRENA curve is calculated from IEA (2020) capital costs per GW from 1990-2019 relative to its 2010 value, and multiplied by IRENA's 2010 levelized cost of energy (LCOE) (2020).

For wind, the En-ROADS Baseline Scenario is shown relative to historical data from Lazard and IRENA. For geothermal, the En-ROADS Baseline Scenario is shown relative to historical data from Lazard.

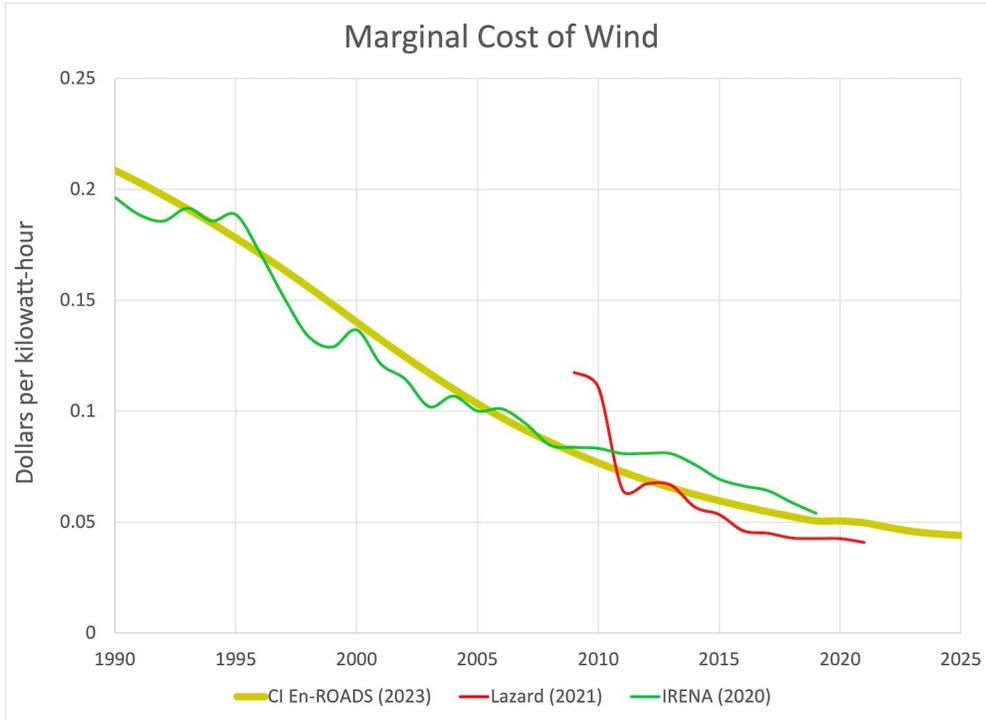
## Statistical fit

[Click here for descriptive statistics of En-ROADS fit to historical data.](#)

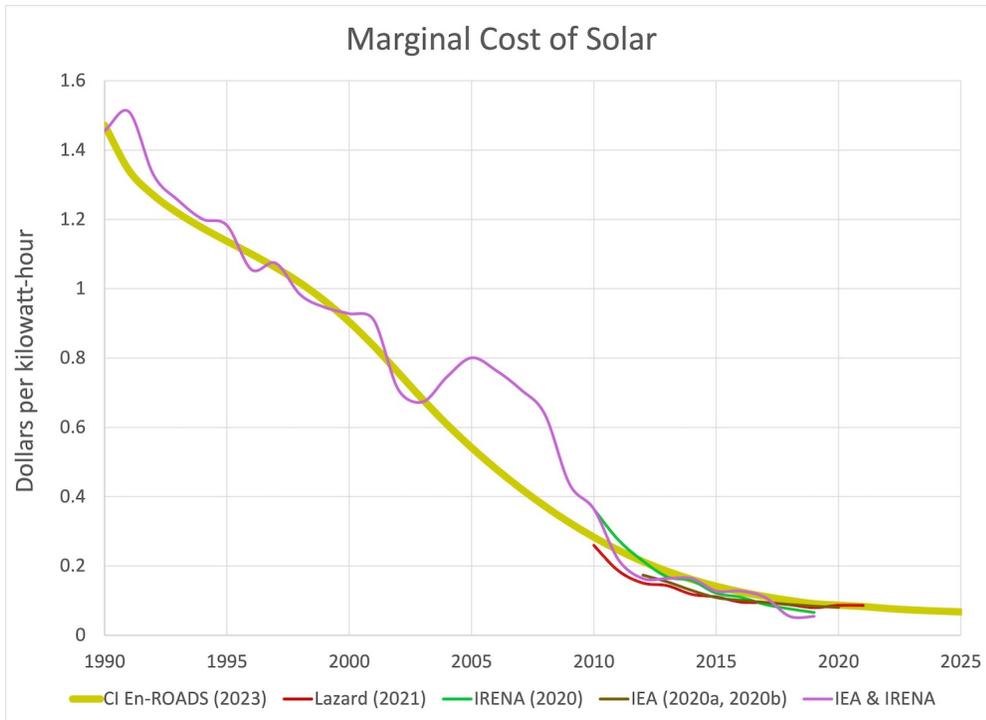
## Sources of historical data

- IEA. (2020a). *Evolution of solar PV module cost by data source, 1970-2020*.
- IEA. (2020b). *Global average LCOEs and auction results for utility-scale PV by commissioning date*.
- IRENA. (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019*.
- Lazard. (2021). *Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis - Version 15.0*.

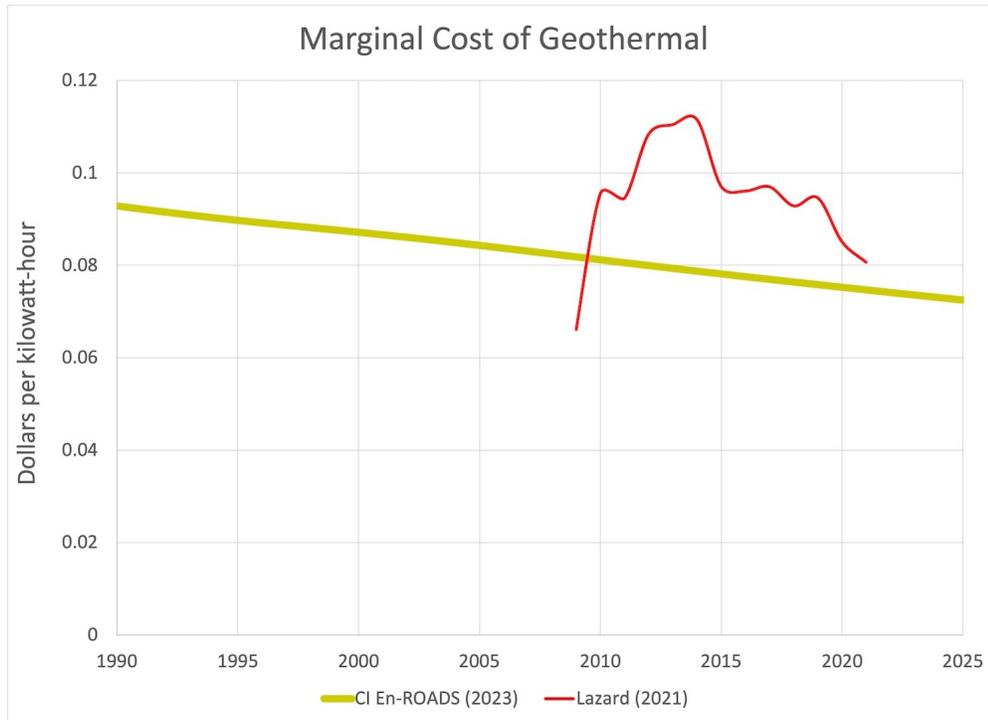
## Marginal Cost of Wind



## Marginal Cost of Solar



## Marginal Cost of Geothermal



[Return to Table of Contents](#)

## Emissions History

- [Greenhouse Gas Net Emissions](#)
- [CO<sub>2</sub> Net Emissions](#)
- [CO<sub>2</sub> Emissions from Fossil Fuels](#)
- [CH<sub>4</sub> Emissions](#)
- [N<sub>2</sub>O Emissions](#)
- [F-Gas Emissions](#)

Global greenhouse gas emissions (GHGs) in the En-ROADS Baseline Scenario and historical data, in gigatons of CO<sub>2</sub> or CO<sub>2</sub> equivalents per year. CO<sub>2</sub> equivalents are used to standardize the effect of all greenhouse gases in terms of CO<sub>2</sub>.

The Greenhouse Gas Net Emissions graph measures the total gross greenhouse gas emissions minus the total net anthropogenic carbon dioxide removal (CDR). Contributions to gross GHGs are from carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), methane (CH<sub>4</sub>), and the F-gases (HFCs, PFCs, and SF<sub>6</sub>).

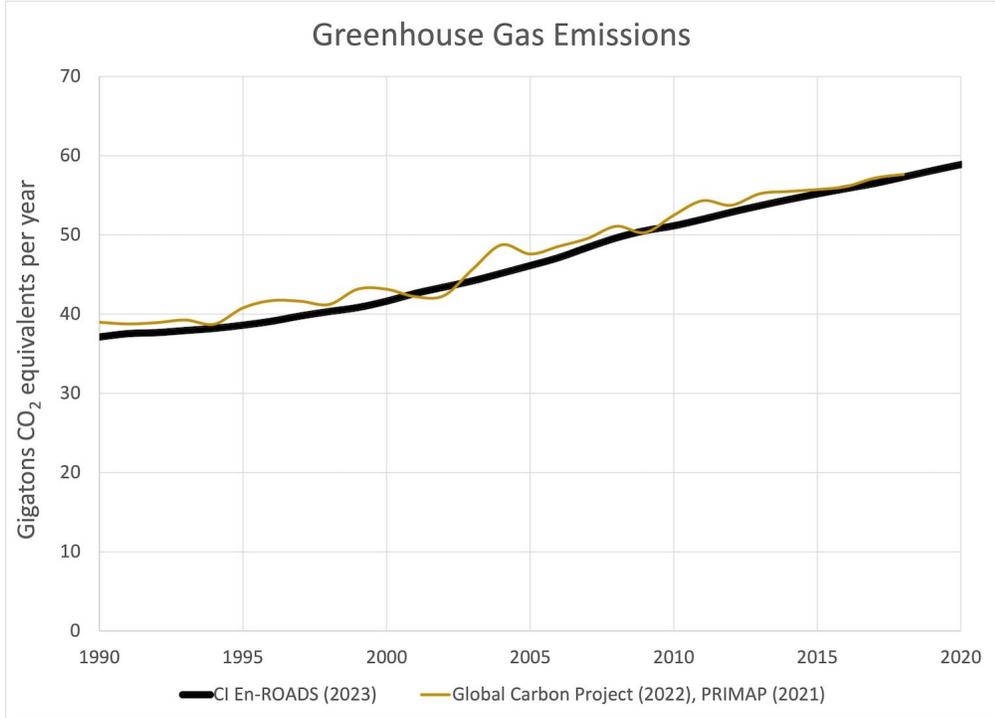
### Statistical fit

[Click here for descriptive statistics of En-ROADS fit to historical data.](#)

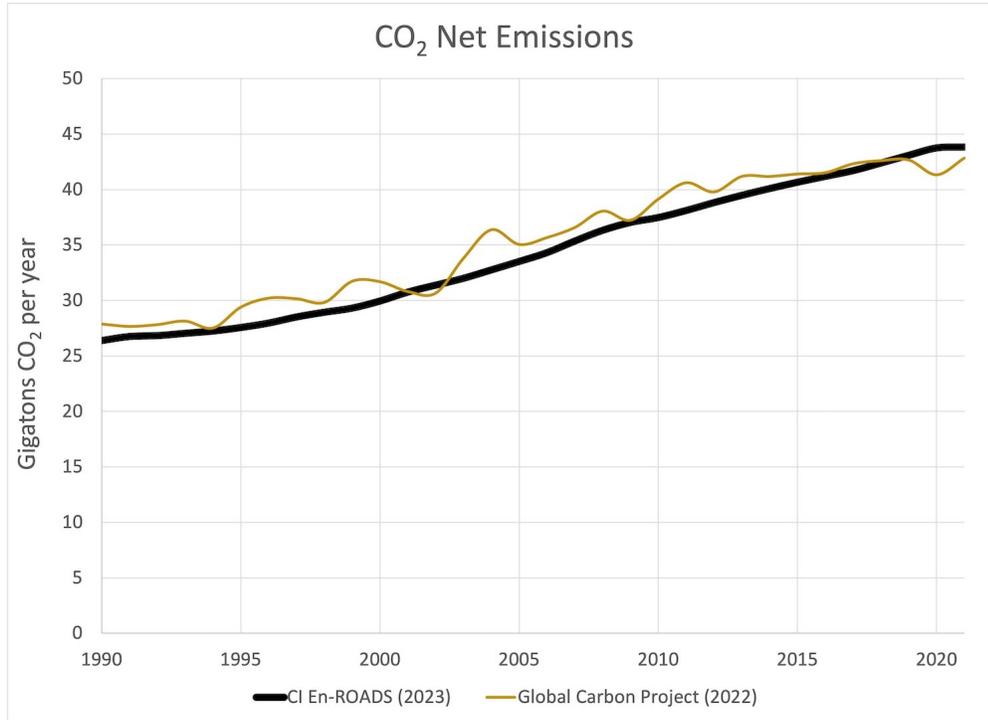
### Sources of historical data

- Global Carbon Project: Friedlingstein, P., et al. (2022). [Global carbon budget 2022](#). *Earth System Science Data*, 14, 4811–4900. [CO<sub>2</sub> energy emissions only]
- IEA WEO: IEA. (2022). [World Energy Outlook 2022](#).
- PRIMAP: Gütschow, J., Günther, A., & Pflüger, M. (2021). [The PRIMAP-hist national historical emissions time series \(1850-2018\). v2.3.1](#). [Non-CO<sub>2</sub> greenhouse gas emissions only]

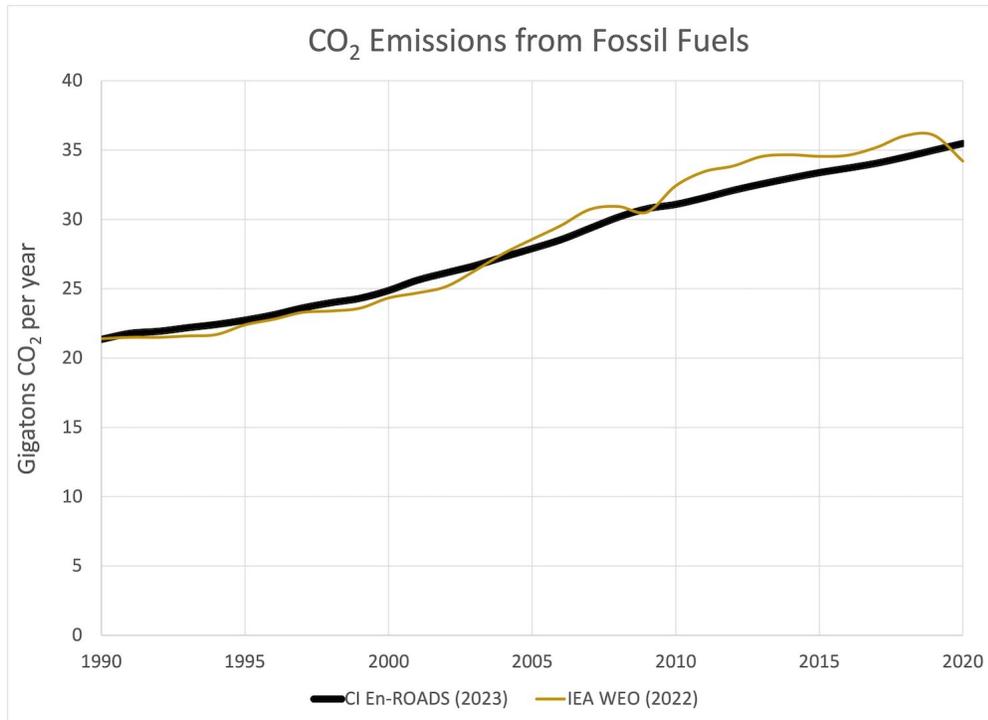
# Greenhouse Gas Net Emissions



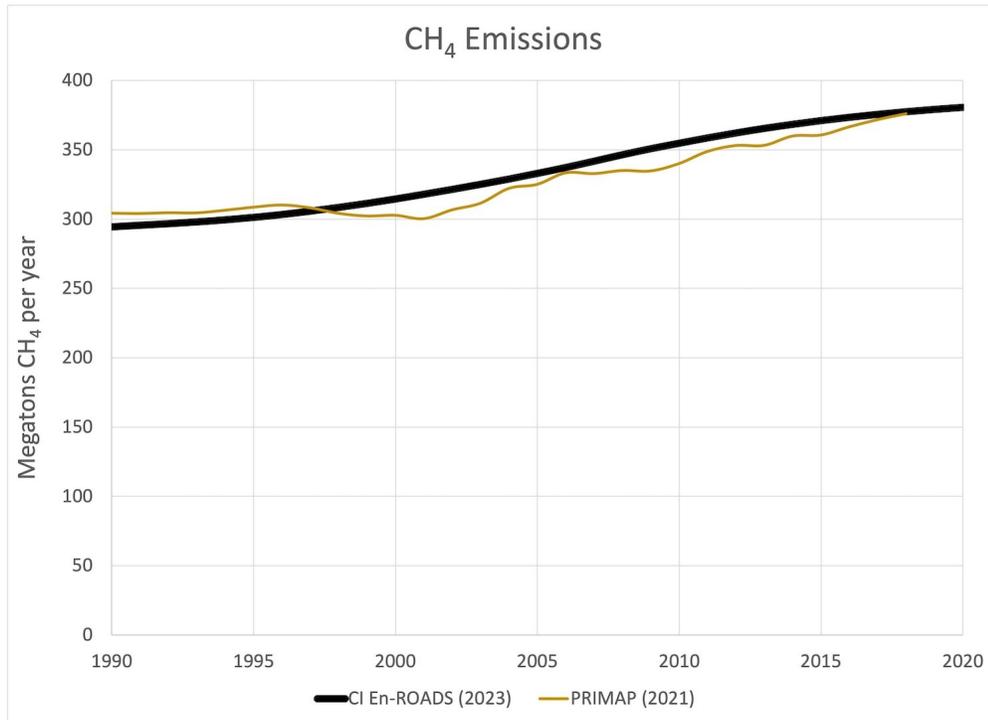
## CO<sub>2</sub> Net Emissions



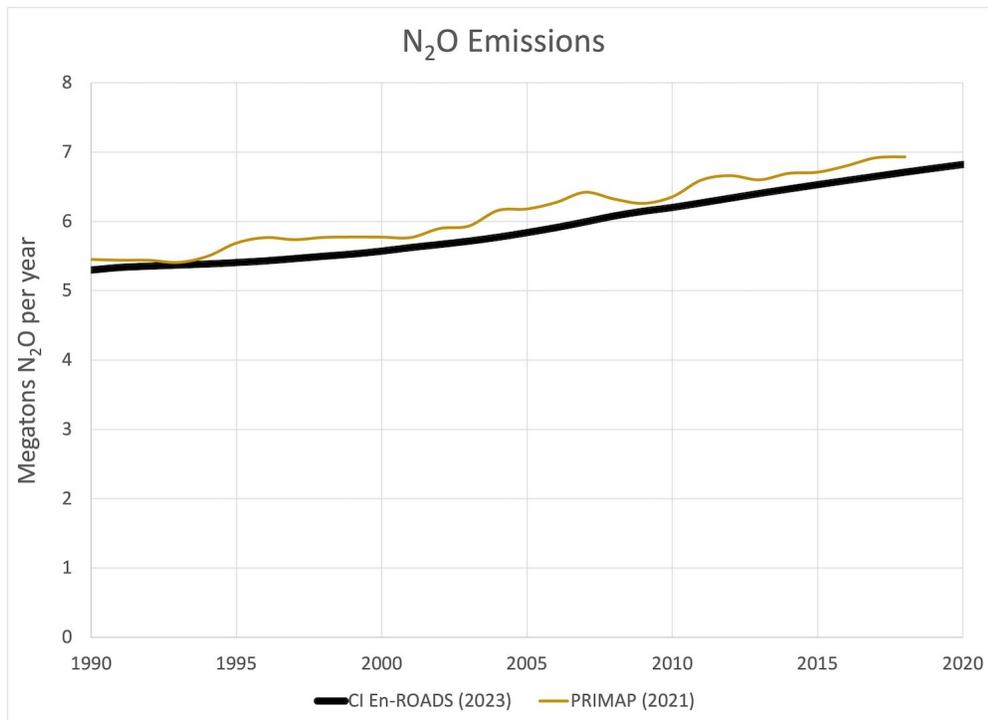
## CO<sub>2</sub> Emissions from Fossil Fuels



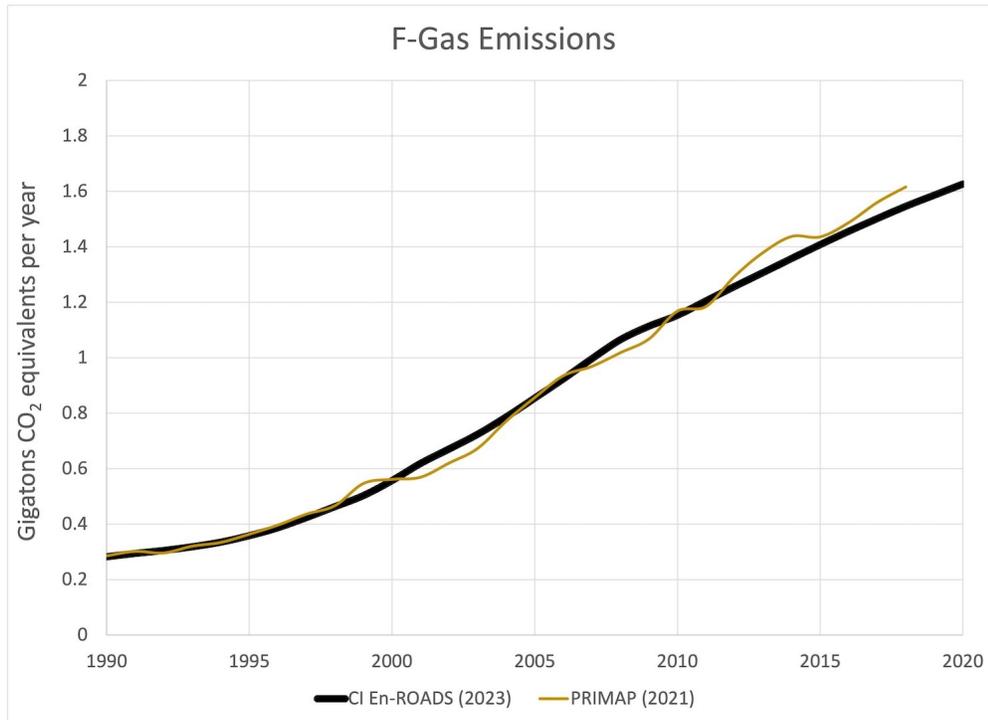
## CH<sub>4</sub> Emissions



## N<sub>2</sub>O Emissions



## F-Gas Emissions



[Return to Table of Contents](#)

## Atmospheric Concentrations History

- [CO<sub>2</sub> Concentration in the Atmosphere](#)
- [CH<sub>4</sub> Concentration in the Atmosphere](#)
- [N<sub>2</sub>O Concentration in the Atmosphere](#)

The total concentration of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O in parts per million (ppm) of CO<sub>2</sub> equivalents in the atmosphere in the En-ROADS Baseline Scenario compared to historical data.

Carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>e) are calculated from the 100-year global warming potential of each gas (IPCC AR5) for reporting purposes. Note the radiative forcing of each gas is modeled explicitly as a function of its atmospheric cycle and radiative efficiency.

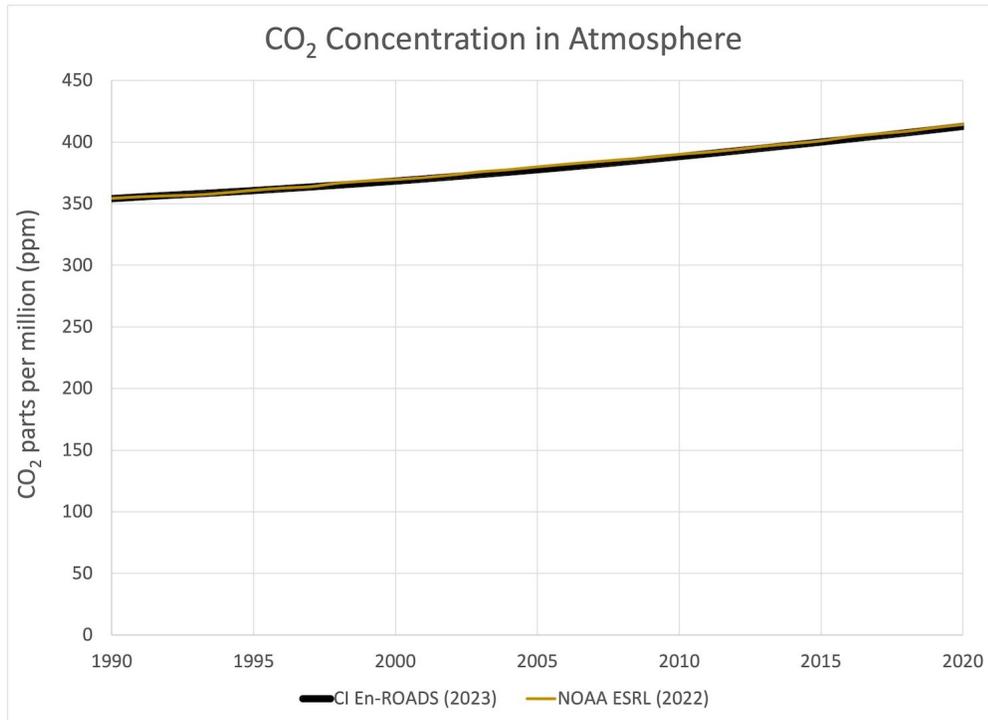
### Statistical fit

[Click here for descriptive statistics of En-ROADS fit to historical data.](#)

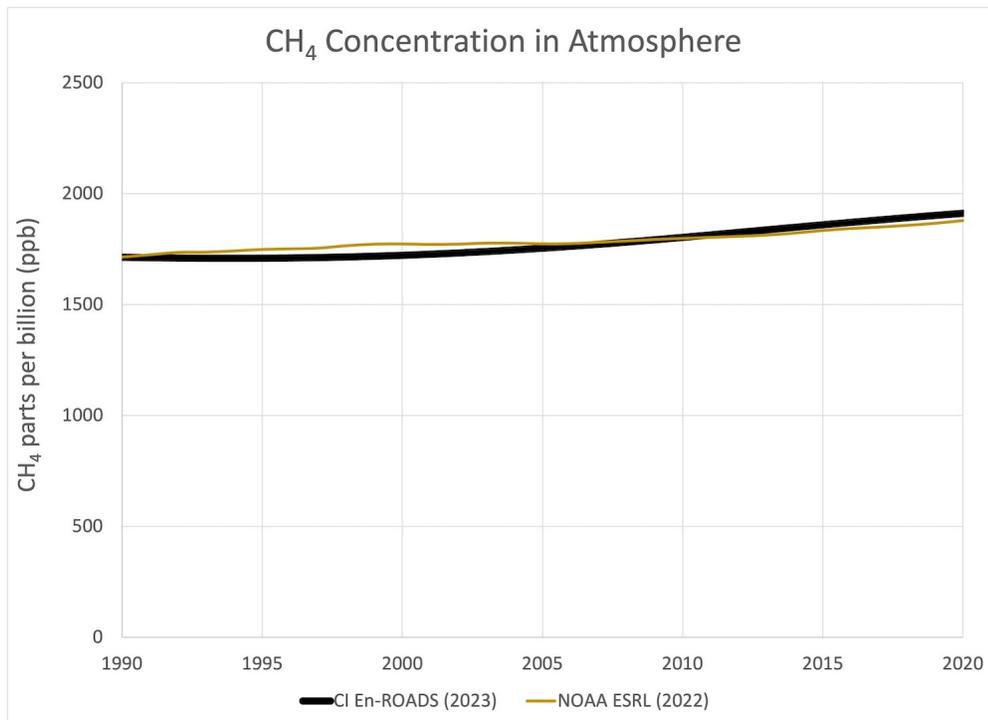
### Sources of historical data

- NASA GISS. (2022). *GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), version 4*. NASA Goddard Institute for Space Studies.
- NOAA ESRL: NOAA. (2022). *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*.

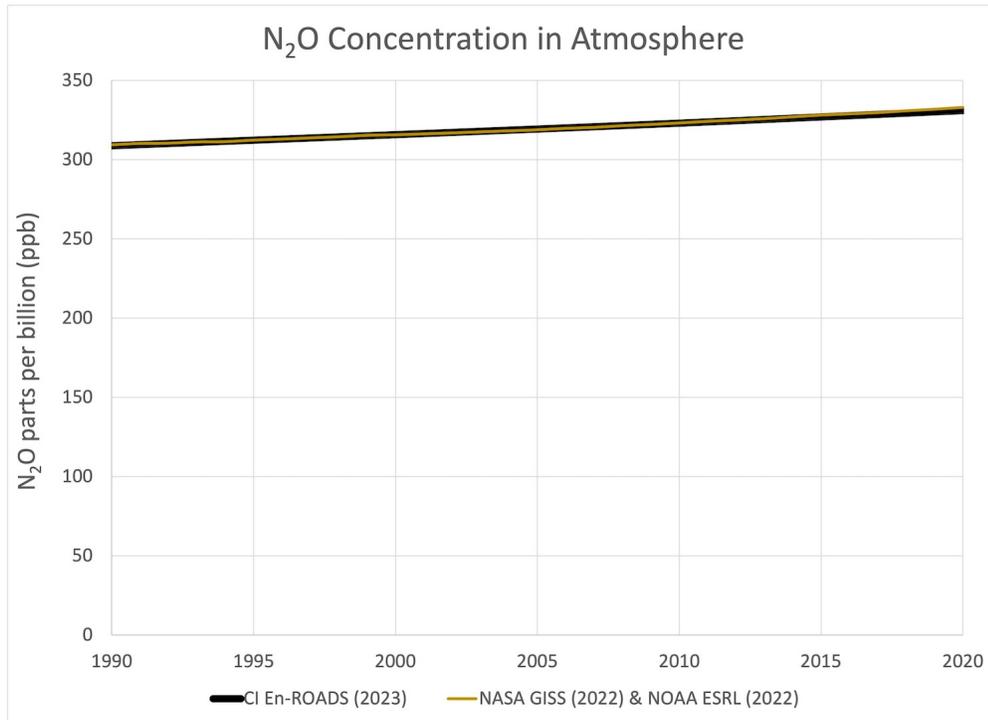
## CO<sub>2</sub> Concentration in the Atmosphere



## CH<sub>4</sub> Concentration in the Atmosphere



## N<sub>2</sub>O Concentration in the Atmosphere



[Return to Table of Contents](#)

## Radiative Forcing History

- [CO<sub>2</sub> Radiative Forcing](#)
- [CH<sub>4</sub> Radiative Forcing](#)
- [N<sub>2</sub>O Radiative Forcing](#)
- [Halocarbon Radiative Forcing](#)

The radiative forcing due to CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and halocarbons in the atmosphere, in watts per meter squared (W/m<sup>2</sup>), in the En-ROADS Baseline Scenario compared to historical data. Halocarbons refer to F-gases (HFCs, PFCs, and SF<sub>6</sub>) and Montreal gases (ozone-depleting substances controlled by the Montreal Protocol).

Greenhouse gases absorb infrared radiation and re-radiate it back, causing an increase in surface temperature. Radiative forcing measures the difference between energy absorbed by the Earth and energy radiated back into space. When incoming energy is greater than outgoing energy, RF is positive and the planet will warm.

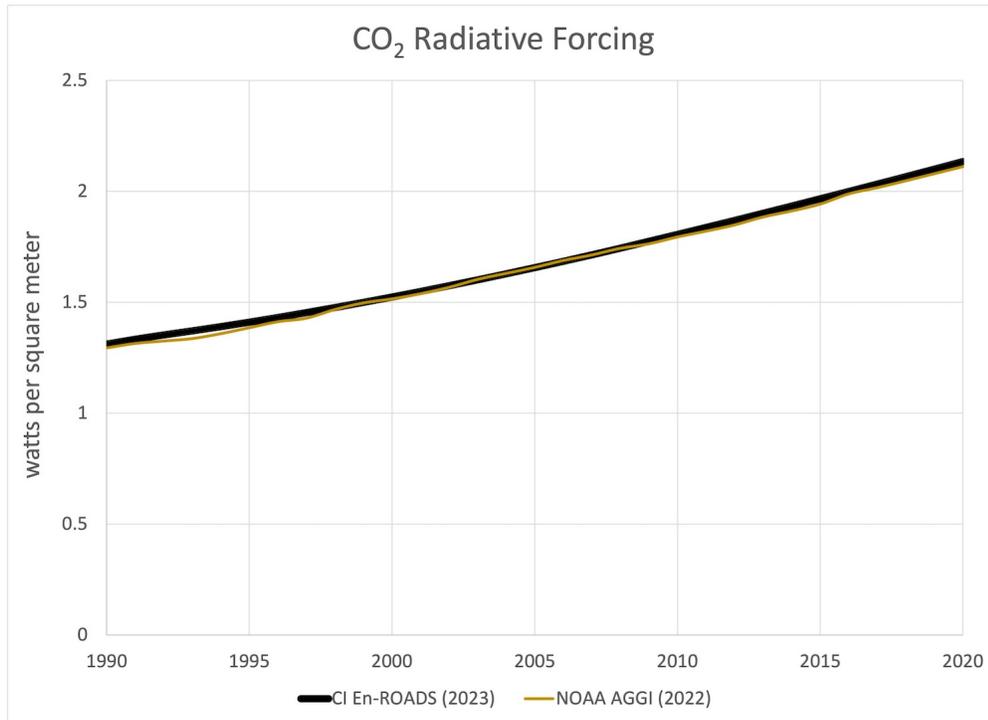
### Statistical fit

[Click here for descriptive statistics of En-ROADS fit to historical data.](#)

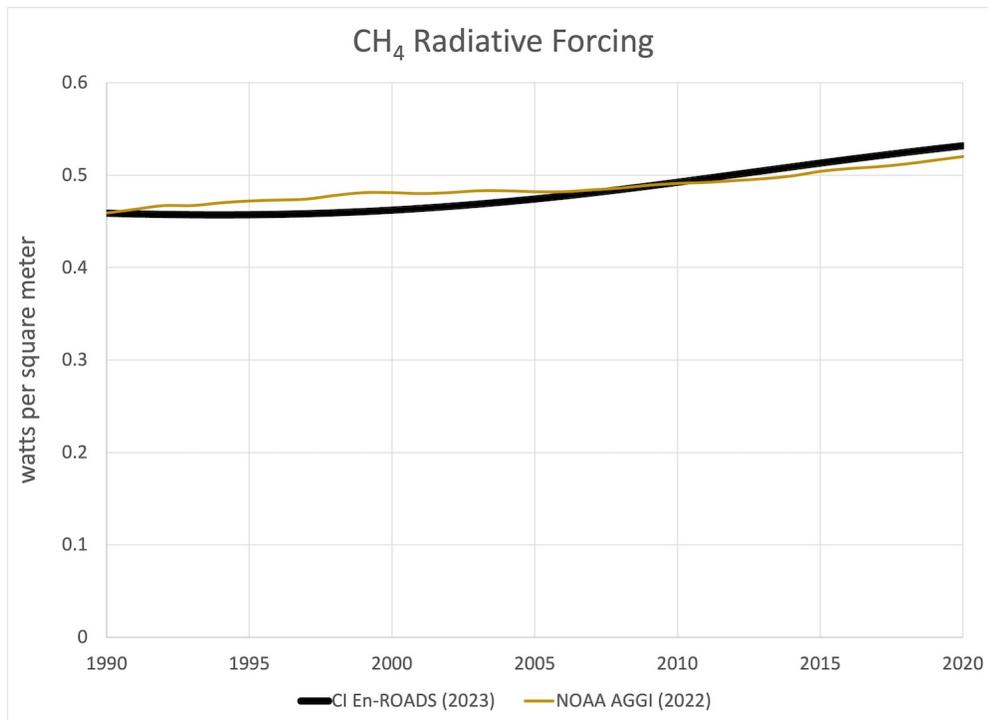
### Sources of historical data

- NOAA AGGI: NOAA. (2022). *Annual Greenhouse Gas Index*.

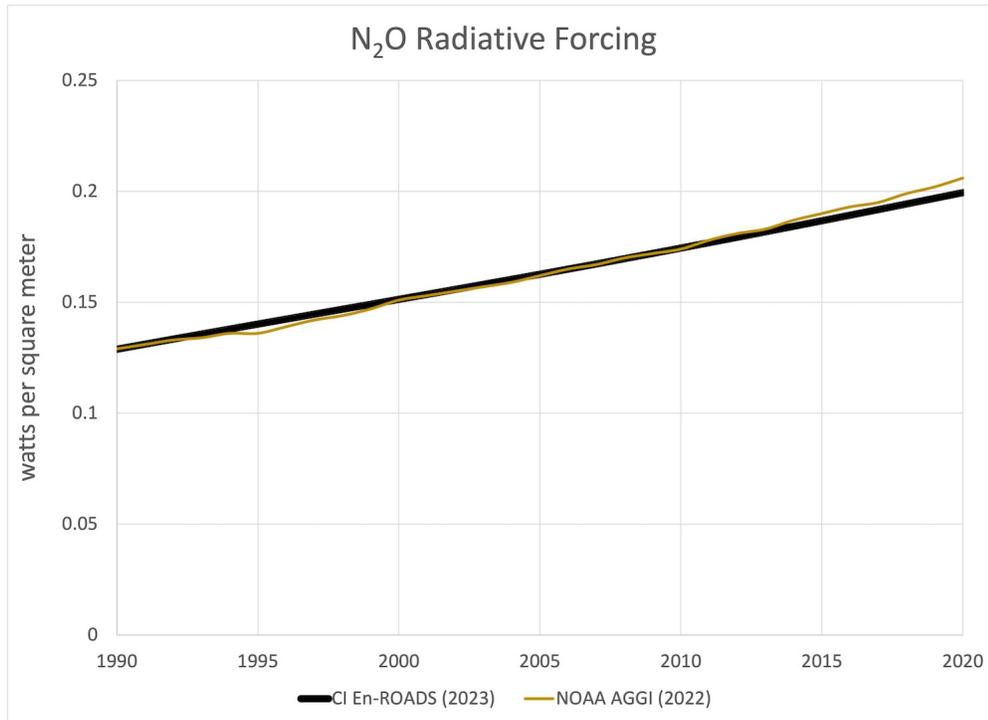
## CO<sub>2</sub> Radiative Forcing



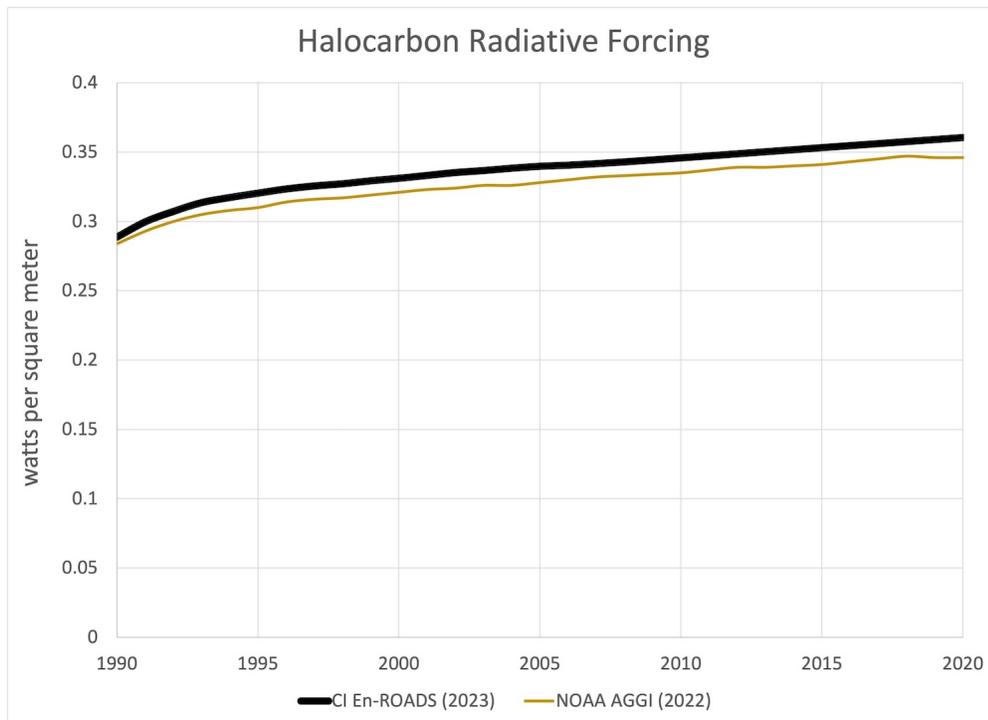
## CH<sub>4</sub> Radiative Forcing



## N<sub>2</sub>O Radiative Forcing



## Halocarbon Radiative Forcing



[Return to Table of Contents](#)

# Temperature History

Temperature change from 1850 in the En-ROADS Baseline Scenario compared to historical data, in degrees Celsius. NASA GISS (GISTEMP v4) includes the average and the lower and upper 95% confidence intervals.

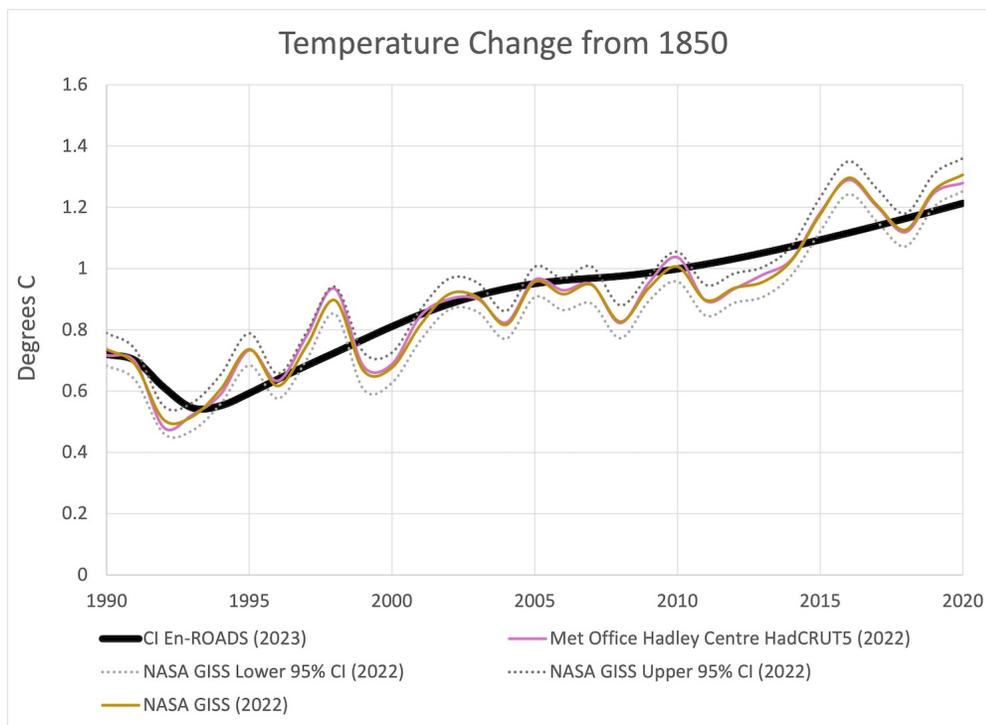
## Statistical fit

[Click here for descriptive statistics of En-ROADS fit to historical data.](#)

## Sources of historical data

- NASA GISS. (2022). *GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), version 4*. NASA Goddard Institute for Space Studies.
- Met Office Hadley Centre HadCRUT5: Morice, C. P., et al. (2022). *An updated assessment of near-surface temperature change from 1850: the HadCRUT5 dataset*. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126, e2019JD032361. Data available at <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut5/data/current/download.html>.

## Temperature Change



[Return to Table of Contents](#)

# Glossário

**aflorestamento:** Iniciando uma floresta ou povoamento de árvores em uma área onde antes não havia floresta.

**AIM/CGE:** Um Modelo de Avaliação Integrada mantido pelo Instituto Nacional de Estudos Ambientais (National Institute for Environmental Studies), Japão.

**antropogênico:** Causado pela atividade humana

**AR5:** Quinto Relatório de Avaliação do IPCC sobre Mudanças Climáticas (2014)

**AR6:** Sexto Relatório de Avaliação do IPCC sobre Mudanças Climáticas (2021 e 2022)

**BECCS:** Bioenergia com captura e armazenamento de carbono. Um método experimental de geração de energia e remoção tecnológica de dióxido de carbono. A BECCS envolve a queima de biomassa para obter energia, capturando as emissões de CO<sub>2</sub>, armazenando as emissões a longo prazo e renovando com sucesso qualquer biomassa usada para resultar em um processo que armazena mais carbono do que libera. A BECCS depende do sucesso de tecnologias emergentes e disponibilidade de fontes sustentáveis de biomassa.

**biocarvão:** Uma forma de carvão vegetal produzida a partir de matéria vegetal e adicionada ao solo como meio de remover o dióxido de carbono da atmosfera e adicionar nutrientes para o crescimento das plantas. As operações de biochar precisariam ser escaladas massivamente a partir dos níveis atuais e tomar medidas para garantir que o biochar armazene carbono permanentemente no subsolo para que possam causar um impacto significativo no CO<sub>2</sub> global.

**biomassa:** Material orgânico (à base de carbono) que vem de organismos vivos, como plantas, e pode ser usado como combustível. Exemplos incluem madeira, milho ou resíduos de colheita, como os talos e colmos deixados no campo após a colheita.

**BOE (barril de petróleo equivalente):** Unidade de energia aproximadamente equivalente à quantidade de energia gerada pela queima de 1 barril de petróleo (159 litros) ou 6,12 gigajoules (GJ) de energia.

**giro do estoque de capital:** O tempo que leva para a infra-estrutura física de energia (como usinas elétricas ou carros) ser retirada e substituída por uma nova infra-estrutura, muitas vezes mais eficiente.

**intensidade de carbono:** A quantidade de dióxido de carbono emitida por quantidade de energia. Por exemplo, gramas de CO<sub>2</sub> emitidos por megajoule de energia produzida. O carvão tem a maior intensidade de carbono dos combustíveis fósseis, seguido pelo petróleo e depois pelo gás natural.

**CCS:** Captura e armazenamento de carbono (CAC). Um processo em que as emissões de CO<sub>2</sub>, por exemplo, da geração de energia de combustível fóssil, são capturadas na fonte e armazenadas em um local, como no subsolo, onde o carbono não vazará para a atmosfera. A tecnologia de CCS ainda não é comercialmente viável na maioria dos ambientes.

**CDR:** Remoção de dióxido de carbono (RDC). Retirar dióxido de carbono da atmosfera com tecnologia (por exemplo, captura direta do ar) ou por meio de plantas através da fotossíntese (por exemplo, florestamento).

**CH<sub>4</sub>:** Metano. Um gás de efeito estufa. O metano é liberado de fontes como bovinos, agricultura, perfuração de gás natural e resíduos.

**mudança climática:** Refere-se a quaisquer mudanças de longo prazo nos padrões climáticos da Terra (chuva, temperatura, insolação, tempestades etc.) Os cientistas têm estudado as mudanças no clima da Terra ao longo de milhões de anos e os dados mostram que os padrões climáticos mudaram drasticamente recentemente.

**adaptação às mudanças climáticas:** Mudanças feitas por pessoas ou plantas e animais na maneira usual de fazer as coisas para, então, responder ou reagir às mudanças no clima. Por exemplo, paredões e diques estão sendo construídos em muitas cidades costeiras de baixa altitude para evitar o aumento das marés e o aumento das tempestades como resultado da mudança climática.

**sensibilidade climática:** A quantidade que a temperatura da superfície global aumentará em resposta a uma duplicação de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono. Um gás de efeito estufa que pode ser produzido naturalmente por seres vivos e usado pelas plantas para fotossíntese ou produzido pela queima de combustível (gás, madeira, carvão, petróleo etc.).

**co-benefício:** Um efeito positivo da ação climática que não está diretamente relacionado ao clima. Por exemplo, um co-benefício do fechamento de usinas de carvão é a melhoria da qualidade do ar.

**C-ROADS:** Simulador Climate-Rapid Overview and Decision Support criado pela Climate Interactive. Concentra-se em promessas específicas de redução de emissões de diferentes países e regiões do mundo (por exemplo, para atender às metas do Acordo de Paris).

**rendimento da colheita:** A quantidade de alimentos ou ração animal produzida por hectare de terra agrícola, medida em quilogramas/ano/hectare. No En-ROADS, o rendimento da colheita é a produtividade média global em terra.

**função de dano:** O efeito estimado da mudança de temperatura no crescimento econômico global. Saiba mais sobre a função de dano econômico e como ela é modelada no En-ROADS [aqui](#).

**desmatamento:** A derrubada de árvores, transformando uma floresta em terra limpa, geralmente por meio da queima e remoção de florestas para disponibilizar terras para cultivos como soja, milho ou óleo de palma.

**captura direta do ar (DAC):** Um método experimental de remoção tecnológica de dióxido de carbono em que o CO<sub>2</sub> é capturado do ar com máquinas e armazenado permanentemente (por exemplo, no subsolo). A DAC é um novo processo industrial que ainda está em desenvolvimento. Para obter um benefício de remoção líquida, o carbono capturado deve ser armazenado a longo prazo e a instalação para DAC deve ser alimentada por energia de baixo carbono.

**EIA:** U.S. Energy Information Administration

**EMF:** Fórum de modelagem de energia de Stanford

**emissões:** Fazer e liberar algo (por exemplo: liberar gás dióxido de carbono)

**En-ROADS:** Energy Rapid Overview and Decision-Support. Simulador de soluções de mudanças climáticas de visão geral e suporte à decisão criado pela Climate Interactive

**equidade:** Uma forma de criar as condições que permitem uma inclusão justa e equitativa de todos em uma sociedade na qual todos podem participar, prosperar e atingir seu pleno potencial. (Definição cortesia da Partnership for Southern Equity).

**exajoule:** Uma medida de energia igual a 10<sup>18</sup> joules

**Gases F:** Gases fluorados. Gases sintéticos (criados por humanos) que são usados em aplicações industriais (como refrigeração, ar condicionado, aerossóis, espumas e fabricação de microchips) e são gases de efeito estufa poderosos. Incluem HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub> e gases de Montreal (substâncias destruidoras da camada de ozônio controladas pelo Protocolo de Montreal).

**matéria-prima:** Matéria-prima usada para um processo energético ou industrial. Para bioenergia, podem ser madeira, resíduos, plantações, algas, etc.

**consumo de energia final:** Energia total consumida para atender a demanda de todos os usos finais. Por exemplo, quanta eletricidade uma lâmpada consome ou quanto combustível um caminhão queima são medidas do consumo final de energia. Não inclui energia perdida na transmissão e distribuição (T&D) ou ineficiências, que, ao contrário, é contabilizada na demanda de energia primária.

**combustíveis fósseis:** Carvão, petróleo e gás natural. Combustível derivado dos restos de plantas e animais em épocas remotas.

**GCAM:** Um Modelo de Avaliação Integrada (IAM) mantido pelo Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).

**PIB:** Produto Interno Bruto. O valor total (dinheiro) de bens produzidos e serviços prestados em um país durante um ano.

**gigajoule:** Uma medida de energia igual a  $10^9$  joules.

**GISTEMP:** GISS Surface Temperature Analysis criado pela NASA. Uma estimativa da mudança de temperatura da superfície global.

**gás de efeito estufa:** Qualquer gás que absorve radiação (energia térmica) da superfície da Terra e, assim, retém o calor e torna o planeta mais quente. Os gases de efeito estufa antropogênicos (causados pela atividade humana) incluem  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e gases fluorados.

**Gtons:** Uma medida de massa. Gigatoneladas métricas ( $10^9$  toneladas ou  $10^{12}$  kg).

**GWP:** Potencial de aquecimento global. O calor absorvido por um gás de efeito estufa na atmosfera durante um período de tempo em comparação com o calor absorvido por uma quantidade equivalente de  $\text{CO}_2$ .

**HadCRUT5:** um conjunto de dados global de anomalias históricas de temperatura da superfície. Mantido pelo Met Office Hadley Center for Climate Change.

**HFCs:** Hidrofluorcarbonetos. Um tipo de gás F usado em refrigeração e ar condicionado.

**HVAC:** Aquecimento, ventilação e ar condicionado

**IAM:** Modelo de Avaliação Integrada. Um tipo de modelo de computador que vincula atividades econômicas com dinâmicas biológicas e geofísicas para entender melhor como as pessoas podem afetar coisas como a mudança climática.

**IEA:** Agência Internacional de Energia

**IMAGEM:** Um Modelo de Avaliação Integrada (IAM) mantido pela PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.

**IPCC:** Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

**joule:** Uma medida de energia. Levantar uma massa de 100 gramas por um metro de altura requer 1 joule de energia e um litro de gasolina contém 31.536.000 joules de energia ([fonte](#)).

**Gráficos Kaya:** Mostram os impulsionadores do crescimento nas emissões de dióxido de carbono. Yoichi Kaya criou a equação por trás dos gráficos: População Global x PIB per Capita x Intensidade Energética do PIB x Intensidade de Carbono da Energia = Emissões de  $\text{CO}_2$  da Energia.

**kWh:** Quilowatt-hora. Uma medida de energia. Equivale a uma hora de uso de eletricidade a 1 kW de potência.

**degradação de florestas maduras:** A colheita de florestas mais antigas para bioenergia de madeira ou outros produtos florestais. Embora as árvores possam não ser perdidas permanentemente ou completamente, isso perturba a floresta, liberando parte do carbono preso nas árvores e solos, e reduzindo sua capacidade de remover carbono adicional.

**MCF:** Mil pés cúbicos. Uma unidade para medir o volume de gás natural, frequentemente usada para medições de energia. A queima de mil pés cúbicos de gás natural gera aproximadamente 1,1 GJ de energia. O “M” em “MCF” é o numeral romano para mil.

**MESSAGE-GLOBIOM:** Um Modelo de Avaliação Integrada (IAM) mantido pelo Instituto Internacional de Análise de Sistemas Aplicados - International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).

**multissolução:** multisolving - Quando as pessoas trabalham juntas em vários setores para resolver vários problemas com uma política ou investimento.

**MWh:** Megawatt-hora. Uma medida de energia. Equivale a 1000 kWh.

**N<sub>2</sub>O:** Óxido nitroso. Um gás de efeito estufa.

**NF<sub>3</sub>:** Trifluoreto de nitrogênio. Um gás F.

**NGFS:** Rede para tornar o sistema financeiro mais verde. Um consórcio internacional de bancos centrais e instituições financeiras. Eles fazem parcerias com grupos de modelagem climática e econômica para criar um conjunto de cenários climáticos, que foram incluídos no recente Relatório de Avaliação do IPCC (AR6 2022). Três diferentes equipes de modelagem de avaliação integrada contribuíram para os cenários do NGFS: PIK REMIND-MAGPIE, PNNL/JGCRI GCAM e IIASA MESSAGEix-GLOBIOM.

**Acordo de Paris:** [Tratado internacional](#) assinado em 2015 por 196 países com o objetivo de limitar o aquecimento global “bem abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais e buscar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais.”

**PFCs:** Produtos químicos perfluorados. Uma família de gases fluorados.

**PM<sub>2.5</sub>:** Matéria particulada (pequenas partículas que podem ser inaladas) no ar de 2,5 micrômetros ou menos de diâmetro. Esta é uma categoria de poluição do ar que está associada a impactos significativos na saúde e é responsável por milhões de mortes em todo o mundo a cada ano.

**ppm:** Partes por milhão. Uma medida comum da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

**demanda de energia primária:** A energia primária refere-se à energia total de uma fonte de energia bruta que é convertida em energia consumível. Por exemplo, a demanda de energia primária de petróleo refere-se à quantidade total de energia de petróleo bruto que é então extraída, refinada e consumida. A energia primária é maior do que o consumo de energia final porque é responsável por ineficiências no processamento de combustível, conversão térmica e transmissão e distribuição (T&D).

**taxa de progresso:** A quantidade relativa de redução de custo por duplicação da produção cumulativa de uma tecnologia. No caso das energias renováveis, estima-se que a taxa de progresso seja de 20%, ou seja, por cada duplicação da produção, os custos diminuem 20%. Os custos diminuem à medida que as cadeias de suprimentos, os modelos de negócios e as indústrias de produção crescem. Também conhecido como efeito de aprendizado ou curva de aprendizado/experiência.

**RCP:** Caminho de concentração representativo. Um caminho de concentração de gases de efeito estufa (não emissões) usado pelo IPCC. Os caminhos socioeconômicos compartilhados (SSPs) são sucessores dos RCPs.

**REMIND-MAGPIE:** Um Modelo de Avaliação Integrada (IAM) mantido pelo Potsdam Institute for Climate Impact and Research (PIK).

**forçante radiativa (RF):** A diferença entre a energia absorvida pela Terra e a energia irradiada de volta para o espaço. Energia de entrada menos energia de saída. Quando a energia que entra é maior que a energia que sai, o RF é positivo e o planeta vai aquecer. Medido em  $W/m^2$ .

**SF<sub>6</sub>:** Hexafluoreto de enxofre, um gás fluorado.

**SSPs:** Caminhos Socioeconômicos Compartilhados. Um conjunto de cinco narrativas sobre futuras condições sociais, políticas e econômicas no mundo que são usadas para criar e comparar cenários climáticos. [Saiba mais.](#)

**terajoule:** Uma medida de energia igual a  $10^{12}$  joules.

**tório:** Um elemento químico que pode ser usado como combustível para a fissão nuclear, semelhante ao urânio. A fissão do tório é uma tecnologia experimental que ainda não foi usada em um reator nuclear de grande escala. Seu uso em larga escala pode ser modelado no En-ROADS usando o controle deslizante Novo Carbono-Zero.

**TOE (tonelada de petróleo equivalente):** Uma unidade de energia equivalente a 29,3 gigajoules (GJ). Esta é a quantidade de energia gerada pela queima de 1 tonelada métrica de carvão.

**WEO:** World Energy Outlook. Publicação anual da Agência Internacional de Energia (AIE).

**WITCH-GLOBIOM:** Um Modelo de Avaliação Integrada mantido pelo Instituto Europeu de Economia e Meio Ambiente (EIEE)



*These materials are licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). This license lets you remix, adapt, and build upon Climate Interactive's work, even commercially, as long as you give Climate Interactive credit for the original creation of the materials.*