

Gutierrez, Maria Bernadete Gomes Pereira Sarmiento

Working Paper

Energia e sustentabilidade no Brasil: Desafios e perspectivas num contexto de transição energética

Texto para Discussão, No. 3130

Provided in Cooperation with:

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

Suggested Citation: Gutierrez, Maria Bernadete Gomes Pereira Sarmiento (2025) : Energia e sustentabilidade no Brasil: Desafios e perspectivas num contexto de transição energética, Texto para Discussão, No. 3130, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, <https://doi.org/10.38116/td3130-port>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/322196>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/br/>

TEXTO PARA DISCUSSÃO

3130

**ENERGIA E SUSTENTABILIDADE NO
BRASIL: DESAFIOS E PERSPECTIVAS
NUM CONTEXTO DE TRANSIÇÃO
ENERGÉTICA**

MARIA BERNADETE G. P. SARMIENTO GUTIERREZ



**ENERGIA E SUSTENTABILIDADE NO
BRASIL: DESAFIOS E PERSPECTIVAS
NUM CONTEXTO DE TRANSIÇÃO
ENERGÉTICA**

MARIA BERNADETE G. P. SARMIENTO GUTIERREZ¹

1. Técnica de planejamento e pesquisa na Coordenação de Estudos em Sustentabilidade Ambiental (Cosam) da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea). *E-mail:* maria-bernadete.gutierrez@ipea.gov.br.

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento

Ministra Simone Nassar Tebet

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidenta

LUCIANA MENDES SANTOS SERVO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

FERNANDO GAIGER SILVEIRA

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais**

ARISTIDES MONTEIRO NETO

**Diretor de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação,
Regulação e Infraestrutura (substituto)**

PEDRO CARVALHO DE MIRANDA

Diretora de Estudos e Políticas Sociais (substituta)

JOANA SIMÕES DE MELO COSTA

Diretora de Estudos Internacionais

KEITI DA ROCHA GOMES

Chefe de Gabinete

ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA

**Coordenadora-Geral de Imprensa e
Comunicação Social**

GISELE AMARAL DE SOUZA

Ouvidoria: <https://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <https://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2025

Gutierrez, Maria Bernadete G. P. Sarmiento

Energia e sustentabilidade no Brasil : desafios e perspectivas num contexto de transição energética / Maria Bernadete G. P. Sarmiento Gutierrez. – Brasília, DF: Ipea, 2025.

28 p.: il., gráfs. – (Texto para Discussão; n. 3130).

Inclui Bibliografia.

ISSN 1415-4765

1. Transição Energética. 2. Sustentabilidade. 3. ODS 7.
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. II. Título.

CDD 333.794

Ficha catalográfica elaborada por Elizabeth Ferreira da Silva CRB-7/6844.

Como citar:

GUTIERREZ, Maria Bernadete G. P. Sarmiento. **Energia e sustentabilidade no Brasil**: desafios e perspectivas num contexto de transição energética. Brasília, DF: Ipea, junho 2025. 28 p. (Texto para Discussão, n. 3130). DOI: [https:// dx.doi.org/10.38116/td3130-port](https://dx.doi.org/10.38116/td3130-port)

JEL: Q48.

DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/td3130-port>

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e ePUB (livros e periódicos).

Acesse: <https://www.ipea.gov.br/porta/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO	6
2 EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE NO SETOR DE ENERGIA: DA RENOVABILIDADE AO ODS 7	8
3 ANÁLISE INTERNACIONAL COMPARATIVA DA SUSTENTABILIDADE DO BRASIL NA ABORDAGEM DA RENOVABILIDADE	9
4 ANÁLISE INTERNACIONAL COMPARATIVA DA SUSTENTABILIDADE DO BRASIL NA ABORDAGEM DO ODS 7	13
4.1 Quadro geral.....	13
4.2 O Brasil e o ODS 7	15
5 DESAFIOS PARA O BRASIL: COMUNIDADES ISOLADAS E VULNERABILIDADE CRESCENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	19
5.1 O ODS 7 e as comunidades isoladas.....	19
5.2 As mudanças climáticas e o setor de energia	20
6 CONCLUSÕES	24
REFERÊNCIAS	26

SINOPSE

No contexto de emergência climática em que vivemos atualmente, o controle das emissões originadas no setor de energia poderá ter um papel fundamental para limitar o aumento da temperatura global de forma a evitar uma catástrofe ambiental, considerando a sua elevada participação nas emissões mundiais de gases de efeito estufa (GEE). Em termos globais, as emissões de GEE originadas desse setor são responsáveis por 75% do total das emissões globais. Neste contexto, em que a maior fonte de lançamentos de GEE é originada pela produção e consumo de energia em nível global, este trabalho inicialmente busca dar um panorama do conceito de sustentabilidade no setor de energia, que, anteriormente, era equivalente à participação das fontes renováveis nas matrizes energéticas, mas que, recentemente, passou a incluir outros aspectos dados pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7. Em seguida, procede-se a uma comparação do caso brasileiro com o padrão internacional tanto pela ótica da renovabilidade quanto pelo ODS 7, com o objetivo de identificar os principais desafios que se colocam para o Brasil. Destacam-se a questão das comunidades isoladas e a vulnerabilidade crescente do setor de energia elétrica às mudanças climáticas como elementos importantes na transição energética do Brasil.

Palavras-chave: transição energética; sustentabilidade; ODS 7.

ABSTRACT

In the context of climate emergency nowadays, the control of emissions originated from the energy sector will play a major role to limit the increase in the global temperature so that to avoid a climate catastrophe, considering the high participation of the emissions of greenhouse gases (GHG) originated from this sector. In overall terms, they are responsible for 75% of the global emissions. In this context, where the production and consumption in the energy sector is accountable for the largest participation in the GHG emissions, in a first instance this study attempts at providing an overview of the sustainability concept in the energy sector, initially equivalent to the participation of renewable sources in the energy matrixes, but, more recently has evolved to the SDG 7, encompassing other dimensions. Following this discussion, the study analyses how Brazil compares to other countries according to both concepts, in an attempt to assess the main challenges faced in the Brazilian case. It is worth stressing the isolated communities and the growing vulnerability of the electric sector to climate change impacts as central elements in the energetic transition in Brazil.

Keywords: energy transition; sustainability; ODS 7.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas já estão produzindo efeitos visíveis e mensuráveis, fazendo-se sentir por meio da elevação do nível do mar e seus impactos sobre as regiões costeiras, do desequilíbrio climático, das precipitações e secas extremas, das colheitas com padrões incertos, entre outras consequências. Os impactos negativos não só afetam a esfera econômica, mas também se fazem perceber no plano geopolítico, provocando migrações forçadas com consequências políticas, sociais e econômicas. Sem uma coordenação internacional, em que todos os países se engajem numa ação de combate vigorosa, as mudanças climáticas colocam em risco o futuro das gerações futuras (Tirole, 2017).

As previsões sobre o *status quo*, isto é, sem uma reversão nas tendências nas emissões dos principais gases de efeito estufa (GEE) – principalmente dióxido de carbono e metano – são bastante pessimistas. Considerando que existe uma enorme desigualdade nos lançamentos de GEE, em que países desenvolvidos são responsáveis pela principal parcela de emissores numa perspectiva passada e presente, o próprio processo de desenvolvimento dos países em desenvolvimento introduz pressões adicionais sobre as emissões futuras.

Os riscos de resultados catastróficos derivados das mudanças climáticas são cada vez mais perceptíveis para o cidadão comum, como também corroborados pelos últimos relatórios do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). A necessidade de reduzir as emissões de GEE deve ser acompanhada por ações visando à adaptação às mudanças climáticas.¹ Isso porque, por maiores que sejam os esforços de redução das emissões, estes não serão suficientes para diminuir os efeitos das mudanças climáticas no presente, de acordo com Pindyck (2023), uma vez que as elevadas concentrações de GEE na atmosfera são uma realidade já presente.

A urgência da questão das mudanças climáticas tem sido tema recorrente nos relatórios recentes do IPCC (2021). A necessidade de limitar o aumento de temperatura em 1,5 °C até o final do século poderia evitar riscos maiores relacionados ao clima. Outros cientistas, como Pindyck (2023), se mostram mais pessimistas com o aumento de apenas 1,5 °C. De acordo com o autor,

temos de enfrentar a probabilidade de um aumento da temperatura média global nos próximos 50 anos bem acima do limite de 2 °C. (...) Desenvolver e implementar novas formas de redução das emissões permanece um objetivo importante

1. Destacam-se como investimentos nesta categoria a construção de muros e diques, soluções de geoengenharia, restrições ao uso do solo em áreas vulneráveis a incêndios e inundações etc.

TEXTO para DISCUSSÃO

que deve ser perseguido. Mas, ao mesmo tempo, precisamos enfrentar o fato de a redução das emissões não ser suficiente (Pindyck, 2023).

Pindyck (2023) conclui apontando a necessidade de desenvolver políticas públicas visando à adaptação às mudanças climáticas que já se fazem presentes de forma visível. O autor também enfatiza que muitas soluções buscando a adaptação têm custo menor que as voltadas para a redução das emissões. Por exemplo, para se adaptar às mudanças climáticas, o autor cita a prática milenar de construir reservatórios para armazenar o excesso de água nos períodos de chuvas intensas, de forma a evitar inundações, para uso posterior nos períodos de estiagem.

Nesse contexto de emergência climática, o controle das emissões originadas no setor de energia poderá ter um papel fundamental para limitar o aumento da temperatura de forma a evitar uma catástrofe, considerando a sua participação nas emissões mundiais de GEE. Em termos globais, os lançamentos de GEE originados desse setor são responsáveis por 75% do total, seguido pelos setores de agricultura (13%) e indústria (8%).²

De forma distinta ao padrão global, em que a maior fonte de emissões está relacionada à geração e à utilização da energia, como mostram os dados da IEA (2021), no Brasil, ocorre a maior participação das emissões associadas ao desmatamento e às atividades do setor agropecuário. Em 2020, as emissões totais brasileiras se situaram em 1,78 GtCO₂e, o maior nível desde 2009, com as seguintes participações setoriais: 36% com origem em mudanças do uso da terra e florestas; 31% com origem no setor agropecuário; 22% com origem em energia; 6% com origem em processos industriais; e 5% com origem em resíduos (Fundo..., 2024).

Outra dimensão a ser considerada é dada pela transição energética, que se refere a uma mudança gradual nas estruturas de oferta e demanda de energia num primeiro nível de análise. Na verdade, trata-se de um conjunto de mudanças econômicas, sociais e políticas num contexto tecnológico de inovação visando à redução das emissões de carbono e de outros GEE em todas as fases de atividade. Esse processo de mudanças deverá ser longo e se estender para as próximas décadas, impulsionado pela crescente preocupação mundial com as mudanças climáticas, que mostram seus efeitos de maneira cada vez mais perceptível não só para a comunidade científica como também para o cidadão comum. Permanece a incerteza sobre a velocidade com que as transformações no setor energético ocorrerão, em particular no setor petrolífero, e os impactos sobre a valoração dos ativos a médio e longo prazos, o que poderia, a curto prazo, acelerar a sua exploração e produção.

² IEA. CO₂ emissions from fuel combustion, 2021.

No contexto delineado previamente, em que a maior fonte de emissões de GEE é originada pela produção e consumo de energia em nível global, este trabalho inicialmente busca dar um panorama do conceito de sustentabilidade no setor de energia, que anteriormente era equivalente a participação das fontes renováveis nas matrizes energéticas, mas que, recentemente, passou a incluir outros aspectos dados pelo ODS 7. Em seguida, procede-se a uma comparação do caso brasileiro com o padrão internacional tanto pela ótica da renovabilidade quanto pela do ODS 7, com o objetivo de identificar os principais desafios que se colocam para o Brasil. Destacam-se as questões relacionadas às comunidades isoladas e a vulnerabilidade crescente do setor de energia elétrica às mudanças climáticas como elementos importantes na transição energética do Brasil.

2 EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE NO SETOR DE ENERGIA: DA RENOVABILIDADE AO ODS 7

Considerando os múltiplos sentidos atribuídos ao termo sustentabilidade, convém definir seu significado mais comum no contexto da energia: equivale à participação das fontes renováveis na matriz energética, ou seja, do grau de renovabilidade na oferta interna de energia, o que, por sua vez, tem relação direta com as emissões de GEE.

De acordo com Goldemberg (2015), os principais problemas e limitações de uma matriz energética baseada principalmente em combustíveis fósseis se relacionam aos seguintes fatores: i) exaustão dos combustíveis fósseis; ii) segurança no seu acesso, gerador de conflitos geopolíticos; e iii) degradação da saúde e condições ambientais em níveis local, regional e mundial, em particular o aquecimento global resultante da emissão de carbono pela queima de dióxido de carbono (CO₂).

A sustentabilidade no setor energético, portanto, seria dada pela adoção de energias renováveis capazes de lidar com os três problemas apontados anteriormente, por não se exaurirem, não serem poluentes e estarem distribuídas no mundo de forma mais equitativa.

De forma ampla, agências internacionais tais como o Banco Mundial (BM), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), a Agência Internacional de Energia (AIE), a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), assim como aquelas nacionais, como a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o Ministério de Minas e Energia (MME), entre outras, até recentemente basearam suas análises de sustentabilidade usando como dimensão fundamental a participação de energias renováveis nas matrizes energéticas, de forma que uma matriz é tão mais sustentável quanto maior a participação de energias renováveis. Sem dúvida de que se trata de um excelente

TEXTO para DISCUSSÃO

ponto de partida, e que tem a grande vantagem de permitir comparações internacionais usando como métrica a participação de energias renováveis no setor.

Enquanto os países da OCDE usaram 10% de energias renováveis na sua oferta interna de energia em 2018, o valor correspondente para o Brasil foi de 45,3%, o que nos dá um ponto de partida para a análise a ser aqui feita. Entretanto, há uma grande divergência no consumo *per capita* de energia entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, assim como nas emissões *per capita* de carbono, como será mostrado adiante.

Mais recentemente, abordagens mais amplas, como a contida na Agenda 2030 no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU), introduziram novas dimensões visando não só garantir a disponibilidade de energia limpa, mas também, e principalmente, o seu acesso pelas diferentes camadas da população. O ODS 7 – assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos – amplia, portanto, a agenda para o setor de energia, adicionando importantes novas dimensões.

Portanto, torna-se muito necessário analisar a evolução das fontes renováveis nas matrizes energéticas como expressão da sustentabilidade, mas também é fundamental incorporar as novas dimensões adicionadas ao ODS 7 com o objetivo de identificar desafios cruciais para o Brasil no seu planejamento energético, assim como entender como as mudanças climáticas podem afetar o setor, com demandas de adaptação e de um planejamento energético aprimorado.

3 ANÁLISE INTERNACIONAL COMPARATIVA DA SUSTENTABILIDADE DO BRASIL NA ABORDAGEM DA RENOVABILIDADE

Em trabalho anterior, Gutierrez (2022) avaliou o setor brasileiro de energia com o dos países da OCDE. Torna-se evidente o resultado de que a produção e a utilização de energia são os principais fatores na emissão de GEE nos países da OCDE, principalmente originadas do uso de combustíveis fósseis, ainda dominante nas áreas industrial, residencial e de transporte. Segundo a OCDE, o setor de energia é o fator mais importante para explicar as emissões de GEE originadas neste bloco de países, não sendo o caso do Brasil (OECD, 2020). Ainda que, desde 2000, os países da OCDE tenham diminuído o uso dos combustíveis fósseis, sua participação nas matrizes energéticas ainda permanece num nível bastante elevado, em torno de 80%. Enquanto as participações do carvão e óleo decresceram, aquelas referentes ao gás natural e a energias renováveis cresceram.

Pela ótica das emissões, o uso de energia pelos países da OCDE é responsável por 35% das emissões globais de carbono correspondentes em 2018, sendo que este valor

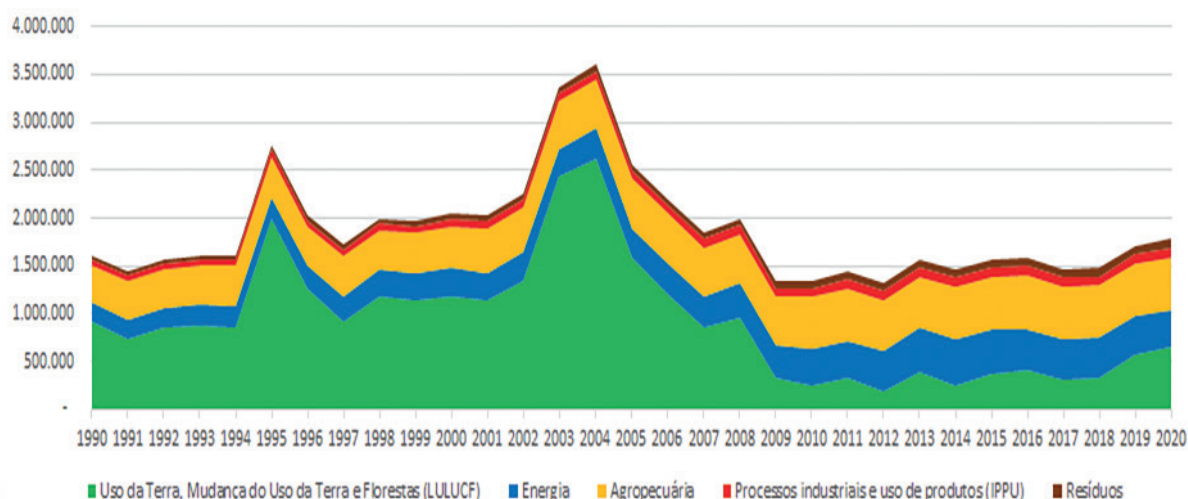
alcançou 50% em 1990. Desde 2000, as taxas de crescimento econômico não têm sido acompanhadas por igual crescimento no consumo de energia (*decoupling effect*) nem das emissões associadas de carbono, que foram reduzidas em 8% no período. Entretanto, pela urgência das mudanças climáticas, impõe-se uma maior efetividade na redução das emissões de GEE oriundas do setor de energia dos países da OCDE, com maiores esforços no sentido de aumentar as fontes renováveis nas matrizes energéticas.

Em 2019, os cinco maiores emissores de GEE – China, Estados Unidos, Índia, União Europeia e Indonésia – contribuíram com quase a metade das emissões globais, de acordo com dados do World Resources Institute (WRI).³ Nesta lista, o Brasil ocupa o sétimo lugar, sendo responsável por 3% das emissões globais. As variações das emissões brasileiras de GEE ao longo das últimas três décadas, classificadas segundo os cinco setores previamente mencionados, podem ser observadas no gráfico 1.

GRÁFICO 1

Evolução do perfil das emissões brasileiras de GEE (1990-2020)

(Em GtCO₂e)



Fonte: Fundo... (2024).

Obs.: A ilustração não pôde ser padronizada nem revisada em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

³ Disponível em: https://www.climatewatchdata.org/embed/ghg-emissions?calculation=ABSOLUTE_VALUE&chartType=line&end_year=2019®ions=TOP§ors=total-including-lucf&start_year=1990. Acesso em: 21 mar. 2024.

TEXTO para DISCUSSÃO

Diferentemente do padrão global, em que a maior fonte de emissões está relacionada à geração e à utilização da energia, no Brasil, ocorre a maior participação das emissões associadas ao desmatamento e às atividades do setor agropecuário. Em 2020, as emissões totais brasileiras se situaram em 1,78 GtCO₂e, o maior nível desde 2009 com as seguintes participações setoriais: 36% com origem nas mudanças do uso da terra e florestas (*land use, land-use change and forestry* – LULUCF), principalmente devido ao desmatamento; 31% com origem no setor agropecuário; 22% com origem em energia; 6% com origem em processos industriais; e 5% com origem em resíduos.

De forma inequívoca, as LULUCF aparecem como o fator preponderante na geração de GEE no Brasil no período analisado. Podemos notar também que, apesar da queda experimentada no período 2004-2012 e da estabilização em 2014-2018, as emissões de GEE dos setores em questão ainda permanecem em um nível elevado, excedendo 50% do valor das emissões totais brasileiras em 2020.

Se a trajetória nas taxas de desmatamento não for revertida, há de se enfatizar que outros setores que claramente contribuem para o desenvolvimento socioeconômico podem ser penalizados, considerando que as metas de redução brasileiras (*nationally determined contribution* – NDC) são aplicáveis à economia brasileira, não sendo setoriais. É o caso, por exemplo, do setor de energia, em que claramente haverá necessidade de aumentar o consumo *per capita* brasileiro de energia, que se situa muito abaixo da média mundial.⁴

O Brasil é um dos países com maior proporção de fontes renováveis em sua matriz energética, conjuntura que tem relação direta com as emissões de GEE. Enquanto os países da OCDE usaram 10% de energias renováveis na sua oferta interna de energia em 2018, o valor correspondente para o Brasil foi de 45,3%, o que atesta o elevado grau de renovabilidade na matriz brasileira (OECD, 2020).

A produção e a utilização de energia são os principais fatores na emissão de GEE nos países da OCDE, principalmente originadas pelo uso de combustíveis fósseis, ainda dominante nos setores industrial, residencial e de transporte. Segundo a OCDE (2020), o setor de energia foi responsável por 29% das emissões de GEE em 2018, enquanto, para o Brasil, este valor correspondente situa-se em 18%.

4 No período 1990-2018, o nível brasileiro de emissões *per capita* com origem no setor de energia foi correspondente a, em média, 18% daquele dos países da OCDE, conforme tabela 1.

Mudanças estruturais e uma maior eficiência energética têm sido responsáveis pela redução da intensidade energética nos países da OCDE desde a década de 1990.⁵ A crise de 2009, com a queda da atividade econômica nos países da OCDE, também contribuiu para este resultado. Contudo, a implementação de políticas para enfrentar as mudanças climáticas também foi um fator importante para explicar a queda na intensidade de energia por unidade de PIB. Entretanto, a própria OCDE reconhece que as emissões originadas no setor de energia deverão aumentar nos países da organização para permitir o crescimento econômico (OECD, 2020). Essa afirmação é também verdadeira para o Brasil. A EPE estima que a demanda de energia no Brasil crescerá 28% até 2030, podendo dobrar até 2050 (EPE, 2022a).

Desde 2000, os países da OCDE diminuíram o uso dos combustíveis fósseis, entretanto, seu uso ainda permanece num nível bastante elevado, em torno de 80%. Enquanto as participações do carvão e do óleo decresceram, aquelas referentes ao gás natural e a energias renováveis cresceram, o que não foi suficiente para reverter a elevada participação de fontes fósseis nos países da OCDE, muito devido ao apoio financeiro à sua produção, em particular óleo e gás. Esse suporte impacta a efetividade das políticas ambientais ao diminuir o custo de emissão de carbono, tornando-se uma barreira para alcançar uma economia de baixo carbono e mais eficiente em termos energéticos.

Comparando com a média global, o Brasil apresenta uma participação de fontes renováveis (46%) três vezes maior que a média global em sua matriz energética (2022). Se considerarmos apenas a geração elétrica, este valor se eleva a 85%, enquanto a média global é de 16%. Assim, a produção de energia no Brasil é extremamente limpa quando comparada com os países da OCDE, apesar de alguns setores, como transportes, serem ainda muito dependentes de combustíveis fósseis. O fato de as mudanças no uso da terra e florestas responderem por uma elevada participação nas emissões brasileiras pode introduzir um limite ao crescimento socioeconômico no longo prazo.

Essa diferença nas participações de fontes renováveis se reflete diretamente no nível de emissões de carbono *per capita* geradas neste setor. A tabela 1 apresenta os valores correspondentes para o Brasil e para a OCDE, no período 1990-2020, com dados disponibilizados pela IEA.

5. A intensidade energética mede o uso de energia por unidade de produto interno bruto (PIB).

TEXTO para DISCUSSÃO

TABELA 1

Emissões de CO₂ *per capita* no setor de energia – OCDE e Brasil

(Em tCO₂ *per capita*)

	OCDE	Brasil
1990	10,0	1,2
1995	10,0	1,4
2000	10,5	1,7
2005	10,4	1,7
2010	9,7	1,9
2015	8,9	2,2
2018	8,7	2,0
Média	9,8	1,7

Fonte: IEA (2022).

Pela tabela 1, observa-se a enorme diferença entre o Brasil e os países da OCDE. Em média, o nível de emissões de energia *per capita* no Brasil foi apenas 18% do nível médio apresentado pelos países da OCDE. De acordo com a EPE (2021), o Brasil ainda tem um caminho longo a percorrer para atingir padrões socioeconômicos comparáveis aos de países desenvolvidos. Assim sendo, o consumo de energia *per capita* deverá aumentar consideravelmente até 2030 por conta do crescimento econômico, afetando o nível de emissões *per capita*. Portanto, as emissões do setor serão crescentes, mesmo contando com a ampla e crescente participação de fontes renováveis na matriz energética. Todavia, seria desejável que ocorresse uma tendência mais forte na queda das emissões de carbono dos países da OCDE e, no limite, uma menor discrepância entre os países da OCDE e o Brasil, convergindo para valores próximos – resultado este que seria ideal e estaria caminhando na direção de uma maior equidade entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.

4 ANÁLISE INTERNACIONAL COMPARATIVA DA SUSTENTABILIDADE DO BRASIL NA ABORDAGEM DO ODS 7

4.1 Quadro geral

A Agenda 2030 no âmbito da ONU introduziu novas dimensões no conceito de sustentabilidade de um sistema energético, pois não basta apenas garantir a disponibilidade de energia limpa, mas também, e principalmente, o seu acesso pelas diferentes camadas da população, como anteriormente mencionado. O ODS 7 tem como objetivo principal

o acesso a uma energia acessível, segura, sustentável e moderna para todos, de acordo com as metas contidas no box 1.

BOX 1**ODS 7 – Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos¹**

Conforme trazido adiante, são cinco as metas contidas no ODS 7, sendo consideradas energias limpas as que não liberam GEE no processo de produção nem de consumo.

Meta 7.1 – Até 2030, garantir o acesso universal, confiável moderno, e a preços acessíveis a serviços de energia.

Meta 7.2 – Até 2030, manter elevada a participação de energias renováveis na matriz nacional.

Meta 7.3 – Até 2030, aumentar a taxa de melhoria da eficiência.

Meta 7.a – Até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso à pesquisa e a tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa.

Meta 7.b – Até 2030, expandir a infraestrutura e aprimorar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos.

Fonte: Ipea (2019).

Nota: ¹ Das cinco metas do ODS 7, três são finalísticas e duas são de implementação. As discussões relativas à aplicação das cinco metas no país, à adaptação das metas e à decisão de se manter as metas 7.1 e 7.a com suas redações originais resultaram de trabalhos conjuntos de quinze órgãos do governo federal (Ipea, 2019).

De acordo com o relatório *Tracking SDG 7: the energy progress report 2023*, ainda há 675 milhões de pessoas vivendo sem eletricidade em todo o mundo.⁶ Esse relatório aponta que, apesar de ter havido progresso nos indicadores principais, o ritmo atual não é o adequado para atingir nenhuma das metas contidas no ODS 7, que são mostradas no box 1.

As taxas de progresso variam de forma expressiva regionalmente: embora algumas regiões estejam progredindo substancialmente, outras estão desacelerando, ou até mesmo regredindo. Além dos 675 milhões de pessoas que ainda não possuem energia elétrica, 2,3 bilhões de pessoas não têm acesso ao que a entidade chama de “cozinhas limpas”.

6. Esse estudo foi preparado pelas cinco organizações responsáveis por este ODS: a AIE, a Agência Internacional de Energia Renovável, a Divisão de Estatística das Nações Unidas, o BM e a Organização Mundial da Saúde (OMS).

TEXTO para DISCUSSÃO

A utilização de fontes de energia renovável aumentou desde 2010, mas é necessário aumentar substancialmente a proporção de energia limpa no consumo total de energia final. De forma similar, a taxa de melhoria na eficiência energética apresenta uma tendência de 1,8%, ficando aquém da meta de um aumento de 2,6% a cada ano entre 2010 e 2030, mostrando um crescimento abaixo das metas da Agenda 2030.

Agravando esse quadro insuficiente no alcance das metas, a pandemia causada pela covid-19 resultou em uma redução ou desaceleração dos fluxos financeiros públicos internacionais para apoiar a energia limpa nos países em desenvolvimento, com impactos negativos sobre o alcance das metas contidas no ODS 7, especialmente para os países mais necessitados.

4.2 O Brasil e o ODS 7

De forma geral, pode-se afirmar que o Brasil dispõe de um sistema energético confiável, com elevada participação de energias renováveis (45%), e com acesso alcançando índices maiores que 99%.⁷ Como vimos anteriormente, o Brasil é um dos países com maior proporção de fontes renováveis em sua matriz energética, o que tem relação direta com as emissões de GEE. Enquanto os países da OCDE usaram 10% de energias renováveis na sua oferta interna de energia em 2018, o valor correspondente para o Brasil foi de 45,3%, o que atesta o elevado grau de renovabilidade na matriz energética brasileira.

Também destacamos que a produção e a utilização de energia são os principais fatores na emissão de GEE nos países da OCDE, principalmente originadas pelo uso de combustíveis fósseis, ainda dominante nos setores industrial, residencial e de transporte. Segundo a OCDE, o setor de energia foi responsável por 29% das emissões de GEE em 2018, enquanto, para o Brasil, este valor correspondente se situa-se em 18%. Importa ressaltar que vários programas governamentais implementados nesse sentido foram exitosos na formação de um sistema energético modelar sob o ponto de vista técnico, sendo reconhecido mundialmente como tal. Neste sentido, o box 2 elenca alguns dos programas governamentais importantes.

⁷ Indicadores brasileiros para os ODS. Disponível em: odsbrasil.gov.br.

BOX 2**Programas para aumentar a eficiência energética no Brasil**

Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), divulga informações sobre a eficiência energética e outros atributos para equipamentos e edificações, por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence).

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), do governo federal vinculado ao MME e executado pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras) que, por meio do Selo Procel, indica os equipamentos mais eficientes no consumo de energia.

Programa Nacional da Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural (Conpet), o qual tem por objetivo o uso eficiente dos combustíveis e é concedido para os melhores produtos nos segmentos de fornos e fogões a gás, aquecedores de água a gás e veículos leves para destacar a eficiência energética desses produtos.

Comitê Gestor de Índices de Eficiência Energética (CGIEE), coordenado pelo MME, instituído pela Lei nº 10.295/2001, responsável pelo estabelecimento de índices mínimos de eficiência energética em equipamentos comercializados no Brasil.

Programa de Eficiência Energética da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), instituído pela Lei nº 9.991/2000, o qual define recursos para aplicação em projetos de eficiência energética a serem desenvolvidos dentro da área de concessão de cada distribuidora de energia elétrica.

Fonte: Ipea (2019).

Apesar da excelente *performance* do Brasil na universalização do serviço de energia e da elevada participação das fontes renováveis, a tarifa de energia no Brasil ainda é uma das mais altas do mundo, comprometendo sua acessibilidade.⁸ Portanto, pode-se dizer que a meta 7.1, que visa garantir o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia, é atendida em seus objetivos principais.

Ainda são necessários dados que permitam analisar como as tarifas elevadas de energia impactam categorias de consumidores de renda mais baixa. Também é importante avaliar melhor o acesso das comunidades isoladas não interligadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN), principalmente na região Norte. A existência das comunidades isoladas não interligadas ao SIN, com uma população ainda não atendida por um sistema energético confiável e moderno, introduz um ponto de fragilidade na avaliação da meta 7.1, tema este que será tratado em seção própria.

Quanto às outras metas, o Brasil tem apresentado uma evolução favorável. No período recente, de 2016 a 2022, observa-se melhoria na evolução do indicador de

8. Este elevado preço é devido a vários fatores, como a necessidade de acionamento das térmicas em situações de escassez hidrológica, subsídios por meio da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e descontos tarifários a alguns setores (baixa renda, classe rural etc.), conforme Ipea (2019).

TEXTO para DISCUSSÃO

intensidade energética, que passa de 0,097 em 2016 para 0,093 em 2022, o que aponta para maior eficiência energética da economia brasileira. Este resultado deve-se a diversos programas implementados pelo governo federal, destacando-se o Procel e o PBE.⁹

O acesso a tecnologias modernas de geração de energia é um aspecto fundamental de um sistema energético, diretamente relacionado à adoção de fontes de energia limpas e, portanto, à qualidade de vida das populações atendidas. A utilização de tecnologias limpas pela população brasileira para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis mostra uma evolução no período bastante notável, de 588,8 watts *per capita* em 2016 para 810,7 watts *per capita* em 2022 – um crescimento de 38%. Este resultado deve-se à entrada das fontes solar e eólica de forma muito expressiva na matriz elétrica brasileira, como resultado dos vários programas governamentais para incentivar o acesso a fontes renováveis.¹⁰

Além disso, de acordo com o Plano Decenal de Energia 2031 (EPE, 2022a), poderá inclusive ocorrer o aumento das fontes renováveis com o crescimento previsto na participação das fontes eólica, solar, bioenergia a partir dos benefícios ambientais esperados pela redução de GEE, portanto, em total compatibilidade com a meta 7.2, a saber, até 2030, manter elevada a participação de energias renováveis na matriz energética nacional.

Vários programas e políticas adotados pelo governo federal têm contribuído de forma decisiva para o aumento da participação das energias renováveis na matriz energética nacional. A seguir, descrevem-se os principais.¹¹

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) implementou programas de crédito visando ao aumento da geração de energia elétrica originada de fontes renováveis, assim como à produção de biocombustíveis. O banco também tem atuado como gestor do Fundo Clima para o financiamento da aquisição de equipamentos com maiores índices de eficiência energética, resultando na redução de emissões de GEE.

O sistema de leilões de contratação de energia da Aneel foi fundamental como mecanismo indutor de investimentos em energias renováveis. Os leilões de compra de energia elétrica originada de energia limpa têm sido um importante instrumento para o alcance das metas de redução das emissões brasileiras no âmbito do Acordo de Paris.

9. Ver Ipea (2019).

10. Ver Ipea (2024).

11. Ver Ipea (2019) para uma descrição detalhada de todos os programas e políticas sobre o tema.

Vários outros programas e políticas condizentes com a descarbonização da matriz energética nacional deveriam ser citados, destacando-se o programa RenovaBio em 2017, para a expansão da produção e uso de biocombustíveis na matriz energética nacional; o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) em 2004; e os estímulos à geração distribuída, por meio da micro e minigeração distribuídas (MMGD) em 2012, permitindo a compensação de energia elétrica, entre outros programas igualmente oportunos sob o ponto de vista da produção e consumo de energias limpas.

Pela ótica da acessibilidade da energia, o programa Luz para Todos, criado em 2003, destaca-se por ter evoluído de forma significativa para incorporar cada vez mais comunidades isoladas do meio rural e em regiões de difícil acesso, assim como por ampliar a inclusão elétrica com impactos positivos sobre o desenvolvimento socioeconômico das comunidades e redução das desigualdades regionais. Igualmente, o programa também contribui para o pleno exercício da cidadania dessas comunidades isoladas. Para os consumidores residenciais de baixa renda, a Tarifa Social de Energia Elétrica concede descontos de até 100% dependendo do consumo mensal.

Desafios permanecem. Em particular, conhecer o impacto das elevadas tarifas de energia no Brasil no orçamento doméstico seria de máxima relevância para melhor avaliar o acesso efetivo das unidades residenciais à energia. Igualmente necessário seria melhor analisar o real alcance do Programa Tarifa Social de Energia com vistas a sua aprimoração para incluir de fato as unidades residenciais necessitadas e isoladas geograficamente nas regiões Norte e Nordeste. Adicionalmente, o acesso equitativo e universal à energia limpa, em particular nas regiões remotas onde populações isoladas se encontram, ainda se apresenta como um enorme desafio.

Finalmente, conhecer os impactos socioambientais da produção de energia eólica também traria uma dimensão relevante (Gorayeb, Brannstrom e Meireles, 2019). Por usar os ventos como fonte de energia, a energia eólica é considerada limpa e sustentável. Entretanto, não é isenta de produzir impactos muito significativos nas esferas ambiental e social. Além dos efeitos negativos sobre a biodiversidade e das externalidades negativas como nível elevado de ruídos, por exemplo, as comunidades vizinhas muitas vezes experimentam perdas de territórios e de disponibilidade de recursos locais. Esse tema configura um enorme desafio para as políticas e programas governamentais nos seus diferentes níveis, com pouca atenção tendo sido dada até agora.

5 DESAFIOS PARA O BRASIL: COMUNIDADES ISOLADAS E VULNERABILIDADE CRESCENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

5.1 O ODS 7 e as comunidades isoladas

De forma compatível com uma das metas do ODS 7, o Brasil buscou a universalização do acesso à energia elétrica por meio do programa Luz para Todos, tendo alcançado um índice de 99,7% de abrangência. Entretanto, com uma dimensão continental, universalizar o acesso à energia elétrica de forma segura no Brasil a preços razoáveis apresenta desafios importantes, destacando-se as regiões remotas da Amazônia, que se encontram em uma situação de precariedade energética, com todas as consequências negativas da falta de um sistema de energia confiável nos setores de educação, saúde, exercício da cidadania, apenas para citar alguns desses efeitos. Comunidades indígenas, quilombolas, ribeirinhas e moradores de reservas extrativistas compõem a maior parte das pessoas que não têm acesso a uma energia limpa, segura e acessível, de acordo com o ODS 7.¹²

De acordo com a EPE (2022a), o Brasil possui 212 sistemas elétricos isolados em sete estados, com uma população de aproximadamente 3 milhões de consumidores com sistemas de fornecimento de energia extremamente precários. Conforme a EPE (2022a), “sistemas isolados (SI) são localidades elétricas que não estão conectadas ao restante do país, por razões técnicas ou econômicas. Fernando de Noronha (PE) é a única exceção de sistema isolado que não se localiza na Região Norte”.

A partir do planejamento setorial, o governo pretende dar uma solução aos sistemas isolados, buscando conciliar a eficiência econômica, energética e ambiental no atendimento ao SI. Segundo o Decreto nº 7.246/2010, os SIs “deverão buscar a eficiência econômica e energética, a mitigação de impactos ao meio ambiente e a utilização de recursos energéticos locais, visando atingir a sustentabilidade econômica da geração de energia elétrica”. Entretanto, é um fato que a maioria dos SIs ainda utiliza a fonte fóssil *diesel* para fornecer energia à população, a fim de prover uma fonte de energia firme e disponível para gerar a qualquer momento e que não dependa de condições naturais como regime de ventos e hidrológicas, exatamente devido ao seu isolamento.

A EPE, em consonância com o MME, avalia a substituição de *diesel* por gás natural utilizando gás amazônico – fonte de energia firme e menos poluidora – em diversas

12. Até cidades grandes como Boa Vista, capital de Roraima, dependem desses sistemas. Sua eletricidade vem de geradores a óleo combustível. Sua manutenção é cara e poluidora. Além disso, o suprimento de combustível é menos confiável que o sistema interligado.

localidades isoladas do Norte, principalmente naquelas áreas de maior consumo elétrico. A justificativa para a escolha do gás em detrimento do *diesel* é porque, além de este ser combustível mais custoso e poluente numa região ambientalmente sensível, também está sujeito às flutuações de preços do mercado internacional em comparação ao gás nacional, considerando que o Brasil não é autossuficiente em *diesel*, dependendo de importações para abastecer seu mercado interno.

Outro aspecto marcante é que o Amazonas concentra 45% de todos os SIs, englobando quase 1,8 milhão de consumidores isolados (40% da população estadual) e apresenta a segunda maior reserva total de gás do Brasil (45 bilhões de m³), atrás apenas do Rio de Janeiro, de acordo com ANP (2022). A substituição do *diesel* pelo gás tem também um efeito ambiental favorável, com redução das emissões de GEE, por ter menor conteúdo de carbono.

De forma diferente, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) desenvolve projetos pilotos para levar eletricidade a essas comunidades, alguns usando células fotovoltaicas. Outros combinam tecnologias como energia solar e geradores a *diesel*. Adicionalmente, outros projetos usam fontes como eólicas, biomassa e até pequenas centrais hidrelétricas. De acordo com o IEMA (2019), não há uma solução tecnológica ideal, sendo a melhor tecnologia aquela que mudar o foco da simples eletrificação para o desenvolvimento local. A integração das comunidades isoladas representa um enorme desafio tecnológico, ambiental e social.

5.2 As mudanças climáticas e o setor de energia

O IPCC (2022) aponta que ocorrerão efeitos determinantes das mudanças climáticas que ameaçam os sistemas elétricos, podendo até interromper o fornecimento de energia, com perdas econômicas e impactos sobre a saúde e a segurança das populações. Os eventos climáticos extremos decorrentes das mudanças climáticas colocam em risco a confiabilidade, a segurança energética e as condições de suprimento de energia: tempestades severas, enchentes, incêndios florestais e secas serão cada vez mais frequentes, introduzindo importantes vulnerabilidades nos sistemas elétricos. Assim sendo, será necessário incorporar, como elemento central no planejamento, os efeitos das mudanças climáticas sobre os sistemas energéticos.

Torna-se, portanto, de importância fundamental conhecer os impactos das mudanças climáticas sobre os sistemas energéticos, em particular, o setor elétrico no Brasil, para seu melhor planejamento futuro. A presença predominante de fontes renováveis na matriz energética é, sem dúvida, uma fonte de orgulho nacional, sendo um dos países com maior proporção de fontes renováveis em sua matriz energética, como mostrado

TEXTO para DISCUSSÃO

previamente. Entretanto, este elevado grau de renovabilidade também aumenta sua fragilidade, tornando-a diretamente dependente das condições do clima, como chuvas e ventos, sujeitos a variações naturais. No contexto delineado anteriormente, torna-se de máxima relevância conhecer como o sistema elétrico brasileiro terá que se adaptar com o fim de garantir a segurança e a confiabilidade da infraestrutura diante dos eventos climáticos extremos que têm se intensificado devido às mudanças climáticas.

A EPE (2023a) estabelece que os potenciais impactos das mudanças climáticas podem ser de natureza variada, podendo ser classificados em quatro grupos: i) disponibilidade de recursos naturais; ii) eficiência de equipamentos e estruturas dos sistemas elétricos de geração, transmissão e distribuição; iii) riscos às infraestruturas; e iv) aumento na demanda por eletricidade.

A maior demanda de energia elétrica ocorrerá devido ao aumento no consumo para refrigeração, principalmente em regiões quentes. Além disso, eventos climáticos extremos (incêndios, secas, tempestades, inundações etc.) irão ocasionar danos físicos às estruturas de geração e transmissão, podendo ser a causa principal de interrupções no fornecimento de energia elétrica. A agravar esse quadro, outro impacto marcante é sob a ótica da oferta de energia, uma vez que o aumento da temperatura pode levar a uma diminuição na eficiência da geração, principalmente em usinas termelétricas e solares fotovoltaicas (IEA, 2021).

Como anteriormente já mencionado, o Brasil apresenta uma elevada proporção de fontes renováveis nas suas matrizes de energia e elétrica. A EPE (2023a) reporta que, em 2022, 47% da matriz energética brasileira foi de fontes renováveis, enquanto o valor correspondente à média mundial foi de 14%. No caso da matriz elétrica, o grau de renovabilidade é ainda maior: 92% da oferta de energia elétrica teve origem em fontes renováveis em 2022 enquanto a média de participação de renováveis na oferta elétrica mundial foi de 27%. A geração hidrelétrica sempre teve participação fundamental no fornecimento de energia no Brasil, alcançando mais de 90% da produção elétrica na década de 1990. Até o início dos anos 2000, a matriz elétrica brasileira foi basicamente hidrotérmica, com as fontes principais sendo hidráulica, térmica e nuclear.

Essa elevada participação de fontes renováveis no sistema energético nacional tem o efeito de tornar a matriz brasileira particularmente vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas. As fontes renováveis dependem diretamente das condições do clima, como são os casos da eólica, solar, hidrelétrica e bioenergia. Por exemplo, a IEA (2021) destaca os efeitos das mudanças nos ciclos hidrológicos como afetando diretamente a geração de energia hidrelétrica. Já o IPCC (2022) aponta que mudanças nos padrões dos ventos alterarão o potencial da energia eólica, enquanto para a bioenergia

ainda persistem incertezas sobre a forma exata como eventos extremos irão afetar as regiões e as culturas.

Mesmo com a maior diversificação das fontes, a participação da fonte hidrelétrica ainda continua a ser importante na matriz futura projetada no PDE 2031, mesmo com redução relativa, que passa de 59% para 49% no horizonte de planejamento (EPE, 2022a). A fonte solar se destaca por responder por 90% da expansão prevista. A relevância da geração hidráulica se deve por sua flexibilidade operativa, assim como a sua capacidade de suporte à geração eólica e solar. Os reservatórios de acumulação funcionam como armazenadores de energia ao atuar como “baterias” do sistema, podendo ser acionados para amortecer os efeitos das variações. Portanto, a fonte hidráulica permanece como fundamental para garantir a estabilidade e segurança energética no Brasil. Esta afirmação é, entretanto, condicionada à normalidade dos ciclos hidrológicos no Brasil, o que não tem se verificado mais recentemente (EPE, 2022a).

Em 2021, num cenário hidrológico crítico que levou a uma escassez hídrica acentuada, ocorreu a necessidade de acionamento das termelétricas com fonte fóssil,¹³ repetindo o que ocorreu em 2014-2015. Observa-se, mais uma vez, uma séria vulnerabilidade no sistema elétrico do Brasil, consequência direta das mudanças climáticas, com efeitos negativos sobre a emissão de GEE (Gutierrez, 2014). Ainda que a expansão das linhas de transmissão do sistema interligado tenha deixado o Brasil em situação mais favorável que aquela observada em 2001, permanece o desafio de garantir o fornecimento de energia elétrica nesse cenário de forte estresse hídrico.¹⁴

Em 2023, o clima brasileiro sofreu a forte influência do fenômeno climático conhecido como *El Niño*, que resultou em chuvas intensas e alagamentos no Sul do país, seca na região Norte e ondas intensas de calor nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste do país. No Sul, várias cidades do Rio Grande de Sul e de Santa Catarina foram alagadas, e equipamentos de geração e transmissão de energia elétrica foram afetados. Em novembro do mesmo ano, uma forte tempestade, com ventos que ultrapassaram 100 km/h e quedas de árvores, atingiu a capital e Região Metropolitana de São Paulo, interrompendo vários pontos na rede de distribuição elétrica, o que deixou mais de 2 milhões de pessoas sem acesso à energia elétrica.

13 O evento de escassez hídrica em 2021 foi consequência de um cenário hidrológico crítico, com as menores vazões observadas desde 1930. Nos sete anos anteriores (2014-2020), foram observados valores de vazões afluentes aos reservatórios das hidrelétricas dos subsistemas Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste abaixo da média histórica e níveis de armazenamento de energia no país bastante baixos (EPE, 2023b).

14 A nota técnica *Escassez hídrica em 2021: diagnóstico e oportunidades para o planejamento da expansão da oferta de eletricidade* (EPE, 2023b) incorpora as lições aprendidas com esses eventos.

TEXTO para DISCUSSÃO

Mais recentemente, começando em maio de 2024, as enchentes no Rio Grande do Sul tiveram impactos significativos sobre a rede elétrica estadual, como amplamente divulgado pelos meios de comunicação.

Além do cenário de aflúências muito abaixo das médias, o aumento na demanda por energia e as temperaturas elevadas têm exigido mais uma vez o acionamento das usinas termelétricas no SIN, para evitar o risco de “apagão”, de acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS),¹⁵ de forma similar ao que foi feito nas crises de 2014 e 2021. Esta solução terá impactos sobre as emissões de GEE, que aumentarão, assim como terá impactos sobre o custo da energia, uma vez que as usinas termelétricas produzem uma energia muito cara.¹⁶

No caso brasileiro, as emissões de GEE oriundas do setor elétrico podem variar significativamente dependendo das condições hidrológicas que, por sua vez, dependem diretamente dos efeitos das mudanças climáticas. A necessidade de acionamento das termelétricas com fonte fóssil em situações hidrológicas desfavoráveis, como ocorreu em 2014-2015, 2021, 2023 e aquela vivida em 2024, terá efeitos negativos sobre a emissão de GEE do setor. Cabe aqui enfatizar que, apesar da baixa participação relativa do setor elétrico nas emissões de GEE do setor de energia, em torno de 20%, destaca-se a necessidade premente de substituir e complementar a fonte hidráulica por outras fontes renováveis e/ou de baixa emissão para que o setor de eletricidade não se deteriore em nível ambiental. Coloca-se a urgência de integrar as políticas para este subsetor com as políticas contra as mudanças climáticas. As principais medidas para o setor elétrico brasileiro contidas no PDE 2031 (EPE, 2022b) vão na direção correta, sendo ainda prematuro avaliar se serão suficientes para equacionar os principais desafios que se colocam diante da gravidade que representam as mudanças climáticas, principalmente no que diz respeito à tendência de declínio nos níveis dos reservatórios no Brasil. A segurança energética depende diretamente das reservas de energia por meio de reservatórios hidrelétricos. Também deve ser destacado o potencial das baterias de contribuir com a redução da intensidade de carbono da matriz elétrica brasileira por possibilitarem o aumento da participação de renováveis (EPE, 2019).

15 O ONS declarou que não há risco de faltar energia elétrica por baixa aflúência dos rios, uma vez que o SIN dispõe de recursos suficientes para atender as demandas de carga e potência da sociedade. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/noticias/details.aspx?i=10634>.

16 Podem chegar a R\$ 2.500/MWh, dez vezes maior que o custo médio das outras fontes, aumentando a conta de luz, em particular, para os mais pobres.

6 CONCLUSÕES

O Brasil tem excelente *performance* nas duas abordagens, tanto no elevado grau de renovabilidade de sua matriz energética como também no alcance das metas contidas no ODS 7. Fragilidades permanecem, entretanto, numa perspectiva de um prazo mais longo. Algumas questões relevantes deverão ser incluídas no planejamento energético, em particular o tema das comunidades isoladas e a adaptação às mudanças climáticas do setor.

Um dos maiores desafios, sem dúvida, é a questão das comunidades isoladas, que ainda não tem uma solução nem fácil nem consensual na sociedade.

Outros pontos principais incluem como conciliar a segurança energética, a eficiência energética e uma maior equidade num contexto em que as mudanças climáticas impactam diretamente o setor de energia elétrica. Sua vulnerabilidade às condições naturais, em particular, hidrológicas, e a necessidade de uma maior resiliência às mudanças climáticas, tornarão imperativo que o Brasil tenha que promover investimentos para alcançar melhorias e mudanças regulatórias relevantes.

Finalmente, cabe levantar a questão do significado específico da transição energética para o Brasil. Considerar as possíveis trajetórias para o Brasil torna-se definitivo. Para a maioria dos países, a transição energética terá que alterar a estrutura nos padrões de consumo e produção de energia, uma vez que as fontes fósseis ainda prevalecem. Levando em conta as características específicas ao setor brasileiro de energia – em particular a elevada participação de fontes renováveis na sua matriz, o seu baixo consumo *per capita* de energia comparado com a média dos países desenvolvidos, suas reservas de óleo e gás extensas e de elevada qualidade –, o conceito de transição energética deverá de forma equilibrada incorporar estas dimensões em linha com cenários projetados de crescimento sustentável.

A transição para um sistema de baixo carbono representa um enorme desafio atual. Impõe-se, de forma urgente, a descarbonização das economias, que implique emissões menores de GEE por unidade do PIB ao longo do processo de crescimento. Para entrar nessa trajetória virtuosa, um dos componentes principais se constitui na transformação do modo de consumo e de produção de energia, visando à redução, ou pelo menos à estabilização, das emissões de GEE num contexto de crescimento econômico.

Apesar de o setor de energia brasileiro ser extremamente limpo, com forte presença de fontes de energia renováveis, há que se destacar mudanças notáveis recentes. Ainda que a proporção das atividades relacionadas a agropecuária e mudanças de uso da terra e florestas continue a responder pela maior participação no total das emissões

TEXTO para DISCUSSÃO

brasileiras de GEE, verifica-se o crescimento relativo das emissões no setor de energia no total geral, cabendo uma análise mais detalhada da evolução de seu perfil e dos fatores motivadores para este quadro.

A título de ilustração, as emissões no setor de energia responderam por 19% do total das emissões em 2019, sendo que este valor correspondente para 1990 era de 10%. Este aumento levou as emissões do setor de energia a quadruplicarem desde 1970. Conclui-se, portanto, que, apesar de ser muito limpo em comparação com o padrão internacional, o setor brasileiro de energia enfrenta uma série de desafios para que seja materializada a transição para uma matriz energética sustentável, em particular no setor elétrico, fundamental para guiar o planejamento energético no Brasil incorporando as necessidades de crescimento econômico e de transição para uma economia de baixo carbono.

As emissões de GEE oriundas do setor elétrico podem variar significativamente dependendo das condições hidrológicas. A necessidade de acionamento das termelétricas com fonte fóssil em situações hidrológicas desfavoráveis, como ocorreu em 2014-2015 e a que estamos vivendo agora, introduz uma importante vulnerabilidade no sistema elétrico do Brasil, com efeitos negativos sobre a emissão de GEE. Cabe aqui enfatizar que, apesar da baixa participação relativa do setor elétrico nas emissões do setor de energia, destaca-se a demanda premente de substituir e complementar a fonte hidráulica por outras fontes renováveis e/ou de baixa emissão para que o setor de eletricidade não se deteriore. Ou seja, há a necessidade de integrar as políticas para este subsetor com as políticas contra as mudanças climáticas. As principais medidas para o setor elétrico brasileiro contidas no PDE 2030 vão na direção correta, sendo ainda prematuro avaliar se serão suficientes para equacionar os principais desafios que se colocam.

Outra iniciativa governamental pertinente para a descarbonização do setor elétrico é o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos, apresentando-se como uma oportunidade de substituir combustíveis não renováveis, de maior emissão. Além de gerar energia limpa, essa prática contribui para reduzir um grave problema urbano dado pelos aterros, em que 96% dos resíduos não sofrem nenhum tratamento nem reciclagem, segundo a Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos (Abren). Essa iniciativa, se produzir os resultados esperados, também será um vetor significativo para a redução das emissões de GEE no setor elétrico, assim como contribuirá para as metas de saneamento básico, cujo estado é crítico nos grandes centros urbanos do Brasil. Trata-se de uma iniciativa derivada de um diálogo frutífero entre o governo e o setor privado.

Outras ações recentes que atuam no sentido de descarbonizar o setor elétrico merecem referência. O marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono, criado por meio da Lei nº 14.948/2024,¹⁷ e o mercado de carbono, instituído pela Lei nº 15.042/2024,¹⁸ também irão ajudar a descarbonizar o setor.

Como já amplamente argumentado, no Brasil, o setor elétrico contribui pouco para o total de emissões de GEE. O PDE 2030 busca manter este cenário e propõe que esforços adicionais para a redução de GEE devem se concentrar em setores com melhor relação custo-benefício com o fim de priorizar medidas que sejam mais custo-efetivas. Entretanto, cabe a observação sobre o processo de eletrificação em curso no mundo, que pode alterar bastante essa afirmação. A consideração de cenários alternativos incorporando não só taxas de crescimento do PIB, mas também diferentes graus de eletrificação na economia brasileira poderia ser um insumo muito necessário no planejamento energético. Destaca-se, no PDE 2030, a potencialidade de uma maior integração de políticas para o setor elétrico com políticas para o setor de transportes. Como verificado em outros países, o potencial de descarbonização a partir da eletrificação é bastante elevado. Marcos regulatórios adequados podem incentivar a convergência de objetivos de reduzir as emissões de GEE nos setores de energia elétrica e transportes. De fato, a maior integração entre estas políticas pode significar uma grande oportunidade para o Brasil ser líder no processo de transição para uma economia de baixo carbono.

REFERÊNCIAS

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário estatístico 2022**. Disponível em: gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2022.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Sistemas de armazenamento em baterias: aplicações e questões relevantes para o planejamento**. Brasília: EPE, 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano decenal de expansão de energia 2030**. Brasília: EPE, 2021.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Planejamento do atendimento aos sistemas isolados horizonte 2023-2027 Ciclo 2022**. Rio de Janeiro: EPE, 2022a.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano decenal de expansão de energia 2031**. Brasília: EPE, 2022b.

17. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14948.htm.

18. Disponível em: <https://normas.leg.br/?urn=urn:lex:br:federal:lei:2024-12-11;15042>.

TEXTO para DISCUSSÃO

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Fortalecimento da resiliência do setor elétrico em resposta às mudanças climáticas**: revisão bibliográfica. Brasília: EPE, 2023a. (Nota Técnica, n. 016).

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Escassez hídrica em 2021**: diagnóstico e oportunidades para o planejamento da expansão da oferta de eletricidade. Brasília: EPE, 2023b. (Nota Técnica, n. 001).

FUNDO Nacional sobre Mudança do Clima. **Gov.br**, 6 set. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/planejamento/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conse-lhos-e-orgaos-colegiados/cmap/politicas/2023/avaliacao-conjunta-cmas-cmag/fundo-nacional-sobre-mudanca-do-clima>.

GOLDEMBERG, J. Energia e sustentabilidade. **Revista de Cultura e Extensão USP**, n. 14, p. 33-43, nov. 2015.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A. J. de A. (Org.). **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil**. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

GUTIERREZ, M. B. G. P. S. Governança e inovação para um sistema energético sustentável: como podemos melhorar? **Boletim de Análise Político-Institucional**, Brasília, n. 6, p. 49-54, nov. 2014.

GUTIERREZ, M. B. G. P. S. **Uma avaliação comparativa da sustentabilidade do setor de energia brasileiro com os países da OCDE**. Brasília: Ipea, dez. 2022. (Texto para Discussão, n. 2821). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11457/3/TD_2821_Web.pdf.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Electricity security 2021**: climate resilience. Paris: IEA, 2021.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. (2022), **Greenhouse gas emissions from energy** – Data product. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/greenhouse-gas-emissions-from-energy>.

IEMA estuda alternativas para 500 mil brasileiros sem acesso à eletricidade na Amazônia. **Iema**, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/iema-estuda-alternativas-para-500-mil-brasileiros-sem-aceso-a-eletricidade-na-amazonia-20190101>.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2021**: the physical science basis. Genebra: IPCC, 2021.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY; UNSD – UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION; WORLD BANK; WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Tracking SDG 7: the energy progress report.** Washington DC: World Bank, 2024.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **AR6 Climate Change 2022: mitigation of climate change – contribution of working group III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Geneva: IPCC, 2022.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Cadernos ODS: ODS 7 – assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos: o que mostra o retrato do Brasil?** Brasília: Ipea, 2019. Disponível em: www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190502_cadernos_ODS_objetivo_7.pdf.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **ODS 7: assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos.** Brasília: Ipea, 2024a. (Cadernos ODS, 7). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/14129/1/Agenda_2030_ODS_7_Assegurar_o_acesso_confia-vel_sustentavel.pdf.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7: assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos.** Brasília: Ipea, 2024b. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/ods/ods7_card.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Environment at a glance.** Paris: OECD Publishing, 2020.

PINDYCK, R. S. (Ed.). **Climate future: averting and adapting to climate change.** Cambridge: Estados Unidos: MIT Press, 2023.

TIROLE, J. (Ed.). **Economics for the common good.** Princeton: Princeton University Press, 2017.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Alice Souza Lopes

Everson da Silva Moura

Revisão

Amanda Ramos Marques Honorio

Cláudio Passos de Oliveira

Denise Pimenta de Oliveira

Emilly Dias de Matos

Gisela Carneiro de Magalhães Ferreira

Letycia Luiza de Souza

Lucas Sales Lyra

Nayane Santos Rodrigues

Olavo Mesquita de Carvalho

Reginaldo da Silva Domingos

Susana Sousa Brito

Yally Schayany Tavares Teixeira

Jennyfer Alves de Carvalho (estagiária)

Katarinne Fabrizzi Maciel do Couto (estagiária)

Editoração

Anderson Silva Reis

Augusto Lopes dos Santos Borges

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniel Alves Tavares

Danielle de Oliveira Ayres

Leonardo Hideki Higa

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

*The manuscripts in languages other than Portuguese
published herein have not been proofread.*

Ipea – Brasília

Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C

Centro Empresarial Brasília 50, Torre B

CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF

Acesse nossas publicações



Acompanhe nossas redes sociais



Missão do Ipea
Qualificar a tomada de decisão do Estado e o debate público.