

POSITION PAPER

#2/26

Adição Energética

JOÃO DE JESUS FERREIRA

OBSERVATÓRIO DA INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E ENERGIA DA SEDES

Objetivo e Responsabilidade:

Os Position Papers da SEDES destinam-se a apresentar uma opinião fundamentada sobre um tema de desenvolvimento económico e social, em termos consentâneos com os objetivos estatutários da Associação. Os Position Papers assumem igualmente a natureza de *working papers*, isto é, não devem ser considerados produção científica acabada, mas sim textos em progresso suscetíveis de aprofundamento. A autoria pode ser coletiva ou individual, podendo parte ou a totalidade do documento ser usado em outras publicações.

Embora sujeitos a critérios editoriais, que designadamente validam a consonância do documento com os fins dos Position Papers da SEDES, a posição expressa é da exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Adição Energética: custos sistémicos e competitividade económica

JOÃO DE JESUS FERREIRA¹

Resumo

A transição energética tem mobilizado, à escala global, volumes financeiros sem precedentes, assentes maioritariamente na rápida expansão de fontes renováveis intermitentes e na redução das emissões de dióxido de carbono. Estas políticas têm sido justificadas pela premissa amplamente difundida de que o CO₂ constitui o principal factor causal das alterações climáticas. Contudo, essa premissa é objecto de debate científico e não assenta numa prova empírica directa e inequívoca, num sistema climático intrinsecamente complexo e multifactorial.

Neste enquadramento, o presente artigo propõe uma avaliação crítica e pragmática da estratégia seguida, centrada nos resultados observáveis do período 2010–2024. [1][3][4][9] Analisa-se a relação entre o investimento global mobilizado, a evolução do consumo de combustíveis fósseis, das emissões globais de CO₂, dos preços da electricidade e dos impactos económicos, em particular sobre a competitividade industrial europeia. Com base em séries temporais globais, estimativas contra-factuais prudentes e na análise dos custos sistémicos dos sistemas eléctricos, conclui-se que o esforço financeiro realizado produziu ganhos ambientais globais limitados, a um custo económico elevado. A dissociação persistente entre investimento crescente e emissões praticamente estáveis levanta questões fundamentais sobre a eficácia climática, a eficiência económica e a sustentabilidade de longo prazo do modelo de transição energética adoptado.

Palavras-chave: transição energética; alterações climáticas; emissões de CO₂; custos sistémicos; competitividade industrial.

¹ Engenheiro Conselheiro - Electrotécnico - Especialista em Energia - [MSc. Eng.º (IST)]
- O autor escreve, por opção pessoal, de acordo com a antiga ortografia.

Abstract

Over the past decade, the energy transition has mobilised unprecedented levels of global investment, largely focused on the rapid deployment of intermittent renewable energy sources and on the reduction of carbon dioxide emissions. These policies are commonly grounded in the widely accepted premise that CO₂ constitutes the main causal driver of climate change. However, this premise remains subject to scientific debate and does not rely on direct and unequivocal empirical proof within an inherently complex and multifactorial climate system. Against this background, this article provides a critical and pragmatic assessment of the energy transition strategy, focusing on observable outcomes over the 2010–2024 period. [1][3][4][9] It examines the relationship between global investment levels, fossil fuel consumption, global CO₂ emissions, electricity prices and economic impacts, with particular emphasis on European industrial competitiveness. Drawing on global time series, prudent counterfactual estimates and an analysis of power system integration costs, the paper finds that the financial effort deployed has delivered limited global environmental benefits at a high economic cost. The persistent dissociation between rapidly increasing investment and largely stable emissions raises fundamental questions regarding the climate effectiveness, economic efficiency and long-term sustainability of the current energy transition model.

Keywords: energy transition; climate change; CO₂ emissions; system costs; industrial competitiveness.

Sumário Executivo

A transição energética assumiu (de forma obsessiva e exagerada), na última década e meia, um papel central nas políticas públicas globais, particularmente na União Europeia. Assente na rápida e excessiva expansão de fontes renováveis intermitentes e na redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂), esta estratégia mobilizou volumes financeiros sem precedentes, com impactos económicos, territoriais e industriais profundos. [1][2] A avaliação dos resultados alcançados tem sido frequentemente condicionada por narrativas políticas e objectivos declarativos, em detrimento de uma análise empírica rigorosa baseada em resultados observáveis.

O presente artigo propõe uma avaliação crítica da trajectória seguida no período 2010–2024, analisando de forma integrada a relação entre investimento global, consumo de combustíveis fósseis, emissões globais de CO₂, custos sistémicos dos sistemas eléctricos, preços finais da electricidade, impactos territoriais e consequências para a competitividade económica, em particular na Europa. A abordagem adoptada privilegia dados consolidados, ordens de grandeza económicas e análise sistémica, evitando pressupostos normativos não demonstrados.

A evidência empírica analisada conduz a uma constatação central: apesar de um investimento acumulado da ordem de **6,5 biliões ² de dólares** em transição energética no período considerado, não se observou uma redução estrutural do consumo global de combustíveis fósseis nem uma trajectória descendente sustentada das emissões globais de CO₂. Pelo contrário, o consumo fóssil aumentou em termos absolutos e as emissões associadas à energia atingiram novos máximos recentes. A redução da quota relativa dos fósseis no mix energético global revelou-se inferior a 3%, sendo amplamente anulada pelo crescimento da procura mundial de energia. [1][3][4][9]

Esta dissociação persistente entre investimento crescente e emissões praticamente estáveis evidencia que o processo observado corresponde predominantemente a uma **adição energética**, e não a uma transição no sentido estrito do termo. As novas capacidades renováveis foram maioritariamente utilizadas para acomodar o crescimento da procura energética global, sem substituição efectiva das fontes fósseis existentes. Este padrão explica o paradoxo central da última década: investimento recorde coexistindo com resultados climáticos globais limitados.

A análise custo-benefício reforça esta conclusão. Mesmo admitindo pressupostos contra-factuais optimistas, o custo implícito por tonelada de CO₂ evitada situa-se num intervalo elevado (da ordem de **200–400 USD/tCO₂**), substancialmente superior aos preços observados nos mercados de carbono e às estimativas usuais do custo social do carbono. Esta discrepância levanta questões fundamentais sobre a eficiência económica da estratégia seguida e

² **Nota prévia sobre unidades monetárias:** Neste artigo, a expressão “biliões de dólares” corresponde ao termo inglês trillion, isto é, 10¹² dólares norte-americanos (mil mil milhões), conforme a prática corrente nos relatórios internacionais de energia e finanças. Sempre que referido, trata-se, portanto, de US\$ trillion (escala curta).

sobre a alocação de recursos escassos em políticas públicas de grande impacto financeiro. [1][3]

Paralelamente, o artigo demonstra que a integração maciça de fontes renováveis intermitentes introduz **custos sistémicos significativos** nos sistemas eléctricos: reforços de redes, serviços de sistema, reservas, mecanismos de capacidade, curtailment e maior complexidade operacional. Estes custos, de natureza estrutural e largamente irreversível, reflectem-se em preços finais elevados da electricidade, particularmente na Europa. A experiência europeia sugere que eventuais reduções pontuais de preços grossistas são mais do que compensadas pelo aumento dos custos fixos e sistémicos, tornando a energia um factor de desvantagem competitiva para a indústria. [5][7]

Uma dimensão adicional, frequentemente subavaliada, é a **ocupação extensiva de solo rústico** por infra-estruturas eólicas e fotovoltaicas. A análise evidencia que esta expansão implica perdas económicas associadas à produção agrícola e florestal, redução do emprego local permanente, pressão sobre o ordenamento do território e conflitos com as populações. No caso português, as ordens de grandeza estimadas apontam para impactos relevantes sobre a soberania alimentar e a coesão territorial, num país com contributo estatisticamente marginal para as emissões globais, como ainda o impacto negativo na paisagem, num país que aposta no turismo. Quando os benefícios climáticos globais são limitados, estes custos territoriais e sociais assumem particular relevância na avaliação da política energética. [12][13][14]

O artigo enquadra ainda a estratégia europeia no contexto global, sublinhando que a União Europeia representa actualmente apenas uma fracção minoritária das emissões globais de CO₂, e que países como Portugal têm um peso nulo à escala mundial. Neste contexto, políticas regionais altamente onerosas, quando implementadas de forma isolada e sem coordenação global eficaz, apresentam uma eficácia ambiental global muito reduzida, podendo mesmo conduzir a efeitos perversos como *carbon leakage*³ e desindustrialização.

A proposta recente da Comissão Europeia de acelerar a trajectória de descarbonização, estabelecendo uma meta intermédia de redução de **90% das emissões até 2040**, levanta questões de fundo quanto à sua racionalidade técnica, económica e estratégica. Num contexto em que a União Europeia representa apenas **cerca de 6–7% das emissões globais de gases com efeito de estufa**, a imposição de objectivos extremamente ambiciosos, sem coordenação internacional eficaz, traduz-se num **impacto climático global estatisticamente desprezável**, em contraste com **custos económicos, industriais e sociais muito elevados**. Esta desproporção risco–benefício ameaça fragilizar estruturalmente a competitividade europeia, acelerar processos de desindustrialização e comprometer a autonomia estratégica do continente, impondo a necessidade de uma **reavaliação profunda das metas, instrumentos e calendários da política climática europeia**.

³ **Carbon leakage** (fuga de carbono): deslocação de produção industrial para países com menores exigências ambientais ou custos energéticos mais baixos, anulando parcial ou totalmente a redução local de emissões de CO₂.

A conclusão geral é de natureza estrutural. A fragilidade da actual transição energética não reside na falta de investimento ou de incompreensível ambição política, mas na concepção dos instrumentos utilizados e na ausência de uma avaliação sistémica contínua dos seus efeitos reais. A priorização de metas de capacidade instalada e de narrativas simplificadas de substituição ignorou constrangimentos físicos, económicos e territoriais fundamentais, conduzindo a um modelo dispendioso, economicamente penalizador e ambientalmente insuficiente à escala global.

Este *Position Paper* aponta, assim, para a necessidade de uma reavaliação profunda das estratégias energéticas adoptadas, baseada em dados, ordens de grandeza e numa visão integrada do sistema energético, da economia e do território. Sem essa reavaliação, a suposta transição energética corre o risco de se consolidar não como uma solução sustentável, mas como um novo factor de fragilidade económica, social e territorial, com benefícios globais desproporcionados face aos custos suportados.

1. Introdução

A transição energética tornou-se, na última década e meia, um dos pilares centrais das políticas públicas internacionais, com especial intensidade na União Europeia. A descarbonização do sector energético foi elevada a prioridade estratégica, sustentada na falsa convicção de que a rápida expansão das energias renováveis permitiria reduzir emissões, assegurar segurança de abastecimento e baixar os custos da energia.

Todavia, um sistema energético constitui uma infra-estrutura crítica, cuja avaliação não pode limitar-se a metas políticas e ideológicas declarativas nem a acréscimos não planeados de capacidade instalada. Fiabilidade, custo económico global, robustez técnica e capacidade de sustentar a actividade industrial são critérios centrais. É neste enquadramento que se justifica uma análise crítica dos resultados efectivamente alcançados no período 2010–2024.

1.1. Enquadramento conceptual: consenso científico, causalidade climática e limites da atribuição ao CO₂

O debate contemporâneo sobre as alterações climáticas assenta, em larga medida, na premissa de que o aumento das emissões antropogénicas de dióxido de carbono constitui a causa principal — e, em muitos discursos, praticamente exclusiva — das variações climáticas observadas nas últimas décadas. Esta premissa é hoje frequentemente apresentada como um consenso científico estabelecido, servindo de base quase incontestada à formulação de políticas públicas energéticas e ambientais (mais climáticas) de grande alcance económico e social.

Contudo, importa distinguir com rigor entre **consenso político**, **consenso institucional** e **consenso científico no sentido estrito do termo**. A ciência não evolui por unanimidade, mas por confronto permanente de hipóteses, validação empírica, revisão crítica e incorporação progressiva de incerteza. Neste enquadramento, a afirmação de que existe uma prova científica firme e definitiva de que o CO₂ é o motor das alterações climáticas globais carece de uma precisão científica que raramente é explicitada no debate público, porque inexistente.

Do ponto de vista científico, o sistema climático é um sistema físico altamente

complexo, não linear e multicausal, influenciado por uma vasta gama de factores naturais e antropogénicos. Entre estes incluem-se variações na actividade solar, ciclos oceânicos de longa duração (como a Oscilação Decadal do Pacífico ou a Oscilação Multidecadal do Atlântico), actividade vulcânica, dinâmica das nuvens, alterações no uso do solo, processos geológicos de grande escala temporal e múltiplos mecanismos de feedback ainda incompletamente compreendidos. A atribuição causal directa de variações climáticas globais a um único factor constitui, por isso, uma simplificação excessiva de um sistema intrinsecamente complexo.

É igualmente relevante sublinhar que, ao longo da história geológica da Terra, se registaram múltiplos períodos de aquecimento e arrefecimento significativos, frequentemente anteriores à industrialização e ocorrendo em contextos de concentrações atmosféricas de CO₂ substancialmente diferentes das actuais. Em diversos casos documentados pela paleoclimatologia, as variações de temperatura precederam alterações nas concentrações de CO₂, sugerindo que este gás pode actuar, em determinadas escalas temporais, mais como um **factor de retroacção** do que como um motor causal primário.

Estas observações não negam a existência de um efeito radiativo do CO₂, amplamente reconhecido pela física atmosférica, mas colocam sérias reservas quanto à magnitude desse efeito no sistema climático real e, sobretudo, quanto à capacidade de isolar empiricamente o seu impacto face à multiplicidade de variáveis em jogo. A distinção entre a **existência de um mecanismo físico** e a **prova empírica de causalidade dominante** é frequentemente esbatida no discurso político, mas é fundamental do ponto de vista científico.

Neste contexto, vários investigadores provenientes das ciências da Terra — nomeadamente da geologia, da paleoclimatologia e da geofísica — têm questionado a ideia de um consenso científico fechado sobre a causalidade climática. O geólogo e professor **Ian Plimer**, por exemplo, tem argumentado publicamente que a variabilidade climática natural observada em escalas temporais longas é frequentemente subestimada no debate actual, e que a centralidade atribuída ao CO₂ reflecte mais uma simplificação institucional do que uma conclusão científica definitiva. Independentemente da concordância ou discordância com posições individuais, estas abordagens **sublinham a inexistência de unanimidade científica sobre os mecanismos causais dominantes das alterações climáticas contemporâneas.**

Um ponto adicional de fragilidade reside na transposição directa de resultados modelados para conclusões políticas robustas. Grande parte das afirmações sobre a sensibilidade climática ao CO₂ baseia-se em modelos climáticos complexos, fortemente parametrizados e dependentes de pressupostos sobre feedbacks ainda mal caracterizados. Embora estes modelos sejam ferramentas úteis de investigação, não constituem prova empírica directa, mas sim exercícios de simulação sujeitos a incerteza estrutural significativa. A distinção entre **cenários modelados** e **evidência observacional directa** é, neste domínio, frequentemente omitida no debate público.

É, portanto, cientificamente legítimo afirmar que **não existe, até à data, uma prova empírica firme, directa e inequívoca** de que as emissões de CO₂ sejam um ou o principal factor responsável pelas alterações climáticas observadas. Existe, isso sim, um corpo de conhecimento que aponta para uma influência do CO₂, integrada num sistema climático multifactorial, cujas interações e sensibilidades permanecem objecto de investigação activa e debate científico.

Apesar da existência de um consenso político alargado, subsistem incertezas científicas relevantes quanto à extensão relativa dos diferentes factores climáticos e à fiabilidade das projecções de longo prazo, como amplamente discutido por Koonin [15] e Curry [16].

É neste enquadramento epistemológico que o presente artigo se posiciona. A análise que se segue não assenta na negação apriorística de preocupações climáticas, nem na rejeição ideológica de políticas de mitigação. Parte, antes, da constatação de que estratégias energéticas globais de enorme impacto económico foram desenhadas como se a causalidade climática estivesse cientificamente encerrada e como se a redução de emissões de CO₂ fosse simultaneamente condição necessária e suficiente para resolver o problema.

Ao avaliar os resultados observáveis do período 2010–2024 — investimento mobilizado, evolução do consumo de combustíveis fósseis, emissões globais de CO₂, preços da electricidade e impactos industriais — o artigo procura recentrar o debate numa questão fundamental e empiricamente verificável: **independentemente da narrativa causal adoptada, a estratégia seguida produziu os efeitos ambientais e económicos que justificassem o seu custo?**

1.2 Enquadramento do peso relativo da Europa e de Portugal nas emissões globais de CO₂

A avaliação da eficácia de políticas climáticas exige, antes de mais, a correcta contextualização do **peso relativo dos emissores** à escala global. Sem esse enquadramento, corre-se o risco de extrapolar impactos globais a partir de realidades regionais ou nacionais cuja relevância estatística é, objectivamente, reduzida.

À escala mundial, as emissões globais de dióxido de carbono associadas à energia situam-se actualmente em torno de 38 GtCO₂ por ano. [1][9] Neste contexto, a **União Europeia a 27 contribui com cerca de 6,1 %** do total mundial de emissões. [10][11] Este valor traduz uma **posição minoritária** no quadro global actual, especialmente quando comparado com o peso crescente de grandes economias emergentes.

Dentro da União Europeia, a contribuição de **Portugal** é ainda mais reduzida. As emissões nacionais representam aproximadamente **0,10 % do total mundial** e cerca de **1,65 % das emissões da UE-27**. [10][11] Estes valores permitem retirar uma conclusão quantitativa inequívoca: **mesmo reduções muito significativas das emissões em Portugal têm um impacto nulo na trajectória global das emissões de CO₂**. Em termos estritamente matemáticos, a eliminação total das emissões nacionais teria um efeito indistinguível à escala do sistema climático global.

Esta constatação pode constituir um juízo de valor sobre as políticas ambientais nacionais, sendo um dado objectivo que deve ser incorporado na análise custo-benefício das estratégias adoptadas. Quando países ou regiões com peso emissivo marginal suportam custos económicos elevados, sem mecanismos globais eficazes de coordenação e reciprocidade, a probabilidade de impacto climático mensurável torna-se extremamente reduzida e mesmo nula.

À escala europeia, a mesma lógica se aplica. Mesmo uma redução drástica das emissões da UE-27 teria um efeito muito limitado sobre o total global, caso não seja acompanhada por trajectórias semelhantes nas restantes regiões do mundo. Esta assimetria explica por que razão políticas ambientais regionais ambiciosas podem coexistir com **emissões globais estáveis ou crescentes**, fenómeno amplamente documentado na última década.

Deste modo, qualquer avaliação rigorosa da transição energética deve distinguir claramente entre **liderança normativa** e **eficácia climática global**. Confundir estas duas dimensões conduz a estratégias energeticamente onerosas, economicamente penalizadoras e ambientalmente pouco eficazes, sobretudo quando implementadas de forma isolada e sem coordenação mundial robusta.

1.3 A aceleração da ambição climática europeia: irrelevância ambiental, desproporção económica e risco sistémico

Desde o lançamento do *European Green Deal*, em 2019, a política climática da União Europeia tem sido marcada por uma **escalada contínua despropositada e acelerada das metas de redução das emissões de CO₂**, frequentemente desligada de uma avaliação empírica rigorosa dos resultados alcançados, da eficácia real das medidas implementadas e dos seus impactos económicos, industriais e sociais. [17][18][19]

A progressão dos objectivos é reveladora desta trajectória:

- Meta inicial de – **40% até 2030** (face a 1990), acordada no quadro europeu de 2014–2018;
- Reforço para – **55% até 2030**, introduzido em 2020 no âmbito do *Fit for 55*;
- Consagração legal da **neutralidade climática até 2050**;
- Proposta recente da Comissão Europeia (2024–2025) de estabelecer uma meta intermédia vinculativa de – **90% até 2040**. [17][18][19][20]

Esta aceleração sucessiva (desmedida e completamente inatingível) dos objectivos traduz uma **dinâmica ideológica insustentável e uma política de ambição cumulativa**, cujo racional técnico e económico se torna progressivamente mais difícil de sustentar à luz da evidência empírica disponível.

1.3.1 — O peso marginal da Europa nas emissões globais e a irrelevância climática mensurável

À escala mundial, as emissões globais de dióxido de carbono associadas à energia situam-se actualmente em torno de **38 GtCO₂ por ano**. Neste contexto:

- a **União Europeia contribui com apenas cerca de 6–7% das emissões globais**;
- países como Portugal representam **aproximadamente 0,10%**.
[1][9][10][11]

Este dado conduz a uma conclusão quantitativa directa e inequívoca:

Mesmo uma eliminação total das emissões europeias teria um impacto estatisticamente desprezável na trajectória climática global. [1][9][15]

Com efeito, uma redução adicional de:

- **10% das emissões europeias** corresponderia a cerca de **0,6–0,7% das emissões globais**;
- **50% das emissões europeias** traduzir-se-ia em cerca de **3–3,5% do total mundial**.

Estes valores situam-se **abaixo do ruído estatístico natural** do sistema climático, marcado por elevada variabilidade inter-anual, multidecadal e secular ⁴. [15][16][21] Em termos estritamente físicos, **o impacto climático directo da política europeia é marginal e tende a diminuir ao longo do tempo**, à medida que:

- o peso relativo da Europa na economia mundial decresce;
- as grandes economias emergentes continuam a expandir fortemente o seu consumo energético fóssil;

⁴ Os termos **multidecadal e secular** referem-se a escalas temporais longas de variabilidade climática. A variabilidade multidecadal corresponde a oscilações naturais com períodos típicos da ordem de 20 a 70 anos, frequentemente associadas a ciclos oceânicos de grande escala, como a Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO). A variabilidade secular diz respeito a tendências ou ciclos com duração da ordem de um século ou mais, resultantes de interacções complexas entre forçamentos naturais e dinâmicas internas do sistema climático.

- o crescimento demográfico e económico fora da UE domina a trajectória global das emissões.

Esta realidade coloca sérias reservas à narrativa dominante que apresenta a aceleração da política climática europeia como **determinante para a estabilização do clima global**.

1.3.2 — A falácia da liderança climática e a ausência de efeito demonstrativo global

A Comissão Europeia tem frequentemente justificado a escalada das metas com o argumento da **liderança climática**, pressupondo um efeito demonstrativo capaz de induzir trajectórias semelhantes noutras regiões do mundo. [17][18][22]

Contudo, a evidência empírica disponível não valida esta tese.

A China, responsável por cerca de **30% das emissões globais**, continua a reforçar substancialmente a sua capacidade de produção eléctrica a carvão. A Índia, o Sudeste Asiático e grande parte do continente africano apresentam trajectórias fortemente ascendentes no consumo de combustíveis fósseis, impulsionadas por crescimento económico, urbanização e melhoria das condições de vida. Os Estados Unidos seguem uma estratégia híbrida, combinando transição selectiva com forte expansão da produção de petróleo e gás natural. [1][3][4][23]

Não existe, portanto, qualquer evidência robusta de que o agravamento unilateral das metas europeias:

- induza comportamentos semelhantes nas grandes economias emissoras;
- altere estruturalmente a trajectória global das emissões.

Na prática, observa-se sobretudo um fenómeno de **deslocação geográfica da produção industrial**, com transferência das emissões para fora da Europa (*carbon leakage*), anulando parcial ou totalmente os ganhos ambientais locais. [8][24] O resultado líquido é:

sacrifício económico europeu sem benefício climático global mensurável.

1.3.3 — Desproporção económica da ambição climática europeia

A aceleração da trajectória de descarbonização implica uma intensificação radical do esforço de investimento, abrangendo:

- expansão maciça das energias renováveis intermitentes;
- electrificação forçada de vastos sectores económicos;
- reforço estrutural das redes eléctricas;
- multiplicação de sistemas de armazenamento, reservas e serviços de sistema;
- mecanismos de capacidade e estabilidade.

Segundo estimativas da própria Comissão Europeia, estas orientações exigem **investimentos adicionais da ordem de 600 a 800 mil milhões de euros por ano até 2040**, o que corresponde, em termos acumulados, a **10–13 biliões de euros em menos de duas décadas**. [19][20][25]

Estes valores ultrapassam largamente:

- os programas históricos de reconstrução europeia;
- os grandes ciclos de investimento industrial do pós-guerra;
- os planos de estímulo adoptados durante crises económicas profundas.

Trata-se, assim, de um **esforço financeiro sem precedente**, que:

- pressiona fortemente as tarifas energéticas;
- agrava a carga fiscal;
- limita severamente a margem orçamental dos Estados;
- desloca investimento de sectores essenciais como saúde, educação, ciência, defesa e infra-estruturas produtivas.

1.3.4 — Consequências macroeconómicas e industriais potencialmente desastrosas

A energia constitui um dos principais factores de competitividade das economias modernas. A elevação estrutural dos preços finais da electricidade e do gás traduz-se directamente em:

- perda de competitividade industrial;
- deslocalização produtiva;
- erosão do emprego qualificado;
- deterioração da balança comercial;
- empobrecimento relativo das famílias.

A União Europeia apresenta já preços finais da electricidade **duas a quatro vezes superiores** aos praticados nos Estados Unidos e em várias economias asiáticas. A intensificação da política climática agravará inevitavelmente esta desvantagem estrutural, colocando em risco sectores industriais estratégicos como: [5][7][8][26]

- metalurgia,
- química,
- fertilizantes,
- vidro,
- cimento,
- papel,
- manufactura avançada.

Este processo conduz a um risco real de **desindustrialização estrutural europeia**, cujas consequências económicas, sociais e geopolíticas seriam profundas e duradouras.

1.3.5 — Da política ambiental racional à ideologia climática

A persistência na escalada das metas, ignorando:

- a fraca eficácia climática global;
- o peso estatisticamente marginal da Europa;
- os custos económicos crescentes;

sugere uma deriva preocupante da política climática europeia, que tende a afastar-se progressivamente de uma abordagem técnico-económica racional e a

aproximar-se de uma **lógica ideológica**, assente em metas simbólicas e narrativas morais.

Neste quadro:

- a ambição declarativa substitui a análise custo-benefício;
- a crítica técnica é frequentemente marginalizada;
- a prudência económica é confundida com negação científica;
- o debate racional é empobrecido.

Este desvio é particularmente grave quando afecta infra-estruturas críticas, compromete a competitividade estrutural da economia e impõe encargos duradouros às gerações futuras.

1.3.6 — Síntese crítica

A proposta da Comissão Europeia de acelerar a trajectória de descarbonização para – **90% em 2040**, mantendo a neutralidade climática em **2050**, representa:

- **um esforço económico colossal,**
- **um impacto climático global desprezável,**
- **um risco macroeconómico, industrial e social extremamente elevado.**

Em termos técnicos, económicos e estratégicos, esta trajectória configura:

uma política ideológica de ambição megalómana, ambientalmente ineficaz, economicamente insustentável e potencialmente desastrosa para o futuro da União Europeia. [1][3][4][5][7][8][9][15][19][20]

1.4 Transição energética versus adição energética: enquadramento conceptual e evolução histórica

O debate contemporâneo sobre política energética utiliza frequentemente o termo **“transição energética”** como sinónimo de substituição progressiva de fontes fósseis por fontes renováveis. Contudo, esta leitura simplificada não

corresponde, em muitos casos, à realidade observada. Para uma análise rigorosa, importa distinguir entre os conceitos de **transição energética** e **adição energética**.

Por **transição energética** entende-se um processo em que novas fontes de energia substituem efectivamente fontes pré-existentes, conduzindo à redução absoluta do consumo destas últimas. Historicamente, verdadeiras transições energéticas ocorreram quando uma nova fonte apresentava vantagens claras em termos de custo, densidade energética, fiabilidade e escalabilidade, levando ao declínio efectivo da fonte anterior (por exemplo, a substituição progressiva da biomassa tradicional pelo carvão, e posteriormente do carvão pelo petróleo em determinados sectores). [4]

Por contraste, a **adição energética** descreve um processo em que novas fontes de energia são adicionadas ao sistema sem substituir de forma estrutural as fontes existentes. Neste caso, o consumo total de energia aumenta, e as fontes tradicionais mantêm-se ou até crescem em termos absolutos, apesar da redução da sua quota relativa. **Este padrão tem sido dominante ao longo da maior parte da história energética moderna, em especial em períodos de crescimento económico acelerado.**

A evolução do sistema energético global nas últimas décadas enquadra-se predominantemente neste segundo modelo. A expansão da energia eólica e solar ocorreu num contexto de crescimento contínuo da procura mundial de energia, resultando numa **adição de capacidade** destinada a satisfazer novos consumos, **mais do que numa substituição efectiva de combustíveis fósseis**. Os dados empíricos mostram que, apesar do crescimento rápido das renováveis, o consumo absoluto de carvão, petróleo e gás natural aumentou ou permaneceu elevado à escala global. [3][4]

Este padrão ajuda a explicar o **paradoxo central** analisado neste artigo: **investimentos maciços em energias renováveis coexistem com emissões globais de CO₂ praticamente estáveis ou crescentes**. A estratégia seguida assumiu implicitamente que a expansão de renováveis induziria automaticamente substituição fóssil, ignorando o efeito dominante do crescimento da procura energética e os constrangimentos físicos e económicos do sistema.

Na actualidade, a distinção entre transição e adição energética é fundamental para evitar leituras excessivamente optimistas da trajectória seguida. Um sistema energético em verdadeira transição deveria apresentar sinais claros de declínio absoluto das fontes substituídas, o que não se observa de forma consistente à escala global. Sem esta substituição efectiva, a transição energética corre o risco de permanecer, em grande medida, uma **adição energética dispendiosa, com impactos ambientais globais limitados e custos económicos muito elevados.**

Importa sublinhar que os valores de investimento analisados ao longo deste trabalho correspondem essencialmente ao CAPEX ⁵ dos activos de geração renovável, não incluindo, ou apenas incluindo de forma muito parcial, os investimentos adicionais em redes de transporte e distribuição, nem os custos recorrentes associados aos serviços de sistema. Estes custos, de natureza estrutural e largamente irreversível, tendem a ser incorporados na base de activos regulados e a reflectir-se nos preços finais da electricidade durante décadas. A sua exclusão implica que a relação custo-benefício aqui estimada é conservadora, subestimando o custo total efectivo da estratégia seguida.

2. Investimento global, consumo de combustíveis fósseis e redução efectiva de CO₂ (2010–2024)

Segundo dados consolidados da **Agência Internacional da Energia** e da **IRENA** ⁶, entre 2010 e 2023 o investimento global associado à transição energética ultrapassou os **4,0 biliões de US dólares** (4,0 mil mil milhões de US dólares), valor ao qual acrescem cerca de **2,4 biliões de US dólares em 2024** (2,4 mil mil milhões de US dólares). Em termos agregados, o esforço financeiro global no período **2010–2024 aproxima-se dos 6,5 biliões de dólares** (6,5 mil mil

⁵ **CAPEX** (Capital Expenditure): investimento de capital inicial necessário para a aquisição, construção e entrada em serviço de activos físicos de longa duração — como centrais de produção, redes eléctricas, sistemas de armazenamento ou infra-estruturas energéticas — incluindo equipamentos, engenharia, obras e instalação. Distingue-se de **OPEX** (Operational Expenditure), que corresponde aos custos recorrentes de operação e manutenção ao longo da vida útil.

⁶ **IRENA** — Agência Internacional para as Energias Renováveis, organização intergovernamental criada em 2009, dedicada à promoção e análise da adopção global de energias renováveis, incluindo relatórios sobre investimento, custos e cenários de transição energética.

milhões de US dólares) [1][2].⁷

Este investimento teve como objectivo central reduzir o consumo de combustíveis fósseis e as emissões globais de CO₂. Contudo, os resultados observáveis revelam um desfasamento significativo entre meios e fins.

Dados do **Banco Mundial** e do **Energy Institute** mostram que, entre 2010 e 2024, o **consumo global de energia primária de origem fóssil aumentou em termos absolutos**, tendo atingido máximos históricos em vários anos do período [3][4]. A redução da quota relativa dos fósseis no mix energético global foi inferior a **3%**, sendo amplamente anulada pelo crescimento da procura mundial.

Em paralelo, as **emissões globais de CO₂ associadas à energia** mantiveram uma trajectória praticamente estável ou crescente. Após reduções conjunturais em 2009 e 2020, as emissões retomaram o crescimento, atingindo novos máximos em 2023 e 2024, segundo a **Agência Internacional da Energia** [1]. A redução líquida estrutural no período 2010–2024 é, à escala global, estatisticamente modesta. [1][9]

Importa sublinhar que a redução da quota relativa de fósseis não corresponde a uma redução absoluta do seu consumo, sendo antes um efeito estatístico induzido pelo crescimento de outras fontes num contexto de aumento absoluto da procura de energia.

2.1 Evolução temporal das emissões globais de CO₂ e do investimento em transição energética (2010–2024)

Uma leitura agregada dos valores acumulados esconde um aspecto essencial da transição energética: **a dissociação temporal entre o crescimento do investimento e a evolução efectiva das emissões globais de CO₂**. Para avaliar a relação custo-benefício de forma rigorosa, é necessário observar a evolução conjunta destas duas variáveis ao longo do tempo.

⁷ **Nota prévia sobre unidades monetárias:** Neste artigo, a expressão “bilhões de dólares” corresponde ao termo inglês trillion, isto é, 10¹² dólares norte-americanos (mil mil milhões), conforme a prática corrente nos relatórios internacionais de energia e finanças. Sempre que referido, trata-se, portanto, de US\$ trillion (escala curta).

Segundo dados da **Agência Internacional da Energia**, do **Banco Mundial** e do **Energy Institute**, as emissões globais de CO₂ associadas à energia situavam-se, em 2010, em torno de **33 GtCO₂/ano**. Em 2024, esse valor aproxima-se de **38 GtCO₂/ano**, com flutuações intermédias pontuais associadas a crises económicas (2009) e à pandemia (2020), mas sem uma tendência estrutural de redução sustentada. [1][9]

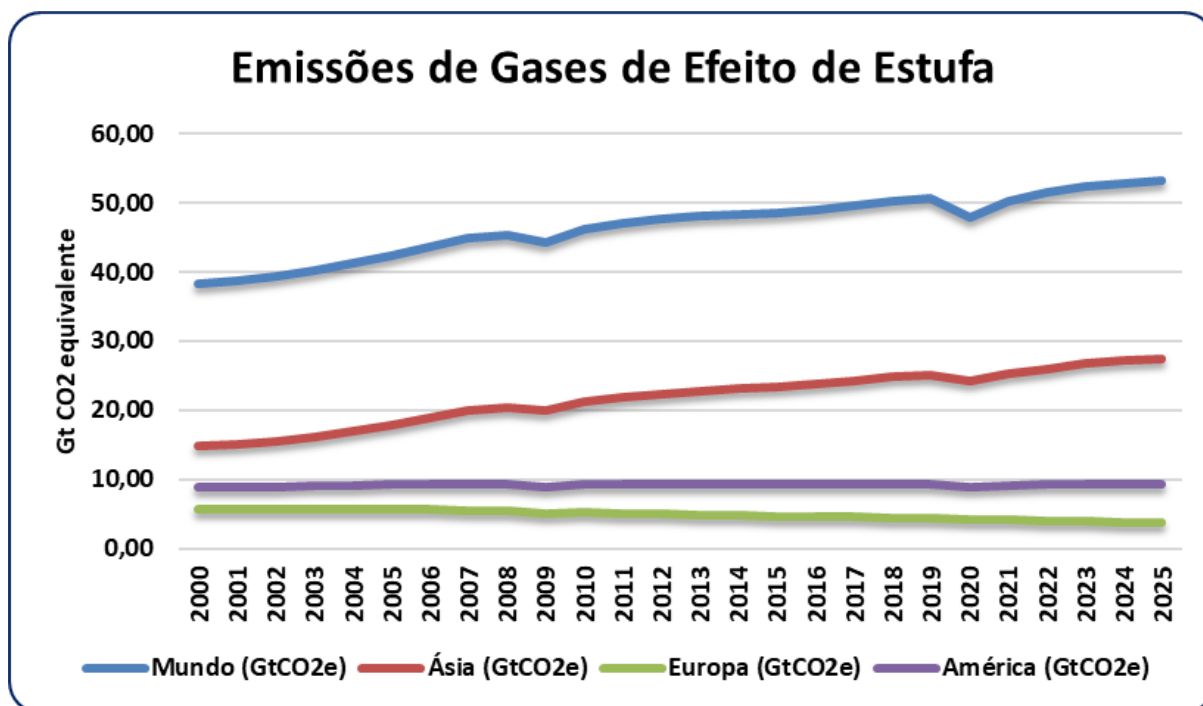


Figura 1 – Evolução das emissões de Gases de Efeito de Estufa por região -
Fonte: EDGAR (European Commission – JRC); Global Carbon Project; IEA;
 EEA / Eurostat (UE27 e Portugal)

A Figura 1 evidencia, de forma inequívoca, que **as emissões globais de gases com efeito de estufa continuam numa trajectória estruturalmente crescente**, apesar do esforço financeiro sem precedentes associado à transição energética nas últimas duas décadas. O aumento é **dominantemente impulsionado pela Ásia**, em particular pela China, Índia e Sudeste Asiático, reflectindo a forte expansão industrial, urbana e demográfica destas regiões. Em contraste, **a Europa apresenta uma trajectória descendente moderada**, insuficiente para contrariar a tendência global. As emissões do continente americano mantêm-se globalmente estáveis, enquanto o contributo europeu se reduz progressivamente em termos relativos. Esta evolução demonstra que **a política climática europeia, embora onerosa, tem impacto estatisticamente marginal na trajectória global**, confirmando a dissociação estrutural entre ambição regional e eficácia climática planetária.

Em contraste, o investimento anual em transição energética apresentou uma trajetória fortemente crescente ao longo do mesmo período. Partindo de valores da ordem de **300 a 400 mil milhões USD/ano** em 2010–2011, o investimento ultrapassou **1 bilhão USD/ano** a partir de 2021, atingindo cerca de **2,4 bilhões USD em 2024**. ⁸ [1][2]

Esta evolução simultânea revela um paradoxo central: **à medida que o investimento aumenta de forma quase exponencial, as emissões globais mantêm-se estáveis ou crescem ligeiramente**. Tal comportamento confirma que, à escala global, o excessivo e elevado investimento realizado não se traduziu numa substituição estrutural de combustíveis fósseis, mas sobretudo na acomodação do crescimento da procura energética mundial.

Tabela 1 – Evolução comparada do investimento global em transição energética e das emissões globais de CO₂ (2010–2024) ⁹

(ordens de grandeza; valores aproximados)

Ano	Investimento global em transição energética (USD/ano)	Emissões globais de CO₂ (GtCO₂/ano)	Variação das emissões face a 2010
2010	~0,35 bilhões	~33	Base
2012	~0,45 bilhões	~34	+3 %
2014	~0,55 bilhões	~35	+6 %
2016	~0,65 bilhões	~35,5	+8 %
2018	~0,85 bilhões	~36,5	+11 %
2019	~0,90 bilhões	~36,7	+11–12 %
2020	~1,00 bilhões	~34,5	+4 % <i>(efeito COVID)</i>
2021	~1,30 bilhões	~36,3	+10 %
2022	~1,80 bilhões	~36,8	+11–12 %
2023	~2,00 bilhões	~37,4	+12 %
2024	~2,40 bilhões	~37,8	+13 %

Fontes: IEA, World Bank, Energy Institute (valores consolidados e harmonizados).

⁸ Neste artigo, a expressão “**bilhões de dólares**” corresponde ao termo inglês **trillion**, isto é, **10¹² dólares norte-americanos** (mil mil milhões), conforme a prática corrente nos relatórios internacionais de energia e finanças. Sempre que referido, trata-se, portanto, de US\$ trillion (escala curta).

⁹ As comparações usam, por consistência, emissões *energy-related* CO₂ (IEA); outras séries (p. ex. fósil+cimento, GCP) apresentam valores próximos, mas não idênticos, por diferenças de perímetro.

Leitura crítica da série temporal

A tabela evidencia três conclusões fundamentais:

1. **Desacoplamento inexistente à escala global**

Apesar do aumento muito significativo do investimento ($\approx$ sete vezes, entre 2010 e 2024), as emissões globais de CO₂ **não diminuíram**. Pelo contrário, aumentaram cerca de **10–13 %** no período.

2. **Reduções conjunturais não estruturais**

As únicas reduções observadas (2020) estão associadas a choques exógenos na actividade económica, e não a mudanças estruturais no sistema energético. Assim que a actividade recupera, as emissões retomam a trajectória ascendente.

3. **Predomínio do efeito “adição” sobre o efeito “substituição”**

O investimento em renováveis foi largamente absorvido pelo crescimento da procura energética global, em especial fora da Europa. As fontes fósseis continuaram a crescer em termos absolutos, mantendo-se como pilar do sistema energético mundial.

Integração com a análise custo-benefício

Quando esta evolução temporal é cruzada com o investimento acumulado de $\approx$ **6,5 biliões USD (2010–2024)**, torna-se claro que:

- o investimento não induziu uma trajectória descendente das emissões globais. Quase inútil;
- o **custo implícito por tonelada de CO₂ evitada**, já elevado na análise agregada (200–400 USD/tCO₂), torna-se ainda mais difícil de justificar quando observado ao longo do tempo. Injustificável;
- a estratégia seguida revelou-se eficaz na mobilização de capital, mas **ineficaz na alteração estrutural da trajectória climática global**.¹⁰

¹⁰ O que significa que houve muitos actores do sistema a enriquecer à custa dos cidadãos e sem qualquer retorno para a sociedade

Esta constatação reforça a conclusão central do artigo: **o problema não é a falta de investimento, mas a fraca eficácia sistémica do investimento realizado**, num contexto de crescimento da procura, intermitência, custos de sistema elevados e ausência de mecanismos globais de substituição efectiva de combustíveis fósseis. É neste enquadramento que se justifica uma quantificação explícita da relação custo-benefício da estratégia seguida, traduzindo o esforço financeiro realizado em ordens de grandeza económicas por tonelada de CO₂ evitada.

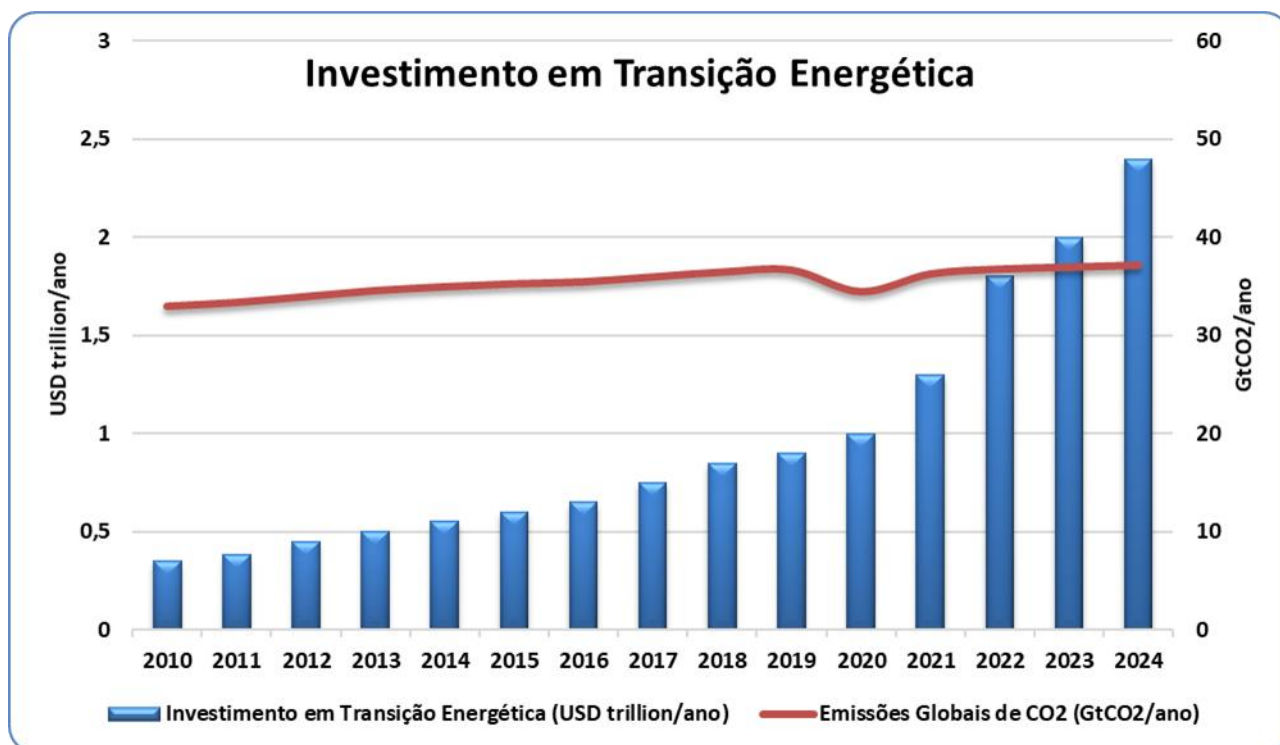


Figura 2 – Muito investimento, poucas reduções: dissociação entre esforço financeiro e emissões globais de CO₂ (2010–2024) – Fonte - IEA; World Bank; Energy Institute.¹¹

Em 2024, as emissões *energy-related* atingem novo máximo histórico (37,8 GtCO₂), apesar de o investimento, no ano, em transição energética se situar em torno da ordem dos 2,4 biliões USD.

¹¹ Nota: o investimento apresentado inclui produção renovável, redes, armazenamento e electrificação de consumos. As emissões referem-se a CO₂ associado à energia.

2.2 — Aplicação a Portugal: investimento, consumo de combustíveis fósseis e redução efectiva de CO₂ (2010–2024)

A Figura 3 mostra uma **redução clara e sustentada das emissões territoriais em Portugal (não visível na imagem devido à escala e que pode ser observada na figura 4) e na UE-27**, particularmente a partir de 2005, reflectindo o encerramento progressivo de centrais térmicas a carvão, o crescimento das energias renováveis no sector eléctrico e alguma melhoria na eficiência energética. Todavia, esta trajectória positiva **deve ser interpretada num enquadramento sistémico**, uma vez que parte da redução decorre da **externalização das emissões através da deslocalização industrial e do aumento das importações de electricidade**. Apesar da queda significativa, o contributo conjunto da UE-27 permanece **inferior a 7% das emissões globais**, e o de Portugal, próximo de 0,1%, o que implica que mesmo reduções internas muito expressivas não produzem efeitos climáticos globais mensuráveis, o que suscita sérias reservas quanto à proporcionalidade económica e estratégica das políticas seguidas.

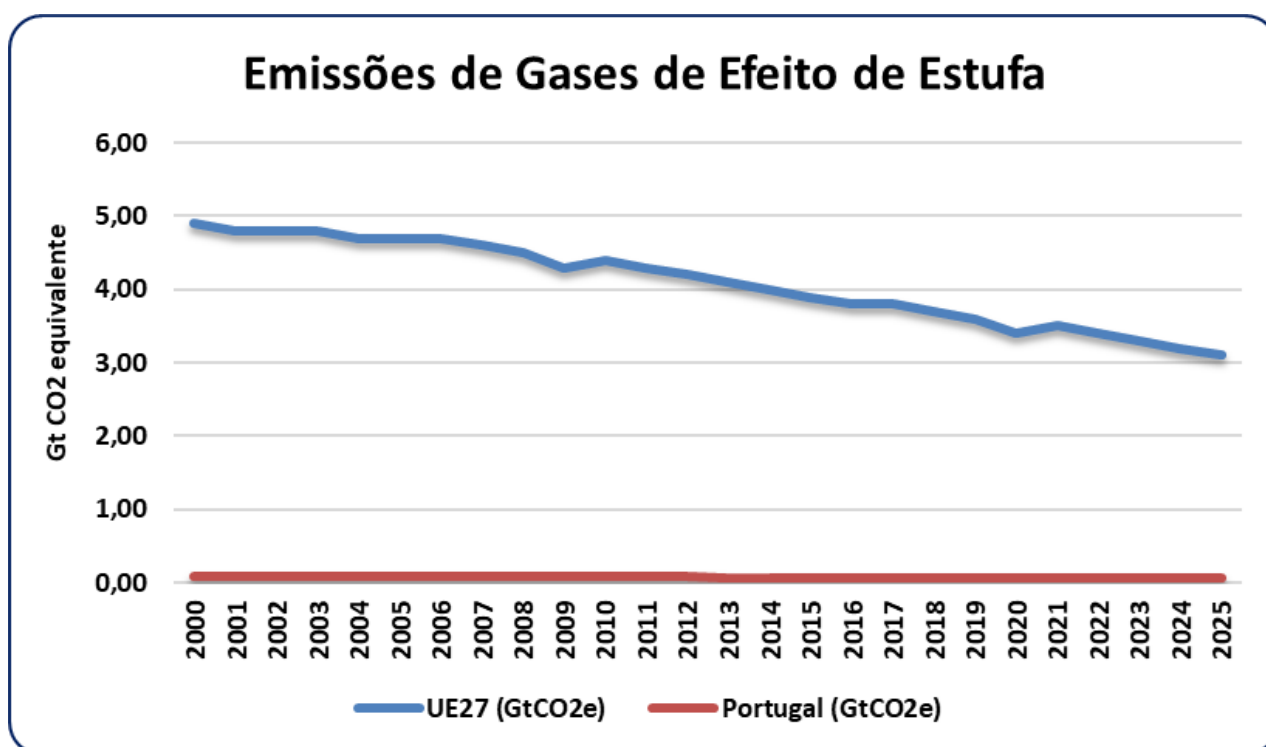


Figura 3 – Evolução das emissões de Gases de Efeito de Estufa em Portugal e na EU 27 - **Fonte:** EDGAR (European Commission – JRC); Global Carbon Project; IEA; EEA / Eurostat (UE27 e Portugal)

2.2.1. O que mostram, em Portugal, os dados do período 2010–2024

A discussão global sobre “transição” versus “adição” energética ganha, em Portugal, uma leitura particularmente elucidativa. No período 2010–2024 observa-se, de forma simultânea, uma redução material do consumo primário fóssil, um aumento significativo da produção renovável, um esforço de investimento relevante em capacidade eólica e fotovoltaica e uma diminuição das emissões territoriais de CO₂. Todavia, a relação entre investimento, consumo energético e emissões revela-se **não linear**, exigindo uma análise integrada.

Essa não linearidade decorre, em particular, de quatro factores estruturais:

1. A persistência do **petróleo** como principal vector do consumo energético final, sobretudo no sector dos transportes;
2. A eliminação quase total da produção eléctrica a **carvão**, parcialmente substituída por renováveis e, em muitos períodos, por **importações líquidas de electricidade**;
3. A variabilidade inter-anual associada à hidraulicidade, à disponibilidade eólica e às interligações internacionais;
4. A diferença conceptual entre **consumo de energia primária** e **consumo de energia final**, frequentemente ignorada nas leituras simplificadas da transição energética.¹²

2.2.2. Consumo de energia primária, consumo de energia final e emissões territoriais de CO₂ (2010–2024)

Consumo de energia primária

De acordo com as séries consolidadas da PORDATA/DGEG, o consumo de energia primária em Portugal registou uma redução expressiva ao longo da última década e meia. Em particular:

¹² **Consumo primário de energia** corresponde à energia contida nos recursos energéticos na sua forma original, antes de qualquer transformação (petróleo, gás, carvão, urânio, vento, sol, hídrica, biomassa). **Consumo final de energia** é a energia entregue ao utilizador após conversão, refinação e distribuição (electricidade, combustíveis, calor). **Energia útil** é a parcela do consumo final que é efectivamente convertida em serviço energético — movimento, calor, luz ou trabalho mecânico — após as perdas nos equipamentos de utilização. A diferença entre estes níveis reflecte perdas de transformação, rede e eficiência de uso final.

- O consumo primário de **combustíveis fósseis** (carvão, petróleo e gás natural) diminuiu de **17 405 ktep em 2010** para **12 374 ktep em 2023**, correspondendo a uma redução de cerca de **29%**;
- Em sentido inverso, o consumo primário de **energias renováveis** aumentou de **5 321 ktep** para **7 199 ktep** no mesmo período, um acréscimo da ordem de **35%**.

Esta evolução reflecte, sobretudo, a eliminação progressiva da geração eléctrica a carvão, o reforço da produção renovável e a menor utilização estrutural do gás natural no sistema electroprodutor nacional.

Consumo total de energia final

Quando se analisa o **consumo total de energia final**, utilizando os valores oficiais do balanço energético da DGEG, observa-se uma trajectória substancialmente distinta da verificada no consumo primário.

Tabela 2 — Consumo total de energia final em Portugal

Ano	Consumo Total de energia Final (ktep)	Variação face a 2010
2010	≈ 17 200	—
2020	≈ 15 500	-9,9%
2023	≈ 16 900	-1,8%
2024	≈ 16 700	-2,9%

Os dados evidenciam que:

- A redução abrupta em **2020** está claramente associada ao choque económico provocado pela pandemia;
- A partir de **2021**, o consumo final recupera e estabiliza em valores próximos — e em alguns anos superiores — aos registados antes da pandemia;
- Em **2023 e 2024**, o consumo final total situa-se **acima de 16,7 milhões de tep**, valor apenas marginalmente inferior ao observado no final da década anterior.

Interpretação da divergência: consumo primário vs consumo final

A diferença entre a forte redução do consumo de energia primária e a relativa estabilidade do consumo de energia final é um dos elementos centrais para compreender a trajectória energética portuguesa.

Esta divergência resulta essencialmente de três factores:

1. Substituição de geração térmica por renováveis no sector eléctrico

A substituição de carvão e, parcialmente, de gás natural por produção renovável reduz significativamente o consumo de energia primária, uma vez que a electricidade renovável não incorpora as perdas térmicas associadas aos processos de conversão das centrais térmicas. Assim, quantidades semelhantes de electricidade final correspondem a menores volumes de energia primária.

2. Encerramento das centrais a carvão e aumento das importações de electricidade

Após o encerramento das centrais de **Sines (2021)** e do **Pego (2022)**, uma fracção relevante da electricidade anteriormente produzida em território nacional passou a ser suprida por **importações líquidas**, sobretudo a partir de Espanha. Este fenómeno contribui para a redução do consumo primário nacional e das emissões territoriais de CO₂, sem implicar necessariamente uma redução equivalente do consumo final de electricidade.

3. Persistência do consumo fóssil nos usos finais

Os sectores dos transportes, da indústria e parte do sector residencial mantêm uma dependência elevada de combustíveis fósseis, em particular produtos petrolíferos, o que limita a redução do consumo final total e explica a rigidez estrutural deste indicador ao longo do período analisado.

Emissões territoriais de CO₂

A evolução das emissões territoriais de CO₂ acompanha, em termos gerais, a redução do consumo primário fóssil. As emissões associadas a combustíveis

fósseis e à produção de cimento diminuíram de cerca de **52,9 MtCO₂ em 2010** para **37,2 MtCO₂ em 2023**, com um valor de **34,6 MtCO₂ em 2024**.

Contudo, esta redução deve ser interpretada com cautela, uma vez que parte decorre de alterações no mix de produção eléctrica e da deslocação da produção para fora do território nacional através das importações de electricidade, não correspondendo necessariamente a uma diminuição proporcional do CO₂ associado ao consumo energético final.

Em síntese, a redução do consumo de energia primária em Portugal no período 2010–2024 é significativa, mas **não se traduz numa redução equivalente do consumo de energia final**, que se mantém estruturalmente elevado e relativamente estável após a recuperação pós-pandemia. Esta divergência resulta sobretudo da entrada das energias renováveis em substituição do carvão e do gás na produção eléctrica e do aumento expressivo das importações de electricidade após o encerramento das centrais térmicas nacionais. Uma parte relevante dos ganhos observados corresponde, assim, a **ganhos contabilísticos ao nível do primário**, e não a uma redução estrutural da procura energética.

A comparação entre consumo primário e consumo final demonstra que uma parte relevante dos ganhos observados na última década corresponde a ganhos contabilísticos associados ao mix de produção e às trocas internacionais de electricidade, e não a uma redução estrutural da procura energética final.

2.2.3. Investimento “visível” na capacidade renovável: quantificação por tecnologia (Portugal, 2010–2024)

Para ligar investimento a resultados, adopta-se uma abordagem inferencial baseada em dados públicos, utilizando as adições anuais de capacidade eólica e fotovoltaica (DGEG) e custos unitários médios internacionais (IRENA), entendidos como **ordens de grandeza**.

Com esta metodologia, estima-se que o **CAPEX directo em activos de geração renovável (FV + eólica)** em Portugal no período 2010–2024 seja da ordem de **11,6 mil milhões USD**. Este valor corresponde à “primeira camada” do custo, isto é, ao investimento directamente associado à instalação de capacidade de geração.

Contudo, este montante **não reflecte o custo total do sistema**, uma vez que a

integração crescente de fontes intermitentes implica investimentos adicionais em redes de transporte e distribuição e custos recorrentes de serviços de sistema. Para aproximar estes custos de integração, utiliza-se um **CAPEX ajustado de sistema**, definido como:

$$\text{CAPEX ajustado} = \text{CAPEX directo} \times 1,40$$

Este factor de ajustamento constitui uma proxy prudente e conservadora para os custos adicionais induzidos ao nível do sistema eléctrico.

2.2.4. Evolução comparada: investimento em Portugal e emissões de CO₂ (2010–2024)

A Tabela 3 apresenta a evolução anual do investimento em Portugal, já na forma de **CAPEX ajustado de sistema**, e das emissões territoriais de CO₂, bem como a variação percentual destas emissões face a 2010.

Tabela 3 – Evolução comparada do investimento em transição energética e das emissões de CO₂ - Portugal ¹³

(2010–2024)

Ano	Investimento em transição energética – Portugal (mil M USD/ano)	Emissões de CO ₂ – Portugal (MtCO ₂ /ano)	Variação das emissões face a 2010
2010	0,8	52,9	0%
2011	1,08	51	-3,6%
2012	1,4	49	-7,4%
2013	1,25	47,5	-10,2%
2014	0,69	48	-9,3%
2015	0,46	52,2	-1,3%
2016	0,56	50	-5,5%
2017	0,73	52	-1,7%
2018	1,02	51	-3,6%
2019	1,39	49,5	-6,4%
2020	1,76	41,7	-21,2%
2021	1,72	44	-16,8%
2022	1,58	39	-26,3%
2023	0,99	37,2	-29,7%
2024 (est.)	0,81	34,6	-34,6%

¹³ Tendo em consideração a falta de informação fidedigna, estes valores foram estimados.

O investimento anual em transição energética em Portugal corresponde a uma estimativa do CAPEX associado à instalação de capacidade eólica e fotovoltaica, acrescido de um factor de ajustamento de **+40%**, representativo de investimentos adicionais em redes de transporte e distribuição e serviços de sistema. As emissões correspondem a valores territoriais de CO₂ (fósseis + cimento). A variação percentual é calculada face ao ano base de 2010.

A tabela evidencia que, apesar de um esforço financeiro crescente em Portugal — aqui apresentado já com a inclusão prudente de investimentos em redes e serviços de sistema — a trajectória de redução das emissões de CO₂ não é monotónica nem proporcional ao investimento realizado. A quebra mais acentuada ocorre em anos específicos associados a choques económicos (2020) e a alterações estruturais no sector eléctrico, nomeadamente o encerramento das centrais a carvão e o aumento das importações líquidas de electricidade. Tal confirma que a relação entre investimento em renováveis e redução efectiva de emissões é mediada por múltiplos factores e não pode ser inferida de forma directa.

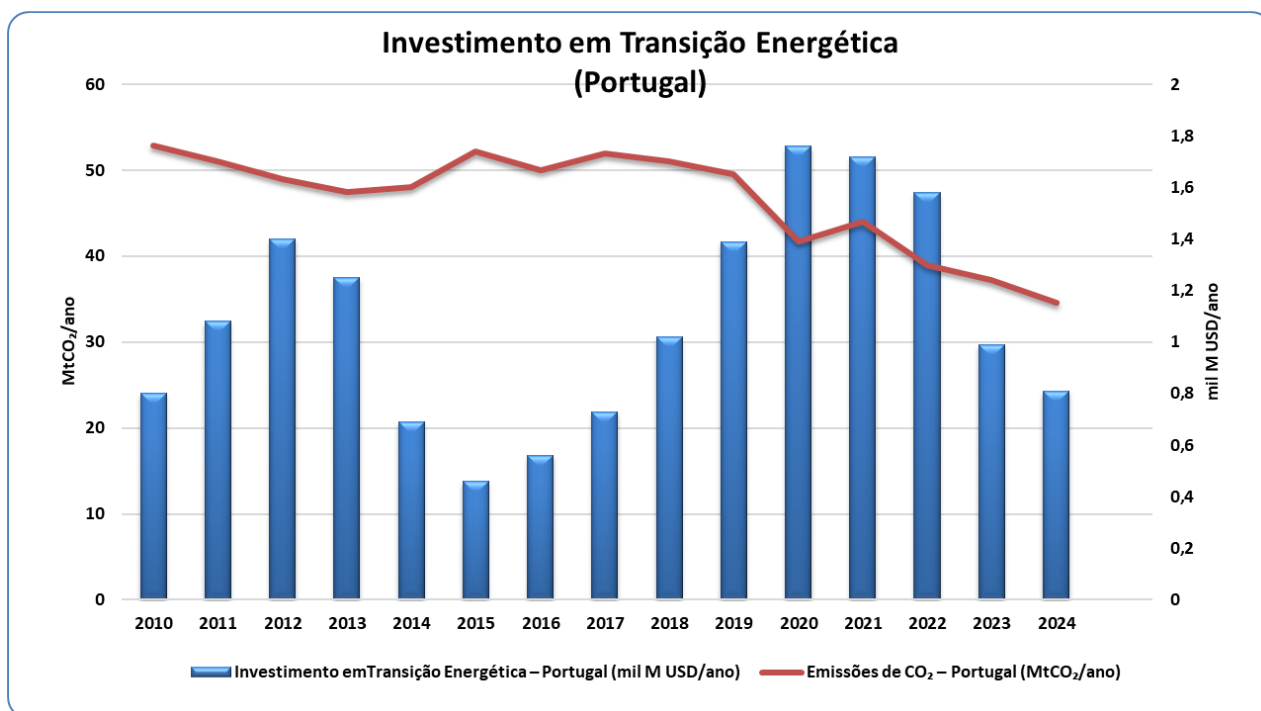


Figura 4 – Excesso de investimento para um impacto nulo no contexto global

2.2.5. Interpretação editorial: o “ganho” existe, mas não confirma narrativas simplistas

1. **Portugal reduziu emissões fósseis ~30% entre 2010 e 2023** (ordem de grandeza), o que é um resultado material.
2. A redução está fortemente ligada a (i) **queda do carvão**, (ii) evolução macroeconómica (crise 2011–2014; pandemia 2020) e (iii) maior penetração renovável no eléctrico — mas (iv) **transportes e petróleo** continuam a condicionar o resultado global.
3. Em 2024, sinais operacionais sugerem novo recuo (consumo fóssil e emissões no sector eléctrico), mas a leitura séria exige separar:
 - **CO₂ do sector eléctrico** (que pode cair muito num ano húmido/ventoso);
 - **CO₂ total** (onde transportes e indústria dominam).

O CAPEX apresentado corresponde a uma estimativa de ordem de grandeza do investimento em capacidade eólica e fotovoltaica em Portugal, calculada a partir das adições anuais de potência (DGEG) e de custos unitários médios globais (IRENA), interpolados no período 2010–2024. Os valores incluem o CAPEX dos activos de geração, abrangendo alguns investimentos em redes, serviços de sistema e custos de integração,

2.2.6. Nota técnica sobre contabilização territorial e importações de electricidade

As emissões de CO₂ consideradas neste capítulo são contabilizadas numa base **territorial**, imputando o CO₂ ao local de produção da energia. Consequentemente, a electricidade importada não é contabilizada nas emissões nacionais, sendo o CO₂ associado atribuído ao país exportador.

Após o encerramento das centrais a carvão de Sines e do Pego, esta característica metodológica tornou-se particularmente relevante, uma vez que uma parcela crescente do consumo eléctrico passou a ser suprida por importações. Assim, parte da redução observada nas emissões territoriais

nacionais pode resultar da deslocação do local de produção, devendo a interpretação ser feita numa óptica sistémica e transfronteiriça.

O caso português demonstra que reduções significativas no consumo primário fóssil e nas emissões territoriais podem coexistir com níveis elevados e relativamente estáveis de consumo de energia final. Esta realidade confirma que a avaliação da transição energética exige uma leitura integrada dos indicadores de consumo, investimento, comércio internacional de energia e contabilização das emissões, sob pena de se sobrestimar a eficácia climática efectiva das estratégias adoptadas.

3. Quantificação da relação custo-benefício e custo implícito do CO₂ evitado

A análise custo-benefício permite uma leitura mais rigorosa da eficácia da estratégia seguida. Considerando:

- investimento acumulado (2010–2024): **≈ 6,5 biliões USD**;
- redução líquida estimada de emissões face a trajectórias contra-factuais ¹⁴: **≈ 1 a 2 GtCO₂/ano**, em hipóteses favoráveis [1][3]; obtém-se um **custo implícito médio elevado por tonelada de CO₂ evitada**, conforme sintetizado na tabela seguinte.

O acréscimo de custos de sistema apresentado corresponde a uma **ordem de grandeza prudente**, baseada em estimativas agregadas da IEA, OCDE e Comissão Europeia relativas a reforços de redes, serviços de sistema, reservas e integração de renováveis intermitentes. Parte destes custos encontra-se já incluída no investimento total em transição energética, pelo que o valor indicado não deve ser interpretado como adicional integral, mas sim como **indicador da grandeza económica da complexidade sistémica introduzida**.

¹⁴ **Contra-factual**: cenário hipotético utilizado para estimar o que teria ocorrido na ausência de uma determinada política ou investimento, permitindo avaliar o impacto relativo de medidas de transição energética.

**Tabela 4 – Síntese custo-benefício da transição energética global
(2010–2024)**

Indicador	Ordem de grandeza	Observações metodológicas
Investimento global acumulado em transição energética	~6,5 bilhões USD	Inclui renováveis, redes, armazenamento, electrificação e mecanismos de apoio [1][2]
Redução estrutural da quota de combustíveis fósseis	< 3 %	Redução relativa, amplamente compensada pelo crescimento da procura global [3][4]
Redução líquida estimada de emissões de CO ₂	~1–2 GtCO ₂ /ano	Estimativa contra-factual optimista; parte associada a factores exógenos (crises, pandemia) [1][3]
Custo implícito por tonelada de CO₂ evitada	~200–400 USD/tCO₂	Relação investimento total / redução líquida estimada; intervalo prudente
Preço médio do carbono (ETS UE, 2020–2024)	~60–90 EUR/tCO ₂	Referência de mercado regulado europeu
Estimativas típicas do custo social do carbono	~50–150 USD/tCO ₂	Ordens de grandeza usadas em análises custo-benefício públicas
Acréscimo estimado de custos de sistema (redes + serviços)	~1–3 bilhões USD (2010–2024)	Reforço de redes, balanceamento, reservas, estabilidade, curtailment; valor conservador e parcialmente sobreposto ao investimento total [1][5][7]

Mesmo admitindo pressupostos optimistas, o custo implícito por tonelada de CO₂ evitada revela-se **substancialmente superior** aos preços observados nos mercados de carbono e às estimativas económicas do custo social do carbono. Importa ainda sublinhar que parte da redução observada resulta de factores exógenos (crises económicas, pandemia), e não de substituição estrutural induzida pelo investimento.

Esta avaliação permite sustentar, com maior robustez, três mensagens-chave:

1. **O custo do sistema vai muito além da geração** – redes e serviços tornam-se dominantes em sistemas com elevada intermitência;
2. **A relação custo-benefício ambiental deteriora-se ainda mais** quando estes custos são considerados;
3. **Os preços finais elevados na Europa** deixam de ser um “acidente de mercado” e passam a ser uma consequência estrutural do modelo.

Mesmo reconhecendo que o investimento analisado não teve como único objectivo a mitigação ambiental, a comparação com preços de carbono e custos sociais do carbono é pertinente enquanto indicador de eficiência económica marginal da estratégia seguida.

A análise da relação custo-benefício ganha particular relevância quando comparada com usos alternativos do capital público e privado. Investimentos equivalentes aplicados em medidas de eficiência energética, modernização e digitalização das redes eléctricas, redução de perdas técnicas, electrificação eficiente de processos industriais ou adaptação climática apresentam, em muitos casos, custos marginais de mitigação significativamente inferiores, bem como benefícios económicos mais directos e previsíveis.

A ausência desta comparação explícita no desenho e priorização das políticas públicas de transição energética contribuiu para uma alocação de recursos potencialmente sub-ótima à escala global, privilegiando a rápida expansão de capacidade instalada em detrimento de opções com maior eficácia ambiental e melhor retorno económico sistémico.

4. Preços da electricidade e custos sistémicos

A falsa promessa de que a expansão acelerada das energias renováveis intermitentes conduziria a electricidade mais barata assentou (de forma indevida), em larga medida, numa leitura parcial do chamado *merit order effect*: quando a produção eólica e solar está disponível, o seu custo marginal de curto prazo é baixo, podendo reduzir o preço grossista em determinadas horas. Contudo, este efeito é **condicional e não traduz o custo total do sistema**, nem o facto da remuneração ter sido baseada na tarifa (excessiva) garantida – FiT.

Na prática, a incorporação maciça de geração intermitente introduz um conjunto de **custos sistémicos** que tendem a crescer com a sua penetração, e que não são capturados pelo custo marginal instantâneo nem pelo LCOE isolado de cada tecnologia [1]. Esses custos manifestam-se em várias dimensões.

Em primeiro lugar, existe a necessidade de **capacidade de backup e reserva**, para assegurar segurança de abastecimento quando a produção renovável é baixa ou coincide com períodos de ponta. Esta necessidade não desaparece com a construção de parques eólicos e fotovoltaicos; pelo contrário, torna-se

estrutural e exige centrais despacháveis, armazenamento ou importações, todos com custos relevantes de investimento e disponibilidade.

Em segundo lugar, cresce o encargo associado ao **balanceamento** e aos **serviços de sistema** (reservas, regulação de frequência, controlo de tensão), porque a variabilidade e incerteza da produção obriga a mais activação de recursos flexíveis e a maior intervenção operacional do TSO/DSO ¹⁵. Estes custos são frequentemente socializados através das tarifas de rede, tornando-se pouco visíveis no debate público, mas materializando-se na factura final.

Em terceiro lugar, a integração de renováveis intermitentes exige **reforços de rede** (transporte e distribuição), quer pela dispersão geográfica da produção, quer pelos fluxos bidireccionais, quer pela necessidade de evacuação em períodos de elevada produção. Estes investimentos são de natureza capital-intensiva e reflectem-se em custos fixos recorrentes, mesmo quando a energia renovável não está a produzir.

Ao contrário de custos variáveis de curto prazo, os custos de rede e de serviços de sistema apresentam um carácter largamente irreversível. Uma vez incorporados na base de activos regulados, estes investimentos tendem a permanecer reflectidos nas tarifas durante décadas, condicionando estruturalmente os preços finais da electricidade, independentemente da evolução futura dos custos marginais de produção.

Em quarto lugar, em sistemas com elevada penetração solar e eólica, surge o fenómeno de **canibalização de preços**: quanto maior a capacidade instalada, maior a probabilidade de coincidência temporal da produção (por exemplo, picos solares ao meio-dia), conduzindo a preços grossistas baixos ou mesmo negativos nessas horas, seguidos de preços elevados quando a produção cai. O efeito líquido é uma maior volatilidade e a necessidade de mecanismos de remuneração adicionais (capacidade, flexibilidade, contratos de longo prazo), para manter viáveis os activos indispensáveis à segurança do sistema.

Finalmente, a presença de períodos frequentes de excesso de produção aumenta o **curtailment** (cortes), degradando a eficiência económica do sistema: investe-

¹⁵ **TSO/DSO**: operadores das redes de transporte e de distribuição de electricidade, responsáveis pela segurança, fiabilidade e qualidade de serviço do sistema eléctrico. A elevada penetração de produção intermitente aumenta significativamente as suas exigências operacionais e os custos associados.

se em capacidade que, em múltiplas horas do ano, não pode ser plenamente utilizada por limitações de rede ou falta de procura/armazenamento. Em termos económicos, isto significa custo de capital aplicado a produção “não aproveitada”, que alguém acaba por pagar.

A experiência europeia sugere, assim, que o investimento em renováveis intermitentes pode reduzir preços grossistas em certas horas, mas simultaneamente **aumenta custos fixos e sistémicos**, conduzindo a preços finais elevados. Dados da Eurostat confirmam que a União Europeia apresenta preços finais de electricidade entre os mais altos do mundo [5], o que é consistente com a hipótese de que o problema não é apenas o custo marginal da energia, mas sobretudo o **custo total da arquitectura do sistema** (redes, reservas, estabilização, reforços e mecanismos de suporte) [1][5][7].

4.1 Limites físicos e operacionais da integração de energias intermitentes

Para além das dimensões económicas e regulatórias, a integração maciça de energias renováveis intermitentes enfrenta limites de natureza física e operacional que não podem ser ultrapassados apenas por via de sinalização de preços ou incentivos financeiros. A electricidade distingue-se de outros vectores energéticos pela necessidade de equilíbrio instantâneo entre produção e consumo, impondo constrangimentos específicos em termos de potência, frequência, tensão e estabilidade do sistema.

A produção eólica e solar caracteriza-se por elevada variabilidade temporal e baixa previsibilidade a curto prazo, exigindo a presença permanente de fontes despacháveis ou de mecanismos de flexibilidade capazes de compensar flutuações rápidas e prolongadas. O armazenamento electroquímico, frequentemente apresentado como solução universal, permanece limitado em termos de escala, duração e custo, sendo actualmente adequado sobretudo para gestão de variações de curta duração, mas insuficiente para assegurar continuidade de abastecimento em períodos prolongados de baixa produção renovável.

Estes constrangimentos não decorrem de insuficiências tecnológicas transitórias, mas de características físicas inerentes às fontes intermitentes. À medida que a sua penetração aumenta, o sistema eléctrico torna-se progressivamente mais dependente de infra-estruturas redundantes, reservas

adicionais e maior complexidade operacional, reforçando os custos sistémicos já identificados. Ignorar estes limites físicos conduz a expectativas irrealistas quanto à redução futura dos custos totais do sistema e à capacidade de substituição integral de fontes despacháveis convencionais.

4.2 Ocupação de solo rústico pela transição energética: implicações territoriais, económicas e sociais

4.2.1 Enquadramento geral

A transição energética baseada na expansão acelerada de centrais eólicas e fotovoltaicas de média e grande dimensão introduz uma pressão crescente sobre o **solo rústico**, em particular sobre áreas com aptidão agrícola, silvícola ou ecológica. Ao contrário de infra-estruturas energéticas tradicionais, concentradas em poucos locais, estas tecnologias requerem **grandes extensões territoriais**, dispersas e frequentemente implantadas fora de áreas urbanizadas ou industriais.

Esta ocupação do solo estabelece uma relação directa — e muitas vezes conflituosa — entre a transição energética e outras transições igualmente críticas, designadamente a **transição alimentar**, a protecção dos ecossistemas terrestres e o ordenamento do território. Como sublinha Demétrio Alves, a competição entre usos do solo torna-se inevitável quando políticas sectoriais são concebidas de forma pouco integrada, privilegiando objectivos energéticos e climáticos sem avaliação sistemática dos impactos territoriais e socioeconómicos associados.

Do ponto de vista funcional, a instalação de grandes centrais solares ou parques eólicos implica:

- impermeabilização parcial e compactação do solo;
- remoção de coberto vegetal e, nalguns casos, abate de árvores;
- fragmentação da paisagem e dos habitats;
- perda de funções produtivas agrícolas ou florestais;
- redução temporária ou permanente da capacidade de sequestro biológico

de carbono.

Estes impactos tendem a ser **estruturalmente irreversíveis** à escala temporal relevante para as populações locais, mesmo quando existe obrigação formal de reposição paisagística ou compensação ambiental. [12]

4.2.2 Implicações socioeconómicas e territoriais

Para além dos efeitos biofísicos, a ocupação extensiva de solo rústico por infra-estruturas energéticas gera impactos económicos e sociais significativos:

- **Pressão inflacionista sobre o preço do solo rural**, incentivando fenómenos de rentismo fundiário;
- **Deslocação ou inviabilização de actividades agrícolas e pecuárias**, sobretudo em explorações de pequena e média dimensão;
- **Redução do emprego local permanente**, dado o carácter pouco intensivo em trabalho das centrais renováveis após a fase de construção;
- **Conflitos com as populações locais**, associados à perda de paisagem, ruído, impactos visuais e sentimento de expropriação territorial.

Em termos de criação de valor, estes projectos apresentam frequentemente um **baixo valor acrescentado bruto local**, quando comparados com as actividades agrícolas, florestais ou agro-industriais que substituem, agravando a assimetria entre benefícios privados e custos territoriais.

4.2.3 Aplicação ao caso português

No caso português, estas tensões assumem particular relevância. Segundo dados compilados por Demétrio Alves, a trajectória actual da transição energética poderá implicar, até 2050, a ocupação acumulada de cerca de **300 000 hectares de solo rústico** por infra-estruturas eólicas e fotovoltaicas, sendo que **cerca de 20 000 hectares já se encontravam comprometidos até 2024**. [12]

Para referência:

- a **Superfície Agrícola Utilizada (SAU)** em Portugal situa-se actualmente

em cerca de **3,86 milhões de hectares**; [13]

- a ocupação potencial projectada para a transição energética corresponderia, assim, a **cerca de 8% da SAU actual**.

Mesmo considerando que nem toda esta área teria utilização agrícola intensiva, trata-se de uma **ordem de grandeza relevante**, sobretudo num país com:

- baixa taxa de auto-aprovisionamento em cereais ($\approx 18\%$);
- défice estrutural da balança agro-alimentar;
- necessidade crescente de reforçar a soberania alimentar.

Adicionalmente, a ocupação de áreas florestais ou agro-florestais implica perdas indirectas associadas à redução da capacidade de produção lenhosa, à diminuição do sequestro biológico de carbono e ao aumento da vulnerabilidade a fenómenos de erosão e incêndio.

4.2.4 Quantificação prudente das perdas económicas

Embora a quantificação exacta seja complexa e dependente do tipo de solo e uso anterior, é possível avançar **ordens de grandeza prudentes**:

- Valor médio bruto anual da produção agrícola por hectare em Portugal: **1 000 a 2 000 €/ha/ano** (valores médios, variáveis por cultura); [14]
- Para uma ocupação permanente de **300 000 ha**, a perda potencial de produção primária situar-se-ia entre **300 e 600 milhões de euros por ano**, sem considerar efeitos multiplicadores a jusante na indústria agro-alimentar;
- Acrescem perdas associadas ao emprego rural, à balança comercial alimentar e à resiliência territorial, difíceis de monetizar mas estruturalmente relevantes.

Estes valores contrastam com o reduzido número de postos de trabalho permanentes gerados pelas grandes centrais renováveis, frequentemente da ordem de **2 a 5 empregos por projecto**, mesmo para investimentos de centenas de milhões de euros.

4.2.5 Síntese crítica

A análise evidencia que a expansão acelerada de infra-estruturas eólicas e fotovoltaicas não é territorialmente neutra. Pelo contrário, introduz **custos reais e duradouros** sobre o solo rústico, a paisagem, a economia local e a soberania alimentar, frequentemente subavaliados nos processos de decisão.

No caso português, onde o contributo para a mitigação climática global é estatisticamente marginal, estes custos assumem um peso relativo ainda maior. Ignorar a competição entre usos do solo e tratar a transição energética como prioridade quase absoluta constitui um risco sério de **desequilíbrio estrutural**, com prejuízos económicos e territoriais que poderão superar largamente os benefícios climáticos globais obtidos.

Tabela 5 ¹⁶ — Ocupação de solo rústico por infra-estruturas renováveis: ordens de grandeza de impactos económicos e no emprego (Portugal)

[12][13][14]

Indicador	Ordem de grandeza	Observações metodológicas
Área total potencialmente ocupada (eólica + fotovoltaica)	até 300 000 ha	Projecção acumulada de longo prazo, considerando trajectórias actuais de implantação
Área já comprometida (≈ 2024)	≈ 20 000 ha	Projectos em operação ou com licenciamento avançado
Percentagem da SAU nacional	≈ 8 %	SAU ≈ 3,86 milhões ha
Produção agrícola média perdida	1 000 – 2 000 €/ha/ano	Valor bruto médio, dependente do tipo de solo e cultura
Perda económica anual potencial	300 – 600 M€/ano	Para ocupação permanente de 300 000 ha
Emprego agrícola/florestal perdido	15 000 – 30 000 postos	Estimativa prudente: 1 emprego/10–20 ha
Emprego permanente criado pelas centrais	2 – 5 postos por projecto	Após fase de construção
Valor acrescentado local permanente	Baixo	Actividade pouco intensiva em trabalho e cadeias curtas

¹⁶ As estimativas apresentadas correspondem a ordens de grandeza prudentes, baseadas em dados médios nacionais de produção agrícola e emprego rural. Não incluem efeitos multiplicadores indirectos nem perdas de serviços de ecossistema, pelo que devem ser entendidas como valores mínimos.

A Tabela 5 sintetiza, em ordens de grandeza prudentes, os principais impactos territoriais e económicos associados à ocupação de solo rústico por infra-estruturas eólicas e fotovoltaicas em Portugal. Mesmo admitindo variações significativas consoante o tipo de solo e uso anterior, a escala dos valores envolvidos evidencia que estes impactos não são marginais nem negligenciáveis.

Uma ocupação potencial acumulada da ordem dos **300 000 hectares** corresponde a cerca de **8 % da Superfície Agrícola Utilizada nacional**, num país com défice estrutural de produção alimentar e baixa taxa de auto-provisionamento. A perda económica directa associada à produção primária poderá situar-se entre **300 e 600 milhões de euros por ano**, sem considerar efeitos indirectos na indústria agro-alimentar, no emprego a jusante e na balança comercial.

Do ponto de vista do emprego, a assimetria é particularmente evidente. Enquanto as actividades agrícolas e florestais substituídas geram, em média, **um posto de trabalho por cada 10 a 20 hectares**, as grandes centrais renováveis criam apenas **2 a 5 postos de trabalho permanentes por projecto** após a fase de construção. O resultado líquido é uma **redução estrutural do emprego local**, frequentemente em regiões de baixa densidade económica e demográfica.

Estes efeitos reforçam a conclusão de que a actual trajectória da transição energética, ao privilegiar a implantação extensiva de infra-estruturas no solo rústico, introduz **custos sistémicos territoriais significativos**, largamente ausentes das análises custo-benefício convencionais e dos preços de mercado da electricidade. No caso português, onde o contributo para a mitigação climática global é estatisticamente marginal, estes custos assumem um peso relativo ainda maior, exigindo uma avaliação integrada que considere energia, território, produção alimentar e coesão regional.

5. Impactos económicos e industriais na Europa

A energia é um factor de produção transversal e, para sectores electro-intensivos, constitui frequentemente um dos principais determinantes da competitividade. Quando os preços finais da electricidade e do gás se mantêm persistentemente elevados, o impacto não se limita ao bem-estar do consumidor; traduz-se numa erosão directa da base industrial, com efeitos em cadeia na balança comercial, no emprego qualificado e na capacidade tecnológica.

Relatórios da Agência Internacional da Energia e análises do sector europeu evidenciam que a Europa tem enfrentado uma pressão competitiva crescente face a regiões com energia estruturalmente mais barata [1][8]. A diferença não decorre apenas de preços spot num dado momento, mas da expectativa de custos energéticos elevados e voláteis ao longo de anos, o que afecta decisões de investimento de longo prazo.

Os efeitos tendem a concentrar-se em sectores com elevada intensidade energética, como metalurgia, química, fertilizantes, cimento, vidro, papel e certos ramos da manufactura avançada. Nestes sectores, o risco é duplo:

1. **redução de produção e encerramentos temporários ou definitivos**, quando a energia deixa de ser competitiva face ao preço do produto final nos mercados internacionais;
2. **deslocalização e “fuga de investimento”**, quando novos projectos são instalados fora da Europa para garantir custos energéticos previsíveis e inferiores.

Este processo tem implicações macroeconómicas relevantes. A desindustrialização não é apenas perda de produção; implica perda de ecossistemas de fornecedores, de competências técnicas e de capacidade de inovação. Além disso, pode gerar um paradoxo ambiental: se a produção industrial migra para geografias com mix eléctrico mais carbónico, a redução de emissões na Europa pode ser parcialmente compensada por aumento de

emissões noutros locais (**carbon leakage** ¹⁷), enfraquecendo a eficácia ambiental global. [8]

Acresce que, num contexto de concorrência internacional, a resposta europeia tem frequentemente recorrido a mecanismos de compensação, subsídios e regulação adicional. Contudo, do ponto de vista económico, isto pode traduzir-se numa espiral de complexidade: preços finais altos conduzem a apoios e excepções; os apoios exigem financiamento e desenho regulatório; e o desenho regulatório tende a multiplicar custos administrativos e incerteza. Em vez de resolver a causa (custo sistémico elevado), o sistema passa a gerir sintomas, com risco de perpetuar ineficiências.

Em síntese, a energia tornou-se um factor estrutural de desvantagem competitiva para a Europa. Esta realidade deve ser incorporada na avaliação da transição energética: uma estratégia que não assegure energia fiável e a custo aceitável arrisca comprometer a base industrial que sustenta emprego, exportações e capacidade de investimento — precisamente os pilares necessários para financiar uma transição bem-sucedida, mas desnecessária, desta forma.

Este enfraquecimento da base industrial europeia ocorre num momento em que a União Europeia proclama objectivos de autonomia estratégica, evidenciando uma tensão crescente entre ambições geopolíticas e realidade energética.

5.1 A escalada climática europeia como factor estrutural de perda de competitividade

A deterioração progressiva da competitividade industrial europeia não pode ser interpretada como um fenómeno conjuntural, nem atribuída exclusivamente a choques exógenos, como a pandemia ou a crise geopolítica associada à guerra na Ucrânia. Trata-se, em larga medida, de um **processo estrutural**, directamente ligado à trajectória da política climática e energética adoptada pela União Europeia ao longo da última década. [17][18][19][20]

¹⁷ **Carbon leakage** (fuga de carbono): deslocação de produção industrial para países com menores exigências ambientais ou custos energéticos mais baixos, anulando parcial ou totalmente a redução local de emissões de CO₂.

A escalada sucessiva das metas de descarbonização — culminando na proposta de redução de **90% das emissões até 2040** e neutralidade climática em **2050** — implicou um redesenho profundo do sistema energético europeu, assente na electrificação acelerada dos consumos e na expansão maciça de fontes renováveis intermitentes. Esta opção estratégica, independentemente das intenções ambientais subjacentes, introduziu **custos sistémicos elevados, persistentes e cumulativos**, que se reflectem directamente nos preços finais da energia. [1][5][7]

Os dados comparativos internacionais evidenciam que a União Europeia apresenta actualmente **preços finais da electricidade industrial entre duas e quatro vezes superiores** aos observados nos Estados Unidos, China, Índia ou em várias economias emergentes. Esta diferença estrutural não resulta apenas da volatilidade conjuntural dos mercados energéticos, mas sobretudo: [5][7][26]

- da incorporação maciça de custos de rede,
- dos encargos associados aos serviços de sistema,
- dos mecanismos de capacidade,
- da remuneração garantida de activos intermitentes,
- e do peso crescente da fiscalidade energética.

Neste enquadramento, a energia deixou progressivamente de ser um factor de produção competitivo, transformando-se num **constrangimento central ao investimento industrial na Europa**.

Os sectores electro-intensivos — metalurgia, química pesada, fertilizantes, vidro, cimento, papel, refinação, cerâmica e parte significativa da manufactura avançada — enfrentam hoje uma pressão competitiva sem precedentes. Em muitos destes sectores, a energia representa **20% a 40% dos custos operacionais**, tornando qualquer diferencial de preço particularmente penalizador.

A consequência directa tem sido:

- encerramentos temporários e definitivos de unidades produtivas,
- redução de capacidade instalada,

- adiamento ou cancelamento de novos investimentos,
- e deslocação de projectos industriais para regiões com energia estruturalmente mais barata.

Este fenómeno conduz a uma dupla perda para a União Europeia:

1. **perda de valor económico, emprego qualificado e base produtiva,**
2. **transferência das emissões para fora do espaço europeu,** anulando parte substancial dos ganhos ambientais locais (*carbon leakage*).

Paradoxalmente, a intensificação da política climática europeia, longe de reduzir de forma eficaz as emissões globais, contribui para a sua **deslocação geográfica**, sem alteração significativa do balanço planetário.

Este processo adquire contornos particularmente preocupantes quando se considera que a União Europeia representa apenas **cerca de 6–7% das emissões globais de CO₂**. Mesmo uma eliminação total das emissões europeias teria um impacto climático global estatisticamente desprezável. Em contrapartida, os custos económicos e sociais impostos por esta trajectória são **imensos, imediatos e duradouros**. [1][9][10][11]

A escalada climática europeia configura, assim, um caso paradigmático de **desproporção entre esforço económico e benefício ambiental**, traduzindo-se num risco real de **declínio industrial estrutural**, com consequências profundas: [8][26][27]

- desindustrialização,
- desemprego qualificado,
- fragilização das cadeias de valor,
- degradação da balança comercial,
- perda de soberania económica.

Neste contexto, torna-se imperativo recentrar a política energética e climática europeia num **quadro de racionalidade económica, neutralidade tecnológica e proporcionalidade ambiental**, sob pena de comprometer de forma irreversível a competitividade, a coesão social e a autonomia estratégica do continente.

6. Considerações finais

O presente *Position Paper* avaliou criticamente a trajetória da chamada transição energética no período 2010–2024, adoptando uma abordagem empírica, sistémica e multidimensional. Em vez de assumir como adquirido o sucesso das políticas energéticas implementadas, optou-se por analisar os seus resultados observáveis à escala global, europeia e nacional, integrando dimensões frequentemente tratadas de forma isolada: investimento, consumo de energia, emissões de CO₂, custos do sistema eléctrico, competitividade económica e impactos territoriais. [1][3][4][9]

A principal constatação é inequívoca. Apesar de um esforço financeiro global sem precedentes, medido em vários biliões de dólares, **não se observou uma redução estrutural sustentada do consumo de combustíveis fósseis nem das emissões globais de CO₂**. Pelo contrário, o crescimento contínuo da procura energética mundial absorveu grande parte do investimento realizado, conduzindo predominantemente a um processo de **adição energética**, no qual as novas capacidades renováveis se somam às existentes sem substituição efectiva das fontes fósseis.

Do ponto de vista económico, a análise revela uma **relação custo–benefício fortemente desfavorável**, com custos implícitos por tonelada de CO₂ evitada largamente superiores aos valores de referência habitualmente utilizados em instrumentos de política climática. Esta realidade levanta questões fundamentais sobre a racionalidade da afectação de recursos escassos a uma estratégia que apresenta **ganhos ambientais globais limitados**.

No plano sistémico, os custos associados à integração maciça de fontes renováveis intermitentes — reforço das redes, serviços de sistema, reservas, *curtailment* e mecanismos de capacidade — introduzem **encargos estruturais e largamente irreversíveis**, reflectindo-se em preços finais elevados da electricidade. Na Europa, estes custos têm impactos directos na competitividade industrial, nas decisões de investimento de longo prazo e na localização da actividade económica. [5][7]

Este quadro assume particular gravidade quando analisado à luz do **peso marginal da União Europeia nas emissões globais**, actualmente limitado a cerca de **6–7%**. Mesmo reduções muito ambiciosas das emissões europeias têm, por conseguinte, **impacto climático global estatisticamente desprezável**, ao

passo que os custos económicos e sociais associados são **imensos, imediatos e duradouros**.

O resultado é um processo crescente de **desindustrialização, deslocalização produtiva e carbon leakage**, que fragiliza a base económica europeia num momento em que a União proclama objectivos estratégicos de autonomia industrial, tecnológica e geopolítica. Esta contradição estrutural coloca em risco a competitividade, a coesão social e a sustentabilidade económica do projecto europeu.

O presente trabalho evidencia ainda uma dimensão frequentemente subavaliada: a **ocupação extensiva de solo rústico** por infra-estruturas energéticas. A implantação de grandes centrais fotovoltaicas e parques eólicos implica perdas económicas associadas à produção agrícola e florestal, redução do emprego local permanente, pressão sobre o ordenamento do território e conflitos com as populações. No caso português, estas perdas assumem particular relevância, dada a reduzida autonomia alimentar, a fragilidade de muitas economias regionais e o contributo estatisticamente marginal do país para as emissões globais. Quando os benefícios climáticos globais são limitados, os custos territoriais e sociais ganham um peso relativo determinante na avaliação da política seguida. [12][13][14]

A análise integrada conduz, assim, a uma conclusão de natureza estrutural: a fragilidade central da actual transição energética não reside na falta de ambição, nem na escassez de investimento, mas na concepção dos instrumentos e na ausência de uma avaliação sistémica contínua dos seus efeitos reais. A política energética foi excessivamente orientada por metas quantitativas de capacidade instalada e por narrativas simplificadas de substituição, desvalorizando constrangimentos físicos, económicos e territoriais que condicionam o desempenho efectivo dos sistemas energéticos.

Num contexto de incerteza científica, competição global e pressão sobre recursos naturais e económicos, a formulação de políticas públicas exige maior prudência analítica, transparência nos custos e coerência entre escalas local, regional e global. Persistir numa estratégia que gera custos elevados, impactos territoriais significativos e benefícios ambientais globais limitados comporta riscos económicos e sociais que não podem ser ignorados.

A evidência reunida neste artigo sugere que a transição energética, tal como tem sido conduzida, corre o risco de se consolidar como um processo estruturalmente desequilibrado: oneroso para consumidores e empresas, penalizador para territórios e economias regionais, e insuficiente na resposta aos objectivos globais que proclama. Uma reavaliação profunda, informada por dados, ordens de grandeza e uma visão integrada do sistema energético e do território, é condição necessária para evitar que a transição se transforme, não numa solução sustentável, mas num novo factor de fragilidade económica e social.

Em síntese, a fragilidade da actual transição energética não reside na falta de investimento ou de ambição política, mas na **concepção dos instrumentos utilizados e na ausência de uma avaliação sistémica contínua dos seus efeitos reais**. Impõe-se, por isso, uma **reorientação estratégica profunda**, assente em princípios de:

- **neutralidade tecnológica,**
- **racionalidade económica,**
- **proporcionalidade ambiental,**
- **planeamento sistémico integrado,**
- **e coordenação internacional efectiva.**

Neste enquadramento, torna-se imperativo que a União Europeia proceda a uma **revisão estratégica profunda da sua política energética e climática**, recentrando-a em critérios de **racionalidade económica, neutralidade tecnológica, proporcionalidade ambiental e planeamento sistémico integrado**. A ambição climática, para ser sustentável e eficaz, deve assentar em **instrumentos tecnicamente realistas, financeiramente comportáveis e socialmente equilibrados**, evitando trajectórias que imponham encargos estruturais excessivos às economias europeias sem benefícios ambientais globais mensuráveis. Uma política energética verdadeiramente estratégica deve, simultaneamente, garantir **segurança de abastecimento, competitividade industrial, coesão social e autonomia estratégica**, reposicionando a Europa como actor económico robusto e não apenas como referência simbólica no combate às alterações climáticas.

Sem esta reavaliação estrutural, a transição energética corre o risco de se consolidar não como uma solução sustentável, mas como **um novo factor de fragilidade económica, social e geopolítica**, com benefícios climáticos globais claramente desproporcionados face aos custos suportados.

Referências bibliográficas

[1] Agência Internacional da Energia (IEA)

World Energy Investment 2024.

Paris: International Energy Agency, 2024.

— Investimento global em energia, séries temporais 2010–2024.

[2] International Renewable Energy Agency (IRENA)

World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway.

Abu Dhabi: IRENA, 2023.

— Enquadramento institucional e cenários normativos da transição energética.

[3] World Bank

World Development Indicators – Energy and Climate Data.

Washington, DC: World Bank, 2024.

— Séries históricas globais de energia e emissões.

[4] Energy Institute

Statistical Review of World Energy 2024.

Londres: Energy Institute, 2024.

— Consumo global de energia primária e combustíveis fósseis.

[5] Eurostat

Electricity price statistics for households and industrial consumers.

Luxemburgo: Eurostat, 2024.

— Preços finais da electricidade na União Europeia.

[6] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

Energy Prices and Taxes 2023.

Paris: OECD Publishing, 2023.

— Fiscalidade energética e preços efectivos.

[7] European Commission

Energy Prices and Costs in Europe.

Bruxelas: Comissão Europeia, edição mais recente (2023/2024).

— Custos sistémicos, redes, serviços de sistema e impactos nos preços finais.

[8] Ember

European Power Sector Review 2024.

Londres: Ember Climate, 2024.

— Evolução do mix eléctrico europeu e análise crítica dos efeitos das renováveis.

[9] Agência Internacional da Energia (IEA)

CO₂ Emissions in 2024 – Global Energy-related CO₂ Emissions.

Paris: International Energy Agency, 2025.

— Emissões globais de CO₂ associadas à energia.

- [10] **European Commission – Joint Research Centre (JRC)**
EDGAR – Emissions Database for Global Atmospheric Research.
Bruxelas: JRC, versão 2024.
— Base de dados para emissões globais e regionais (CO₂eq).
- [11] **Agência Europeia do Ambiente (EEA)**
Greenhouse Gas Emissions by Sector and Country.
Copenhaga: EEA, dados 2023/2024.
— Emissões nacionais (Portugal) e da UE-27.
- [12] **Alves, Demétrio C.**
As transições energética e alimentar: interdependências com o solo rústico.
Comunicação apresentada em “**Ali e Energia ad Urbem**”, Coimbra, Novembro de 2025.
— Enquadramento conceptual e quantitativo da ocupação de solo rústico por infra-estruturas energéticas.
- [13] **Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR)**
Superfície Agrícola Utilizada (SAU) – Estatísticas Agrícolas.
Lisboa: DGADR / INE, edições mais recentes.
— Dados estruturais sobre a SAU em Portugal.
- [14] **Instituto Nacional de Estatística (INE)**
Estatísticas Agrícolas e Florestais.
Lisboa: INE, edições recentes.
— Produção agrícola, emprego rural e valor bruto por hectare.
- [15] **Koonin, Steven E.**
Unsettled: What Climate Science Tells Us, What It Doesn't, and Why It Matters.
Dallas, TX: BenBella Books, Inc., 2021.
— Análise crítica do estado do conhecimento científico sobre o clima, distinguindo resultados robustos, incertezas e extrapolações políticas.
- [16] **Curry, Judith A.**
Alterações Climáticas – O Que Sabemos, O Que Não Sabemos (Climate Change: What We Know and What We Don't Know).
Lisboa: Guerra & Paz, Editores, 2019.
— Síntese científica sobre incertezas, variabilidade natural e limites actuais da modelação climática; edição bilingue (Português/Inglês).
- [17] **Comissão Europeia** — *The European Green Deal*, COM(2019)
- [18] **Comissão Europeia** — *Fit for 55 package*, 2021
- [19] **Comissão Europeia** — *proposta 2040 climate target*, COM(2024)
- [20] **European Commission** — *Impact Assessment of 2040 climate target*, SWD(2024)
- [21] **IPCC AR6 WG1** — capítulos sobre variabilidade natural multidecadal
- [22] **European Council** — *conclusões estratégicas sobre liderança climática (2019–2023)*
- [23] **Energy Institute** — *Statistical Review of World Energy 2024*

[24] **OECD** — *Carbon Leakage: Evidence and Policy Design*

[25] **European Commission** — *Net-Zero Industry Act – Financial Needs Assessment, 2023–2024*

[26] **Bruegel** — *European Industry at Risk: Energy Cost Differential, 2023*

[27] **IEA** — *Energy Prices and Industrial Competitiveness in Europe (2023)*

20

Sobre

A SEDES

A SEDES é uma das mais antigas associações cívicas portuguesas, operando, desde 1970, como um “think tank” independente, comprometido a pensar Portugal ao centro. A sua missão é promover o desenvolvimento económico e social do país, através de contributos especializados e plurais em vários setores das políticas públicas.

26