

# WORLD ENERGY OUTLOOK 2024: PRINCIPAIS PONTOS

## A SEGURANÇA ENERGÉTICA É O DESTAQUE DA EDIÇÃO DE 2024 E ANDA DE MÃOS DADAS COM A AÇÃO CLIMÁTICA, MAS PARECE HAVER MAIS INCERTEZAS DO QUE NUNCA.

A escalada dos conflitos no Oriente Médio e na Europa e o aumento da intensidade e frequência dos eventos climáticos extremos têm revelado as fragilidades dos sistemas globais de energia, tanto na ótica geográfica como no aspecto tecnológico.

Nesse contexto, o World Energy Outlook (WEA) destacou a segurança energética e seus impactos como um dos temas chave de seu relatório de 2024.

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), o conceito de segurança energética vai muito além das salvaguardas relacionadas aos suprimentos de petróleo e gás natural. Trata-se de um tema muito mais abrangente, que engloba itens como:

- Garantia de acesso à energia a preços acessíveis;
- Antecipação de riscos;
- Fortalecimento das cadeias de suprimento para as tecnologias limpas, minerais críticos e energia renovável; e
- Resiliência dos sistemas frente aos eventos climáticos extremos.

## AS TENSÕES GEOPOLÍTICAS SÃO O PRINCIPAL RISCO PARA A SEGURANÇA ENERGÉTICA, PARA UMA AÇÃO COORDENADA DE REDUÇÃO DAS EMISSÕES E A CONTINUIDADE DE AÇÕES PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

As atuais tensões geopolíticas e o ano eleitoral em países de grande demanda energética foram observadas pelo IEA como fundamentais para demonstrar o quão rápido as dependências podem se tornar vulnerabilidades e que, apesar da maior pulverização do setor renovável, essa lição também deveria ser observada pelas cadeias de suprimento de energia limpa altamente concentradas.

No aspecto político, as incertezas giram em torno do desenvolvimento das políticas governamentais e das estratégias das indústrias frente aos resultados das eleições, a competição entre os países e o sucesso no desenvolvimento de novas tecnologias em prol do crescimento econômico e da geração de empregos.

A fragilidade observada nos dias de hoje só reforça que sistemas mais eficientes e limpos podem reduzir os riscos relacionados à segurança do sistema, uma vez que se torna cada vez mais evidente o impacto das mudanças climáticas e a necessidade de migrar dos sistemas atuais para cadeias mais limpas e sustentáveis.

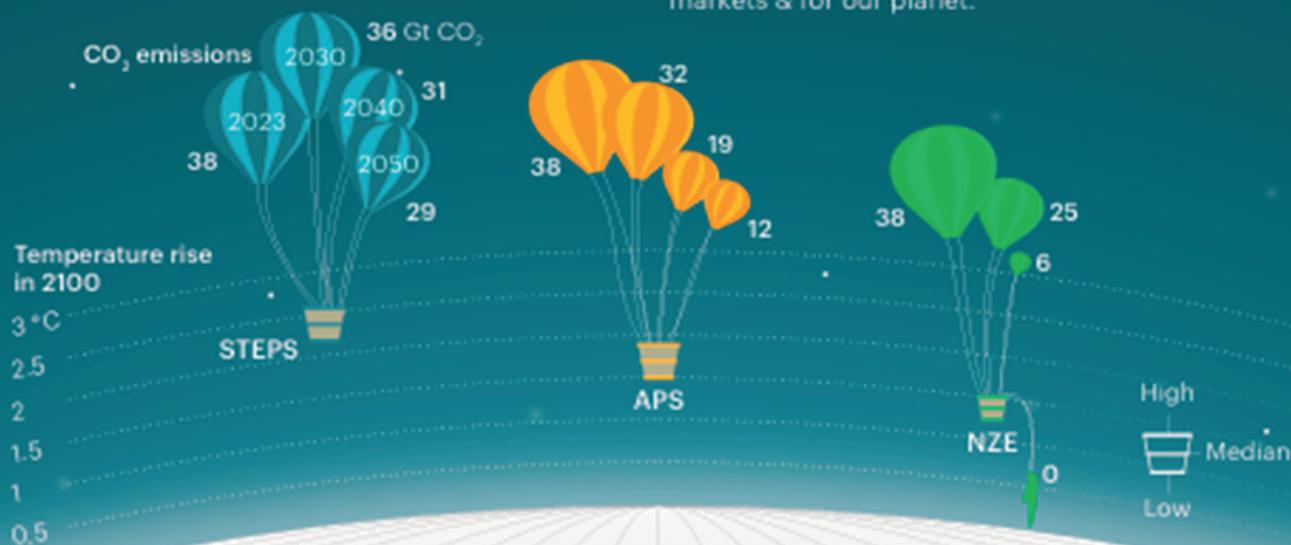
# CENÁRIOS ESTUDADOS

O documento apresentou os três cenários que embasaram suas análises:

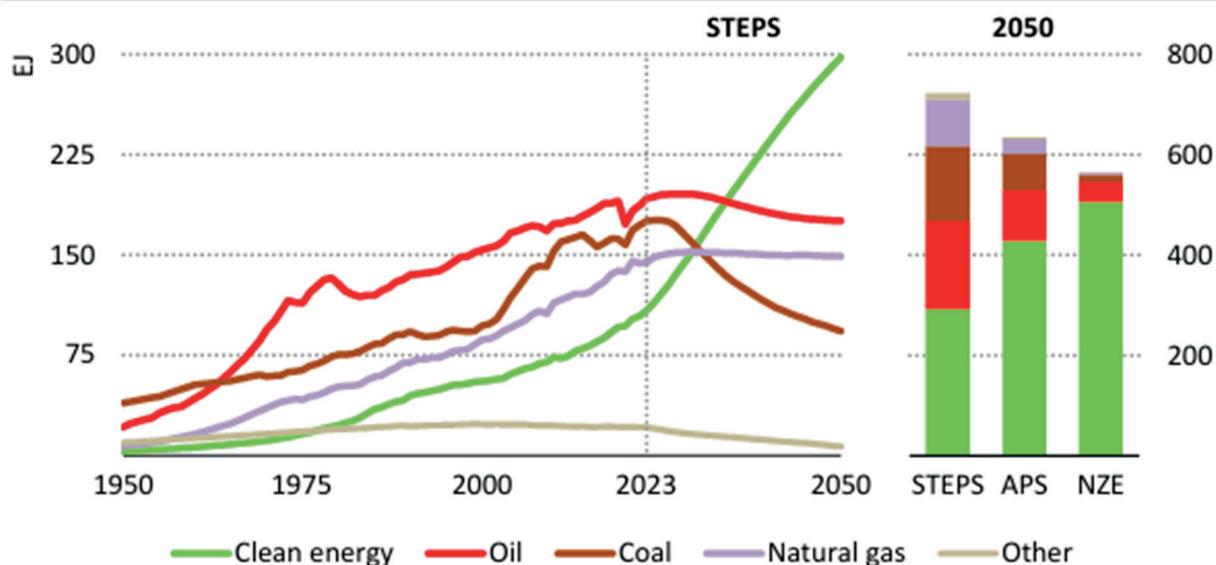
1. STEPS (Stated Policies Scenario): Cenário de políticas já declaradas; Aquecimento entre 2°C e + de 2,5°C
2. APS (Announced Pledges Scenario): Promessas anunciadas, considerado o cenário base; Aquecimento entre 1,5°C e 2 °C
3. NZE (Net Zero Emissions by 2050 Scenario): 0 emissões até 2050; Aquecimento do planeta até 1,5 °C

# Emissions need to fall fast

Emissions are set to peak soon, but have to decline rapidly: how consumer choices and government policies play out will have huge consequences for energy markets & for our planet.



**Figure 1.1** ▶ Global energy mix by scenario to 2050



IEA. CC BY 4.0.

**STEPS, a scenario based on current policy settings, sees clean energy poised for huge growth, while coal, oil and natural gas each reach a peak by 2030 and then start to decline**

Notes: EJ = exajoules; STEPS = Stated Policies Scenario; APS = Announced Pledges Scenario; NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario. Oil, coal and natural gas refer to unabated uses as well as non-energy use. Clean energy includes renewables, modern bioenergy, nuclear, abated fossil fuels, low-emissions hydrogen and hydrogen-based fuels. Other includes traditional use of biomass and non-renewable waste.

# O QUÃO RÁPIDO A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA VAI ACONTECER?

Mais de 560 GW de renováveis foram adicionados em 2023, mas o desenvolvimento das tecnologias ainda é desigual entre os países. Apesar dos avanços, dois terços das adições realizadas em 2023 foram realizadas através de fontes fósseis. **Ou seja, ainda há muito a ser feito.**

- Desenvolver diferentes tecnologias e a diversidade das cadeias produtivas para as tecnologias limpas e para os minerais críticos continua sendo uma tarefa essencial.
- Os investimentos em tecnologias limpas se aproximam de US\$ 2 trilhões/ano, quase o dobro do valor combinado gasto em novos projetos de petróleo, gás e carvão.
- Em STEPS, renováveis e energia nuclear deverão gerar mais da metade da eletricidade mundial, até 2030
- A China se destaca, já que 60% da capacidade renovável adicionada em 2023 está naquele país. Além disso, no início de 2030, sua geração solar deve ultrapassar a demanda atual de energia dos EUA.

Com relação ao aumento pela demanda de energia, as novas projeções indicam que em STEPS, o consumo industrial, mobilidade elétrica, resfriamento, datacenters e Inteligência artificial são grandes motivadores para o aumento da demanda.

- Em todos os nossos cenários, o crescimento da demanda global de energia diminui graças aos ganhos de eficiência, eletrificação e um rápido desenvolvimento de energias renová-

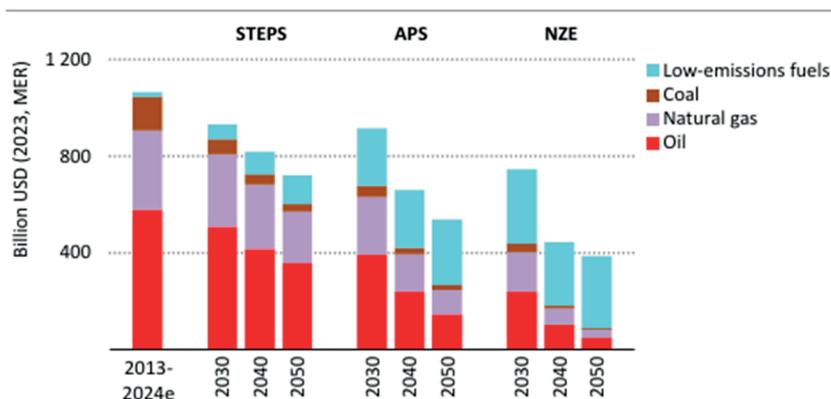
## GÁS NATURAL E COMBUSTÍVEIS

O relatório aponta que no cenário STEPS, haverá 2,5% de crescimento/ano da demanda por Gás Natural. O cenário se mantém até 2035 e é fortalecido por uma onda de novos projetos de GNL que deve aumentar em quase 50% a capacidade de exportação disponível até 2030.

O aumento do uso do Gás Natural pode impactar positivamente o preço da energia paga pelos consumidores, mas pode haver prejuízo ou retardo no desenvolvimento de tecnologias mais limpas, como o biometano e o hidrogênio de baixas emissões.

Também é válido destacar que em todos os cenários avaliados, haverá aumento nos investimentos em combustíveis de baixa emissão, o que inclui o hidrogênio e os combustíveis baseados em hidrogênio, além da bioenergia.

**Figure 3.29** ▶ Average annual investment in fuel supply by type and scenario, 2013-2050



IEA. CC BY 4.0.

**Investment in fuels falls in all scenarios; a big rise in low-emissions fuels partly offsets the sharp drop in investment in coal, natural gas and oil**

Notes: MER = market exchange rate; 2024e = estimated value for 2024. Average annual values are shown for 2013-2024e. Low-emissions fuels includes hydrogen, hydrogen-based fuels and modern bioenergy.

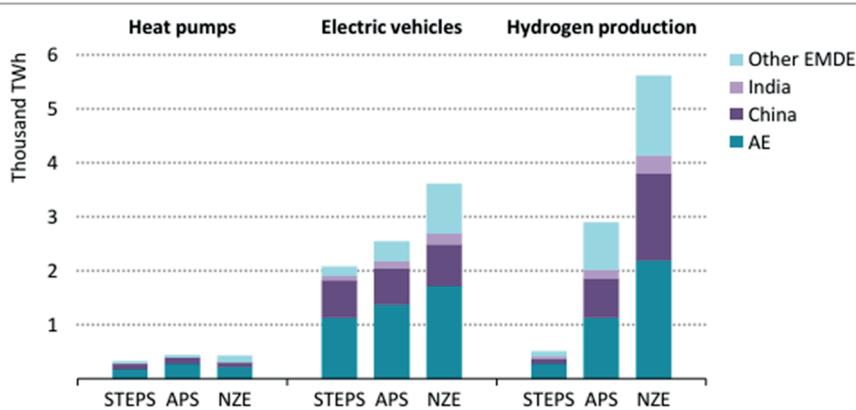
# PERSPECTIVAS PARA O HIDROGÊNIO PARTICIPAÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA

O processo de eletrificação, por todos os cenários e setores, também considera o **H2V para a indústria de alta emissão, como ferro, amônia e refino**.

**Especificamente sobre a participação do hidrogênio, ainda há muita incerteza envolvida na análise**, já que a escala e desenvolvimento dos projetos são altamente incertos e dependem da velocidade de desenvolvimento e das rotas escolhidas para o H2.

De acordo com as análises, em 2035, no cenário NZE, já é possível observar o impacto do **H2**, amônia e combustíveis fósseis com CCUS para a descarbonização. Em 2050, esse mesmo cenário aponta que **a demanda para a produção de H2 chega a 15 000 TWh** (equivalente a 55% da demanda global atual). Já no cenário APS, em 2050 é esperado o aumento para 9.000 TWh.

**Figure 1.12** ▶ Electricity demand growth from selected clean energy technologies by region and scenario, 2023-2035



IEA. CC BY 4.0.

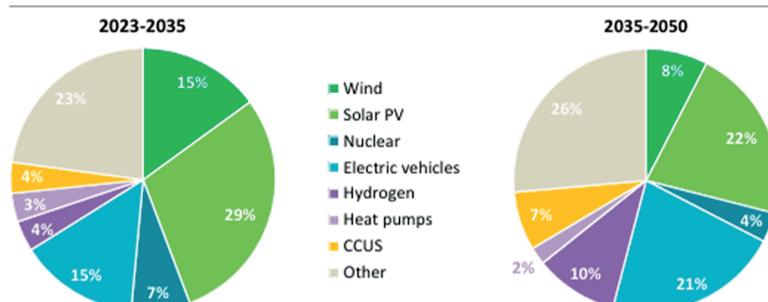
*Electrification of road transport and electrolytic hydrogen production to tackle emissions in hard-to-abate sectors significantly boosts electricity demand in transition scenarios*

Notes: AE = advanced economies; Other EMDE= emerging market and developing economies other than China and India. Electricity demand for heat pumps represents space heating in buildings. Electricity demand for hydrogen production includes onsite production for industry and refineries.

## CONSUMO DE ENERGIA E SETORES ESTRATÉGICOS

O relatório considera que sete tecnologias limpas são a chave para reduzir % das emissões de carbono até 2050, seja no cenário APS ou NZE. São elas: solar, eólica, nuclear, veículos elétricos, bombas de calor, H2 e CCUS.

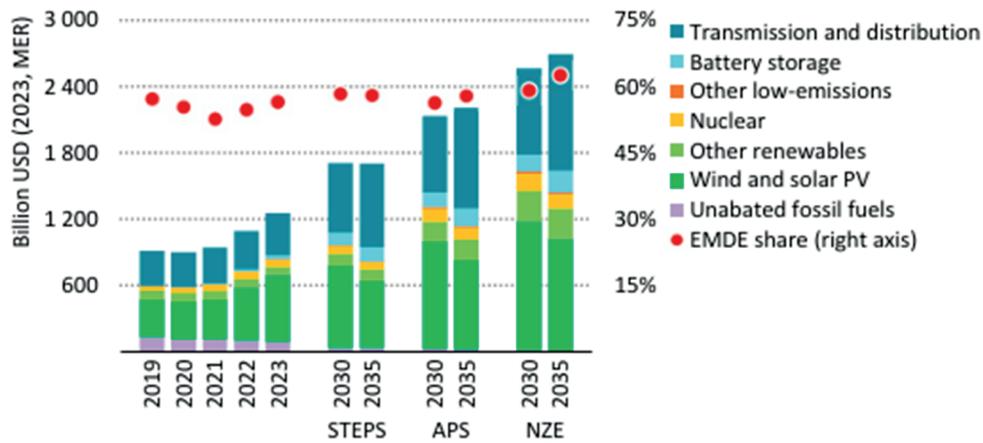
**Figure 3.42** ▶ Clean energy technology contribution to energy combustion CO<sub>2</sub> emissions reduction in the APS, 2023-2050



IEA. CC BY 4.0.

Apesar do papel importante na descarbonização, o relatório aponta que o hidrogênio, em conjunto com outras tecnologias como combustíveis fósseis com CCUS e amônia, ainda não terão investimentos tão abundantes como as tecnologias eólica e solar ou como o setor de transmissão, principalmente nas economias emergentes.

**Figure 3.27** ▶ Power sector investment by technology and scenario, and share in emerging market and developing economies, 2019-2035

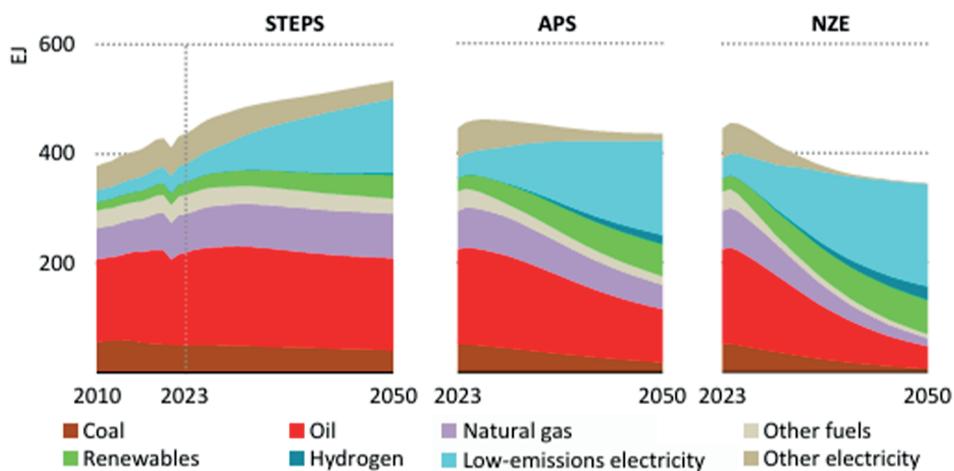


IEA. CC BY 4.0.

Nesse contexto, é mantido o entendimento que o uso de energia pelos setores de uso final foi responsável por cerca de 55% do total de emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas à energia, sendo a Indústria o setor com o maior montante de emissões, com aproximadamente 10 Gt, ou cerca de 40% das emissões totais. Os setores de Transporte e Construção também são setores são considerados grandes emissores.

No cenário STEPS, há estabilização das emissões em 2030, muito devido ao uso de biocombustíveis, **H<sub>2</sub>, combustíveis baseados em H<sub>2</sub>** e eletrificação. Como é possível imaginar, a queda nas emissões é ainda maior nos outros cenários. A bioenergia e o **Hidrogênio são vistos como fundamentais no longo prazo, principalmente em setores de difícil descarbonização, com ação sobre o uso ininterrupto dos combustíveis fósseis.**

**Figure 3.7** ▶ Total final consumption by fuel and scenario, 2023-2050

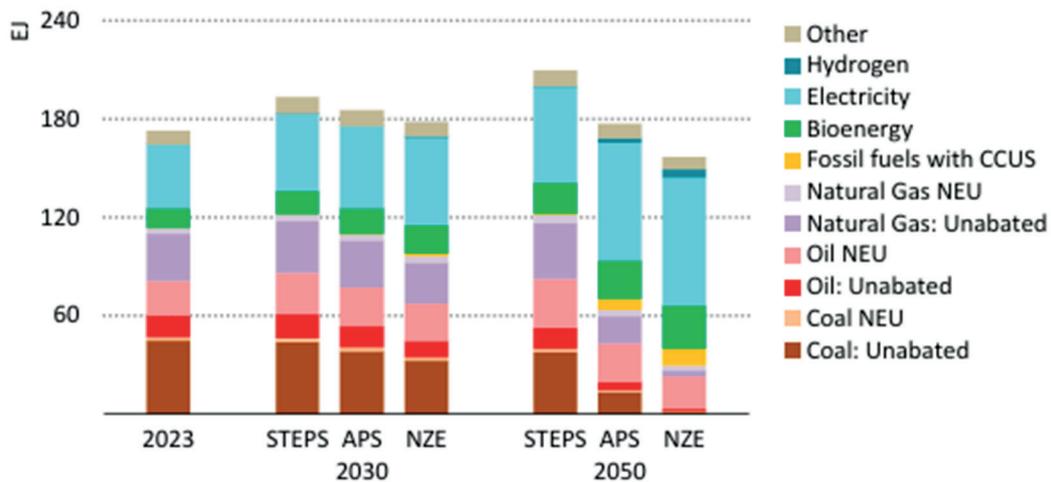


IEA. CC BY 4.0.

**The share of fossil fuel use in final consumption declines this decade in all scenarios, and falls from 66% today to 55% in 2050 in the STEPS, declining faster in other scenarios**

Notes: Renewables refers to the direct use of renewable energy sources. Hydrogen includes hydrogen-based fuels, such as ammonia and synthetic fuels. Low-emissions electricity includes output from renewable energy technologies, nuclear and fossil fuel-fired power plants fitted with CCUS, hydrogen and ammonia. Other fuels includes traditional use of biomass, district heat, non-renewable waste and fossil fuel methanol.

**Figure 3.15** ▶ Energy demand in industry by fuel and scenario, 2023-2050



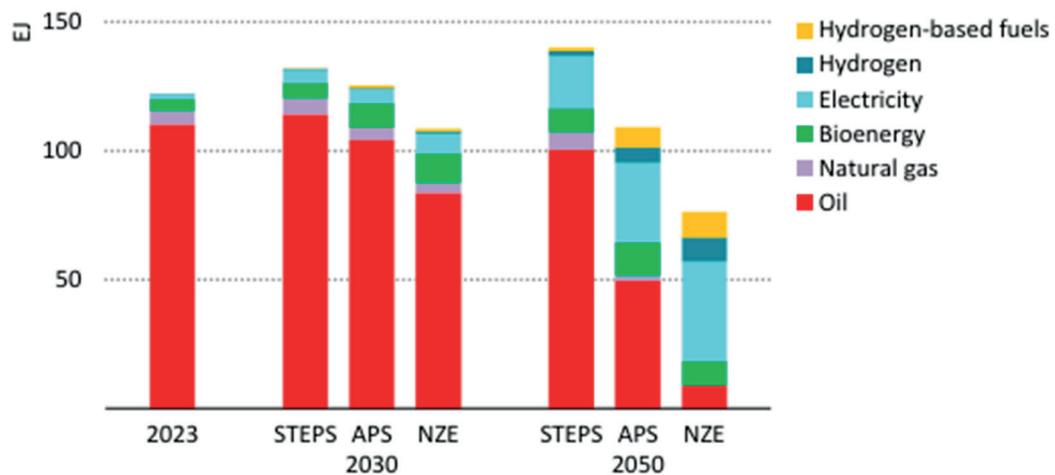
IEA. CC BY 4.0.

*Fossil fuels continue to dominate energy demand in the industry sector until the end of this decade; electrification, bioenergy and CCUS reduce this reliance after 2030 in the APS*

Notes: CCUS = carbon capture, utilisation and storage; NEU = non-energy use. Where low-emissions hydrogen is produced and consumed onsite at an industrial facility, the fuel input, such as electricity or natural gas, is reported as final energy consumption, not the hydrogen output.

No setor de transportes, o H<sub>2</sub> e os combustíveis baseados nessa molécula ganham destaque na aviação e transporte marítimo. No cenário APS, em 2030, a amônia e o H<sub>2</sub> terão uma participação de 4% na demanda por energia do transporte marítimo.

**Figure 3.9** ▶ Energy demand in transport by fuel and scenario, 2023-2050

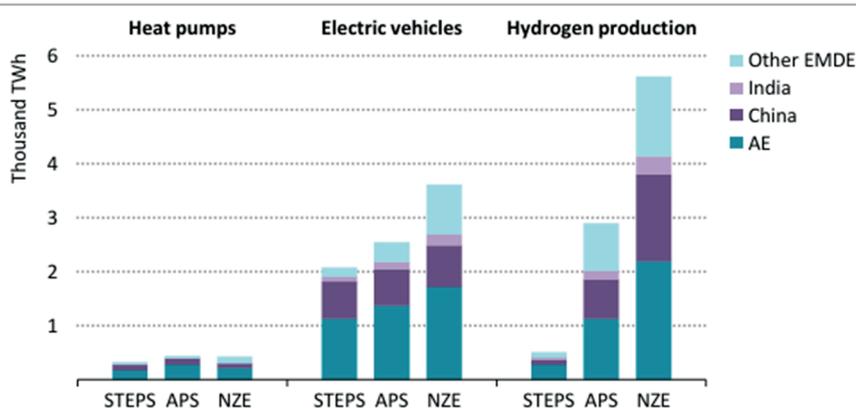


IEA. CC BY 4.0.

# DEMANDA POR ENERGIA: PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO VS. GRANDES ECONOMIAS

O relatório destaca a que nos **países emergentes e economias em desenvolvimento, o hidrogênio demandará mais energia do que nas economias avançadas**. A rápida eletrificação da indústria faz com que esse setor se torne o maior demandante, em virtude do uso de hidrogênio para a produção de ferro e químicos. Especificamente para o H2V, o cenário APS, em 2050, prevê que a demanda por energia atingirá 7.000 TWh. Já no cenário NZE, serão 12.000 TWh

**Figure 1.12** ▶ Electricity demand growth from selected clean energy technologies by region and scenario, 2023-2035



IEA. CC BY 4.0.

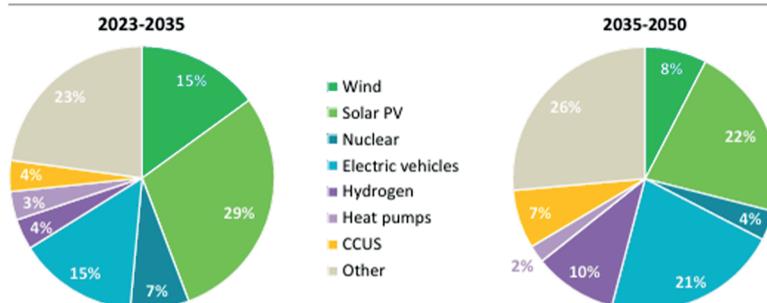
*Electrification of road transport and electrolytic hydrogen production to tackle emissions in hard-to-abate sectors significantly boosts electricity demand in transition scenarios*

Notes: AE = advanced economies; Other EMDE= emerging market and developing economies other than China and India. Electricity demand for heat pumps represents space heating in buildings. Electricity demand for hydrogen production includes onsite production for industry and refineries.

# CONSUMO DE ENERGIA E SETORES ESTRATÉGICOS

O relatório considera que sete tecnologias limpas são a chave para reduzir ¾ das emissões de carbono até 2050, seja no cenário APS ou NZE. São elas: solar, eólica, nuclear, veículos elétricos, bombas de calor, H2 e CCUS.

**Figure 3.42** ▶ Clean energy technology contribution to energy combustion CO<sub>2</sub> emissions reduction in the APS, 2023-2050

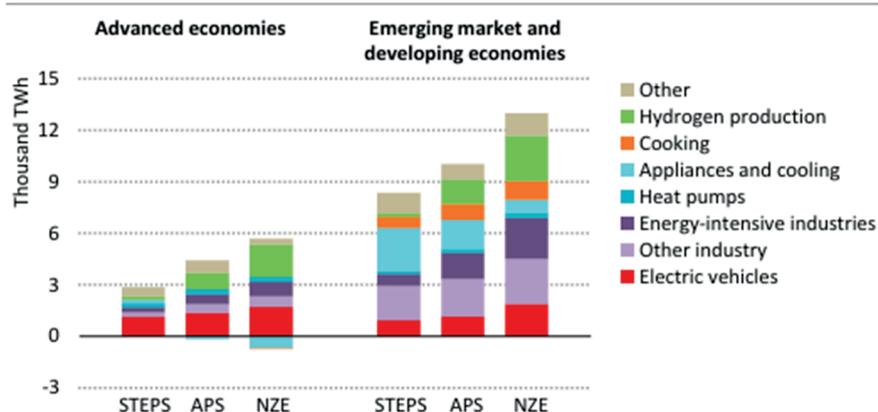


IEA. CC BY 4.0.

# DEMANDA POR ENERGIA: PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO VS. GRANDES ECONOMIAS

O relatório destaca a que nos **países emergentes e economias em desenvolvimento, o hidrogênio demandará mais energia do que nas economias avançadas**. A rápida eletrificação da indústria faz com que esse setor se torne o maior demandante, em virtude do uso de hidrogênio para a produção de ferro e químicos. Especificamente para o H2V, o cenário APS, em 2050, prevê que a demanda por energia atingirá 7.000 TWh. Já no cenário NZE, serão 12.000 TWh

**Figure 3.19** ▶ Electricity demand growth by application and scenario, 2023-2035



IEA. CC BY 4.0.

*EVs drive electricity demand growth in advanced economies; economic progress raises demand for appliances and light industries in emerging market and developing economies*

## EÓLICAS OFFSHORE

As eólicas offshore são destacadas como uma das possibilidades de produção de H2 e energia. As principais dificuldades no seu desenvolvimento estão atreladas à infraestrutura e os investimentos necessários para equipamentos, cabos, dutos, plataformas. Os projetos híbridos são vistos como especialmente complexos, caros e dependentes de uma tecnologia nova e não comprovada.

- Atualmente, a capacidade global offshore é de 73 GW e deverá atingir 560 GW em 2035, no cenário STEPS, e mais de 1.000 GW em 2050. Desse montante, 2% será destinado à produção de H2.
- Já nos outros cenários, em 2050 a capacidade offshore deve atingir 1.600 GW (APS) e 1.950 GW (NZE), sendo que 15% da capacidade do primeiro cenário será destinada ao H2 e, no segundo cenário, o montante chega a 20%.

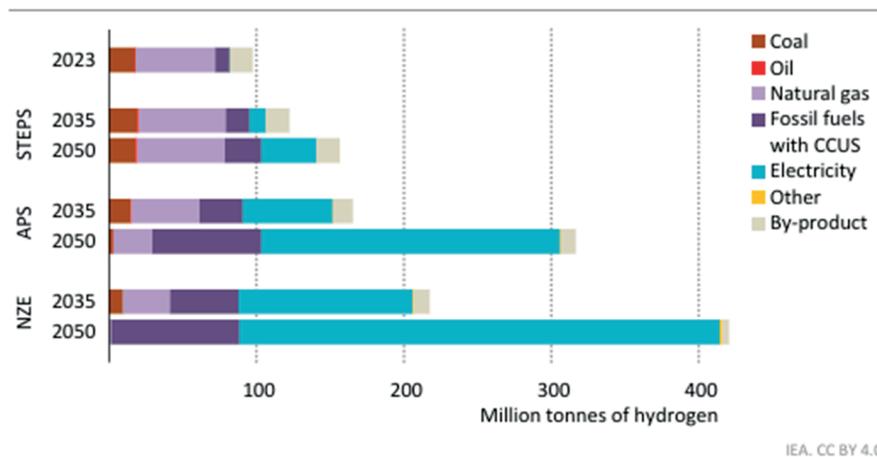
**O uso das instalações para a produção de energia ou hidrogênio dependerá das condições e locais em que elas forem instaladas.** Em áreas remotas, projetos dedicados inteiramente à produção de hidrogênio podem ser vantajosos porque pode ser mais barato transportar o hidrogênio por longas distâncias do que transmitir eletricidade. Já em áreas próximas à rede, a produção de eletricidade pode ser mais interessante.

# PRODUÇÃO DE H2

Em 2023, a produção de H2 atingiu 97 Mt (aumento de 2,5% comparado a 2022). Todavia, a produção se mantém, predominantemente, dependente de combustíveis fósseis, com destaque para a produção via gás natural com CCUS (63%). O hidrogênio de baixa emissão ficou abaixo de 1 milhão de toneladas.

- Em 2023, a capacidade instalada mundial de eletrolisadores para produção dedicada de hidrogênio chegou a 1,4 GW e a China foi responsável pela maior parte da capacidade instalada, o que inclui a maior planta do mundo, com 260 MW. A produção total por eletrolise da água foi inferior a 100 mil toneladas

**Figure 3.48** ▶ Global hydrogen production by technology and scenario, 2023-2050



IEA. CC BY 4.0.

**Low-emissions hydrogen production increases rapidly in the APS, more than tripling from 2035 to 2050, but it remains two-thirds of the level required in the NZE Scenario by 2050**

Os Projetos anunciados de hidrogênio de baixa emissão somam 49 Mt H2, até 2030. Desses, 26 Mt estão em um estágio um pouco mais avançado, mas apenas com esses anúncios, ainda não é possível atingir a meta calculada para o cenário NZE. Por outro lado, a produção H2 através de combustíveis fósseis com CCUS já está mais próxima do valor projetado no Cenário NZE.

No cenário APS, em 2050 82% do hidrogênio será de baixa emissão, muito devido a sua utilização na indústria pesada, transporte, produção de combustíveis e geração de eletricidade. **Desse montante, 65% corresponderá ao H2V, o que requer a instalação de 2.000 GW de capacidade em eletrolisadores.**

A energia necessária para alimentar esse processo requer as fontes limpas atinjam 3.000 GW e 10% desse montante será utilizado para a produção do H2. **No cenário NZE, já em 2035 será preciso atingir quase 5.000 GW de capacidade renovável, dos quais 80% serão usinas fotovoltaicas.**

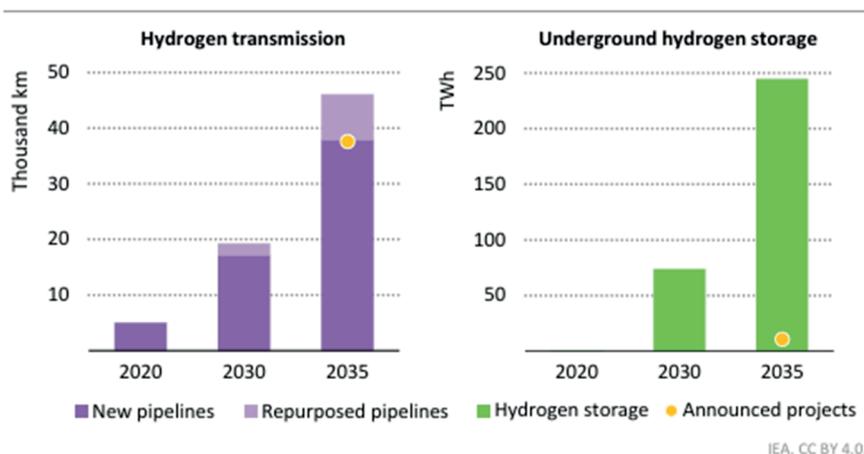
15% da energia será destinada à produção de hidrogênio, o que levará a 80% de produção via eletrolisadores, sendo necessário instalar 3.000 GW desses equipamentos para atingir essa meta.

# INFRAESTRUTURA

No que tange a infraestrutura necessária para alavancar os projetos de hidrogênio, o documento frisa que os projetos já anunciados cobrem apenas uma parte do que será necessário para o desenvolvimento da tecnologia e que em todos os cenários estudados, será necessário desenvolver uma grande infraestrutura de armazenamento e transporte para hidrogênio e amônia, mesmo com a utilização da infraestrutura já utilizada pelos combustíveis fósseis.

- Em NZE, 2050: O consumo global de H2 de baixa emissão estará próximo a 400 milhões de toneladas. Desse montante, 20% deverá ser negociado internacionalmente
- O acondicionamento da rede existente pode reduzir os investimentos em 50-80%, mas ainda será necessário investir em transporte dedicado ao H2, sobretudo quando é apontado que 20% das negociações terá caráter internacional.

**Figure 5.6** ▶ Global hydrogen transmission pipeline length and underground storage capacity in the NZE Scenario, 2020-2035



IEA. CC BY 4.0.

Atualmente, os investimentos em armazenamento continuam muito baixos e os projetos anunciados cobrem uma pequena parte do necessário no cenário NZE. A adaptação desse tipo de estrutura é mais complexa e diferentes estratégias deverão ser adotadas para o desenvolvimento do H2 (campos de gás esgotados, cavernas de rocha dura, cavernas de sal e aquíferos)

## PAÍSES E REGIÕES EM DESTAQUE NA PAUTA DO HIDROGÊNIO.

Como apresentado tratado anteriormente, os países estão adotando diferentes estratégias relacionadas ao Hidrogênio e seus projetos e mercados encontram-se em diferentes estágios de desenvolvimento. Assim, há destaque para os EUA, América Latina e Caribe e Japão e Coreia do Sul.

### EUA

Há o aumento dos investimentos em tecnologias renováveis e em 2035, no cenário STEPS, os valores chegam a US\$ 300 bilhões. Em APS, atingem US\$ 400 bilhões. Tais investimentos incluem as tecnologias nuclear, CCUS e hidrogênio de baixa emissão.

**Nos EUA, o hidrogênio apresenta-se como uma alternativa mais relacionada ao setor de transportes e a descarbonização das plantas a gás natural.** Há a previsão de US\$ 2 bilhões em investimentos federais em carregadores e outras alternativas de carregamento, como o hidrogênio e em 2035, no cenário APS, já começa a ocorrer um blend de hidrogênio nas plantas movidas a gás natural

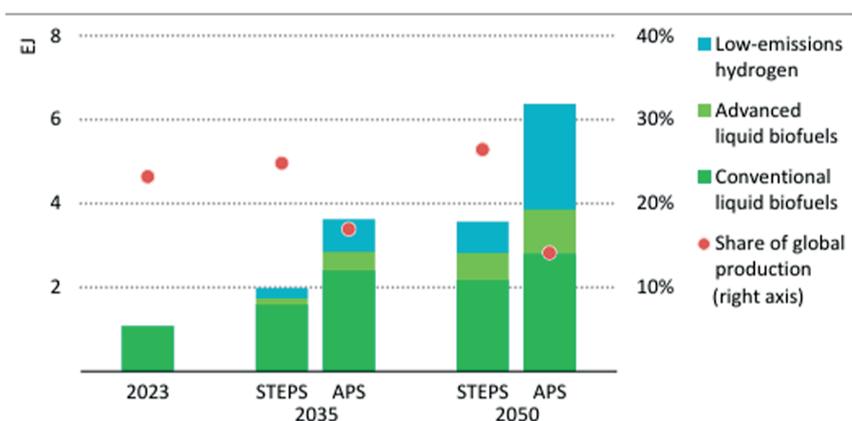
## AMÉRICA LATINA E CARIBE

A região, rica em recursos minerais, já possui 7 Mt de projetos de H2 de baixa emissão anunciados até 2030. A expansão dos projetos, somada o desenvolvimento de tecnologias para a descarbonização, podem contribuir positivamente para o desenvolvimento sustentável da região.

Para essa região, é destacado o papel da bioenergia no fomento a produção do H2 de baixa emissão e a experiência brasileira com o etanol é citada como importante política governamental.

Projeta-se o uso do hidrogênio como relevante para a produção mais sustentável de ferro e fertilizantes, na descarbonização da indústria e produção de produtos verdes, como a amônia. Em 2050, no cenário STEPS, a produção de H2 de baixa emissão deverá triplicar com relação a 2035 e, no cenário APS, a produção em 2050 será seis vezes maior do que em 2035 e 35% da amônia produzida utilizará H2 de baixa emissão.

**Figure 6.2** ▶ Liquid biofuels and low-emissions hydrogen production in Latin America and the Caribbean in the STEPS and APS, 2023-2050



IEA, CC BY 4.0.

*Production of biofuels and low-emissions hydrogen more than triples to 2050 in the STEPS and increases nearly sixfold in the APS*

O potencial de energia renovável da região é um fator fundamental para o aumento da competitividade na produção do hidrogênio e, para fomentar esse mercado, muitos países publicaram estratégias relacionadas ao H2, mas ainda há poucos projetos em fase de investimento.

## JAPÃO E COREIA DO SUL

O Japão e a Coreia estão entre os poucos países com uma política declarada de uso do hidrogênio para geração de energia e provavelmente terão um papel importante na condução do progresso tecnológico como os **maiores consumidores de hidrogênio para energia**.

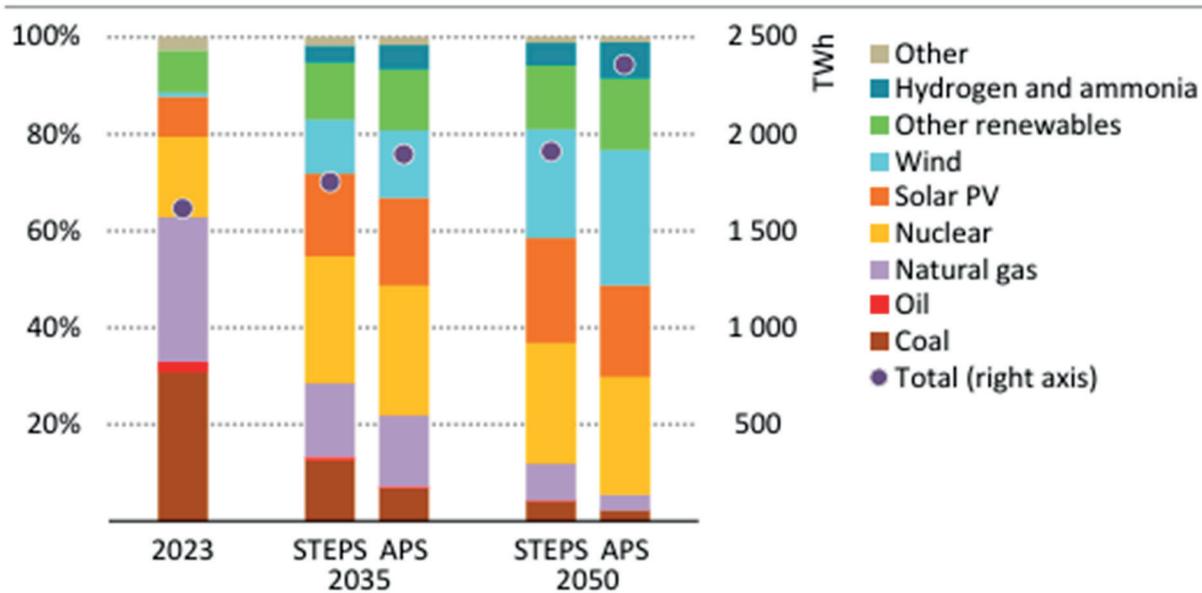
- Em 2035, no cenário APS, espera-se que 37% da energia produzida por H2 mundialmente corresponderá à Coreia e ao Japão.

O Japão tem adotado estratégias para aumentar a eficiência energética e descarbonização da matriz, com a utilização de fontes como H2, Amônia e Metano sintético. Em 2024, o país iniciou a co-combustão de amônia em usinas de energia a carvão, o que pode ser considerado o primeiro passo para a produção apenas através da Amônia.

Além disso, o Hydrogen Society Promotion Act foi adotado no Japão como forma de diminuir o GAP entre os combustíveis fósseis e o Hidrogênio. Assim, nos próximos 15 anos, haverá o subsídio de JPY 3 trilhões para esse mercado.

Em maio de 2024, a Coreia lançou o primeiro bidding market para hidrogênio limpo. E deu início à operação de uma planta de hidrogênio liquefeito com capacidade de 30.000 toneladas/ano.

**Figure 6.12** ▶ Electricity generation by fuel in Japan and Korea in the STEPS and APS, 2023-2050



IEA. CC BY 4.0.

*Measures to reduce GHG emissions from natural gas use, decrease reliance on fossil fuels and increase use of clean energy are required to achieve the ambitions in the APS*