



meio

perspectiva:

# **ENERGIA** **EM TRANSIÇÃO**



Dezembro  
**2024**



# Índice

5\_\_ Editorial

7\_\_ Dependência fóssil

13\_\_ Cardápio de soluções

19\_\_ A revolução solar

25\_\_ Bons ventos e turbulências

29\_\_ Voando verde

33\_\_ Para ir mais fundo



## Pedro Doria

Há 12 anos, o poeta beatnik e ambientalista de primeira hora Gary Snyder, hoje com impressionantes 94 anos, dizia que a sua maior preocupação era a relação entre energia e população. Não via como possível uma transição dos combustíveis fósseis para o que chamava de fontes verdes de energia sem que a população sofresse uma redução drástica, para cerca de 10%.

Tudo o que Snyder escreveu sobre meio ambiente está entre as melhores coisas que o espírito californiano já produziu, mas, neste caso, o poeta e mestre Zen estava errado. Faltava à sua visão um ponto essencial para compreender a mudança da matriz energética em escala global: tecnologia.

Claro que um tipo de mudança dessa magnitude é um desafio, sobretudo quando pensamos no poder das empresas de petróleo e das economias que dominavam sua extração ao longo do século 20. Só que ela é inevitável se quisermos que este planeta siga habitável para as próximas gerações. Precisamos diversificar a maneira como produzimos e consumimos energia.

Este especial é sobre isso. Sobre como é possível fazer essa transição trocando uma matriz dominada pela energia fóssil e nuclear por fontes limpas. E o Brasil, que nos anos 1970 apostou no modelo das hidrelétricas em vez das termelétricas, parte de uma posição privilegiada. Nossa matriz energética já nasce limpa e agora temos, também, expertise na produção de biocombustíveis.

O que não pode é ficar parado.

Ao longo das próximas páginas, vamos discutir as melhores formas de fazer essa transição, discutir os modelos existentes, trazer as inovações tecnológicas que vão possibilitar com que ela seja realidade e entender melhor quais são as perspectivas do uso da energia solar e eólica.

É uma conversa sobre futuro, mas também sobre presente. Por que os efeitos da mudança climática hoje são mais um daqueles temas em que a disputa ideológica e o negacionismo podem facilmente obscurecer a racionalidade científica e econômica.

Boa leitura.



*Andrea Vialli*

# Dependência fóssil

*Ritmo da transição ainda está aquém do necessário para conter mudanças climáticas, mas eventos extremos e precificação do carbono devem pressionar cenário*

A tarefa de migrar de uma economia baseada em combustíveis fósseis — petróleo, carvão, gás natural — para uma matriz de energia renovável, que resulte em menores emissões de gases de efeito estufa, é o desafio do atual século. A chamada transição energética, que é como esse processo foi batizado, está em curso, mas em velocidade muito aquém do necessário para evitar os piores cenários das mudanças climáticas, o objetivo central do Acordo de Paris.

Firmado em 2015 por 195 países, o tratado fixou a meta de evitar que a temperatura média global se eleve acima de 1,5°C e 2°C até o final do século. A barreira do 1,5°C, contudo, foi praticamente ultrapassada ao longo dos últimos 16 meses, período em que a temperatura atingiu essa marca, em relação aos níveis pré-industriais, de acordo com o observatório climatológico Co-

pernicus, da União Europeia. Segundo a instituição, 2023 foi o ano mais quente já registrado (1,48°C de elevação) e 2024 caminha para uma alta de 1,55°C.

Equilibrar as forças que impedem o mundo de avançar mais rápido na transição energética tem sido o alvo, ano após ano, das COPs, as conferências climáticas das Nações Unidas que tiveram sua gênese em 1992, no Brasil, durante a Rio 92, a cúpula sobre meio ambiente e desenvolvimento que colocou as questões ambientais na agenda global.

No ano passado, na COP28, realizada em Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, os países chegaram a um consenso, pela primeira vez, sobre a necessidade de uma transição gradual para longe dos combustíveis fósseis. O encontro seguinte, entretanto, não avançou uma só linha em relação ao tema, muito pelo contrário. Realizada em Baku, no Azerbaijão, em novembro de 2024, a COP29 começou com o presidente do país, Ilham Aliiev, fazendo ode aos “presentes de Deus” — no caso, o petróleo e o gás natural — sinalizando o que viria pela frente. Ex-república soviética, o Azerbaijão tem 48% do seu Produto Interno Bruto (PIB) ligado à indústria fóssil.

A substituição gradual dos combustíveis fósseis enfrenta barreiras difíceis de serem superadas, como a dependência global dessas fontes e a força econômica dessa indústria, que responde por cerca de 3% do PIB global e movimentou US\$ 3 trilhões em 2023. No entanto, diversas projeções têm apontado que a inação em relação às mudanças climáticas pode custar ainda mais caro, abocanhando uma fatia de pelo menos 18% do PIB até 2040, ou seja, US\$ 20 trilhões — o cálculo leva em conta principalmente as perdas causadas pelos eventos climáticos extremos.

“Existe uma dependência real do mundo em relação aos combustíveis fósseis, pois 33% da energia primária consumida globalmente vêm dessas fontes. Mas a transição vai precisar acontecer, e rápido”, afirma Ricardo Assumpção, sócio líder de sustentabilidade para a América Latina da consultoria EY. Nos países do G20, que respondem por mais de 80% do consumo de energia do mundo, a dependência dos fósseis é da ordem de 70% de sua energia primária — a exceção é justamente o Brasil, com 50% de participação no consumo de energia primária fóssil.

“Existe uma dependência real do mundo em relação aos combustíveis fósseis, pois 33% da energia primária consumida globalmente vem dessas fontes”

## HIDRELÉTRICAS PERDEM ESPAÇO

O Brasil, aliás, ocupa uma posição peculiar na geopolítica da transição energética. O país conta com uma matriz predominantemente renovável, tanto elétrica (84% de fontes renováveis) quanto energética (48%). Números que devem se manter nesse patamar, com um pequeno aumento, nos próximos dez anos: 86% para a primeira e 49% para a segunda, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2034, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Assim, as fontes renováveis devem ter, segundo a projeção, um crescimento médio de 2,4% ao ano na oferta interna de energia, com destaque para eólica, solar e biodiesel. Na oferta de eletricidade, o Brasil mantém a predominância de hidrelétricas, mas elas perdem espaço na matriz, saindo dos atuais 55,8% para 46,7%.

A diminuição da fonte se deve a um conjunto de fatores, como o avanço das usinas eólica e solar, inclusive na modalidade de autoprodução e geração distribuída (onde consumidores, sejam empresas ou pessoas físicas, produzem a própria energia) e também às incertezas relacionadas ao clima, agravadas pelas mudanças climáticas.

A construção e operação de usinas a fio d'água, ou seja, sem reservatórios, embora gere menores impactos sociais e ambientais, fornece menos garantias de produção nos períodos de seca, o que acaba obrigando o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) a ativar termelétricas nos horários de alta demanda. Inverter a ordem — com outras renováveis em destaque, fornecendo os maiores volumes, e as hidrelétricas como back-up — pode ser uma solução, mas depende de investimento em linhas de transmissão e tecnologias de armazenamento para as fontes intermitentes.

“As hidrelétricas mais antigas, com reservatório, são um recurso que pode ser usado como uma bateria, para dar estabilidade ao sistema. Precisamos fazer o oposto do que temos hoje, que é ter as hidrelétricas como base e, quando precisa, pegamos o socorro caro das termelétricas”, diz Munir Soares, sócio fundador da Systemica, empresa especializada no mercado de carbono.

A energia fóssil, contudo, não tende a perder no médio prazo: até ganha, no caso do gás natural, que deve crescer dos atuais 11% para 14% de participação na oferta interna de energia nos próximos dez anos, conforme as projeções da EPE. Se considerar a participação de petróleo e derivados, haverá queda de 35% de participação atuais para 30% em 2034 — isso não significa, contudo, que o Brasil deverá reduzir o ritmo da produção de petróleo.

## A SOBREVIDA DO PETRÓLEO

De olho na demanda internacional pelo combustível fóssil, o Brasil almeja saltar do atual posto de oitavo maior produtor mundial de petróleo para o quinto em 2030, sendo que o combustível deve se tornar ainda mais significativo para o superávit comercial do país já em 2024. “O petróleo vai assumir esse ano a liderança da balança comercial brasileira. Fecharemos 2024 com US\$ 50 bilhões em exportação e 95 milhões de toneladas de petróleo comercializadas para o exterior”, diz Roberto Ardenghy, presidente do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP).

Quando fala em transição energética, a indústria brasileira de óleo e gás defende a redução da intensidade de carbono dos produtos — o que, na prática, significa continuar produzindo, mas com menores emissões de gases de efeito estufa. Segundo o executivo, hoje existem campos do pré-sal que produzem petróleo com uma pegada de carbono de 6 quilos de CO<sub>2</sub> por barril, enquanto a média mundial é de 25 Kg CO<sub>2</sub>/barril.

Para o setor petrolífero, a substituição gradual da energia fóssil, o chamado *phase-out*, não deve acontecer antes de 2050, embora diferentes projeções, inclusive as da Agência Internacional de Energia, deem conta de que o pico da produção de petróleo se dará por volta de 2035 — e, a partir daí, sua posterior redução. Estimar o ponto de inflexão do petróleo depende de muitas variáveis, como oferta, demanda, consumo final e abertura de novos poços de exploração e encerramento de outros.

“Estrategicamente, o Brasil precisa avaliar se vale a pena abrir novos poços de exploração de óleo e gás, posto que eles só deverão começar a produzir em um momento em que os fósseis estarão sendo menos demandados. Nesse caso, o investimento em fósseis se torna um *stranded asset*, ou seja, um ativo que perderá o valor antes do previsto”, diz Rosana Santos, diretora-executiva do Instituto E+ Transição Energética, think tank brasileiro com foco em políticas para acelerar a transição energética. Nesse cenário, a especialista defende que as empresas de petróleo e gás invistam na diversificação dos portfólios, aportando fatias maiores em energia não fóssil.

## UM PREÇO SOBRE O CARBONO

A precificação do carbono — seja via impostos sobre atividades intensivas na emissão de gases de efeito estufa ou por meio do mercado de créditos de carbono — é outro fator que, no médio e longo prazos, tende a tirar a competitividade dos combustíveis fósseis. De acordo com o Banco Mundial, hoje existem no mundo 110 mecanismos de precificação implementados em 53 países e 40 jurisdições.

A regulamentação de um mercado global de carbono foi um dos temas que avançaram na COP29, em Baku, com a aprovação dos artigos 6.2 e 6.4 do Acordo de Paris, que estavam em negociação havia nove anos e abrem espaço para a implementação de um mercado internacional de compra e venda desses créditos, com regras claras e a chancela das Nações Unidas. O tema caminhou também no Brasil, com a sanção, no dia 12 de dezembro, da Lei N° 15.042, que institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), após uma tramitação no Congresso que durou mais de três anos, entre diferentes textos.

O fato é que colocar um preço sobre a maior externalidade da produção de energia fóssil, o carbono, muda o jogo e traz um elemento novo para o cenário de preços da energia fóssil — para além das oscilações de curto prazo, motivadas principalmente por instabilidades geopolíticas. “Mesmo que os preços do petróleo caiam junto com a queda da demanda global, a precificação do carbono pode fazer com que ele não seja mais tão atrativo”, diz Santos.



*Andrea Vialli*

# Cardápio de soluções

*Investimentos em  
biocombustíveis avançados  
podem acrescentar US\$ 100 bilhões  
ao PIB brasileiro até 2040*

**D**iesel renovável, etanol de segunda geração, bio-metano, SAF, hidrogênio verde, powershoring fazem parte de um cardápio vasto de opções para decarbonizar a matriz energética global e colocam o Brasil entre os países do mundo com maior potencial para liderar a transição energética e, de quebra, acrescentar US\$ 100 bilhões ao Produto Interno Bruto (PIB) até o início da próxima década. Entre os diferenciais competitivos, estão a experiência de 50 anos do país com biocombustíveis, a partir do programa Proálcool, na década de 1970, somada à vocação agrícola e aos recursos naturais abundantes — sol, vento e biomassa.

A projeção faz parte do estudo *Greener Shores: Brazil's 100 billion decarbonization opportunity*, da consultoria

global McKinsey, que aponta onde estão as oportunidades de negócios no país envolvendo a produção de energia limpa e atividades associadas com a mitigação dos gases de efeito estufa. O documento destaca a forte presença de energias renováveis na matriz elétrica brasileira, próxima de 85%, e, embora seja puxada pela geração hidrelétrica (perto de 60%), a perspectiva é de que as fontes solar e eólica, que atualmente respondem por 20% da matriz e estão em franca expansão, ganhem ainda maior relevância.

O principal motivo é o chamado custo nivelado de energia (LCOE, na sigla em inglês), métrica que mede o custo médio de geração de eletricidade ao longo da vida útil de um ativo energético. Trata-se de um dos principais indicadores da indústria de energia, pois permite comparar o custo da produção a partir de diferentes fontes e tecnologias de geração.

Segundo o estudo da McKinsey, os LCOE das fontes eólica e solar podem diminuir em 27% e 46%, respectivamente, até 2040, colocando o Brasil em um patamar único de competitividade, que se tornariam então as principais fontes de energia do país, potencialmente atingindo 47% de capacidade total instalada e criando um mercado adicional de US\$ 11 bilhões em 2040.

“É nítido o caminho que o Brasil deve seguir nos próximos 30 anos. O crescimento da oferta de energia não virá das hidrelétricas, mas principalmente da solar e eólica. Investir em infraestrutura de transmissão e na tecnologia de baterias para armazenamento de eletricidade será crucial para manter a competitividade”, diz Nelson Ferreira, sócio sênior da consultoria McKinsey. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) estima que serão necessários cerca de US\$ 9 bilhões em investimentos na rede de transmissão entre 2024 e 2028 para permitir o escoamento total do excedente.

“É nítido o caminho que o Brasil deve seguir nos próximos 30 anos. O crescimento da oferta de energia não virá das hidrelétricas, mas principalmente da solar e eólica”

## HIDROGÊNIO VERDE E POWERSHORING

E não é só: o incremento da geração eólica e solar abre caminho para a estratégia chamada de powershoring, que é a formação de clusters industriais próximos a regiões com oferta de energia renovável em abundância. Além de descentralizar a produção de energia, o powershoring aproxima os consumidores dos locais de geração e fomenta a economia regionalmente. O Nordeste brasileiro, por exemplo, é considerado uma das regiões mais promissoras do país para o estabelecimento de powershoring para a produção de hidrogênio verde (H<sub>2</sub>V) — outra grande promessa de descarbonização.

O H<sub>2</sub>V tem potencial para ser utilizado em uma ampla gama de fins — como combustível, armazenamento de energia e matéria prima para diferentes indústrias (amônia, fertilizantes, semicondutores, aço, entre outras) e os projetos para sua produção no Brasil não param de pipocar, com mais de 40 memorandos de entendimento envolvendo empresas e governos, entre eles o do Ceará. Neste ano, o país aprovou o primeiro marco regulatório sobre o combustível, a Lei Nº 14.948, que regulamenta sua produção e comercialização.

O Brasil está se estabelecendo como um local com boa relação custo-benefício para a produção de H<sub>2</sub>V. A análise da McKinsey sugere que o custo nivelado de energia para hidrogênio verde deve atingir aproximadamente US\$ 2,5 por quilo até 2030, posicionando o Brasil como um dos países mais competitivos globalmente para produção de hidrogênio em larga escala. Hoje, o custo nivelado de energia para se produzir H<sub>2</sub>V nos Estados Unidos, um dos países mais avançados na produção, varia entre US\$ 0,50 a US\$ 3 por quilo, a depender da tecnologia utilizada.

## A HORA DO DIESEL VERDE

No campo dos biocombustíveis, a oportunidade para o Brasil é de um mercado de US\$ 40 bilhões até 2040, sendo as tendências mais promissoras o diesel renovável — também conhecido pela sigla em inglês HVO —, o etanol de segunda geração (E2G) e os SAF, combustíveis sustentáveis de aviação (leia mais na página 29) e de navegação, além do biometano.

O HVO (óleo vegetal hidrotratado) é o diesel verde ou renovável. Tem composição semelhante ao diesel de

origem fóssil, mas é produzido a partir de óleos vegetais, como soja e palma. O combustível com conteúdo 100% renovável é uma das principais apostas da Petrobras, que planeja investir US\$ 2,1 bilhões nos próximos anos para desenvolver e ampliar esse mercado. Hoje, a estatal produz e comercializa o R5 (diesel com 5% de conteúdo renovável na composição) e o plano é ampliar a mistura para 10%. A Lei do Combustível do Futuro, sancionada neste ano, prevê que a adição deverá alcançar 30% até março de 2030.

Já o etanol de segunda geração (E2G), produzido a partir de biomassa agrícola, especialmente o bagaço da cana-de-açúcar, tem pegada de carbono 30% menor do que o etanol convencional e é uma promessa especialmente para o mercado externo. O país já é o segundo maior produtor de etanol do mundo e o líder na produção em escala industrial de E2G, que pode escalar até atingir mais de 14 bilhões de litros por ano.

O setor sucroenergético olha com atenção a demanda para os SAF. Atualmente, existem 11 rotas certificadas internacionalmente para produção do combustível — dentre elas, uma tecnologia promissora é a alcohol-to-jet (ATJ), que usa o etanol como matéria-prima. “Essa rota é estratégica para o Brasil porque aproveita a oferta de etanol existente, consolidando o biocombustível como instrumento de descarbonização”, diz Luciano Rodrigues, diretor de Inteligência Setorial da União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (Unica).

“ O etanol de segunda geração (E2G), produzido a partir de biomassa agrícola, especialmente o bagaço da cana-de-açúcar, tem pegada de carbono 30% menor do que o etanol convencional ”

## GÁS DO LIXO

O biometano, um substituto de origem renovável para o gás natural, é outra grande aposta para a descarbonização, pois reduz em 99% as emissões de gases de efeito estufa em comparação aos combustíveis de origem fóssil, e pode ser utilizado em processos industriais e no abastecimento de frotas, substituindo diesel, GLP e óleo combustível, entre outros. A Gás Verde, empresa do grupo Urca Energia que produz biometano a partir do gás metano capturado em aterros sanitários, planeja aumentar a produção dos atuais 160 mil m<sup>3</sup>/dia para 600 mil m<sup>3</sup>/dia até 2028, a partir de 10 novas plantas em aterros sanitários em seis estados.

Hoje, a empresa produz biometano em duas unidades localizadas dentro do aterro sanitário de Seropédica, na Baixada Fluminense, operado pela Ciclus Rio. As cerca de 10 mil toneladas/dia de resíduos do Rio de Janeiro e de cidades vizinhas produzem gás metano durante o processo de decomposição, que é drenado por um sistema de dutos e processado para se transformar no biocombustível, que é armazenado em cilindros e abastece grandes indústrias do entorno, como Ambev, Saint Gobain e L'Oréal. “Nosso objetivo é produzir e distribuir biometano, apoiando estrategicamente a transição energética das empresas. Para isso, é essencial que estejamos bem posicionados geograficamente para acessar os principais mercados”, diz Marcel Jorand, CEO da Gás Verde.

Sozinha, a Gás Verde já é responsável por 50% da produção de biometano do país, com presença em seis estados brasileiros (RJ, SP, MG, BA, PE e MA). São duas plantas de biometano e dez usinas de energia elétrica a partir de biogás, que serão transformadas em plantas de biometano.



*Guilherme Werneck*

# A revolução solar

*Energia solar já é a segunda fonte mais usada no país e ainda há muito espaço para crescimento*

**N**este ano, a fonte solar de energia chegou à marca histórica de 50 gigawatts de potência instalada operacional no Brasil. Isso faz com que ela já seja a segunda fonte energética mais utilizada no país.

Dados deste ano da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar) mostram que ela já corresponde a 20,5% dos pouco mais de 240 gigawatts produzidos no país, atrás apenas das fontes hídricas, que respondem por 40,7% do total. Quando olhamos para os últimos cinco anos, vemos uma aceleração em uma curva impressionante, com crescimento expressivo ano a ano. Para se ter uma ideia, em 2023 a potência instalada era de 37,8 GW e, no ano anterior, 25,4 GW.

A responsável por essa revolução é a célula fotovoltaica. Um quadradinho de silício, normalmente com 182 milímetros de cada lado e cerca de um quinto de milímetro de espessura. Tem fios finos na frente e um contato elétrico na parte de trás. Quando a luz brilha sobre ela, uma voltagem se acumula. Se conectar um circuito

entre a parte da frente e a de trás, e direcioná-la para receber luz solar direta, cada célula dessas pode gerar cerca de sete watts de energia elétrica.

Neste ano, estima-se que sejam produzidas mundialmente cerca de 70 bilhões dessas células solares. São elas que, colocadas entre folhas de vidro, formam o que costumamos chamar de painéis solares. Os residenciais, aqueles colocados nos telhados, normalmente conectam de 60 a 72 células dessas. Mas os industriais podem ser maiores. Escondidos dos olhos nos telhados ou mais aparentes nas varandas e quintais, essas células serão cada vez mais corriqueiras.

Isso porque esse tipo de tecnologia barateia a cada ano. No mercado internacional, a queda foi de 80% na última década. Segundo o Portal Solar, o retorno do investimento em painéis solares chega a ser, em média, de 25% ao ano.

Também há um crescimento do crédito para financiamento de projetos fotovoltaicos. Hoje, apenas no Brasil, há mais de 100 linhas de financiamento de sistemas solares para consumidores, incluindo bancos públicos, privados e cooperativas de crédito.

É um movimento mundial. Ao longo de 2023, as células solares instaladas ao redor do globo produziram cerca de 1.600 terawatts-hora de energia (um terawatt, ou 1 TW, é um trilhão de watts). Isso representou cerca de 6% da eletricidade gerada mundialmente, e pouco mais de 1% do uso de energia primária do mundo. Para gerar esse montante, são usados menos de 10.000 quilômetros quadrados em painéis solares. Não são números que fazem frente à principal fonte de energia mundial, que ainda são as provenientes de combustíveis fósseis, como carvão ou petróleo. Mas elas, para além da questão da emissão de carbono, têm uma grande vantagem em termos de eficiência por não desperdiçarem calor.

Michael Liebreich, analista veterano de tecnologia e economia de energia limpa, descreveu o crescimento da energia solar à revista *Economist* da seguinte forma: “em 2004, o mundo levou um ano inteiro para instalar um gigawatt de capacidade de energia solar; em 2010, levou um mês; em 2016, uma semana. Em 2023, houve dias em que um gigawatt de instalação foi realizado mundialmente. Ao longo de 2024, analistas da BloombergNEF, uma empresa de dados, esperam ver a instalação de 520 GW a 655 GW de capacidade: isso equivale a até dois anos de 2004 em um único dia.”

## POR QUE CRESCE?

São três fatores interligados que explicam esse crescimento acelerado. Um ciclo virtuoso que está na base de muitos negócios. Quando as indústrias conseguem aumentar a escala da produção, o custo unitário cai. Quando as coisas ficam mais baratas, a demanda por elas tende a crescer. E quando isso acontece, consegue-se produzir mais.

No caso da energia solar, a demanda foi criada e sustentada por subsídios no início deste século por tempo suficiente para que os preços em queda se tornassem perceptíveis e, logo depois, previsíveis. Isso fez o crescimento exponencial decolar em escala global.

“ A energia solar  
irá gerar mais  
eletricidade do que  
todas as usinas  
nucleares do mundo  
em 2026 ”

Comprar e instalar painéis solares é atualmente a maior categoria individual de investimento em geração de eletricidade, segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, em inglês), um think tank intergovernamental. Espera-se um investimento de US\$ 500 bilhões neste ano, não muito aquém da soma investida em petróleo e gás. E a capacidade instalada está dobrando a cada três anos. De acordo com a International Solar Energy Society, mantendo esse nível de crescimento, a energia solar irá gerar mais eletricidade do que todas as usinas nucleares do mundo em 2026, mais do que as eólicas em 2027 e mais do que as hidrelétricas em 2028. E irá superar a das usinas a gás em 2030 e das a carvão em 2032.

Ainda assim, é possível imaginar outros cenários, já que a tendência seria uma queda geral dos preços de energia, impactando também o preço dos combustíveis fósseis. E como fazer para desestimular o investimento nas fontes de energia prejudiciais ao meio ambiente? “Eu acho que a única solução real para isso é a regulamentação do artigo 6º do Acordo de Paris, Mercado de Carbono Global. Porque aí, se o petróleo ficar muito barato, o preço do carbono sobe”, argumenta a especialista em energia Rosana Santos, diretora executiva do think tank E+ Transição Energética, que estava em Baku para COP29, e disse que a discussão sobre a implementação desse artigo havia sido iniciada na conferência sobre o clima. No entanto, ela vê com preocupação a movimentação política ao redor das políticas de mitigação do aquecimento global hoje, “não só com a vitória de [Donald] Trump, como com a situação na Alemanha, na Hungria, na Itália, que é um sinal para nós ambientalistas”.

## TRAÇANDO O FUTURO

Um ponto-chave quando falamos em energia solar é o de como estocá-la quando o sol não aparece, seja à noite ou em dias em que está encoberto pelas nuvens. O que é agravado considerando que o maior período de consumo de energia nos lares é justamente o noturno.

Hoje a tecnologia de baterias já consegue dar conta do armazenamento residencial e de indústrias de pequeno e médio portes, conta Samir Moura, do grupo de armazenamento da Absolar. “A gente chama as baterias de canivete suíço, porque existem vários usos para ela”, diz.

Ele conta que as mais simples podem funcionar como back-up da rede elétrica, entrando em funcionamento quando falta energia, mas as mais inteligentes podem ser programadas para ajustar o consumo da bateria a diferentes usos pré-programados. Cabe ao usuário decidir se quer usar a bateria para enviar energia de volta para a rede elétrica, ser usada localmente ou para carregar um carro elétrico, por exemplo.

Esse tipo de produto ainda requer um investimento significativo. Uma dessas baterias de ponta, que podem deixar uma casa iluminada por 5 dias ininterruptos, sai por volta de R\$ 40 mil reais, com garantia de 10 anos. Já para empresas, há modelos mais robustos, com garantia maior, de 15 anos.

Outro ponto de atenção, que pode desacelerar esse crescimento vertiginoso da adoção da energia solar no Brasil, é o aumento de impostos sobre a importação de painéis solares aprovada em novembro deste ano, que elevou a alíquota de 9,6% para 25%. Em nota, a Absolar diz que “a medida prejudica o avanço da tecnologia no Brasil, pois encarece a energia solar para os consumidores residenciais, comerciais, industriais, rurais e públicos, dificultado o acesso à fonte solar pela população, justamente em um momento em que o mundo trabalha para combater as mudanças climáticas”.

Rosana Santos, do E+ Transição Energética, relativiza a ameaça. Ela defende que a aposta na energia solar, sem resolver a cadeia de produção desses painéis no país, exige cuidado, pois pode trazer uma exposição da nossa balança comercial. “O que a gente vê como

“ Outro ponto de atenção, que pode desacelerar esse crescimento vertiginoso da adoção da energia solar no Brasil, é o aumento de impostos sobre a importação de painéis solares aprovada em novembro deste ano, que elevou a alíquota de 9,6% para 25% ”

uma solução industrial pro Brasil nessa questão do solar? Abandonar o uso? Não, de jeito nenhum. Nós temos um grande potencial, mas temos que puxar uma parte da cadeia produtiva de painel fotovoltaico para o Brasil.” Ela dá como exemplo o fato de o país ser rico na extração do silício usado na fabricação dos módulos solares. “A gente poderia atrair uma parte dessa cadeia para o Brasil e começar a fornecer, por exemplo o polisilício, que é um ponto intermediário da cadeia. Em vez de vender o silício a dois dólares a tonelada, poderíamos estar vendendo a cem dólares se fizéssemos o beneficiamento.”

Claro que os caminhos que vamos escolher para fazer parte dessa revolução ainda estão abertos, mas é inegável que, se fizermos esforço para baratear a tecnologia e conseguirmos nos inserir na cadeia produtiva de forma mais relevante, o sol, que é parte indissociável do imaginário cultural do Brasil, pode também ser uma fonte de riqueza.



*Guilherme Werneck*

# Bons ventos e turbulências

*Geração de energia eólica offshore ganha regulamentação no Brasil, com o Congresso embutindo dispositivos que beneficiam termelétricas*

**N**este mês, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) divulgou que o Brasil bateu um novo recorde anual de expansão de geração de energia, chegando à marca de 10.321 megawatts (MW). Para a agência reguladora, o crescimento se deveu à entrada em operação de sete unidades geradoras da usina eólica Serra do Assurá 13, na Bahia, com 31,5 MW de potência instalada. Das novas usinas implantadas neste ano, 115 são de energia eólica.

Uma leitura possível é a de que o país vai de vento em popa. Só que a grande expansão das eólicas não está na terra, e sim no mar. E aí aparecem alguns redemoinhos no cenário. No dia 12 de dezembro, o Senado

aprovou o texto-base do Projeto de Lei (PL) 576/2021, que regulamenta a exploração de energia eólica offshore e estabelece um marco regulatório para viabilizar investimentos no setor eólico em alto-mar, considerado essencial para a transição energética.

Dentre os pontos principais do PL, há previsão de autorização de instalação de parques eólicos no mar territorial, na zona econômica exclusiva e na plataforma continental brasileira, além do estabelecimento da necessidade de leilões para concessão de áreas, dividindo o processo em duas fases — avaliação e execução — e definição de que as concessões deverão ser formalizadas por contratos de cessão de uso, regulados pelo governo federal.

Tudo muito correto, a não ser por um pequeno detalhe. O texto-base mantém as alterações feitas pela Câmara dos Deputados, incluindo dispositivos adicionais ao tema central do projeto, chamados no jargão de Brasília de jabutis. Nesse caso, indo totalmente na contramão do espírito de uma lei que favoreça a energia limpa, os congressistas embutiram no PL benefícios a usinas termelétricas a carvão e a gás natural, prevendo a contratação compulsória de 4,2 gigawatts (GW) de termelétricas a gás natural com operação inflexível, além da prorrogação dos contratos para usinas térmicas a carvão até 2050.

Além disso, o relator do PL, senador Weverton Rocha (PDT-MA), acatou destaques que reintegraram o artigo 24, aprovado na Câmara dos Deputados, com benefícios para a Micro e Minigeração Distribuída (MMGD), outro tema que nada tem a ver com a regulamentação das eólicas offshore. O texto agora vai para o Executivo, que pode sancionar ou vetar essas inclusões do Legislativo.

“A parte do PL que trata de offshore é ótima, não podemos ficar sem regulamentação, é necessário”, avalia a especialista em transição energética Rosana Santos, diretora executiva do think tank E+ Transição Energética, “mas a que inclui incentivos e benefícios para o gás é andar na contramão da história”, completa, lembrando que 80% dos equipamentos utilizados na geração desse tipo de energia são feitos no Brasil, impulsionando a economia local.

“ 80% dos  
equipamentos  
utilizados na geração  
desse tipo de energia  
são feitos no Brasil,  
impulsionando a  
economia local ”

Em nota, o diretor de novos negócios da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), Marcello Cabral, reforça que o PL irá garantir investimentos que irão colaborar com uma série de benefícios sociais e econômicos para a economia brasileira. “Temos agora uma lei de Offshore cujo texto-base é consistente e amigável aos investidores. Agora, contamos com a sensibilidade do nosso governo federal para que avalie e considere o veto para as matérias estranhas incorporadas no texto ao longo deste processo”, diz.

## VETO INCERTO

O veto não é certo. Reportagem do *Poder360* logo após a aprovação diz que, nos bastidores, senadores afirmam que se Lula vetar os trechos com os jabutis, o Congresso derrubará o veto presidencial. E lembra que, apesar de o ministro de Minas e Energia, Alexandre Silveira (PSD-MG), ter criticado abertamente os jabutis, e de o PT ter apresentado um destaque para suprimi-los do texto no Senado, 46 dos 58 deputados petistas votaram a favor da emendas na Câmara e os 12 restantes se abstiveram.

Independentemente do imbróglio político, que depende mais da queda de braço do governo federal com o Centrão, especialistas vêem a adoção das eólicas offshore como um grande benefício para um país com a dimensão costeira do Brasil. Neste ano, um estudo do Banco Mundial em parceria com o ministério das Minas e Energia e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) afirma que a implementação de usinas no mar é capaz de criar mais de 516 mil empregos até 2050, podendo trazer um valor agregado bruto de R\$ 900 bilhões para a economia brasileira. O estudo diz ainda que essa fonte tem potencial de gerar 1.200 gigawatts (GW), o que representa quatro vezes a capacidade instalada atual do país.

Para Rebeca Doctors, especialista em energia renovável do Banco Mundial, as eólicas offshore podem ser um bom complemento à nossa rede hidrelétrica. “Ela tem como ser uma fonte atenuante da variabilidade da energia hidrelétrica, e isso faz com que ela tenha o potencial de se tornar uma fonte extremamente importante para a matriz energética brasileira.”

Resta saber se teremos um avanço puro e simples, mantendo a nossa matriz limpa ou se vamos ceder aos interesses dessa legislatura, que nem sempre estão alinhados a um futuro menos poluente.



*Andrea Vialli*

# Voando verde

*Brasil pode ser um dos maiores fornecedores globais de SAF, os combustíveis sustentáveis de aviação e a hora de investir é agora*

O mercado para os combustíveis sustentáveis de aviação (SAF, na sigla em inglês) ainda engatinha no mundo, mas promete ser uma das principais fronteiras para a descarbonização num horizonte de dez anos. O Brasil tem potencial para ser um dos maiores fornecedores globais de SAF, pois gera 2 bilhões de toneladas de resíduos por ano, que poderiam ser convertidos em 9 bilhões de litros de SAF, o suficiente para reduzir as emissões da aviação em 15% até 2030. É o que sugere um estudo da coalizão First Movers, grupo formado no Fórum Econômico Mundial para promover a redução das emissões de gases de efeito estufa dos setores mais poluidores, como aço, alumínio, cimento, aviação, transporte naval e rodoviário.

Os SAF são substitutos de origem renovável para o querosene das aeronaves, e podem ser obtidos a partir de uma ampla gama de matérias-primas — gorduras, resíduos agrícolas, etanol — por meio de diferentes rotas tecnológicas. Dentro e fora do Brasil, começam a avançar as regras e os compromissos rumo à descarbonização do setor aéreo, que responde por algo entre 2% a 3% das emissões de gases de efeito estufa globais. O Brasil é signatário de uma aliança global para promover o uso de biocombustíveis na aviação internacional estipulada em 2022 pela Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO), com a meta de atingir emissões líquidas de carbono zero até 2050.

Em outubro, foi sancionada pelo presidente Lula a Lei do Combustível do Futuro, que estabelece programas para promover a mobilidade sustentável e posicionar o país na transição energética, com programas e metas relacionadas aos SAF, biometano e outros biocombustíveis, além de aumentar a mistura de etanol e de biodiesel à gasolina e ao diesel, respectivamente. A partir de 2027, os operadores aéreos serão obrigados a reduzir sua intensidade de carbono por meio dos SAF partindo de 1% de redução até gradativamente alcançar 10% em 2037.

“O Brasil tem todas as condições para estar na vanguarda desse cenário competitivo, que deve virar realidade em um horizonte de, no máximo, 15 anos. Para isso, é preciso atuar em três frentes: regulamentação, desenvolvimento tecnológico e oferta do combustível, já que a demanda virá”, diz Nelson Ferreira, sócio sênior da consultoria McKinsey. O primeiro passo já foi dado com a Lei do Combustível do Futuro; o momento, agora, é de se preparar para ofertar o SAF.

Segundo Ferreira, a demanda global estimada para o SAF é de 55 milhões de toneladas até 2035, sendo que o Brasil pode destinar 25 milhões de toneladas para exportação. No Brasil, a produção do querosene sustentável pode ainda estimular a restauração em larga escala de pastagens degradadas com o plantio de culturas como a cana-de-açúcar e a macaúba, palmeira nativa do Cerrado brasileiro, o que dotaria a produção do SAF de uma pegada negativa de carbono — tanto pela substituição do combustível fóssil quanto pela captura do carbono com o crescimento das plantas.

## ROTAS E MATÉRIAS-PRIMAS

A principal vantagem do SAF é que ele é um combustível *drop-in*, ou seja, não requer que as aeronaves sejam adaptadas para recebê-lo. Existem pelo menos quatro principais rotas tecnológicas para fabricação de SAF: a HEFA (sigla em inglês para ésteres e ácidos graxos hidroprocessados); a GFT (gaseificação Fischer-Tropsch); AtJ (álcool para jato) e PtL (energia para líquidos).

De todas elas, a HEFA é considerada a mais viável comercialmente, pois utiliza o refino de óleos vegetais, sebo bovino e gorduras residuais por meio de um processo que utiliza hidrogenação. Já a tecnologia AtJ utiliza como matérias-primas o etanol, que pode ser de primeira ou segunda geração, e o isobutanol. “Em ambas o Brasil pode se tornar competitivo no médio prazo, mas será necessário acelerar os investimentos. Já estamos atrasados”, diz Ferreira.

Um dos maiores projetos de produção de SAF do Brasil será da Acelen Renováveis, empresa de energia renovável do fundo Mubadala Capital, de Abu Dhabi, que está investindo US\$ 3 bilhões na primeira planta integrada para combustíveis renováveis a partir da macaúba.

Prevista para começar a operar no início de 2027, a biorrefinaria está em fase final de projeto e começará a ser construída em 2025 em São Francisco do Conde (BA) e deverá produzir 1 bilhão de litros/ano de bio-combustíveis — SAF e diesel renovável são as apostas da empresa. A localização é estratégica, pois fica próxima ao Temadre, o terminal marítimo com maior calado do Nordeste, o que deve facilitar o escoamento da produção.

Outros investimentos do projeto incluem a implementação de uma fazenda-modelo para produção de macaúba, também na Bahia, que deverá ter entre 4 a 5 mil hectares e utilizar áreas de pastos degradados; e depois a expansão dos cultivos da macaúba, que devem abranger 180 mil hectares nos Estados de Minas Gerais e Bahia. Está previsto ainda um centro de inovação tecnológica agroindustrial em Montes Claros (MG), que receberá investimento total de R\$ 314 milhões, sendo R\$ 258 milhões financiados via Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

No local, a empresa pretende promover pesquisas voltadas ao aumento da eficiência da macaúba, em parceria com a Embrapa Agroenergia — por ser uma planta nativa, ela precisa ser domesticada para produzir com bom desempenho, o que inclui ainda a produção de sementes e mudas. A escolha da palmeira não foi por acaso — a planta tem alta densidade energética, grande capacidade de regenerar o solo, capturando carbono, e não compete com a produção de alimentos. “A domesticação da macaúba não é um projeto de uma empresa, ou nem mesmo de um país, mas um projeto para o mundo”, diz Victor Barra, diretor de agronegócios da Acelen Renováveis.

## TESTES

De acordo com o estudo da coalizão First Movers, atualmente os SAF estão sendo testados em 100 aeroportos no mundo todo e 45 companhias aéreas já assinaram acordos de compra do combustível estimados em US\$ 45 milhões. No Brasil, onde a aviação civil responde por 1% das emissões de gases de efeito estufa do país, algumas companhias aéreas vêm testando uma mistura de SAFs com querosene, e a Embraer realizou testes com seu jato E195-E2 em voos 100% supridos com o combustível alternativo.

Em 2021, a Latam estabeleceu uma meta para que o SAF representasse 5% de todo o consumo de combustível até 2030 e, em 2023, foi a vez de a Gol anunciar um projeto de compensação de emissões por meio do modelo conhecido como *book & claim*, onde uma empresa aérea se apropria dos créditos de carbono gerados por outra que já utiliza o SAF como meio de mitigar carbono.

A companhia optou pelo modelo em razão de o SAF ainda não ter produção comercial, nem cadeia produtiva estruturada no Brasil — o que será questão de (pouco) tempo, na visão dos especialistas. Hoje a principal barreira são os custos altos de produção, estimados em entre US\$ 1,4 mil e US\$ 3 mil por tonelada, a partir dos processos GFT ou PtL, o que equivale a cerca de quatro vezes o custo médio do combustível de aviação no Brasil.

“ A palmeira tem alta densidade energética, grande capacidade de regenerar o solo, capturando carbono, e não compete com a produção de alimentos ”

# Para ir mais fundo

*Links para os principais estudos e dados citados neste relatório*

## **DEPENDÊNCIA FÓSSIL**

Plano Decenal de Expansão de Energia 2034, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

## **CARDÁPIO DE SOLUÇÕES**

Greener Shores: Brazil's 100 billion decarbonization opportunity (Costas Mais Verdes: A oportunidade de descarbonização de 100 bilhões do Brasil), da McKinsey

## **A REVOLUÇÃO SOLAR**

Dados de Energia Solar no Brasil da (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar)

Global Overview (Visão Global), IEA (Agência Internacional de Energia, na sigla em inglês)

## **BONS VENTO E TURBULÊNCIAS**

O tamanho da indústria eólica no Brasil, Associação Brasileira de Energia Eólica, (ABEEólica)

## **VOANDO VERDE**

Aviation Commitments (Compromissos para a aviação), First Movers



meio

*canalmeio.com.br*