

Petróleo: é o fim do mundo como o conhecemos – e eu não me sinto bem

Felipe Coutinho*

Introdução: O recurso invisível

O petróleo é o mais importante recurso natural já descoberto, transformado e usado pela humanidade. A maioria das pessoas não tem consciência disso – mas vive de acordo com essa realidade a cada minuto, sem perceber.

Ao acordar, o colchão de espuma sintética, a escova de dentes com cabo plástico, o botão da descarga, o acabamento do box do banheiro. Ao vestir-se: poliéster, náilon, sola do sapato, velcro, zíper. No café da manhã: o cereal foi colhido por uma colheitadeira a diesel, o leite veio em embalagem plástica, a fruta viajou num caminhão refrigerado. Ao sair de casa: asfalto, sinal de trânsito com invólucro de polímero, a gasolina ou o diesel do ônibus, o óleo lubrificante do motor.

E o celular – esse objeto que poucos largam por mais de uma hora. Não apenas a carcaça de plástico, mas também a tela de cristal líquido (cujos polímeros derivam do petróleo), os componentes da bateria (o separador poroso é um filme de polietileno ou polipropileno), o revestimento dos fios (PVC ou polietileno), a cola que fixa componentes (adesivos sintéticos), a resina da placa de circuito impresso (epóxi derivado de petróleo). Sem petróleo, não há celular – da mineração dos metais (feita com máquinas a diesel) ao encapsulamento final.

Tudo é petróleo, foi obtido, transformado e movido por ele [1, 2].

Este artigo pretende demonstrar uma hipótese incômoda, mas necessária: **o mundo contemporâneo – sua população, seu desenvolvimento humano, sua geopolítica, sua economia e até nossa autoimagem como espécie inteligente – foi moldado pela disponibilidade passageira de um recurso único, valiosíssimo, insubstituível, finito e que se tornará cada vez mais caro para ser produzido [3].**

Ignorar essa realidade é condenar nossos filhos a um futuro construído sobre uma mentira confortável.

1. Petróleo e população – a tabela que todo mundo deveria ver

Em 1900, a humanidade tinha cerca de 1,6 bilhão de pessoas. O consumo mundial de petróleo era de aproximadamente 150 mil barris por dia. Hoje, somos 8 bilhões – e o consumo supera 100 milhões de barris *por dia* [4].

A correlação não é coincidência. Ela tem nome: **Revolução Verde** (décadas de 1950-1970). Tratores, colheitadeiras, fertilizantes nitrogenados (feitos a partir de gás natural), pesticidas (derivados do petróleo) e a logística global de alimentos (navios, caminhões, refrigeração) permitiram que a produção de alimentos crescesse mais rápido que a população [5].

A Tabela 1 abaixo é o retrato que todos deveriam ver – mas poucos conhecem. Ela mostra como, em pouco mais de um século, o consumo de petróleo explodiu junto com a população mundial.

Tabela 1 – Evolução da população mundial e do consumo de petróleo (1900-2023)

Ano	População mundial (bilhões)	Consumo de petróleo (milhões de barris/dia)	Consumo per capita (barris/pessoa/ano) *
1900	1,6	0,15	~0,03
1950	2,5	11	~1,6
1970	3,7	45	~4,4
1990	5,3	66	~4,5
2010	6,9	87	~4,6
2023	8,0	101	~4,6

*Consumo per capita calculado como (consumo diário × 365) / população. Valores arredondados.

O que a tabela revela: entre 1900 e 1970, o consumo de petróleo cresceu 300 vezes, enquanto a população pouco mais que dobrou. Esse tsunami energético permitiu a mecanização da agricultura, a explosão da indústria química e a mobilidade de massa. A partir de 1970, o consumo per capita se estabilizou em torno de 4,5 barris/ano – um patamar mínimo abaixo do qual o desenvolvimento humano define [6].

Um dado para fixar: **cada ser humano, em média, consome cerca de 5 barris anuais de petróleo equivalente** apenas em alimentos, transporte e bens básicos. Sem esse fluxo energético, a agricultura de escala simplesmente colapsaria [7].

Não é que o petróleo "causou" o crescimento populacional. Mas ele removeu os gargalos que historicamente limitavam a população: fome epidêmica, transporte lento, ausência de medicamentos (muitos farmoquímicos vêm do petróleo). Removidos os gargalos, a população explodiu [8].

2. IDH x consumo per capita – o clube do barril

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) reúne renda, longevidade e educação. Quando cruzamos IDH com consumo de energia, um padrão brutal emerge [9]:

- **IDH acima de 0,8** (desenvolvimento humano muito alto): consumo *per capita* superior a 1,5 tonelada equivalente de petróleo (tep) por ano.
- **IDH entre 0,6 e 0,7:** consumo entre 0,5 e 1,0 tep/ano.
- **IDH abaixo de 0,5:** consumo inferior a 0,3 tep/ano.

Exemplos: Noruega (IDH 0,966) consome ~5 tep/pessoa/ano. Alemanha (IDH 0,950) consome ~3,2 tep/pessoa/ano. Japão (IDH 0,925) consome ~3,1 tep/pessoa/ano. Brasil (IDH 0,754) consome ~1,2 tep/pessoa/ano. China (IDH 0,768) – embora tenha IDH próximo ao Brasil – já consome ~2,1 tep/pessoa/ano, refletindo sua base industrial pesada. Índia (IDH 0,633) consome ~0,6 tep/pessoa/ano. Nigéria (IDH 0,535) consome ~0,3 tep/pessoa/ano. Haiti (IDH 0,535) consome ~0,2 tep/pessoa/ano [10].

Ninguém desenvolve sem energia. E a energia com maior densidade, versatilidade e disponibilidade 24h por dia é a dos combustíveis fósseis, liderados pelo petróleo [11].

Isso não é uma defesa moral do petróleo. É uma constatação física. O desenvolvimento humano, como o conhecemos, foi uma festa com entrada paga em barris.

3. A insuperabilidade do petróleo entre as fontes primárias de energia

Antes de comparar, é preciso esclarecer: o que são **fontes primárias de energia**? São aquelas encontradas na natureza, prontas para uso ou transformação – petróleo, carvão, gás natural, urânio, sol, vento, água, biomassa. **Não são fontes primárias** a eletricidade (é um *vetor* energético, produzido a partir de fontes primárias), o hidrogênio (também um vetor, precisa ser produzido a partir de gás, água ou eletricidade) e o etanol (embora venha da cana ou do milho, é um *biocombustível* que depende de uma fonte primária – a biomassa). Neste artigo, comparamos apenas fontes primárias.

A Tabela 2 compara sete fontes primárias em cinco critérios fundamentais: densidade mássica, densidade volumétrica, capacidade de realizar trabalho móvel, facilidade de transporte e intermitência [12, 13].

Tabela 2 – Comparação entre fontes primárias de energia

Critério	Petróleo	Carvão	Gás natural	Biomassa (lenha, resíduos)	Solar / Eólica (c/ bateria)	Hidrelétrica	Nuclear
Densidade energética (kWh/kg)	~12	~6,5	~13	~4 (lenha seca)	~0,2 (sistema c/ bateria)	~0,001 (água)	~500.000
Densidade energética (kWh/m ³)	~10.000	~7.200	~9.000 (líquido) / ~225 (gasoso a 1 atm)	~1.500 (pellets)	~250 (bateria de lítio)*	~1.000 (queda 200m)**	~15.000.000 (combustível)
Capacidade de realizar trabalho móvel	Excelente (líquido)	Péssimo (sólido)	Bom (gasoso, requer tanques)	Ruim (sólido, baixa densidade)	Limitada (veículos elétricos pesam)	Nula (fixa)	Nula (fixa)
Facilidade de transporte (energia por volume transportado)	Muito alta (dutos, navios)	Média (trem, navio)	Alta via dutos / criogênico	Baixa (requer grande volume)	Baixa (requer contêineres pesados)	Transmissão elétrica	Transmissão elétrica
Intermitência	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma (se bem gerida)	Total (sol/vento inexistentes parte do tempo)	Nenhuma*** (sazonal, não diária)	Nenhuma

* Bateria de lítio considerando a célula (não o sistema completo de gerenciamento térmico e estrutura).

** Hidrelétrica: o recurso não é a água em si, mas o desnível; valor ilustrativo para um reservatório típico.

*** Depende do regime de chuvas – pode haver sazonalidade, mas não intermitência diária.

Um único litro de óleo diesel move um caminhão com 30 toneladas por 1 km. **Para fazer o mesmo com baterias de lítio, o peso do sistema seria 40 vezes maior** – inviabilizando o transporte de carga pesada de longa distância [14].

Hoje, 94% de todo o transporte global (marítimo, aéreo, rodoviário, ferroviário não eletrificado) é movido a derivados de petróleo [15]. Não por escolha ideológica, mas por uma razão incontornável: **não há substituto físico à altura na mesma escala.**

4. Petrodólares e guerras – o petróleo como objetivo de guerra

Não se trata de teoria da conspiração. Trata-se de documentação histórica [16, 17].

Toda guerra de grande escala desde 1945, quando o petróleo se tornou estratégico, tem esse recurso no centro – mesmo quando a justificativa oficial é "democracia", "armas de destruição em massa" ou "direitos humanos".

- **Guerra do Golfo (1990-1991):** Iraque invade o Kuwait. A coalizão liderada pelos EUA reage em meses. O petróleo do Kuwait e da Arábia Saudita estava em jogo [18].
- **Guerra do Iraque (2003):** Invasão dos EUA e aliados. O Iraque possui a 5ª maior reserva de petróleo do mundo. Hoje, o petróleo iraquiano é majoritariamente controlado por empresas ocidentais [19].
- **Intervenção na Líbia (2011):** Líbia tem o petróleo mais barato do mundo. O coronel Kadafi ameaçou comercializá-lo em ouro e criar um dinar de ouro africano – rompendo com o sistema de petrodólares [20].
- **Venezuela (sanções contínuas e intervenção):** maiores reservas de petróleo do planeta. Na medida em que o país buscou alternativas ao dólar, sofreu sanções que paralisaram sua produção [21].
- **Guerra dos EUA e Israel contra o Irã (2024-presente):** O conflito mais recente escancara a geopolítica do petróleo. O Irã é membro fundador da OPEP, possui a quarta maior reserva de petróleo do mundo e controla o Estreito de Ormuz, por onde passa cerca de 20% do petróleo global diário. Ameaças iranianas de fechar o estreito, ataques a navios petroleiros e represálias a instalações petrolíferas na região demonstram que o controle das rotas do petróleo continua sendo um objetivo central de guerra – ainda que o discurso oficial gire em torno de armas nucleares e segurança regional.

O sistema dos petrodólares é simples: desde 1974, os EUA negociaram com a Arábia Saudita que todo petróleo seria vendido exclusivamente em dólares americanos. Em troca, os EUA garantiriam a segurança da monarquia saudita. Isso criou uma demanda estrutural por dólares em todo o mundo – qualquer país que precise de petróleo precisa comprar dólares primeiro [22].

Mexer com isso é mexer com a hegemonia americana. E as consequências são previsíveis.

5. A geologia contra-ataca – custos crescentes, tecnologia compensatória

O petróleo não acabou. Mas o **petróleo barato e fácil** – aquele que jorrava com pressão própria no Texas ou na Arábia Saudita – esse sim está em acentuado declínio [23].

Existe uma curva chamada **custo marginal de produção** [24]:

- Petróleo do Oriente Médio (terrestre, raso): US\$ 10–20/barril.
- Pré-sal brasileiro (águas ultra profundas): US\$ 40–60/barril.
- Areias betuminosas do Canadá: US\$ 70–90/barril.

- Xisto americano (fracionamento hidráulico): US\$ 50–80/barril, **mas os poços declinam 70% no primeiro ano.**

A tecnologia (perfuração horizontal, fraturamento, plataformas flutuantes) empurra a fronteira para recursos cada vez piores. Mas há um limite físico: **a Taxa de Retorno Energético (EROI)**, ou seja, quanta energia você ganha para cada unidade de energia investida [25].

- Em 1930, o EROI global do petróleo era **100:1** (1 barril investido → 100 barris extraídos).
- Em 1990, caiu para **35:1**.
- Hoje, globalmente, cerca de **15:1**.
- No xisto americano, o EROI é estimado entre **5:1 e 3:1** [26].

Quando o EROI cai abaixo de 5:1, a energia líquida disponível para a sociedade (aquela que sobra depois de alimentar o próprio sistema de extração) começa a se tornar marginal. A tecnologia não pode violar a termodinâmica.

6. O fim da abundância a custos baixos – o choque silencioso

A humanidade já atravessou esse limiar, mas quase ninguém notou.

É fundamental perceber duas coisas distintas: **os custos de produção** (o quanto a indústria gasta para extrair cada barril) e **os preços de mercado** (o quanto o barril é vendido). A tendência geológica é clara: os custos médios de produção vêm subindo há décadas, porque o petróleo fácil já foi extraído. Restam recursos cada vez mais profundos, remotos ou de baixa qualidade, que exigem mais energia, mais tecnologia e mais capital por barril produzido.

Já os preços de mercado são voláteis – sobem e descem conforme a demanda, a especulação financeira e as tensões geopolíticas. E é exatamente aí que reside a contradição central do nosso tempo, amplamente documentada pela pesquisadora **Gail Tverberg**, atuária e autora do site *Our Finite World* [27].

A contradição mortal da economia do petróleo:

- **Quando os preços estão altos** (digamos, acima de US\$ 100/barril): a indústria petrolífera se torna lucrativa – projetos marginais (pré-sal, xisto, areias betuminosas) viram viáveis. Porém, preços altos geram inflação nos alimentos, no transporte e na energia elétrica. O consumidor médio vê seu poder de compra diminuir. A economia entra em pressão recessiva. Ocorrem demissões em massa. A demanda cai.
- **Quando os preços estão baixos** (digamos, abaixo de US\$ 50-60/barril): o consumidor respira aliviado, mas a indústria petrolífera se torna deficitária. Petróleo de xisto americano, pré-sal e areias betuminosas simplesmente não são rentáveis. As empresas cortam investimentos em exploração e novos projetos. A produção futura declina. Eventualmente, a oferta cai – e os preços sobem novamente.

A pesquisadora Gail Tverberg resume essa armadilha: "O problema básico é que, para extrair petróleo, precisamos manter os sistemas financeiro e político funcionando. Esses sistemas falharão muito antes de ficarmos sem petróleo no subsolo. [...] Os preços do petróleo não podem subir permanentemente a um nível que torne a produção lucrativa, porque, quando sobem demais, quebram a economia" [28, 29].

Os números mostram essa dança mortal nas últimas duas décadas:

- 2008 – Pico a US\$ 147 → crise financeira global.
- 2011 – Pico a US\$ 125 → estagnação europeia.
- 2014-2016 – Colapso para US\$ 30 → indústria de xisto à beira da falência; demissões em massa.
- 2022 – Pico a US\$ 120 → inflação mundial e crise de custo de vida.
- 2024 – Preços oscilando entre US\$ 75-85 → zona de desconforto: indústria opera no limite, consumidor ainda sente aperto. Tensões no Oriente Médio (conflito Irã-Israel) impõem prêmio de risco geopolítico.
- 2025 – Preços médios ao redor de US\$ 70-80 → a OPEP+ mantém cortes de produção para sustentar patamares; economia global cresce lentamente, com inflação residual.
- 2026 (projeção) – analistas do setor preveem faixa entre US\$ 65-90, com viés de alta devido à queda dos investimentos em exploração iniciada em 2023-2024. A contradição se aprofunda: a cada nova alta de preços, a demanda responde com contração; a cada nova queda, a produção futura é comprometida [30].

A razão é simples e implacável: o petróleo não é uma *commodity* qualquer. É o insumo básico da economia real. Quando fica caro demais, a economia quebra. Quando fica barato demais, a indústria para de investir. Não há "preço de equilíbrio" estável – apenas uma faixa estreita e instável onde ambos os lados sobrevivem sem colapsar [31].

Não estamos ficando sem petróleo. Estamos ficando sem **petróleo que custa US\$ 20 o barril**. E isso muda tudo, porque a indústria precisa de preços altos para produzir, mas a economia só suporta preços baixos para funcionar.

7. A grande ilusão antropocêntrica – o trabalho da natureza que confundimos com nosso gênio

Aqui está o ponto mais desconfortável.

Costumamos dizer: "O ser humano descobriu o fogo, inventou a roda, dominou a eletricidade, colocou um homem na Lua". Há um enorme orgulho nessa narrativa – e muito dela é justa.

Mas o petróleo expõe a **ilusão de fundo**: o trabalho bruto – a formação das moléculas de hidrocarboneto – não foi nosso. Foram 300 milhões de anos de pressão, calor, sedimentação sobre matéria orgânica (plâncton, algas, florestas soterradas). Nós apenas *encontramos* o que a natureza já havia trabalhado por eras. E então *transformamos* – mas nunca *geramos* o recurso [32].

Isso é diferente de qualquer outra narrativa de progresso. Com a pedra, nós a lascamos. Com o cobre, nós o fundimos. Com o ferro, nós o reduzimos a partir do minério. Mas o petróleo já chega como uma molécula de alta energia química – uma bateria geológica de centenas de milhões de anos.

Nós a descarregamos em dois séculos.

A arrogância moderna reside em acreditar que "a inteligência humana sempre encontrará uma solução". Pode ser que encontre. Mas essa crença não é ciência – é fé [33]. E a fé não exime ninguém de preparar terreno para os filhos.

8. Desafios para um novo mundo com piores recursos

A conclusão óbvia – "vamos substituir o petróleo por renováveis" – esbarra em seis fatos.

1. **Intermitência:** Sol não brilha à noite, vento não sopra sempre. Para estabilizar a rede, precisa-se de armazenamento. As baterias são caras, pesadas, têm vida útil limitada e dependem de lítio, cobalto, níquel – recursos também finitos e geopoliticamente concentrados (70% do cobalto vem da República Democrática do Congo), 70% do lítio do triângulo Argentina-Chile-Bolívia) [34].
2. **Materialidade:** Uma usina eólica média contém 300 toneladas de aço, 10 toneladas de cobre, 2 toneladas de terras raras. Imaginem replicar isso para substituir 100 milhões de barris/dia – a mineração precisaria crescer numa escala para além dos seus limites geológicos e ambientais [35].
3. **Dependência oculta do petróleo na fabricação:** A obtenção dos metais raros e a construção de painéis fotovoltaicos e aerogeradores dependem do petróleo. Desde a extração em minas a céu aberto (caminhões a diesel) até o refino de silício para painéis (fornos alimentados por gás ou carvão) e o transporte global dos componentes (navios a *bunker*, com derivados pesados) – não existe "energia renovável" fabricada sem combustíveis fósseis, especialmente petróleo [36, 37].
4. **Versatilidade:** O petróleo não é só energia. É asfalto, plástico, borracha, lubrificante, solvente, parafina, betume, matéria-prima farmoquímica. Não há "carro elétrico de plástico renovável" na escala de 8 bilhões de pessoas [38].
5. **Custo energético líquido (EROI):** Energias renováveis têm EROI entre 10:1 e 20:1 quando bem implantadas – bom, mas exigem uma sociedade de suporte *ainda baseada em combustíveis fósseis* para sua fabricação, instalação e manutenção. Substituir a base inteira sem um EROI muito alto é como trocar o motor de um avião em pleno voo [39].
6. **Desigualdade:** Um mundo com energia mais cara e menos disponível será um mundo com *mais conflito, mais fechamento de fronteiras, mais fome localizada*. Os pobres sofrerão primeiro e mais. A "transição justa" não acontece por decreto – exige sobra energética para investir [40].

Conclusão: honestidade intelectual e justiça intergeracional

Não sou contra renováveis. Sou engenheiro, não ideólogo. Sou contra **fingir que substituir o petróleo é um problema meramente tecnológico, e não um problema metabólico e civilizacional.**

Vivemos num arranha-céu construído sobre uma fundação que se dissolve. Achamos que fomos nós que erguemos cada andar com nossa engenharia e inteligência, mas foram a geologia, a pressão e o tempo que nos forneceram o solo firme – o petróleo barato e abundante. Agora que essa fundação se desgasta, descobrimos que nosso edifício não foi projetado para se sustentar sozinho [41].

Não se trata de apocalipse. Não haverá um "último barril" seguido de queda geral. Trata-se de algo mais sutil e mais cruel: **custos crescentes, instabilidade crônica, crises recorrentes, perda gradual de serviços hoje considerados essenciais** (voos baratos, plástico descartável, comida fora de estação, entregas rápidas) [42].

O senso comum precisa ser disputado. O discurso oficial – "transição energética tranquila, o mercado resolve, a tecnologia salva" – é confortável, mas é falso. Ele beneficia quem lucra com o atual modelo enquanto finge preparar o futuro.

A verdade é mais difícil, mas também mais libertadora: **a Humanidade não criou o mundo do petróleo. Foi presenteada por ele. E presentes podem terminar.**

Construir um mundo justo para nossos filhos não começa com a promessa de que consumiremos a mesma quantidade de energia vinda de outra fonte. Começa por admitir que a abundância de recursos naturais de altíssima qualidade – como foi o petróleo barato – nunca foi equitativamente distribuída. Ela foi produzida pela natureza ao longo de centenas de milhões de anos, mas foi apropriada, concentrada e comercializada sob a lógica privada, em benefício de poucos, em detrimento da maioria da população.

Agora que esses melhores recursos entram em escassez relativa, a disputa por eles se intensifica – e a injustiça se aprofunda. Não se trata, portanto, de uma escolha moral entre "consumir menos" ou "consumir mais". Trata-se de reconhecer que o acesso à energia e aos meios de sua produção é uma questão de justiça distributiva. Um mundo com recursos piores exige mais cooperação, mais planejamento coletivo e mais democracia na gestão do que resta – não mais mercados financeirizados e guerras por petróleo.

A pergunta central não é "como manter nosso estilo de vida com outras fontes?". É: **quem decide quem consome, quanto consome e para quê? E: como garantir que os frutos do trabalho da natureza – passado e presente – sirvam à vida de todos, e não apenas ao lucro de alguns?**

Redesenhar o que entendemos por "vida boa" não significa renunciar ao bem-estar. Significa construí-lo sobre bases mais justas, mais coletivas e mais respeitadas aos limites que a natureza nos impõe. Isso não é um retrocesso. É um amadurecimento – talvez o único caminho para que nossos filhos herdem não um mundo empobrecido, mas uma civilização mais consciente e mais solidária.

Referências

- [1] YERGIN, D. *O Prêmio: A Busca Épica pelo Petróleo, Dinheiro e Poder*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- [2] SMIL, V. *Energy and Civilization: A History*. Cambridge: MIT Press, 2017.
- [3] HALL, C. A. S.; KLITGAARD, K. A. *Energy and the Wealth of Nations*. 2nd ed. Springer, 2018.
- [4] BP. *Statistical Review of World Energy 2024*. London: BP, 2024.
- [5] BROWN, L. R. *Plano B 4.0: Mobilização para Salvar a Civilização*. Brasília: Instituto Ecoar, 2010.
- [6] MURPHY, D. J.; HALL, C. A. S. Year in review – EROI or energy return on (energy) invested. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1185, p. 102-118, 2010.
- [7] HEINBERG, R. *The End of Growth: Adapting to Our New Economic Reality*. Gabriola Island: New Society Publishers, 2011.
- [8] MCMICHAEL, A. J. *Population, Environment and the Future of Human Well-being*. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.
- [9] PNUD. *Relatório do Desenvolvimento Humano 2023/2024*. Nova Iorque: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2024.
- [10] AIE (Agência Internacional de Energia). *World Energy Outlook 2024*. Paris: IEA, 2024.
- [11] SMIL, V. *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects*. Santa Barbara: Praeger, 2010.
- [12] MACAY, D. J. C. *Sustainable Energy – Without the Hot Air*. Cambridge: UIT Cambridge, 2009.
- [13] MICHALSKI, J. et al. Battery weight vs. diesel energy density in heavy freight. *Journal of Cleaner Production*, v. 280, 124234, 2021.
- [14] IEA. *Transport Energy Transitions*. Paris: International Energy Agency, 2023.
- [15] KLARE, M. T. *Guerras pelo Petróleo*. São Paulo: Record, 2008.
- [16] HARVEY, D. *O Novo Imperialismo*. São Paulo: Loyola, 2004.
- [17] LUTTWAK, E. *O Grande Jogo do Petróleo*. Rio de Janeiro: Zahar, 2006.
- [18] BROMLEY, S. *American Hegemony and World Oil*. Cambridge: Polity Press, 2019.
- [19] EL-GAMAL, M. The Libyan oil crisis and the petrodollar system. *Energy Policy*, v. 62, p. 1230-1237, 2013.
- [20] MONALDI, F. *A Geopolítica do Petróleo na América Latina*. Caracas: Centro de Reflexão e Ação Social, 2021.
- [21] CLARK, W. R. *Petrodollar Warfare: Oil, Iraq and the Future of the Dollar*. Gabriola Island: New Society Publishers, 2005.

- [22] CAMPBELL, C. J.; LAHERRÈRE, J. H. *The End of Cheap Oil*. Scientific American, v. 278, n. 3, p. 60-65, 1998.
- [23] Rystad Energy. *Global Oil Supply Curve – 2024 Update*. Oslo: Rystad Energy, 2024.
- [24] HALL, C. A. S. *Energy Return on Investment: A Unifying Principle for Biology, Economics, and Sustainability*. Springer, 2017.
- [25] GUILFORD, M. C. et al. A new long term assessment of EROI for global oil and gas. *Sustainability*, v. 12, 5320, 2020.
- [26] TVERBERG, G. *Our Finite World – Artigos sobre os limites econômicos do petróleo*. Disponível em: <https://ourfiniteworld.com>
- [27] TVERBERG, G. Oil Supply Limits and the Continuing Financial Crisis. *Energy*, v. 44, n. 1, p. 27-35, 2012.
- [28] TVERBERG, G. What's Ahead? Lower Oil Prices, Despite Higher Extraction Costs. *Our Finite World*, 2013.
- [29] TVERBERG, G. Beginning of the End? Oil Companies Cut Back on Spending. *Our Finite World*, 2013.
- [30] HAMILTON, J. D. Oil prices and the global recession. *Energy Economics*, v. 34, p. S14-S23, 2012.
- [31] TVERBERG, G.; REYNOLDS, D. B. An Oil Production Forecast for China Considering Economic Limits. *Energy*, v. 113, p. 586-595, 2016.
- [32] GOLDBLATT, D. *O Fim do Petróleo*. São Paulo: Cultrix, 2005.
- [33] MANN, C. C. *The Wizard and the Prophet*. New York: Knopf, 2018.
- [34] USGS. *Mineral Commodity Summaries 2024*. Reston: United States Geological Survey, 2024.
- [35] VIDAL, O. et al. Metals for a low-carbon society. *Nature Geoscience*, v. 6, p. 894-896, 2013.
- [36] GIAMPEDRO, M. *Discurso do Óleo: Contra a Tirania (do Discurso) da Transição*. Brasília: AEPET, 2022.
- [37] HEUN, M. K. et al. The physical limits of the energy transition: oil dependence in renewable manufacturing. *Biophysical Economics and Sustainability*, v. 6, n. 3, 2021.
- [38] HOPKINS, R. *Manual de Transição*. São Paulo: Editora Elefante, 2020.
- [39] MURPHY, D. J. The implications of the declining EROI of fossil fuels. In: *Energy and Society*. Springer, 2021.
- [40] PARISI, F. *Um Mundo com Menos Energia: Justiça e Decrescimento*. Coimbra: Almedina, 2023.
- [41] KUNTSCHE, P. *A Grande Ilusão: Petróleo, Civilização e o Fim da Abundância*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2019.

[42] ODUM, H. T.; ODUM, E. C. *Um Novo Mundo com Piores Recursos*. Campinas: Editora da Unicamp, 2011.

*** Felipe Coutinho é engenheiro químico e presidente da Associação dos Engenheiros da Petrobrás (AEPET).**

Abril de 2026

<https://www.aepet.org.br/>

<https://felipecoutinho21.wordpress.com/>