



www.fundacaopodemos.org.br

Economia Carbono Zero

Rua Francisco de Moraes, 329
Chácara Santo Antônio | São Paulo, SP
+55 (11) 5184-1155



SUMÁRIO

01. Introdução	04
02. Mudanças Climáticas Antrópicas	05
03. Acordo de Paris (2015)	05
04. Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) do Brasil	06
05. Caminhos para 2050	06
05.1 O uso global de energia na última década	
05.2 2 Trilhos e 1 Denominador Comum	
05.3 Transição em 2030 e 2040	
05.4 Carbono Zero em 2050	
06. Desafios e Oportunidades para o Brasil	10
06.1 Petróleo	
06.2 Gás Natural	
06.3 Energias Renováveis (ERs)	
I) Energia Solar	
II) Energia Eólica	
III) Biomassa e Biocombustíveis	
IV) Eficiência Energética	
V) Energia Geotérmica	
VI) Hidrogênios Azul e Verde	
VII) Captura, Armazenamento e Utilização de Carbono (CCUS)	
VIII) Mineração	
07. Conclusão	21
07. Referências	22

Meio Ambiente e Futuro

Desde a Conferência de Estocolmo de 1972 o mundo parecia ter acordado para colocar a agenda ambiental no rol das principais preocupações para o futuro da humanidade. Parecia evidente que continuar o ritmo de crescimento sem a conciliação com a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade levaria o mundo para uma catástrofe sem precedentes. Ou melhor, levaria o mundo para o encontro de seu fim muito antes do imaginado em histórias e ficções. Aliás, foi nesse sentido que o conceito de desenvolvimento sustentável ganhou espaço nas discussões acerca do crescimento econômico e desenvolvimento social.

Todavia, apesar dos avanços seguintes a 1972, como por exemplo a ECO-1992, a Rio + 20, o Acordo de Paris e todas as demais conferências e tratados firmados em âmbito global, o mundo parece hoje estar jogando contra si mesmo. Negacionistas do aquecimento global ganharam uma voz estridente no novo mundo das redes sociais, o ritmo da devastação das florestas acelerou-se assustadoramente, a fome voltou a assombrar o mundo em desenvolvimento e agravou-se nas regiões mais pobres do planeta, a concentração de renda ampliou-se entre os mais ricos, assim como a distância deles para os mais pobres.



Para além disso tudo, as crises políticas têm demonstrado que o mundo não sustentará por muito tempo uma matriz energética fundamentada em combustível fóssil. A guerra na Europa entre Rússia e Ucrânia deixou claro que o mundo precisa buscar alternativas limpas, sustentáveis e que não dependam tão somente do jogo geopolítico de forças. Sem contar os graves efeitos da pandemia que provocaram alterações na infraestrutura global, aumentando a pressão inflacionária e a utilização do petróleo como força motora da estrutura de produção e escoamento de muitos países, tal como o Brasil.

Ou seja, o cenário não é favorável para continuarmos ignorando ou não levando o debate acerca da preservação do meio ambiente a sério. Guerras, pandemia, inflação, escassez de alimentos, fome, miséria, poluição, doenças respiratórias, aumento na incidência de câncer parecem ainda não ser suficientes para deixar mais do que claro para muitos de que ou levamos essa discussão a sério, ou flertaremos fortemente com a nossa própria destruição.

Na esteira da realização da Conferência do Clima de 2022, realizada no Egito, e com a esperança de contribuímos seriamente para o debate é que a Fundação Podemos vem, com orgulho, mas principalmente com preocupação, apresentar o Box de Estudos sobre o Meio Ambiente, preservação, proteção e desenvolvimento. Esperamos, assim, que com a leitura desse material um passo importante seja dado para que possamos voltar ao rumo estabelecido em 1972, na cidade de Estocolmo.

AUTOR:

Ricardo Camargo

A stylized, handwritten signature in black ink, corresponding to the author's name Ricardo Camargo.

Introdução

Em 9 de agosto de 2021, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) apresentou o 6º Relatório de Avaliação sobre Mudanças Climáticas: as bases das ciências naturais (AR6). A emissão de “Gases causadores de Efeito Estufa” (GEEs) por atividade humana é relevante desde 1750, mas se consolidando a partir da década de 1850. Desde 1980, a temperatura global de cada década é maior do que a anterior.

Quais são as consequências? Elas são variáveis conforme a localização no globo, mas podem ir do aumento de períodos secos, à elevação dos oceanos, irregularidade pluviométrica, inundações, invernos mais rigorosos, perda de biodiversidade etc.

Em um cenário caótico, no qual nada é realizado de forma globalmente coordenada (i.e., o cenário chamado “negócios como sempre” / “business as usual”), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em 2016, calculou um custo de 500 bilhões USD por ano, em 2050.

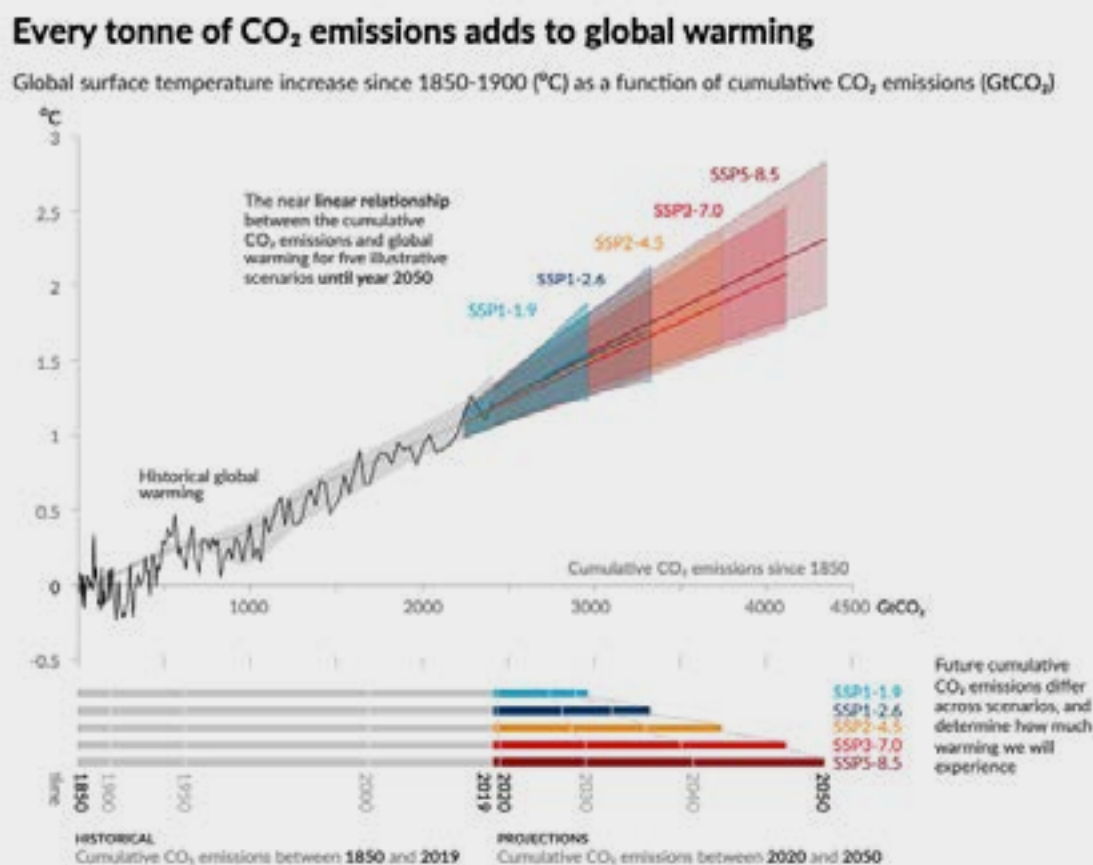


Figure SPM.10: Near-linear relationship between cumulative CO₂ emissions and the increase in global surface temperature.

Figura 1. Mudança da Temperatura Global

¹https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf acessado em 10.08.2021

²OCDE (2011). Towards a Green Growth. OCE Publishing

um dos fatores de produção (i.e., indo além de capital, trabalho, bens, serviços e conhecimento) e vetor do crescimento do futuro. Este futuro é o nosso presente. O que chamamos de “Retomada Verde Digital” no pós-pandemia é movida por choques de inovações, produtividade e novos mercados. Esse momento oferece oportunidades, ao mesmo tempo que apresenta desafios a serem superados. O Brasil possui uma condição singular de liderar esse processo, seja por seu acervo de infraestrutura, população, localização e geografia; todavia, tais condições não levam de forma inerte o País a essa posição. Diante do “sinal vermelho” é preciso conhecimento, estratégia e ação. Esperamos com esse conteúdo contribuir para isso.

Mudanças Climáticas Antrópicas

Em 1988, duas organizações internacionais, as já mencionadas OMM e PNUMA, criaram o PICC, um centro de pesquisa e de apoio científico sobre o tema localizado em Genebra (Suíça). Com isso, os relatórios produzidos pelo PICC servem de referência para Estados e para a comunidade internacional como um todo na compreensão das causas humanas para o aquecimento global e como ele afeta a produção de alimentos, a biodiversidade e a saúde humana.

Foram os estudos compilados pelo PICC, que conduziram à comprovação não apenas de que os “Gases causadores de Efeito Estufa” (GEEs) de fonte humana, em especial, a partir da 2ª Revolução Industrial, meados do século XIX, veem aumentando a temperatura média global, mas que tal aumento é causa direta da diminuição da biodiversidade, de grandes desastres ambientais, da limitação para produção de alimentos, impondo inúmeros desafios à saúde humana.

Acordo de Paris, de 2015 (AP15)

Em 2015 foi celebrado o Acordo de Paris (AP15), um dos dois principais protocolos, junto com o Protocolo de Quioto, da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, de 1992 (UNFCC, sigla em inglês). O seu objetivo principal é o de manter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais e limitar esse aumento da temperatura a 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais. A partir da segunda metade desse século (2050), neutralizar as emissões humanas de GEEs, compensando-as com medidas de contenção.

De maneira geral, a UNFCC e o Protocolo de Quioto estabeleciam uma divisão de responsabilidades entre diferentes categoriais de países, havendo mais compromissos para os países desenvolvidos e para aqueles que estavam saindo do modelo socialista do que para países em desenvolvimento, como o Brasil. Porém, a partir do AP15, as metas passaram a se colocar para todos os Estados Partes, a partir de compromissos individualmente apresentados: as Contribuições Nacionalmente Determinadas (CNDs).

Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) do Brasil

O Brasil, em 2020, assumiu os seguintes compromissos em suas NDCs:

- Redução de 37% das emissões líquidas totais de GEEs até 2025;
- Redução de 43% das emissões líquidas totais de GEEs até 2030;
- Neutralização em 2060.

Caminhos para 2050

Não obstante o prazo para a descarbonização da economia pareça ser longo, 30 anos, o lapso temporal é estreito diante dos desafios.

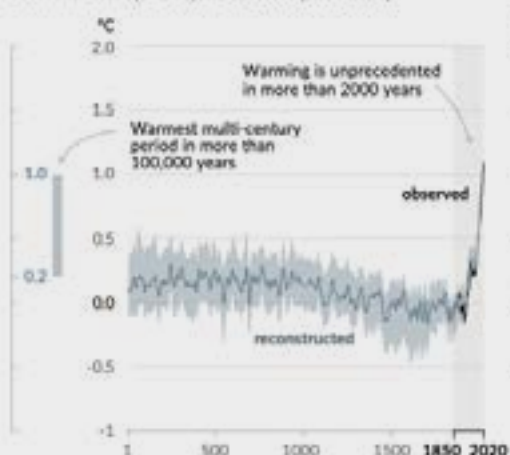
Em 2019, o Brasil produziu pouco mais de 2,1 bilhões toneladas de CO₂, dos quais as maiores fontes são, em ordem decrescente: mudança de uso da terra (44%); agropecuária (28%); energia (19%); processos industriais (5%); resíduos (4%).

Como se pode perceber dos números apresentados, as atividades do campo (agropecuária e desmatamento) e a nossa matriz energética são as grandes fontes de emissões brasileiras. Portanto, a estratégia nacional de descarbonização precisa contemplar essas atividades para que seja eficiente.

Human influence has warmed the climate at a rate that is unprecedented in at least the last 2000 years

Changes in global surface temperature relative to 1850-1900

a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and observed (1850-2020)



b) Change in global surface temperature (annual average) as observed and simulated using human & natural and only natural factors (both 1850-2020)

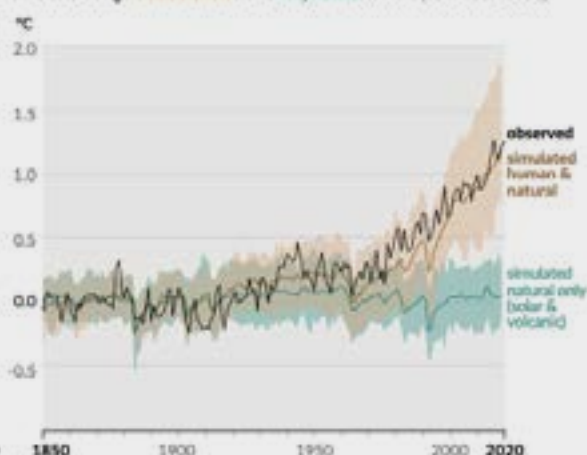


Figure SPM.1: History of global temperature change and causes of recent warming.

Figura 2.

³http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission# SEEG Brasil (2020)

O uso global de energia na última década

Não há um caminho para a descarbonização, mas alguns caminhos a depender das estratégias escolhidas por estados, empresas, cidadãos, pelas realidades nacionais, regionais e locais. Ademais, o processo se dá em, em geral, em três fases: 2030, 2040 e 2050.

Atualmente estamos em uma bifurcação, por um lado, conforme a Agência Internacional de Energia (IEA), as emissões de gás carbono devem alcançar o segundo maior crescimento na história atingindo 33 gigatoneladas, por outro lado, os países estão apresentados compromissos cada vez mais ousados para descarbonização.

Da mesma forma, como veremos, os esforços para descarbonização ocorrerão ao mesmo tempo em que, conforme a IEA (i) a produção de petróleo atingirá o seu pico até 2030, por força da demanda das economias emergentes e (ii) a produção de gás natural será um elemento chave para a transição. Portanto, a rota da descarbonização não é tão simples quanto parece.

2 Trilhos e 1 Denominador Comum

Em grande medida, o caminho para uma economia livre de carbono ocorrerá por meio de dois trilhos tecnológicos e um denominador comum. O primeiro trilho tecnológico ocorrerá na primeira década (2030) com a adoção, em maior escala, de tecnologias e processos que já existem no mercado, quais sejam:

- eficiência energética
- energia hídrica
- energia solar
- energia eólica
- energia nuclear
- biocombustíveis

O segundo trilho tecnológico ocorrerá entre a segunda e a terceira década (2040 e 2050) e se valerá de tecnologias que estão em diferentes fases de desenvolvimento e de aplicação, mas que ainda não estão disponíveis no mercado:

- soluções de hidrogênio
- energia geotérmica
- tecnologias nucleares avançadas
- tecnologias de bioenergia avançadas
- Captura e Armazenamento de Carbono (CCUS)

Já o denominador comum é a eletrificação da economia. Para que muitas das tecnologias sejam aplicáveis em escala e possam ter um efeito de radiação sobre outros usos de combustíveis fósseis (indústria e transporte, e.g.) a eletrificação é a condição necessária. Sem ela não poderemos ter o uso em massa de Veículos Elétricos, nos beneficiar

da eficiência vinda da digitalização ou do uso de energia solar, eólica e hídrica. Para alguns lugares do mundo, como a África, esse desafio é hercúleo, haja vista que das cerca de 785 milhões de pessoas sem acesso à eletricidade, aproximadamente 570 milhões estão na África subsaariana.

Sendo assim, cada economia e sociedade terá de encontrar as possibilidades diante de suas necessidades e realidades. Se, por um lado, o Brasil está muito bem posicionado para o caminho da descarbonização, por outro lado, ele também tem os seus desafios e os riscos das escolhas de suas ações e inações.

A década de 2020 será a de maior expansão de energia limpa dentro dos padrões tecnológicos e processos já em uso pelo mercado. Em 2018, o Consumo de Energia Total Final (TEFC) com origem em Energias Renováveis (ERs) foi de 17,1%. Em verdade, essa é uma cifra anterior a 1999, quando o TEFC das ERs foi de 17,5%. Isso, no entanto, não significa que retrocedemos, mas que houve um deslocamento com a redução da ER vinda de biomassa e energia hídrica por energia solar e eólica. A biomassa corresponde a 70% das ERs e, na sequência, temos as energias hídrica, eólica e solar.

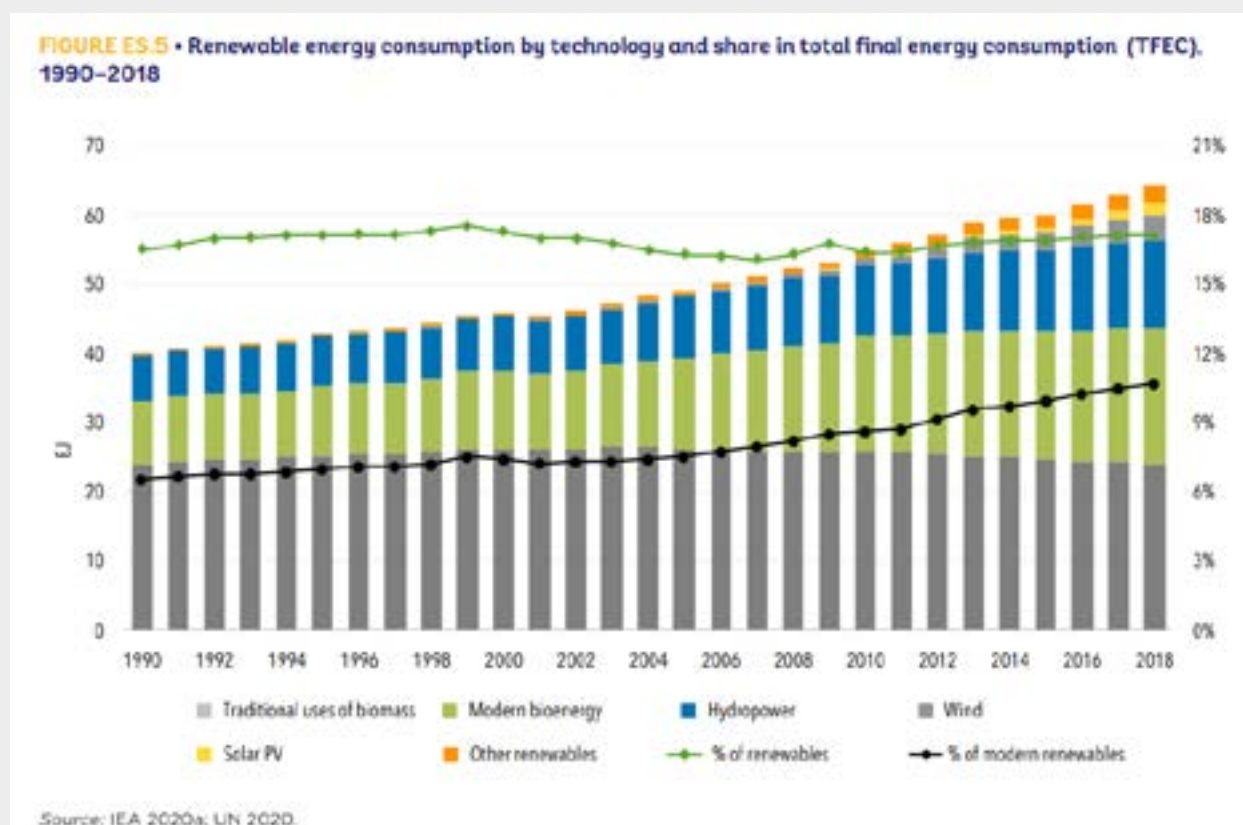


Figura 3. (ENERGIA RENOVÁVEL PERCENTUAL DE CONSUMO)⁹

⁴IEA: Global Energy Review, 2021.

⁵ IEA, IRENA, UNSD, World Bank, WHO. Tracking GSD⁷: The Energy Progress Report, 2021. World Bank, Washington DC.

⁶ IEA et al., 2021.

⁷ É importante destacar aqui que o conceito de biomassa que se utiliza nessa referência é muito mais amplo do que a energia retirada da cana-de-açúcar, milho ou beterraba, pois considerada formas tradicionais de biomassa como carvão vegetal, madeira e esterco animal, ainda muito utilizados no continente africano, por exemplo (IEA et al., 2021).

⁸ IEA et al., 2021.

⁹ IEA et al., 2021.

Transição em 2030 e 2040

Para se atingir os patamares considerados necessários pela IEA para a descarbonização, até 2030, a produção de energia solar deverá ser incrementada em 630 GW por ano, ao passo que a energia eólica terá de ser incrementada em 390 GW por ano. Isso representa quadruplicar os níveis dessas energias partindo dos números do ano de 2020.

As energias renováveis possuem o seu uso distribuído de forma decrescente entre eletricidade, aquecimento/resfriamento e transporte. A eletricidade é o uso de ER que mais cresceu na última década., sendo que a China representou 40% desse crescimento, seguida por Índia, Brasil e Estados Unidos. Entre 2010 e 2020, nas economias em desenvolvimento, a energia hídrica contava com cerca de 80% do total de ER ao passo que em 2019 sua participação caiu para cerca de 50% do total. Energia solar, eólica e bioenergia moderna foram as principais fontes de ERs que substituíram a energia hídrica com uma participação marginal de energia geotérmica e marítima. O aquecimento e resfriamento residencial é um dos maiores desafios no processo de descarbonização, primeiro porque ele é altamente dependente de combustíveis fósseis, em segundo lugar, porque à medida que o processo de eletrificação avança ele reduz o uso de biomassas tradicionais, mas não necessariamente é substituído por biomassas modernas. Nos transportes, os biocombustíveis líquidos (etanol de plantações e biodiesel) representam 91%, mas com uma distribuição muito desigual no mundo. Basicamente, o crescimento do etanol de plantações se deu pelo Brasil, ao passo que o uso de biodiesel se deu pela Europa. No final desta década, no entanto, já se fizeram presentes os VEs, com 9% do mercado.

Por um lado, tais esforços representam a possibilidade de criação entre 14 a 30 milhões de postos de trabalho, conforme a intensidade da transição, por outro lado, 5 milhões de postos serão extintos. Certamente a distribuição ao redor do mundo dos postos de trabalho criados e extintos não será igualitária e dependerá muito das escolhas que foram e que estão sendo feitas agora pelos tomadores de decisão.

Carbono Zero em 2050

Espera-se chegar em 2050 com 2/3 da energia produzida vinda de fontes renováveis (eólica, solar, bioenergia, geotérmica, hidrogênio), destacando-se entre elas a solar. Para tanto, a IEA apresenta os 7 princípios que devem conduzir até esse objetivo:

1. A Recuperação Sustentável pode oferecer uma oportunidade para o início do caminho a uma economia carbono zero
2. Estratégias alinhadas, claras, ambiciosas e exequíveis para 2030 e além são fundamentais
3. Transições são mais rápidas quando compartilhadas
4. Setores carbono zero e inovações são essenciais para atingir uma economia global

carbono zero

5. Mobilizar, identificar e referenciar investimentos públicos e privados podem ser o vetor para atingir uma economia global carbono zero.

6. Transições centradas em pessoas são moralmente exigíveis e politicamente necessárias

7. Sistemas de carbono zero emergentes também precisam ser sustentáveis, seguros, economicamente viáveis e resilientes

Desafios e Oportunidades

Usando os Estados Unidos como referência e proxy do mundo, foi em 1850 que o carvão mineral se consolidou como a principal fonte de energia, superando a biomassa tradicional (i.e., carvão vegetal). Em 1950, ele perdeu essa posição para o petróleo, que desde então se mantém, junto com o gás natural, a grande base da energia que sustenta as atividades econômicas em nosso planeta. As três Revoluções Industriais até agora foram sustentadas por matrizes energéticas de alto nível de produção de GEEs e o planeta não pode se dar ao luxo de ter a sua quarta com esse mesmo padrão. Em um cenário de forte comprometimento com a descarbonização, a grande mudança deve ocorrer em meados da década de 2030.

O que é um desafio para o mundo, pode ser um leque amplo de oportunidades para o Brasil, mesmo que tenhamos os nossos desafios decorrentes do compromisso de descarbonização.

Se, por um lado, é fato que a nossa matriz energética é diversa e com excelente participação de energias renováveis, por outro lado, somos um relevante produtor de petróleo e de gás natural que fez vultuosos investimentos nesses setores e com amplas reservas ainda não exploradas.

Os combustíveis fósseis, a principal fonte de emissão de GEEs, representaram 53,82% (2019) das fontes de energia primária no Brasil, chegando a pouco mais de 1,8 mil TWh (2019) utilizados, o que em termos globais posiciona o Brasil muito bem no sentido da busca da descarbonização. Como veremos, porém, são múltiplos os efeitos da descarbonização, cada qual com seus desafios e oportunidades.

Petróleo

O mundo consumiu, em 2019, mais de 53 mil TWh de energia em forma de petróleo, em uma produção mundial de quase 95 milhões de barris por dia, dos quais 2,8 milhões são produzidos no Brasil, o que nos posiciona entre o 6º ou o 10º maior produtor do mundo,

¹⁰ Em termos de energia elétrica, 83% da nossa matriz é renovável. Sendo 63,8% em hidroeletricidade e 36,2% em outras fontes renováveis (2,2% eólica, 9,0% biomassa, 8,6% gás natural, 1,7% solar e 7,8% em outras fontes). <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>

¹¹ Apenas para efeito de comparação, no mesmo ano a China fez uso de 33 mil TWh em combustíveis fósseis, os Estados Unidos 21 mil TWh e a Índia 8,6 mil TWh.

¹² < <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=709&t=6>> EUA [2021]

¹³ ANP, 2020

caso se incluam os biocombustíveis.

Sem dúvida os países membros da Organização dos Países Produtores de Petróleo (OPEP) são os grandes atores nesse mercado, com mais de 70% das reservas do mundo. Porém, sendo o 9º maior consumidor do mundo de petróleo, o Brasil não pode deixar de pensar a questão dessa importante fonte de energia.

As projeções da IEA indicam para uma queda de 75% na produção diária de barris de petróleo em 2050, caso o mundo coordene ações para a descarbonização. Considerando o volume de recursos financeiros e o tempo de maturação de novas reservas, a janela de oportunidade para novos campos de produção é muito estreita. Logo, novos campos como a Bacia do Arco Norte (litoral do Amapá ao Maranhão).

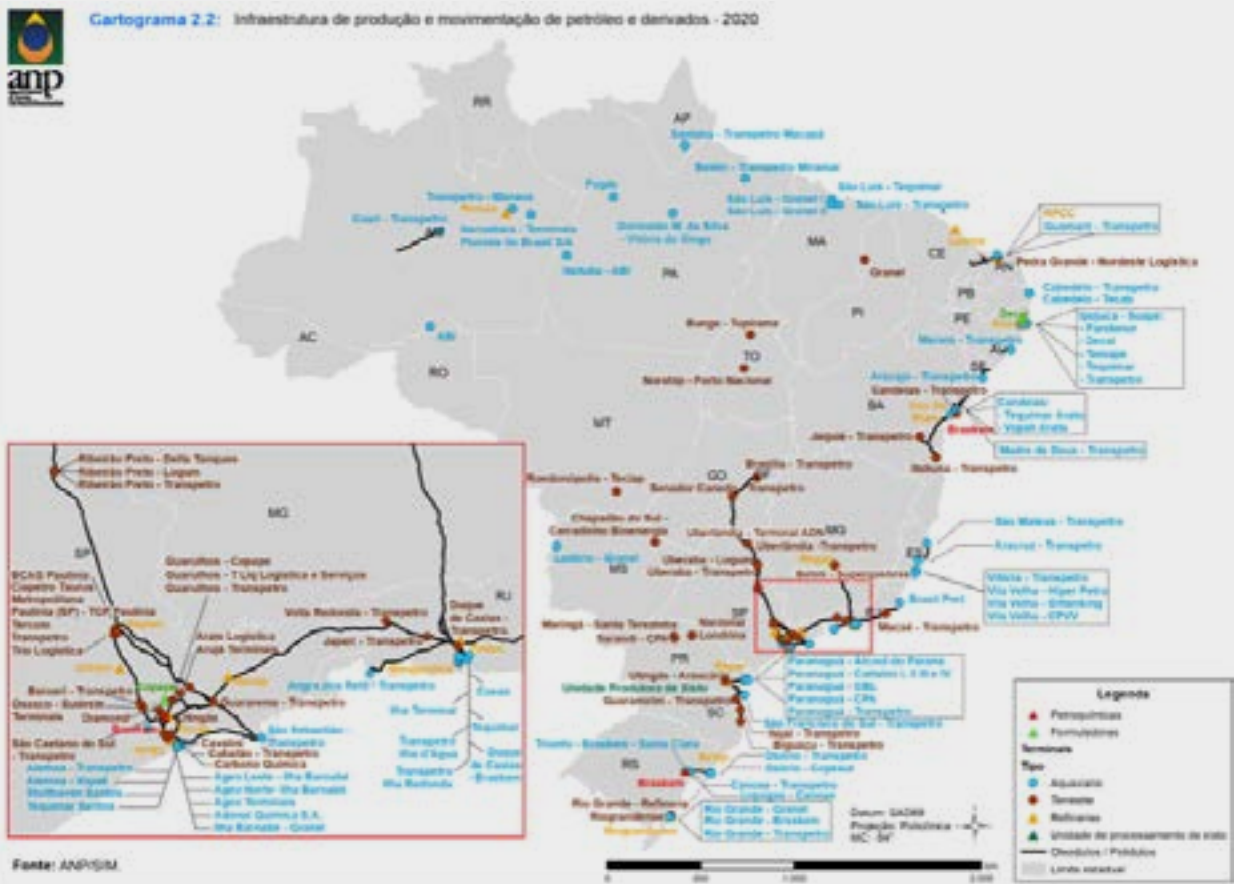


Figura 4. (CARTOGRAMA DE INFRA E PROD PETRÓLEO)

Gás Natural

O Gás Natural é um dos elementos-chave da transição energética, em um primeiro momento devido à sua capacidade de substituir razoavelmente o petróleo e o carvão mineral e ter, em média, uma menor emissão de GEEs do que esses dois. Em um segundo momento, o uso do Gás Natural pode ser combinado com novas matrizes de energia como o hidrogênio azul via CCUS. Tanto que as projeções da IEA para a redução da produção de Gás Natural são menores do que aquelas para o petróleo, havendo um aumen-

to nos próximos cinco anos para, em 2050, haver uma queda de 55%.

Isso coloca esse mercado em uma situação melhor do que a do anterior para o País, tendo em vista o potencial do País para produzir muito mais do que produzimos atualmente. Hoje, somos o 31º em produção mundial, com 25,8 bilhões de m³, mas tal posição tende a mudar com o avanço sobre a Bacia de Santos e com o início da exploração da Bacia de Sergipe e Alagoas (offshore) ou do Recôncavo Baiano (onshore).

Nesse sentido é muito oportuna a promulgação da Lei 14.134, de 2021 (“A Lei do Gás”), que dispõe sobre o transporte, escoamento, tratamento, processamento, estocagem subterrânea, acondicionamento, liquefação, regasificação e comercialização de Gás Natural, pois ao substituir o modelo de concessão pelo de autorização deve dinamizar os investimentos, especialmente em gasodutos.

Os navios mercantis produzem 18% a 30% de todo óxido nítrico, um dos GEEs (IEA, 2021). Considerando que 90% do comércio internacional de mercadorias se dá pelos mares e oceanos (OMC, 2021), e que os navios, em 2020, lançaram 830 Mt de CO₂ (IEA, 2021), uma das estratégias para a descarbonização das empresas que atuam no setor é buscar fontes alternativas que substituam ou reduzam o impacto do combustível fóssil que abastece o transporte marítimo. Mesmo que a vida útil de navios cargueiros seja longa (25 a 35 anos) verifica-se o uso recente de Gás Natural Liquefeito (GNL).



Figura 5. (CARTOGRAMA DE INFRA E GÁS NATURAL)

¹⁴ Com matriz hidroelétrica: 1º China, 2º EUA, 3º Brasil, 4º Índia e 5º Alemanha (REN 21, 2019).

¹⁵ https://www.ey.com/en_gl/recal, acesso em 04.08.2021

Energias Renováveis

Em 2021, conforme a IEA, as fontes de energia renovável devem atingir 8.300 TWh, o maior crescimento desde os anos 1970. As maiores contribuições para esse crescimento virão, em ordem decrescente, da China, Estados Unidos, União Europeia e Índia.

Porém, no quadro maior, o Brasil se encontra entre as cinco maiores potências mundiais de energia renovável, caso se inclua a matriz hidroelétrica e é um dos líderes mundiais em produção e consumo de combustíveis alternativos. Não por acaso o Brasil se encontra em 11º no ranking do Índice de Investimento em Energia Renovável (RECAI), elaborado pela empresa Ernest Young.

Como se percebe, o País é muito dependente de sua matriz hídrica, e isso ficou evidente em 2001 quando a escassez do regime de chuvas e duas décadas com investimentos reduzidos levaram ao colapso do sistema, chamado de “apagão”. Como resposta a esse evento, em 2002, se promulgou a Lei 10.438, que estabeleceu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (“Proinfa”), como pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e empreendimentos termelétricos à biomassa. Com este programa os consumidores brasileiros subsidiaram por vinte anos a ampliação das energias renováveis, permitindo a diversidade de sua matriz energética. Inclusive, é o que uma maior resiliência do fornecimento de energia diante das intempéries climáticas do aquecimento global.

Energia Solar

A energia solar no Brasil e no mundo foi a campeã de aumento de participação entre as energias renováveis. Atualmente ela corresponde a 1,7% da matriz de energia elétrica brasileira (BNE, 2021). Por trás dessa história de sucesso está a presença dos subsídios chineses a partir dos anos 2000, o que permitiu o aumento da escala de sua produção e a conseqüente queda no seu preço.

O Brasil por sua posição geodésica possui um enorme potencial para energia solar, em especial no eixo transversal sudeste–nordeste, conforme o mapa abaixo.

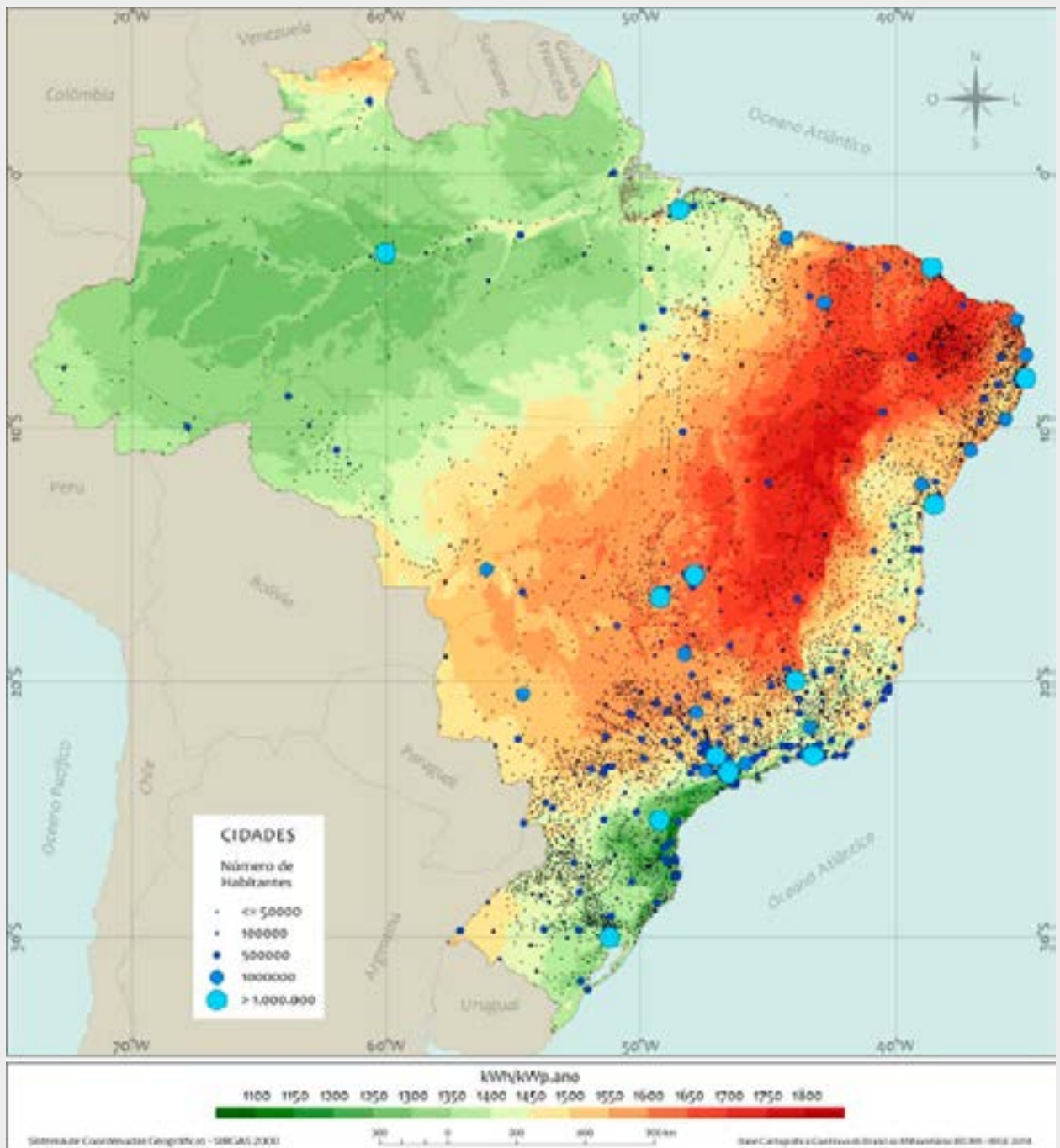


Figura 6.

O grande desafio da energia solar é a sua estocagem devido à sua intermitência. Para tanto são necessárias baterias que armazenem essa energia e a distribuam no momento certo, em especial em grandes centros de produção, as “fazendas solares”. Por isso, o aumento da participação da energia solar envolve, em um primeiro momento, um aumento na produção de minerais estratégicos para baterias (e.g., lítio) e, em um segundo momento, o desenvolvimento de novas baterias como armazenamento por gravidade, armazenamento químico, armazenamento termal, armazenamento criogênico e baterias fluídas. Todas essas tecnologias estão em desenvolvimento e/ou começando a ser aplicadas, mas sem escala comercial.

Energia Eólica

Outra fonte alternativa e renovável que avançou muito no País e no mundo foi a energia eólica. Assim como a energia solar o custo por unidade de energia também sofreu uma forte redução nas últimas duas décadas, em grande medida por subsídios europeus, americanos e chineses. Ademais, há uma forte sinergia entre a solar e a eólica, pois quando uma está reduzindo a sua produção ao entardecer, a outra está atingindo o seu pico.

No Brasil, a energia eólica atingiu 9,2% da produção de toda energia elétrica. Ao contrário da energia solar, no entanto, a distribuição de ventos no País não é tão uniforme com zonas de elevado volume de ventos como no Rio Grande do Sul, na parte setentrional da costa nordestina e no sertão nordestino.

Um dos campos sobre os quais pode haver o avanço dessa fonte é sua produção offsho-
re, tendo em vista que o volume de vento tende a ser mais constante no mar. Países como Dinamarca, China e Reino Unido estão investindo nesse tipo de instalação.

Ao contrário da energia solar, a tecnologia atualmente empregada para essa fonte não é aplicável em pequena escala, isto é, ao contrário de painéis solares em residências serem mais comuns do que fazendas solares, as instalações eólicas ocorrem em grandes áreas e não em pequenas unidades. Já em termos de armazenamento, as mesmas observações de energia para a solar se estendem para a eólica.

Em algumas décadas duas tendências devem se consolidar: o uso de energia eólica para o transporte marítimo e a geração de energia eólica em construções civis.

Biomassa e Biocombustíveis

A primeira grande fonte de energia, a biomassa, retorna a uma posição de destaque, mas com novas fontes. No caso brasileiro, cana-de-açúcar e biodiesel são as principais fontes da nossa energia de biomassa, com maior aplicação para combustível. A biomassa representa 19,1% da oferta interna de energia no Brasil, considerando a aplicação como combustível.

¹⁶ IEA (2021): Global Energy Review 2021.

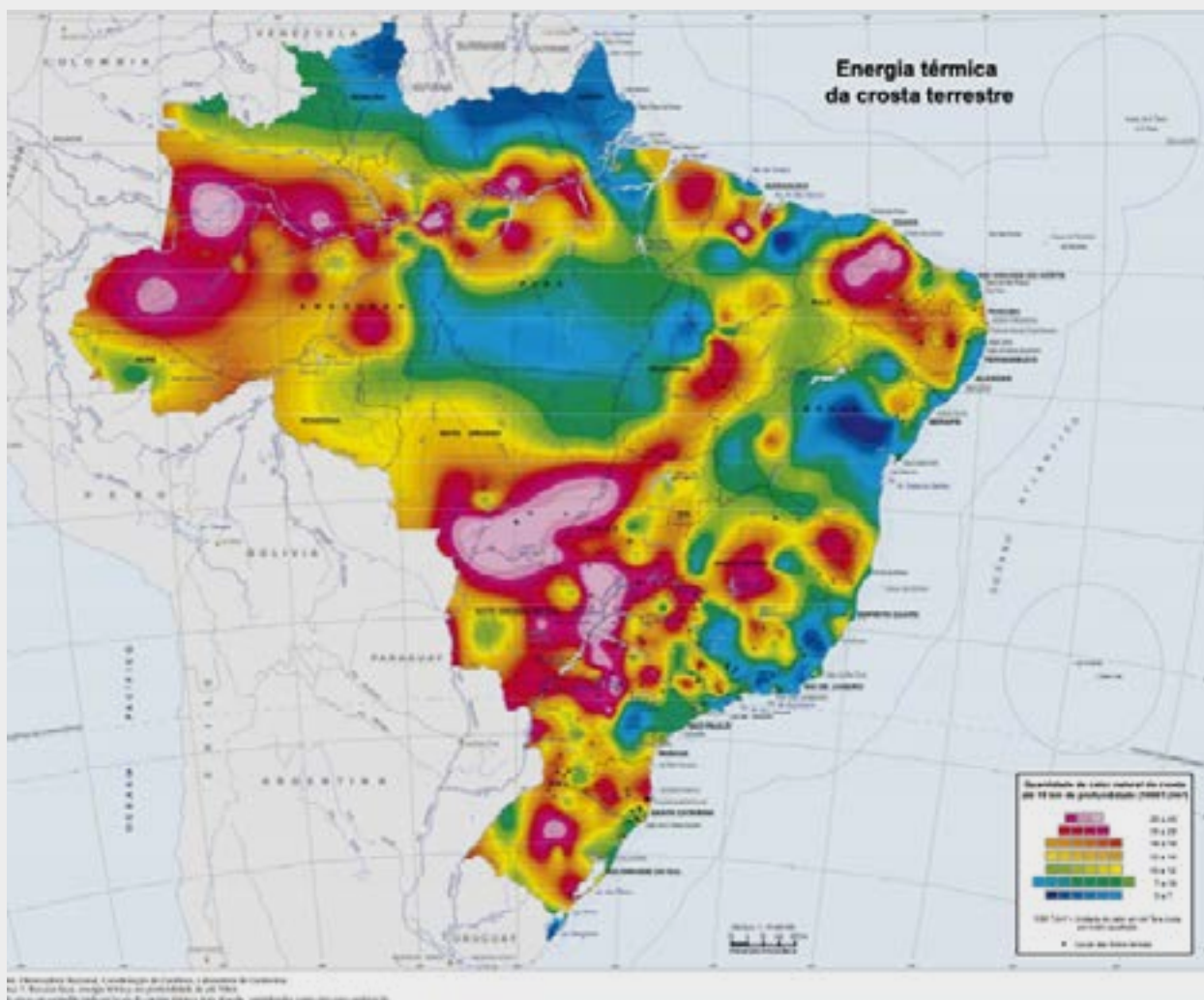


FIGURA 8 (MAPA DE BIOENERGIA DO BRASIL)

Um aspecto interessante é a forte concentração regional de produção cana, pois pouco mais da metade dela é produzida no Estado de São Paulo. No conjunto, a produção de cana ocupa 1,2% do território nacional e está localizada a mais de dois mil quilômetros da Amazônia, não obstante se dê sobre boa parte do território que foi ocupado pelo bioma da Mata Atlântica.

No que diz respeito ao biodiesel, o seu uso em escala comercial no Brasil se deu com a promulgação da Lei Federal nº 11.097, de 2005, que tornou obrigatória a mistura de 2% desse combustível que tem origem na gordura animal, vegetal ou resíduos, no diesel. Tal mistura foi de 2% para 13%. Atualmente, o Brasil produz 516 mil m³ de biodiesel, que teve sua produção reduzida quando o Governo Federal reduziu neste ano a mistura para 10%. Boa parte do biodiesel no País vem da soja cujo processo de fabricação, inclusive, gera um outro produto: o farelo de soja, utilizado para alimentação animal.

Tais biocombustíveis, como etanol e biodiesel, enfrentarão cada vez mais a concorrência de veículos elétricos, em especial com a determinação dos Estados Unidos de que metade dos veículos produzidos naquele país sejam elétricos, em 2030, e de países da União Europeia proibindo a fabricação de veículos com uso de combustíveis fósseis entre 2030 e 2035. Isso coloca um peso sobre o País para que desenvolva tecnologias híbridas de

uso de biocombustível em carros elétricos. Tal desafio faz sentido não apenas para dar sobrevida ao mercado brasileiro de biocombustíveis, mas também pelas dificuldades do uso de veículos exclusivamente elétricos. Afinal, para que sejam de fato descarbonizados, a eletricidade usada tem de ter origem em energia renovável, há a necessidade de pontos de fornecimento de energia em larga escala, com ampla distribuição e o mais importante: isso só é possível em economias completamente eletrificadas. Logo, há um importante nicho a ser desenvolvido e explorado de carros híbridos, elétrico/biocombustível.

Na área de transporte marítimo, da aviação e urbano há projetos em andamento para adoção de biocombustíveis (marítimos e aviação) e outros em pleno funcionamento (urbano).

Há, também, outras fontes de biomassa viáveis no Brasil: biogás de suínos, biogás de metano com origem em aterros, biogás de metano com origem no esgoto, biogás com origem nos resíduos agrícolas, biogás com origem na silvicultura e óleo de palma.

Para aproveitar esse potencial, o Brasil promulgou a Lei Federal nº 13.576, de 2017, que estabeleceu a Política Nacional de Biocombustíveis (Lei do RenovaBio), que visa à promoção da expansão da produção, da comercialização e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, a fim de reduzir a emissão de GEEs por parte do Brasil. Tal legislação, entre outros temas, estabeleceu (i) metas de redução de emissões de GEEs na matriz nacional de combustível e (ii) criou a figura dos Créditos de Descarbonização (CBIO) (Art. 4º da Lei do RenovaBio).

Cabe ao Governo Federal, estabelecer metas anuais compulsórias de redução de emissão de GEEs considerando períodos mínimos de dez anos, que leva em consideração, entre outros temas, os compromissos internacionais aos quais o País se submeteu (Art. 6º, VI da Lei do RenovaBio). Tais metas, inclusive, são individualizadas a todos os distribuidores de combustíveis, conforme a sua participação no mercado nacional (Art. 7º da Lei do RenovaBio). Já o CBIO é um título, negociável em mercado, que representa a quantidade de volume de biocombustível produzido, importado e comercializado para fins de comprovação da meta individual do distribuidor de combustível.

A vantagem dessas demais fontes é que elas são viáveis em uma pluralidade de ambientes, dos grandes e médios centros urbanos (biogás de metano originado em aterros ou esgoto), o Sul e Centro-Oeste com o biogás suíno, a Amazônia Legal com o óleo de palma, ou todo o campo brasileiro com o biogás de resíduos agrícolas e da silvicultura.

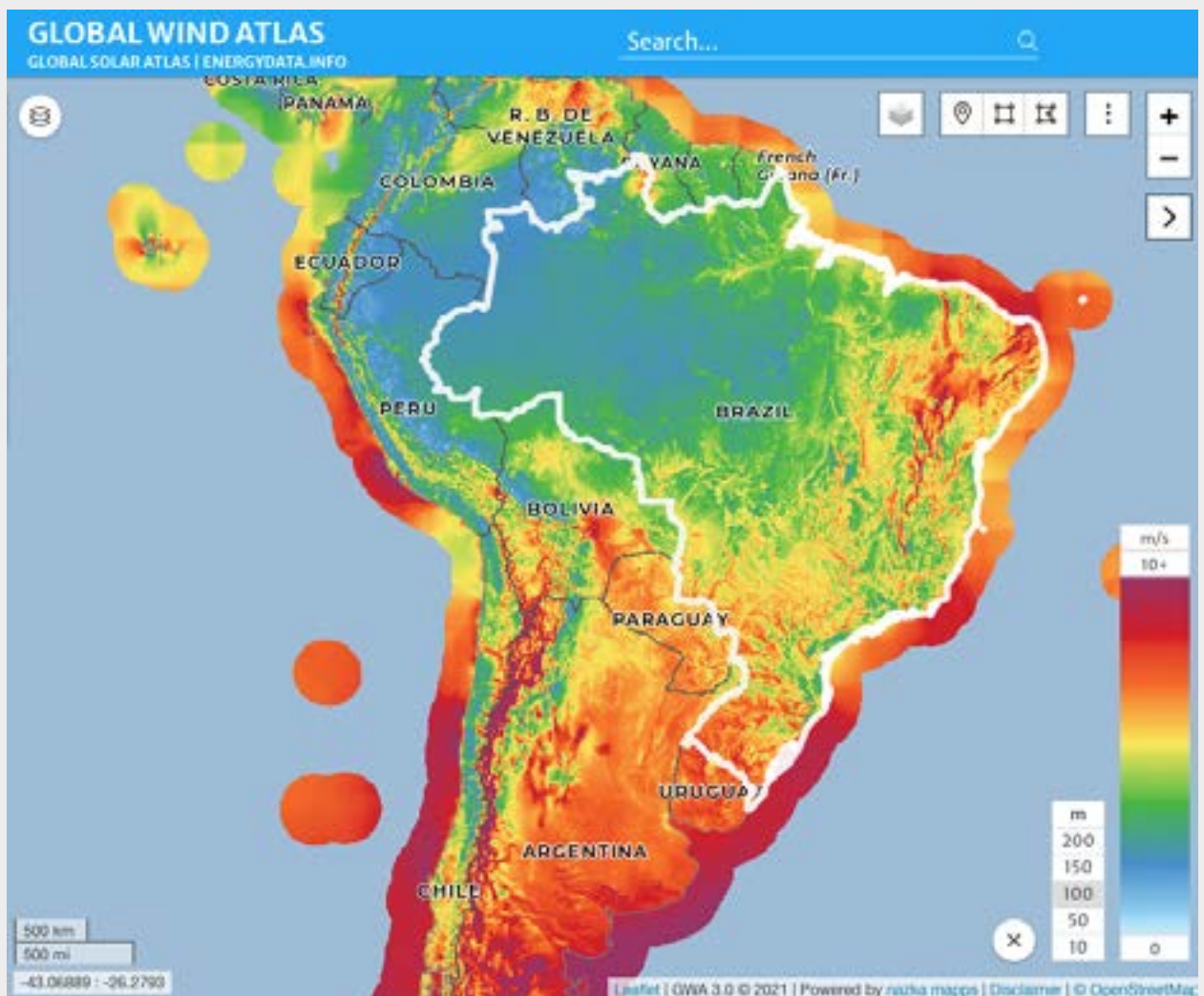


FIGURA 7 (MAPA EÓLICO DO BRASIL)

Eficiência Energética

A otimização do uso de energia, seja evitando a perda desnecessária, seja reduzindo o uso de energia necessária, é uma importante estratégia difusa em todas as principais atividades consumidoras de energia.

Conforme a IEA, a partir de 2040 haverá um forte estímulo para a adaptação de toda construção civil existente a padrões de maior eficiência energética, reformando toda infraestrutura existente que não estiver adequada aos padrões de carbono zero. Isso fará com que esse seja um dos maiores setores para criação dos chamados “empregos verdes” (IEA, 2021).

Energia Geotérmica

A massa rochosa e líquida embaixo da crosta terrestre são uma fonte infindável de energia, a chamada energia térmica. Em geral, a energia termal se dá via vapor subterrâneo, o que a limita a certas condições geológicas específicas, não a tornando um recurso acessível a todas as economias.

Porém, novas tecnologias tendem a ampliar o seu uso, as chamadas “Sistemas Geotérmicos Avançadas” (EGS). Via ESG um duto é inserido na terra até um ponto de alta temperatura e, então, é lançada a água. A diferença de temperatura acaba ampliando as rachaduras já existentes e otimiza a produção de vapor, este, por sua vez, é capturado por outro duto e com isso se tem a fonte que movimentará as turbinas da usina geotérmica, produzindo eletricidade. O uso dessa fonte de energia é esperado, pela IEA (2021), atingir 330 TWh, em 2030, e 821 TWh, em 2050.

No mundo, há 29 países que utilizam esse tipo de energia, sob forte liderança dos Estados Unidos. Já no Brasil, o seu uso ainda é muito marginal, concentrando-se em instâncias turísticas, mas o potencial é considerável, em especial no centro-oeste.

Entre os obstáculos a serem superados, encontram-se o seu alinhamento com CCSU, devido a produção certos GEEs no processo e o cuidado com sua localização, pelo potencial de desestabilização geológica.

¹⁷ < <https://app.powerbi.com/view> > Brasil, 2021.

¹⁸ Idem.

Hidrogênio

Antes de mais nada é importante destacar que o hidrogênio em si não é uma fonte de energia, mas antes um transportador de energia.

O hidrogênio para fins de produção de energia pode ser aplicado de três formas, que são associadas a cores: marrom, cinza, azul e verde. O hidrogênio marrom é aquele produzido por carvão mineral, ao passo que o cinza é produzido a partir de combustíveis fósseis (petróleo ou gás natural). Ambos os mencionados demandam muita energia, gerando tanta emissão de GEEs quanto qualquer outro combustível fóssil tradicional. O hidrogênio azul é aquele gerado a partir de combustíveis fósseis, mas associado a um sistema de CCUS. Já o hidrogênio verde é gerado a partir de fontes renováveis, como energia solar e eólica. Atualmente, conforme a IEA (2020), 41,9% de sua produção vem do gás natural, 16% do carvão mineral, 40,9% de petróleo e apenas 0,3% de fontes renováveis.

Mas são justamente as modalidades azul e verde que estão no horizonte das estratégias de descarbonização. O chamado hidrogênio verde deve vir a ser competitivo e escalável a partir de 2030, o que o torna uma estratégia interessante de sinergia com energias renováveis, conforme a IEA (2020).

Uma de suas aplicações é servir como fonte renovável de combustível, sendo aplicada em transportes de forma complementar à eletrificação. Conforme a IEA (2020), esse mercado poderá alcançar o valor de 2,5 trilhões USD, com o desenvolvimento de células de combustível, sistemas de dutos para a sua distribuição e estações de abastecimento.

Nesse sentido, China, União Europeia, Estados Unidos, Reino Unido e Japão anunciaram investimentos para fomentar as tecnologias necessárias para viabilizar a sua modalidade verde (IEA, 2020).

Captura, Armazenamento e Utilização de Carbono (CCUS)

Outra estratégia para energias renováveis é o sistema de CCUS, que é a possibilidade não apenas de capturar CO₂ que eventualmente é produzido em atividades industriais, mas de o armazenar e reutilizá-lo. A sua principal função é ser uma tecnologia de transição ao permitir que se reduza substancialmente a emissão de GEEs de fontes poluentes em curso e aumentar a escala e reduzir os custos do hidrogênio azul.

Nesse sentido, o CCUS pode ser uma estratégia para tornar mais sustentável a rede brasileira de térmicas a gás natural, assim como as usinas de carvão mineral, além de permitir que o Brasil desenvolva o seu mercado de hidrogênio.

Mineração

reconfiguração do setor de energia, da construção civil e dos transportes já está levando a uma reconfiguração da mineração, pois estamos diante de uma demanda crescente por minérios estratégicos para toda essa nova cadeia de processos e produtos, conforme atesta a IEA (2021b).

Não se trata apenas de tornar a indústria de mineração mais sustentável, buscando reduzir o uso de carbono ao longo de toda sua cadeia de produção, transformação e distribuição, mas também de novos minérios, em especial: cobre, lítio, níquel, cobalto e terras raras. A demanda por esses minerais pode aumentar em até 40 vezes em 2040 (IEA, 2021b).

No caso do níquel, o Brasil é o sétimo produtor, sendo o Estado de Goiás, o grande responsável pela produção nacional. Já no caso do cobalto, pouco mais da metade da produção mundial é realizada na República Democrática do Congo. No caso do Brasil, o cobalto é extraído do níquel, porém tal atividade não é mais realizada desde 2016. Quanto ao lítio a produção mundial é mais diversificada, estando presente em países como Argentina, Austrália, Bolívia, Brasil, Chile, China, Estados Unidos, Portugal e Zimbábue. Aqui, esta produção ainda é pequena diante da demanda e do seu potencial, sendo basicamente realizada em Araçuaí (Minas Gerais), com reservas no Rio Grande do Norte e Paraíba. Por fim, é preciso esclarecer o que se entende por “terras raras”. Em verdade falamos de 17 elementos químicos que se classificam nessa categoria, sendo alguns de fato escassos, ao passo que outros são abundantes. Ademais, o custo de extração e manuseio também interfere em sua viabilidade econômica, por isso, as principais reservas de terras raras viáveis e utilizadas encontram-se, em ordem decrescente, na China, Dinamarca (Groelândia), Austrália, Estados Unidos, Canadá e Vietnã. O Brasil possui uma das maiores reservas, mas o seu uso é marginal, com grande potencial no Amazonas e em Minas Gerais.

Conclusão

Caminharemos para a descarbonização. Se o faremos a uma velocidade reduzida ou no compasso da necessidade é algo que está em aberto. Isso dependerá da capacidade de resistir dos setores que sofrerão com as mudanças, em vista da capacidade de promoção dos setores que se beneficiarão e da capacidade de convencimento da sociedade global de que, ainda no ciclo de vida da maioria dos seus membros, os efeitos deletérios do aquecimento global se farão presentes.

Não produziremos, não consumiremos e não nos deslocaremos como antes. Isso não será feito de uma hora para outra, mas em transições (2030/2050). A transição terá de focar em reduzir os seus efeitos negativos sobre as pessoas, para que o processo político continue em direção à meta de carbono zero.

¹⁹ BRAGA, Paulo et al. Panorama da Indústria de Lítio no Brasil. II Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste. http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1280/1/Part%205_3%20anais_segundo_simposio_minerais_industriais_do_nordeste%20.pdf

²⁰ Brasil., Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Mineração 2030, Brasília: MME, 2010

Um país como o Brasil terá amplas oportunidades, que dependerão dos nossos esforços para serem realizadas. Caso o País se mantenha inerte, perderemos mercados em quase todos os nossos ramos, nossa capacidade produtiva será severamente prejudicada e avançaremos na deterioração de renda per capita, justiça social e capacidade de produção de riquezas e junto com isso perderemos a nossa biodiversidade e a chance de fazer o melhor uso dos recursos naturais.

Não é uma possibilidade, é uma realidade. Não é um plano futuro, são ações no presente.

REFERÊNCIAS

BRAGA, Paulo et al. Panorama da Indústria de Lítio no Brasil. II Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste.

Brasil, ANP. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e do Biocombustível, Rio de Janeiro: 2020.

Brasil, EPE. Balanço Energético Nacional, Rio de Janeiro: 2021.

Brasil, MME. Plano Nacional de Mineração 2030, Brasília: 2011

Coelho, Suani Teixeira; Monteiro, Maria Beatriz; Karniol, Mainara Rocha. Atlas de Bioenergia do Brasil – São Paulo: 2012.

IEA: Global Energy Review, 2021.

___ Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector, 2021

___ The Future of Hydrogen: seizing today's opportunities, 2019

IEA, IRENA, UNSD, World Bank, WHO. Tracking GSD7: The Energy Progress Report, 2021. World Bank, Washington DC.

OCDE (2011). Towards a Green Growth. OCE Publishing

PICC. 6º Relatório de Avaliação sobre Mudanças Climáticas: as bases das ciências naturais, Genebra: PICC, 2021

SEEG. Plataforma de Emissão de GEEs. SEEG Brasil, 2020

¹⁹ BRAGA, Paulo et al. Panorama da Indústria de Lítio no Brasil. II Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste. http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1289/1/Part%205,%20anais_segundo_simposio_minerais_industriais_do_nordeste%20.pdf

