

AUDITORIA OPERACIONAL NA POLÍTICA DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

ANÁLISE EM SEPARADO

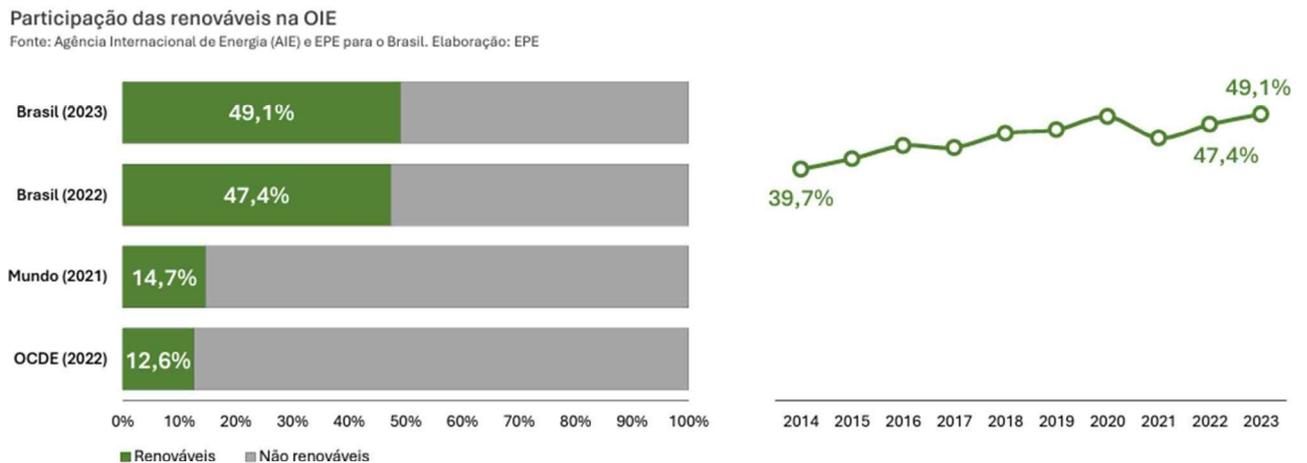
Questão 4: *Quão avançada é a ação estatal nos seguintes temas tecnológicos da agenda da transição energética brasileira?*

Tema avaliado: **Participação de Renováveis no SEB**

I. Visão Geral

1. De acordo com dados do Balanço Energético Nacional (2024b), a participação de renováveis na matriz energética brasileira está bem acima da média mundial. Enquanto o país atingiu um percentual de 49,1% de fontes renováveis na oferta interna de energia em 2023, a média mundial foi de 14,7% em 2021 e de 12,6% nos países que compõem a OCDE. A Figura abaixo traz esses dados, além demonstrar a evolução favorável da ampliação de uso de renováveis de 2014 a 2023 no País.

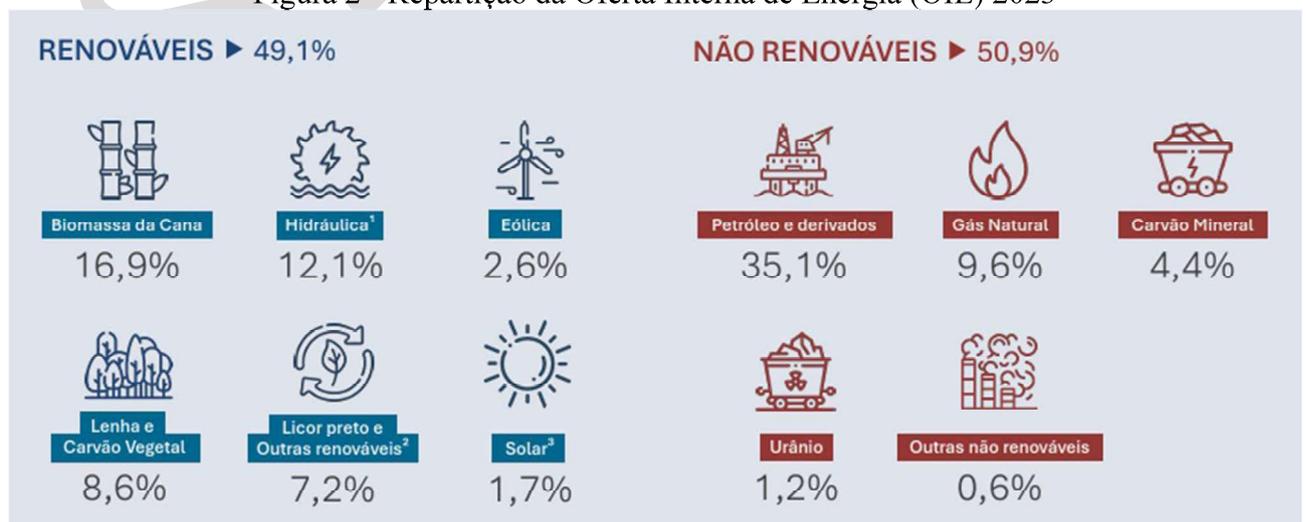
Figura 1 – Participação das renováveis na Oferta Interna de Energia



Fonte: Relatório Síntese BEN 2024, p. 12.

2. Na Figura abaixo, apresentam-se os dados da repartição da oferta interna de energia em 2023 por tipo de fonte e por sua característica renovável ou não renovável.

Figura 2 - Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2023

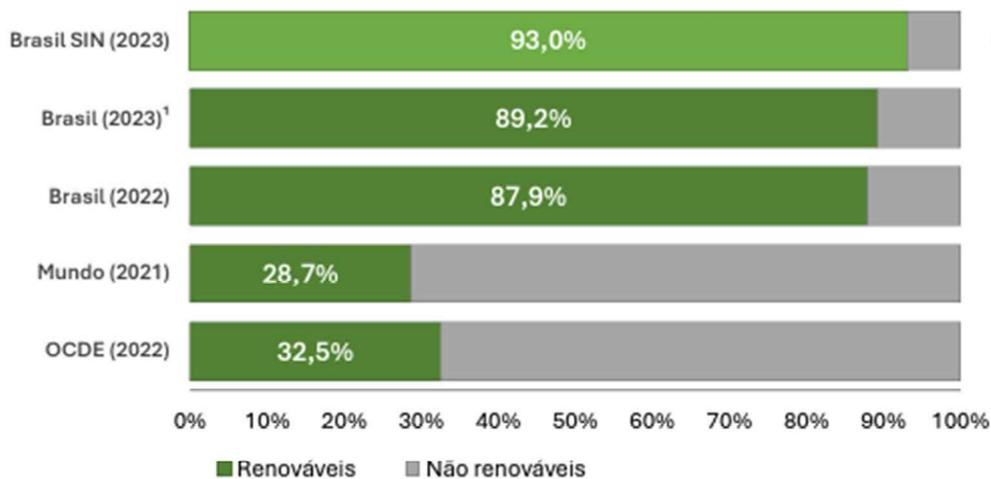


Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

Fonte: Relatório Síntese BEN 2024, p. 17.

3. O alto percentual de renováveis na matriz decorre, em boa parte, da característica renovável da produção de eletricidade no país. O Brasil atingiu um percentual de 93,0% de fontes renováveis na geração de eletricidade total em 2023, enquanto a média mundial foi de 28,7% em 2021 e de 32,5% nos países da OCDE. Portanto, em termos de energia elétrica, o Brasil se destaca ainda mais se comparado à produção de energia total. A Figura abaixo traz os referidos dados.

Figura 3 – Participação de renováveis na matriz elétrica – geração (2023)



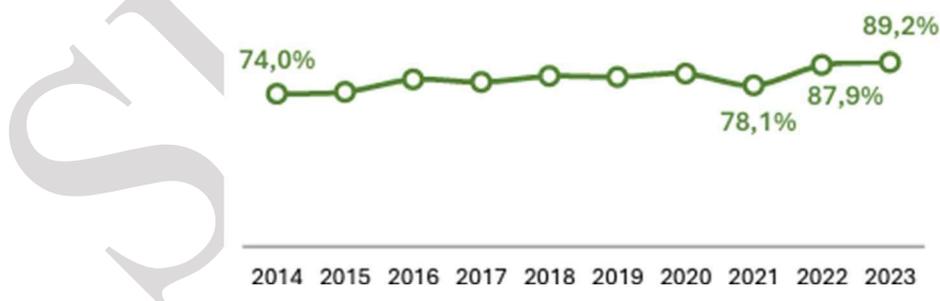
¹ A renovabilidade é calculada com base na Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), ou seja, toda a geração nacional mais a importação líquida, o que inclui a parcela importada de Itaipu.

Fonte: Relatório Síntese BEN 2024, p. 39.

4. Salienta-se que esse percentual de 93,0% considera apenas o Sistema Interligado Nacional (SIN), o que exclui os Sistemas Isolados, a Importação de Eletricidade, a Autoprodução não-injetada na rede e a Mini e Micro Geração Distribuída (MMGD) (EPE, 2024).

5. A Figura abaixo demonstra a evolução do percentual de fontes renováveis na geração de energia elétrica de 2014 a 2023.

Figura 4 – Evolução da participação de renováveis na matriz elétrica – geração (2014-2023)



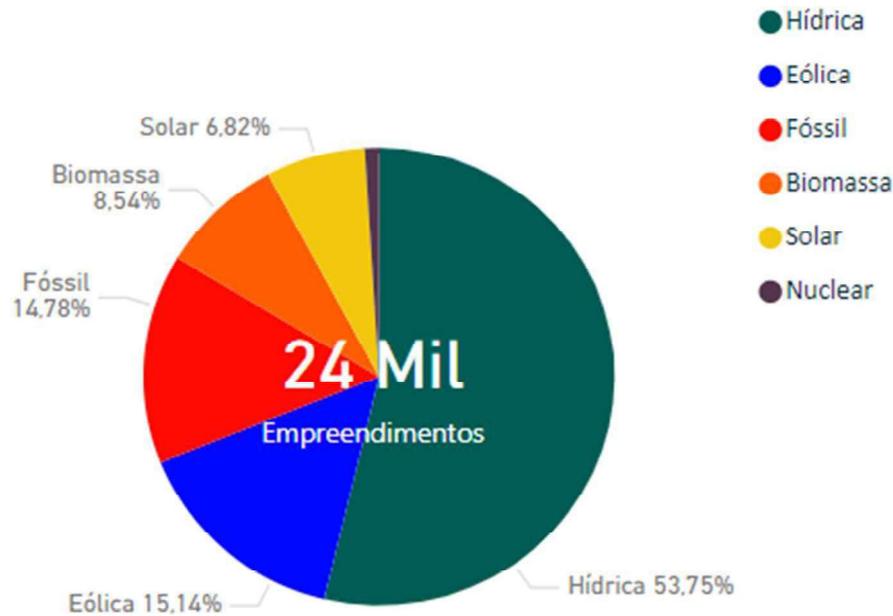
¹ A renovabilidade é calculada com base na Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), ou seja, toda a geração nacional mais a importação líquida, o que inclui a parcela importada de Itaipu.

Fonte: Relatório Síntese BEN 2024, p. 39.

6. Essa posição de destaque se deve à predominância da fonte hidráulica na geração de eletricidade. Ainda que outras fontes renováveis tenham aumentado a sua participação destacadamente nos últimos anos, ao final de 2023, segundo dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE, 2024a, p. 2), a energia proveniente das hidrelétricas ainda foi responsável por 60,2% do total da produção de energia elétrica no país. O gráfico evolutivo constante na Figura acima demonstra também o quanto a geração de eletricidade segue dependente do regime hídrico. Em anos escassos de chuvas, como em 2014, 2015 ou 2021, o percentual de renováveis na produção de eletricidade cai consideravelmente por conta da menor geração de energia por hidrelétricas.

7. A predominância da energia hídrica é atestada também pelos dados da capacidade instalada de empreendimentos de energia elétrica no Brasil. Conforme a Figura abaixo, em relatório extraído em 29/5/2024 no site da Aneel, 53,7% da potência outorgada é proveniente de potencial hidráulico, portanto, mais do que a metade da capacidade instalada de usinas.

Figura 5 – Matriz elétrica brasileira por regime de combustível (potência outorgada para empreendimentos em operação), em 29/5/2024

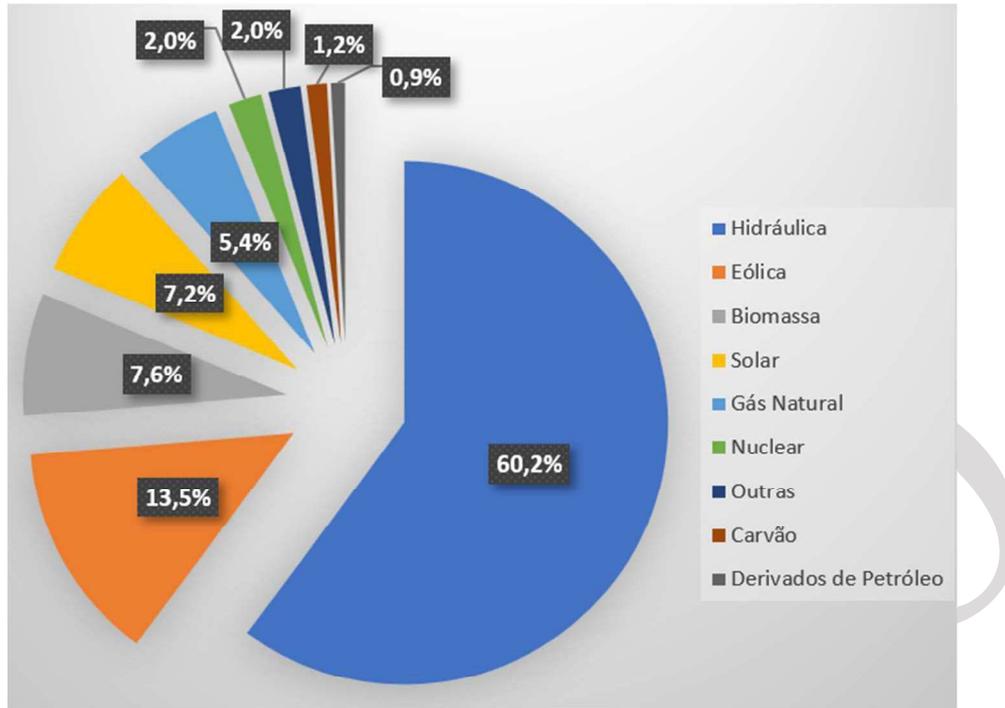


Fonte: Sistema de Informações de Geração da Aneel

(<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNjc4OGYyYjQ0YWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>)

8. Conforme já explicitado, em 2023, a fonte hidráulica gerou 60,2% da energia elétrica no país, estando os demais 39,8% distribuídos pelas demais fontes energéticas. Dentre as outras fontes renováveis, destacam-se as energias eólica, biomassa e solar fotovoltaica com, respectivamente, 13,5%, 7,6% e 7,2% (EPE, 2023a). A Figura abaixo demonstra a repartição da geração de eletricidade total no Brasil por fonte em 2023.

Figura 6 - Participação das fontes na energia elétrica gerada em 2023



Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2024, Ano base 2023 (EPE, 2023a).

9. A predominância da energia hídrica é consequência do aproveitamento do grande potencial hidráulico do País e de uma tradição de planejamento de longo prazo, o que resultou, a partir da segunda metade do Século XX, na construção de grandes hidrelétricas com importantes reservatórios de acumulação, o que proporcionou o controle do despacho para o atendimento da demanda. O sistema era complementado com termelétricas igualmente despacháveis que, nos períodos de escassez de chuvas, garantiam a segurança do sistema (REIS, 2021).

10. Dada a grande utilização de geração hídrica para o fornecimento de eletricidade, houve a necessidade de construção de um complexo sistema de transmissão visto que, em geral, as hidrelétricas foram construídas longe dos maiores centros de carga, onde estavam os melhores potenciais (REIS, 2021). Conforme dados do ONS (2024), em 2023, as linhas de transmissão no País atingiram um total de 171.640 Km, o que corresponde a mais de quatro voltas ao redor da Terra, considerando o perímetro aproximado do planeta na Linha do Equador – 42.075 Km.

11. Contudo, diante de restrições socioambientais para a construção de novas hidrelétricas, notadamente aquelas com grandes reservatórios de acumulação, que garantem a segurança do sistema, nos últimos anos, a adição de potência tem sido realizada predominantemente com outras fontes, como o gás natural, a eólica e a solar fotovoltaica. Segundo o PDE 2031 (EPE, 2031), o acréscimo de energia hídrica para os próximos anos está mais relacionado à repotenciação das usinas existentes e na inserção de pequenas centrais hidrelétricas e centrais geradoras hidrelétricas, que são usinas de menor porte com menor impacto socioambiental.

12. A biomassa é outra fonte renovável já consolidada em nossa matriz elétrica. De acordo com dados da IRENA (2024), o Brasil atingiu uma capacidade instalada dessa fonte de 17,6 GW ao final de 2023, a segunda maior do mundo, sendo superada apenas pela China.

13. Cabe trazer algumas informações sobre a biomassa. A bioeletricidade é obtida principalmente através da cogeração em unidades dos segmentos industriais sucroenergéticos (REIS, 2021). No Brasil, além de tornar essas unidades autossuficientes, essas plantas exportam energia para a rede e contribuem de forma decisiva para a segurança do fornecimento de eletricidade, principalmente no estado de São Paulo (REIS, 2021). Outras fontes que merecem destaque para a produção de eletricidade a partir da biomassa no Brasil são o papel e a celulose, que possuem como matéria prima a lixívia, o carvão vegetal, resíduos de madeira, casca de arroz, capim elefante e biogás (REIS, 2021).

14. De acordo com o PDE 2031 (EPE, 2031), a bioeletricidade continua apresentando potencial competitivo de aproveitamento para produção de energia elétrica, pois os processos estão cada vez mais eficientes. Além disso, o perfil de geração anual de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar no Brasil apresenta complementariedade com a maior parte da geração hidrelétrica do SIN, tendo em vista que os momentos de menor disponibilidade hídrica nas principais usinas com reservatórios coincidem com os períodos de safra no centro-sul, maior região produtora. Assim, existe importante sinergia entre a biomassa e outras fontes, o que é levado em consideração no planejamento da expansão.

15. A energia eólica se desenvolveu fortemente nas duas últimas décadas e já é a segunda principal fonte da matriz elétrica, ao menos no que toca à geração centralizada, superando inclusive as térmicas movidas a combustíveis fósseis. Na Figura abaixo, apresenta-se a evolução da capacidade instalada da fonte eólica de 2005 a 2022.

Figura 7 - Evolução da capacidade instalada eólica no Brasil (potência elétrica, em MW).

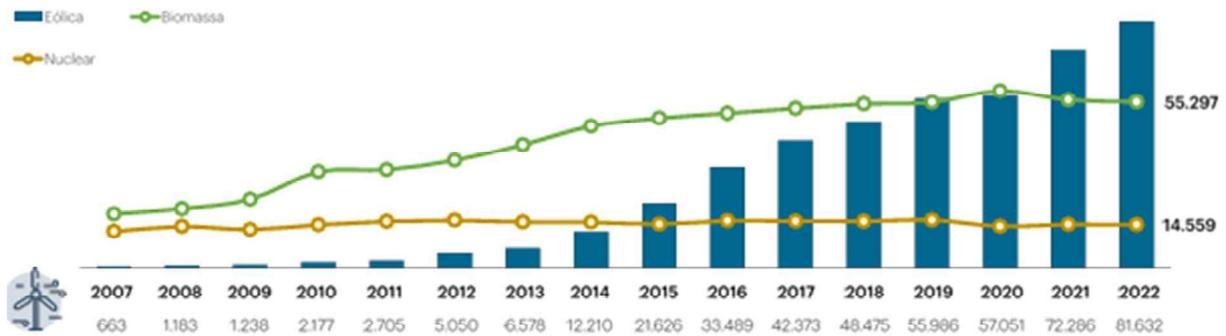


Fonte: ABEEólica, 2023, p. 13.

16. Essa evolução tornou o Brasil um dos destaques dessa fonte no mundo. Segundo dados da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA, 2024), o Brasil atingiu 29,1 GW de capacidade instalada de eólica, o que o coloca em sétimo lugar entre os países. Salienta-se que todo esse potencial é relativo à usinas *onshore*, já que não existem projetos de eólica *offshore* no País.

17. A Figura abaixo demonstra a evolução positiva da fonte eólica nos últimos anos, quando comparado com as fontes nuclear e biomassa.

Figura 8 - Evolução da geração eólica, em comparação com nuclear e biomassa (energia elétrica, em GWh).

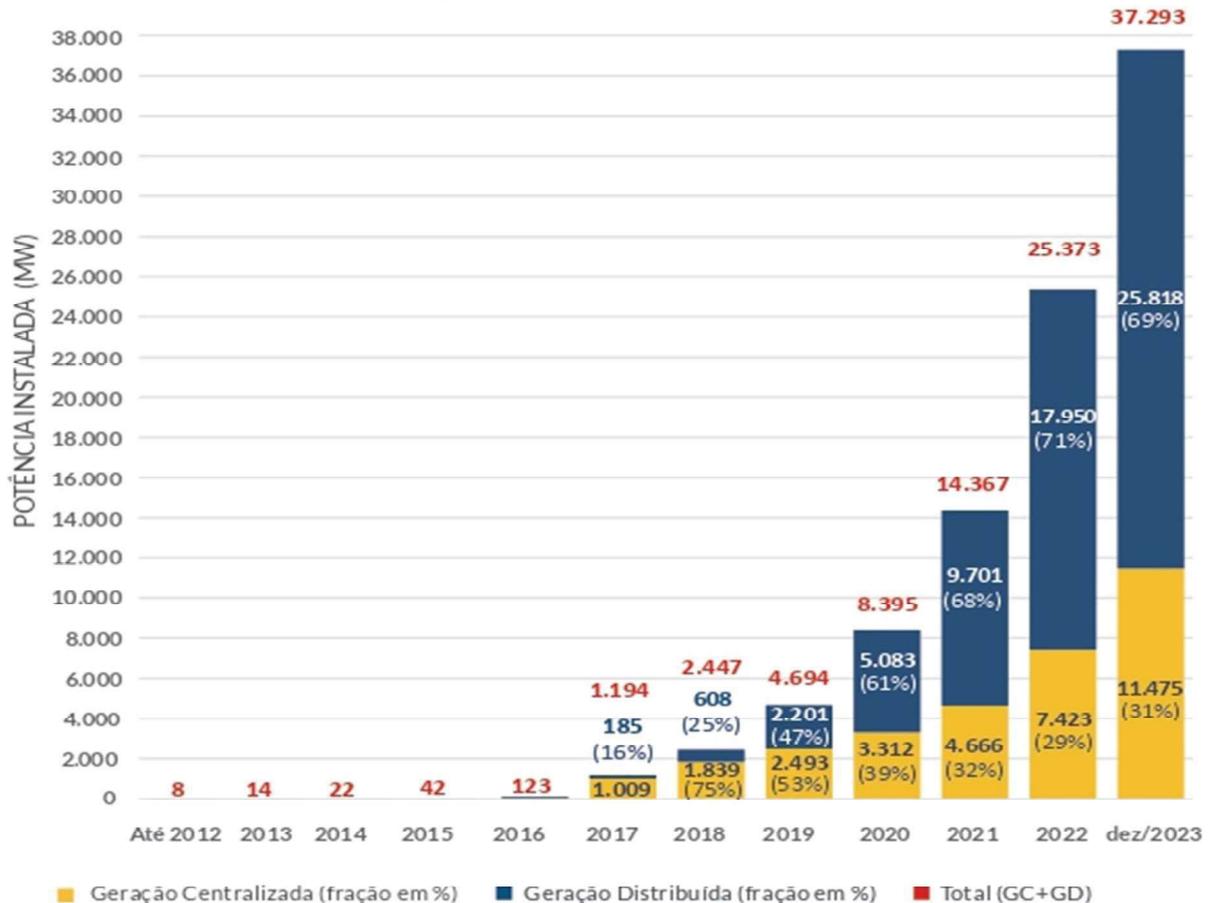


Fonte: Relatório Síntese BEN 2023, p. 38.

18. O crescimento da energia eólica no Brasil está relacionado com a necessidade de diversificação da matriz energética brasileira, que até os anos 2000 era excessivamente dependente da fonte hídrica. Nos anos 2001 e 2002, o Brasil sofreu uma crise de restrição de fornecimento de energia em razão de secas prolongadas, o que deu ensejo a diversas iniciativas governamentais em prol de outras fontes. Com relação à fonte eólica, os principais incentivos foram a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), criado pela Lei 10.438/2002, e a realização de leilões de energia por fonte, o que possibilitou diversos leilões específicos para a fonte eólica (REIS, 2021, p. 120-121).

19. Já a fonte solar tem apresentado crescimento vertiginoso nos últimos anos. A Figura 7a evolução da capacidade instalada (potência, em MW) da fonte solar fotovoltaica no Brasil ao longo dos anos.

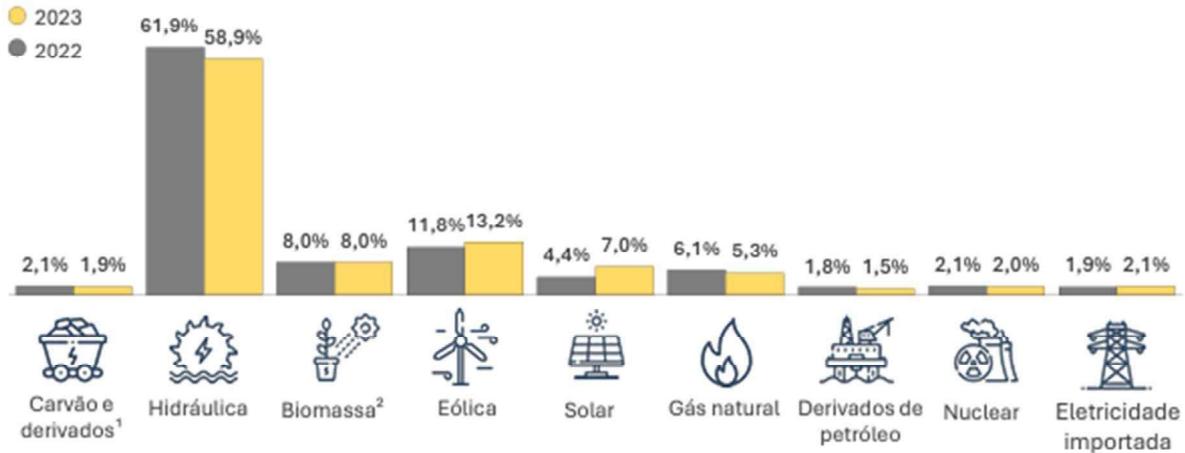
Figura 9 - Evolução da capacidade instalada de solar fotovoltaica no Brasil (potência elétrica, em MW).



Fonte: Absolar, 2024

20. A Figura abaixo demonstra que a fonte solar é a que mais cresce no país. Apenas em 2023, houve um aumento de geração solar fotovoltaica de 68,1% em comparação com o ano de 2022.

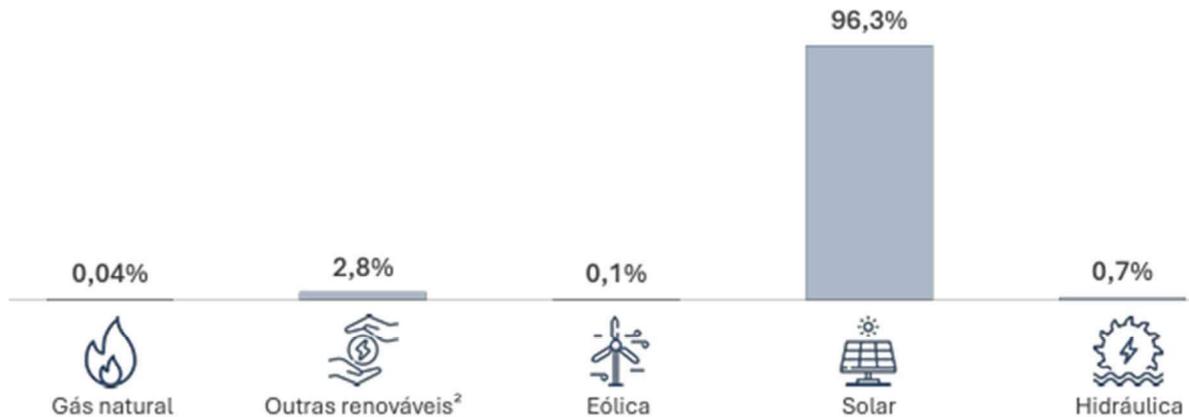
Figura 10 – Contribuição percentual das fontes de energia elétrica em termos de geração: 2022 e 2023



Fonte: Relatório Síntese BEN 2024, p. 38.

21. As principais causas para esse crescimento são os seguintes: redução dos custos associados à tecnologia solar, seja para instalação em residências e empresas, seja para projetos em grande escala; aumento da eficiência dos painéis solares, que vem melhorando seu desempenho em termos de conversão solar em eletricidade e incentivos governamentais, notadamente os subsídios para a Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD). Salienta-se que, conforme Figura abaixo, a fonte solar representou 96,3% do total da geração de energia elétrica por MMGD.

Figura 11 – Participação das fontes de energia elétrica na geração de MMGD



Fonte: Relatório Síntese BEN 2024, p. 50.

22. Cabe reforçar que a tendência de aumento das energias eólica e solar na matriz elétrica brasileira também traz desafios, já que há diminuição de capacidade de controle do despacho. A respeito disso, menciona-se trecho do PNE 2050 acerca dos desafios principais para uma matriz energética com grande percentual de geração variável não controlável.

A tendência é que o mundo no século XXI tenha que lidar com a grande penetração das fontes solar e eólica, que introduzem maior variabilidade e menor previsibilidade na geração elétrica global. O Brasil também terá que superar esse desafio, otimizando a operação da sua matriz energética existente, com novos investimentos necessários para garantir a adequabilidade de suprimento. A diversificação da matriz elétrica nacional requererá sistemas de armazenamento de energia, integrados de forma harmônica, para mitigar os efeitos causados pela intermitência das fontes renováveis não despacháveis e para garantir a qualidade do fornecimento de energia elétrica em grandes escalas, de modo seguro, eficiente e econômico. (EPE, 2020, p. 172)

23. Além disso, ainda que o crescimento das renováveis no Brasil, notadamente em razão da expansão da solar e da eólica, tenha aspectos positivos em termos de consolidação de uma matriz energética ainda mais limpa, essa expansão tem se dado com efeitos sociais perversos. Grande parte dos incentivos que levam a esse crescimento são decorrentes de subsídios cruzados, que beneficiam a parcela mais rica da população, que possui poder de compra para adquirir painéis solares, por exemplo. Esses incentivos têm impactado negativamente a tarifa de energia elétrica do mercado regulado, formado em sua maioria por consumidores de menor poder aquisitivo. Além disso, a migração de consumidores para o mercado livre ou para a MMDG traz um problema de insustentabilidade financeira para as distribuidoras, que seguem arcando com custos semelhantes e, ao mesmo tempo, diminuindo consideravelmente suas receitas. Essas questões foram alvo de apontamentos por este TCU na Auditoria Operacional na Política Tarifária do Setor Elétrico (TC 014.282/2021-6), julgada pelo Acórdão 1376/2022-Plenário, de relatoria do Ministro Benjamin Zymler.

II. Principais políticas públicas

24. Como já destacado, o Brasil desenvolveu seu sistema elétrico principalmente a partir da geração hidrelétrica, aproveitando o enorme potencial hidráulico do País. O Brasil também já se destaca entre os maiores produtores de energia a partir da biomassa já há alguns anos. Considera-se que as políticas públicas em relação a essas fontes foram exitosas e que, por conta disso, já estão consolidadas no País.

25. A partir do contexto da crescente relevância das fontes eólica e solar na geração de energia elétrica no Brasil nos últimos anos e a sua conseqüente importância para a transição energética para uma economia de baixo carbono, optou-se por limitar o escopo da análise das políticas em relação a apenas essas duas fontes. Salienta-se que algumas políticas que estão sendo consideradas também incluem as fontes hidráulica e biomassa. Contudo, a análise realizada se centrará nas fontes eólica e solar.

26. Uma vez que não existe uma política pública única para o incentivo a tais fontes de geração, mas diversas ações separadas, foram selecionadas algumas ações como sendo as principais, a saber:

- a) Regulamentação:
 - (i) Leilões (energia e transmissão)
 - (ii) Marco Legal da Geração Distribuída
 - (iii) Tecnologias offshore
- b) Financiamento:
 - (i) Proinfra
 - (ii) Minha Casa Minha Vida 2023
- c) Benefícios fiscais
 - (i) Desconto de 50% da TUSD/TUST
 - (ii) Reidi
 - (iii) Imposto de importação
 - (iv) Isenção do ICMS

27. Também não serão objeto de análise as consequências do crescimento dessas fontes na operação do sistema tampouco questões relacionadas aos impactos sociais dos incentivos.

II.1. Regulamentação

28. A realização de **leilões** foi introduzida no arranjo institucional do setor elétrico em 2004. Três anos depois, houve a realização do Leilão de Energia de Fontes Alternativas 2007, direcionado especificamente para hidráulica, biomassa e eólica. Posteriormente, foram realizados outros Leilões de Energia de Fontes Alternativas em 2007 e 2015 (EPE, 2024b). Outros leilões possibilitam a participação de qualquer fonte de energia, favorecendo a neutralidade tecnológica e o aumento da competição, o que resulta em tarifas mais baixas para o consumidor (SIB, 2022a).

29. Além dos leilões para a geração de energia, também são realizados leilões para a construção de linhas de **transmissão**. Essa política tem permitido uma maior interligação entre os subsistemas do País e favorece o maior aproveitamento sinérgico das distintas fontes de energia, que muitas vezes apresentam complementariedade entre elas. Em especial, favorece o maior incremento das renováveis intermitentes – solar e eólica, agregando maior segurança ao sistema. Como já dito, em 2023, as linhas de transmissão no País atingiram um total de 171.640 Km, o que corresponde a mais de quatro voltas ao redor da Terra, considerando o perímetro aproximado do planeta na Linha do Equador – 42.075 Km. O ONS projeta que a rede básica de transmissão atinja 200.015 Km em 2028, o que evidencia a continuidade dessa política (ONS, 2024).

30. Já em 2022 foi aprovado o **Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD)**, pela Lei 14.300/2022, que lida com vários aspectos como componentes tarifários, transição para projetos já instalados, direito adquirido e pagamento pelo uso da infraestrutura da distribuidora. Ademais a lei instituiu o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS) (Solar Prime, 2022).

31. Em relação às **tecnologias offshore**, o Decreto 10.946/2022 dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais para geração de energia elétrica a partir de empreendimentos offshore. Tal decreto tem o objetivo de preencher lacunas de um marco regulatório para a exploração do potencial elétrico offshore no Brasil, em especial relacionado a questões sobre a implantação e ao modelo de concessão, contribuindo para trazer segurança jurídica aos investidores nacionais e internacionais (Ministério da Economia, 2022, e Agência Infra, 2022). Também há alguns projetos de lei em discussão pelo poder legislativo, visando criar uma regulamentação específica para as eólicas offshore, a exemplo do PL 11.247/2018 e do PL 576/2021. Tais projetos de lei buscam estabelecer um marco regulatório para a exploração da energia eólica offshore no Brasil, a fim de atrair novos investimentos e contribuir para o aumento dessa fonte na matriz elétrica brasileira (Poder 360, 2023, e Senado, 2021).

II.2. Financiamento

32. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (**Proinfa**) foi criado em 2002 e impulsiona o investimento em projetos de energia renovável. O mecanismo funciona pela contratação de cotas dos geradores participantes do programa, que são pagas por todos os consumidores conectados ao Sistema Interligado Nacional (SIN) por meio da Conta para o Desenvolvimento Energético (CDE). É importante destacar que o Proinfa contemplou usinas eólicas, além de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e usinas térmicas a biomassa, mas não contemplou fontes de energia solares (Esfera Energia, 2021 e Replace Consultoria, 2023).

33. Em 2023, foi criada pela Lei 14.620/2023 a possibilidade dos custos da instalação de equipamentos fotovoltaicos serem vinculados às linhas de atendimento do programa **Minha Casa Minha Vida 2023** (Portal Solar, 2023a).

II.3. Benefícios Fiscais

34. A Lei 9.427/1996 previu o **desconto** de no mínimo 50% das Tarifas de Uso dos Sistemas de Transmissão (**TUST**) e de Distribuição (**TUSD**) para o aproveitamento de potencial hidráulico de potência até 10.000 kW (Art. 26, I e § 1). Posteriormente, a lei 10.438/2002 incluiu a fonte eólica e a lei 10.762/2003 incluiu a fonte solar. Além de ampliar o rol de fontes beneficiadas, as várias mudanças à Lei 9.427/1996 também ampliaram o tamanho das usinas contempladas, abarcando atualmente usinas de até 300.000 kW (Art. 26 § 1-A). Com o estabelecimento do mercado gerador eólico e solar, a competitividade alcançada, a perspectiva de que continuarão inevitavelmente sendo contratadas, e o longo período de vida do desconto, a Lei 14.120/2021 mais uma vez modificou a lei 9.427/1996 de modo a eliminar gradualmente tais descontos (Senado, 2015, p. 55, e Copel, 2021). Contudo, este ano, foi publicada a Medida Provisória 1.212/2024, que postergou o fim dos descontos em 36 meses.

35. O Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (**Reidi**) foi criado pela 11.488/2007 e tem como objetivo a desoneração da implantação de projetos de infraestrutura. Para obras de infraestrutura, o Reidi consiste na suspensão da incidência das contribuições para PIS (1,65%) e COFINS (7,6%) sobre venda ou locação de máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos novos, materiais de construção e prestação de serviços (MTO, 2014).

36. Para se ter uma ideia de ordem de grandeza da ação, de 2018 a 2022, a eólica e solar constituíram 90,4% do volume de projetos de energia que se beneficiaram do Reidi, em termos de potência instalada. São 656 projetos de solar (28 GW) e 325 projetos de eólica (12,6 GW), de um total de 1127 projetos (44,9 GW). Em termos financeiros, são R\$ 88,3 bilhões em investimento em solar que tiveram um desconto médio de 9,6% por causa dos benefícios fiscais, R\$ 52,4 bilhões de investimento em eólica, com desconto médio de 9,3% (Energia Hoje, 2023).

37. Em 2021, o Comitê-Executivo de Gestão (Gecex) da Câmara de Comércio Exterior (Camex) do Ministério da Economia **reduziu as alíquotas do imposto de importação** que incidem sobre produtos ligados à produção de energia (CNN, 2021). Além disso, desde 2020 foram publicados diversos ex-tarifários de equipamentos de energia solar e eólica, que são um mecanismo de redução temporária no imposto de importação para produtos que não possuem fabricação no país. Em 2023 e 2024 tais benefícios têm sido reduzidos, objetivando a estimular a produção nacional. Porém, ainda estão previstas cotas isentas de importação, em valores decrescentes, até 2027. (Portal Solar, 2023b, Canal Solar, 2023, e Terra, 2023).

38. Em nível estadual, desde 1997, há **isenção do ICMS** nas operações com equipamentos e componentes de energia solar e eólica, por meio do convênio ICMS 101/97. Ao longo dos anos, os 26 estados e o Distrito Federal aderiram a esse convênio, permitindo um melhor retorno ao investimento financeiro em um equipamento de energia solar. Atualmente, o benefício encontra-se prorrogado até 2028 (Portal Solar, 2023b, Ministério da Fazenda, 1997, Ministério da Fazenda, 2017).

III. Metodologia

39. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra no **Apêndice A** – .

IV. Avaliação da maturidade

IV.1. Formação de agenda pública

IV.1.1 Existe formação de agenda pública?

40. Conforme discorrido na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, o Brasil possui um histórico de décadas em ações governamentais para o incentivo às fontes eólica e solar.

41. Nos anos 2000, foram estabelecidos os **leilões de energia e de transmissão**, o **Proinfa**, o **desconto nas tarifas TUSD e TUST**. Mesmo na década de 1990 já havia o incentivo de isenção do imposto estadual **ICMS**.

42. Há também destaque para o **Reidi**, que, apesar de criado em 2007 e não ser uma política específica para o setor energético ou para eólica e solar, continua sendo um benefício fiscal de impacto bilionário ano após ano.

43. Mais recentemente, na década de 2020, nota-se que novos normativos e incentivos tem sido discutidos e aprovados, notadamente o **Marco Legal da MMGD**, os decretos e projetos de lei abordando **tecnologias offshore**, financiamentos vinculados ao **Minha Casa Minha Vida 2023**, e a redução de **impostos de importação**.

IV.1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?

44. A maioria dos incentivos mencionados – **Leilões, Marco Legal da MMGD, Proinfa, Minha Casa Minha Vida 2023, Desconto de 50% da TUSD/TUST, Reidi** foram alvo de regulamentação por lei. Portanto, houve discussões no Congresso Nacional, com possibilidade de participação pela sociedade civil e partes interessadas.

45. Em relação às **tecnologias offshore**, ainda não existe o marco legal para a sua regulamentação. Contudo, existem projetos de lei em tramitação no Congresso Nacional que permitem a participação da sociedade em sua regulamentação.

46. Quanto às reduções nas alíquotas de **impostos de importação**, foram alvo de definição por resolução do Gecex/Comex do Ministério da Economia, que é constituído por representantes de diversas pastas ministeriais. Portanto, também se considera que houve participação na escolha dessa política.

47. Por fim, as **isenções de ICMS** foram institucionalizadas por meio do Convênio ICMS 101/97, alterado diversas vezes por convênios posteriores. Esses convênios são aprovados no âmbito do Conselho Nacional de Política Fazendária, com participação dos secretários de fazenda de todos os estados e do Distrito Federal. Portanto, se considera que também houve um processo participativo em sua formulação.

IV.2. Institucionalização

IV.2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?

Regulamentação

48. Os **leilões de geração energia e de linhas de transmissão** foram estabelecidos por meio da Lei 10.848/2004 e regulamentados pelo Decreto 5.163/2004.

49. A Lei 14.300/2022 instituiu o **Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída**, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). Posteriormente, a Resolução Normativa Aneel 1.059/2023 regulamentou a lei.

50. As **tecnologias offshore** são discutidas no Decreto 10.946/2022 e em projetos de lei como o PL 11.247/2018 e o PL 576/2021.

Financiamento

51. O **Proinfa** foi criado pela Lei 10.438/2002 e regulamentado pelo Decreto 5.025/2004. Já a possibilidade de prorrogação dos contratos do Proinfa foi regulamentada pela lei 14.182/2021 e pelo Decreto 10.7981/2021.

52. O programa **Minha Casa Minha Vida 2023** foi recriado pela Lei 14.620/2023, contendo a possibilidade dos custos da instalação de equipamentos fotovoltaicos serem vinculados às linhas de atendimento ao programa.

Benefícios Fiscais

53. O **desconto na TUST e na TUSD** para as fontes eólica e solar foi introduzido na Lei 9.427/1996 por meio das leis 10.438/2002 e 10.762/2003. Sucessivas modificações foram feitas à Lei 9.427/1996 ao longo dos anos, todas pela aprovação de outras leis ordinárias. Já a eliminação gradual do desconto foi introduzida pela Lei 14.120/2021 e regulado pela Resolução Normativa Aneel 1.031/2022, que também contou com a consulta pública CP_20/2023 (MME, 2023).

54. O **Reidi** foi criado pela Lei 11.488/2007 e regulamentado pelo Decreto Federal 6.144/2007.

55. As reduções nas alíquotas no **imposto de importação** para equipamentos fotovoltaicos são definidas em resoluções do Comitê-Executivo de Gestão (Gecex) da Câmara de Comércio Exterior (Camex) do Ministério da Economia, a exemplo da Resolução Gecex 322/2022 e 353/2022.

56. As **isenções de ICMS** foram institucionalizadas por meio do convênio ICMS 101/97. Ele foi alterado diversas vezes por convênios posteriores, sendo que a última modificação foi feita pelo convênio 138/22. A vigência da isenção foi prorrogada até 2028, pelo convênio 156/17.

IV.2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?

Regulamentação

57. Os **leilões de compra de energia elétrica** possuem como **objetivos** (Aneel, 2022):

- a) contratar energia pelo menor preço possível (modicidade tarifária);
- b) atrair investidores para construir novas usinas para expandir a geração, e
- c) reter a geração existente.

58. Em relação a metas, os leilões possuem **metas de eficiência**, uma vez que a Aneel determina qual será o valor máximo de energia que poderá ser comercializada. Para vencer, os fornecedores precisam oferecer os menores preços e, com isso, a contratação se torna mais eficiente. Por sua vez, as **metas** de montantes a serem contratados são motivados nos estudos de planejamento, como o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), que aponta para a necessidade de potência adicional nos próximos anos (MME, 2021a) e também nas Declarações de Necessidade de Compra de Energia Elétrica apresentadas por distribuidoras de energia elétrica (Decreto 5.163/2007, Art. 24-A).

59. Em relação aos **leilões de transmissão**, o MME, como Poder Concedente, elabora o planejamento da expansão e o consolida em relatórios e estudos que integram o “Plano de Outorgas de Transmissão de Energia Elétrica”. Assim, são definidas as obras e os empreendimentos de transmissão que devem ser licitados. Conforme delegação dada à Aneel, essa Agência, seguindo as diretrizes estabelecidas pelo MME, organiza os leilões para a contratação de novas concessões para a prestação do serviço público de transmissão de energia elétrica (Aneel, 2022).

60. A Lei 14.300/2022, que institui o **Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída**, não traz explicitamente os objetivos pretendidos. Porém, **há objetivos implícitos** que podem ser depreendidos da lei e do contexto da geração solar. Mesmo com o crescimento exponencial apresentado nos últimos anos, a geração distribuída (GD) não possuía legislação própria que pudesse trazer a necessária segurança jurídica para os agentes que atuam nesse segmento e permitir o seu crescimento de forma sustentável. Ademais, segundo dados da Aneel, mantidas as regras vigentes até então, a GD implicaria em subsídios que resultariam na transferência de R\$ 55 bilhões em custos aos demais consumidores em 15 anos. Outro ponto importante do normativo é o estabelecimento do período de transição para as novas regras (gradualidade) e a manutenção das regras para os atuais consumidores MMGD, promovendo segurança jurídica e regulatória a esses agentes. A lei também está alinhada com as diretrizes emitidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) na Resolução 15/2020, das quais destaca-se: livre acesso do consumidor às redes das distribuidoras para fins de conexão de GD; segurança jurídica e regulatória; alocação dos custos de uso da rede e dos encargos previstos na legislação do Setor Elétrico; e gradualidade na transição das regras (SIB, 2022b).

61. Em relação a **metas**, a lei trouxe uma regra que reduz gradativamente o benefício de isenção do uso da rede de distribuição para o excedente de energia (energia que é injetada na rede da distribuidora e posteriormente retorna para o cliente em forma de desconto na conta de luz). Dependendo de quando foi feita a solicitação de conexão do sistema de MMGD, os benefícios podem finalizar entre 2031 e 2046 (Portal Solar, 2022).

62. Para as **tecnologias offshore**, o Decreto 10.946/2022 trata de definições, procedimentos para a cessão de uso, e contratos de cessão de uso de espaços para a geração de energia elétrica a partir de empreendimento offshore. Porém, não há objetivos ou metas quanto à quantidade de empreendimentos, de energia a ser gerada ou outro indicador que pretenda atingir. De forma similar, o PL 11.247/2018 e o PL 576/2021 tratam de regimes de concessão e autorização, de licitações, do pagamento pela ocupação da área. O PL 11.247/2018 traz o “objetivo de promover o desenvolvimento da geração de energia elétrica a partir de fonte eólica localizada nas águas interiores, no mar territorial e na zona econômica exclusiva e da geração de energia elétrica a partir de fonte solar fotovoltaica”. Porém, nenhum dos PLs traz metas pretendidas com a regulamentação de empreendimentos offshore.

Financiamento

63. A Lei 10.438/2002 explicita para o **Proinfra** o “**objetivo** de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa” (Art. 3, caput), bem como **metas por etapas**, a saber: na primeira fase, implantação de 3.300 MW; na segunda fase, atendimento a 10% do consumo anual de energia elétrica no País, a ser alcançado em até 20 anos.

64. A Lei [14.620/2023](#) traz 10 **objetivos** para o programa **Minha Casa Minha Vida 2023** (Art. 2). Por ser um programa habitacional, o objetivo mais afim à transição energética é o “IV - estimular a modernização do setor habitacional e a inovação tecnológica com vistas à redução dos custos e prazos de produção e entregas, à **sustentabilidade ambiental, climática e energética** [...]”. A lei também estabelece que o Poder Executivo estabelecerá as metas do programa (Art. 19, II), o que foi feito pela [Portaria Interministerial MCID/MF 2/2023](#), de dois milhões de famílias até 31/12/2026.

Benefícios Fiscais

65. Em relação ao **desconto na TUST e na TUSD**, podem-se inferir objetivos como promover o desenvolvimento de fontes alternativas de energia elétrica, ampliação da variedade de fontes, redução das emissões de GEE. No entanto, não foi encontrado normativo que explicita tais objetivos. Também não há metas de alcance de resultado, seja em quantidade de usinas implantadas, volume de energia gerado, montante de capital, ou qualquer outra métrica correlata.

66. O **Reidi** tem como objetivo a desoneração da implantação de projetos de infraestrutura (MTO, 2014). Não foram encontradas metas de alcance de resultados, seja para eólica e solar, seja para projetos de infraestrutura em geral.

67. As reduções nas alíquotas no **imposto de importação** possuem como objetivo: aumentar a competição e a concorrência, gerando queda de preços no mercado interno (MGI, 2021); viabilizar o aumento de investimentos em bens que não possuam produção equivalente no Brasil; possibilitar aumento da inovação por parte de empresas de diferentes segmentos da economia, com a incorporação de novas tecnologias inexistentes no Brasil, com reflexos na produtividade e competitividade do setor produtivo; e produzir um efeito multiplicador de emprego e renda sobre segmentos diferenciados da economia nacional (MDIC, 2016). Já a diminuição ou revogação do benefício visa ajudar a estimular a produção nacional (Canal Solar, 2023). Em relação a metas, não foram encontradas metas específicas, seja em relação aos setores eólico e solar, seja de forma ampla para o setor de energia, industrial ou econômico.

68. O convênio **ICMS 101/97**, que estabelece a isenção do imposto, possui o objetivo implícito de promover o uso das energias renováveis eólica e solar. Porém, ele não estabelece metas de alcance de resultado, seja em quantidade de usinas implantadas, volume de energia gerado, montante de capital, ou qualquer outra métrica correlata.

IV.3. Implementação

IV.3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?

Regulamentação

69. Os **leilões de energia** são realizados de forma sistemática desde o Leilão de Energia Nova A-5 de 2005, já contando com diversas usinas eólicas e solares vencedoras e instaladas. A título de exemplo, o Leilão de Energia Nova A-5 de 2022 habilitou 227 usinas eólicas e 414 usinas fotovoltaicas (EPE, 2024b).

70. O **Marco Legal da MMD** entrou em vigor em 07/01/2022, possuindo efeitos sobre as unidades que já estavam implantadas e nas implantadas a partir daí. Em dezembro/2023, já eram 2.306.672 sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede. Esse e outros números podem ser vistos na Figura 2.

Figura 2 – Geração Distribuída



Absolar, 2024.

71. Não foi encontrada nenhuma informação acerca de empreendimentos que já estejam usando espaços físicos para geração de energia elétrica **offshore**, de forma a utilizarem-se do Decreto 10.946/2022. Ademais, como, por definição, os projetos de lei ainda estão em discussão pelo poder legislativo, não há como esses possuírem beneficiários.

Financiamento

72. O Plano Anual do **Proinfra** (PAP) 2006 mostra que foram contratados 144 empreendimentos, sendo 63 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), 54 eólicas e 27 termelétricas a biomassa. Em 2022, o programa beneficiou 131 unidades geradoras, sendo 60 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), 52 eólicas e 19 termelétricas a biomassa. Anteriormente, a Eletrobras e, atualmente, a ENBpar publica relatórios ano a ano constando os beneficiários do programa (ENBPar, 2023).

73. Até setembro/2023, o **Minha Casa Minha Vida 2023** entregou 10 mil unidades habitacionais (MCID, 2023). Além disso, em novembro/2023, selecionou 187,5 mil novas unidades a serem construídas para famílias da Faixa 1, a de menor renda familiar (Planalto, 2023). Porém, não foram encontradas informações sobre o financiamento de sistemas solares com base nos financiamentos do programa.

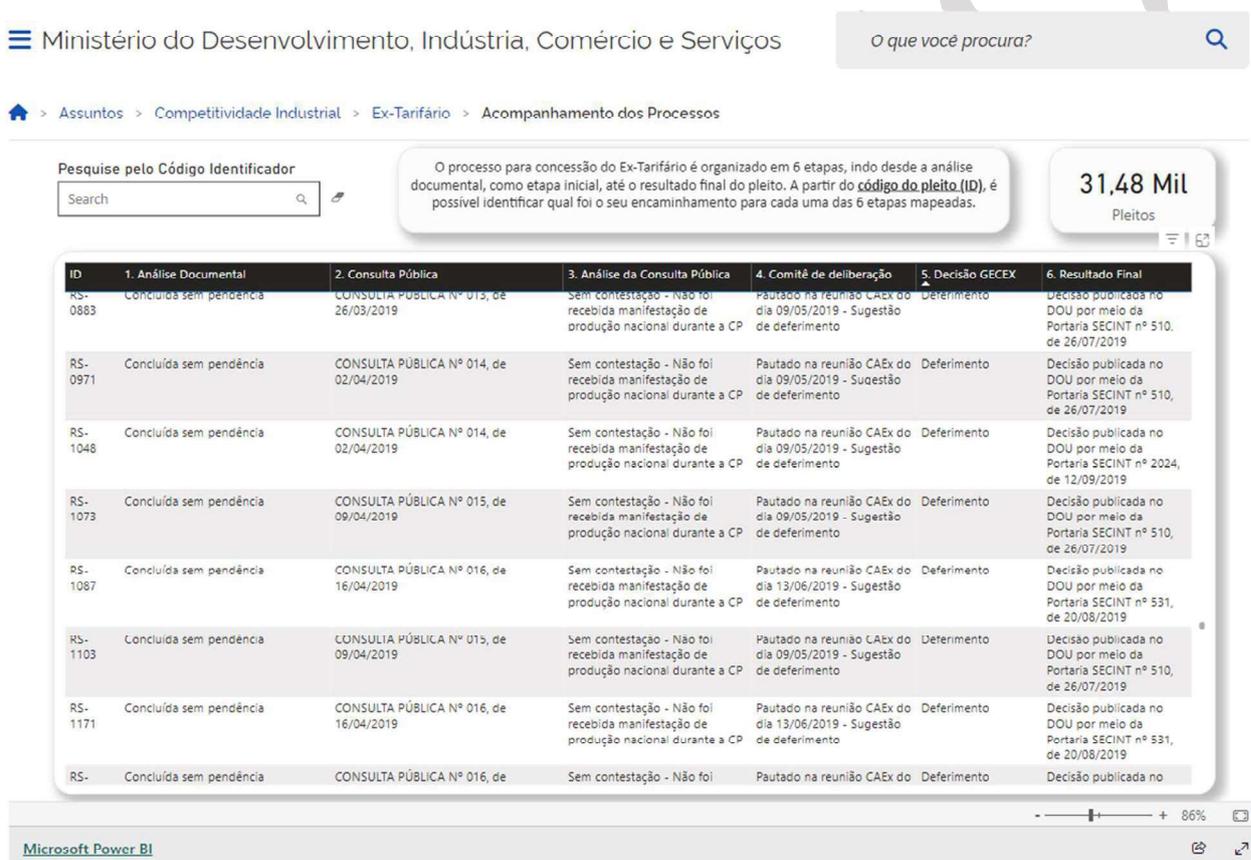
Benefícios Fiscais

74. A possibilidade de **desconto na TUST e na TUSD** para eólicas e solares foi iniciado em 2002 e 2003, sendo suportado atualmente pela Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e, em última instância, ao consumidor de energia elétrica (Senado, 20156, p. 24). Somando esses e outros subsídios, a CDE em 2023 totalizou mais de R\$ 37 bilhões (Aneel, 2024b).

75. O **Reidi** está em vigor desde 2007, tendo beneficiado diversas pessoas jurídicas que tiveram seus projetos de obras de infraestrutura aprovados. De 2018 a 2022, a eólica e solar constituíram 90,4% do volume de projetos de energia que se beneficiaram do Reidi, em termos de potência instalada. São 656 projetos de solar (28 GW) e 325 projetos de eólica (12,6 GW), de um total de 1127 projetos (44,9 GW). Em termos financeiros, são R\$ 88,3 bilhões em investimento em solar que tiveram um desconto médio de 9,6% por causa dos benefícios fiscais, R\$ 52,4 bilhões de investimento em eólica, com desconto médio de 9,3% (Energia Hoje, 2023).

76. As resoluções do Gecex, que dispõem sobre as reduções no **imposto de importação** costumam entrar em vigor na data de sua publicação, de forma que os beneficiários podem pleitear o benefício imediatamente após. Em relação ao ex-tarifários, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) possui painel que indica 31,48 mil pleitos, constando aqueles deferidos. O painel pode ser visto na Figura 3

Figura 3 – Ex-Tarifário - Acompanhamento dos Processos



MDIC, 2023.

77. O convênio **ICMS 101/97** está em vigor desde sua ratificação nacional em 02/01/1998, tendo quase 3 décadas de vigência e, portanto, sendo razoável pressupor a existência de uma ampla quantidade de beneficiários. No entanto, não foi possível localizar declaração ou base de dados que confirme e que quantifique os beneficiários.

IV.3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?

Regulamentação

78. Os **leilões de energia** têm conseguido consistentemente atrair investidores para construir novas usinas para expandir a geração, reter a geração existente e contratar energia pelo menor preço possível. Como exemplo, o Leilão de Energia Existente A-1 de 2022 negociou energia ao preço médio de R\$ 99,80/MWh, o que significa um deságio de 28,72% em relação ao preço-teto estabelecido de R\$ 140,00/MWh. Os lotes contratados devem fornecer 61 MW médios (ou 1.070.184 MWh) entre 01/01/2023 e 31/12/2024. Considerando o deságio, o certame propiciou uma economia de aproximadamente R\$ 43 milhões de reais para o consumidor brasileiro (Brasil, 2022). Já o Leilão de Energia Nova A-5 de 2022 habilitou 227 projetos eólicos e 414 solares, tendo contratado projetos 3 eólicos e 4 solares. O menor preço de contratação (em comparação com hidráulicas e termelétricas) foi da fonte solar fotovoltaica (R\$ 171,51/MWh, com deságio de 38,78%), seguida pela eólica (R\$ 176,00/MWh, com deságio de 26,90%). O Leilão viabilizará cerca de R\$ 2,95 bilhões em investimentos na implantação dos projetos de geração (EPE, 2022). Portanto, os objetivos de curto prazo da política pública parecem estar sendo alcançados, com a realização de leilões bem-sucedidos e a atração de investimentos significativos para o setor de energia.

79. Em 07/01/2023, finalizou o período de carência previsto no **Marco Legal da MMGD**. Assim, os novos sistemas solares já se submetem a todas as regras trazidas pela lei 14.300/2022. Ademais, mesmo os sistemas instalados antes de 07/01/2023 estão sujeitos a transição gradual para as regras previstas na 14.300/2022. Assim, a política já iniciou seus efeitos para atingir os objetivos de ajuste da alocação dos custos de uso da rede e encargos, transição gradual das regras, e segurança jurídica e regulatória.

80. Como o Decreto 10.946/2022 não traz objetivos ou metas para **tecnologias offshore** e o PL 11.247/2018 e o PL 576/2021 ainda não possuem eficácia (por estarem em discussão legislativa), não há objetivos e metas a serem avaliados.

Financiamento

81. O Plano Anual do **Proinfra** (PAP) 2006, de 30/03/2004, mostra que os 144 empreendimentos contratados somaram 3.299,40 MW de capacidade instalada, sendo 1.191,24 MW referente a PCHs, 1.422,92 MW a eólicas, e 685,24 MW a térmicas a biomassa. Dessa forma, foi alcançada a meta da primeira fase trazida pela Lei 10.438/2002 (Art. 3, I, a), de implantação de 3.300 MW (ENBPar, 2023).

82. Também foi alcançada a meta da segunda etapa (Art. 3, II, a), de que as fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa atendam a 10% do consumo anual de energia elétrica no País. Conforme pode ser visto na Figura 6, em 2022, a geração eólica representou 12,1% da energia gerada e a biomassa 7,6%. Não foi encontrado o dado específico da energia gerada por PCHs, uma vez que esse dado é normalmente agrupado com outras fontes hidráulicas. Não obstante, é possível ver que a meta é satisfeita mesmo se considerarmos apenas a fonte eólica. Assim, foram satisfeitas tanto as metas de curto quanto de longo prazo estabelecidas.

83. O programa **Minha Casa Minha Vida 2023** tem divulgado seus resultados de curto prazo, como a entrega de 10 mil unidades habitacionais até setembro/2023 (MCID, 2023) e a seleção de 187,5 mil novas unidades a serem construídas para famílias da Faixa 1, a de menor renda familiar em novembro/2023 (PLANALTO, 2023). Porém, não há objetivos de curto prazo com os quais comparar tais números. Há apenas a meta final, de dois milhões de famílias até 31/12/2026. Ademais, tais números referem-se à quantidade de habitações, mas não à geração de energia fotovoltaica ou a quantidade de sistemas instalados.

Benefícios Fiscais

84. Se considerarmos os objetivos implícitos, o **desconto na TUST e na TUSD** tem alcançado o incentivo às fontes eólica e solar, o estabelecimento desse mercado e o alcance de preços competitivos dessas fontes. Nesse sentido, estão em vigor inclusive regras para eliminar gradualmente tais descontos. Assim, tanto os objetivos de curto como de longo prazo parecem estar sendo alcançados. No entanto, não foram estabelecidas metas de resultados a serem alcançadas, de forma que a avaliação da política fica prejudicada.

85. Por definição, participar do **Reidi** e obter a isenção das contribuições de PIS (1,65%) e COFINS (7,6%) atinge o objetivo genérico de “desoneração da implantação de projetos de infraestrutura” (MTO, 2014). Apesar disso, a ausência de objetivos específicos e de metas de resultados impedem uma avaliação mais precisa da política pública.

86. Uma vez que não foram encontradas metas específicas a serem atingidas por meio da redução do **imposto de importação** de equipamentos utilizados na geração eólica e solar, não é possível avaliar se os objetivos ou resultados esperados estão sendo alcançados.

87. De forma similar, para a **isenção de ICMS**, uma vez que não foram encontradas metas específicas a serem atingidas, não é possível avaliar se os objetivos ou resultados esperados estão sendo alcançados ou não.

IV.4. Avaliação e estabilidade

IV.4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?

Regulamentação

88. A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) atualiza mensalmente informações sobre todos os contratos fechados nos **leilões de energia**. O boletim mensal é um informativo que traz todos os números e análises sobre os certames realizados pela CCEE de forma consolidada. Já o Boletim do Leilão apresenta o resultado específico das negociações de um certame, sendo publicada uma edição a cada operação realizada (CCEE, 2024). A Aneel também disponibiliza diferentes painéis em PowerBI quanto aos resultados dos leilões de geração (Aneel, 2024a), conforme mostra a Figura 4.

89. Porém, destaca-se que tais informações, tanto da CCEE quanto da Aneel se aproximam mais de acompanhamentos dos resultados dos leilões, e não de uma avaliação do desempenho da eficácia ou da efetividade da política pública. Nesse sentido, **não foram encontradas publicações quanto ao desempenho da política**, incluindo, por exemplo, a indicação se os recursos públicos estão sendo aplicados em consonância com os parâmetros de economicidade, eficiência, eficácia e efetividade.

Figura 4 – Relatórios Aneel dos resultados dos leilões de geração.



Aneel, 2024a.

90. Em relação ao **Marco Legal da MMGD**, faz-se a ressalva de se tratar de uma normatização de menos de 2 anos e, portanto, consideravelmente recente para a realização de uma avaliação de desempenho. Porém, nem a lei 14.300/2022, nem a Resolução Normativa Aneel 1.059/2023, preveem a realização de tais avaliações, de forma que não há nenhum indício de que serão realizadas.

91. Quanto às **tecnologias offshore**, como o Decreto 10.946/2022 ainda não possui beneficiários e o PL 11.247/2018 e o PL 576/2021 ainda não possuem eficácia (por estarem em discussão legislativa), não há desempenho a ser avaliado.

Financiamento

92. Em relação ao **Proinfa**, a ENBPar disponibiliza em seu site diversas informações sobre o programa, incluindo o Plano Anual do Proinfa (PAP), que contém a energia gerada e prevista, e a lista de usinas. Porém, **não foram encontradas publicações quanto ao desempenho da política**, incluindo, por exemplo, a indicação de que o programa está atingindo parâmetros de economicidade, eficiência, eficácia e efetividade.

93. O programa **Minha Casa Minha Vida 2023** está em situação semelhante ao Marco Legal da MMGD, no sentido de a respectiva lei ser extremamente recente e, portanto, o programa ser consideravelmente recente para a realização de uma avaliação de desempenho. No entanto, a Lei 14.620/2023 traz a responsabilidade do Ministério das Cidades em monitorar e avaliar os resultados obtidos pelo programa (Art. 11, I, b).

Benefícios Fiscais

94. Para o **desconto na TUST e na TUSD**, não foram encontradas avaliações de desempenho realizadas. Na verdade, a pesquisa sobre o benefício se mostrou bastante difícil. Como exemplos, não foram encontrados dados referentes a quantidade de empreendimentos beneficiados, geração de energia pelos empreendimentos beneficiados, montante do valor dispendido pelo Tesouro Nacional ou pago pelo consumidor de energia para suportar tal desconto, entre outros. Foi encontrada uma crítica ao desconto feita de 2015, feita pelo Núcleo de Estudos e Pesquisa da Consultoria Legislativa do Senado Federal (Senado, 2015). Porém, trata-se de avaliação impulsionada pela discussão da Medida Provisória 641/2014, que considerou retirar o desconto, e não de uma avaliação de desempenho da ação em si.

95. Já para o **Reidi** foi encontrada uma análise econométrica feita pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em 2018 (IPEA, 2018) em relação ao impacto do Reidi no emprego e no PIB. Nela, lê-se:

Os resultados obtidos apontaram que o efeito do programa, no cenário em que se considerou todos os municípios que tiveram projetos de geração de energia elétrica vinculados ao Reidi, foi estatisticamente significativo e positivo, com impacto de, no mínimo, 5,0% sobre as variáveis adotadas nos municípios beneficiados (p. 13).

Quando se realizou a análise do impacto desse programa por tipo de usina instalada nos municípios beneficiados, os resultados apontaram que o efeito foi estatisticamente significativo e positivo em todos os casos, exceto no caso das usinas termoelétricas e nucleares (p. 13).

O projeto que teve maior efeito foi de usina eólica e fotovoltaica, com impacto médio de aproximadamente 8,0% (p. 11).

96. No entanto, não foram encontradas avaliações periódicas, ou que envolvessem mais parâmetros e como redução de emissão de GEE.

97. Em relação à redução do **imposto de importação**, foi encontrada uma dissertação acadêmica do IPEA para esse tipo de ação pública em geral (IPEA, 2016). O documento avaliou as alterações tarifárias entre 1997 e 2007 e traz que:

*Os resultados demonstraram que a **redução** das tarifas de **insumos** produz um aumento significativo da produtividade, assim como a **elevação** das tarifas de **produtos**. (p. 50)*

Os efeitos da redução das tarifas de importação para os insumos, porém, acarretam um efeito muito maior do que a elevação das tarifas de produtos. Uma redução na tarifa de insumos de um ponto percentual aumenta a produtividade em 1,7%, quase quatro vezes maior do que o proporcionado pela elevação das tarifas de produtos. (p. 50)

Os resultados deste trabalho apontam na direção de uma política comercial menos restritiva em relação ao acesso a bens intermediários, insumos ou bens de capital, por meio da redução tarifária para estes produtos, como forma de alavancar o aumento de produtividade. Os resultados também indicam que o acesso a insumos por meio da redução tarifária é mais importante do que qualquer efeito pró-competitivo ou de produtividade obtido pela alteração de tarifas de importação de produtos finais. (p. 51)

A redução dos custos de importação pode lavar a ganhos de produtividade no nível da firma e também para no nível setorial. (p. 51)

98. Porém, não foram encontradas avaliações de desempenho mais recentes ou realizadas especificamente para o setor de eólicas e solares ou de energia em geral.

99. Não foi encontrada qualquer avaliação de desempenho em relação às **isenções de ICMS** concedidas para equipamentos eólicos e solares em razão do convênio 101/97.

IV.4.2 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?

Regulamentação

100. Os **leilões de energia e de transmissão** são uma política pública que tem se mostrado **resiliente ao longo do tempo**, resistindo a diferentes ciclos políticos. Desde 2005, o Brasil tem usado leilões para atrair investimentos e mobilizar capital, especialmente para fontes renováveis. Até janeiro/2024, mais de 93,3 GW foram contratados como resultado desses leilões, em 1.414 empreendimentos, e com investimento atual de R\$ 476 bi (atualizado pelo IPCA). Desses, 25,6 GW são de eólicas e solares fotovoltaicas, sendo 975 empreendimentos e R\$ 180 bi de investimento atual (atualizado pelo IPCA) (Aneel, 2024a).

101. O **Marco Legal da MMGD** foi aprovado em 2022, durante o governo Bolsonaro e não sofreu alterações até o momento, durante o governo Lula. Assim, infere-se uma relativa estabilidade em diferentes contextos político-institucionais. No entanto, a lei 14.300/2022 possui pouco mais de 2 anos vigência, de forma que não é possível fazer uma avaliação em um maior período.

102. Quanto às **tecnologias offshore**, como o Decreto 10.946/2022 ainda não possui beneficiários e o PL 11.247/2018 e o PL 576/2021 ainda não possuem eficácia (por estarem em discussão legislativa), trata-se de ações governamentais em um estágio ainda muito inicial, de forma que não há como avaliar sua estabilidade.

Financiamento

103. Em 2024, o **Proinfa** completa mais de duas décadas de existência, de forma que o programa tem se mostrado **resiliente ao longo do tempo** e resistente a diferentes ciclos políticos. Ademais, a possibilidade de prorrogação dos contratos do Proinfa por mais 20 anos foi regulamentada pela lei 14.182/2021 e pelo Decreto 10.7981/2021, que definem, entre outros, novos preços e a cessação dos descontos na TUST e na TUSD. Assim, dá-se ainda mais longevidade à geração dessas usinas eólicas (MME, 2021b).

104. O programa **Minha Casa Minha Vida** foi criado originalmente em 2009 pelo governo Lula, substituído pelo programa Casa Verde e Amarela em 2020 pelo governo Bolsonaro, e recriado em 2023 novamente pelo governo Lula (O Povo, 2021). Apesar das mudanças, a essência do programa habitacional permaneceu, com suas regras inclusive sendo atualizadas ao longo do tempo e incluindo a possibilidade de financiamento de energia fotovoltaica em 2023.

Benefícios Fiscais

105. De forma geral, o **desconto na TUST e na TUSD** foi criado em 1996 e, para passou a valer para eólicas em 2002 e para solares em 2003. Sucessivas alterações foram feitas, comumente no sentido de ampliar o benefício para outras fontes e aumentar a potências dos empreendimentos elegíveis. A eliminação gradual do desconto foi introduzida apenas em 2021, resultando em uma ação governamental de mais de 20 anos de vida, sendo que os descontos ainda durarão por anos, a depender do contrato específico de cada empreendimento (lei 9.427/1996, Art. 26, § 1-C). Assim, considera-se que é uma política estável.

106. O **Reidi** tem resistido a diferentes ciclos políticos desde sua criação em 2007 e não foi identificada nenhuma iniciativa para diminuir ou eliminar o programa. Assim, considera-se que é uma política estável.

107. Em relação ao **imposto de importação**, percebeu-se certa volatilidade quanto à concessão ou não do benefício. Reduções concedidas em 2021 foram revogadas em 2023, após a mudança de governo. Mais revogações são previstas para 2024 e 2025 (Canal Solar, 2023). Ademais, a lista de ex-tarifários é constantemente alterada. Esse último caso não configura por si só um problema, uma vez que o regime de ex-tarifário visa exatamente uma redução temporária na alíquota de imposto de importação enquanto não houver produção nacional equivalente (MDIC, 2016). Assim, surgindo a produção nacional, o ex-tarifário do produto deve ser revisto.

108. A **isenção do ICMS** para equipamentos e componentes para o aproveitamento da energia solar e eólica foi publicada em 1997, entrou em vigor em 1998 e foi prorrogada várias vezes, sendo a última pelo convênio 156/17, que prorrogou a isenção até 2028. Dessa forma, vê-se que o benefício está em ação há 26, tendo resistido a diversos ciclos políticos, e que, portanto, pode ser considerada estável.

V. Quadro resumo

109. A partir dos fatos e dados narrados no item Metodologia

110. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra no **Apêndice A** – .

111. Avaliação, atribuiu-se uma pontuação para cada item em cada ação governamental. O resultado é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas à geração eólica e solar

Componente de análise	Item de análise	Pontuação
1. Formação da agenda pública	1.1 Existe formação de agenda pública?	3
	1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?	3
2. Institucionalização	2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?	3
	2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?	2
3. Implementação	3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	3
	3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	3
4. Avaliação e estabilidade	4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	1
	4.4 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	3
Agregado		2,63

Fonte: elaboração própria

111.1. De forma agregada, o conjunto de políticas e ações relacionadas à geração de energia por fontes eólica e solar recebeu a pontuação de 2,75, extremamente próxima à classificação **3 – Alta implementação**. Isso representa os progressos significativos que o Brasil tem feito nas últimas 3 décadas em relação à geração eólica e solar, contribuindo para o crescimento da energia renovável no país. No entanto, também sugere que há diversos espaços para melhorias, particularmente em termos de avaliação de desempenho dessas ações.

112. Salienta-se que essa avaliação, que se ateu às políticas públicas para as fontes eólica e solar, é bastante representativa no que toca à inserção de renováveis no SEB pois, como já dito, as fontes hidráulica e biomassa já estão consolidadas no País há décadas. Além disso, as energias solar e eólica foram as que mais cresceram nos últimos anos e as que possuem maior potencial de expansão na próxima década.

113. Acerca das tecnologias offshore, como visto, ainda não decolaram no Brasil. Contudo, entende-se que, por se tratar de uma tecnologia nova, isso não influenciou a avaliação dos itens de forma negativa. Pelo contrário, entende-se que o Brasil está no rumo certo no que toca à regulamentação de mais essa fonte de energia.

114. Também como já dito, não foram alvo de tratamento eventuais consequências sociais perversas dos incentivos tampouco se considerou o risco que essa expansão traz à operação do sistema. Contudo, isso será alvo de análise no Relatório de Auditoria.

SIGILOS

VI. Referências

- ABBEÓLICA, Boletim de Geração Eólica 2022. Disponível em <https://abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-abeeolica/>. ABEEólica, 2023.
- ABSOLAR, Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo. Disponível em <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Absolar, 2024.
- ANEEL, Sistema de Informações de Geração da Aneel (SIGA). Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em 29/5/2024.
- ANEEL, Leilões. Disponível em <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/leiloes>. Aneel, 2022.
- ANEEL, Resultados dos Leilões de Expansão da Geração. Disponível em <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYmMzN2Y0NGMtYjEyNy00OTNlLWl1YzctZj10ZTUwMDg5ODE3IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Aneel, 2024a.
- ANEEL, Subsidiômetro. Disponível em <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2Q1YjdlZTEtMzQ2ZS00OTIyLThiODctZDY2NTRhMDFhMmFjIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Aneel, 2024b.
- AGÊNCIA INFRA, iNFRA Debate: Novos ventos – O Decreto 10.946/2022 e a regulamentação para empreendimentos eólicos offshore. Disponível em <https://www.agenciainfra.com/blog/infradebate-novos-ventos-o-decreto-10-946-2022-e-a-regulamentacao-para-empreendimentos-eolicos-offshore/>. Agência Infra, 2022.
- CANAL SOLAR, Governo Federal altera alíquota de importação de painéis solares e aerogeradores. Disponível em <https://canalsolar.com.br/governo-federal-altera-aliquota-de-importacao-de-paineis-solares-e-aerogeradores/>. Canal Solar, 2023.
- COPEL, Fim dos descontos na TUSD e o incentivo às fontes alternativas. Disponível em <https://copelmercadolivre.com/fim-dos-descontos-na-tusd-e-o-incentivo-as-fontes-alternativas/>. Copel, 2021.
- CCEE. Leilão. Disponível em <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/dados-leilao>. CCEE, 2024.
- CNN. Governo reduz imposto de importação para equipamentos de geração elétrica. Disponível em <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/governo-reduz-imposto-de-importacao-para-equipamentos-de-geracao-eletrica/>. CNN, 2021.
- ENBPar, Plano Anual do Proinfra (PAP). Disponível em <https://proinfra.enbpar.gov.br/plano-anual-do-proinfra-pap-2/>. ENBPar, 2023.
- ENERGIA HOJE, Solar e eólica respondem por mais de 90% dos projetos enquadrados no Reidi. Disponível em <https://energiahoje.editorabrasilenergia.com.br/solar-e-eolica-respondem-por-mais-de-90-dos-projetos-enquadrados-no-reidi/>. Energia Hoje, 2023.
- EPE, Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2024. Disponível em <https://dashboard.epe.gov.br/apps/anuario-livro/>. EPE, 2024a.
- EPE, Balanço Energético Nacional 2023, Relatório Síntese 2023. Disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN_Sintese_2023_PT.pdf. EPE, 2023.

EPE, Balanço Energético Nacional 2024, Relatório Síntese 2024. Disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_Síntese_2024_PT.pdf. EPE, 2024b.

EPE, Leilão De Energia Nova A-5 de 2022 - Informações sobre a Habilitação Técnica e sobre os Projetos Vencedores. Disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-665/Informe%20Vencedores%20LEN%20A5_2022.pdf. EPE, 2022.

EPE, Leilões. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes>. EPE, 2024c.

EPE, Plano Decenal de Expansão de Energia 2031. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal_v2.pdf, EPE, 2021.

EPE, Plano Nacional de Energia 2050. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>, EPE, 2020.

ESFERA ENERGIA, Conheça o PROINFA, Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. Disponível em <https://blog.esferaenergia.com.br/mercado-livre-energia/proinfa>. Esfera Energia, 2021.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Renewable Capacity Statistics 2024. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2024.pdf?rev=a587503ac9a2435c8d13e40081d2ec34, IRENA, 2024.

IPEA. Políticas públicas: avaliando mais de meio trilhão de reais em gastos públicos – Capítulo 9 – Uma Análise Econométrica do Regime Especial de Incentivos para Desenvolvimento da Infraestrutura (Reidi). Disponível em https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/index.php?option=com_content&view=article&id=34343:politicas-publicas-avaliando-mais-de-meio-trilhao-de-reais-em-gastos-publicos&catid=410:2018&directory=1. IPEA, 2018.

IPEA. Tarifas de importação e produtividade: Evidências empíricas aplicadas à Indústria brasileira - Dissertação de mestrado. Disponível em <https://ipea.gov.br/sites/images/mestrado/turma2/emerson-gazzoli.pdf>. IPEA, 2016.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA, Governo federal publica diretrizes para geração de energia offshore. Disponível em <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2022/janeiro/governo-federal-publica-diretrizes-para-geracao-de-energia-offshore>. Ministério da Economia, 2022.

MINISTÉRIO DA FAZENDA, Convênio ICMS 101/97, Concede isenção do ICMS nas operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica que especifica. Disponível em https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1997/CV101_97. Acessado em 23/01/2024. Ministério da Fazenda, 2017.

MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS. Redução do Imposto de Importação de Bens de Capital e de Informática. Disponível em <https://www.gov.br/gestao/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/principais-acoes-na-area-economica/acoes-2021/reducao-do-imposto-de-importacao-de-bens-de-capital-e-de-informatica>. MGI, 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS. O que é o Ex-tarifário. Disponível em <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/ex-tarifario/o-que-e-o-ex-tarifario>. MDIC, 2016.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS. Assuntos > Competitividade Industrial > Ex-Tarifário > Acompanhamento dos Processos. Disponível em <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/ex-tarifario/acompanhamento-dos-processos>. MDIC, 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. MME divulga diretrizes para o Leilão de Reserva de Capacidade, de 2021. Disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-divulga-diretrizes-para-o-leilao-de-reserva-de-capacidade-de-2021>. MME, 2021a.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Decreto define as condições para a prorrogação dos contratos do Proinfra. Disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/decreto-define-as-condicoes-para-a-prorrogacao-dos-contratos-do-proinfra>. MME, 2021b.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Aneel abre Consulta Pública sobre regras para término de descontos na TUSD e TUST. Disponível em <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-abre-consulta-publica-sobre-regras-para-termino-de-descontos-na-tusd-e-tust>. MME, 2023.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Conheça o programa Minha Casa, Minha Vida. Disponível em <https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/noticias-1/conheca-o-programa-minha-casa-minha-vida>. MCID, 2023.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Reidi - Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura. Disponível em <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/conteudo/reidi-regime-especial-de-incentivos-para-o-desenvolvimento-da-infraestrutura>. MTOP, 2014.

O POVO. Casa Verde e Amarela: conheça regras para construção e como funciona. Disponível em <https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/05/19/regra-para-construcao-de-imoveis-casa-verde-e-amarela-inclui-acesso-a-saneamento--comercio-e-servicos.html>. O Povo, 2021.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS), O Sistema em números. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. ONS, 2024.

AUDITORIA OPERACIONAL NA POLÍTICA DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE DADOS

Questão 4: *Quão avançada é a ação estatal nos seguintes temas tecnológicos da agenda da transição energética brasileira?*

Tema avaliado: **Biocombustíveis**

I. Visão Geral

I.1. Introdução

1. De acordo com o Plano Nacional de Energia (PNE) 2050, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o Brasil é beneficiado pelas suas características edafoclimáticas (condições de solo e clima), que permitem diversas fontes de biomassa prosperarem de forma abrangente. De tal modo, **a bioenergia é vista como uma das alternativas mais promissoras para o futuro energético sustentável**, desde que o cultivo de biomassas energéticas ocorra em áreas que respeitem a preservação das florestas nativas, conforme o arcabouço legal de proteção ao meio ambiente (BRASIL, 2019b).

2. A história dos biocombustíveis no Brasil remonta os testes pioneiros realizados com o álcool combustível, entre os anos de 1905 e 1925. Em 1931, o governo brasileiro estabeleceu decreto que obrigava a mistura de 5% de álcool na gasolina (PETROBRAS, 2007).

3. Entretanto, o papel de destaque dos biocombustíveis na matriz energética brasileira, especialmente no setor de transportes, se iniciou nos anos 1970. Com o Proálcool, o Brasil passou a estimular a produção e o consumo do etanol como fonte alternativa de energia. No contexto histórico recente, o advento do carro *flex fuel* (2003) e à política de mandato de mistura obrigatória de biodiesel ao diesel fóssil (2008) impulsionaram fortemente a produção e o consumo de biocombustíveis no país. Para os próximos anos, a expectativa é de demanda crescente, conforme projeções do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2031 da EPE (BRASIL, 2019b, p. 48 e 49).

4. Atualmente, a bioenergia apresenta tripla importância estratégica para o Brasil. Em primeiro, dada sua menor intensidade de carbono, tem papel essencial na **descarbonização da matriz energética** para cumprimento dos acordos do clima. Em segundo, seu potencial de substituir as energias fósseis a despeito como **fator de segurança energética**. Por fim, a relevante **geração de empregos e renda** na cadeia de valor da bioenergia, por suas características de **economia circular**.

I.2. Principais biocombustíveis utilizados no Brasil

5. Os biocombustíveis são fontes de energia renovável, derivada de matéria orgânica (biomassa), que podem ser utilizadas para substituir parcial ou totalmente combustíveis fósseis. Eles são classificados em duas categorias: convencionais e avançados.

6. Os biocombustíveis convencionais são produzidos a partir de culturas alimentares, como cana-de-açúcar, milho e soja. Os principais tipos são o etanol e primeira geração e o biodiesel (produzido pela rota da transesterificação). Já os biocombustíveis avançados são produzidos a partir de resíduos agropecuários ou florestais, culturas energéticas não alimentares e gases de efeito estufa (GEE). Nesse grupo, os principais tipos são o etanol celulósico, o diesel verde, o bioquerosene (bioQAV), o *biobunker* e o biogás/biometano.

I.2.1 O etanol

7. Por suas propriedades físico-químicas, o etanol pode ser utilizado como combustível em motores de combustão interna do ciclo Otto, com ignição por centelha. No Brasil é utilizado na forma

de etanol anidro, que é misturado em complemento à gasolina, e etanol hidratado, vendido nos postos de abastecimento em substituição à gasolina. Em veículos com injeção *flex fuel*, ambos podem ser utilizados em qualquer proporção. Pode ser produzido a partir de açúcares, amidos ou celulose.

8. O etanol é produzido usualmente pelo processo de fermentação de açúcares. O mais simples é o que emprega matérias-primas açucaradas, como a cana-de-açúcar e a beterraba, pois o açúcar a ser fermentado já está disponível. A biomassa passa por uma etapa de extração dos açúcares (moagem ou difusão), e depois segue para a fermentação. A produção de etanol a partir de matérias-primas contendo amido, como é o caso do milho e da mandioca, demanda uma etapa a mais, chamada de hidrólise enzimática, na qual o amido é quebrado em açúcar por meio de enzimas (FGV, 2017).

9. Essas duas rotas de produção são consideradas convencionais e o álcool obtido é chamado de etanol de primeira geração (E1G). O processo mais complexo é o da produção de etanol celulósico, ou de segunda geração (E2G), obtido a partir de biomassa celulósica, como o bagaço e a palha da cana. Os materiais celulósicos possuem uma estrutura rígida e ordenada, dificultando o acesso das enzimas ao substrato, sendo necessária uma etapa de pré-tratamento antes da hidrólise (FGV, 2017).

1.2.2 O biodiesel

10. No âmbito dos motores de ciclo Diesel, há combustíveis substitutos ao diesel fóssil, cujas características físico-químicas reagem às condições de temperatura, pressão e queima de modo similar o suficiente para que o motor funcione conforme esperado. Apesar de quimicamente diferentes de seus pares fósseis, o biodiesel é um exemplo consagrado de substituto energético. Em muitos países o termo biodiesel é utilizado tanto para os biocombustíveis base éster quanto para os hidrogenados. No Brasil, o termo é utilizado para se referir ao biodiesel base éster.

11. O biodiesel base éster (*Fame – Fatty Acid Methyl Esters*) é o único produzido no Brasil em escala industrial na atualidade. É obtido por meio de reações de esterificação e transesterificação de óleos graxos (soja, palma, sebo bovino etc.) com álcoois que resultam em biodiesel e glicerina. Com essas características, apesar de não demandar qualquer mudança estrutural no motor, o biodiesel base éster não é considerado *drop in* – classificação dada a um biocombustível com estrutura de hidrocarbonetos que mantém características semelhantes às do combustível fóssil substituído, sem qualquer comprometimento ao desempenho do motor. O biodiesel tipo Fame (B100) é obrigatoriamente misturado ao diesel fóssil (diesel A), resultando no diesel B comercializado nos postos de abastecimento (BRASIL, 2020, p. 10-12).

12. Atualmente, há duas alternativas tecnológicas de biodiesel com pretensão de entrada na matriz de transportes brasileira: o diesel verde e o diesel de coprocessamento (também chamado de diesel com parcela renovável - Rx).

13. O diesel verde é um combustível renovável para motores a combustão de ciclo Diesel, produzido por meio de diferentes rotas tecnológicas, como o hidrotratamento, *Fischer Tropsch*, processos fermentativos e oligomerização de álcoois. Sua principal característica é a estrutura de hidrocarbonetos parafínicos idêntica à do diesel fóssil, o que o diferencia do biodiesel Fame e o transforma em um combustível totalmente compatível com os motores do ciclo Diesel, ou seja, *drop in* (BRASIL, 2020, p. 12).

14. Hoje, a rota tecnológica que mais tem se destacado em termos de viabilidade técnica e econômica para produção de diesel verde é a hidrogenação, processo denominado *HVO - Hydrotreated Vegetable Oil*. Como esse tipo de processo de produção é análogo àqueles utilizados em refinarias, as unidades fabris que produzem combustíveis avançados como HVO são denominadas **biorrefinarias**. No mesmo processo que é produzido o diesel HVO, também é produzido o bioqueresene de aviação e biobunker (BRASIL, 2020, p. 12-14, 21).

15. Atualmente, o HVO é o processo de biorrefino para produção de biodiesel que mais cresce no mundo, sendo já amplamente utilizado na América do Norte e Europa.

16. Igualmente baseado em hidrogenação (também possível via craqueamento catalítico), foi patenteado pela Petrobras o H-Bio, processo que também resulta em um hidrocarboneto parafínico aplicável ao ciclo Diesel. A diferença é que nesse processo a matéria-prima é uma mistura de 95% de diesel fóssil e 5% de óleos vegetais, que é submetida a uma etapa de hidrotreatamento.

17. O produto é denominado diesel coprocessado (ou diesel com parcela renovável Rx). A Petrobras hoje trabalha com uma parcela de 5% de diesel renovável (R5). Diferentemente do biodiesel base éster e do diesel verde, em razão da parcela fóssil, o diesel coprocessado não é considerado renovável. Todavia, em termos de emissão de GEE, se aproxima de um B5 (diesel B com 5% mistura de biodiesel), a depender de testes confirmatórios em curso.

18. A Petrobras conduz o Programa Biorrefino como parte de sua estratégia de descarbonização. A companhia está implementando sistemas de coprocessamento em algumas de suas refinarias, uma tecnologia capaz de converter óleos e gorduras em diesel R, que pode ser comercializado com diferentes volumes de parcela renovável. Em 2023, foram produzidos 15 milhões de litros de diesel R5, com 5% de conteúdo renovável. Essa inovação, se usada em larga escala, contribuirá para a descarbonização de segmentos de transporte sem qualquer necessidade de adaptações em sistemas de armazenamento, logística e motores. A estatal tem avançado em projetos de unidades dedicadas à produção de diesel renovável e bioQAV em duas refinarias.

19. Assim, tem-se duas alternativas potenciais para incremento de biocombustíveis ao ciclo Diesel no Brasil, o diesel verde e o R5. Contudo, ainda há barreiras regulatórias para a introdução desses combustíveis no mercado. Embora possam ser comercializados, o diesel verde e o R5 não podem ser elegíveis para a mistura obrigatória ao diesel B. A ANP os considerou quimicamente distintos do padrão disposto na Lei 13.263/2016 (que alterou a Lei 13.033/2014), o que impede sua inclusão no mandato estipulado, e cujo cronograma de evolução é dado na Resolução-CNPE 3/2023 (progressão para B15 até 2026).

20. Notícias recentes dão conta de que o governo vai propor um mandato para o diesel verde de 1% a 3% de 2027 a 2037 que será enviado pelo governo ao Congresso Nacional. Essa disposição seria ainda combinada com um mandato também para o combustível sustentável de aviação (SAF, na sigla em inglês), em meio aos planos do Brasil de se projetar como líder em soluções de transição energética e descarbonizar seus setores industrial e de transportes.

1.2.3 Os *Sustainable Aviation Fuels*

21. Os *Sustainable Aviation Fuels* (SAF), ou Combustíveis de Aviação Sustentáveis, são combustíveis produzidos a partir de fontes renováveis e sustentáveis que podem ser usados em aeronaves. Eles são projetados para ter o mesmo desempenho que os combustíveis de aviação convencionais (*drop in*), mas com um impacto ambiental significativamente reduzido.

22. Por seu turno, o termo "bioquerosene de aviação" ou "bioQAV" é frequentemente usado para se referir a combustíveis de aviação produzidos a partir de matéria orgânica renovável, como plantas ou resíduos agrícolas. Por isso, é considerado mais sustentável do que os combustíveis de aviação convencionais.

23. Portanto, o termo SAF é mais amplo, por abranger qualquer tipo de combustível de aviação que seja produzido de maneira sustentável. Isso inclui, mas não se limita ao bioQAV. Os SAF podem ser produzidos a partir de uma variedade de matérias-primas e por meio de várias rotas tecnológicas, incluindo a conversão de biomassa ou resíduos em combustível, a captura e utilização de carbono, e a produção de hidrogênio a partir de fontes renováveis. Então, enquanto todo bioQAV é um SAF (desde que produzido de maneira sustentável), nem todo SAF é bioQAV.

24. Existem várias rotas tecnológicas para a produção de SAF, com destaque à *Fischer-Tropsch* (catálise de CO e H₂ em hidrocarbonetos líquidos), o Hidroprocessamento de Ésteres e Ácidos Graxos (HEFA) e o *Alcohol-to-Jet* (ATJ), tecnologia que converte etanol ou isobutanol em hidrocarbonetos. Cada uma dessas rotas tem suas próprias vantagens e desvantagens em termos de

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

eficiência, custo, disponibilidade de matérias-primas, impacto ambiental e compatibilidade com a infraestrutura existente. Conforme já indicado, o bioQAV é produzido em biorrefinarias, no mesmo processo que produz o diesel HVO e o biobunker.

25. O CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) é um esquema global de compensação e redução de carbono para a aviação internacional, estabelecido pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO). O CORSIA tem como objetivo estabilizar as emissões de CO₂ da aviação internacional nos níveis de 2020, através da compensação de qualquer crescimento das emissões acima desse nível. O Brasil está incluído no escopo dos países do CORSIA e iniciou o processo de monitoramento das emissões internacionais de CO₂ dos seus operadores aéreos em janeiro de 2019. A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é o órgão responsável pela implementação do CORSIA no Brasil (BRASIL, 2021b).

26. No entanto, o CORSIA não estabelece metas específicas para a adoção do SAF. Em vez disso, o esquema permite que as companhias aéreas usem SAF para reduzir suas emissões de CO₂ e cumprir suas obrigações de compensação. Os SAF são considerados "neutros em carbono" sob o CORSIA, o que significa que as emissões de CO₂ resultantes de seu uso não precisam ser compensadas (BRASIL, 2021b).

1.2.4 O biobunker

27. O biobunker é um biocombustível desenvolvido como uma alternativa sustentável para a descarbonização do setor de navegação. Assim como os demais biocombustíveis, ele é produzido a partir de biomassas de variadas fontes orgânicas, como resíduos agrícolas, madeira e algas. Tecnicamente, o biobunker tem características semelhantes ao combustível de navio convencional (bunker), o que significa que pode ser usado em motores de navios existentes sem a necessidade de modificações significativas (*drop in*).

28. As rotas tecnológicas para a produção de biobunker incluem a gaseificação, a pirólise e a fermentação, *Fischer-Tropsch*, entre outras. Conforme já indicado, o biobunker pode ser produzido em biorrefinarias, no mesmo processo que produz o diesel HVO e o bioQAV.

29. No que diz respeito à regulamentação, tanto a nível nacional como internacional, existem várias iniciativas em curso para promover o uso de biocombustíveis no transporte marítimo. Por exemplo, a Organização Marítima Internacional (IMO) estabeleceu uma meta para reduzir as emissões de GEE do transporte marítimo em pelo menos 50% até 2050, em comparação com os níveis de 2008. Esta meta está incentivando o setor de navegação a explorar alternativas de combustível mais limpas, como o biobunker.

30. No Brasil, existem várias políticas públicas relacionadas ao uso de biocombustíveis, incluindo o biobunker, como por exemplo, o RenovaBio e o Programa Combustível do Futuro, que serão detalhados à frente. Além disso, existem discussões em andamento no Congresso Nacional sobre a promoção de biocombustíveis no transporte marítimo.

1.2.5 O biogás/biometano

31. O biogás é um tipo de biocombustível que é naturalmente produzido a partir da decomposição anaeróbica (sem a presença de O₂) de matéria orgânica por bactérias. A matéria orgânica pode incluir efluentes sanitários, resíduos agropecuários, resíduos de alimentos, entre outros. O biogás é composto principalmente por 60% de metano (CH₄) e 20% de dióxido de carbono (CO₂), além de pequenas quantidades de outros gases. Já o biometano é o produto da purificação e *upgrade* do biogás, em um processo que envolve a remoção dos gases indesejáveis, deixando 90% a 96% de metano (BRASIL, 2019a, p. 245).

32. A Figura 1 mostra as etapas do esquema de produção do biogás e do biometano.

Figura 1 - Esquema de produção de biogás e biometano



Fonte: (BRASIL, 2023c)

33. Dado que o biometano tem um **conteúdo energético semelhante ao do gás natural**, com **menor fator de emissão de GEE**, isso o torna uma alternativa renovável para substituição ou complementação deste combustível fóssil (fungibilidade), especialmente em **escala regional**. Esses biocombustíveis são produzidos de **modo distribuído** no território nacional, aspecto favorável à segurança energética. Por serem produzidos próximos aos centros de consumo, o combustível permite uma **economia também na cadeia logística de distribuição** (ABILOGÁS, 2022).

34. O metano, principal componente do biogás, é um potente agente de efeito estufa, 28 vezes mais potente que o CO_2 (BRASIL, 2024a). De tal modo, a queima do biogás já contribui para a redução das emissões, mas a purificação para biometano e substituição do gás natural pode ter um impacto ainda mais positivo, evitando emissões adicionais. De acordo com EPBR (2021), em termos de sustentabilidade ambiental, na substituição do combustível fóssil, a redução de emissões de CO_2 pode chegar a 96% (EPBR, 2021), ou mesmo ter **pegada de carbono negativa**, uma vez que perfazem sumidouros de metano que naturalmente iriam para a atmosfera. Ademais, não se trata apenas de uma fonte renovável substituindo uma fóssil. Fora o **ganho ambiental** ora destacado, a produção de biogás/biometano faz parte de um sistema que, além da produção de energia, dá **destinação a resíduos** (ABILOGÁS, 2022).

35. Segundo projeções da IEA (2020), o uso crescente do biometano pode evitar a emissão de 1 bilhão de toneladas de GEE até 2040. No Brasil, o setor agropecuário é o principal emissor de metano, sendo possível tratar essas emissões com a produção de biometano a partir de resíduos agropecuários. Embora o maior potencial de produção de biometano esteja no setor agropecuário, projetos de saneamento e resíduos sólidos urbanos apresentam maior viabilidade de implantação a curto e médio prazo (BRASIL, 2024a).

36. Além disso, esses biocombustíveis são também **armazenáveis**, sejam mantidos na forma de seus substratos, sejam comprimidos em tanques. Logo, têm a vantagem de **não serem energéticos intermitentes**. Ademais, podem se **aproveitar da infraestrutura disponível para o gás natural**, tanto no setor elétrico quanto no industrial. Para sua aplicação nos transportes, há necessidade de conversão da motorização (ABILOGÁS, 2022).

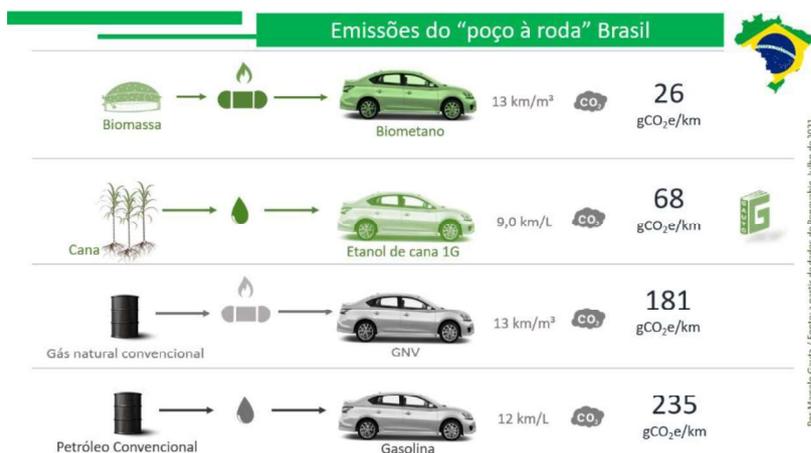
37. Com essas características, o biogás e o biometano são, portanto, energéticos **versáteis**, podendo ter diversas aplicações, como para geração de eletricidade, calor (processos industriais), combustível (transportes) ou como insumos para transformação na indústria química (amônia, fertilizantes e outros).

38. Ademais, podem contribuir para **diminuir a dependência internacional de fertilizantes** e contribuir para a rota de produção do hidrogênio. Como ambos esses produtos podem ser produzidos a partir do gás natural, sua produção a partir do biogás/biometano é totalmente viável. **Hidrogênio cinza, produzido a partir de gás natural, torna-se hidrogênio verde (H_2V), se produzido com biometano, sem a necessidade de eletrólise**. Isso também vale para fertilizantes verdes.

1.2.6 Os biocombustíveis e suas emissões

39. Conforme se observa na Figura 2 e Figura 3, considerando-se os GEE emitidos ao longo de todo o ciclo de vida dos combustíveis, chamado no jargão da indústria automotiva de análise do “poço à roda”, um veículo movido a etanol de cana-de-açúcar emite 68 gCO₂eq/km, menos de 30% do que emite um veículo movido à gasolina, enquanto um veículo movido à biometano chega a 11%. Similarmente, no ciclo Diesel, um veículo abastecido com B100 emite 22% do que um veículo movido a diesel puro (diesel A).

Figura 2 - Emissões do poço à roda de veículos do ciclo Otto



Fonte: <https://almanaquedaenergia.blogspot.com/2021/12/emissoes-do-poco-roda.html>

Figura 3 - Emissões do poço à roda de veículos do ciclo Diesel



Fonte: <https://almanaquedaenergia.blogspot.com/2021/12/emissoes-do-poco-roda.html>

1.3. O mercado de bioenergia no Brasil

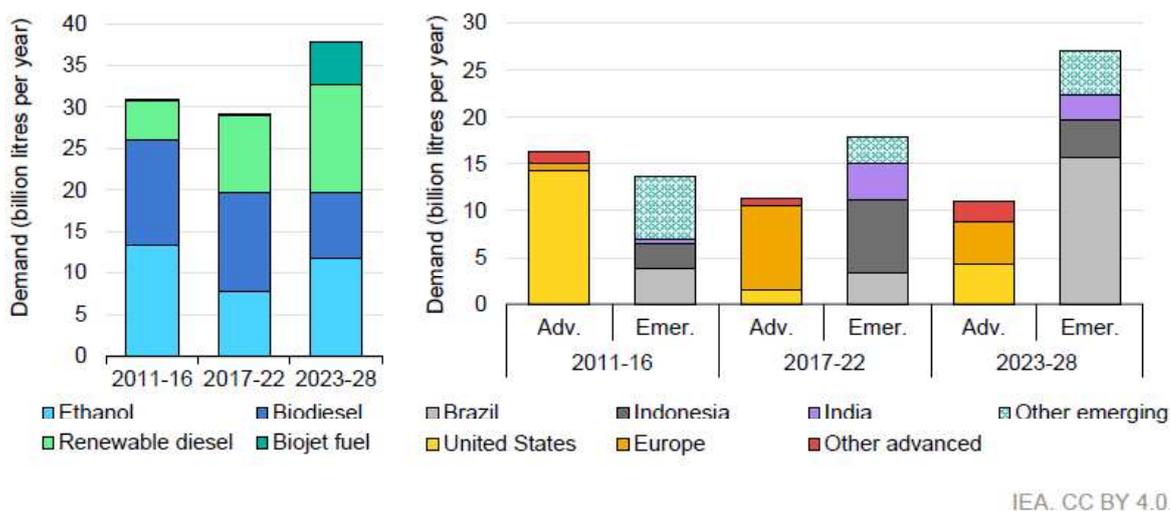
40. Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) 2023, divulgado pela EPE, em 2022 o Brasil produziu 32,5 bilhões de litros de etanol (sendo 28,1 bilhões de litros de cana-de-açúcar e 4,4 bilhões de litros de milho) e 6,3 bilhões de litros de biodiesel (BRASIL, 2023b). Esses dois biocombustíveis mais utilizados no país fornecem energia, basicamente, para o setor de transportes, uma vez que são adicionados em mistura obrigatória à gasolina (etanol) e ao diesel (biodiesel). Ainda no mesmo ano, 21,5% do consumo energético do setor de transportes no Brasil foi provido por renováveis, a maior parte por etanol (16,5%), seguido de biodiesel (4,6%) (BRASIL, 2023a).

41. A IEA enaltece a performance brasileira no cenário global de produção de etanol e biodiesel, ao consignar que a maior parte da nova demanda por biocombustíveis vem das economias emergentes, especialmente do Brasil, Indonésia e Índia. Todos os três países têm políticas robustas de biocombustíveis e potencial abundante de matéria-prima, aumentando demanda de combustível

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

para transporte. O crescimento recente e a projeção de demanda segue no gráfico apostado à *Figura 4*. O etanol e o biodiesel expandem 13% durante o período de previsão, com crescimento nas economias emergentes compensando o declínio nas economias avançadas. O Brasil, em cinza, é destaque em todos os períodos evidenciados.

Figura 4 - Crescimento e projeção de demanda por tipo biocombustível e tipo de economia



Notes: Adv. = advanced economies. Emer. = emerging economies.

Fonte: (IEA, 2023b, p. 94)

42. Ainda não há produção de diesel verde, SAF ou biobunker no Brasil. Todavia, há boas perspectivas para que isso ocorra nos próximos anos.

43. Quanto ao biogás/biometano, importante notar que, no Brasil, o biogás é mais utilizado para autogeração de energia por indústrias, com relevante potencial para venda de energia para o sistema elétrico. Já o biometano, tem seu uso associado à complementação do gás natural e a aplicações mais nobres, como a descarbonização do transporte. Enquanto a produção de biogás já tem escala, a do biometano está em estágio inicial.

44. O Brasil tem um relevante potencial de produção de biogás/biometano. O país tem uma grande quantidade de resíduos agropecuários, resíduos sólidos urbanos (RSU) e esgoto que podem ser usados como matéria-prima para a produção destes biocombustíveis. No noticiário especializado são encontradas expressões como “Pré-sal caipira” ou “Arábia Saudita verde” para se referir ao grande potencial brasileiro de aproveitamento desse energético renovável.

45. A Associação Brasileira do Biogás (Abiogás) indica um potencial de substituição de até 34,5% da geração de energia elétrica ou 70% do diesel (ABIOGÁS, 2022).

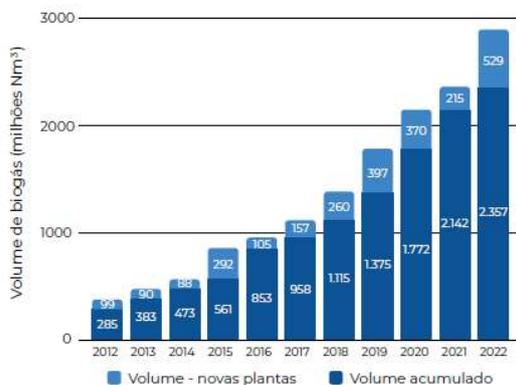
46. Segundo Brasil (2023c), a produção de biogás para uso energético segue em expansão no país, como se observa nos gráficos apostados à Figura 5. O volume produzido cresceu cerca de 87% nos últimos 10 anos, o que demonstra o interesse do mercado nacional pelo energético. Apesar de apresentar uma contribuição inferior em produção de biogás em comparação ao setor de saneamento, o setor industrial possui um alto potencial de crescimento, tendo como exemplo as usinas de açúcar e etanol. Segundo estimativas da EPE, o setor sucroenergético apresenta uma capacidade de produção de biogás de aproximadamente 5,2 bilhões Nm³/ano, considerando o aproveitamento de vinhaça e torta de filtro, principais resíduos utilizados para produção de biogás nas usinas.

47. Com o início da operação das plantas que atualmente estão em fase de implementação e reformulação, a previsão é que ocorra um acréscimo de cerca de 574 milhões Nm³/ano de biogás, o que corresponde a um crescimento de aproximadamente 20% na produção nacional. O maior número

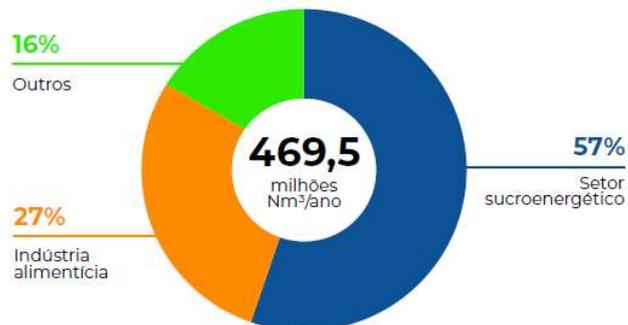
de plantas de biogás em operação no país corresponde ao setor agropecuário (77%). Entretanto, a maior produção em volume de biogás está associada ao setor de saneamento (74%), com destaque para os aterros sanitários, responsáveis por 96% da produção desta categoria (BRASIL, 2023c).

Figura 5 - Números do setor de biogás e biometano no Brasil

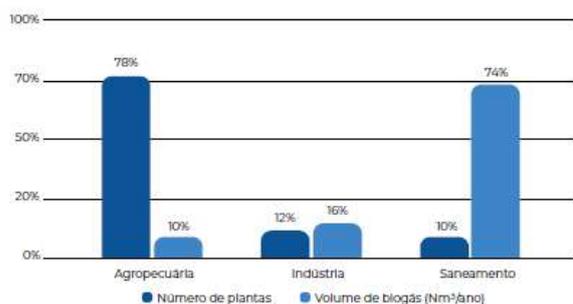
Crescimento do biogás para uso energético no Brasil (plantas em operação)



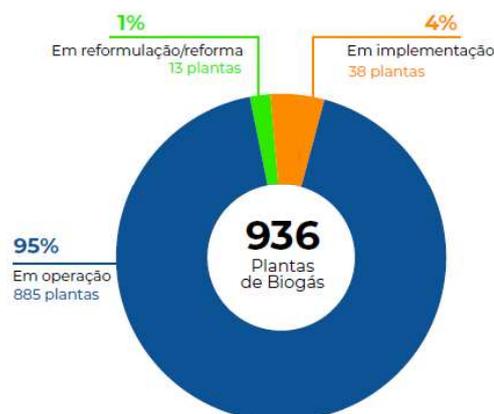
Volume de biogás no setor industrial (Nm³/ano)



Plantas de biogás em operação no Brasil



Plantas de Biogás no Brasil em 2022



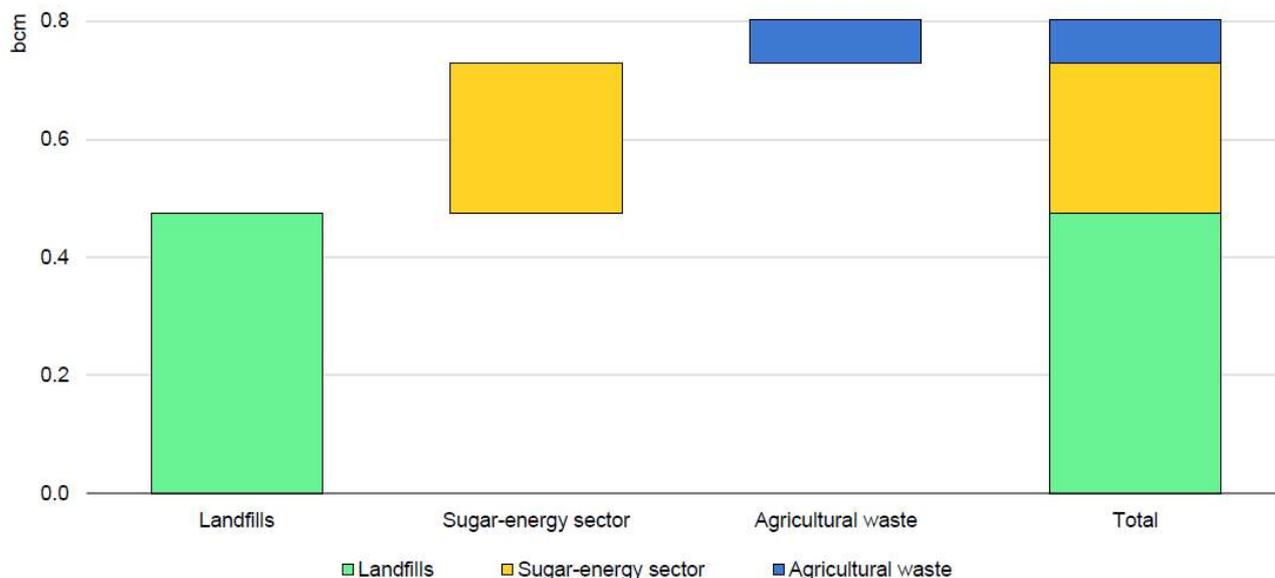
Fonte: (BRASIL, 2023c, p. 6 e 7)

48. No que se refere ao biometano, o Brasil está integrado à tendência global de investimentos nesse energético, alinhado com iniciativas globais de redução de suas emissões. Em 2018, o Brasil representou 12% da produção mundial de biometano, empatado com a China, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da Europa. Em 2022, o Brasil produziu cerca de 400 mil m³/dia de biometano, representando apenas 0,8% da oferta nacional de gás.

49. As associações do setor indicam que o Brasil produz atualmente menos de 1% do seu potencial estimado em 100 milhões de m³/dia, o dobro da oferta nacional disponível de gás natural em 2022. Estima-se que 27 novas plantas entrarão em operação até 2027, elevando a produção para 2,2 milhões de m³/dia. Até julho de 2023, apenas seis plantas estavam autorizadas a injetar biometano na rede de gasodutos do país (BRASIL, 2024a).

50. IEA (2023a) estima que o Brasil quadruplicará sua produção até 2027, conforme o gráfico à Figura 6, tornando-se o quinto maior produtor mundial, com uma média diária superior a 2 milhões de m³/dia. A produção esperada de biometano em 2027 inclui contribuições de aterros sanitários, setor sucroenergético e resíduos agrícolas.

Figura 6 - Expectativa de produção de biometano no Brasil, por tipo de matéria-prima, 2023-2027



Fonte: (IEA, 2023, p. 95)

I.4. O ranqueamento tecnológico para mitigação de emissões do MCTI

51. Em 2021, o Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI) participou do projeto “Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil”, que tinha o objetivo reforçar a capacidade técnica do governo brasileiro, por meio do desenvolvimento de uma avaliação abrangente das necessidades tecnológicas para implementação de Planos de Ação Climática no país, com vistas a fornecer subsídios às tomadas de decisão referentes ao cumprimento das metas de mitigação de GEE, levando em consideração a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) brasileira e a Estratégia do Brasil para o Fundo Verde para o Clima (GCF).

52. O projeto avaliou 450 tecnologias mitigadoras de emissões, a partir de uma metodologia de avaliação multicritério, para elaboração de um sistema de pontuação, ranqueamento e priorização dos pacotes tecnológicos.

53. A metodologia foi aplicada em *workshops*, por meio de formulário, em conjunto com especialistas nos setores de energia e indústria; transportes, resíduos e edificações; e agricultura, florestas e outros usos da terra (Afolu) participantes do projeto, pertencente às Câmaras Setoriais (Agroicone; Agrosatélite; Aprobio; CNA; Idesam; Inpe; Ipam; MapBiomass; USP; UFRJ; Abal; ABCM; Abiquim; Abividro; Absolar; Cetesb; CGEE; CPFL; Firjan; IABr; ICS; INT; Petrobras; Light; SNIC; Cetem; CNT; CNM; FBMC; Iclei; e especialistas convidados), Comitê Técnico Consultivo e equipe da Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade do MCTI).

54. A metodologia de avaliação multicritério foi estruturada em dois níveis para atingir o objetivo final, denominados macrocritérios e indicadores. Quatro macrocritérios e 15 indicadores foram estabelecidos, conforme Quadro 3, que contém a descrição dos macrocritérios e dos indicadores selecionados.

Quadro 1 - Macrocritérios e indicadores considerados na metodologia

MACRO-CRITÉRIO	DESCRIÇÃO	INDICADORES	DESCRIÇÃO
Tecnológico	Contém indicadores com uma perspectiva técnica, avaliando características de nível de engenharia da tecnologia	Nível de prontidão tecnológica (DT)	Representa o nível de maturidade das tecnologias (TRL) globalmente
		Potencial de mitigação de emissões (PM)	Potencial de redução de emissões associado à adoção da tecnologia
		Custo de mitigação de emissões (CM)	Custo da tecnologia por unidade de CO ₂ mitigada (US\$/tco ₂)
		Vulnerabilidade à mudança do clima (VC)	Reflete como a tecnologia é exposta aos efeitos da mudança do clima (por exemplo, aumento da temperatura média, aumento do nível do mar, variabilidade dos recursos renováveis e aumento do risco de eventos climáticos extremos) em comparação com as práticas atuais
Físico	Consiste em indicadores que refletem os impactos da tecnologia no ambiente físico	Redução da poluição e benefícios para a saúde / ODS 3 (PS)	Impactos da tecnologia na geração de poluentes em toda a cadeia produtiva
		Impacto na disponibilidade de água / ODS 6 (DA)	Impactos da tecnologia na disponibilidade de recursos hídricos para a sociedade
		Impacto na produção de alimentos / ODS 2 (PA)	Impactos da tecnologia na agricultura, no uso da terra e na segurança alimentar
		Impacto na biodiversidade / ODS 15 (BD)	Efeitos da tecnologia sobre a conservação da biodiversidade
Socioeconômico	Incorpora indicadores que abordam os efeitos da adoção de tecnologia nas condições sociais e econômicas	Impacto na disponibilidade de energia / ODS 7 (EN)	Impacto da tecnologia na quantidade de energia disponível para a sociedade, na eficiência no uso de recursos energéticos, na promoção de energias renováveis, no acesso à energia e na modernização da infraestrutura energética
		Geração de emprego e renda / ODS 8 e 10 (ER)	Potenciais impactos da tecnologia na redução das desigualdades sociais no Brasil, com foco na geração de empregos e renda
		Vantagens competitivas para o Brasil (VC)	avaliação de como a tecnologia pode ser beneficiada dadas as vantagens dos fatores de produção e da competência nacional em termos científicos e tecnológicos
Institucional	Incorpora indicadores que associam o grau de compatibilidade das tecnologias às características institucionais relevantes	Sinergia com a ENCTI (CT)	Enquadramento da tecnologia no âmbito da ENCTI 2016-2022
		Sinergia com as políticas climáticas nacionais (PC)	Alinhamento da tecnologia às políticas climáticas nacionais*
		Sinergia com o Programa País para o GCF (GC)	Alinhamento da tecnologia ao Programa País para o GCF
		Viabilidade de adoção perante o arcabouço institucional (AI)	Viabilidade de implantação de tecnologia perante o atual arcabouço institucional, considerando a existência de barreiras (econômicas, de mercado, institucionais, culturais) e falhas de mercado

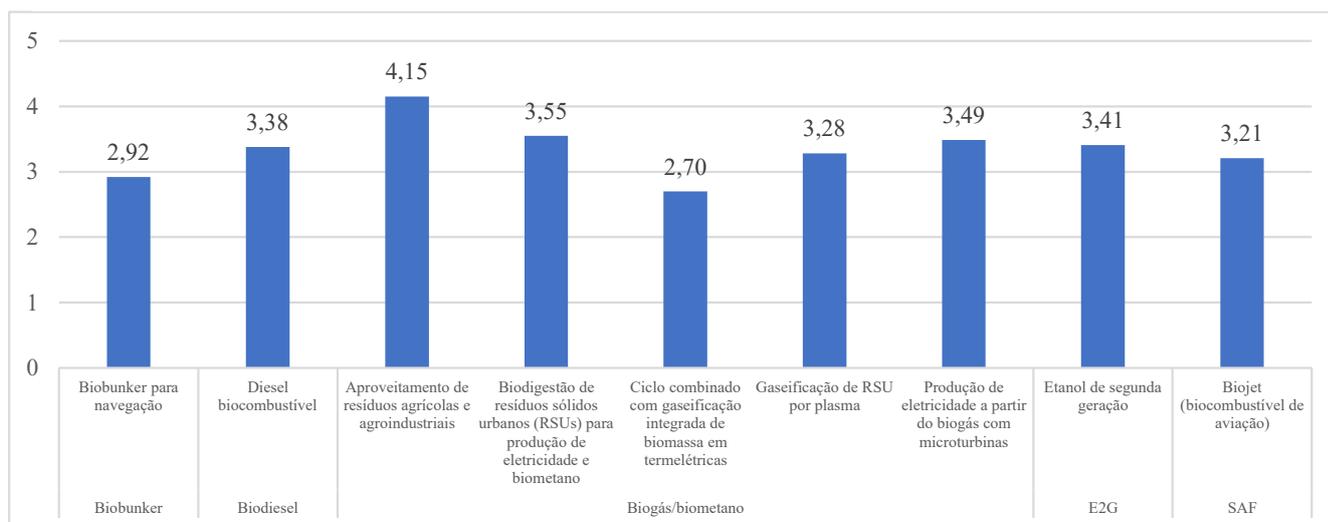
Fonte: (BRASIL, 2021c, p. 26)

55. Como pode ser observado na descrição dos indicadores, enquanto alguns deles se referem às características das tecnologias (por exemplo, nível de **prontidão tecnológica** e **custo efetividade** da redução de emissões), outros representam as circunstâncias nacionais, as **vantagens competitivas**, **geração de empregos** e o **arcabouço institucional** do país para implementar e usar uma tecnologia específica.

56. Além disso, sempre que pertinente, os indicadores estão vinculados a um ou mais Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, de forma que o processo de priorização de tecnologia possa promover um ambiente de desenvolvimento sustentável no país alinhado a uma visão da agenda global.

57. Para cada indicador, Brasil (2021c, p. 27 a 31) definiu uma escala de pontuação de 1 a 5, além de um método para atribuição de pesos a cada indicador. De tal modo, foi produzida uma lista com 82 tecnologias, classificadas por setor (industrial, energia, transportes, resíduos, edificações e Afolu) e respectivos subsetores, pontuadas a partir da média ponderada dos 15 indicadores adotados, resultando num ranque de priorização de tecnologias mitigadoras de emissões. Várias delas, de interesse da presente avaliação, por essa razão trazidas ao Quadro 4.

Quadro 2 - Tecnologias de bioenergia avaliadas pelo MCTI



Fonte: elaboração própria com base em (BRASIL, 2021c, p. 59 e 60)

II. Principais políticas públicas de fomento aos biocombustíveis

58. No Brasil, a relevância das discussões sobre o tema da bioenergia pode ser percebida a partir da intensidade das discussões regulatórias que têm composto a agenda legislativa. Há várias políticas públicas que afetam, direta ou indiretamente, o desenvolvimento da bioenergia no Brasil. Temas de interesse da bioenergia estão presentes não apenas em políticas energéticas abrangentes como o PNE e o PDE, mas também em políticas de escopo setorial, como Novo Mercado de Gás, o Novo Marco do Saneamento, a Modernização do Setor Elétrico, o Mercado de Carbono e o Programa de Hidrogênio. Todavia, nessa seção, o foco se manterá nas políticas diretamente relacionadas ao setor de bioenergia.

59. No TCU, as políticas nacionais de fomento aos biocombustíveis foram objeto de fiscalização do TCU no TC 015.561/2021-6. O voto que acompanha o Acórdão TCU 251/2023 – Plenário, de relatoria do Exmo. Ministro Augusto Nardes, traz minudente análise do tema, em que foram abordadas as principais políticas impulsionadoras dos biocombustíveis: o RenovaBio, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) e os mandatos de mistura obrigatória. O aresto trouxe determinações e recomendações para aprimoramento dessa políticas.

60. A seguir as principais políticas de interesse para a bioenergia serão apresentadas.

II.1. O RenovaBio

61. O RenovaBio é uma política de Estado instituída pela Lei 13.576/2017, posteriormente regulamentada pelo Decreto 9.888/2019, sendo este o marco legal da Política Nacional de Biocombustíveis (BRASIL, 2017b). Segundo Brasil (2016), são objetivos do RenovaBio:

- a) fornecer uma importante contribuição para o cumprimento das NDC do Brasil no âmbito do Acordo de Paris;
- b) promover a adequada expansão dos biocombustíveis na matriz energética, com ênfase na regularidade do abastecimento; e
- c) assegurar previsibilidade para o mercado de combustíveis, induzindo ganhos de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, comercialização e uso de biocombustíveis.

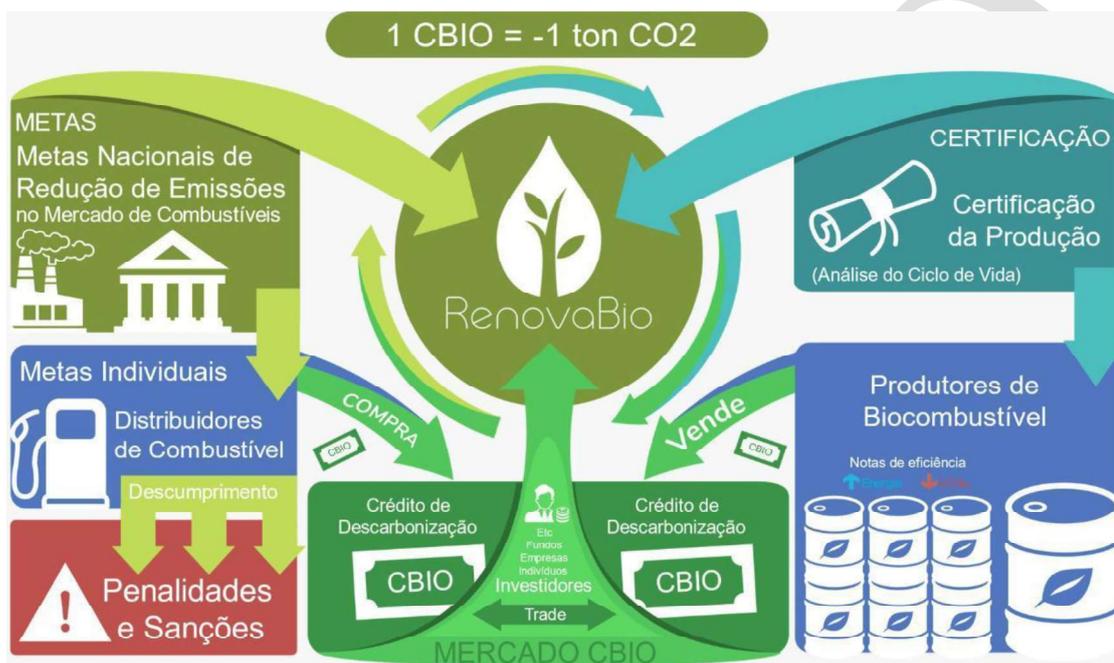
62. Nos termos do art. 4º da Lei 13.576/2017, o RenovaBio dispõe de seis instrumentos regulatórios (BRASIL, 2017a):

- 1) as metas de redução de emissões de GEE na matriz energética (inciso I);

- 2) a certificação de biocombustíveis (inciso III);
- 3) os créditos de descarbonização (inciso II);
- 4) as adições compulsórias de biocombustíveis aos fósseis (inciso IV);
- 5) os incentivos fiscais, financeiros e creditícios (inciso V); e
- 6) as ações no âmbito do Acordo de Paris (inciso VI).

63. As metas, a certificação e os CBIO são instrumentos integrados, cujo funcionamento segue representado à Figura 7. Esses três instrumentos perfazem o cerne da inovação regulatória trazida pelo RenovaBio.

Figura 7 - Esquema de funcionamento do RenovaBio



Fonte: fornecido por MME

64. Anualmente, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) estabelece metas nacionais de redução de emissões para os dez anos seguintes, as quais são desdobradas para os distribuidores de combustíveis, que são a parte obrigada da política. Os produtores voluntariamente certificam sua produção e recebem notas de eficiência energético-ambiental (NEEA). Essas notas são multiplicadas pela parcela elegível do volume de biocombustível produzido, resultando na quantidade de CBIO que o produtor poderá emitir e vender no mercado (BRASIL, 2016).

65. O RenovaBio entrou em operação em 24 de dezembro de 2019, quando se iniciou a o registro e a comercialização dos créditos de carbono na B3, principal bolsa de valores brasileira. Segundo a B3, foram negociados 213 milhões de CBIO no entre 2020 e 2023, ao preço médio de R\$ 80, totalizando um volume financeiro de R\$ 18 bilhões, conforme ilustra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 1 - Informações financeiras da comercialização de CBIO 2020-2024

	Qtde CBIO (milhões)	Média Preço CBIO (R\$)	Valor Financeiro (R\$ bi)
2020	22,56	45,06	1,03
2021	51,26	35,82	2,02
2022	62,29	100,64	6,95
2023	76,91	113,52	8,75
Total Geral	213,02	80,08	18,75

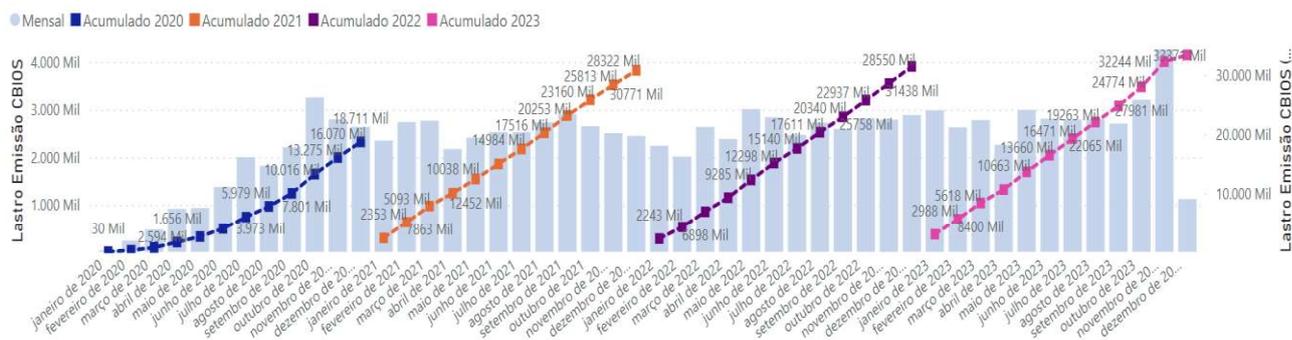
Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

Fonte: elaboração própria a partir de dados de (B3, 2024).

66. O Painel Dinâmico do RenovaBio mantido pela ANP aponta que, desse total, 114,3 milhões de CBIO tiveram lastro gerado, assim evitando a emissão da mesma quantidade de toneladas de CO₂ (Desses, 84,86% advêm da produção de etanol, 14,72% de biodiesel e 0,41% de biometano (BRASIL, 2024c).

67. Gráfico 1). Desses, 84,86% advêm da produção de etanol, 14,72% de biodiesel e 0,41% de biometano (BRASIL, 2024c).

Gráfico 1 - Evolução na geração de CBIO em 2020 e 2023



Fonte: Painel dinâmico do RenovaBio (BRASIL, 2022c)

II.2. O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

68. O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) é um programa do governo brasileiro que visa promover a produção e o uso de biodiesel no país. A política foi criada pela Lei 11.097/2005, e tem como objetivo principal a inclusão social e o desenvolvimento regional, por meio do aproveitamento de diferentes matérias-primas e a participação de agricultores familiares na cadeia produtiva do biodiesel.

69. O PNPB funciona por meio de um modelo de produção que inclui a participação de agricultores familiares na cadeia produtiva do biodiesel. Além dos mandatos de mistura obrigatória, em sua fase inicial, o PNPB institucionalizou a base normativa para a produção e comercialização do biodiesel no país, envolvendo a definição do modelo tributário para este novo combustível, o aproveitamento das oleaginosas de acordo com as diversidades regionais, a segurança de abastecimento para o novo combustível, a garantia de qualidade para o consumidor, a busca da competitividade frente ao diesel fóssil e o desenvolvimento de mecanismos para inclusão da agricultura familiar.

70. O Programa Selo Combustível Social (Decreto 5.297/2004), hoje, Selo Biocombustível Social (SBS), conforme alteração de sua nomenclatura (Decreto 10.527/2020), é um certificado concedido aos produtores de biodiesel que adquirem percentual mínimo de matéria-prima dos agricultores familiares, com o objetivo de promover inclusão social. Os produtores de biodiesel detentores do SBS possuem vantagens fiscais e comerciais: redução de PIS/Pasep e Cofins; prioridade e reserva de mercado nos leilões de venda de biodiesel; e linhas de financiamento específicas.

71. Desde a criação da PNPB, a produção e o uso de biodiesel no Brasil têm crescido significativamente. De acordo com dados do Painel Dinâmico da ANP, a produção de biodiesel no país passou de cerca de 736 milhões de litros em 2007 para mais de 7 bilhões de litros em 2023 (BRASIL, 2024c). Além disso, a política tem contribuído para a inclusão social e o desenvolvimento regional, com a participação de milhares de agricultores familiares na cadeia produtiva do biodiesel.

72. No entanto, a PNPB também enfrenta desafios, como: i) aumentar a produção de matérias-primas de forma sustentável; ii) diversificar as biomassas energéticas utilizadas na produção; iii) desconcentrar regionalmente a produção por mais estados do país; iv) desenvolver

técnicas de produção mais eficientes; e, v) garantir a competitividade do biodiesel em comparação aos combustíveis fósseis.

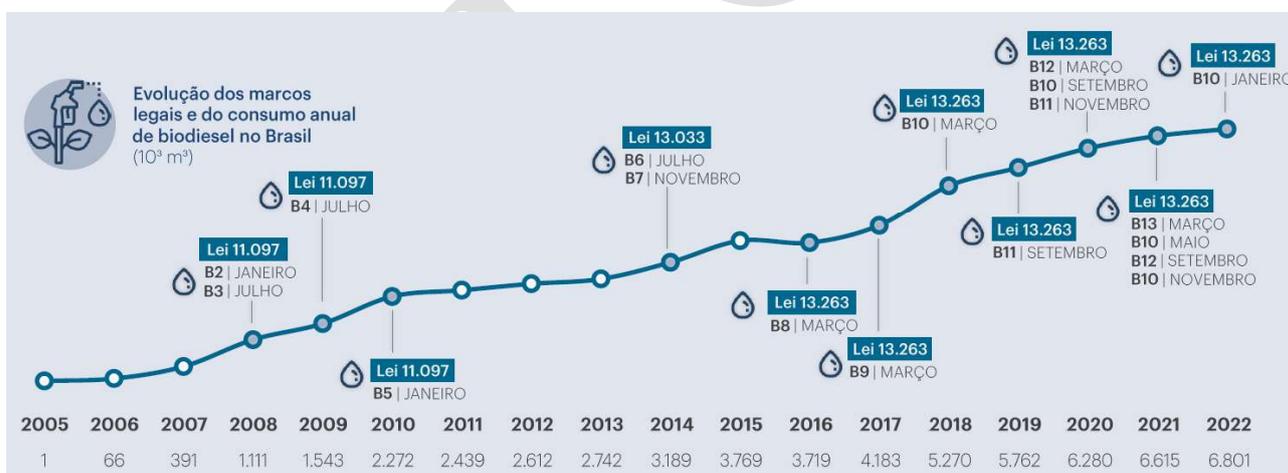
II.3. Os mandatos de mistura obrigatória de biocombustíveis

73. Para IRENA, IEA e REN21 (2018), combinados com incentivos fiscais e financiamentos, os mandatos de mistura obrigatória de biocombustíveis aos fósseis são a forma mais comum de apoio às energias renováveis no setor dos transportes. IRENA (2022) os lista, juntamente com os planos nacionais de longo prazo, e as metas de uso de bioenergia e o banimento de uso de combustível fóssil, entre as principais políticas transversais para diminuição de incertezas para desenvolvimento do setor.

74. O mandato de etanol tem origem na Lei 8.723/1993, a qual fixou em 22% o percentual obrigatório de álcool anidro misturado à gasolina em todo o país. Durante os anos que se seguiram, esse percentual tem se alterado entre os limites de 20% e 27%. Atualmente, o percentual obrigatório de mistura de etanol anidro na gasolina (mandato) pode variar de 18% a 27,5%, em volume, a partir de decisão do Poder Executivo, nos termos da Lei 9.478/1997. Desde março de 2015, o percentual de mistura para todo o território nacional é de 27% na gasolina comum e 25% na gasolina premium (FGV, 2017).

75. Em relação ao biodiesel, os mandatos de mistura obrigatória de biodiesel ao diesel foram adotados inicialmente em percentuais baixos, 2% em 2008, seguindo um escalonamento crescente determinado na Lei 13.263/2016, até 15%, previsto para 2023. A lei confere a decisão de alterar o cronograma previsto ao Poder Executivo. Assim, durante quase todo o ano de 2021 o teor foi reduzido de 13% para 10%, por causa da elevação dos preços do biodiesel naquele momento, que pressionava o valor final do diesel, conforme ilustra a Figura 8.

Figura 8 - Evolução do marco legal e do consumo de biodiesel no Brasil



76. Esse percentual foi mantido até início de 2023, quando então o CNPE decidiu reestabelecer o aumento gradativo dos percentuais de adição de biodiesel ao diesel, nos termos da Resolução-CNPE 16/2023, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final

Datas de Início do Incremento Percentual da Adição do Volume de Biodiesel	1º/04/2023	1º/04/2024	1º/04/2025	1º/04/2026
Percentuais Mínimos de Adição Obrigatória de Biodiesel, em Volume	12%	13%	14%	15%

Fonte: Resolução-CNPE 16/2023, art. 2º.

II.4. Os incentivos fiscais aos biocombustíveis

77. A renúncia tributária é um dos principais instrumentos de política fiscal utilizados para incentivar a produção e o uso de biocombustíveis no Brasil. Num passado recente, os biocombustíveis recebiam incentivo, tanto na esfera federal quanto estadual.

78. Na esfera federal, as alíquotas *ad rem* do PIS e da Cofins (federais) eram menores para os biocombustíveis, enquanto a Cide era zerada. Na esfera estadual, incidia sobre os combustíveis e biocombustíveis o ICMS, um imposto com alíquota *ad valorem* sobre valor agregado. A carga efetiva do ICMS sobre a comercialização dos combustíveis variava conforme a UF. Vários estados brasileiros mantinham incentivos fiscais aos biocombustíveis consistentes com alíquotas inferiores aos fósseis (diferenciação tributária). Por se tratar do maior tributo de valor agregado incidente na cadeia, a competitividade dos combustíveis e, conseqüentemente, o comportamento do consumidor é bastante influenciado pela diferenciação tributária do ICMS.

79. Ocorre que, a Lei Complementar 194/2022, passou a limitar a cobrança ICMS sobre produtos e serviços essenciais (combustíveis, energia elétrica, comunicações e transporte coletivo) à alíquota mínima de cada estado, que varia entre 17% e 18% (BRASIL, 2022b).

80. Para manter a competitividade dos biocombustíveis, a Emenda Constitucional (EC) 123/2022, concedeu a eles regime fiscal favorecido, por meio de tributação inferior a incidente sobre os combustíveis fósseis, com a manutenção, em termos percentuais, da diferença entre as alíquotas aplicáveis a cada combustível fóssil e aos biocombustíveis que lhe sejam substitutos, em patamar igual ou superior ao vigente em 15 de maio de 2022 (BRASIL, 2022a). Em outras palavras, a diferenciação tributária dos biocombustíveis passou a ser uma política de Estado.

81. A reforma tributária atualmente em discussão no Congresso Nacional propõe taxar os combustíveis fósseis, como gasolina, óleo diesel e gás de cozinha, com o chamado “imposto do pecado”. Esse imposto seletivo tem o objetivo de taxar produtos considerados prejudiciais ao meio ambiente e à saúde, como cigarro e bebidas alcóolicas, por exemplo. Todavia, o Governo Federal sinaliza usar o IBS (Imposto sobre Bens e Serviços) e a CBS (Contribuição sobre Bens e Serviços), criados pela reforma para substituir os tributos atuais. A ideia seria calibrar as alíquotas por litro (*ad rem*), de forma a manter a tributação atual com diferenciação.

II.5. O Programa Combustível do Futuro

82. Conforme Brasil (2021a), em abril de 2021, o CNPE instituiu o Programa Combustível do Futuro e criou o Comitê Técnico Combustível do Futuro (CT-CF), por meio da Resolução-CNPE 7/2021. A partir das bem-sucedidas experiências do Brasil com etanol, biodiesel e o RenovaBio, o Combustível do Futuro visou ampliar, ainda mais, o uso de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono. Entre outros, o programa objetiva:

a) integrar políticas públicas afetas ao tema (RenovaBio, PNPB, Proconve, Rota 2030, Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular e o CONPET);

b) propor medidas para melhoria da qualidade dos combustíveis, com vistas a promover redução da intensidade média de carbono da matriz de combustíveis, da redução das emissões em todos os modos de transporte e do incremento da eficiência energética;

c) propor estudos para criação de especificação de gasolina de alta octanagem;

d) propor estudos para viabilizar tecnologia de célula a combustível a etanol;

e) avaliar condições para introdução de querosene de aviação sustentável na matriz energética brasileira; e,

f) estabelecer estratégia nacional para uso de combustíveis sustentáveis no transporte marítimo.

83. Com base nos resultados alcançado pelo CT-CF, em setembro de 2023, o Governo Federal encaminhou ao Congresso Nacional o Projeto de Lei (PL) Combustível do Futuro, contendo

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

um conjunto de propostas para promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono. O PL 528/2020 institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), com metas de redução das emissões por parte das operadoras aéreas a partir de 2027, por meio do uso de combustíveis sustentáveis e cria o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV). O governo ainda propõe aumentar os limites da mistura de etanol anidro à gasolina comum permitidos em lei, da faixa atual de 18% a 27,5% para entre 22% e 30%, desde que constatada sua viabilidade técnica.

84. No ProBioQAV os operadores aéreos serão obrigados a reduzir as emissões de GEE em suas operações domésticas por meio da utilização de SAF em, no mínimo, 1% entre 2027 e 2028. A partir de então, esse percentual sobe 1 ponto percentual a cada ano, até chegar a um compromisso de corte das emissões de 10% em 2037.

85. Caberá à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) fixar os valores das emissões totais equivalentes por unidade de energia computadas no ciclo do poço à queima de cada rota tecnológica de produção de combustível sustentável de aviação, para fins de contabilização da descarbonização em face ao querosene de aviação fóssil. O CNPE poderá alterar os percentuais temporariamente, a qualquer tempo, por motivo justificado de interesse público, restabelecendo-o por ocasião da normalização das condições que motivaram a alteração.

86. Similarmente, no PNDV o CNPE estabelecerá, a cada ano, a participação volumétrica mínima obrigatória de diesel verde, produzido a partir de matérias-primas exclusivamente derivadas de biomassa renovável, em relação ao diesel comercializado ao consumidor final, de forma agregada no território nacional. A participação mínima obrigatória não poderá exceder o limite de 3% ao ano.

87. Para o biogás e o biometano a situação é peculiar. Por um lado, os energéticos “herdam” uma série de regulações cabíveis ao gás natural ou à sua inserção na rede de gasodutos de transporte e distribuição. Por outro, não há regulações específicas. Além disso, faltam instrumentos públicos de fomento ou programas nacionais incentivo (mandatos, metas, garantia de demanda etc.), tal qual se observam para outros biocombustíveis.

88. O biometano está inserido no âmbito do Programa Combustível do Futuro e do RenovaBio, mas não há uma política positivada ou em elaboração, como há para o biodiesel (PNPB), para o diesel verde (PNDV), para bioQAV (PróBioQAV), ou mesmo para o hidrogênio (Plano Nacional do H₂ – PNH₂). Falta uma agenda nacional específica para biogás.

89. O PL também propõe a integração das iniciativas das políticas energética e industrial. O CNPE fixará, para fins de apuração do cumprimento das metas da política industrial, os valores de intensidade de carbono da fonte de energia e a participação dos combustíveis líquidos ou gasosos ou da energia elétrica. Novas espécies de combustíveis só poderão ser consideradas para efeito de cálculo dessas metas após a certificação das emissões no ciclo do poço à roda, conforme se detalha a seguir.

II.6. O Programa de Mobilidade Verde

90. No âmbito da política industrial, o Governo Federal publicou a Medida Provisória (MP) 1.205/2023, criando o Programa Nacional de Mobilidade Verde e Inovação (Mover). Este programa amplia as exigências de sustentabilidade da frota automotiva e estimula a produção de novas tecnologias nas áreas de mobilidade e logística, expandindo o antigo Rota 2030, seguindo as diretrizes estabelecidas pelo governo, de compromisso com o desenvolvimento sustentável. Em síntese, o Mover deixa de ser uma política limitada ao setor automotivo para se transformar num programa de Mobilidade e Logística Sustentável de Baixo Carbono (BRASIL, 2023e).

91. O incentivo fiscal para que as empresas invistam em descarbonização e se enquadrem nos requisitos obrigatórios do programa será de R\$ 3,5 bilhões em 2024, R\$ 3,8 bilhões em 2025, R\$ 3,9 bilhões em 2026, R\$ 4 bilhões em 2027 e R\$ 4,1 bilhões em 2028, valores que deverão ser convertidos em créditos financeiros. O programa alcançará, no final, mais de 19 bilhões em créditos concedidos (BRASIL, 2023e).

92. O Mover inova em relação ao Rota 2030, seu antecessor criado em 2018, e o Inovar Auto, de 2012. Todos têm como meta reduzir em 50% as emissões de carbono até 2030, estabelecendo requisitos mínimos para que os veículos saiam das fábricas mais econômicos, mais seguros e menos poluentes. Todavia, o Mover avança em vários pontos, como a inclusão de todas as modalidades de veículos capazes de reduzir danos ambientais. O programa também aumenta os requisitos obrigatórios de sustentabilidade para os veículos comercializados no país. Entre as novidades, está a medição das emissões de carbono "do poço à roda", ou seja, considerando todo o ciclo da fonte de energia utilizada (BRASIL, 2023e).

93. O Rota 2030 havia estabelecido que todos os veículos comercializados no país deveriam participar do Programa de Etiquetagem Veicular, com requisitos de segurança e de eficiência energética que levam em consideração as emissões "do tanque à roda". Agora, com o Mover, a eficiência energética será medida também pelo sistema "do poço à roda". A partir de 2027 haverá medição da pegada completa de carbono dos veículos vendidos no Brasil, numa classificação conhecida como "do berço ao túmulo"(BRASIL, 2023e).

94. O Mover ainda traz o conceito de tributação verde, um sistema de recompensa/penalização na cobrança de IPI, a partir de indicadores que levam em conta:

- a) a fonte de energia para propulsão;
- b) o consumo energético;
- c) a potência do motor;
- d) a reciclabilidade; e,
- e) o desempenho estrutural e tecnologias assistivas à direção.

95. A maioria das autorizações iniciais foram para fabricantes de veículos e autopeças que já produzem no país. Das que permanecem sob análise, 11 são para projetos de desenvolvimento, incluindo novas plantas, novos modelos e realocação de fábricas; e três são para serviços de pesquisa de empresas que não fazem carros nem componentes, mas têm centros de P&D e laboratórios no país. As outras quatro são empresas com fábricas já em funcionamento.

96. Em julho de 2024 o MDIC anunciou cerca de R\$ 267 milhões para projetos de inovação do Mover, visando independência tecnológica em soluções de descarbonização. Para aquele ministério, o Mover é visto como modelo de incentivo replicável em outros setores econômicos para estimular inovação e redução de emissões. O setor automotivo anuncia mais de R\$ 130 bilhões em produção de veículos, refletindo um mercado aquecido.

97. As vendas de carros elétricos no Brasil aumentaram 146% no primeiro semestre de 2024 em comparação com o mesmo período do ano anterior. A expectativa de recorde de mais de 150 mil veículos eletrificados vendidos em 2024, representando um crescimento superior a 60% sobre 2023.

98. Assim, o Brasil se aproxima da marca de 300 mil eletrificados leves em circulação desde 2012. Os modelos 100% a bateria estão no topo do ranking semestral. De janeiro a junho de 2024, os BEV representaram 39% dos emplacamentos de eletrificados no país (31.204). Os PHEV, híbridos plug-in (que têm recarga externa como os BEV), responderam por 29,5% (23.296). Já os híbridos convencionais (sem plug-in) a gasolina e diesel ficaram com 9,3% das vendas no primeiro semestre (7.394). Os HEV flex a etanol, com 14% (10.987). E os micro híbridos MHEV, com 8% (6.423).

II.7. A Nova Indústria Brasil

99. O Governo Federal lançou, em janeiro de 2024, a nova política industrial do país, a ser implementada até 2033, intitulada a Nova Indústria Brasil (NIB). A NIB tem como premissas que o fortalecimento da indústria brasileira é chave para o desenvolvimento sustentável do Brasil, que há no país um processo de desindustrialização precoce e acelerado, a partir dos anos 1980, e que exportações nacionais estão concentradas em produtos de baixa complexidade tecnológica, limitando os ganhos de comércio do Brasil (BRASIL, 2024^a, p. 6).

100. Com base nesse contexto, a NIB foi desenhada como uma política sistêmica e de longo prazo, composta por um conjunto de instrumentos públicos de apoio ao setor produtivo e que interage com outras políticas. A NIB tem como objetivos:

- a) estimular o progresso técnico e, conseqüentemente, a produtividade e competitividade nacionais, gerando empregos de qualidade;
- b) aproveitar melhor as vantagens competitivas do país; e
- c) reposicionar o Brasil no comércio internacional.

101. O Plano de Ação para Neointustrialização 2024-2064, do MDIC, define 6 missões, das quais as missões 1, 3 e 5 têm forte relação com a com a bioenergia e, por conseguinte, com a transição energética, conforme se verifica na Figura 9.

Figura 9 - Missões da Nova Indústria Brasil



Fonte: (BRASIL, 2024^a, p. 7)

102. No Missão 1 (cadeias agroindustriais), a meta para 2033 é aumentar a participação do setor agroindustrial no PIB agropecuário para 50%, com prioridade no financiamento de projetos de fertilizantes e defensivos, além de produtos com nanotecnologia e biotecnologia (BRASIL, 2024b).

103. Na Missão 3 (infraestrutura, saneamento, moradia e mobilidade), a prioridade para financiamento são os projetos de tecnologias de diminuição das emissões de carbono em transporte, aviação do futuro e desenvolvimento de sistemas de propulsão a biocombustíveis, elétrica, híbrida e demais combustíveis alternativos. Na regulação, a NIB intenta racionalizar os encargos setoriais sobre energia elétrica, o aprimoramento dos incentivos no mercado de capitais, reduzir custo de financiamento em infraestrutura e desenvolver uma calculadora de pegada de carbono para obras públicas, entre outros (BRASIL, 2024b).

104. Por fim, a Missão 5 (bioeconomia, descarbonização e transição energética) pretende promover a indústria verde, reduzindo em 30% a emissão de gás carbônico na indústria e ampliando em 50% a participação dos biocombustíveis na matriz energética de transportes até 2033. Priorizará o financiamento de soluções tecnológicas para redução de emissões, o desenvolvimento de biocombustíveis do futuro e geração de energias renováveis. Pretende ainda aperfeiçoar a regulação da logística reversa, harmonizar as legislações dos entes federativos e incluir a energia solar em obras

do Minha Casa Minha Vida, painéis fotovoltaicos e aerogeradores com conteúdo local e margem de preferência no Novo PAC (BRASIL, 2024b).

105. Para aprimorar o ambiente de negócios, a NIB prevê 41 projetos, incluindo desburocratização e enfrentamento de desafios apontados pelo setor produtivo. Os principais instrumentos da NIB são:

- 1) empréstimos, subvenções e créditos tributários;
- 2) participação acionária;
- 3) requisitos de conteúdo local;
- 4) comércio exterior;
- 5) margem de preferência;
- 6) transferência de tecnologia;
- 7) propriedade intelectual;
- 8) infraestrutura da qualidade;
- 9) regulação;
- 10) encomendas tecnológicas;
- 11) compras governamentais; e,
- 12) investimento público.

II.8. O Plano de Transformação Ecológica

106. Lançado na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas de 2023 (COP28), o Plano de Transformação Ecológica foi apresentado como uma importante iniciativa para promover o desenvolvimento sustentável no Brasil. Com custo estimado entre US\$ 130 bilhões e US\$ 160 bilhões por ano, o plano pretende estimular investimentos que melhorem o meio ambiente e reduzam as desigualdades.

107. O Plano foi estruturado em seis eixos - financiamento sustentável, desenvolvimento tecnológico, bioeconomia, transição energética, economia circular e infraestrutura e adaptação às mudanças climáticas. De interesse do setor de bioenergia, se destaca o Eixo 4 – Transição Energética, com as seguintes ações:

- a) eletrificação da frota de ônibus para transporte público e escolar;
- b) descarbonização dos sistemas isolados a partir de integração com sistema nacional e uso de renováveis;
- c) mandato para diesel verde vinculado a aumento da competitividade;**
- d) estímulo às diferentes rotas para SAF (combustível de aviação); e,**
- e) Rota 2030 com novas metas para veículos leves, incluindo biocombustível e eletrificação.**

II.9. O Novo Programa de Aceleração do Crescimento

108. Em agosto de 2023 foi lançado o Novo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) com previsão de investimento de R\$ 1,7 trilhão em todos os estados do Brasil, por meio de parceria entre Governo Federal e setor privado, estados, municípios e movimentos sociais, para gerar emprego e renda, reduzir desigualdades sociais e regionais em um esforço comum e comprometido com a transição ecológica, neindustrialização, crescimento com inclusão social e sustentabilidade ambiental.

109. Segundo o Portal do Novo PAC, na *internet*, o programa está organizado em nove Eixos de Investimento, entre os quais o eixo Transição e Segurança Energética. Neste eixo, o Novo PAC objetiva, entre outros, induzir investimentos em combustíveis de baixo carbono para ampliar ainda mais a diversificada matriz energética nacional. Os investimentos previstos no Novo PAC são de R\$

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

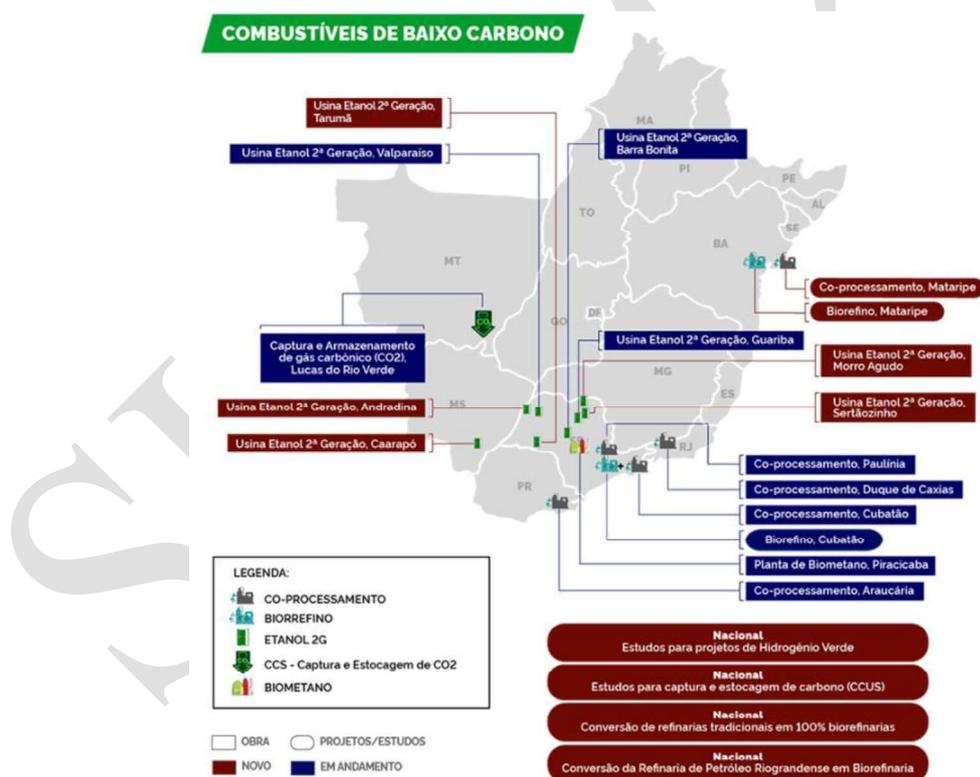
564, 4 bilhões, sendo R\$ 26 bilhões destinados à bioenergia, conforme descrito na *Tabela 3. Tabela 3*. A Figura 10 traz a distribuição geográfica prevista para esses investimentos.

Tabela 3 - Investimentos do Novo PAC em bioenergia

Modalidades	Quantidade	Valor - R\$ Bilhões	Tipo
Biorefino – 100% renovável	2	15,5	Estatal/Privado
Co-Processamento – Fóssil+Renovável	3	0,1	Estatal
Etanol de Segunda Geração	8	9,5	Privado
Captura Direta de Gás Carbônico	1	0,4	Privado
Biometano	1	0,3	Privado
Estudos para transição energética	4	0,2	Estatal/Privado
TOTAIS	19	26,0	

Fonte: (BRASIL, 2023d)

Figura 10 - Distribuição dos principais investimentos do Novo PAC em bioenergia



Fonte: (BRASIL, 2023d)

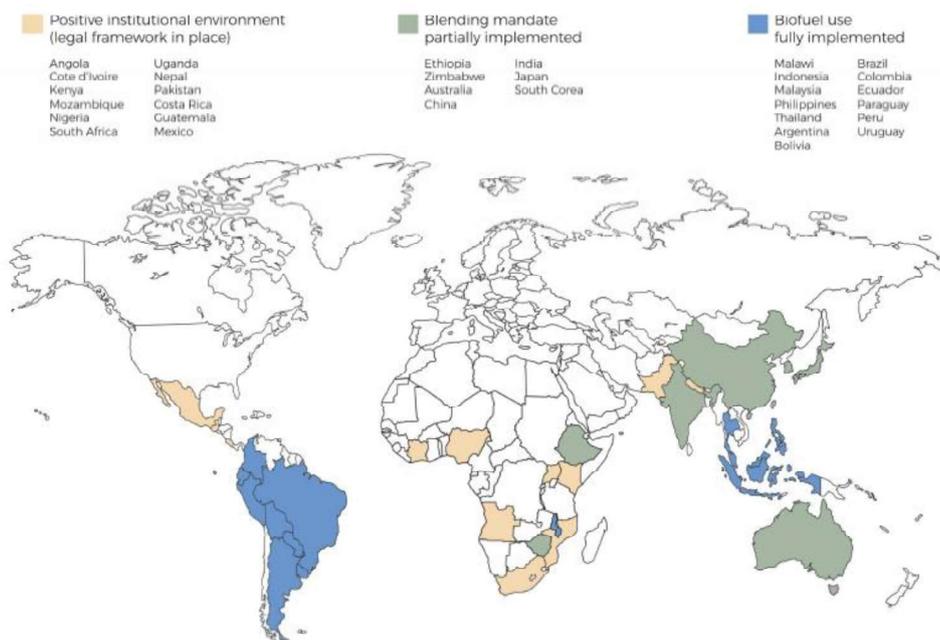
III. Metodologia

110. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra no Apêndice A – Metodologia das avaliações realizadas.

IV. Avaliação da maturidade

111. De modo preliminar à avaliação da maturidade das políticas públicas relacionadas à temática dos biocombustíveis, convém trazer à colação a perspectiva externa sobre o tema. A divisão de bioenergia da Agência Internacional de Energia (*IEA Bioenergy*), considera que **os biocombustíveis estão totalmente implementados no Brasil**, assim como em outros países em desenvolvimento na América do Sul e no Sudeste asiático, conforme indica o mapa exposto à Figura 11. Nesses países foram identificadas: regulação de mandato de mistura plenamente estabelecida, mercado regular de biocombustíveis em funcionamento e terminais de biocombustíveis líquidos operativos.

Figura 11 - Implementação de biocombustível pelo mundo



Fonte: (IEA BIOENERGY, 2023, p. 7)

112. Para o caso brasileiro, a avaliação da *IEA Bioenergy* reflete o sucesso da implementação dos biocombustíveis convencionais no país (E1G e biodiesel). Contudo, com base na exposição trazida nas seções precedentes, não se pode afirmar a mesma plenitude para os biocombustíveis avançados. De tal modo, para os propósitos dessa análise, convém trazer uma avaliação mais consentânea aos desafios da transição energética brasileira.

113. Ainda sob essa perspectiva, serão consideradas na presente avaliação, apenas as políticas diretamente relacionadas aos biocombustíveis, como o RenovaBio, o PNPB, os mandatos de mistura obrigatória dos biocombustíveis, os incentivos fiscais e o Programa Combustível do Futuro. Dado seu caráter relevante, mas transversal à temática dos biocombustíveis, políticas como o Mover, a NIB, o Plano de Transformação Ecológica e o Novo PAC não constarão da avaliação.

114. Segundo a metodologia seguida no presente trabalho, cada componente avaliado foi subdividido em duas perguntas orientadoras que receberam uma pontuação de 0 a 3 (0 – não implementado; 1 – baixa implementação; 2 – implementação parcial; 3 - alta implementação).

115. Isto posto, conforme relatado, em face da experiência de anos no desenvolvimento de políticas para bioenergia no Brasil, não há que se falar em falta de **agenda pública** para quaisquer dos vetores energéticos indicados, convencionais ou avançados. Por certo, há que se reconhecer que para alguns deles, a agenda é menos dinâmica que a de outros. Mas, para todos os biocombustíveis, identificaram-se seminários, *workshops*, reuniões, audiência em comissões do Congresso Nacional, grupos de trabalhos e outras formas de diálogo que caracterizam a agenda pública.

116. No que se refere às demais fases subsequentes do critério de análise proposto – institucionalização, implementação e avaliação & estabilidade -, a situação difere bastante entre biocombustíveis convencionais e avançados.

117. Observa-se que a **institucionalização** é plena para E1G e biodiesel FAME, mas ainda em formação para parte dos combustíveis avançados. Por um lado, os atos que normatizam o RenovaBio, o PNPB, a EC 123/2022, o Mover, a NIB e o Plano de Transformação Ecológica trazem ações e comandos que afetam transversalmente todos os biocombustíveis, convencionais e avançados. Por outro, ainda há carência de normatização específica para os biocombustíveis avançados.

118. Até que o PL 528/2020, que institui o Programa Combustível do Futuro, seja aprovado e sancionado, com conseqüente normatização infralegal, permanece lacuna normativa que limita o desenvolvimento de combustíveis avançados, tais como o E2G, o biometano, os SAF, o biobunker e o diesel verde.

119. No âmbito regulatório, o E2G e o biometano herdam muito do arcabouço para regulação do E1G e do gás natural, respectivamente, sobretudo quanto à especificação, critérios e qualidade e exigências operacionais. Tal aspecto não se observa na normatização dos diesel verde e R5, dos SAF e do biobunker, cuja regulação ainda é precária ou inexistente. De modo geral, todos os biocombustíveis avançados carecem de planos específicos e metas instituídas, o que ainda depende da conclusão de projetos de lei em tramitação no Congresso Nacional.

120. Quanto a **implementação**, observa-se que tal qual para o E1G e FAME, há produção sistemática de E2G e biometano, mesmo que em pequena escala. A empresa Raízen exporta o E2G para os Estados Unidos, com vistas a beneficiar-se dos prêmios financeiros pagos para aquele país para esse tipo de biocombustível avançado. O biometano, igualmente, já é usado para propulsão de veículos em frotas dedicadas e outros usos industriais localizados.

121. Conforme já apontado em trabalhos anteriores do TCU, há uma falha sistêmica no processo de **avalição** de políticas públicas no MME. A título exemplificativo, citam-se os achados apontados pelo Acórdão 251/2023 – TCU – Plenário, de relatoria do Exmo. Ministro Augusto Nardes, em sede de auditoria operacional que avaliou a Política Nacional de Biocombustíveis. Entre outros, foram apontadas falhas na avaliação dos custos e benefícios relacionados ao Programa Selo Biocombustível Social (SBS) no âmbito do PNPB e falhas na avaliação da governança da definição do mandato de mistura obrigatória de biocombustíveis aos combustíveis fósseis.

122. Em que pese a existência de instrumentos de **monitoramento** para temas específicos de interesse do MME, a falta de avaliação sistêmica das políticas de energia, por meio de processos e indicadores estabelecidos, é um aspecto notado para todos os biocombustíveis. Não foram encontradas avaliações sistematizadas sobre os **resultados e impactos** das políticas ora em esboço, nos termos preconizados pelo Guia Prático de Análise *ex post*, da Casa Civil da Presidência da República (<https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/downloads/guiaexpost.pdf/view>).

123. Nesse sentido, pune destacar o monitoramento realizado pelo Comitê da Política Nacional de Biocombustíveis, conhecido como Comitê RenovaBio (CRBIO), estabelecido pelo Decreto 9.888/2019, com o objetivo supervisionar e promover o setor de biocombustíveis no Brasil. Entre suas principais competências, o CRBIO é encarregado de monitorar o abastecimento, a produção e o mercado de biocombustíveis, incluindo a observação da importância desses elementos para a regularidade do abastecimento de combustíveis no país (<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/crbio>).

124. De tal modo, o CRBIO acompanha a evolução da capacidade de produção de biocombustíveis que possuem o Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis, monitora a oferta, a demanda e os preços dos CBIO, e elabora análises e estudos para subsidiar a definição de metas relacionadas à redução de emissões de gases causadores do efeito estufa.

125. O CRBIO também é responsável por realizar consultas públicas para recomendar anualmente ao CNPE as metas de redução de emissões, acompanhar e divulgar a evolução do índice de intensidade de carbono da matriz brasileira de combustíveis, avaliar e propor medidas para o cumprimento das metas estabelecidas, e elaborar e aprovar seu regimento interno, garantindo assim uma gestão transparente e eficaz na transição para uma matriz energética mais limpa e sustentável.

126. Ainda quanto a avaliação, convém destacar a transparência oferecida pelos Painéis Dinâmicos (<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-dinamicos-sobre-combustiveis>) e pelo Anuário Estatístico da ANP (<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2023>). Essas ferramentas disponibilizam informações consolidadas, não só sobre os mercados de etanol, biodiesel e biometano, mas também sobre as metas, certificações, comercialização e aposentadoria de CBIO do RenovaBio.

127. Sem produção, não há que se falar **estabilidade** da política pública. Para aqueles biocombustíveis com produção firme (E1G, FAME e biogás/biometano), observa-se que esta perdura por vários anos (até mesmo décadas), aspecto que revela sua resistência a ciclos políticos. Em outra senda, como não há produção de diesel verde, SAF e biobunker, não há que se falar em estabilidade das políticas relacionadas.

128. O Quadro 3 traz o resultado de avaliação sobre o nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas à bioenergia, elaborado a partir da avaliação subjetiva das evidências trazidas no texto.

Quadro 3 – Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas à bioenergia

Componente de análise	Item de análise	RenovaBio	PNPB	Mandatos	EC 123/2022	Mover	Combustível do Futuro
Formação da agenda pública	Existe de formação de agenda pública?	<input checked="" type="checkbox"/>					
Institucionalização	A política pública está oficializada em ato normativo?	<input checked="" type="checkbox"/>					
	A política tem objetivos e metas de alcance de resultado	<input checked="" type="checkbox"/>					
Implementação	Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	<input checked="" type="checkbox"/>					
	Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	<input checked="" type="checkbox"/>					
Avaliação e estabilidade	São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	±	±	±	±	±	
	As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	<input checked="" type="checkbox"/>					

Fonte: elaboração própria, a partir das evidências trazidas no texto e entrevistas com especialistas.

V. Quadro Resumo

129. Por fim, a partir dos fatos e dados narrados e avaliados, conforme atribuição da pontuação realizada para cada item de avaliação, o resultado é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas

Componente	Item	Biocombustíveis
1. Formação da agenda pública	1.1 Existe formação de agenda pública?	3
	1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo.	3
2. Institucionalização	2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?	2
	2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?	2
3. Implementação	3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	3
	3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	3
4. Avaliação e estabilidade	4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	1
	4.4 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	3
Agregado		2,5

Fonte: elaboração própria

VI. Referências

ABIOGÁS. *PNBB - Programa Nacional do Biogás e Biometano*. . Santo André: ABIOGÁS. Disponível em: <<https://abiogas.org.br/biblioteca>>. , 2022

B3. *Sítio Institucional da B3. Séries Históricas*. São Paulo: B3. Disponível em: <http://estatisticas.cetip.com.br/astec/series_v05/paginas/lum_web_v05_series_introducao.asp?str_Modulo=Ativo&int_Idioma=1&int_Titulo=6&int_NivelBD=2/>. Acesso em: 23 jan. 2024. , 2024

BRASIL. *A hora do biometano no Brasil. textos para discussão - 159*. Rio de Janeiro: BNDES. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/24146/1/PRFol_216049_TD n. 159_A hora do biometano no Brasi.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/24146/1/PRFol_216049_TD_n.159_A_hora_do_biometano_no_Brasi.pdf)>. , 2024a

BRASIL. *Balanco Energético Nacional - Relatório Síntese 2023. BEN 2023*. Brasília: MME/EPE. , 2023a

BRASIL. *Balanco Energético Nacional 2023 - Ano base 2022. BEN 2023*. Brasília: MME/EPE. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>>. , 2023b

BRASIL. *Combustíveis renováveis para uso em motores do ciclo Diesel. Nota Técnica DPG-SDB No. 01/2020*. Rio de Janeiro: EPE. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-467/NT_Combustiveis_renovaveis_em_motores_ciclo_Diesel.pdf>. , 2020

BRASIL. *Combustível do Futuro*. . Brasília: MME. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro>>. Acesso em: 28 jan. 2024a. , 2021

BRASIL. *CORSIA. Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*. Brasília: ANC. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/corsia>>. Acesso em: 28 jan. 2024b. , 2021

BRASIL. Emenda Constitucional nº 123, de 14 de julho de 2022. , 2022 a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc123.htm>. Acesso em: 31 ago. 2022.

BRASIL. Lei 13.576, de 26 de dezembro de 2017. , 2017 a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm>. Acesso em: 20 mar. 2022.

BRASIL. Lei Complementar 194, de 23 de junho 2022. , 2022 b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp194.htm>. Acesso em: 31 ago. 2022.

BRASIL. Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis. , 2017 b, p. 1–138. Disponível em: <<http://antigo.mme.gov.br/documents/36224/460049/RenovaBio+-+Nota+Explicativa.pdf/08c6adbe-afea-5456-514e-e2bc9b6a30d0?version=1.0#:~:text=Privilegiar e incentivar soluções que,brasileira%2C no menor prazo possível.>>>. Acesso em: 3 mar. 2022.

BRASIL. *Nova Indústria Brasil - forte, transformadora e sustentável: Plano de Ação para a Neointustrialização 2024-2034*. . Brasília: MDIC. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/plano-de-acao/nova-industria-brasil-plano-de-acao.pdf>>. , 2024b

BRASIL. *Painéis Dinâmicos sobre Combustíveis, Infraestrutura, Qualidade e RenovaBio*. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-dinamicos-sobre-combustiveis>>. Acesso em: 23 jan. 2024c.

BRASIL. *Painel Dinâmico RenovaBio. Plataforma CBIO*. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis>>

- dinamicos-da-anp/paineis-dinamicos-do-renovabio/painel-dinamico-da-cbio>. Acesso em: 31 mar. 2022c. , 2022
- BRASIL. *Panorama do Biometano Setor Sucroenergético*. . Rio de Janeiro: MME/EPE/CBIOGAS. , 2023c
- BRASIL. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2031. PDE 2031*. Brasília: MME/EPE. , 2019a
- BRASIL. *Plano Nacional de Energia 2050. PNE 2050*. Brasília: MME/EPE. , 2019b
- BRASIL. *Portal do Novo PAC. Gov.br*. Brasília: Casa Civil. Disponível em: <<https://www.gov.br/casacivil/pt-br/novopac>>. Acesso em: 1 fev. 2024d. , 2023
- BRASIL. *Programa de Mobilidade Verde é lançado*. . Brasília: MDIC. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2023/dezembro/rograma-de-mobilidade-verde-e-lancado>>. Acesso em: 28 jan. 2024e. , 2023
- BRASIL. *Relatório de Avaliação de Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Alção Climática no Brasil: Mitigação*. . Brasília: MCTI. , 2021c
- BRASIL. *RenovaBio. Sítio Eletrônico Institucional*. Brasília: Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio>>. Acesso em: 20 mar. 2022. , 2016
- EPBR. *Em expansão, biogás tem potencial para substituir 70% do consumo de diesel. Transição Energética*. Rio de Janeiro: EPBR. Disponível em: <<https://epbr.com.br/em-expansao-biogas-tem-potencial-para-substituir-70-do-consumo-de-diesel/>>. Acesso em: 29 jan. 2024. , 2021
- FGV, F. G. V. *Biocombustíveis. Cadernos FGV Energia*. Rio de Janeiro: FGV, 2017. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_biocombustivel_-_baixa.pdf>.
- IEA. *Medium-Term Gas Report 2023. International Energy Agency*. Paris: [s.n.]. Disponível em: <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/f2cf36a9-fd9b-44e6-8659-c342027ff9ac/Medium-TermGasReport2023-IncludingtheGasMarketReportQ4-2023.pdf>>. Letzter Zugriff: 06.12.2023>. , 2023a
- IEA. *Outlook for biogas and biomethane: prospects for organic growth. Outlook for biogas and biomethane*. Paris: IEA. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/03aeb10c-c38c-4d10-bcec-de92e9ab815f/Outlook_for_biogas_and_biomethane.pdf>. , 2020
- IEA. *Renewables 2023*. . Paris: IEA. , 2023b
- IEA BIOENERGY. *Biofuels in Emerging Markets: Potential for sustainable production and consumption*. . Paris: IEA Bioenergy. Disponível em: <<https://task39.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/37/2023/03/Biofuels-in-Emerging-Markets.pdf>>. , 2023
- IRENA, I. R. E. A. *Bioenergy for the Transition: Ensuring Sustainability and Overcoming Barriers*. . Abu Dhabi: IRENA, ago. 2022. Disponível em: <publications/2022/Aug/Bioenergy-for-the-Transition>. Acesso em: 24 ago. 2022.
- IRENA, I. R. E. A.; IEA, I. E. A.; REN21, R. E. P. N. FOR THE 21TH C. *Renewable Energy Policies in a Time of Transition. International Journal of Production Research*. Masdra City: IRENA, OCDE/IEA, REN21. Disponível em: <www.irena.org>. , 2018
- PETROBRAS, P. B. S. *Biocombustíveis: 50 perguntas e respostas sobre este novo mercado*. . Rio de Janeiro: Petrobras. Disponível em: <<https://livroaberto.ibict.br/handle/1/594>>. Acesso em: 28 mar. 2022. , 2007

AUDITORIA OPERACIONAL NA POLÍTICA DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

ANÁLISE EM SEPARADO

Questão 4: *Quão avançada é a ação estatal nos principais temas da agenda da transição energética brasileira?*

Tema avaliado: **Eficiência Energética**

I. Visão Geral

I.1. Introdução

1. A eficiência energética está relacionada à produtividade de uma máquina ou equipamento e à energia consumida no processo. O incremento da eficiência energética é benéfico para a sociedade ao reduzir a demanda de energia, o que diminui a necessidade de investimentos na geração, transmissão e distribuição, com redução de custos e efeitos positivos para o meio ambiente.

2. A eficiência energética também se refere a ações de diversas naturezas que culminam na redução da energia necessária para atender as demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, transportes e uso em processos, com o objetivo de atender às necessidades da economia com menor uso de energia.

3. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a eficiência energética (EE) deve ser um recurso prioritário para o atendimento à demanda de energia, tanto pelos seus já tradicionais conhecidos benefícios (ganhos de competitividade, redução do uso de recursos naturais e de emissão de poluentes locais e globais), quanto por representar elemento fundamental para a transição do setor energético mundial, conjuntamente com as fontes renováveis de energia, mudança de padrões de consumo e tecnologias de captura e uso de CO₂.

4. A eficiência energética pode ser buscada de diferentes formas, desde a conscientização da população visando a mudança de hábitos e cultura, passando pela mudança de processos industriais e pela atualização de máquinas e equipamentos, até a melhor gestão da energia por meio da digitalização e outros avanços tecnológicos.

5. A EPE expõe no Plano Nacional de Energia (PNE) 2050 (EPE, 2020) que a transição energética terá como base a eletrificação (sobretudo oriundo de fontes renováveis), os biocombustíveis, a eficiência energética (catalisada pela digitalização) e o gás natural. A EPE estima, por exemplo, que, no cenário “desafio da expansão”, os ganhos de eficiência elétrica contribuirão para reduzir a necessidade de 321 TWh de consumo de eletricidade (cerca de 17% do consumo total) em 2050, o que corresponde a evitar mais de duas vezes o consumo de energia do setor industrial brasileiro verificado em 2019 ou ainda, evitar a necessidade de expansão de capacidade instalada de geração equivalente a mais de 2,5 usinas de Itaipu em sua capacidade total (partes brasileira e paraguaia).

6. Sob determinada perspectiva, pode-se considerar os ganhos em eficiência energética como provenientes de duas parcelas: uma parcela referente ao “progresso autônomo” e outra parcela referente ao “progresso induzido”. Por progresso autônomo entende-se aquele que se dá por iniciativa do mercado, sem interferência direta de políticas públicas, de forma espontânea, ou seja, por meio da reposição natural do parque de equipamentos por similares novos e mais eficientes ou tecnologias novas que produzem o mesmo serviço de forma mais eficiente. Por progresso induzido, entende-se aquele que requer estímulos mais diretos por meio de políticas públicas.

7. As políticas e ações para o incremento da eficiência energética são importantes para o atendimento da demanda por energia da sociedade brasileira. Além disso, servem para o alcance das

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

metas de redução de emissão de gás carbônico na atmosfera assumidas pelo Brasil, a exemplo do Acordo de Paris e da Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP26), em que o governo brasileiro apresentou uma nova meta de redução de 50% das emissões dos gases associados ao efeito estufa até 2030 e a neutralização das emissões de carbono até 2050, e para o alcance da Meta 7.3 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), das Nações Unidas, em que o Brasil se comprometeu a aumentar a taxa de melhoria da eficiência energética da economia brasileira até 2030.

8. De acordo com a EPE (2020), a promoção de iniciativas voltadas à eficiência energética exigirá o contínuo processo de melhoria dos mecanismos vigentes no país (além da introdução de práticas inovadoras), com especial atenção: à governança do setor energético; à coordenação entre as várias políticas setoriais (econômicas, fiscais/tributárias, financiamento, ciência, tecnologia, inovação, industrial, educação etc.) nas diversas esferas institucionais (federal, estadual e municipal), ao engajamento dos consumidores finais; e à existência de ambiente regulatório e financeiro adequado para seu efetivo funcionamento.

9. Atualmente, a questão de tornar o uso da energia mais eficiente está ganhando muita atenção em todo o mundo, especialmente entre aqueles que tomam decisões políticas. Isso acontece porque reconhecem o quão crucial é melhorar a eficiência energética para garantir que tenhamos energia suficiente disponível de forma acessível, além de ser um passo importante para mudarmos para fontes de energia mais limpas e sustentáveis.

10. No entanto, apesar dessa crescente atenção, as previsões da Agência Internacional de Energia (IEA) em 2023 indicaram que o progresso na eficiência com que se usa a energia – medido pela intensidade energética, que é um indicador chave de quão eficientemente a economia global utiliza energia – pode desacelerar.

11. A crise energética tem sido um catalisador indiscutível para acelerar a mudança em direção a fontes de energia mais sustentáveis, colocando as políticas de eficiência energética no centro das estratégias governamentais. Desde o começo da crise energética, no início de 2022, observou-se um aumento significativo na adoção de medidas, com países que juntos são responsáveis por 70% do consumo global de energia implementando ou ampliando consideravelmente suas políticas voltadas para a eficiência energética. Como resultado, segundo dados da IEA, o investimento anual em eficiência energética viu um salto de 45% desde 2020, evidenciando um desejo crescente dos países com a otimização do uso da energia.

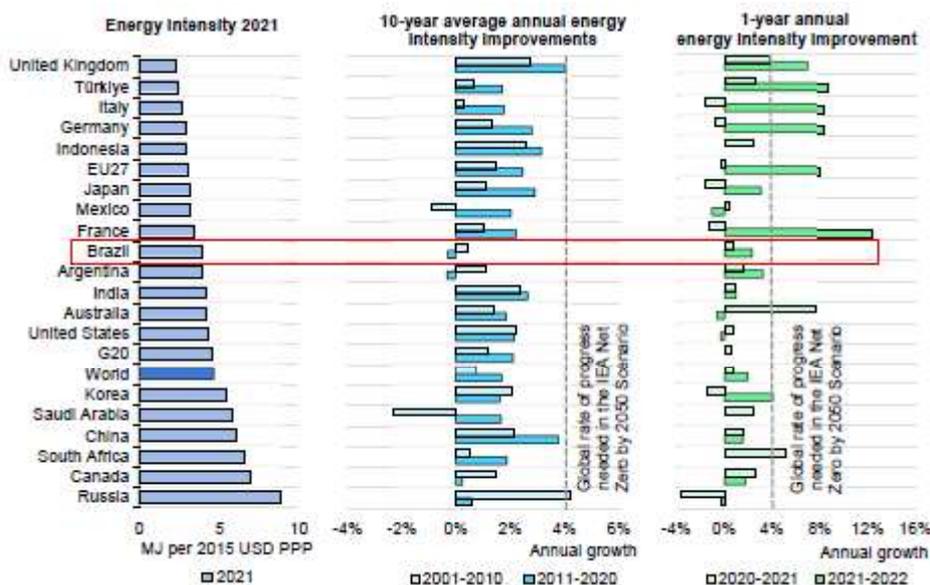
12. Em junho de 2023, durante a 8ª Conferência Global Anual sobre Eficiência Energética organizada pela IEA, 46 governos, incluindo o Brasil, se comprometeram com um importante acordo conhecido como a "Declaração de Versalhes: A década crucial para a eficiência energética". Por meio deste acordo, eles se comprometeram a intensificar os esforços para melhorar a eficiência energética. Isso inclui um objetivo ambicioso de dobrar a taxa de melhoria da intensidade energética global a cada ano ao longo desta década, até 2030. Essencialmente, isso significa que esses governos estão se unindo para fazer desta década um período decisivo para avançar significativamente na eficiência com que usamos energia, visando um futuro mais sustentável e eficiente.

I.2. Importância da ação governamental para a promoção da eficiência energética

13. A experiência passada demonstra que, com um apoio governamental robusto, é viável aumentar a taxa de melhoria na eficiência com que a energia é utilizada. Entre 2011 e 2020, o avanço na intensidade energética global dobrou, alcançando uma média de cerca de 1,7% ao ano, comparado a uma melhoria média de 0,8% na década anterior (IEA, 2023b). Segundo o Cenário NZE, espera-se que este progresso acelere ainda mais, atingindo pouco mais de 4% ao ano, em média, até 2030. Para alcançar essa taxa de progresso, seria necessário um esforço substancial e coordenado por parte dos

governos, tanto na implementação de novas políticas e medidas voltadas para a eficiência energética quanto no fortalecimento das já existentes.

Figura 1: Tendências de intensidade energética primária, países do G20, 2001-2022



Fonte: *Energy Efficiency* 2023, IEA

14. Pelo gráfico contido na Figura 1, a Argentina e o Brasil se destacaram no G20 por serem os únicos dois países a registrar um retrocesso na eficiência com que usam energia na última década. Essa tendência de declínio anterior pode ter sido influenciada por mudanças estruturais nos países. No entanto, parecem estar mudando essa trajetória, visto que em 2021 e 2022 ambos os países começaram a mostrar melhorias positivas na eficiência energética (IEA). Isso indica um possível ponto de virada em seu progresso, sugerindo que Argentina e Brasil podem estar no caminho para otimizar o uso de energia e, conseqüentemente, contribuir para um futuro mais sustentável.

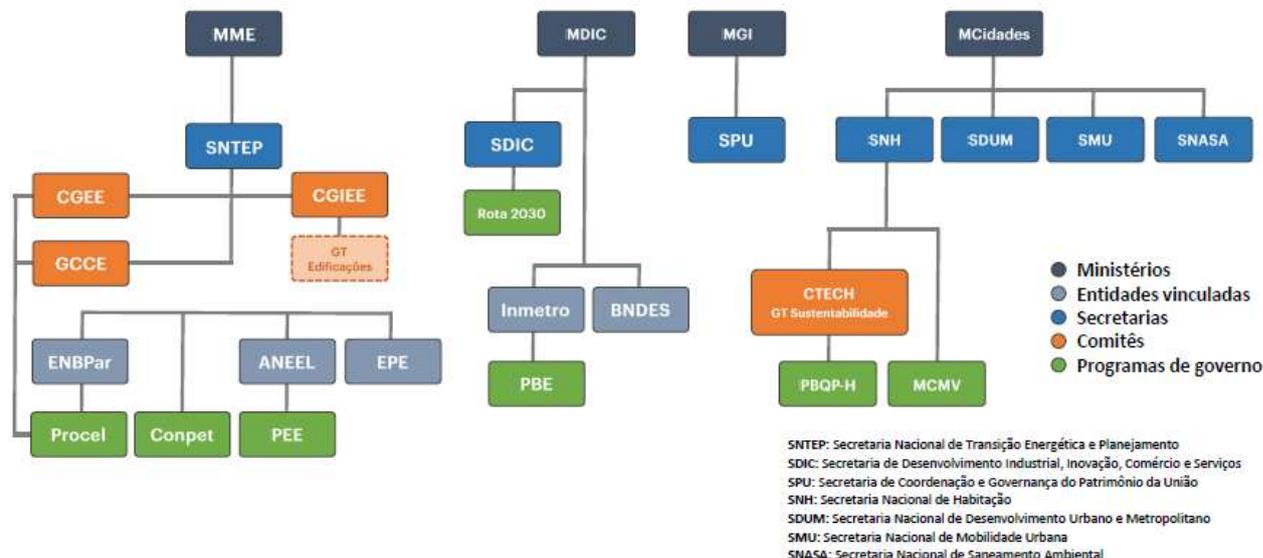
I.3. Institucionalização

15. A articulação e a coordenação de uma engrenagem composta de diversos agentes, públicos e privados, são necessárias para que se promova um ambiente de aproveitamento acelerado dos ganhos de eficiência energética em todos os setores da economia.

16. No âmbito do Ministério de Minas e Energia, a questão da eficiência energética é gerida pela Coordenação Geral de Eficiência Energética. Esta coordenação faz parte do Departamento de Informações, Estudos e Eficiência Energética, que está inserido na estrutura da Secretaria Nacional de Transição Energética e Planejamento. Esta secretaria tem a responsabilidade de definir as diretrizes para a formulação de políticas públicas no setor de energia. A eficiência energética é abordada como um tema transversal, envolvendo uma série de ações interconectadas realizadas por diversas instituições governamentais.

17. A Figura 2 apresenta as diversas entidades governamentais e suas ligações com os programas de eficiência energética no Brasil.

Figura 2: Governança institucional da eficiência energética no Brasil

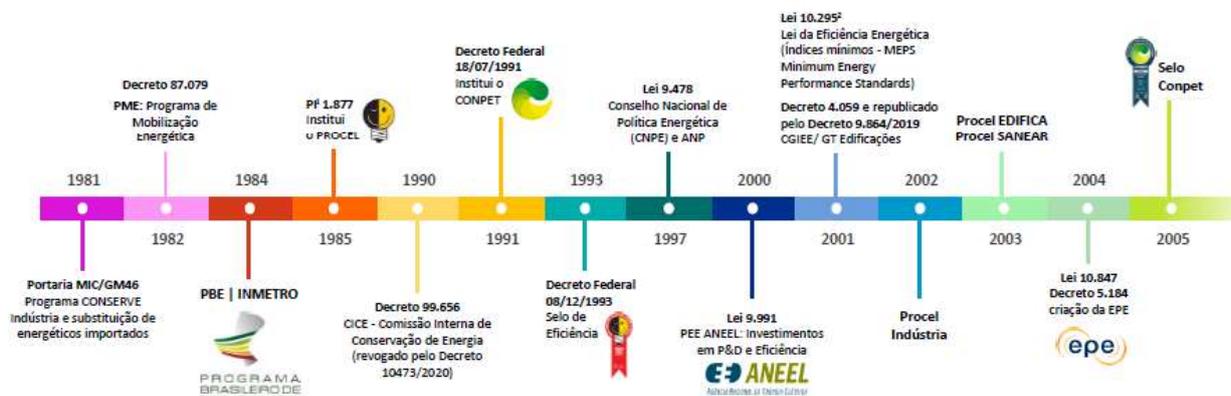


Fonte: Atlas de Eficiência Energética no Brasil – 2023, EPE

II. Principais políticas públicas

18. O Brasil tem tido algumas iniciativas, ações e políticas voltadas direta ou indiretamente à promoção da eficiência energética no país. A Figura 3 e a Figura 4 trazem a linha do tempo que mostra a evolução do tema no país desde a década de 1980, destacando ainda as leis e normativos mais relevantes.

Figura 3: Linha do tempo das Políticas de Eficiência Energética (parte 1)



Fonte: Atlas de Eficiência Energética no Brasil – 2023, EPE

Figura 4: Linha do tempo das Políticas de Eficiência Energética (parte 2)



Fonte: Atlas de Eficiência Energética no Brasil – 2023, EPE

19. Na cronologia do tema no Brasil, percebe-se a realização de programas e ações que perduram décadas. A seguir será dado destaque aos programas a serem considerados como políticas públicas federais para contribuição da transição energética nacional.

II.1. Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

20. Instituído em 1984 e conduzido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), o PBE possui a finalidade de fornecer informações sobre o desempenho de diversos produtos, considerando atributos como a eficiência energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar a escolha dos consumidores que, assim, poderão tomar decisões de compra mais conscientes.

21. Inicialmente foi desenvolvido por meio da adesão voluntária dos fabricantes; ganhou posteriormente dois importantes parceiros: a Eletrobras (com o Procel, em 1985) e a Petrobras (com o Conpet, em 1991). O Procel e o Conpet oferecem os Selos de Endosso (Selo Procel e Selo Conpet), que destacam os equipamentos mais eficientes em suas categorias. O PBE, o Procel e o Conpet são programas complementares, mas funcionam independentemente um do outro. Ademais, tanto a Eletrobras e a Petrobras, quanto o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), ofereceram e ainda oferecem apoio técnico e operacional ao Inmetro para a manutenção da etiquetagem de várias categorias de equipamentos.

22. De forma geral, o PBE funciona da seguinte forma: os produtos são ensaiados em laboratórios e recebem a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), com informações técnicas e faixas coloridas que os classificam. No caso da eficiência energética, a classificação vai da mais eficiente (A) às menos eficientes (de C até G), onde se entende que os mais eficientes utilizam melhor a energia, têm menor impacto ambiental e custam menos para funcionar.

23. O conteúdo das etiquetas ajuda a equilibrar a relação de consumo, diminuindo a assimetria de informação existente entre quem compra e quem vende. Afinal, os consumidores geralmente não têm conhecimento especializado sobre os produtos e muitas vezes há dificuldade de identificar os mais econômicos, os mais silenciosos ou que, por exemplo, gastam menos água. Os fornecedores, por sua vez, precisam que seus produtos sejam diferenciados no mercado, justificando, assim, o investimento que fazem na melhoria dos seus produtos.

24. Atualmente, o PBE cobre 25 objetos, dentro dos segmentos de eletrodomésticos, aquecimento de água, iluminação, veículos, edificações, máquinas e equipamentos e geração de energia elétrica.

II.2. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)

25. O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) foi concebido em 1985 (Portaria Interministerial nº 1.877) para ajudar a resolver problemas conjunturais, como a necessidade de ampliação da capacidade energética, no contexto do aumento dos preços dos combustíveis fósseis a partir do início dos anos 1980, como consequência do segundo choque do petróleo em 1979. O Procel é coordenado pelo MME e destina-se a promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício.

26. Por definição de foco de atuação, o Procel não atua em projetos de pesquisa e desenvolvimento, ou seja, iniciativas que estejam caracterizadas em alguma das etapas da cadeia de inovação (pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental, cabeça de série, lote pioneiro, inserção no mercado, entre outros). O programa busca promover a disseminação de tecnologias já cientificamente comprovadas que contribuem para o uso racional de energia e para a eficiência energética, bem como apoiar a inovação por meio do fomento a *startups*.

27. O Procel tem por objetivo incentivar o desenvolvimento do mercado de eficiência energética nacional, por meio de apoio a projetos estruturantes que busquem remover as barreiras desse mercado (peça 166, p. 2).

28. As principais áreas de atuação do Procel são (Procel, 2016):

a) **Equipamentos** – identificação, por meio do “Selo Procel”, dos equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes;

b) **Edificações** – promoção do uso eficiente de energia no setor de construção civil, em edificações residenciais, comerciais e públicas, por meio da disponibilização de recomendações especializadas e simuladores;

c) **Iluminação pública (Reluz)** – apoio a prefeituras no planejamento e implantação de projetos de substituição de equipamentos e melhorias na iluminação pública;

d) **Poder público** – ferramentas, treinamento e auxílio no planejamento e implantação de projetos que visem ao menor consumo de energia em municípios e ao uso eficiente de eletricidade e água na área de saneamento;

e) **Indústria e comércio** – treinamentos, manuais e ferramentas computacionais voltados para a redução do desperdício de energia nos segmentos industrial e comercial, com a otimização dos sistemas produtivos; e

f) **Conhecimento** – elaboração e disseminação de informação qualificada em eficiência energética, seja por meio de ações educacionais no ensino formal ou da divulgação de dicas, livros, softwares e manuais técnicos.

29. Em 1993 foi instituído o Selo Procel de Economia de Energia, com grande interação com o PBE e com o objetivo de orientar o consumidor no ato da compra, indicando os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria, proporcionando, assim, economia na sua conta de energia elétrica. Também estimula a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a preservação do meio ambiente.

II.3. Programa de Eficiência Energética da Aneel (PEE)

30. Instituído pela Lei 9.991/2000, o PEE determina que as concessionárias de distribuição de energia elétrica devem investir 0,25% de sua receita operacional líquida (ROL) em projetos de EE (art. 1º), sob fiscalização da Aneel.

31. O objetivo do PEE é promover o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício e de melhoria da eficiência energética de equipamentos,

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

processos e usos finais de energia. Para isso, busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada no âmbito desses programas. Busca-se, enfim, a transformação do mercado de energia elétrica, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica.

32. Quanto à governança, a Lei 9.991/2000 originalmente estabelecia apenas o Comitê Gestor, no âmbito do MCTI (Art. 6º). Posteriormente, a Lei 13.280/2016 alterou a Lei 9.991/2000, criando o Comitê Gestor de Eficiência Energética, no âmbito do MME (Art. 6º-A).

33. Em 2020, a Aneel lançou a plataforma Observatório do Programa de Eficiência Energética (OPEE) para aprimorar o acompanhamento e a gestão do PEE (Aneel, 2023).

II.4. PBE Veicular e Conpet

34. Fazem parte do PBE diversos programas de avaliação da conformidade, compulsórios ou voluntários, que utilizam a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para prestar informações sobre o desempenho dos produtos, no que tange à sua eficiência energética, como o Selo Conpet (implementado pela Petrobras) e o Selo Procel (implementado pela Eletrobras).

35. No âmbito do PBE Veicular, os veículos são ensaiados e recebem etiquetas com faixas coloridas que os diferenciam. A classificação vai da mais eficiente (A – verde escuro) à menos eficiente (E - vermelho). A intenção da etiqueta é, então, a partir de um código de letras e cores, melhor esclarecer o consumidor, tornando mais informada a sua decisão de consumo.

36. Apesar de ser divulgado como um programa voluntário, segundo o sítio eletrônico do Inmetro, atualmente, toda a frota brasileira de veículos automotores possui a etiqueta, estando inseridos no programa PBE Veicular. Investigando o fato, percebeu-se que é condição do Programa 2030, que concede benefícios tributários a montadores e importadores, a adesão ao programa de etiquetagem. Desde 2013, além da divulgação da eficiência energética pelo PBE Veicular, o programa passou a divulgar também dados relativos à emissão de poluentes.

37. O Conpet, a seu turno, destina-se a indicar os equipamentos consumidores de derivados de petróleo e de gás natural que apresentam os menores índices de consumo de combustível, ou seja, o selo reconhece aqueles equipamentos mais eficientes em cada categoria. Dito de outra forma, o Conpet oferece um selo para prestigiar os veículos constantes na categoria A das tabelas de consumo/eficiência energética do Inmetro. De tal modo, todos os apontamentos feitos para o PBE Veicular, no sentido de ausência de análise do ciclo de vida completo do combustível, lhes são igualmente válidos. Todavia, quanto a este programa, registra-se preocupação adicional pelo fato de ele se encontrar inoperante.

38. Conforme auditoria realizada pelo TCU (TC 015.561/2021-6), a Petrobras, até então coordenadora do Programa, pleiteou junto ao MME a transferência de todas as atividades desenvolvidas pela estatal no âmbito do Conpet para outro representante (a ser definido pelo MME), com transição de atividades até o final do ano de 2020.

39. A auditoria concluiu que, em face do desinteresse da Petrobras em um selo originalmente concebido para valorizar a racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural na frota nacional, cumpre ao MME reavaliar a pertinência do selo no novo contexto, no qual não apenas a eficiência energética de motores deve ser valorizada, mas também a baixa intensidade de carbono de combustíveis.

II.5. Programa Rota 2030 e Programa de Mobilidade Verde e Inovação (Mover)

40. A lei que institui o Programa Rota 2030 (Lei 13.755/2018) estabeleceu requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos no Brasil, relacionados, entre outros, à eficiência energética veicular (art. 1º, inciso II). A legislação autorizou o Governo Federal a reduzir as alíquotas

do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para os veículos que atenderem a requisitos pré-fixados de eficiência energética (art. 2º).

41. O Rota 2030 se inseriu, portanto, como parte da estratégia elaborada pelo Governo Federal para desenvolvimento do setor automotivo no país. Seu objetivo é ampliar, progressivamente, a inserção global da indústria automotiva brasileira, seja via redução de custos (benefícios fiscais) ou da diferenciação tecnológica. O objetivo é incentivar a redução de gaps tecnológicos existentes entre a indústria automotiva nacional e a internacional (catch-up tecnológico), especialmente relacionados à eficiência energética, desempenho estrutural e tecnologias assistivas à direção.

42. No final de 2023, o Brasil lançou o [Programa Mobilidade Verde e Inovação](#) (Programa Mover), que oferece incentivos fiscais para empresas desenvolverem e fabricarem tecnologia de transporte rodoviário de baixas emissões, agregando mais de 19 bilhões de reais (US\$ 3,8 bilhões) ao longo do ano.

43. O Mover inova em relação ao Rota 2030 e ao Inovar-Auto, pois se propõe a ser um programa de “mobilidade e logística sustentável de baixo carbono”, proporcionando a inclusão de todas as modalidades de veículos, como também ao propor o aumento dos requisitos obrigatórios de sustentabilidade para os veículos comercializados no país. Além disso, deixa de ser uma política limitada a veículos de passeio para alcançar também ônibus e caminhões. Outra novidade é a exigência da medição das emissões de carbono “do poço à roda”, ou seja, considerando todo o ciclo da fonte de energia utilizada.

44. O Rota 2030 estabeleceu que todos os veículos comercializados no país devem participar do programa de Rotulagem Veicular, com requisitos de segurança e de eficiência energética que levam em consideração as emissões "do tanque à roda". No novo programa, a eficiência energética será medida também pelo sistema "do poço à roda" e, segundo previsto na MP, haverá exigência de material reciclado na fabricação dos veículos, com índice mínimo ainda não definido, mas que deverá ficar acima de 50%. Outra novidade é que a partir de 2027 haverá medição da pegada completa de carbono dos veículos vendidos no Brasil, numa classificação conhecida como "do berço ao túmulo".

Outras ações ligadas à Eficiência Energética

45. No Portal de Eficiência Energética do MME há outras ações ligadas à promoção da eficiência energética como sistemas de informação, parcerias, grupos de estudos, mas que não se enquadram na definição de política pública adotada no trabalho, por isso não farão parte do escopo de políticas consideradas no esforço de analisar a maturidade do tema enquanto ações que contribuem para a preparação da transição energética no país.

46. Além disso, destaca-se a existência do Plano Nacional Eficiência Energética (PNEf), que foi publicado em 2011 com o objetivo de identificar os instrumentos de ação e de captação dos recursos e de promoção do aperfeiçoamento do marco legal e regulatório (MME, 2011, p. 1).

47. Também merecem destaque os diferentes planos publicados. Em 2020, o PNE ganhou sua edição 2050 (PNE 2050), atualizando o PNE 2030, publicado anteriormente em 2007. O PNE 2050, como um conjunto de estudos que dão suporte ao desenho da estratégia de longo prazo do governo em relação à expansão do setor de energia (MME/EPE, 2020, p. 3), trouxe em seu texto um capítulo dedicado à eficiência energética.

III. Metodologia

48. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra no Apêndice A – Metodologia das avaliações realizadas.

IV. Avaliação da maturidade

IV.1. Formação de agenda pública

IV.1.1. Existe formação de agenda pública?

49. Como visto, o tema da eficiência energética tem sido objeto de estudos, debates e programas públicos a vários anos. Os grandes programas de promoção da eficiência energética no Brasil (PBE, PEE da Aneel, Procel, Conpet e Rota 2030/Mover) mostram como o desenvolvimento do gás natural no país tem sido objeto de agenda pública.

50. Dessa forma, quanto à **formação de agenda pública** no ciclo de políticas públicas, entende-se que houve e foi concluída a fase de **formação de agenda**, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 – Alta implementação**”.

IV.1.2. O processo de formulação e escolha da política foi participativo?

51. Quanto à participação da sociedade no debate, desenho e escolha das ações governamentais ligada à eficiência energética, serão apreciadas as oportunidades de atuação que se apresentaram ao longo do desenvolvimento das políticas públicas aqui consideradas.

Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

52. Em pesquisa ao sítio eletrônico do programa e ao Portal de Eficiência energética do MME, não foram encontradas informação sobre a possibilidade de participação da sociedade no programa. Entretanto, em consulta direta ao Inmetro, constatou-se que as consultas públicas têm ocorrido em função do desenvolvimento ou aperfeiçoamento de cada regulamento específico de cada projeto do PBE, salvo a consulta pública recente, e inédita, para as Diretrizes Transversais do PBE.

53. Para este programa, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)

54. Em pesquisa ao sítio eletrônico do programa, da ENBPar e ao Portal de Eficiência energética do MME, não foram encontradas informação sobre a possibilidade de participação da sociedade no programa.

55. Para este programa, o item é avaliado como de “**0 – Não implementado**”.

Programa de Eficiência Energética da Aneel

56. Em pesquisa ao sítio eletrônico do programa, a única oportunidade de participação encontrada foi a realização de chamadas públicas, com o objetivo de tornar o processo decisório de escolha dos projetos e consumidores beneficiados pelo PEE mais transparente e democrático, promovendo mais participação da sociedade.

57. Para este programa, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

Conpet

58. Em pesquisa ao sítio eletrônico do programa e ao Portal de Eficiência energética do MME, não foram encontradas informação sobre a possibilidade de participação da sociedade no programa.

59. Para este programa, o item é avaliado como de “**0 – Não implementado**”.

Programa Rota 2030

60. Em pesquisa ao sítio eletrônico do **Programa Rota 2030**, foram encontrados os seguintes instrumentos de participação da sociedade no programa:

- a) Realização de consultas públicas; e
- b) Seleção Pública - Especialistas para avaliação de projetos

61. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Programa de Mobilidade Verde e Inovação (Mover)

62. Em pesquisa à MP que criou o Mover, verificou-se que em 7/5/2024 foi realizada audiência pública “Programa Mover - Programa Nacional de Mobilidade Verde e Inovação (MP 1.205/2023)”, na Comissão de Viação e Transportes da Câmara dos Deputados.

63. Outro exemplo de participação da sociedade civil organizada foi a elaboração da Carta da Eletromobilidade, iniciativa da Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE) e do Instituto de Engenharia do Brasil (IE), onde diversas organizações defendem uma política nacional sobre mobilidade elétrica.

64. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Avaliação conjunta

65. Assim, quanto à **participação** conclui-se que as discussões de alguns dos programas de promoção da eficiência energética têm contado com a participação de representantes da sociedade, com exceção de dois programas em que a participação não foi evidenciada. Diante disso, neste item, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

IV.2. Institucionalização

IV.2.1. A política pública está oficializada em ato normativo?

66. Para avaliação deste componente, serão apreciados os instrumentos de formalização das políticas públicas aqui consideradas.

Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

67. Em pesquisa ao sítio eletrônico do programa e ao Portal de Eficiência energética do MME, não foram encontradas informação sobre ato instituidor do programa. Contudo, em breve, será publicada a Portaria Inmetro com as Diretrizes Transversais do PBE. Será um ato normativo que reunirá toda a concepção do Programa.

68. O texto que foi à consulta pública pode ser acessado pelo link <https://www.gov.br/participamaisbrasil/proposta-de-diretrizes-transversais-do-programa-brasileiro-de-etiquetagem-pbe>.

69. Enquanto essa portaria não for publicada, pode-se dizer que os regulamentos específicos dos objetos da carteira PBE dão o suporte necessário ao Programa e estabelecem as regras para seu funcionamento. O Anexo IV da Consulta Pública lista esses regulamentos e suas respectivas Portarias Inmetro

70. Para este programa, o item é avaliado como de “**1 – Baixa Implementação**”.

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)

71. O Procel foi concebido pela Portaria Interministerial 1.877/1985.

72. Em 2016, com a entrada em vigor da Lei 13.280/2016, que modificou a Lei 9.991/2000, o programa ganhou um importante instrumento de gestão: o Plano Anual de Aplicação de Recursos (PAR). O plano é elaborado e, após um processo de consulta pública, é aprovado por representantes do governo e profissionais do setor energético do país.

73. O Decreto 9.863/2019, que revogou o Decreto de 18 de julho de 1991, dispõe sobre o Procel e sobre o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional da Energia. Destaca-se no decreto os objetivos do programa e a regulamentação do Grupo Coordenador de Conservação de Energia Elétrica (GCCE) e suas atribuições.

74. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Programa de Eficiência Energética da Aneel

75. O PEE da Aneel foi instituído pela Lei 9.991/2000, que determina que as concessionárias de distribuição de energia elétrica devem investir 0,25% de sua receita operacional líquida (ROL) em projetos de EE (art. 1º), sob fiscalização da Aneel.

76. Quanto à governança, a Lei 9.991/2000 originalmente estabelecia apenas o Comitê Gestor, no âmbito do MCTI (Art. 6º). Posteriormente, a Lei 13.280/2016 alterou a Lei 9.991/2000, criando o Comitê Gestor de Eficiência Energética, no âmbito do MME (Art. 6º-A).

77. A regulamentação dos investimentos em EE, o acompanhamento da execução dos projetos e a avaliação de seus resultados são feitos pela Secretaria de Inovação e Transição Energética da Aneel. Os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) constam da Resolução Normativa Aneel 920/2021.

78. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Conpet

79. O Decreto de 18 de julho de 1991 instituiu o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural.

80. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Programa Rota 2030 e Programa de Mobilidade Verde e Inovação (Mover)

81. A lei que institui o Programa Rota 2030 (Lei 13.755/2018) estabeleceu requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos no Brasil, relacionados, entre outros, à eficiência energética veicular (art. 1º, inciso II). A legislação autorizou o Governo Federal a reduzir as alíquotas do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para os veículos que atenderem a requisitos pré-fixados de eficiência energética (art. 2º).

82. O Programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover) representa uma nova etapa do programa Rota 2030, instituído por meio da Lei 13.755/2018. Por sua vez, o Rota 2030 é considerado sucessor do antigo Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto), criado por meio da Lei 12.715/2012.

83. O Programa Mover, foi instituído pela Medida Provisória 1.205, de 30/12/2023. Em 21/3/2024, o governo federal decidiu enviar ao Congresso Nacional, em regime de urgência, o Projeto de Lei 914/2024, nos mesmos termos da MP 1.205/2023. Segundo o governo federal, o envio da MP foi necessário para que não houvesse descontinuidade da política para o setor automobilístico, que até então era regida pelo Rota 2030.

84. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Avaliação conjunta

85. Assim, quanto à **instituição**, conclui-se que a maior parte dos programas de promoção da eficiência energética têm atos instituidores satisfatórios, com exceção do PBE que, apesar de ser um programa de cerca de trinta anos de existência, ainda carece de ato normativo, contando apenas com as portarias específicas de cada projeto do programa. Diante disso, neste item, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**2 – Implementação Parcial**”.

IV.2.2. A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?

86. A Tabela 1 apresenta sinteticamente a avaliação da presença de objetivos e metas nos programas considerados na promoção da eficiência energética.

Tabela 1: Objetivos e metas dos programas de Eficiência Energética

Política	Objetivos	Metas
PBE	Ausência de objetivos	Ausência de metas quantificáveis e indicadores
Procel	Art. 2º do Decreto 9.863/2019 contém objetivos do Procel	O Art. 4º do Decreto 9.863/2019, estabelece que o GCCE tem a atribuição de estabelecer as metas de curto, médio e longo prazo para o Procel, materializando-se por meio do Plano de Aplicação de Recursos (PAR)
PEE da Anel	Item 6.1 do Anexo 1 da REN 920/2021 da Aneel estabelece os objetivos do PEE	Ausência de metas quantificáveis e indicadores
Conpet	Ausência de objetivos claros no decreto instituidor	Ausência de metas quantificáveis e indicadores
Programa Rota 2030 e Programa de Mobilidade Verde e Inovação (Mover)	Art. 1º da MP 1.205/2023 estabelece objetivo e diretrizes.	No Rota 2030, quanto à EE, havia meta de aumento da eficiência energética para redução do consumo de combustível médio dos veículos novos em pelo menos 11% até o ano de 2022. O governo federal divulgou que uma das metas principais do Programa Mover é a redução em 50% das emissões de carbono até 2030, mas não há metas para analisar a eficiência energética.

Fonte: Elaboração própria, a partir de informações dos sites eletrônicos dos programas

87. Considerando que apenas três programas mais apresentam os objetivos a serem perseguidos, e somente dois possuírem metas quantificáveis e indicadores para acompanhá-las, nesse sentido, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa Implementação**”.

IV.3. Implementação

IV.3.1. Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?

88. Para avaliação deste componente, serão apreciados os primeiros impactos das políticas públicas aqui consideradas.

Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

89. Em pesquisa ao site eletrônico do programa e ao Portal de Eficiência energética do MME, encontra-se a informação que, atualmente, o PBE tem implementados 24 programas de etiquetagem, prevendo o desenvolvimento de mais 20 para os próximos anos.

90. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)

91. Em pesquisa ao site eletrônico do programa e ao Portal de Eficiência energética do MME, encontra-se a informação que o Procel tem investimento da ordem de R\$ 4,22 bilhões desde 1986.

92. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Programa de Eficiência Energética da Aneel

93. O Programa de Eficiência Energética (PEE) da Aneel é o maior programa estruturado do setor elétrico brasileiro voltado para o desenvolvimento da eficiência energética no âmbito do consumidor final, incluindo a eficiência de equipamentos, processos e usos finais de energia.

94. Atualmente o PEE conta com 231 projetos compondo os indicadores do programa. Além disso a média de investimento do programa está em R\$ 111.861.139,13/ANO.

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

95. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Conpet

96. Em pesquisa ao sítio eletrônico do programa e ao Portal de Eficiência energética do MME, não foram encontradas informações centralizadas sobre os resultados do programa. Entretanto, pode-se obter informações gerais de veículos que possuem o selo Conpet.

97. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Programa Rota 2030 e Programa de Mobilidade Verde e Inovação (Mover)

98. Até o final do ano de 2020, encontravam-se habilitadas ao **Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística** um total de 69 empresas, sendo 12 empresas habilitadas na modalidade fabricantes de automóveis (das quais 6 produzem veículos pesados), 56 habilitadas na modalidade fabricante de autopeças e 1 habilitada na modalidade projeto de desenvolvimento e produção tecnológica.

99. Por meio da Portaria GM/MDIC 43, de 26/3/2024, o governo federal publicou a primeira regulamentação do programa Mover, estabelecendo normas complementares à MP 1.205/2023, relativas ao regime de incentivos à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento e de produção tecnológica do Programa. Com isso, as empresas do setor automotivo interessadas já puderam se habilitar à concessão dos créditos financeiros relativos ao Programa.

100. Em 9/4/2024, o MDIC publicou 23 portarias de habilitação de empresas do setor automotivo no programa **Mover**, sendo a maioria das autorizações iniciais para fabricantes de veículos e autopeças que já produzem no país. Conforme informado pelo governo federal, outros dezoito pedidos permanecem em análise técnica, sendo onze para projetos de desenvolvimento, incluindo novas plantas, novos modelos e realocação de fábricas; e três para serviços de pesquisa de empresas que não fazem carros nem componentes, mas têm centros de P&D e laboratórios no país. As outras quatro são empresas com fábricas já em funcionamento.

101. Portanto, a política já surtiu o efeito almejado quanto aos incentivos à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento e de produção tecnológica, mas o programa Mover ainda carece de implementação alguns objetivos preconizados no programa Mover e, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

Avaliação conjunta

102. Assim, quanto ao alcance dos primeiros beneficiários, por serem programas em vigor a muito anos, conclui-se, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 – Alta implementação**”.

IV.3.2. Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?

103. Para avaliação deste componente, serão apreciados os primeiros resultados das políticas públicas aqui consideradas.

Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

104. Em pesquisa ao sítio eletrônico do programa e ao Portal de Eficiência energética do MME, encontra-se a informação que, atualmente, o PBE tem implementados 24 programas de etiquetagem, prevendo o desenvolvimento de mais 20 para os próximos anos.

105. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)

106. Segundo relatório do programa, o Procel tem proporcionado a economia de 240 bilhões KWh de energia por meio de suas ações e projetos, considerando desde o seu início.

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

107. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Programa de Eficiência Energética da Aneel

108. Em pesquisa ao Observatório do PEE da Aneel, dentre os resultados obtidos com o programa desde sua origem, que evidenciam os resultados alcançados, destacam-se:

- a) Energia economizada: 556.184,00 MWH/ANO
- b) Redução de demanda na ponta: 171.008,41 KW/ANO
- c) Benefício energético atual: R\$ 206.367.605,11/ANO

109. Para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Conpet

110. Semelhante à análise item anterior, em pesquisa ao sítio eletrônico do programa e ao Portal de Eficiência energética do MME, não foram encontradas informações centralizadas sobre os resultados do programa. Diante de informações gerais, verifica-se resultados do programa de veículos que possuem o selo Conpet. Entretanto, não é possível comparar o atingimento de objetivos e metas do programa, uma vez que não foram identificados na regulamentação do programa.

111. Para este programa, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

Programa Rota 2030 e Programa de Mobilidade Verde e Inovação (Mover)

112. A Fundação de Apoio da UFMG (Fundep) elaborou relatório contendo os objetivos específicos, metas e indicadores referente à linha “V – Biocombustíveis, Segurança Veicular e Propulsão Alternativa à Combustão” do Rota 2030. No item “Balanço e Acompanhamento de Projetos”, o relatório elenca diversos projetos de P&D relacionados a veículos híbridos e elétricos, seus objetivos, aportes financeiros, empresas participantes e instituições executoras. Entretanto, não há uma avaliação crítica acerca do alcance dos objetivos do programa Rota 2030 (Fundep, 2024).

113. Já em relação ao programa Mover, tendo em vista o seu recente lançamento, ainda não houve tempo hábil para se obter resultados de curto prazo da política pública.

114. Diante disso, os objetivos e resultados de curto prazo da política de fomento à mobilidade elétrica foram alcançados num primeiro momento em relação aos projetos de P&D. Entretanto, a partir do programa Mover, programa que passa a incluir de forma mais ampla a mobilidade elétrica, objetivos e resultados ainda serão perseguidos. Dessa forma, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa implementação**”.

Avaliação conjunta

115. Assim, quanto ao alcance inicial dos objetivos, visto serem programas em vigor a muito anos, exceto pelo Mover, conclui-se, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 – Alta implementação**”.

IV.4. Avaliação e estabilidade

IV.4.1. São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?

Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

116. Em pesquisa realizada nos sítios eletrônicos, não foram encontradas evidências de avaliações de desempenho do programa.

117. Sendo assim, quanto à realização de avaliações de desempenho, conforme a metodologia utilizada, para este programa, o item é avaliado como de “**0 – Não Implementado**”.

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)

118. Conforme constatação em auditoria do TCU (TC 012.738/2022-0), há divulgação anual do Relatório de Resultado do Procel, no qual são apresentados os resultados dos projetos, a exemplo da energia economizada, do custo evitado e da conseqüente redução de emissões de gases de efeito estufa, entretanto, o programa ainda carece de avaliação em termos de efetividade e de impacto de política pública nos objetivos estratégicos do país.

119. Para este programa, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

Programa de Eficiência Energética da Aneel

120. Conforme auditoria do TCU (TC 012.738/2022-0), constatou-se que, desde sua criação, com a Lei 9.991/2000, não houve avaliação integrada e sistemática do PEE, acompanhamento da permanência das ações do PEE ao longo do tempo, nem avaliação dos impactos das ações do PEE. Apesar de terem sido realizadas várias avaliações parciais do programa, ao longo de mais de vinte anos, ainda não foram realizadas avaliações *ex post* de impacto, deixando de medir, no mérito, os resultados, impactos e sustentabilidade das ações. Por isso, faltam conclusões estruturadas capazes de orientar decisões acerca da necessidade de se continuar, otimizar ou extinguir a política pública. Contudo, há iniciativa em andamento para realização da avaliação de impacto do programa.

121. Para este programa, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

Conpet

122. Em pesquisa realizada nos sítios eletrônicos e em consulta ao Inmetro, não foram encontradas evidências de avaliações de desempenho do programa.

123. Sendo assim, quanto à realização de avaliações de desempenho, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**0 – Não implementado**”.

Programa Rota 2030 e Programa de Mobilidade Verde e Inovação (Mover)

124. Quanto ao Rota 2030, a Lei 13.755/2018, que criou o programa, instituiu o Grupo de Acompanhamento do Rota 2030, que tinha como um de seus objetivos divulgar, anualmente, relatório com os resultados econômicos e técnicos advindos da aplicação do programa no ano anterior. O sítio do MDIC traz os relatórios produzidos para os anos de 2019 e 2020. Não foram identificadas avaliações referentes aos anos de 2021 e 2022 (MDIC, 2023b).

125. Já para o Mover, a MP 1.205/2023 que criou o programa também instituiu o Grupo de Acompanhamento do programa Mover, que deverá divulgar, anualmente, relatório com os resultados econômicos e técnicos advindos da aplicação do programa no ano anterior. O relatório deverá conter os impactos decorrentes dos dispêndios beneficiados pelo Mover na produção, no emprego, nos investimentos, na inovação e na agregação de valor do setor automobilístico. Tendo em vista o seu recente lançamento, ainda não houve tempo hábil para se obter resultados e avaliações da política pública.

126. Nesse sentido, considerando a existência de previsão legal para a publicação de relatório anual contendo os resultados e desempenho do programa Mover, principal política a ser avaliada na presente análise, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa Implementação**”.

Avaliação conjunta

127. Assim, quanto à realização de avaliações de desempenho das políticas públicas ligadas à promoção da eficiência energética do país, conclui-se, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa Implementação**”.

IV.4.2. As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?

Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

128. Trata-se de programa que está em andamento desde 1984, suportando, portanto, inúmeras trocas de governos e ciclos econômicos.

129. Sendo assim, conforme a metodologia utilizada, para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)

130. Semelhantemente, o Procel se trata de um programa que está em andamento desde 1985, suportando, portanto, inúmeras trocas de governos e ciclos econômicos.

131. Sendo assim, conforme a metodologia utilizada, para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Programa de Eficiência Energética da Aneel

132. O PEE da Aneel está em ação desde os anos 2000, suportando, portanto, inúmeras trocas de governos e ciclos econômicos.

133. Sendo assim, conforme a metodologia utilizada, para este programa, o item é avaliado como de “**3 – Alta Implementação**”.

Conpet

134. Trata-se de programa que está em andamento desde 1991, suportando, portanto, inúmeras trocas de governos e ciclos econômicos. Entretanto, conforme auditoria realizada pelo TCU (TC 015.561/2021-6), o desinteresse da Petrobras tem afetado a continuidade do programa.

135. Sendo assim, conforme a metodologia utilizada, para este programa, o item é avaliado como de “**2 – Implementação Parcial**”.

Programa Rota 2030 e Programa de Mobilidade Verde e Inovação (Mover)

136. O programa Rota 2030, é relativamente recente (2018) e o atual programa Mover foi criado pelo governo federal em dezembro de 2023. Sendo difícil apontar estabilidade em programas que foram modificados em tempo tão curto. Apesar disso, a temática da promoção da eficiência energética foi mantida no novo programa.

137. Dessa forma, para os programas, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa Implementação**”.

Avaliação conjunta

138. Assim, quanto à estabilidade das políticas públicas ligadas à promoção da eficiência energética do país, conclui-se, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**2 – Implementação Parcial**”.

V. Quadro resumo

139. Por fim, a partir dos fatos e dados narrados e avaliados, conforme atribuição da pontuação realizada para cada item de avaliação, o resultado é apresentado na Tabela 2: Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas.

Tabela 2: Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas

Componente de análise	Item de análise	Eficiência energética
1. Formação da agenda pública	1.1 Existe formação de agenda pública?	3
	1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?	2
2. Institucionalização	2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?	2
	2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?	1
3. Implementação	3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	3
	3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	3
4. Avaliação e estabilidade	4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	1
	4.4 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	2
Agregado		2,1

Fonte: elaboração própria

VI. Conclusão

140. A maioria das políticas brasileiras ligadas à promoção da eficiência energética estão em andamento a décadas, o que acarreta certa maturidade às suas ações. Tal fato pesa a favor do país quando o assunto é a busca da eficiência energética, entretanto, também apresenta seus desafios, visto que parte dos programas analisados não apresentam objetivos e metas programados. A ausência de tais aspectos inviabilizam exames quanto ao atingimento de resultados esperados, bem como da própria necessidade de continuação de cada programa.

141. Além disso, políticas antigas e consolidadas como as observadas no tema da eficiência energética têm o risco de ficarem estagnadas e/ou não cumprirem mais o propósito a que foram criadas. Por isso, a realização regular de avaliação de desempenho é fundamental para verificação da continuidade da relevância das ações, visto que a promoção de iniciativas voltadas à eficiência energética exigirá o contínuo processo de melhoria dos mecanismos vigentes no país.

142. Sinteticamente, a Tabela 3: Situação atual das políticas públicas para GN e seus desafios apresenta os principais desafios a serem enfrentados pelo país em relação à promoção da eficiência energética com vistas à transição energética, extraídos da presente análise.

Tabela 3: Situação atual das políticas públicas para GN e seus desafios

Situação atual	Desafios
Normatização defasada, com baixa instrumentalização de objetivos e metas para os programas	Promover a atualização das políticas com vistas a estabelecer objetivos e metas alcançáveis, bem como indicadores, de maneira a possibilitar avaliar a efetividade das ações
Baixa realização de avaliações das políticas em andamento	Realização regular de avaliação de desempenho para verificação da continuidade da relevância das ações de cada programa
Ao longo dos anos, houve momentos de estagnação e até declínio na intensidade energética do país	Contínuo processo de melhoria dos mecanismos de eficiência energética do país

Fonte: elaboração própria, a partir das evidências trazidas no texto.

143. Por fim, conclui-se, quanto a **maturidade de desenvolvimento**, que as políticas públicas ligadas à promoção e regulamentação da **eficiência energética no Brasil** se encontram em **implementação parcial**.

SIGILOSOSO

VII. Referências

Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica). Observatório do Programa de Eficiência Energética. <https://siase.aneel.gov.br/WebOpee/>.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**, 2022.

_____. **Plano Nacional de Energia 2050**, 2020.

IEA (International Energy Agency). **Energy Efficiency**, 2023a.

_____. **Versailles Statement: The crucial decade for energy efficiency**. https://www.iea.org/news/versailles-statement-the-crucial-decade-for-energy-efficiency?utm_source=SendGrid&utm_medium=Email&utm_campaign=IEA+newsletters, acesso em 17/06/2024, 2023b

MME (Ministério das Minas e Energia). Sítio eletrônico do **Portal de Eficiência Energética**: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/ee>.

_____. **Mover: Programa de Mobilidade Verde é lançado**. <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2023/12/mover-novo-programa-amplia-aco-es-para-mobilidade-verde-e-descarbonizacao>, acesso em 18/06/2024, 2023a.

_____. **Relatório Anual do PROGRAMA ROTA 2030 – MOBILIDADE E LOGÍSTICA**, 2021.

TCU (Tribunal de Contas da União). **Relatório do Acórdão 456/2024 – TCU/Plenário**, de relatoria do Min. Benjamin Zymler (TC 012.738/2022-0).

_____. **Relatório do Acórdão 251/2023 – TCU/Plenário**, de relatoria do Min. Augusto Nardes (TC 015.561/2021-6).

AUDITORIA OPERACIONAL NA POLÍTICA DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

ANÁLISE EM SEPARADO

Questão 4: *Quão avançada é a ação estatal nos principais temas da agenda da transição energética brasileira?*

Tema avaliado: **Gás Natural**

I. Visão Geral

I.1. Introdução

1. Ao longo da última década, o gás natural emergiu como o combustível com o maior aumento de participação na matriz energética mundial. Em 2021, ele foi responsável por mais de 23% da demanda global por energia primária. Este combustível fóssil é reconhecido por sua combustão mais limpa em comparação com outros combustíveis fósseis, contribuindo positivamente para o meio ambiente ao reduzir as emissões de gases de efeito estufa e melhorar a qualidade do ar. Além disso, tem desempenhado um papel crucial na transição para uma economia com menor dependência de carbono.

2. Em média, o uso do gás gera 27% menos CO₂ por unidade de energia gerada (BTU – *British Thermal Unit*) do que o petróleo e 44% menos do que o carvão. Já na comparação com derivados de petróleo, ele emite cerca de 33% menos gás carbônico do que o óleo combustível, empregado nas indústrias, 17% menos do que o gás liquefeito de petróleo (GLP), usado em residências, assim como 26% menos do que a gasolina e 27% do que o óleo *diesel*, consumidos por automóveis, caminhões e ônibus ([EIA, 2016](#)).

3. Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o gás natural (GN) é “todo hidrocarboneto que permaneça em estado gasoso nas condições atmosféricas normais, extraído diretamente a partir de reservatórios petrolíferos ou gasíferos, incluindo gases úmidos, secos, residuais e gases raros” (Resolução ANP 948/2023).

4. No país, a maior parte da produção de GN provém de gás associado, onde ele se encontra dissolvido no petróleo ou em contato com o petróleo saturado de gás (Resolução ANP 17/2015).

5. Conforme estabelecido pelo art. 20 da Constituição Federal, a propriedade do subsolo e dos recursos minerais que nele se encontram é atribuída à União. O artigo 177 da Constituição Federal do Brasil estabelece que determinadas atividades relacionadas ao petróleo, gás natural e outros hidrocarbonetos fluidos são exclusivamente de competência da União, configurando um monopólio estatal. Essas atividades incluem:

a) A pesquisa e a lavra (extração) das jazidas de petróleo e gás natural, além de outros hidrocarbonetos fluidos. Isso significa que apenas o governo federal, através de seus órgãos e entidades, tem o direito de explorar esses recursos naturais.

b) O transporte marítimo do petróleo bruto de origem nacional ou de derivados básicos de petróleo produzidos no país, além do transporte, por meio de condutos (oleodutos e gasodutos), de petróleo bruto, seus derivados e gás natural de qualquer origem. Essa disposição visa garantir a segurança e a eficiência no transporte desses materiais, que são de fundamental importância para a economia e a infraestrutura nacional.

6. O artigo 177 confere à União o controle exclusivo sobre as principais atividades relacionadas ao petróleo e ao gás natural no Brasil, desde a exploração até a comercialização e transporte, com o objetivo de assegurar a gestão eficiente e centralizada desses recursos estratégicos. No entanto, é importante notar que a Emenda Constitucional nº 9, de 1995, introduziu mudanças que

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

permitem a participação do setor privado em algumas dessas atividades, sob regulamentação e autorização específicas.

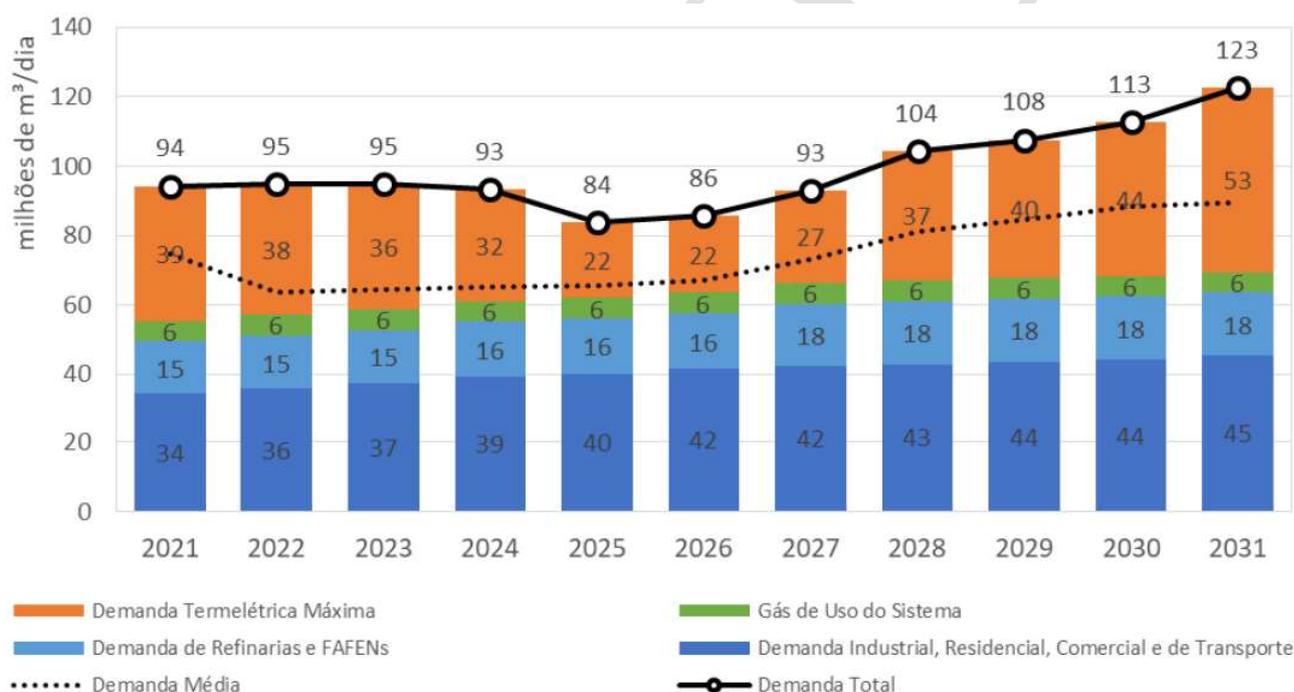
7. O acesso aos direitos de exploração é obtido através de processos licitatórios públicos, conhecidos como rodadas de licitações, que são coordenados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Essas atividades exploratórias podem ser conduzidas sob os regimes de concessão ou de partilha da produção, ou ainda por meio da transferência, seja de forma total ou parcial, de contratos já estabelecidos por outras companhias.

8. Segundo a EPE, a demanda de gás natural no país está dividida em quatro categorias principais (PDE 2031):

- i. demanda para os setores industrial, residencial, comercial e de transporte (GNV);
- ii. demanda para refinarias e fábricas de fertilizantes nitrogenados (FAFENs);
- iii. gás de uso do sistema (consumido nas estações de compressão e aquecedores em gasodutos de transporte); e
- iv. demanda de gás natural para usinas termelétricas (UTES).

9. A Figura 1, retirada do PDE 2031, mostra a demanda estimada de GN no país até 2031:

Figura 1: Projeção de demanda de GN no período decenal (2021-2031)



Fonte: PDE 2031 (EPE)

10. Vê-se pela estimativa da EPE que, após pequeno decréscimo, a demanda máxima por gás natural termelétrico deve diminuir cerca de 10% entre 2023 e 2025, devido ao término de contratos de usinas termoeletricas (UTES) existentes e ao tempo necessário para a entrada de novas UTES. A partir de 2025, espera-se uma retomada da demanda, impulsionada pela contratação de novas usinas termelétricas e novos empreendimentos previstos para o setor de fertilizantes. A demanda termelétrica máxima se refere aos casos de necessidade extrema de utilização da geração termelétrica de eletricidade, como nos eventos de escassez hídrica. Por isso o gráfico também apresenta a demanda média, considerando o consumo médio das térmicas a GN.

11. Já a oferta de gás natural no país é proveniente de três fontes principais:

- i. gás natural produzido nacionalmente;

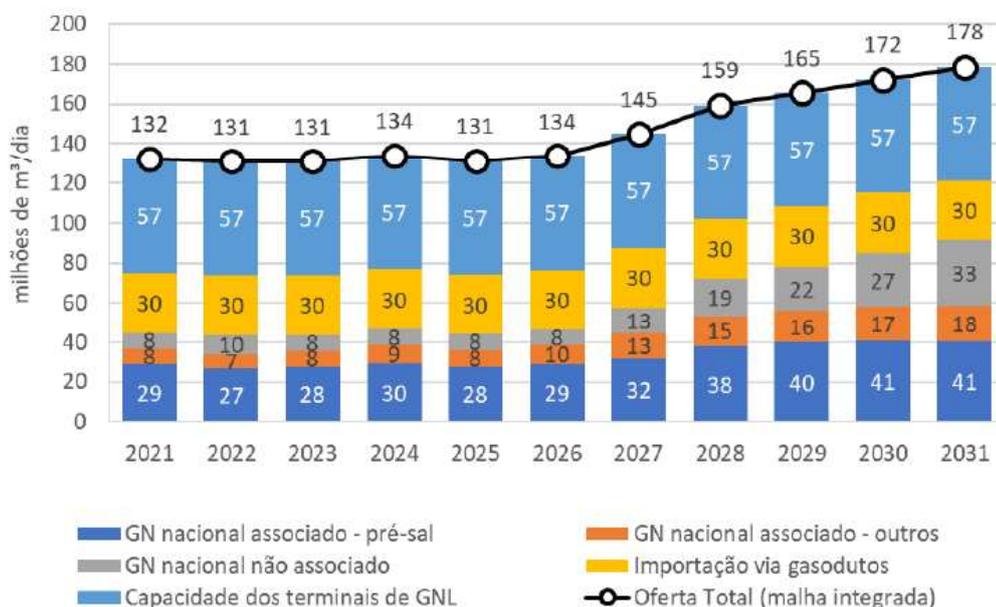
Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

- ii. gás natural importado por meio de gasodutos internacionais; e
- iii. gás natural importado na forma de GNL em terminais de regaseificação.

12. A produção nacional de gás natural é significativa e espera-se um aumento devido ao pré-sal, embora haja limitações devido ao uso do gás para operações de compressores e injeção em reservatórios. A importação de gás natural, tanto por gasodutos quanto na forma de GNL, por meio de terminais de regaseificação conectados à malha integrada, é crucial para a oferta nacional do insumo.

13. A EPE projetou, para o decênio 2021 a 2031, a oferta potencial total de gás natural, somando-se as projeções de oferta potencial nacional aos volumes relativos à importação via GNL e gasodutos, conforme Figura 2. Essa oferta considera o cenário em que toda a capacidade de oferta fosse utilizada, inclusive quanto às capacidades máximas de processamento e regaseificação.

Figura 2: Oferta Nacional Potencial de Gás Natural



Fonte: PDE 2031

14. Vê-se, pela Figura 2, que a oferta potencial de gás natural se mantém praticamente estável na primeira metade do horizonte de estudo, com um aumento significativo previsto entre 2026 e 2031. Este aumento é justificado pela expectativa de maior produção de gás natural associado e não associado, especialmente em ambiente marítimo. Espera-se que a produção nacional de gás associado, proveniente majoritariamente do pré-sal, alcance um patamar significativo, contribuindo de forma expressiva para a oferta total de gás natural no país.

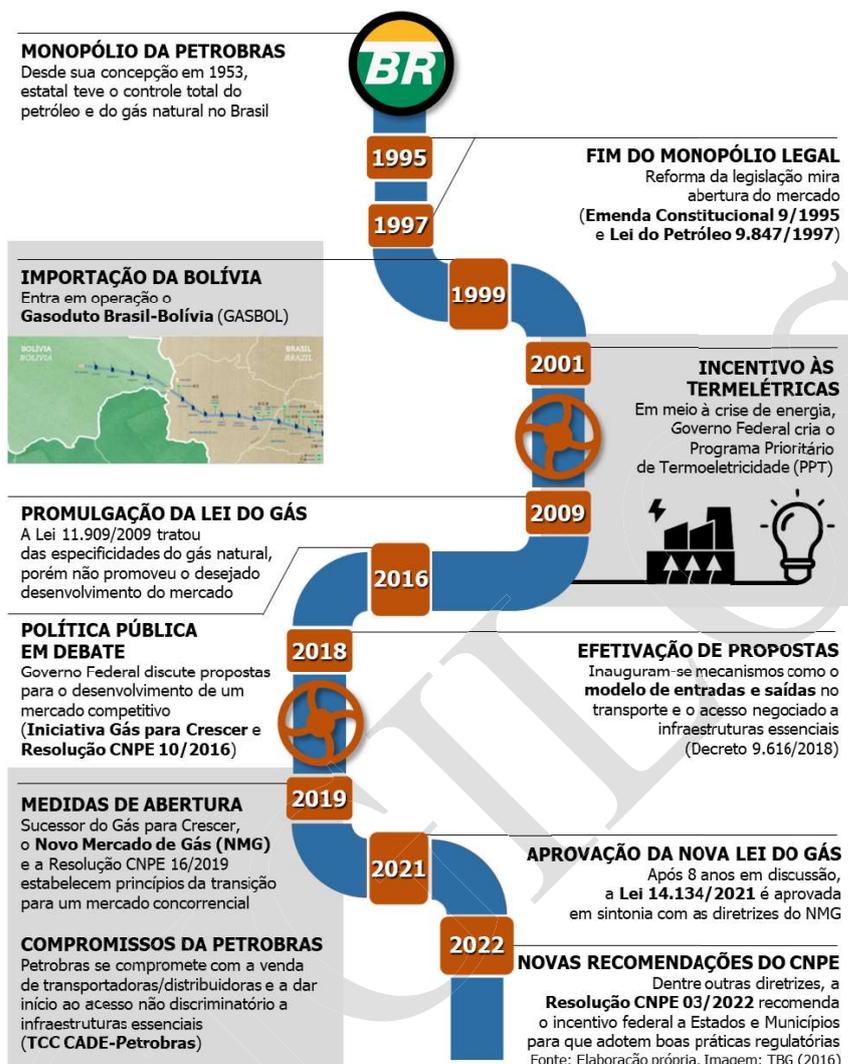
15. A Figura 2 também apresenta como a utilização de GNL e importação por gasodutos representarão grande parcela da oferta de GN no país pelos próximos anos, refletindo o potencial de aproveitamento do gás do pré-sal e a importância estratégica dos terminais de regaseificação para atender à demanda crescente no país.

16. Na comparação entre as simulações de oferta e demanda, vê-se o fator limitante que a demanda exerce sobre a oferta, impactando tanto a produção nacional, quanto a importação de GN no país. Daí os principais programas lançados pelo país terem entre seus objetivos o estímulo à demanda de GN.

I.2. Breve Histórico do Gás Natural no Brasil

17. A evolução da indústria de gás natural no Brasil acompanha, de certa maneira, aquela do petróleo, porém com suas particularidades. O infográfico apresentado a seguir contém linha do tempo que sumariza os principais marcos temporais do setor de gás natural no Brasil.

Breve histórico do gás natural no Brasil

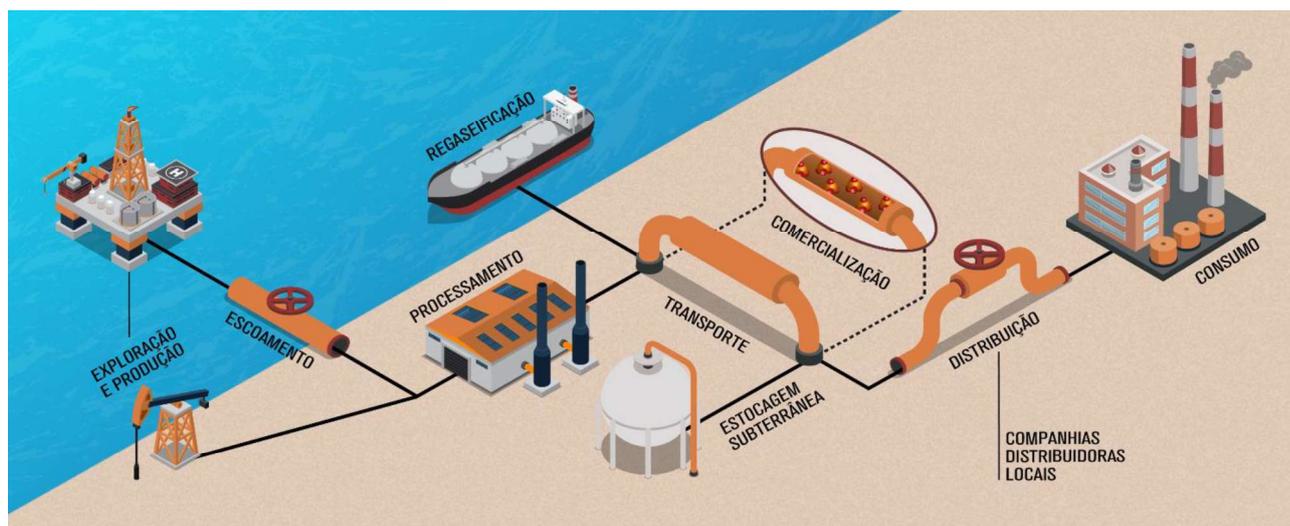


Fonte: Relatório do Acórdão 817/2024 – TCU/Plenário, de relatoria do Min. Walton Alencar Rodrigues

I.3. Indústria de gás natural no Brasil

18. A indústria de gás natural no Brasil, representada de maneira simplificada pela Figura 1, abrange os seguintes segmentos: i) Exploração e Produção; ii) Escoamento; iii) Processamento; iv) Regaseificação; v) Transporte; vi) Comercialização; vii) Estocagem e; viii) Distribuição. Além das etapas representadas na figura, ocorre ainda no País a importação de gás natural da Bolívia via gasoduto terrestre.

Figura 3: A Cadeia do Gás Natural no Brasil



Fonte: Relatório Acórdão 2301/2021 – TCU/Plenário, Min. Walton Alencar Rodrigues

19. O elo referente a exploração e produção engloba as atividades de pesquisa, exploração, desenvolvimento e produção do gás natural. O elo do escoamento, por sua vez, trata do deslocamento do gás não processado produzido em plataformas offshore até as unidades de processamento através de um sistema de gasodutos submarinos e terrestres. Na sequência, o gás escoado vai para o processamento, conjunto de operações destinadas a atender às especificações de composição química do insumo estabelecidas pela ANP e permitir o seu transporte, distribuição e utilização.

20. O gás pode também entrar no país via importação por navios de Gás Natural Liquefeito (GNL). Para isso, o combustível passa pelo processo de regaseificação, que consiste na transformação física do GNL do estado líquido para o estado gasoso.

21. Tanto o gás natural processado quanto o gás natural regaseificado entram, então, na malha de transporte, elo responsável pela movimentação do energético das unidades de processamento de gás natural (ou da fronteira, no caso de importação) até os pontos de entrega do gasoduto de transporte para a rede de distribuição. O transporte também pode ocorrer em modais alternativos ao dutoviário.

22. A comercialização corresponde à atividade de compra e venda da molécula de gás natural (do produtor à concessionária de distribuição ou ao consumidor livre), segundo a definição da Lei do Gás. A estocagem, por sua vez, consiste no armazenamento de gás natural em reservatórios naturais ou artificiais.

23. Finalmente, a distribuição corresponde à movimentação do energético a partir dos pontos de entrega a concessionários estaduais de distribuição, que o distribui para os consumidores finais.

I.4. Principais políticas públicas

24. Nos últimos anos, três programas federais foram implementados visando o desenvolvimento do mercado de gás natural no país:

- a) Gás para Crescer;
- b) Novo Mercado de Gás;
- c) Gás para Empregar;

I.4.1 Gás para Crescer

25. O programa "Gás para Crescer" foi lançado em junho de 2016 representando uma iniciativa do Governo Federal com o propósito de revitalizar o mercado de gás natural no país. Este programa visava criar um mercado com maior diversidade de agentes, liquidez, competitividade,

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

acesso à informação e adoção de boas práticas, contribuindo assim para o desenvolvimento nacional. Para alcançar esses objetivos, o programa propunha um conjunto de medidas legais e infralegais, desenvolvidas com a participação de diversos agentes públicos e privados, incluindo a ANP, EPE, MME, e diversos outros stakeholders do setor.

26. As propostas do programa abrangeram a adoção de boas práticas internacionais, a atração de investimentos, o aumento da competição, a diversificação de agentes, e a melhoria do dinamismo e do acesso à informação no setor. O processo de implementação das propostas foi dividido em três etapas: diagnóstico e diretrizes, propostas de aprimoramento legal e regulatório, e avaliação e consolidação das propostas. Além disso, o programa abordou a necessidade de uma mudança cultural entre os agentes do setor, a adaptação a novos papéis e estratégias, e a adequação do marco regulatório à nova realidade do mercado de gás natural.

27. O programa também visou reformar o setor de gás natural no Brasil para promover um mercado mais competitivo, diversificado e eficiente. O objetivo foi reduzir a dominância da Petrobras no setor, atraindo mais investimentos e aumentando a competição.

28. As ações propostas incluíram a revisão do marco legal, aperfeiçoamento da estrutura tributária, promoção da diversidade de agentes, redefinição da estrutura industrial do gás, criação de um novo arranjo comercial para garantir transparência e formação de preços competitivos, e fortalecimento da governança do setor. A iniciativa foi composta por dez frentes de trabalho, abordando temas como comercialização, tarifação, compartilhamento de infraestruturas, harmonização regulatória, desenvolvimento da demanda, e gestão independente do sistema de transporte.

29. O programa representou um passo significativo na direção de um mercado de gás natural mais dinâmico e diversificado no Brasil.

I.4.2 Novo Mercado de Gás

30. O programa federal Novo Mercado de Gás, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia em conjunto com diversas entidades governamentais, incluindo a Casa Civil da Presidência da República, Ministério da Economia, Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), visou formar um mercado de gás natural aberto, dinâmico e competitivo no Brasil. Este esforço colaborativo buscou supervisionar a implementação de ações para a abertura do mercado de gás natural, com o objetivo de torná-lo mais acessível e competitivo, através da criação do Comitê de Monitoramento da Abertura do Mercado de Gás Natural (CMGN) em julho de 2019.

31. As principais ações do programa incluíram a promoção da concorrência, a harmonização das regulações estaduais e federais, a integração do setor de gás com os setores elétrico e industrial, a remoção de barreiras tributárias e o fim do monopólio de fato da Petrobras no setor. Esperava-se que essas medidas melhorassem o aproveitamento do gás do Pré-sal e de outras descobertas, ampliassem os investimentos em infraestrutura de gás natural e aumentassem a competição, especialmente na geração termelétrica a gás, além de retomar a competitividade da indústria nacional em diversos segmentos.

32. Os resultados esperados do programa eram o aumento do aproveitamento do gás do Pré-sal, da bacia de SE/AL e outras descobertas, a ampliação dos investimentos em infraestrutura de escoamento, processamento, transporte e distribuição de gás natural, o aumento da competição na geração termelétrica a gás e a retomada da competitividade da indústria em seus diversos segmentos, como celulose, fertilizantes, petroquímica, siderurgia, vidro, cerâmica, entre outros.

33. Entre suas principais conclusões, destaca-se a importância da Nova Lei do Gás (Projeto de Lei 6.407/2013) como um passo significativo para a concretização do potencial de negociação entre produtores e consumidores, permitindo que empresas atuassem como consumidores livres e

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

realizassem contratos de longo prazo para aquisição de gás. Isso revelou a margem existente para negociação e a necessidade de medidas que minimizassem os riscos inerentes à complexa indústria de rede do gás natural e aumentassem a previsibilidade, favorecendo a realização desses investimentos.

I.4.3 Programa Gás para Empregar

34. Em 17/3/2023, o CNPE determinou a criação do Grupo de Trabalho do Programa Gás para Empregar (GT-GE). Trata-se de iniciativa do Governo Federal composto por representantes de diversos órgãos e entidades, nos moldes do que foram o Gás para Crescer e o Novo Mercado de Gás. O programa tem por objetivos:

- a) aumentar a oferta de gás natural da União no mercado doméstico, por meio da permuta de hidrocarbonetos (*swap*), dentre outras medidas;
- b) melhorar o aproveitamento e o retorno social e econômico da produção nacional de gás natural, buscando a redução dos volumes reinjetados além do tecnicamente necessário;
- c) aumentar a disponibilidade de gás natural para a produção nacional de fertilizantes nitrogenados, produtos petroquímicos e outros setores produtivos, reduzindo a dependência externa de insumos estratégicos para as cadeias produtivas nacionais; e
- d) integrar o gás natural à estratégia nacional de transição energética para contemplar sinergias e investimentos que favoreçam o desenvolvimento de soluções de baixo carbono, como o biogás/biometano, hidrogênio de baixo carbono, cogeração industrial e captura de carbono.

35. Entre outras medidas que miram promover o melhor aproveitamento do gás natural produzido no Brasil, o GT-GE estudará:

- a) a implementação da permuta (*swap*) do óleo da União por gás natural, para atendimento dos objetivos do programa; e
- b) a implementação do reconhecimento como custo em óleo, pela Pré-Sal Petróleo S.A. (PPSA), do acesso, construção, operação, e manutenção de estruturas de escoamento e processamento do gás natural dos contratos de partilha de produção, como medida de incentivo ao aumento da oferta no mercado nacional.

36. O *swap* de óleo da União por gás natural é uma das principais bases do “choque de oferta de gás” prometido pelo programa. Porém, sua implementação só deve ocorrer no final do mandato do governo eleito em 2022. A troca dos volumes de óleo por gás enfrenta obstáculos devido a contratos já firmados para a comercialização do óleo da União nos próximos anos, o que inviabilizaria a realização da permuta antes de 2025.

37. Outros pontos de atenção que deverão ser debatidos pelo GT-GE são a operacionalização do *swap* e o escoamento do gás resultante. Segundo o MME, diferentes cenários estão sendo considerados, incluindo o uso da infraestrutura existente ou a construção de novas rotas de escoamento.

38. A EPE estima que, na virada da década, a oferta de gás do pré-sal da Bacia de Santos pode ser 19 milhões de m³/dia maior que a prevista, se houver estímulos (como infraestrutura) para que os produtores reduzam a reinjeção. Pelas previsões atuais do MME, a parcela de gás da União alcançará um pico de 3,2 milhões de m³/dia em 2029, valor considerado baixo pelo governo. Tais projeções serviram como subsídio à criação do Gás para Empregar e sustentar os pilares do programa: o *swap* e o reconhecimento de investimentos em infraestrutura como custo em óleo na partilha.

I.4.4 Nova Lei do Gás

39. Em 8/4/2021, após oito anos de debate sobre o Projeto de Lei 6.407/2013, a Nova Lei do Gás Natural (Lei 14.134/2021) foi sancionada pelo Presidente da República.

40. A Lei 14.134, de 8 de abril de 2021 é uma tentativa de reformular o mercado de gás natural no Brasil. Esta legislação visa modernizar e liberalizar o mercado de gás natural no país, promovendo a concorrência, a atração de novos investimentos, e conseqüentemente, a redução dos preços desse insumo essencial para a economia.

41. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), a Lei 11.909/2009, conhecida como a antiga Lei do Gás, implementou o modelo de concessão para os gasodutos de transporte. No entanto, desde a sua implementação, não se registrou a construção de novos gasodutos sob este modelo. A prática demonstrou que, embora o regime de concessão tenha sido eficaz na área de transmissão de energia elétrica, ele não se mostrou o mais apropriado para o setor de transporte de gás natural. Em resposta a isso, a legislação recente adotou o regime de autorização para os gasodutos de transporte.

42. Além disso, a nova legislação introduz o regime de autorização para a atividade de estocagem subterrânea de gás natural. Segundo o MME, essa mudança tem o potencial de trazer diversos benefícios para o mercado brasileiro, incluindo maior segurança no fornecimento, diminuição da volatilidade dos preços, maior flexibilidade na oferta, e redução dos riscos para os participantes do mercado.

43. Para incentivar mais investimentos na infraestrutura nacional e fomentar a concorrência, a nova lei proíbe que empresas que operam em setores considerados monopólios naturais, como transporte e distribuição de gás, participem de atividades concorrenciais. Isso visa prevenir relações societárias entre as empresas que contratam serviços de transporte e as transportadoras, com o intuito de eliminar vantagens indevidas na contratação e no acesso aos serviços.

44. Por fim, a legislação estipula que os proprietários de infraestruturas críticas, tais como gasodutos de escoamento, unidades de processamento e terminais de GNL, devem garantir o acesso a essas instalações por terceiros, reduzindo assim as barreiras para a entrada de novos competidores no mercado.

45. Abaixo segue uma lista das principais mudanças introduzidas pela nova lei:

a) Alteração do regime de concessão para o regime de autorização em gasodutos de transporte;

b) Novas regras tarifárias;

c) Acesso de terceiros aos gasodutos, unidades de tratamento e processamento de gás natural e terminais de Gás Natural Liquefeito (GNL);

d) Autorização para a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) adotar um programa de desconcentração do mercado (conhecido no setor como *gas release*) – realização de leilões de gás natural ou de cessão de capacidade de transporte para os concorrentes;

e) Tarifas: as tarifas de transporte de gás natural serão propostas pelo transportador e aprovadas pela ANP, após consulta pública;

f) Processo seletivo: se houver mais de um transportador interessado, a ANP deve realizar processo seletivo público para escolha do projeto mais vantajoso. Pela proposta, a Agência também pode, a qualquer momento, conduzir processo seletivo para identificar transportadores interessados na construção ou ampliação de gasoduto, se houver necessidade;

g) Abastecimento nacional: ANP pode designar outro transportador para operar e manter as instalações, se for necessário para o abastecimento nacional;

h) Revogação: o texto estabelece possibilidades para revogar a autorização: liquidação ou falência; pedido da empresa autorizada; desativação da instalação; descumprimento das obrigações, contratos e regulações;

i) Independência: a lei proíbe qualquer relação societária, direta ou indireta de controle ou coligação, entre transportadores e empresas responsáveis pela exploração, desenvolvimento, produção, importação, carregamento e comercialização de gás natural;

j) Regulações estaduais: o MME e a ANP deverão se articular com os Estados e o Distrito Federal para harmonizar e aperfeiçoar as regulações estaduais, inclusive a regulação do consumidor livre;

k) Estocagem subterrânea: a empresa pode receber autorização da ANP para fazer a estocagem subterrânea de gás natural, assumindo a responsabilidade do processo;

l) Modelo de entrada e saída: os serviços de transporte serão oferecidos pelo regime de contratação de capacidade por entrada e saída, com a permissão de uma ser contratada independentemente da outra.

I.4.5 Poço Transparente

46. O Projeto Poço Transparente é uma política pública desenvolvida pelo governo brasileiro com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre o fraturamento hidráulico em reservatórios não convencionais de petróleo e gás natural. Este projeto visa divulgar informações sobre aspectos geológicos, ambientais e de aplicação da técnica de forma clara e acessível para toda a sociedade, promovendo a transparência e sustentabilidade das operações. O projeto representa um esforço do governo brasileiro para avançar no conhecimento e na exploração de recursos não convencionais de petróleo e gás natural.

47. As principais ações do projeto incluem o monitoramento das operações de perfuração e fraturamento hidráulico em reservatórios não convencionais, além de acompanhar as práticas operacionais para garantir que ocorram de forma ambientalmente segura. O projeto também se destaca por trazer conhecimento sobre as características geológicas e o potencial de geração e/ou armazenamento desses reservatórios no Brasil.

48. Os resultados esperados do Projeto Poço Transparente incluem a estimativa do potencial dos recursos não convencionais nas bacias sedimentares brasileiras, a promoção de um debate informado com a sociedade sobre a exploração desses recursos e a implementação de práticas de mitigação de riscos socioambientais. Além disso, espera-se que o projeto contribua para a diversificação das fontes de energia e para a segurança do suprimento de gás natural no Brasil, em um contexto de abertura de mercado e busca por alternativas mais sustentáveis.

49. Apesar do programa estar vigente, ainda não há resultados relevantes para a análise do presente trabalho, por ser uma iniciativa voltado ao estudo e prospecção da economia no país.

Biometano

50. O tema do biometano está sendo abordado na auditoria à parte do tema do GN, uma vez que o assunto está na abordagem dos biocombustíveis.

51. Dado que o biometano tem um conteúdo energético semelhante ao do gás natural, com menor fator de emissão de GEE, isso o torna uma alternativa renovável para substituição ou complementação deste combustível fóssil (fungibilidade), especialmente em escala regional. Esses biocombustíveis são produzidos de modo distribuído no território nacional, aspecto favorável à segurança energética.

52. Atualmente, encontra-se em discussão no Senado o Projeto de Lei 528/2020, tratando do programa “Combustível do Futuro”, o qual ainda não encontrou consenso na relação entre gás natural e biometano.

53. A proposta inclui um novo mandato para o biometano, um sistema de certificação e um aumento na mistura obrigatória de etanol anidro na gasolina. Apesar das preocupações dos consumidores sobre um possível aumento nos custos devido à demanda obrigatória por biometano, o

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

Ministério de Minas e Energia (MME) estima que o aumento nos custos será inferior a 0,5%. A análise da produção atual de biometano e das autorizações pendentes na Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) indica que não há risco de desabastecimento, sugerindo que a proposta é viável do ponto de vista do abastecimento.

54. A discussão sobre a reforma tributária pode levar à redução da tributação sobre os biocombustíveis, o que poderia resultar na equiparação dos preços entre o biometano e o gás natural. Esta medida tem o potencial de minimizar o impacto financeiro sobre os consumidores e incentivar a adoção do biometano como uma alternativa ao gás natural. A redução da carga tributária sobre os biocombustíveis pode contribuir para a promoção de uma matriz energética diversificada.

II. Metodologia

55. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra no Apêndice A – Metodologia das avaliações realizadas.

III. Avaliação da maturidade

III.1. Formação de agenda pública

III.1.1. Existe formação de agenda pública?

56. Como visto, o GN tem sido tema de estudos, debates e programas públicos há vários anos. Os três grandes programas de promoção do GN no Brasil (Gás para Crescer, Novo Mercado de Gás e Gás para empregar) mostram como o desenvolvimento do gás natural no país tem sido objeto de agenda pública.

57. Dessa forma, quanto à **formação de agenda pública** no ciclo de políticas públicas, entende-se que houve e foi concluída a fase de **formação de agenda**. Conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 – Alta implementação**”.

III.1.2. O processo de formulação e escolha da política foi participativo?

58. Quanto à participação da sociedade no debate, desenho e escolha das ações governamentais ligada ao gás natural, serão apreciadas as oportunidades de atuação que se apresentaram ao longo do desenvolvimento das três grandes políticas públicas aqui consideradas.

59. Quanto ao programa **Gás para Crescer**, lançado em 2016, encontram-se no sítio eletrônico do MME diversas evidências de participação social, como:

a) Comitê Técnico composto por diversas entidades representativas da sociedade e *stakeholders* ligados ao GN (Resolução CNPE 10/2016), e registro das atas de reuniões promovidas pelo CT;

b) Para a definição de diretrizes para o novo mercado de gás natural, foi colocado em consulta pública documento com finalidade de definir as diretrizes do programa ([Consulta Pública nº 20, de 3 de outubro de 2016](#)). Segundo o sítio, a consulta pública recebeu contribuições de cinquenta e cinco associações e agentes, públicos e privados, integrantes dos diversos elos da cadeia de gás natural, como produtores, transportadores, comercializadores, distribuidoras, consumidores, além de juristas, especialistas técnicos e órgãos governamentais;

c) Os relatórios técnicos dos subcomitês do programa contêm a participação de representantes de diversas associações e entidades interessadas;

d) Há o registro de outros eventos como oficinas de trabalho e participação em audiência pública na Câmara dos Deputados.

60. Quanto ao programa **Novo Mercado de Gás**, lançado em 2019, encontram-se no sítio eletrônico do MME algumas evidências de participação social, como:

- a) Realização de Consulta pública (Consulta Pública nº 12/2020) com a participação de diversas entidades públicas e privadas;
- b) Registro de outros eventos como seminários e oficinas de trabalho.

61. Quanto ao programa **Gás para Empregar**, lançado em 2023, apesar de ser uma iniciativa ainda recente, foram encontradas, no sítio eletrônico do MME algumas evidências de participação social, como:

a) Parte do sítio eletrônico dedicada à participação social que informa que o Grupo de Trabalho do Programa Gás para Empregar (GT-GE) do programa disponibilizou três grandes formas de contribuição, permitindo assim ambientes para discursos públicos e abertos: (i) reunião aberta a todos interessados; (ii) contribuições restritas, por meio de reuniões bilaterais; e (iii) envio de contribuições por e-mail.

62. Assim, quanto à **participação** conclui-se que as discussões dos programas de promoção do gás natural têm contado com a participação de representantes da sociedade. Diante disso, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 – Alta implementação**”.

III.2. Institucionalização

III.2.1. A política pública está oficializada em ato normativo?

63. Para avaliação deste componente, será considerada como política pública, não só o programa atualmente em vigor – Gás para Empregar, mas também os dois programas anteriores. Assim, entende-se de maneira mais ampla o conceito de política pública, tendo como parâmetro o conjunto de ações ao longo dos anos que buscaram a promoção do desenvolvimento do mercado de gás.

64. A institucionalização do programa Gás para Crescer foi marcada pela publicação da Resolução CNPE nº 10/2016, que estabeleceu diretrizes estratégicas para a reestruturação do mercado de gás natural. A resolução também criou o Comitê Técnico para o Desenvolvimento da Indústria do Gás Natural no Brasil (CT-GN).

65. As medidas propostas pela iniciativa Gás para Crescer foram incorporadas ao Substitutivo do Deputado Marcus Vicente ao Projeto de Lei 6.407/2013, apresentado na Comissão de Minas e Energia da Câmara dos Deputados em dezembro de 2017, embora o parecer não tenha sido votado. Em 2018, o Decreto 9.616/2018 foi publicado, adotando as medidas da iniciativa Gás para Crescer que eram passíveis de implementação por meio de regulamentação. Este decreto modificou o Decreto 7.382/2010, que regulamenta a Lei do Gás, contribuindo para o processo de mudança regulatória no setor de gás natural no Brasil.

66. Em 2019, o Brasil avançou na reforma do mercado de gás natural com a criação do Comitê de Promoção da Concorrência, via Resolução CNPE nº 4/2019, visando estimular a concorrência e sugerir melhorias nas políticas energéticas. A partir das recomendações desse comitê, o CNPE adotou a Resolução nº 16/2019, que estabelece diretrizes para um mercado mais competitivo, incluindo medidas para agentes dominantes e promovendo a livre concorrência.

67. Acompanhando essas diretrizes, foi recomendado que órgãos governamentais e reguladores monitorassem a abertura do mercado e propusessem novas medidas se necessário. Em resposta, o Programa Novo Mercado de Gás foi lançado em 23 de julho de 2019, com a criação do Comitê de Monitoramento da Abertura do Mercado de Gás Natural pelo Decreto nº 9.934/2019, reforçando o compromisso com a competitividade no setor.

68. O programa Gás para Empregar foi estabelecido pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) através da Resolução CNPE nº 1, de 20/3/2023. Esta resolução criou o Grupo de Trabalho do Programa Gás para Empregar, com o objetivo de realizar estudos que visam promover

uma utilização mais eficiente do gás natural produzido no Brasil. Posteriormente, a Resolução nº 10, de 19 de dezembro de 2023, introduziu alterações ao programa.

69. Por fim, observa-se a própria Lei do Gás (Lei 14.134, de 8/4/2021), que introduziu importantes mudanças na forma como o mercado de gás natural é estruturado e operado, buscando superar barreiras que limitavam a entrada de novos agentes e a expansão do mercado.

70. Quanto à oficialização da política, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “3 – Alta implementação”.

III.2.2. A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?

71. A Tabela 1 apresenta sinteticamente a avaliação da presença de objetivos e metas nos programas considerados na promoção do GN.

Tabela 1: Objetivos e metas dos programas do GN

Política	Objetivos	Metas
Gás para Crescer	Arts. 2º e 3º da Resolução CNPE 10/2016 contêm diretrizes e objetivos dos comitês técnicos	Ausência de metas quantificáveis e indicadores
Novo Mercado de Gás	Arts. 2º, 4º e 5º da Resolução CNPE 3/2022 contêm diretrizes e objetivos para o mercado de gás; O art. 9º da Resolução CNPE 3/2022 estabelece medidas para o agente dominante do setor de GN; No art. 11 da Resolução CNPE 3/2022, há recomendação de ações para o MME;	Ausência de metas quantificáveis e indicadores
Gás para Empregar	Art. 2º da Resolução CNPE 1/2023 contêm objetivos do GT-GE	Ausência de metas quantificáveis e indicadores

Fonte: Elaboração própria, a partir de informações do sítio eletrônico do MME

72. Tendo em vista que o programa Gás para Empregar se constitui da atual iniciativa governamental para a promoção do mercado de GN no país, destaca-se, na Figura 4, os objetivos designados para os comitês temáticos aprovados no GT-GE.

Figura 4: Objetivos dos comitês criados no âmbito do Gás para Empregar



Fonte: Sítio eletrônico do MME

73. Considerando que todos os programas apresentaram objetivos a serem perseguidos, que em nenhum deles há metas quantificáveis e indicadores para acompanhá-las, e conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**2 – Implementação Parcial**”.

III.3. Implementação

III.3.1. Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?

74. Para os programas em questão, entende-se que os beneficiários sejam os agentes que participam do mercado de GN, bem como os consumidores de gás.

75. Segundo o MME, o beneficiário final do desenvolvimento do mercado de gás natural é o consumidor final desse energético, em conformidade com os princípios e objetivos da Política Energética Nacional, especialmente no que tange à proteção dos interesses do consumidor quanto ao preço, qualidade e oferta dos produtos, bem como ao incremento. A redução esperada no preço do gás natural, decorrente da ampliação da oferta e da concorrência, beneficiará o consumidor final, seja ele industrial, residencial, comercial, automotivo, gerador termelétrico ou qualquer outro demandante de gás natural (Peça 121, p. 3).

76. Os primeiros beneficiários dos programas foram as empresas privadas do setor de produção de petróleo e gás, que passaram a ter acesso à infraestruturas essenciais e ao mercado de comercialização e transporte. Ademais, outros agentes também se beneficiaram, como a indústria consumidora, as usinas termelétricas ou até mesmo consumidores residenciais, uma vez que se apropriam dos ganhos de aumento de oferta e/ou redução de preço do gás.

77. Conforme relato do MME, observou-se um aumento no número de agentes interessados no mercado de gás natural, com evolução no número de produtores de gás natural, de ofertantes na malha integrada de transporte e nos sistemas isolados, de carregadores autorizados e de contratos vigentes com consumidores livres, durante o período de monitoramento do Comitê de Monitoramento da Abertura do Mercado de Gás Natural (CMGN). Ademais, verificou-se a ampliação do número de produtores de gás natural, resultando na redução da participação de mercado da Petrobras na produção. Essa diminuição foi evidenciada também no indicador de concentração dos quatro maiores produtores em relação à produção total do país (Peça 121, p. 5).

78. Conforme constatação do acompanhamento do TCU (TC 030.375/2020-7), é possível contabilizar certos ganhos oriundos dos esforços empreendidos pelo governo através dos programas citados, inclusive pelas mudanças legislativas e regulatórias citadas na Introdução. Entretanto, como os efeitos dos programas são difusos e produzem proveitos diretos de difícil mensuração, a relação direta entre as ações dos programas e os benefícios apropriados pelo público-alvo precisa ser medida no âmbito de avaliações de desempenho de cada política.

79. Apesar da ressalva acima, devido aos resultados já obtidos ao longo dos programas (objeto de análise do próximo item), pode-se perceber algumas vantagens já apropriadas ao mercado de GN e, conseqüentemente, ao consumidor de gás.

80. Quanto a este item, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**2 – Implementação Parcial**”.

III.3.2. Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?

81. Considerando os programas Gás para Crescer e Novo Mercado de Gás, destacam-se, dentre outros resultados obtidos pelos programas ao longo dos últimos anos, os seguintes:

a) Houve um avanço razoável em indicadores importantes como número de comercializadores, o número de carregadores e a quantidade de contratos vigentes de consumidores livres. Além disso, houve pequena redução da participação da Petrobras em alguns setores. Contudo, a visão de agentes como a ANP é de que tal redução seria insuficiente para assegurar que ganhos específicos, como a redução dos preços e a ampliação das modalidades de contrato, terão pressão

competitiva bastante para garantir um mercado saudável. Ademais, o avanço concorrencial estaria concentrado na região Nordeste, visto que as demais regiões foram pouco beneficiadas pelo processo de abertura até então;

b) Conforme constatação do acompanhamento do TCU (TC 030.375/2020-7), desde o ano de 2016, houve evolução do acesso às infraestruturas essenciais, pois o tema tem avançado no Brasil nas esferas legal, infralegal e de atuação da Petrobras e da ANP. Além disso, a ANP passou a incluir ação específica em sua Agenda Regulatória para tratar do tema;

c) Quanto à promoção da transparência de preços e contratos ligados ao GN, assim como estabelecem as diretrizes da Resolução CNPE 16/2019, a ANP está de fato dando publicidade à integralidade dos contratos de compra e venda de gás natural e às médias de preço de venda e de volume comercializado;

d) Desde a edição da Nova Lei do Gás, tem aumentado o número de autorizações da ANP para importação de GNL. Na mesma linha, observou-se que tem diminuído a participação da Petrobras, embora esta ainda seja majoritária. Quanto à infraestrutura, novos projetos entrarão em operação nos próximos anos, e essa expansão contará com incentivos fiscais do Governo Federal por meio do REIDI.

82. Entretanto, conforme fiscalização do TCU (TC 030.375/2020-7), há fatores importantes que ainda não atingiram a maturidade necessária para o desenvolvimento do GN no país, como, por exemplo:

a) A atividade de estocagem de gás natural praticamente inexiste no País. A estocagem subterrânea tem grande potencial de crescimento no Brasil, e é capaz de trazer robustez, segurança e flexibilidade operacional à comercialização do gás natural. Além disso, as discussões globais e as iniciativas legislativas sobre a Captura e Armazenamento de Carbono deverão impulsionar o desenvolvimento dessa atividade, mas as políticas públicas vigentes ainda não foram capazes de promover a sua implantação;

b) A malha de gasodutos, considerando a infraestrutura de escoamento e de transporte, praticamente não se expandiu na última década. Além de três grandes projetos previstos para os próximos anos, a EPE mapeou diversas alternativas para o escoamento, cuja viabilidade econômica requer o emprego de projetos compartilhados ou a possibilidade de acesso à infraestrutura de terceiros. Quanto à malha de transporte, vimos que a demanda termelétrica tem papel fundamental para ancorar novos projetos. Além disso, a expansão da infraestrutura poderá contribuir para o potencial de hidrogênio e biogás por meio do compartilhamento dos gasodutos.

c) A regulação do transporte de gás natural ainda precisa progredir, pois, apesar do avanço com a introdução do regime de entradas e saídas, ainda há muito o que se definir por parte da regulação da ANP. No entanto, as ações regulatórias pertinentes ao setor de transporte vêm sendo continuamente postergadas, o que potencialmente prejudica a velocidade do processo de abertura do mercado.

83. Assim, tendo em consideração a existência de alguns resultados colhidos pelo desenvolvimento das políticas públicas, mas reconhecendo o não alcance da solução de outros, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa Implementação**”.

III.4. Avaliação e estabilidade

III.4.1. São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?

84. Em pesquisa realizada nos sítios eletrônicos e em consulta ao MME, não foram encontradas evidências de avaliações de desempenho dos programas de gás natural.

85. Entretanto, a estrutura do programa Novo mercado de Gás prevê a criação do Comitê de Monitoramento da Abertura do Mercado de Gás Natural (CMGN). O CMGN foi estabelecido com o propósito de acompanhar a abertura do mercado de gás natural no país, no âmbito do programa. Este

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

comitê tem como objetivos fundamentais promover a concorrência, aumentar a transparência, atrair investimentos e diversificar os agentes econômicos no setor de gás natural. Entre suas atividades, o CMGN se dedica ao monitoramento contínuo do mercado, à proposição de medidas regulatórias, ao diálogo com agentes do setor e ao apoio à implementação de projetos que contribuam para a abertura do mercado.

86. O CMGN publica os Relatórios Trimestrais de Acompanhamento da Abertura do Mercado de Gás Natural, que são documentos que desempenham um papel importante na avaliação das medidas implementadas pelos órgãos federais competentes, além de serem encaminhados ao Congresso Nacional. Estes relatórios fornecem informações relevantes sobre o acompanhamento das operações de crédito relacionadas ao setor de gás natural.

87. Apesar de não substituírem a realização de avaliações de desempenho, a elaboração e a divulgação dos Relatórios Trimestrais de Acompanhamento contribuem para a transparência e para a avaliação do processo de abertura do mercado de gás natural. Eles permitem identificar os avanços realizados e as barreiras que ainda precisam ser superadas, além de serem fundamentais para a proposição de medidas regulatórias e políticas públicas que visam criar um ambiente de negócios propício à concorrência e ao investimento no setor.

88. Segundo o MME, os indicadores acompanhados pelo CMGN serviam como sinais iniciais de competição no mercado, facilitando a identificação da entrada de novos participantes no setor de gás natural de maneira simples e direta. Essa evolução, como mencionado anteriormente, validou o começo da liberalização do mercado. No contexto do Programa Gás para Empregar, serão desenvolvidos novos indicadores com o objetivo de avaliar a eficácia das medidas futuras que serão adotadas com base nas recomendações do GT-GE (Peça 121, p. 6).

89. Sendo assim, quanto à realização de avaliações de desempenho, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de **“1 – Baixa Implementação”**.

III.4.2. As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?

90. Quanto à estabilidade de políticas federais que envolvem a promoção do gás natural no país, pode-se afirmar que há tanto continuidade, quanto descontinuidade. Isso porque, como descrito nos parágrafos anteriores, grandes programas visando o desenvolvimento do mercado do GN no Brasil começaram a ser operados desde 2016.

91. Desde o lançamento do primeiro programa, Gás para Crescer, a cada mudança de governo federal os programas foram encerrados ou descontinuados, e então relançados com outros nomes e novas diretrizes e objetivos.

92. Entretanto, apesar das rupturas entre os programas, as políticas nitidamente colhem frutos das anteriores. Ao considerar tantos os ganhos legislativos, quanto regulatórios, bem como outras ações diretas para o desenvolvimento do mercado de gás, percebe-se claramente que cada programa novo parte de pontos conquistados pelo anterior. Como fica evidenciado nos itens anteriores, destacando-se o **Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública**, caso em que os resultados encontrados para os programas se confundem.

93. Sendo assim, quanto à **estabilidade das políticas públicas**, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de **“2 – Implementação parcial”**.

IV. Quadro resumo

94. Por fim, a partir dos fatos e dados narrados e avaliados, conforme atribuição da pontuação realizada para cada item de avaliação, o resultado é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas

Componente de análise	Item de análise	Gás Natural
1. Formação da agenda pública	1.1 Existe formação de agenda pública?	3
	1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?	3
2. Institucionalização	2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?	3
	2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?	2
3. Implementação	3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	2
	3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	1
4. Avaliação e estabilidade	4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	1
	4.4 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	2
Agregado		2,1

Fonte: elaboração própria

V. Conclusão

95. Em um país com abundância em energéticos renováveis, o estímulo ao uso de gás natural como forma de reduzir as emissões de CO₂ não é visto como uma solução pacífica. O papel de descarbonização do GN na economia deve ser examinado a partir dos mercados de aplicação do energético, uma vez que em certos setores da economia o gás natural pode representar diminuição de emissão de GEE, enquanto em outros setores a inserção ou expansão do uso de GN como energético pode significar o aumento de emissões.

96. A expansão da demanda nacional do GN por meio do incentivo acelerado da implantação de novas usinas termelétricas, como encontrada na Lei de Privatização da Eletrobras (Lei 14.182/2021), aliada à abundância de recursos energéticos renováveis no Brasil, não se coaduna com a preparação para uma economia de baixa emissão de carbono. É evidente a relevância das térmicas para o setor elétrico brasileiro, mas o aumento de térmicas deve seguir um crescimento orgânico do setor elétrico, para que não haja aumento nas emissões de GEE no setor.

97. Entretanto, o estímulo à utilização do GN em setores que utilizem energéticos fósseis mais emissores, como o de transporte e o industrial, pode servir como estratégia de transição temporária até que sejam viáveis os energéticos renováveis ou outras tecnologias menos emissoras de GEE.

98. Diante disso, para o caso brasileiro, o setor de GN deverá buscar eficiência e redução de custos, não devendo inflar sua participação em áreas que já se tenha viabilidade e capacidade nacional de fontes de energias renováveis, sob pena de dificultar a descarbonização do setor energético no longo prazo.

99. Sinteticamente, a Tabela 3 apresenta os principais desafios a serem enfrentados pelo país em relação ao Gás Natural, extraídos da presente análise.

Tabela 3: Situação atual das políticas públicas para GN e seus desafios

Situação atual	Desafios
Demanda de GN limitando a expansão da oferta	Aumento da demanda nacional de GN para setores que utilizam fontes fósseis mais emissoras

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

Pressão para expansão da utilização de usinas térmicas como forma de estímulo à demanda de GN	As tomadas de decisão das políticas públicas devem levar em consideração as diferenças de setores, visando estimular o uso de GN para áreas que não possam utilizar fontes de energia renováveis
Há grande disparidade entre os Estados da federação, no que se refere à regulação do consumidor livre e até mesmo ao acesso à rede nacional de comercialização de gás natural	Harmonização das regulações estaduais relativas ao gás natural
Setor de GN pouco competitivo	Apesar das melhorias obtidas pelas políticas públicas buscando a descentralização do setor, ainda é necessário continuar o desenvolvimento do mercado de GN para torná-lo mais competitivo e atrativo a novos investimentos

Fonte: elaboração própria, a partir das evidências trazidas no texto.

100. Por fim, conclui-se, quanto a **maturidade de desenvolvimento**, que as políticas públicas ligadas à promoção e regulamentação do **gás natural no Brasil** se encontram em **implementação parcial**.

VI. Referências

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**, 2022.

_____. **Plano Nacional de Energia 2050**, 2020.

MME (Ministério das Minas e Energia). Sítio eletrônico do **Programa Gás para Crescer**: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bicombustiveis/gas-para-crescer>, acesso em 29/04/2024.

_____. Sítio eletrônico do **Programa Novo Mercado de Gás**: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bicombustiveis/novo-mercado-de-gas>, acesso em 29/04/2024.

_____. Sítio eletrônico do **Programa Gás para Empregar**: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bicombustiveis/novo-mercado-de-gas>, acesso em 29/04/2024.

TCU (Tribunal de Contas da União). **Relatório do Acórdão 2301/2021 – TCU/Plenário**, relatoria do Min. Walton Alencar Rodrigues (TC 030.375/2020-7).

_____. **Relatório do Acórdão 817/2024 – TCU/Plenário**, relatoria do Min. Walton Alencar Rodrigues (TC 030.375/2020-7).

AUDITORIA OPERACIONAL NA POLÍTICA DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE DADOS

Questão 4: *Quão avançada é a ação estatal nos principais temas da agenda da transição energética brasileira?*

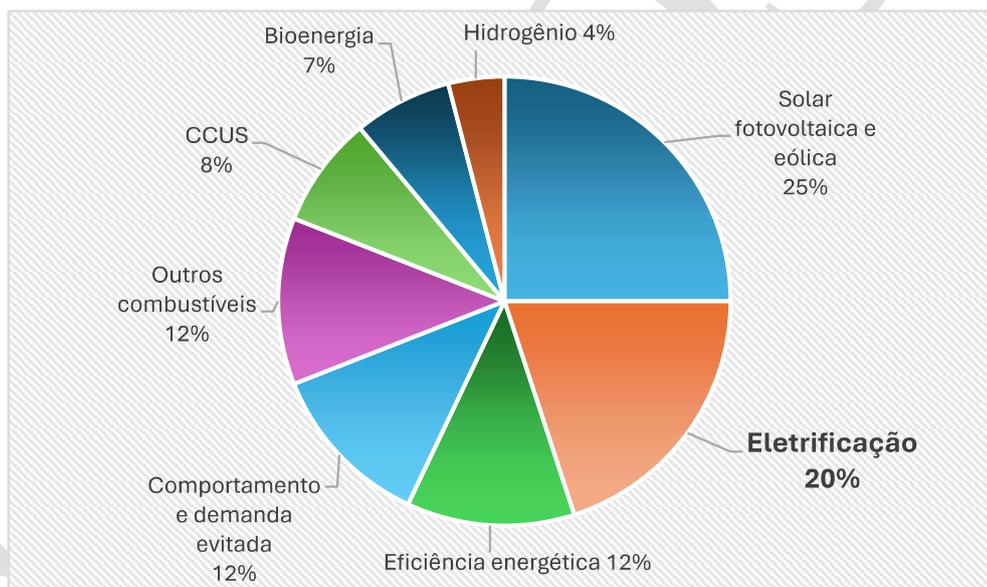
Tema avaliado: **Eletrificação da mobilidade**

I. Visão Geral

I.1. Introdução

1. A Agência Internacional de Energia (IEA) coloca a eletrificação como um dos principais pilares para o atingimento das metas do cenário de emissões líquidas zero até 2050 (Net Zero). Conforme apresentado na Figura 1, a eletrificação do sistema energético representa 20% das reduções cumulativas globais (IEA, 2023).

Figura 1: Reduções cumulativas globais de emissões de CO₂ do setor de energia por pilar de descarbonização (2022-2050)

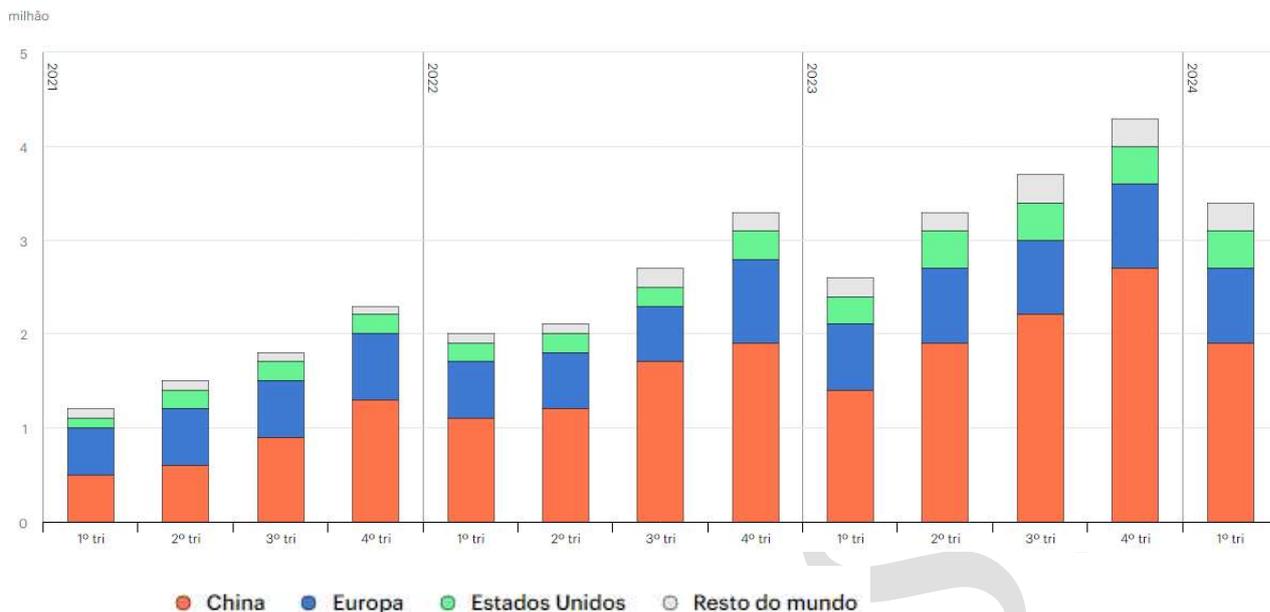


Fonte: elaboração própria a partir de dados da IEA (IEA, 2023).

2. Na atualização do relatório “*Net Zero Roadmap*”, de setembro/2023, a IEA ressalta que **as vendas de automóveis elétricos aumentaram 240% desde 2020**. Mantendo-se essa taxa de crescimento, os veículos elétricos representariam dois terços das vendas de automóveis novos até 2035. As metas de produção anunciadas pelos fabricantes de automóveis indicam que este percentual é alcançável (IEA, 2023).

3. Em abril de 2024, a IEA atualizou seu relatório sobre a perspectiva global de veículos elétricos (IEA, 2024), constatando que o crescimento nas vendas de automóveis elétricos permanece robusto, atingindo cerca de 14 milhões em 2023 (aumento de 35% em relação à 2022), o que representa quase um em cada cinco veículos vendidos em todo o mundo. No primeiro trimestre de 2024, as vendas de automóveis elétricos cresceram cerca de 25% em relação ao primeiro trimestre de 2023. Em 2024, a quota de mercado dos automóveis elétricos poderá atingir até 45% na China, 25% na Europa e mais de 11% nos Estados Unidos.

Figura 2: Vendas trimestrais de carros elétricos por região, 2021-2024



Fonte: Global EV Outlook 2024 (IEA, 2024).

4. Observa-se que, embora as vendas de automóveis elétricos estejam em franca evolução, a comercialização ainda está concentrada apenas em alguns mercados, visto que as vendas na China, Europa e Estados Unidos correspondem a quase 95% do total.

5. Em relação aos **veículos elétricos pesados**, apurou-se que os **ônibus** elétricos representaram 3% das vendas totais de ônibus no mundo em 2023. A China é responsável por cerca de 60% desse montante. Na América Latina, destacam-se cidades como Bogotá e Santiago, que implantaram quase 6.500 ônibus elétricos. Os ônibus têm um forte potencial de eletrificação graças aos seus padrões de condução relativamente fixos e às menores distâncias diárias de viagem. Já as vendas de **caminhões** elétricos aumentaram 35% em 2023 em comparação com 2022, com a China respondendo por 70% das vendas globais em 2023. Na Europa, as vendas de caminhões elétricos quase triplicaram em 2023, atingindo mais de 10.000 veículos. Os Estados Unidos também registraram um aumento triplicado, embora as vendas tenham atingido apenas 1.200 unidades, menos de 0,1% das vendas totais.

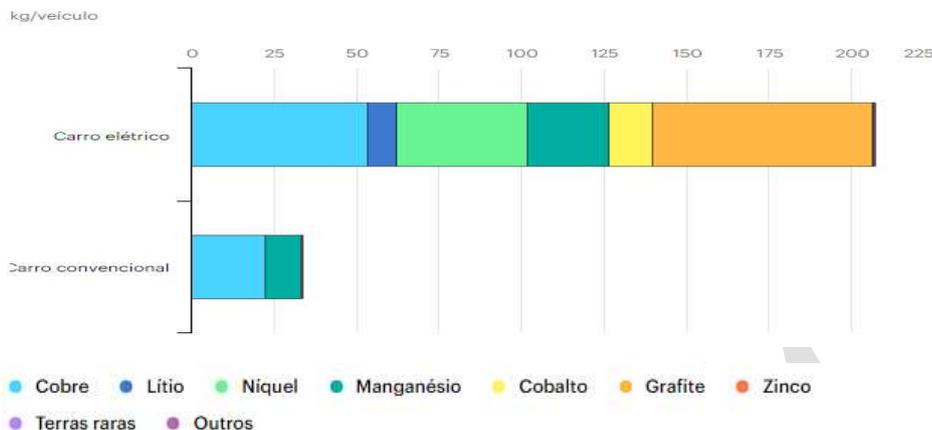
6. Para uma mudança do mercado de massa para o transporte elétrico e para permitir viagens mais longas, é esperado que se invista no acesso amplo e acessível à infraestrutura pública de **carregamento**. Segundo a IEA, embora o número global de pontos de carregamento públicos instalados tenha aumentado 40% em 2023 em relação a 2022, à medida que mais veículos elétricos cheguem às estradas, incluindo caminhões e ônibus de grande porte, será necessário um carregamento rápido e flexível, o que poderá exigir um aumento de vinte vezes na capacidade de carregamento até 2035.

7. As expectativas de forte crescimento estão reforçando o investimento na cadeia de suprimentos. Graças aos altos níveis de investimento nos últimos 5 anos, a capacidade global de fabricação de **baterias** de veículos elétricos excedeu em muito a demanda em 2023 (IEA, 2024). A capacidade de fabricação, nesse momento, parece capaz de acompanhar a demanda.

8. À medida que as vendas de veículos elétricos continuam a aumentar, a procura por baterias também deverá crescer rapidamente. No cenário de políticas declaradas (STEPS), a procura é multiplicada por 4,5 vezes em 2030 e sete vezes até 2035 (IEA, 2024). Tais perspectivas estão abrindo oportunidades significativas em toda a cadeia de suprimentos para empresas de baterias e

mineração. Um carro elétrico típico requer seis vezes mais insumos minerais que um carro convencional, conforme exemplificado na Figura 3.

Figura 3: Minerais utilizados em veículos elétricos e convencionais



Fonte: O Papel dos Minerais Críticos nas Transições de Energia Limpa (IEA, 2021).

9. Observa-se que o crescimento na venda de carros elétricos decorre, também, da evolução tecnológica que permite o aumento da autonomia média dos veículos, que já ultrapassa 350 quilômetros, se tornando cada vez menos uma preocupação para os consumidores. Esse fato, aliado à crescente disponibilidade de modelos e preços cada vez mais acessíveis, tende a manter as vendas em ascensão.

10. A expectativa é que as vendas de veículos elétricos continuem a avançar para se tornarem um produto de mercado de massa em um número maior de países. Margens apertadas, preços voláteis de minerais para baterias, inflação alta e a eliminação gradual dos incentivos à compra em alguns países geraram preocupações sobre o ritmo de crescimento do setor, todavia, os dados de vendas globais permanecem fortes.

1.2. Tecnologias

11. Os veículos elétricos, sob a denominação de EV, apresentam diferentes tipos de tecnologias, cujas características são determinantes para a projeção da eletrificação da mobilidade. Normalmente os EV são classificados a partir de seus sistemas de propulsão, armazenamento de energia e carregamento, utilizando-se acrônimos em inglês.

12. Relatório de Acompanhamento do TCU, relacionado às ações governamentais de regulação do setor de petróleo, gás natural e biocombustíveis (Acórdão 1595/2023-TCU-Plenário, de relatoria do Ministro Augusto Nardes), apresenta apurada descrição a respeito das tecnologias utilizadas nos EV, relatada a seguir.

13. Os *Battery Electric Vehicles (BEV)* são aqueles propulidos exclusivamente por motores elétricos alimentados por baterias de grande capacidade. Há os veículos híbridos, ou *Hybrid Electric Vehicle (HEV)*, que possuem dois sistemas de propulsão, um a combustão outro elétrico. Nos HEV encontram-se diferentes arranjos nos quais os motores a combustão e o elétrico são postos em série ou paralelo, o carregamento elétrico pode ser pela rede elétrica (plug-in) ou ambos. Os EV, híbridos ou puros, podem ainda ser equipados com sistemas de freios regenerativos, tecnologia *Kinetic Energy Recovery System (KERS)*, que fazem a conversão de parte da energia perdida nas frenagens em eletricidade, ajudando na recarga da bateria. Atualmente os híbridos são mais conhecidos pelo acrônimo Plug-in Hybrid Electric Vehicle (**PHEV**).

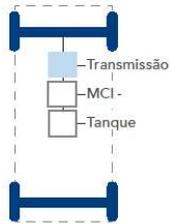
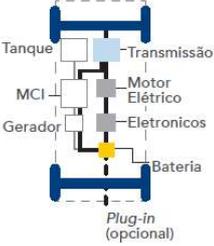
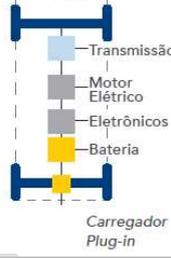
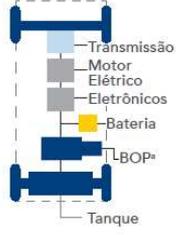
14. Já nos *Fuel-cell Electric Vehicle (FCEV)* não há bateria de alta capacidade, mas uma célula de combustível que, a partir da eletrólise do hidrogênio, gera energia para um motor elétrico.

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

O H₂ da célula combustível pode ser abastecido pressurizado em estações de recarga ou a partir da reforma do etanol. Os FCEV combinam as vantagens de eficiência energética e baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE) dos EV à autonomia e facilidade de abastecimento dos ICE (*Internal Combustion Engine*) – nomenclatura empregada para os veículos tradicionais movidos à combustíveis fósseis. Embora promissora, essa tecnologia ainda é incipiente no mercado.

15. A Tabela 1 reúne as principais características dos EV em comparação aos veículos ICE.

Tabela 1: Tipos de veículos elétricos e suas características

	ICE	PHEV	BEV	FCEV
	Veículo à combustão interna	Veículo elétrico (<i>plug in</i>) híbrido	Veículo elétrico à bateria	Veículo elétrico à célula de combustível
Tipo de veículo				
Tipo de motor	Combustão interna (ICE)	ICE e elétrico, ligados em paralelo ou em série	100% elétrico	Célula de combustível e motor elétrico em série
Tipo de combustível	Fóssil ou biocombustível	Fóssil, biocombustível ou eletricidade	Eletricidade	Hidrogênio ou etanol
Armazenamento elétrico	Bateria independente e não recarregável	Bateria carregável por ICE, eletricidade da rede (<i>plug in</i>) ou KERS	Bateria recarregável por fonte externa, incluso KERS	Célula combustível de H ₂ pressurizado ou à etanol, incluso KERS
Consumo	↑↑↑↑	↑↑↑	↑↑	↑
Autonomia	↑↑↑↑	↑↑↑	↑↑	↑↑↑
Eficiência energética	↑	↑↑*	↑↑↑	↑↑↑↑
Preço	↑	↑↑	↑↑	↑↑↑↑
Emissões	↑↑↑ 0,23 kg CO ₂ /km	↑↑ 0,062 kg CO ₂ /km	↑* 0 a 0,23 kg CO ₂ /km	↑* 0 a 0,23 kg CO ₂ /km

Fonte: adaptado de Carros Elétricos, da FGV (FGV, 2017).

* tanto maior quanto a disponibilidade de sistemas como KERS e de desligamento automático do motor quando parado.

** se alimentado por fonte renovável o nível de emissão é baixo, se não, pode ser tão elevado quanto do VCI.

16. As baterias dos veículos elétricos são recarregadas ao se conectar o veículo a uma fonte de eletricidade externa ou frenagem regenerativa (KERS). Dependendo do tipo de EV, diferentes baterias podem ser consideradas, mas, devido a seu custo reduzido e melhor desempenho, as baterias de íons de lítio (Li-íon) têm sido as mais adotadas por fabricantes. Melhorar a densidade energética das baterias é importante pois, quanto maior, mais eficiente seu sistema de armazenamento de energia se torna. Estas melhorias, por sua vez, resultarão em baterias e, conseqüentemente, veículos elétricos mais leves, menores, com maior autonomia e mais baratos.

17. As baterias podem durar até 15 anos ou mais, mas depois desse tempo, sua capacidade de armazenar energia fica entre 60% e 80% menor do que quando eram novas. Essa capacidade restante pode ser usada em outras aplicações, o que faz com que essas baterias continuem sendo úteis antes de serem descartadas. Além disso, é possível prolongar sua vida útil com a manutenção adequada dos

módulos da bateria. Ao direcionar investimentos para pesquisa e inovação, abrem-se oportunidades para reutilizar essas baterias, reduzindo sua demanda por materiais e diminuindo os impactos ambientais ligados ao descarte dos seus componentes (AEA, 2023).

18. Para que os EV possam ganhar as ruas em maior escala, outro requisito central é a estruturação de uma **infraestrutura de recarga**. Estudos revelam que há uma relação direta e proporcional entre a inserção dos EV no mercado e o tipo de infraestrutura de recarga desenvolvida. Uma variável central na implementação de infraestrutura de recarga para EV está relacionada aos custos do investimento, uma vez que eles não se restringem às estações propriamente ditas, mas também estão presentes na adaptação necessária da rede por onde circula a energia, além de diversos custos de operação e manutenção. Estações de recarga se distribuem em áreas públicas e privadas. Na hipótese de recarga residencial, o desafio é a necessidade de estacionamentos privativos com tomadas (plugues) disponíveis. Frente a esta questão, estações de recarga pública ou em estacionamentos no local de trabalho se tornam soluções alternativas.

Figura 4: Tipos de Carregadores

Onde recarregar?	Na residência	No destino	No trajeto
Tipo de recarga?	Recarga lenta		Recarga semirrápida ou rápida
Carregador	<p>Carregador residencial: Possibilita maior deslocamento da demanda de energia para o período noturno.</p> 		<p>Carregador Ultrarrápido: Paradas rápidas para recarregar e seguir viagem. Ideal em rodovias e cidades.</p> 
Características da recarga	<p>Nível 1: É um carregador de baixa potência que pode ser conectado diretamente a uma tomada doméstica comum. Ele fornece uma carga lenta e é mais adequado para veículos eletrificados com baterias de menor capacidade.</p>	<p>Nível 2: É uma opção de carregamento mais rápida e requer uma instalação especializada. Esse tipo de carregador opera em uma tensão mais alta do que a tomada doméstica padrão, o que permite carregar o veículo mais rapidamente.</p>	<p>Nível 3: Também conhecido como carregador de alta potência ou carregador rápido, esse tipo de carregador pode fornecer uma carga rápida. Ele requer equipamentos e instalações especiais e é comumente encontrado em estações de carregamento público ou privado.</p>
Tempo médio de recarga e potência	<p>Potência: 2-3 kW Tempo médio de recarga: 8-14 horas Geralmente, leva várias horas para recarregar totalmente o veículo.</p>	<p>Potência: 7-22 kW Tempo médio de recarga: 3-8 horas. Normalmente, leva algumas horas para recarregar totalmente o veículo, dependendo da capacidade da bateria.</p>	<p>Potência: 22-50 kW Tempo médio de recarga: 3-8 horas Com um carregador rápido, é possível recarregar a bateria do veículo em menos de uma hora, dependendo do veículo e do carregador.</p>

Fonte: Eletromobilidade – Veículos Eletrificados (AEA, 2023).

I.3. Eletrificação da Mobilidade no Brasil

19. Historicamente, o transporte de carga e passageiros no Brasil tem sido primordialmente realizado pelo modo rodoviário, resultado de um modelo baseado no veículo individual (no caso de passageiros) e no caminhão (no caso de cargas). Como resultado, a evolução do consumo de energia no setor de transportes está fundamentalmente relacionada com as perspectivas de alteração da estrutura modal do transporte de cargas, os padrões da mobilidade urbana e a velocidade do processo de eletrificação da frota (EPE, 2020).

20. Segundo descrito no Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), novas tecnologias que modifiquem o atual sistema de propulsão dos veículos representam transformações industriais e econômicas paradigmáticas no setor de transportes. Em particular, o ritmo de entrada das novas rotas tecnológicas veiculares são **incertezas críticas** que impactam diversas cadeias energéticas e industriais. A eletromobilidade será um inequívoco agente de mudança e os **desafios para sua implementação** compreendem: **identificação de nichos de mercado** prioritários para sua promoção; a identificação de oportunidades e barreiras da **cadeia industrial**, incluindo o fornecimento de matérias-primas e insumos; a avaliação de impactos da eletrificação veicular na **rede elétrica**;

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

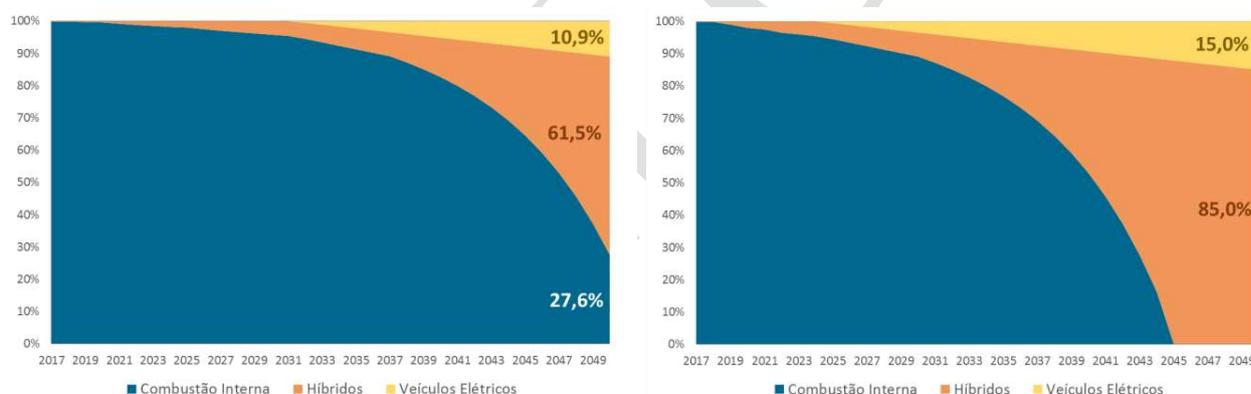
disseminação de infraestrutura de **postos de recarga**; aspectos mercadológicos e regulatórios relacionados ao **descarte, reuso e reciclagem de baterias elétricas**; **aspectos econômicos e culturais** associados à posse de veículos pelos cidadãos; e as condições do **mercado automobilístico brasileiro** frente ao mercado mundial (EPE, 2020).

21. Apesar de sua importância para a perspectiva do setor de transportes, **não é possível definir precisamente quando a transformação ocorrerá**. De todo modo, o PNE 2050 sugere o estabelecimento, junto às demais autoridades com poder de decisão sobre o tema, de **roadmap realista** para adoção da eletromobilidade com base no princípio de políticas “sem arrependimentos” (*no regret policies*), monitorando e revisando regularmente as condições de mercado e inovações tecnológicas.

22. Nesse sentido, o foco em soluções sinérgicas, tais como na priorização do transporte de massa (BRT/VLT/metrô), e no transporte individual aos veículos híbridos flex, com soluções mais voltadas a nichos específicos a outras tecnologias como veículos elétricos – no caso de frotas cativas e comerciais em centros urbanos com alta emissão de poluentes locais – em um primeiro momento. Num prazo mais longo, a adoção de veículos elétricos com pilha a combustível com base em biocombustíveis e gás (gás natural e biometano), evitaria a destruição de tributação e soluções difíceis de serem sustentadas e/ou disseminadas, além de **evitar políticas que promovam trancamento tecnológico (lock-in), promovendo a competição entre as rotas tecnológicas** (EPE, 2020).

23. No PNE 2050, A **eletrificação dos veículos leves** é examinada sob duas perspectivas: “hibridização progressiva” e “maior eletromobilidade”.

Figura 5: Curva de penetração de tecnologias no licenciamento de veículos leves



Fonte: Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2020).

24. No cenário de “**expansão**”, associado à trajetória de maior eletromobilidade, há uma inequívoca aceleração do licenciamento de veículos leves elétricos após 2030 e substituição total dos veículos a ICE na última década, sustentados por arranjos legais e regulatórios robustos (eventualmente, com banimento dos ICE), políticas públicas consistentes e incentivos significativos para a adoção da eletromobilidade, assim como investimentos privados substanciais e redução de custos radicais para viabilizar a massificação do licenciamento de veículos HEV, PHEV e EV. Este cenário apresenta uma dinâmica de destruição criativa que leva à **rápida substituição dos veículos a ICE pelos HEV** (com a perda da vantagem de preços dos ICE para os HEV) e de ilusão de resiliência dos ICE em relação aos PHEV e EV (resolvidos os desafios dos PHEV e EV, os ICE seriam progressiva e firmemente substituídos).

25. Alternativamente, diante dos inúmeros desafios a serem superados pelas tecnologias veiculares híbridas e elétricas, considera-se uma trajetória caracterizada por uma **entrada modesta da eletromobilidade no Brasil** na qual há uma dinâmica de **coexistência robusta de veículos a ICE e HEV** (com vantagem para ICE devido às faixas de preços da maior parte dos modelos) e de

resiliência robusta do ICE em relação ao PHEV e ao EV. A solução *drop-in* dos biocombustíveis em veículos *flex fuel* e a tecnologia *stop/start* em veículos ICE terão um papel fundamental na redução das emissões de GEE no setor transporte até 2050 no país, alongando o ciclo de vida de veículos ICE em uma coexistência robusta com as tecnologias veiculares alternativas (HEV e EV).

26. Segundo o PNE 2050, as mudanças de tecnologia de motor/combustíveis para **veículos pesados**, como a adoção da eletrificação ou ampliação do uso do GNV/GNL serão implementadas no país em **nichos de mercado**, como frotas cativas, governamentais, serviços de utilidade pública e representarão parcelas marginais na frota de veículos pesados no Brasil. A eletrificação dos ônibus, além da redução na emissão de GEE, impacta na emissão de poluentes locais e ruídos sonoros com repercussões importantes para a saúde pública dos habitantes da cidade.

27. No caso específico do **transporte rodoviário**, para o qual o diesel é o principal combustível, o processo de eletrificação é tido como delicado, tendo em vista que, para a implementação de uma frota elétrica de veículos pesados – que compreende tanto ônibus quanto caminhões – se faz necessária uma infraestrutura muito bem consolidada. A eletrificação da frota de ônibus já é uma realidade em diversas cidades ao redor do mundo, como é o caso de grandes cidades brasileiras, como São Paulo. Já a eletrificação do transporte de cargas é incipiente, ainda restrita a países como China e Alemanha (FGV, 2022).

28. As principais desvantagens relacionadas ao uso de ônibus e caminhões elétricos são as mesmas que existem no caso dos carros elétricos: altos preços, baixa autonomia e uma necessidade de infraestrutura maior para sua adoção em massa. Afinal, os veículos pesados para transporte têm como objetivo transportar a maior quantidade possível de carga em grandes distâncias. O fato de as baterias ocuparem um grande espaço e serem muito pesadas gera consequências desafiadoras, como a diminuição da lotação máxima dos ônibus e a perda na capacidade máxima de carga dos caminhões (FGV, 2022).

29. No final de 2023, o Brasil lançou o **Programa Mobilidade Verde e Inovação** (Programa Mover), que oferece incentivos fiscais para empresas desenvolverem e fabricarem tecnologia de transporte rodoviário de baixas emissões, agregando mais de 19 bilhões de reais (US\$ 3,8 bilhões) ao longo do ano. Como resultado, várias grandes montadoras já instaladas no Brasil estão desenvolvendo modelos híbridos etanol-elétricos.

30. A BYD e a Great Wall da China também estão planejando iniciar a fabricação doméstica, contando com depósitos locais de metal para baterias, e planejam vender modelos totalmente elétricos e híbridos etanol-elétricos. A BYD está investindo mais de US\$ 600 milhões em sua fábrica de carros elétricos no Brasil – a primeira fora da Ásia – para uma capacidade anual de 150 mil veículos. A BYD também fez parceria com a Raízen para desenvolver infraestrutura de carregamento em oito cidades brasileiras a partir de 2024. A GM, por outro lado, planeja parar de produzir modelos ICE (incluindo etanol) e tornar-se totalmente elétrica, principalmente para produzir para mercados de exportação. Em 2024, a Hyundai anunciou investimentos de 1,1 mil milhões de dólares até 2032 para iniciar a produção local de automóveis elétricos, híbridos e a hidrogénio (IEA, 2024).

31. Dados da Associação Brasileira de Veículo Elétrico (ABVE) apontam para um crescimento de 145% das vendas de veículos leves elétricos no primeiro trimestre de 2024 em relação ao trimestre anterior. Segundo a Associação, esse desempenho é impulsionado por uma série de fatores, incluindo investimentos na infraestrutura de recarga, incentivos do Programa Mover, uma ampla oferta de modelos e campanhas de divulgação realizadas pelas montadoras (ABVE, 2024).

Figura 6: Série Histórica de vendas de veículos leves eletrificados no Brasil

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
2012	9	16	7	3	13	23	5	3	2	2	18	16	117
2013	45	22	53	50	12	29	65	45	23	39	52	56	491
2014	93	61	65	53	94	52	61	79	71	53	87	86	855
2015	72	56	61	73	72	74	74	100	82	55	65	62	846
2016	58	64	60	137	41	91	48	59	79	93	159	202	1.091
2017	178	157	227	176	208	238	268	627	384	243	240	350	3.296
2018	272	254	367	367	302	382	262	262	286	405	374	437	3.970
2019	370	287	336	290	357	716	960	867	1.264	1.989	2.013	2.409	11.858
2020	1.568	2.053	1.570	442	601	1.334	1.668	1.943	2.113	2.273	2.231	1.949	19.745
2021	1.321	1.389	1.872	2.708	3.102	3.507	3.625	3.873	2.756	2.787	3.505	4.545	34.990
2022	2.558	3.435	3.851	3.123	3.387	4.073	3.136	4.249	6.391	4.460	4.995	5.587	49.245
2023	4.503	4.294	5.989	4.793	6.435	6.225	7.462	9.351	8.458	9.537	10.601	16.279	93.927
2024	12.026	10.451	13.613										36.090
TOTAL GERAL (2012 A 2024)													256.521

Nota: BEV (Bateria Electric Vehicle) – Veículo Elétrico a Bateria; PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) – Veículo Híbrido Plugável; HEV (Hybrid Electric Vehicle) – Veículo Elétrico Híbrido; MHEV (Mild Hybrid Electric Vehicle) – Veículo Híbrido Leve.

Fonte: Associação Brasileira de Veículo Elétrico (ABVE, 2024).

32. O primeiro trimestre de 2024 também consolidou a liderança dos veículos leves elétricos *plug-in* (BEV+PHEV) no mercado brasileiro, com 24.766 emplacamentos, ou 68% dos 36.090 eletrificados comercializados no período. Assim, os **veículos leves elétricos representam um total de 7,5% de participação sobre as vendas domésticas totais** de automóveis e comerciais leves no período (483.303 unidades) (ABVE, 2024).

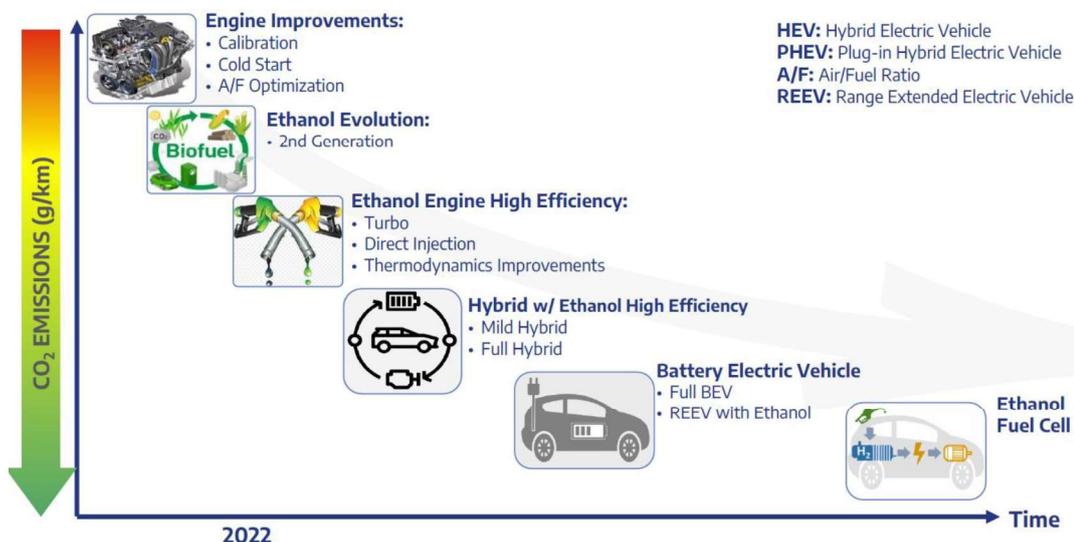
33. A adoção de EV na matriz de transportes brasileira e a disseminação de infraestrutura de postos de recarga demandam a avaliação dos impactos nas redes de distribuição e a consequente regulação do uso da energia elétrica. É importante que a transição baseada na eletrificação ocorra combinada com o **uso de energia elétrica renovável**. A adoção de postos de recarga privados (residenciais e comerciais) em muito é associada à utilização de painéis solares para geração distribuída de energia elétrica. Esse tipo de geração energética demanda adaptações nas redes de distribuição (*smart grids*).

34. Atualmente, o Brasil conta com cerca de **4.600 pontos públicos de recarga** para veículos elétricos. Esse número ainda é muito baixo se comparado com outros países, como a China, que tem mais de 800 mil pontos, ou os Estados Unidos, que têm mais de 100 mil (Tupinambá, 2024).

35. A SAE Brasil (*Society of Automotive Engineering*) vislumbra que antes da plena inserção dos EV na matriz de transportes brasileira, ainda haverá aprimoramentos tecnológicos que darão **sobrevida aos ICE, sobretudo àqueles movidos a biocombustíveis**, como o etanol de segunda geração (E2G). Tecnologias de turbocompressores, coletores de admissão variável e injeção direta de combustível poderão aumentar a eficiência energética do etanol em ICE, ao valorizar sua octanagem superior à da gasolina. Tais otimizações, associadas a baterias mais baratas, perfazem contexto ideal para adoção de PHEV, que seriam abastecidos normalmente com biocombustíveis (assim

recarregando sua bateria) a partir da rede de mais de 40.000 postos de combustíveis já em uso no país. Dada a maior complexidade tecnológica, os FCEV se popularizariam em momento posterior, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7: Roadmap da eletrificação dos transportes no Brasil



Fonte: Simpósio SAE Brasil Bio Fuel (SAE Symposium, 2021).

36. Dentro das possíveis perspectivas para a eletrificação da mobilidade no Brasil, destaca-se relevante estudo apresentados pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea) sobre os possíveis **cenários de descarbonização no Brasil para veículos leves e pesados nos próximos 10-15 anos**, que considera as seguintes hipóteses: cenário 1 – Inercial; cenário 2 – Convergência global; e cenário 3 – Protagonismo de biocombustíveis (Anfavea, 2021).

37. A seguir, apresenta-se os três cenários para **veículos leves** e as variáveis consideradas.

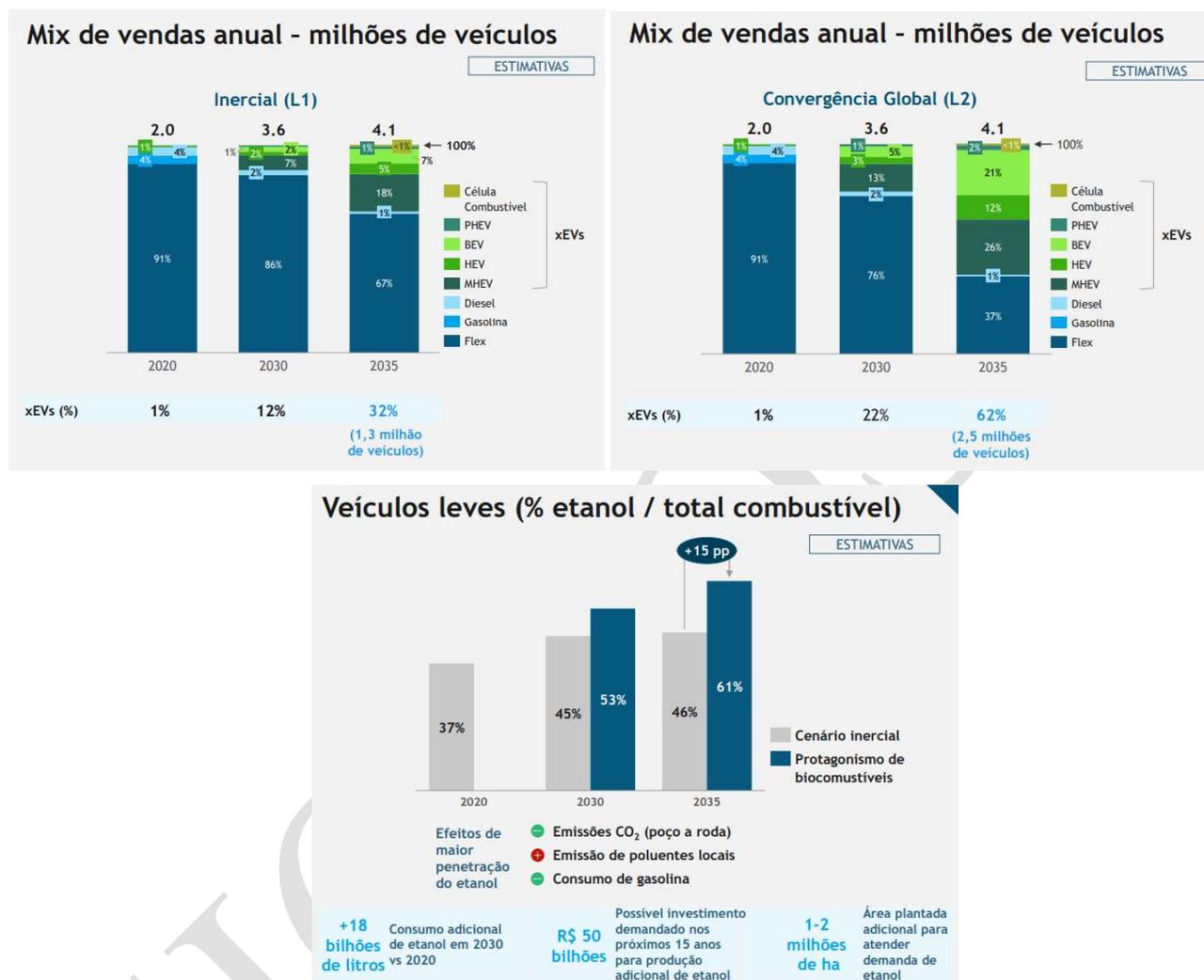
38. No **cenário inercial**, os motores a combustão sustentam penetração ainda elevada nos próximos 15 anos, em particular nos segmentos de volume. A eletrificação seria voltada para atender segmentos específicos, requisitos de emissões e demandas de clientes corporativos, levando a um baixo nível de eletrificação dos segmentos de maior volume.

39. No cenário de **convergência global**, a evolução tecnológica e o ritmo de adoção permitem que EV ganhem escala, atingindo em 2035 níveis de penetração por segmento similares aos da Europa em 2030. O Brasil se aproxima de níveis de eletrificação de mercados mais avançados e as montadoras seguem estratégias globais de eletrificação.

40. O cenário de convergência aponta necessidade de instalação de **150 mil carregadores** e R\$ 14 bilhões em investimentos em pontos de carregamento, dada a penetração de BEV/PHEV no cenário de convergência até 2035. Além disso, indica a necessidade de **aumento de 1,5% da energia elétrica** consumida pelo país (2019) em função da demanda para suprir BEV/PHEV em 2035.

41. No cenário de **protagonismo de biocombustíveis**, o etanol ganha mais destaque como caminho para descarbonização, viabilizado por regulação favorável, frota flex e ampla infraestrutura de produção e distribuição. Assume-se como premissa o aumento de 15% do etanol no mix de combustíveis, atingindo 61% do consumo e, para fins de comparação, penetração de EV em vendas igual ao cenário inercial.

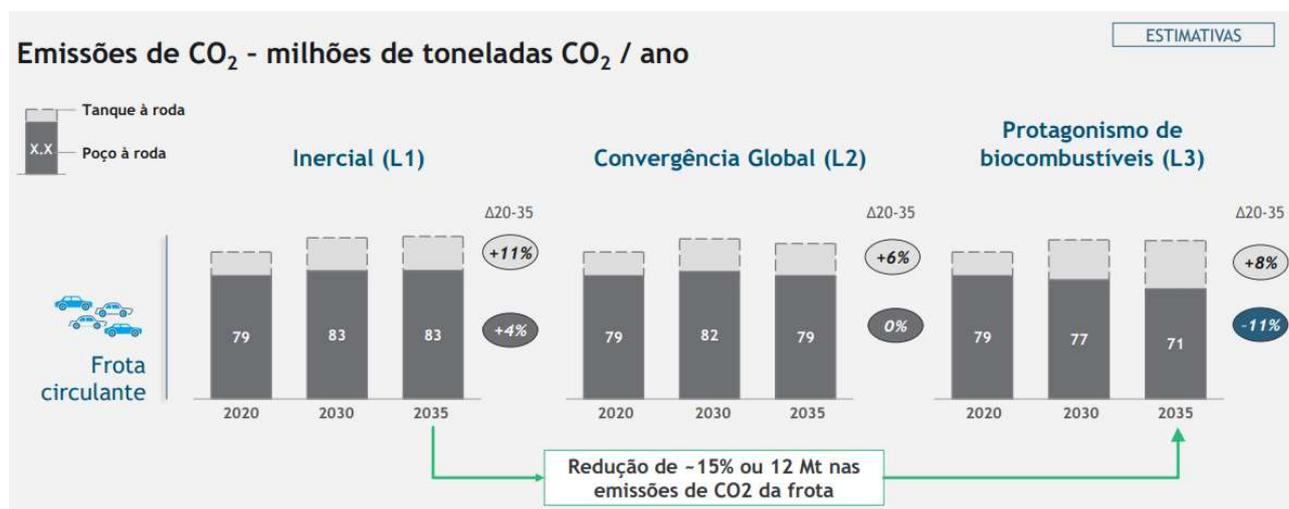
Figura 8: Cenários para os veículos leves



Fonte: O caminho da descarbonização do setor automotivo no Brasil (Anfavea, 2021).

42. Segundo o estudo, o maior uso do etanol pode acelerar a descarbonização a curto-médio prazo, ao reduzir a emissão da frota circulante.

Figura 9: Emissões de CO₂ – Veículos leves

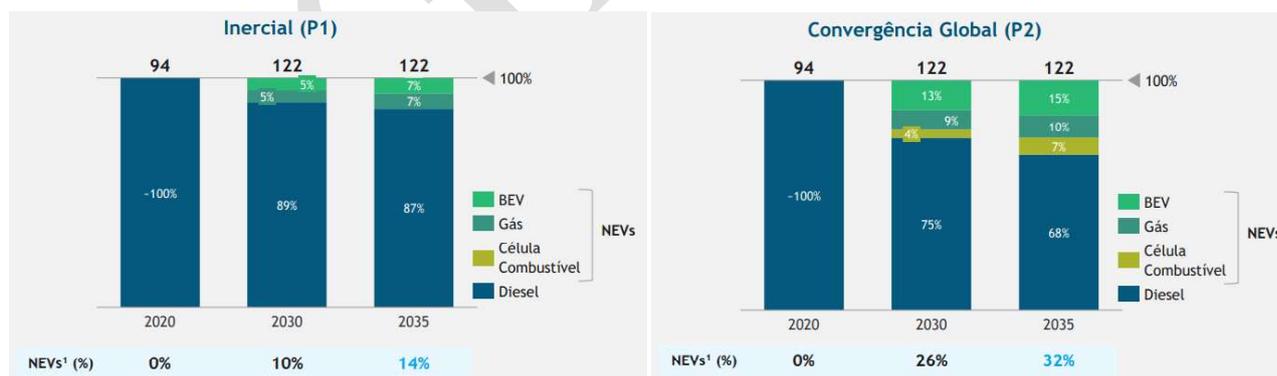


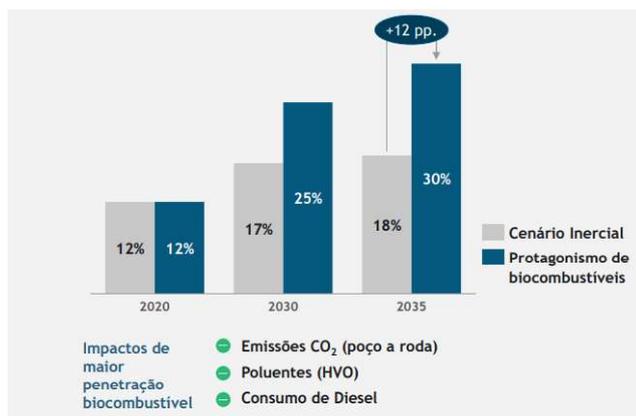
Fonte: O caminho da descarbonização do setor automotivo no Brasil (Anfavea, 2021).

43. Os mesmos cenários foram apresentados para os **veículos pesados**. No **cenário inercial**, novas tecnologias de motorização (NEV) ficam voltadas para aplicações específicas e para atender demandas de grandes clientes. Assim, o motor a diesel permanece dominante. No **cenário de convergência global**, a evolução tecnológica e o ritmo de adoção permitem que novas tecnologias ganhem escala no Brasil, atingindo em 2035 níveis de penetração similares aos da Europa em 2030. O Brasil se aproxima de níveis de novas motorizações de mercados mais avançados e montadoras seguem estratégias globais para NEV.

44. No **cenário de protagonismo de biocombustíveis**, o Biodiesel/HVO e outros biocombustíveis ganham protagonismo como caminho para descarbonização, viabilizados por regulação favorável e investimentos. Assume-se como premissa, aumento de relevância do HVO para 15% do mix, vs. 3% no cenário inercial (e 15% de biodiesel). Para fins de comparação, a penetração de NEV em novas vendas é igual ao cenário inercial.

Figura 10: Cenários para os veículos pesados

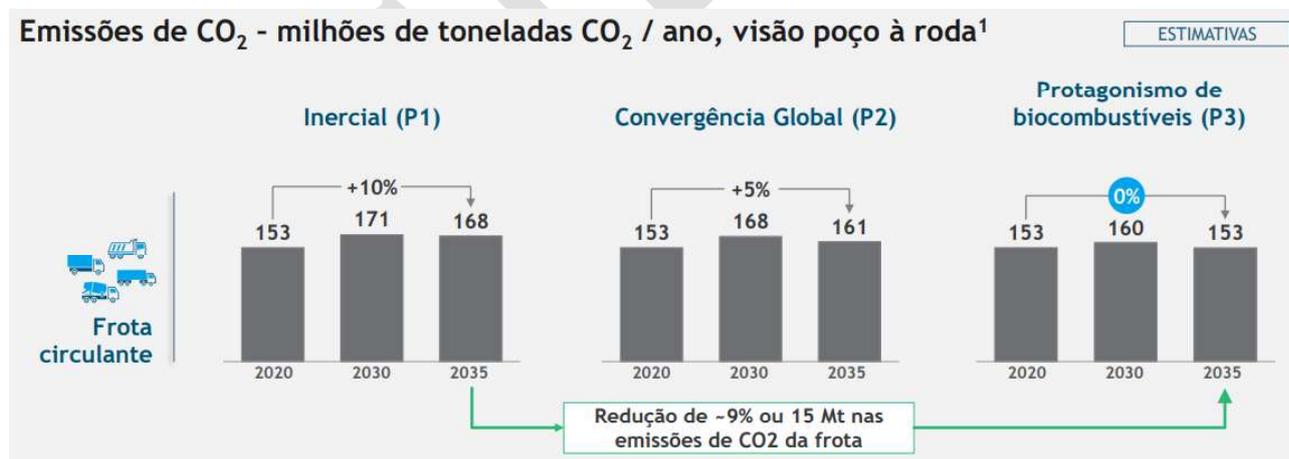




Fonte: O caminho da descarbonização do setor automotivo no Brasil (Anfavea, 2021).

45. De acordo com o estudo, a maior aplicação de biocombustíveis pode auxiliar a redução de CO₂ ao reduzir a emissão da frota circulante.

Figura 11: Emissões de CO₂ – Veículos pesados



Fonte: O caminho da descarbonização do setor automotivo no Brasil (Anfavea, 2021).

46. A partir dos cenários apresentados, verifica-se de forma clara como as políticas públicas a serem definidas pelo governo federal podem interferir tanto na adoção de tecnologias quanto no ritmo da descarbonização nos transportes que o país pretende implementar. Assim, uma mudança de regulação a favor de uma ou outra tecnologia pode mudar significativamente a perspectiva sobre a eletrificação da mobilidade no Brasil.

II. Principais políticas, planos e programas de fomento à eletrificação da mobilidade

47. As primeiras iniciativas à eletrificação da mobilidade no Brasil datam de 2007 e remetem principalmente à formação acadêmica e P&D para o desenvolvimento de tecnologias voltadas para

veículos elétricos. Tais iniciativas, públicas, privadas, de P&D ou de financiamento, foram identificadas no estudo produzido pelo projeto Sistemas de Propulsão Eficiente, que sistematizou as ações relacionadas à mobilidade elétrica no país para a promoção de sistemas de propulsão eficiente, no período de 2007 a 2018 (Projeto PROMOB-e, 2018).

48. Lançado pelo governo federal em 2012, o **Inovar-Auto** – Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores – teve como objetivo criar as condições para aumentar a competitividade no setor automotivo, produzir veículos mais econômicos e seguros, investir na cadeia de fornecedores, em engenharia, tecnologia industrial básica, pesquisa e desenvolvimento e capacitação de fornecedores. O Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) definiu as tecnologias que seriam consideradas para o cálculo de eficiência energética e, além dos carros com motores a gasolina, a etanol e *flex fuel*, considerou a propulsão elétrica e híbrida. Por meio de incentivos tributários para empresas que cumprissem metas específicas, foi o primeiro programa que buscou incentivar a produção de veículos elétricos e híbridos no país, mesmo que de forma incipiente.

49. O Programa **Rota 2030** – Mobilidade e Logística, criado em 2018, foi parte da estratégia elaborada pelo governo federal para desenvolvimento do setor automotivo no país e compreende regramentos de mercado, sendo o regime automotivo sucessor do Programa Inovar-Auto, encerrado em 2017. Teve como objetivo apoiar o desenvolvimento tecnológico, a competitividade, a inovação, a segurança veicular, a proteção ao meio ambiente, a eficiência energética e a qualidade de automóveis, caminhões, ônibus, chassis com motor e autopeças. O programa procurou fomentar a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias por meio da concessão de incentivos às empresas que realizarem investimentos em P&D, que também incluíam soluções de mobilidade elétrica.

II.1. O Programa Mover

50. O Programa Mobilidade Verde e Inovação – Programa Mover, instituído pela Medida Provisória 1.205, de 30/12/2023, tem o objetivo de promover a expansão de investimentos em eficiência energética, estabelecer limites mínimos de reciclagem na fabricação dos veículos e incentivar o desenvolvimento e adoção de tecnologias nas áreas de mobilidade e logística, expandindo o antigo Rota 2030.

51. Segundo o governo, o **incentivo fiscal** para que as empresas invistam em descarbonização e se enquadrem nos requisitos obrigatórios do programa será de R\$ 3,5 bilhões em 2024, R\$ 3,8 bilhões em 2025, R\$ 3,9 bilhões em 2026, R\$ 4 bilhões em 2027 e R\$ 4,1 bilhões em 2028, valores que deverão ser convertidos em créditos financeiros. O programa alcançará, no final, mais de **R\$ 19 bilhões** em créditos concedidos.

52. A MP do Mover cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico (FNDIT), a ser instituído e gerenciado pelo BNDES, sob coordenação do MDIC. A expectativa é de que os investimentos nesses programas alcancem entre R\$ 300 milhões e R\$ 500 milhões/ano.

53. O Mover inova em relação ao Rota 2030 e ao Inovar-Auto, pois se propõe a ser um programa de “mobilidade e logística sustentável de baixo carbono”, proporcionando a inclusão de todas as modalidades de veículos, como também ao propor o aumento dos requisitos obrigatórios de sustentabilidade para os veículos comercializados no país. Além disso, deixa de ser uma política limitada a veículos de passeio para alcançar também ônibus e caminhões. Outra novidade é a exigência da medição das emissões de carbono “**do poço à roda**”, ou seja, considerando todo o ciclo da fonte de energia utilizada.

54. No caso do etanol, por exemplo, as emissões serão medidas desde a plantação da cana até a queima do combustível, passando pela colheita, pelo processamento e pelo transporte, entre outras etapas. O mesmo para as demais fontes propulsoras, como bateria elétrica, gasolina e biocombustível. Para os veículos elétricos, deve-se considerar desde a produção de energia para carregar as baterias,

cuja emissões variam de acordo com a geração da energia (se por termelétricas, hidrelétricas, eólicas, solares etc.), passando pela transmissão, distribuição e carregamento das baterias, até chegar às emissões de GEE pelo uso do veículo.

55. No médio prazo, o programa prevê uma medição ainda mais ampla, conhecida como “do berço ao túmulo”, que deverá valer a partir de 2027 e vai abranger a pegada de carbono de todos os componentes e de todas as etapas de produção, uso e descarte do veículo.

56. O programa contempla um sistema de recompensa e penalização na cobrança de IPI, chamado de **tributação verde**, a partir de critérios como: energia para propulsão; consumo; potência do motor e reciclabilidade. Além disso, prevê o estímulo à realocação de fábricas de outros países no Brasil e a redução de imposto de importação para fabricantes que importam peças e componentes sem similar nacional, desde que invistam 2% do total importado em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação em programas na cadeia de fornecedores.

57. No início de abril de 2024, o governo federal publicou a habilitação de 23 empresas do setor automotivo no Mover. Outros 18 pedidos seguiam em análise no MDIC, que em março de 2024, assinou portaria com regras para o usufruto dos R\$ 19,5 bilhões em incentivos à indústria para promoção da eficiência e descarbonização. Uma vez habilitadas, as empresas podem apresentar seus projetos e requisitar os créditos proporcionais aos investimentos – que variam de R\$ 0,50 a R\$ 3,20 por real investido acima de um patamar mínimo. Quanto maior o conteúdo nacional de inovação presente nas etapas produtivas, maior o crédito. A busca por mercados externos também resulta em incentivos adicionais. Caso não realize os investimentos previstos, a empresa é desabilitada e tem de devolver os recursos recebidos.

58. A maioria das autorizações iniciais foram para fabricantes de veículos e autopeças que já produzem no país. Das que permanecem sob análise, onze são para projetos de desenvolvimento, incluindo novas plantas, novos modelos e realocação de fábricas; e três são para serviços de pesquisa de empresas que não fazem carros nem componentes, mas têm centros de P&D e laboratórios no país. As outras quatro são empresas com fábricas já em funcionamento.

59. Em 21/3/2024, o governo federal enviou ao Congresso Nacional, em regime de urgência, o Projeto de Lei 914/2024, nos mesmos termos da MP 1.205/2023. Assim, em 27/6/2024 foi publicada a Lei 14.902/2024 que instituiu em definitivo o Programa Mover.

II.2 O Novo Programa de Aceleração do Crescimento (Novo PAC)

60. O Novo PAC, lançado em agosto de 2023, apresenta como um de seus eixos de investimento “cidades sustentáveis e resilientes”, que contém o subeixo “mobilidade urbana sustentável”. Com investimentos públicos previstos de R\$ 48,1 bilhões, esse subeixo se divide em três modalidades, das quais merece destaque para a presente análise a “seleção mobilidade urbana”, com investimentos de R\$ 33 bilhões.

Tabela 2: Investimentos previstos no PAC – subeixo: mobilidade urbana sustentável

Modalidades	Quantidade	Valor - R\$ Bilhões	Tipo
Retomada, conclusão e novas obras	44	15,1	Público/Concessão
Seleção mobilidade urbana	2	33,0	Público/Concessão
Estudos de viabilidade	4	0,0	Público
TOTAIS	50	48,1	

Fonte: Novo PAC, sítio eletrônico da Casa Civil.

61. No sítio eletrônico da Casa Civil referente ao Novo PAC foram apresentadas informações mais detalhadas somente sobre os empreendimentos referentes à retomada e conclusão de obras de mobilidade urbana.

II.3 Novo PAC Seleções

62. O Novo PAC Seleções foi lançado em setembro de 2023 quando foram anunciados investimentos de R\$ 65,2 bilhões para seleções de obras e empreendimentos, com participação dos estados e municípios. O valor total destinado ao Novo PAC Seleções é de R\$ 136 bilhões e a segunda etapa do programa está prevista para 2025. O recurso está contemplado no investimento total do Novo PAC que é de R\$ 1,7 trilhão.

63. Em 8/5/2024, ao anunciar os investimentos do Novo PAC Seleções, o governo federal divulgou, para o eixo “cidades sustentáveis e resilientes”, que a modalidade “Renovação da Frota” deverá beneficiar 98 municípios. O programa investe na **quisição de 2.529 ônibus elétricos**, 2.782 Euro 6 e 39 veículos sob trilhos para renovar a frota e equipamentos do transporte urbano (Brasil, 2024).

64. O BNDES financiará a renovação da frota de ônibus em diversas cidades brasileiras, com recursos do Fundo Clima e do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT). Ao todo, serão investidos R\$ 4,5 bilhões para a compra de 1.034 ônibus elétricos e 1.149 ônibus Euro 6, modelos mais eficientes e econômicos. Já a Caixa Econômica Federal financiará 39 trens, 1.495 ônibus elétricos e 1.633 ônibus Euro 6, com investimento de R\$ 6 bilhões para essa modalidade (EPBR, 2024).

II.4 A Nova Indústria Brasil

65. Em janeiro de 2024, o governo federal lançou a política de neointustrialização a ser implementada nos próximos dez anos. A Nova Indústria Brasil tem como objetivos: (i) estimular o progresso técnico e, conseqüentemente, a produtividade e competitividade nacionais, gerando empregos de qualidade; (ii) aproveitar melhor as vantagens competitivas do país; e (iii) reposicionar o Brasil no comércio internacional.

66. O Plano de Ação para a Neointustrialização 2024-2026 define seis missões. A eletrificação da mobilidade está contemplada na Missão 3, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Eletrificação da mobilidade no Plano de Ação para a Neointustrialização 2024-2026

Missão 3: Infraestrutura, saneamento, moradia e mobilidade sustentáveis para a integração produtiva e o bem-estar nas cidades			
Áreas a serem desenvolvidas	Metas para 2033	Desafios	Instrumentos de Financiamento
Eletrificação da mobilidade	<p>Reduzir o tempo de deslocamento de casa para o trabalho em 20%;</p> <p>Aumentar em 25 pontos percentuais o adensamento produtivo na cadeia de transporte público sustentável.</p>	<p>Formar e qualificar a mão de obra;</p> <p>Incrementar a oferta de produção nacional de insumos específicos;</p> <p>Racionalizar a carga tributária para construção industrializada;</p> <p>Adequar e promover soluções construtivas e de materiais adequados às particularidades regionais;</p> <p>Minimizar a dependência de importações de partes e componentes para a cadeia produtiva da mobilidade, por meio da produção nacional;</p>	<p>Desenvolvimento e implementação de tecnologias de diminuição das emissões de carbono em transporte rodoviário, ferroviário, fluvial, marítimo, aeronáutico, motores elétricos e híbridos com combustíveis sustentáveis e baterias que, preferencialmente, estimulem a produção de minerais estratégicos e materiais avançados no país;</p> <p>Desenvolvimento e aplicação de sistemas e instalações para o deslocamento de pessoas e cargas, minimizando as emissões e reduzindo tempos de deslocamento com elementos de sensoriamento e controle e Inteligência Artificial (IA) para otimização de rotas;</p> <p>Desenvolvimento de novos sistemas, tecnologias, materiais e produtos para a aviação do futuro, tripulada e não tripulada, drones e veículos autônomos não tripulados, com propulsão elétrica ou híbrida; Soluções em economia circular para a diminuição de resíduos urbanos e industriais orgânicos e inorgânicos, mitigação</p>

	Incentivar a agregação de valor sobre recursos minerais no país.	de danos ambientais e geração de produtos de valor agregado;
--	--	--

Fonte: elaboração própria a partir do Plano de Ação para a Neoindustrialização 2024-2026 (Brasil, 2024).

67. Como um dos instrumentos específicos para o alcance da Missão 3, o plano de ação inclui “o adensamento produtivo do setor automotivo”, com o objetivo de que o país, até 2030, avance como *hub* global de desenvolvimento e produção de veículos elétricos e híbridos, com ênfase nos combustíveis alternativos. A Tabela 4 discrimina os mecanismos a serem utilizados para a alcance desse objetivo.

Tabela 4: Mecanismos para o adensamento produtivo do setor automotivo

Mecanismo	Descrição
Programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover)	Prevê a redução de R\$ 3 bilhões de impostos por ano para o setor de mobilidade, para empresas que se comprometam a investir em pesquisa e desenvolvimento. O programa inclui metas de eficiência energética a uma variedade de veículos, como motos, triciclos, caminhões e ônibus. Principais atores estatais envolvidos: MDIC e MF.
Imposto de Importação de veículos elétricos	Aplicação gradativa de imposto sobre a importação de veículos eletrificados, por tipo de veículo, para as importações que excedam a cota de isenção, mediante contrapartidas em redução de emissões, geração de empregos e produção nacional de veículos elétricos e híbridos. Principais atores estatais envolvidos: MF e, MDIC.
Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (PNME)	Iniciativa conjunta de importantes atores nacionais de mais de 30 instituições que envolvem o governo, a indústria, a academia e a sociedade civil para construir metas de longo prazo voltadas ao fomento da mobilidade elétrica no Brasil. Em 2024, a PNME trabalhará na construção de uma Estratégia Nacional de Mobilidade Sustentável. Principais atores estatais envolvidos: MME.
Caminhos da Escola e frotas governamentais	O programa Caminhos da Escola oferece ônibus, embarcações e bicicletas fabricados especialmente para o tráfego nessas regiões, onde normalmente há dificuldades para se chegar às unidades de ensino, sempre visando à segurança e à qualidade do transporte escolar. O programa, assim como outras aquisições para frotas governamentais, poderá estabelecer um percentual das aquisições com tecnologia eletrificada com conteúdo local como forma de incentivar o desenvolvimento da cadeia produtiva da mobilidade elétrica no Brasil. Principais atores estatais envolvidos: MEC e, MGI.
Corredores sustentáveis	Os editais de concessão de rodovias poderão considerar a instalação de corredores sustentáveis, incluindo infraestrutura de recarga elétrica com conteúdo local, ao longo do trecho sob concessão.
Cadeia produtiva da bateria	Programa de nacionalização progressiva para baterias, com adoção de medidas para incentivar investimentos produtivos, P&D e exportação, visando aumentar a competitividade da cadeia produtiva da mobilidade elétrica no Brasil e inserir o país nas cadeias globais de fornecimento.
Cadeia produtiva para ímãs de terras raras	Ímãs usam elementos de terras raras (neodímio, por exemplo). São aplicados em bens finais como motores elétricos de tração e aerogeradores. Principais atores estatais envolvidos: MDIC, MF e MEC.

Fonte: elaboração própria a partir do Plano de Ação para a Neoindustrialização 2024-2026 (Brasil, 2024).

II.5 O Programa de Transformação Ecológica

68. Lançado na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas de 2023 (COP28), o Plano de Transformação Ecológica foi apresentado como uma importante iniciativa para promover o desenvolvimento sustentável no Brasil. Com custo estimado entre US\$ 130 bilhões e US\$ 160 bilhões por ano, o plano pretende estimular investimentos que melhorem o meio ambiente e reduzam as desigualdades.

69. O Plano de Transformação Ecológica foi estruturado em seis eixos – financiamento sustentável, adensamento tecnológico, bioeconomia, transição energética, economia circular e infraestrutura e adaptação às mudanças climáticas (Brasil, 2024b).

70. As nove iniciativas relacionadas ao Eixo 2 – Adensamento tecnológico – podem estar relacionadas à eletrificação mobilidade. Todos os *links* referentes às ações remetem a notícias

publicadas em sítios do governo federal sobre as mencionadas iniciativas. Não há informações sobre as atividades a serem desenvolvidas em cada uma dessas iniciativas no âmbito do Programa de Transformação Ecológica, cuja gestão é do Ministério da Fazenda.

71. Entre as iniciativas relacionadas ao Eixo 4 – Transição Energética, duas são atinentes à eletrificação da mobilidade: Programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover), com novas metas para descarbonização, incluindo biocombustível e eletrificação, focado em P&D; e a eletrificação da frota de ônibus para transporte público e escolar. O *link* do Programa Mover remete ao referido programa vinculado ao MDIC, e o *link* da eletrificação da frota de ônibus para transporte público e escolar remete ao sítio do Novo PAC. Não há informações sobre as atividades a serem desenvolvidas em cada uma dessas iniciativas.

II.6 Outras iniciativas relacionadas à eletrificação da mobilidade

72. Desde junho de 2021 tramita na Câmara dos Deputados o **Projeto de Lei 2.156/2021**, que dispõe sobre as diretrizes para a **Política Nacional de Mobilidade Elétrica**, aplicável a organização, acesso e exercício das atividades relacionadas à mobilidade elétrica, bem como as regras destinadas à criação de uma rede piloto de mobilidade elétrica e de incentivos à utilização de veículos elétricos. Sua tramitação ficou paralisada entre agosto de 2021 e abril de 2023, quando foi designado novo relator na Comissão de Desenvolvimento Urbano. Desde setembro de 2023 o PL encontra-se na Comissão de Viação e Transportes da Câmara dos Deputados.

73. O PL 2.156/2021 estabelece, entre outros pontos: incentivos à aquisição de veículos elétricos; a viabilização de uma rede de pontos de carregamento de baterias desses veículos; a adoção de medidas que facilitem a conversão em elétricos de veículos com motor a combustão; a adoção de medidas para assegurar a comercialização de eletricidade para a mobilidade elétrica; e a gestão de operações da rede de mobilidade elétrica.

74. Dentre as **políticas de transporte** em vigor com impacto na mobilidade elétrica, destaca-se o Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM). A elaboração do PSTM foi determinada por meio do Decreto 7.390/2010, que regulamenta a Política Nacional sobre Mudança do Clima e é parte integrante da estratégia brasileira de mitigação e adaptação à mudança do clima. O Plano Setorial tem como objeto os sistemas modais de transporte interestadual de cargas e passageiros e transporte público urbano e deverá ser submetido a revisões em períodos regulares não superior a dois anos.

75. Além do PSTM, identificou-se o seguinte conjunto de políticas, programas, iniciativas e ações relaciona os diversos temas do setor de transportes: Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU); Plano Nacional de Logística Integrada (PNLI); Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), Plano Nacional de Eficiência (PNEf), Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), Projeto Eficiência Energética na Mobilidade Urbana, Programa Mobilidade Elétrica e Propulsão Eficiente (PROMOB-e), Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) (EPE, 2020).

76. Ressalte-se a existência de ações de vários **governos estaduais e municipais** em relação ao fomento da eletromobilidade. Nesse sentido, alguns estados brasileiros oferecem descontos parciais ou totais no IPVA para veículos eletrificados, além de projetos e normas de governos locais para eletrificação de suas frotas públicas.

77. Como exemplo, o estado de São Paulo, por meio da Lei 16.802/2018, estabelece metas para o uso de fontes motrizes de energia menos poluentes e menos geradoras de GEE na frota de transporte coletivo e estima que a redução das emissões por transporte deve chegar a 50% em 2028 e a 100% em 2038. Só a cidade de São Paulo prevê ter até 2030 uma frota de 11.000 ônibus elétricos. Além disso, diversas cidades brasileiras já têm iniciativas de eletrificação da frota, entre elas Curitiba

(PR), Belém (PA), Fortaleza (CE), Salvador (BA), Vitória (ES), Brasília (DF), São José dos Campos, Bauru, Santos, Campinas (SP), Maringá (PR), Rio de Janeiro (RJ) e Goiânia (GO).

III. Metodologia

78. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra no **Apêndice A – Metodologia das avaliações realizadas**.

IV. Avaliação da maturidade

79. Tanto o Inovar-Auto como o Rota 2030 não contemplavam, de forma direta, a mobilidade elétrica como objeto de análise para avaliação dos resultados e impactos dos programas. De forma geral, iniciativas relacionadas à eletromobilidade poderiam estar presentes nos investimentos de P&D das empresas habilitadas nos programas. Já o Programa Mover, instituído em dezembro de 2023, prevê benefícios fiscais às montadoras que investirem em tecnologias de baixa emissão de carbono, como os veículos híbridos e elétricos, trazendo em essência o objetivo de fomentar a “mobilidade e logística sustentável de baixo carbono”.

80. Dessa forma, a avaliação de quão avançada é a ação estatal referente à eletrificação da mobilidade na agenda da transição energética brasileira será realizada tendo como referência, principalmente, o programa Mover.

81. Acrescenta-se que, conforme relatado anteriormente, o incentivo à eletromobilidade presente no programa Mover foi incluído nos grandes programas lançados pelo governo federal que envolvem a transição energética brasileira, como o Novo PAC, a Nova Indústria Brasil e o Programa de Transformação Ecológica.

IV.1. Formação de agenda pública

IV.1.1. Existe formação de agenda pública?

82. Verifica-se que há formação de agenda pública para a regulação e fomento da mobilidade elétrica no Brasil. O assunto é amplamente discutido na sociedade brasileira, visto seu enorme impacto em produtores, fornecedores de suprimentos, comerciantes e consumidores brasileiros. Conforme relatado, como um tema transversal, que envolve não só o governo federal como também governos estaduais e municipais, a eletrificação da mobilidade é discutida também pela sociedade local, em razão, por exemplo, da adoção de ônibus elétricos para o transporte coletivo.

83. O tema foi objeto de medida provisória do governo federal (MP 1.205/2023), projetos de lei em discussão no Congresso Nacional, incentivos a projetos de P&D, reportagens da mídia e outras formas de diálogo que caracterizam a agenda pública, como conferências, congressos e seminários.

84. Assim, considera-se que há formação de agenda pública visto que o tema é de interesse governamental e está em discussão e, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 – Alta implementação**”.

IV.1.2. O processo de formulação e escolha da política foi participativo?

85. Desde o lançamento do programa Inovar-Auto o governo federal realiza consultas públicas com a finalidade de obter manifestação da sociedade a respeito de propostas referentes à formulação e alteração do programa (MDIC, 2023a). Também o Rota 2030 promoveu consultas públicas acerca das portarias regulamentadoras do programa (MDIC, 2023b).

86. No âmbito do Congresso Nacional, em 2022, foi criada uma Frente Parlamentar Mista para a Eletromobilidade composta por senadores e deputados federais. Além disso, verifica-se a participação da sociedade civil organizada por meio das recentes audiências públicas:

- em 23/4/2024, audiência pública “Alterações legislativas para reindustrialização brasileira, transição energética e a descarbonização: contribuições do setor automotivo”. O debate foi

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

promovido pelo Centro de Estudos e Debates Estratégicos da Câmara dos Deputados. Representantes do setor automotivo apresentaram contribuições do setor para um estudo sobre reindustrialização, transição energética e descarbonização. Participaram do debate, entre outros, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI); a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea); a Associação Brasileira do Veículo Elétrico; o Sindicato Nacional da Indústria de Veículos Automotores; e

- em 7/5/2024, audiência pública “Programa Mover - Programa Nacional de Mobilidade Verde e Inovação (MP 1.205/2023)”, na Comissão de Viação e Transportes da Câmara dos Deputados. Participaram representantes da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea); da BYD Brasil; da Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE); da União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (Unica); e do Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (Sindipeças).

87. Outro exemplo de participação da sociedade civil organizada foi a elaboração da Carta da Eletromobilidade, iniciativa da Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE) e do Instituto de Engenharia do Brasil (IE), onde diversas organizações defendem uma política nacional sobre mobilidade elétrica. O documento destaca pontos positivos para promover a transição tendo em conta a indústria de veículos e componentes já instalados, usuários interessados em modelos eletrificados e o potencial dos municípios para substituir a frota de ônibus e veículos de carga (ABVE, 2022).

88. Assim, considera-se que o processo de formulação e escolha da política teve participação da sociedade civil e, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 - Alta implementação**”.

IV.2. Institucionalização

IV.2.1. A política pública está oficializada em ato normativo?

89. O Programa Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover) representa uma nova etapa do programa Rota 2030, instituído por meio da Lei 13.755/2018. Por sua vez, o Rota 2030 é considerado sucessor do antigo Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto), criado por meio da Lei 12.715/2012.

90. O Programa Mover, foi instituído pela Medida Provisória 1.205, de 30/12/2023. Em 21/3/2024, o governo federal decidiu enviar ao Congresso Nacional, em regime de urgência, o Projeto de Lei 914/2024, nos mesmos termos da MP 1.205/2023. Segundo o governo federal, o envio da MP foi necessário para que não houvesse descontinuidade da política para o setor automobilístico, que até então era regida pelo Rota 2030.

91. Em 27/6/2024 foi publicada a Lei 14.902/2024, estabelecendo em definitivo o Programa Mover.

92. Dessa forma, considera-se que a política está oficializada em ato normativo e, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 – Alta implementação**”.

IV.2.2. A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?

93. A MP 1.205/2023 estabelece que o Programa Mover segue os **objetivos** da neindustrialização e as missões definidas em política industrial aprovada conforme o disposto no art. 18 da Lei 11.080/2004, e tem o **objetivo** de apoiar o desenvolvimento tecnológico, a competitividade global, a integração nas cadeias globais de valor, a descarbonização, o alinhamento a uma economia de baixo carbono no ecossistema produtivo e inovativo de automóveis, de caminhões e de seus implementos rodoviários, de ônibus, de chassis com motor, de máquinas autopropulsadas e de autopeças (art. 1º, § 1º).

94. Foram definidas as seguintes **diretrizes** para o programa:

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

- I - incremento da eficiência energética, do desempenho estrutural e da disponibilidade de tecnologias assistivas à direção dos veículos comercializados no País;
- II - aumento dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação no País;
- III - estímulo à produção de novas tecnologias e inovações, de acordo com as tendências tecnológicas globais;
- IV - incremento da produtividade das indústrias para a mobilidade e logística;
- V - promoção do uso de biocombustíveis, de outros combustíveis de baixo teor de carbono e de formas alternativas de propulsão e valorização da matriz energética brasileira;
- VI - garantia da capacitação técnica e da qualificação profissional no setor de mobilidade e logística;
- VII - garantia da expansão ou da manutenção do emprego no setor de mobilidade e logística;
- VIII - expansão da participação da indústria automotiva instalada no País nas cadeias globais de valor; e
- IX - promoção do uso de sistemas produtivos mais eficientes, com vistas ao alcance da neutralidade de emissões de carbono.

95. O governo federal divulgou que uma das **metas** principais do Programa Mover é a redução em 50% das emissões de carbono até 2030 (Brasil, 2024). Considerando sua recente implementação por meio da MP 1.205/2023, como também a recente aprovação do PL 914/2024 pelo Congresso Nacional, espera-se que em breve o programa estabeleça tais metas. Essa expectativa decorre do fato de que o programa anterior, Rota 2030, que apresentava metas e avaliação de resultados.

96. Em função de seu objetivo de incentivar a exploração e implementação de propulsões alternativas à combustão, como veículos híbridos e elétricos, destaca-se como exemplo do programa Rota 2030 a linha “V – Biocombustíveis, Segurança Veicular e Propulsão Alternativa à Combustão”, que tem o acompanhamento dos indicadores propostos: semestralmente, para indicadores de esforços; anualmente, para indicadores de resultados; e ao final do 3º ano e ao final do 5º ano, para indicadores de impacto. Como coordenadora de três linhas do Rota 2030, a Fundação de Apoio da UFMG (Fundep) avaliou a mencionada linha V, que continha objetivos específicos, metas e indicadores, conforme relatório referente ao segundo semestre de 2023 (Fundep, 2024).

97. Diante do exposto, verifica-se que o programa Mover explicita em ato normativo diretrizes e objetivos. Todavia, não foram ainda identificadas metas de alcance de resultado estipuladas para o alcance dos objetivos. Assim, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

IV.3. Implementação

IV.3.1. Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?

98. Por meio da Portaria GM/MDIC 43, de 26/3/2024, o governo federal publicou a primeira regulamentação do programa Mover, estabelecendo normas complementares à MP 1.205/2023, relativas ao regime de incentivos à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento e de produção tecnológica do Programa. Com isso, as empresas do setor automotivo interessadas já puderam se habilitar à concessão dos créditos financeiros relativos ao Programa.

99. Em 9/4/2024, o MDIC publicou 23 portarias de habilitação de empresas do setor automotivo no programa Mover, sendo a maioria das autorizações iniciais para fabricantes de veículos e autopeças que já produzem no país. Conforme informado pelo governo federal, outros dezoito pedidos permanecem em análise técnica, sendo onze para projetos de desenvolvimento, incluindo novas plantas, novos modelos e realocação de fábricas; e três para serviços de pesquisa de empresas que não fazem carros nem componentes, mas têm centros de P&D e laboratórios no país. As outras quatro são empresas com fábricas já em funcionamento (Brasil, 2024d).

100. Embora iniciada, a regulamentação do Programa ainda deve tratar de importantes questões. Segundo o governo federal, entre os decretos e portarias a serem publicados nas próximas semanas está o que define as alíquotas do IPI Verde (tributação de acordo com os níveis de sustentabilidade dos veículos) e o que estabelece parâmetros obrigatórios para comercialização de carros novos produzidos no país ou importados, relativamente à eficiência energética, à rotulagem veicular, à reciclabilidade e à segurança (desempenho estrutural e tecnologias assistivas à direção) (Brasil, 2024e).

101. Portanto, a política já surtiu o efeito almejado quanto aos incentivos à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento e de produção tecnológica, mas ainda carece de implementação alguns objetivos preconizados no programa Mover e, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

IV.3.2. Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?

102. Conforme relatado anteriormente, a Fundep elaborou relatório contendo os objetivos específicos, metas e indicadores referente à linha “V – Biocombustíveis, Segurança Veicular e Propulsão Alternativa à Combustão” do Rota 2030. No item “Balanço e Acompanhamento de Projetos”, o relatório elenca diversos projetos de P&D relacionados a veículos híbridos e elétricos, seus objetivos, aportes financeiros, empresas participantes e instituições executoras. Entretanto, não há uma avaliação crítica acerca do alcance dos objetivos do programa Rota 2030 (Fundep, 2024).

103. Já em relação ao programa Mover, tendo em vista o seu recente lançamento, ainda não houve tempo hábil para se obter resultados de curto prazo da política pública.

104. Diante disso, os objetivos e resultados de curto prazo da política de fomento à mobilidade elétrica foram alcançados num primeiro momento em relação aos projetos de P&D. Entretanto, a partir do programa Mover, programa que passa a incluir de forma mais ampla a mobilidade elétrica, objetivos e resultados ainda serão perseguidos. Dessa forma, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa implementação**”.

IV.4. Avaliação e estabilidade

IV.4.1. São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?

105. Em relação aos programas anteriores ao Mover, verifica-se que o programa Inovar-Auto teve uma avaliação de impacto realizada em dezembro de 2019 pelo Grupo de Acompanhamento do programa, publicado no sítio do MDIC (MDIC, 2023a).

106. Quanto ao Rota 2030, a Lei 13.755/2018, que criou o programa, instituiu o Grupo de Acompanhamento do Rota 2030, que tinha como um de seus objetivos divulgar, anualmente, relatório com os resultados econômicos e técnicos advindos da aplicação do programa no ano anterior. O sítio do MDIC traz os relatórios produzidos para os anos de 2019 e 2020. Não foram identificadas avaliações referentes aos anos de 2021 e 2022 (MDIC, 2023b).

107. Já para o Mover, a MP 1.205/2023 que criou o programa também instituiu o Grupo de Acompanhamento do programa Mover, que deverá divulgar, anualmente, relatório com os resultados econômicos e técnicos advindos da aplicação do programa no ano anterior. O relatório deverá conter os impactos decorrentes dos dispêndios beneficiados pelo Mover na produção, no emprego, nos investimentos, na inovação e na agregação de valor do setor automobilístico. Tendo em vista o seu recente lançamento, ainda não houve tempo hábil para se obter resultados e avaliações da política pública.

108. Nesse sentido, considerando a existência de previsão legal para a publicação de relatório anual contendo os resultados e desempenho do programa Mover, principal política a ser avaliada na

presente análise, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa Implementação**”.

IV.4.2. As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?

109. Os programas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico e inovação que consideram a propulsão elétrica e híbrida no Brasil vêm sendo praticados desde o lançamento do programa Inovar-Auto, de 2012, passando pelo programa Rota 2030, de 2018, até chegar no atual programa Mover, criado pelo governo federal em dezembro de 2023.

110. Assim, políticas públicas para o fomento de P&D por meio de incentivos fiscais para o setor automotivo podem ser consideradas estáveis no país, resistindo a diversos ciclos políticos.

111. Já em relação ao Mover, principal programa considerado na presente análise, não se pode ter certeza sobre essa estabilidade. Em síntese, o Mover deixa de ser uma política limitada ao setor automotivo para se transformar num programa de mobilidade e logística sustentável de baixo carbono, que inclui, além de veículos leves, ônibus e caminhões. Além disso, o programa contempla um sistema de recompensa e penalização na cobrança de IPI, chamado de tributação verde, a partir de critérios como: energia para propulsão; consumo; potência do motor e reciclabilidade. Tais medidas têm um foco especial para a baixa emissão de GEE, envolvendo claramente a eletrificação da mobilidade como um de seus objetivos.

112. A opção pela descarbonização do setor de transporte e a velocidade para o seu alcance ainda geram debates no país, inclusive questões ligadas à eletrificação da mobilidade.

113. Dessa forma, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa Implementação**”.

V. Quadro Resumo

114. A partir dos fatos e dados narrados e avaliados, atribuiu-se uma pontuação para cada item de avaliação. O resultado é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas à eletrificação da mobilidade

Componente de análise	Item de análise	Eletrificação da Mobilidade
1. Formação da agenda pública	1.1 Existe formação de agenda pública?	3
	1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?	3
2. Institucionalização	2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?	3
	2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?	2
3. Implementação	3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	2
	3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	1
4. Avaliação e estabilidade	4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	1
	4.4 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	1
Agregado		2,00

Fonte: elaboração própria.

115. Diante do exposto, sobre quão avançada é a ação estatal do tema na agenda da transição energética brasileira, conclui-se que a política pública relativa à eletrificação da mobilidade se encontra em **implementação parcial**, com uma nota agregada de **2,00**.

VI. Conclusão

116. No cenário mundial os veículos elétricos são considerados a tecnologia chave para descarbonizar o transporte rodoviário, um setor que é responsável por cerca de um sexto das emissões globais. No entanto, apesar do enorme crescimento na China, em alguns países europeus e em parte dos EUA, as vendas de veículos elétricos nos países em desenvolvimento têm sido lentas, principalmente devido aos elevados custos de aquisição e à falta de infraestrutura de carregamento.

117. Ainda assim, mesmo que de forma incipiente, a eletrificação da mobilidade já pode ser considerada uma realidade no Brasil. Conforme relatado, mais de 250.000 veículos leves eletrificados foram licenciados no país de 2012 a março de 2024, representando cerca de 7,5% de participação sobre as vendas domésticas totais de automóveis e comerciais leves. Em 2024, diversas montadoras anunciaram vultuosos investimentos em modelos eletrificados. Alguns ônibus elétricos já circulam país, especialmente nas capitais. Além de iniciativas estaduais e municipais para a eletrificação do transporte coletivo, o Novo PAC Seleções divulgou investimentos na aquisição de 2.529 ônibus elétricos para as cidades habilitadas no programa.

118. Além do Novo PAC, grandes programas estruturantes como o Nova Indústria Brasil e o Programa de Transformação Ecológica contêm mecanismos para o adensamento tecnológico e produtivo do setor automotivo, o que inclui a eletrificação da mobilidade.

119. O programa Mover, lançado em dezembro de 2023, é a principal política pública setorial destinada ao fomento de uma mobilidade sustentável, tendo como um dos objetivos reduzir as emissões de CO₂ no país. Por meio de incentivos fiscais para empresas desenvolverem e fabricarem tecnologia de transporte rodoviário de baixas emissões, o Mover inclui a eletrificação tanto de veículos leves como de ônibus e caminhões. Os R\$ 19,3 bilhões em benefícios fiscais para a indústria até 2028 não serão condicionados pelo modelo dos carros em questão, optando-se, dessa forma, pela diversidade tecnológica.

120. O Brasil apresenta vantagens importantes no contexto mundial que busca a diminuição das emissões de GEE no setor de transportes. Por um lado, a experiência no uso de biocombustíveis está consolidada, podendo ser cada vez mais utilizada na descarbonização. Por outro, a matriz elétrica brasileira, proveniente em sua maioria de hidrelétricas, solares e eólicas, permite o fornecimento de energia limpa para a eletrificação. Todavia, o país enfrenta dificuldades relevantes quanto ao preço final dos veículos, aos investimentos necessários à infraestrutura de recarga e à regulação do uso da energia elétrica.

121. O PNE 2050 considera que ainda não é possível definir precisamente a velocidade em que ocorrerá a descarbonização do transporte no país. Defende a adoção de *roadmap* realista para adoção da eletromobilidade, monitorando e revisando regularmente as condições de mercado e inovações tecnológicas, de modo a evitar políticas que promovam trancamento tecnológico (*lock-in*), possibilitando a competição entre as rotas tecnológicas.

122. Para que ocorra a disseminação dos veículos híbridos recarregáveis (*plug-in*) e elétricos, é necessário que exista uma infraestrutura de recarga elétrica adequada, o que requererá investimentos significativos. O custo é particularmente elevado para veículos pesados, o que encarece a eletrificação de ônibus e caminhões, dificultando sua inserção em cidades menores e áreas rurais. Além disso, é notório que países em desenvolvimento vão precisar de um tempo maior e de evoluções tecnológicas que auxiliem na diminuição dos custos.

123. O presente exame permitiu concluir que as políticas de fomento à eletrificação da mobilidade fazem parte da agenda pública brasileira e foram institucionalizadas. Sua implementação, avaliação e estabilidade necessitam, em certos aspectos, de evolução.

124. A tradição brasileira com a produção de biocombustíveis e o desenvolvimento de tecnologias automotivas para melhor aproveitá-los leva ao entendimento de que o processo de eletrificação da matriz de transportes brasileira deve seguir um caminho diferente daquele observado nos EUA, China e União Europeia, que deixaram clara sua escolha pela eletrificação como rota principal. Nesse sentido, especialistas defendem que o uso combinado dos biocombustíveis e da eletricidade é o caminho ideal para o momento.

125. Nesse sentido, estudos desenvolvidos pelo setor automobilístico, como o da Anfavea, relatado na presente análise, apresentam possíveis cenários para a descarbonização do transporte no país, a depender do fomento à utilização das tecnologias, especialmente quanto à eletrificação e aos biocombustíveis.

126. Discursos e iniciativas do governo federal indicam que a eletrificação da mobilidade no Brasil se dará de maneira gradual, onde haverá a coexistência de veículos à combustão, veículos elétricos híbridos e veículos elétricos a bateria por alguns anos. É possível que, num primeiro momento, a eletrificação na frota ocorra por meio de veículos híbridos, onde os veículos leves devem contar com o desenvolvimento desta tecnologia associada à motorização *flexfuel*, não descartando, contudo, a oferta de veículos elétricos puros, cabendo ao mercado e ao consumidor definir qual a tecnologia mais adotada. Já para os veículos pesados a tendência é que a eletrificação ocorra a partir de nichos de mercado.

127. As propostas anunciadas não fazem uma opção quanto à tecnologia principal a ser desenvolvida, o que pode causar incertezas nos setores envolvidos. Parece consenso que, a curto prazo, o país deve aproveitar sua capacidade na utilização dos biocombustíveis e, a longo prazo, a eletrificação da mobilidade será a tecnologia dominante. Todavia, o ritmo da adoção dos veículos elétricos na matriz de transportes a curto e médio prazos ainda não está clara.

128. A existência de um direcionamento estratégico tende a proporcionar segurança, ganhos de escala e sustentabilidade. Nesse sentido, é essencial a atuação do governo federal como agente indutor da necessária descarbonização do transporte no atual contexto da transição energética, de forma a acelerar o caminho rumo ao transporte limpo e sustentável.

129. Por fim, apresenta-se na Tabela 6 os principais desafios a serem enfrentados pelo país em relação à eletrificação da mobilidade, extraídos da presente análise.

Tabela 6: Situação atual das políticas públicas para eletrificação da mobilidade e seus desafios

Situação atual	Desafios
Não há uma estratégia claramente definida para a eletrificação da mobilidade.	Estabelecer uma estratégia a curto e médio prazos para a eletrificação da mobilidade.
Infraestrutura pública de carregamento insuficiente.	Investir na disponibilidade de infraestruturas de carregamento, aumentando o número e a distribuição geográfica dos pontos de recarga, como também a velocidade e a potências dos carregadores.
Alto custo dos veículos elétricos.	Fomentar a diminuição do custo dos veículos elétricos.
Baixa eletrificação do transporte público.	Acelerar a eletrificação do transporte público por meio da substituição dos veículos movidos a combustíveis fósseis.
Não há políticas específicas para impulsionar a adoção de caminhões elétricos.	Fomentar políticas para impulsionar o mercado de caminhões elétricos.

Fonte: elaboração própria, a partir das evidências trazidas no texto.

SIGILOSOSO

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

VII. Referências

- IEA, 2023. Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach/a-renewed-pathway-to-net-zero-emissions#abstract>, Licença: CC BY 4.0
- IEA, 2024. Global EV Outlook 2024, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>, Licença: CC BY 4.0
- IEA, 2021. *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>, Licença: CC POR 4,0
- FGV, 2017. FGV Energia, Carros Elétricos. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/items/4de628e8-710b-4607-8c47-c96ae4fdfbcb>
- SAE Symposium, 2021. Simpósio SAE Brasil Bio Fuel, Challenges of the Brazilian technological route in the global context.
- AEA, 2020. Roadmap Tecnológico Automotivo Brasileiro. Disponível em: <https://aea.org.br/inicio/wp-content/uploads/2020/12/WhitePaperRoadmap.pdf>
- Volkswagen, 2021. Estado da Arte da Eletrificação dos Veículos e seus Gargalos. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/apresentacoes-palestras/2019/arquivos/seminario-futuro-da-matriz-veicular-no-brasil/04-marco_saltini-volkswagen.pdf/view
- FGV, 2022. A Transição Energética no Setor de Transportes para Nações em Desenvolvimento: A Perspectiva Brasileira. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/items/da78b996-605e-4593-b1e3-ffb1178e61cb>
- BNDES, 2021. Relatório BNDES Gás para o desenvolvimento – perspectivas de oferta e demanda no mercado de gás natural no Brasil. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/publicacoes/relatorios/relatorio-gas-2020>
- ABVE, 2024. Eletrificados crescem 145% no trimestre. Disponível em: <https://abve.org.br/eletrificados-crescem-145-no-trimestre-e-tem-segundo-melhor-mes-da-historia/>
- Projeto PROMOB-e, 2018. Projeto Sistemas de Propulsão Eficiente – Promob-e. Sistematização de Iniciativas de Mobilidade Elétrica no Brasil. Autor: Fernando Antônio de Sant’Ana Fontes. Estudo elaborado sob demanda da GIZ (Agência Alemã de Cooperação Internacional) e do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC).
- EPE, 2020. Plano Nacional de Energia 2050 – PNE 2050.
- Tupinambá, 2024. Disponível em: <https://tupinambaenergia.com.br/mobilidade-eletrica/>
- Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2024/maio/novo-pac>
- Brasil, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica>
- BRASIL, 2024c. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2024/03/governo-envia-ao-congresso-pl-que-institui-o-programa-mover>
- Brasil, 2024d. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2024/04/mdic-habilita-as-primeiras-23-empresas-no-programa-mover>

Brasil, 2024e. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/vice-presidencia/central-de-conteudo/noticias/empresas-automotivas-ja-podem-se-habilitar-no-mover>

EPBR, 2024. Disponível em: <https://epbr.com.br/bndes-e-parana-iniciam-estruturacao-de-projeto-de-vlt-eletrico-em-curitiba/>

Brasil, 2024. Plano de Ação para a Neointustrialização 2024-2026. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/Arquivos/PlanosDeAcao/PACTI_Sumario_executivo_Web.pdf.

AEA, 2023. Eletromobilidade – Veículos Eletrificados, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva. Disponível em: https://aea.org.br/inicio/wp-content/uploads/2023/12/cartilha_eletromobilidade.pdf.

MDIC, 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/innovar-auto/consulta-publica-innovar-auto>.

MDICb, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/consulta-rota2030>

ABVE, 2022. Disponível em: <https://abve.org.br/leia-a-integra-da-nova-carta-da-eletromobilidade/>

Fundep, 2024. Relatório Semestral e de Encerramento de Projeto ou Programa Prioritário, 2º semestre de 2023, linha “V – Biocombustíveis, Segurança Veicular e Propulsão Alternativa à Combustão”. Disponível em: <https://mover.fundep.ufmg.br/wp-content/uploads/2024/02/Relatorio-LV-2º-Semestre-de-2023.pdf>

MDIC, 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2023/dezembro/rograma-de-mobilidade-verde-e-lancado>

MDIC, 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/grupo-de-acompanhamento-do-programa-rota-2030-mobilidade-e-logistica>

AUDITORIA OPERACIONAL NA POLÍTICA DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE DADOS

Questão 4: *Quão avançada é a ação estatal nos principais temas da agenda da transição energética brasileira?*

Tema avaliado: **Energia Nuclear**

I. Visão Geral

I.1. Introdução

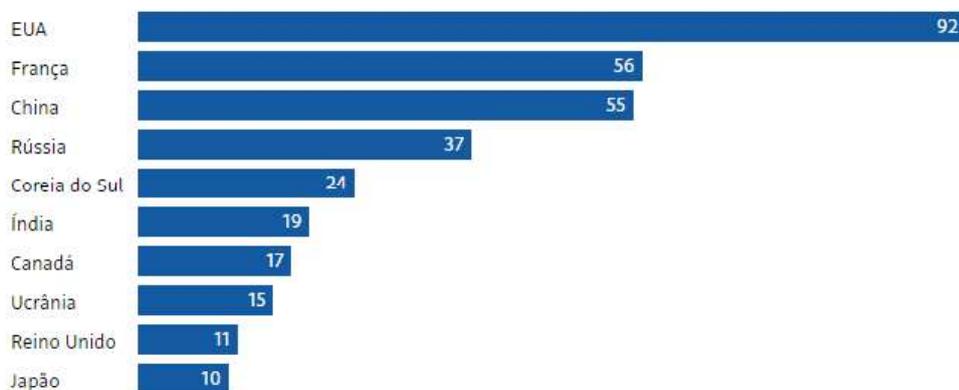
1. No Cenário de Emissões Líquidas Zero até 2050 da Agência Internacional de Energia (IEA), a energia nuclear, apesar de ser uma fonte não-renovável, desempenha papel significativo em vista da não utilização de combustíveis fósseis em seu processo de produção, tendo **emissões de gases do efeito estufa (GGE) quase nulos**. Além disso, usinas nucleares ocupam áreas relativamente pequenas, podem ser instaladas próximas aos centros consumidores e não dependem de fatores climáticos para o seu funcionamento.

2. Nesse sentido, para uma descarbonização mais rápida e segura do setor energético global neste momento de transição, a energia nuclear, por ser uma fonte de eletricidade despachável, capaz de ser programada sob demanda de acordo com as necessidades do mercado, pode ajudar a garantir sistemas elétricos seguros e diversificados. Outro ponto considerado favorável é que o principal mineral utilizado em usinas nucleares, o **urânio**, é abundante em reservas exploráveis, não oferecendo riscos de escassez em médio prazo. Os países com maior potencial de recursos de urânio são: Austrália, Cazaquistão, Canadá, Rússia, Namíbia, África do Sul, Níger, Brasil e China (WNA, 2023).

3. A energia nuclear, responsável por 10% da geração global de eletricidade, com cerca de 413 gigawatts (GW) de capacidade operando em 32 países, é a segunda maior fonte de energia de baixo carbono no mundo, atrás apenas da hidroeletricidade. Ela contribui para a descarbonização ao evitar 1,5 gigatoneladas (Gt) de emissões globais por ano (IEA, 2022).

4. Atualmente, os Estados Unidos lideram em número de reatores ativos, com 92, seguidos pela França, com 56 reatores responsáveis por 70% de toda a eletricidade do país.

Figura 1 – Países com mais reatores



Fonte: Folha, 2024a, a partir de dados da IEA.

5. Segundo a IEA, para avançar no cenário Net Zero, a capacidade nuclear global precisaria de se expandir em cerca de 15 GW por ano, em média (pouco mais de 3% de crescimento anual) até

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

2030, ajudando a manter a quota da energia nuclear na produção de eletricidade em cerca de 10% (IEA, 2023).

6. Na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP28) de Dubai, realizada em dezembro de 2023, 22 países, incluindo Estados Unidos, França e Japão, assinaram uma declaração conjunta para **triplicar a capacidade de energia nuclear até 2050**. De acordo com levantamento do *World Nuclear Association*, sessenta usinas estão em desenvolvimento em dezessete países, e planos para outras 110 já foram anunciados. A China lidera com folga em números de reatores em desenvolvimento, com 28,88 GW de capacidade líquida em construção, cerca de metade da capacidade em desenvolvimento no mundo (WNA, 2024).

7. Vale mencionar que essa retomada nos investimentos para a energia nuclear também decorre de questões geopolíticas, especialmente em razão de implicações da guerra entre Rússia e Ucrânia, que trouxe preocupações relacionadas à segurança energética.

8. Apesar de sua capacidade de produzir energia com baixíssima emissão de CO₂, como também contribuir para a segurança da eletricidade enquanto fonte de energia despachável, a adoção crescente da energia nuclear está longe de ser uma unanimidade. Com grandes custos iniciais, longos prazos de entrega e um histórico de atrasos na conclusão dos projetos, a fonte compete com alternativas de instalação mais rápida, como gás natural, eólicas e solares.

9. Mais relevante que isso, as usinas nucleares enfrentam **oposição pública** em muitos países em razão da produção de resíduos radioativos e, sobretudo, após os acidentes de após os acidentes de Three Mile Island (1979), nos Estados Unidos, Chernobil (1986), na antiga União Soviética, e Fukushima (2011), no Japão, que criaram uma sensação de insegurança em torno da produção de energia nuclear. A Alemanha, por exemplo, adotou a política de desativar todas as suas usinas, sendo as três últimas descomissionadas em 2023.

10. Para além das usinas nucleares tradicionais, vem sendo desenvolvida tecnologia para a produção de **pequenos reatores modulares (SMRs)**. Com capacidade inferior a 300 MW por reator, os SMRs são mais fáceis e rápidos de construir do que os grandes reatores convencionais. Cerca de oitenta projetos estão atualmente em desenvolvimento, incluindo vários projetos que já estão em operação. Podem ser construídos em fábrica e transportados para o local final, encurtando os prazos do projeto e reduzindo potencialmente o risco de construção e os custos de financiamento (IEA, 2023).

11. Além de ser importante para a descarbonização de setores industriais difíceis de abater emissões, SMRs podem ser uma alternativa para diversos setores, como: na produção de hidrogênio de baixa emissão; na produção de combustíveis sintéticos; na geração de energia para Data Centers – em função da crescente demanda por energia gerada pela ascensão da Inteligência Artificial; e, especialmente para o Brasil, na geração de energia para sistemas isolados. Vale mencionar que SMR deve ser entendido com um conceito, não englobando, portanto, uma tecnologia única, mas um conjunto de tecnologias de reatores de fissão nuclear com significativa diversidade tecnológica, ainda em construção.

12. Ainda que seja imediatamente associada à geração de eletricidade (seu uso comercial em maior escala), a energia nuclear tem um amplo leque de produtos e serviços relevantes para outros setores, tais como: medicina nuclear, radioisótopos, irradiação de alimentos, controle de pragas, monitoramento de erosão de solos, marcadores industriais, fornecimento de vapor residual (calor de processo), dessalinização, geração de hidrogênio, defesa (submarino com propulsão nuclear) (EPE, 2020).

I.2. Geração de energia por uma usina nuclear

13. Os átomos de alguns elementos químicos apresentam a propriedade de, através de reações nucleares, transformar massa em energia. O processo ocorre espontaneamente em alguns elementos,

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

porém em outros precisa ser provocado através de técnicas específicas. Existem duas formas de aproveitar essa energia para a produção de eletricidade: a fissão nuclear, onde o núcleo atômico se divide em duas ou mais partículas, e a fusão nuclear, na qual dois ou mais núcleos se unem para produzir um novo elemento. A fissão do átomo de urânio é a principal técnica empregada para a geração de eletricidade em usinas nucleares. É usada em mais de 400 centrais nucleares em todo o mundo (Eletronuclear, 2024a).

14. Para que a fissão aconteça, é preciso "bombardear" o núcleo do átomo – muito rígido e estável – com um nêutron acelerado, que vai romper com o equilíbrio daquela estrutura. Depois desse choque, o núcleo se divide em dois menores e gera um excedente de nêutrons, que vão atingir outros átomos nos arredores. Tem-se, assim, uma reação em cadeia, que ocorre em uma fração de segundo. Cada vez que essa reação acontece, há a liberação de uma grande quantidade de energia térmica e radiação.

15. Atualmente, o único método usado é a fissão, mas pesquisadores de todo o mundo estudam como viabilizar a fusão atômica para a geração de eletricidade. Segundo a Associação da Indústria de Fusão, que reúne 36 empresas, o setor já recebeu investimentos de US\$ 6 bilhões, sendo US\$ 1,4 bilhão em 2023.

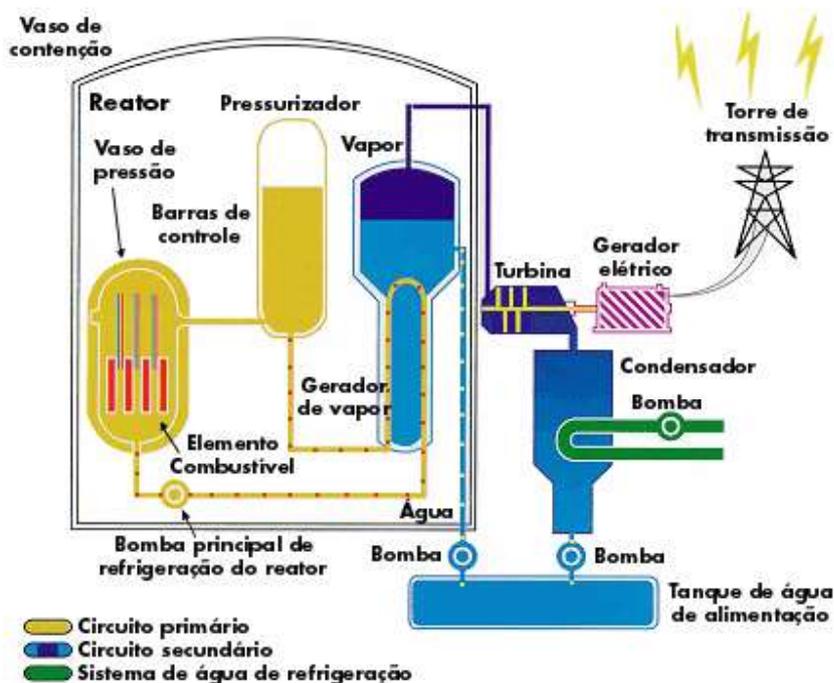
16. O funcionamento de uma usina nuclear, conforme informações obtidas no sítio da Eletronuclear, é descrito da seguinte forma:

A fissão dos átomos de urânio dentro das varetas do elemento combustível aquece a água que passa pelo reator a uma temperatura de 320 graus Celsius. Para que não entre em ebulição – o que ocorreria normalmente aos 100 graus Celsius –, esta água é mantida sob uma pressão 157 vezes maior que a pressão atmosférica.

O gerador de vapor realiza uma troca de calor entre as águas deste primeiro circuito e a do circuito secundário, que são independentes entre si. Com essa troca de calor, a água do circuito secundário se transforma em vapor e movimenta a turbina - a uma velocidade de 1.800 rpm - que, por sua vez, aciona o gerador elétrico. Esse vapor, depois de mover a turbina, passa por um condensador, onde é refrigerado pela água do mar, trazida por um terceiro circuito independente. A existência desses três circuitos impede o contato da água que passa pelo reator com as demais.

Uma usina nuclear oferece elevado grau de proteção, pois funciona com sistemas de segurança redundantes e independentes (quando somente um é necessário) (Eletronuclear, 2024).

Figura 2 – Funcionamento de uma central nuclear



Fonte: (Eletronuclear, 2024a)

I.3. A energia nuclear no Brasil

17. O Brasil tem duas usinas nucleares em operação (Angra 1 e Angra 2) e uma em construção (Angra 3). A opção tecnológica foi por reatores a água pressurizada (do inglês *pressurized water reactor* - PWR), a tecnologia mais adotada em todo o mundo, com mais de 60% das usinas em operação. As usinas Angra 1 e Angra 2 correspondem a cerca de 1,7% da capacidade instalada do país e por quase 3% da energia gerada, nos últimos anos, com altos índices de disponibilidade de geração e confiabilidades, vital para o equilíbrio do Sistema Interligado Nacional (SIN) (EPE, 2020).

18. A construção de Angra 3 foi iniciada há quarenta anos e paralisadas em 1986. Retomadas em 2009, as obras foram novamente paralisadas em 2015 devido a uma série de fatores, entre eles aumento de custos das obras, atrasos no cronograma, atrasos nos licenciamentos, déficit financeiro e orçamentário, problemas associados ao financiamento, além de irregularidades identificadas por desdobramentos da Operação Lava-Jato. Sua construção foi retomada em 2022 e novamente paralisada em 2023, por dificuldades operacionais do consórcio contratado para conclusão das obras civis (Eletronuclear, 2024c).

19. Angra 3 será capaz de gerar mais de 12 milhões de megawatts-hora por ano, o suficiente para atender 4,5 milhões de pessoas. Deste modo, a energia nuclear passaria a gerar o equivalente a 60% do consumo do estado do Rio de Janeiro e 3% do consumo do Brasil. O montante investido até agora é de R\$ 7,8 bilhões, e para concluir a usina serão necessários cerca de R\$ 20 bilhões. 65% da obra já foi realizada e estima-se que Angra 3 possa entrar em operação no final de 2028 (Eletronuclear, 2024b).

Figura 3 – Principais reservas de urânio

20. O Brasil possui a oitava maior reserva de urânio do mundo, com 276.800 mil toneladas – 5% das reservas mundiais (WNA, 2023), mesmo considerando que grande parte do território nacional não tenha sido prospectado. Segundo a EPE, o País domina a tecnologia do ciclo do combustível nuclear, desde a mineração até a montagem do elemento combustível. Atualmente, uma única etapa do ciclo do combustível (a conversão e parte do enriquecimento) tem sido realizada no exterior por

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores



questões de escala. Adicionalmente, são desenvolvidas no Brasil pesquisas em reatores e aplicações da energia nuclear, tais como o Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) e o submarino com propulsão nuclear (EPE, 2020).

Fonte: Indústrias Nucleares do Brasil (INB)

II. A Política Nuclear Brasileira (PNB)

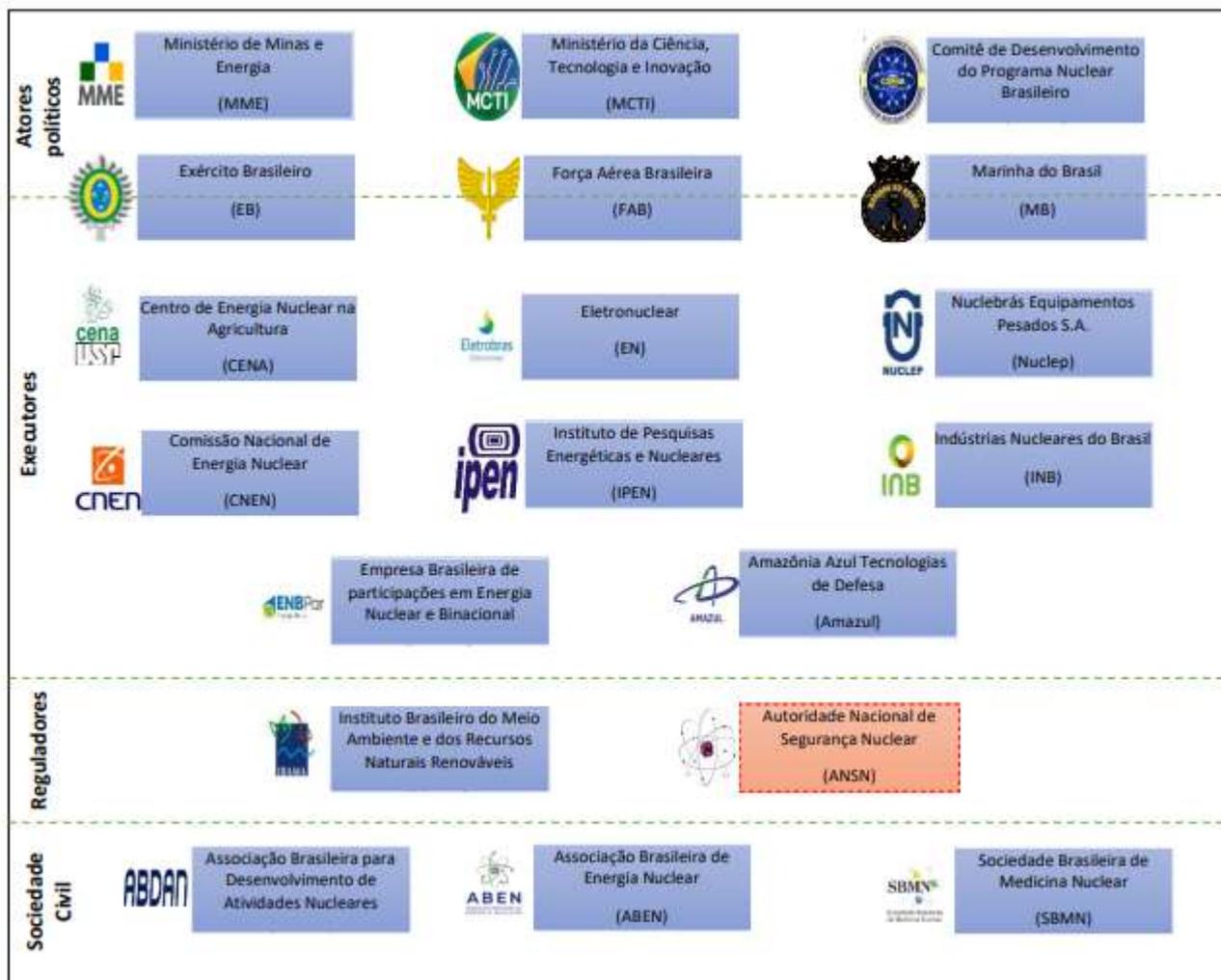
21. O projeto nuclear brasileiro, cujas atividades de pesquisa se iniciaram ao final dos anos 1930, passou por significativas mudanças, interrupções e retomadas. A organização da área nuclear no país envolve atualmente responsabilidades compartilhadas por diversas entidades, por sua vez subordinadas a

diferentes órgãos e ministérios.

22. O **Decreto 9.600/2018** consolidou as diretrizes sobre a **Política Nuclear Brasileira (PNB)**, com a finalidade de orientar o planejamento, as ações e as atividades nucleares e radioativas no país, em observância à soberania nacional, com vistas ao desenvolvimento, à proteção da saúde humana e do meio ambiente. Estabeleceu como diretrizes: a busca da **autonomia tecnológica** nacional; a cooperação internacional para o uso pacífico da tecnologia nuclear; o incentivo à **agregação de valor nas cadeias produtivas** relacionadas ao setor, em especial, aos produtos destinados à exportação; e o estímulo à sustentabilidade econômica dos projetos no setor nuclear. Elencou, ainda, dezenove objetivos gerais para a área nuclear, cinco objetivos específicos do setor de mineração nuclear e sete objetivos específicos relativos à indústria do setor nuclear.

23. Os principais atores do setor nuclear nacional estão mapeados na Figura 4. Completam a cadeia produtiva do seguimento nuclear laboratórios, comissões, centros de pesquisa e instituições educacionais.

Figura 4 – Atores envolvidos na Política Nuclear Brasileira



Fonte: Relatório de Avaliação da Política Nuclear, ciclo 2022 (CMAP, 2022).

24. Especialmente em razão da edição de normativos mais recentes, destaca-se a seguir a competência dos principais atores envolvidos na formulação, implementação e regulação das políticas relacionadas à energia nuclear.

25. A **Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)**, vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), foi criada por meio da Lei 4.118/1962 para o desenvolvimento da PNB, com a responsabilidade de regular, licenciar e fiscalizar a produção e a utilização da energia nuclear no Brasil. Com a criação da **Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN)**, por meio da Lei 14.222/2021, a estrutura da CNEN foi desmembrada em duas autarquias distintas: a CNEN, para dar continuidade à promoção das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, além de radioproteção e segurança nuclear; e a ANSN, novo órgão responsável pela regulação, licenciamento e fiscalização do setor.

26. Segundo o MME, a criação da ANSN irá organizar o setor nuclear conforme as exigências internacionais de governança, tendo sido uma necessidade apontada pela Agência Internacional de Energia Atômica, permitindo que os setores de pesquisa e desenvolvimento e regulação atuem de forma separada com interlocutores distintos e trazendo benefícios para ambas as autarquias (MME, 2021).

27. Apesar de a criação da ANSN ter ocorrido em outubro de 2021, a Agência somente passará a ter vigência a partir da nomeação do seu diretor-presidente, o que ainda não ocorreu. Relatório de Acompanhamento realizado pelo TCU recomendou à Casa Civil da Presidência da

República que adote as medidas necessárias para a indicação de nome para o cargo de diretor-presidente da ANSN com a maior brevidade possível. Também deverá ocorrer o subsequente encaminhamento desse nome à apreciação do Senado Federal, de modo que a Lei 14.222/2021 passe a ter plena vigência e que seja dado início de fato à estruturação da referida Autoridade Nacional (Acórdão 240/2024-TCU-Plenário, relatoria do Min. Aroldo Cedraz).

28. O Decreto 9.828/2019, dispõe sobre o **Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro (CDPNB)**, órgão de assessoramento ao Presidente da República, e estabelece como sua competência: a **formulação de políticas públicas** relativas ao setor nuclear e a proposição de aprimoramentos ao Programa Nuclear Brasileiro; e a supervisão do planejamento e a execução de ações conjuntas de órgãos e entidades relativas ao desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro.

29. A **Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB)** é uma empresa pública vinculada ao MME. É responsável pela **execução do monopólio da União** sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento e reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares, tendo como missão produzir o combustível nuclear que é vendido para a Eletronuclear, que abastecem as usinas nucleares brasileiras.

30. A INB, contudo, **não realiza integralmente o ciclo de produção do combustível nuclear**. Uma das recomendações constantes do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) sobre a geração de energia nuclear, inclusive, se refere ao desenvolvimento da cadeia produtiva no Brasil para preservar a segurança do fornecimento de combustível, ao reduzir a dependência externa das usinas termonucleares no Brasil. De igual modo, o Decreto 9.600/2018, que consolida as diretrizes da PNB, traz como objetivo específico relacionado à indústria do setor nuclear o desenvolvimento e a manutenção de todas as etapas do ciclo do combustível.

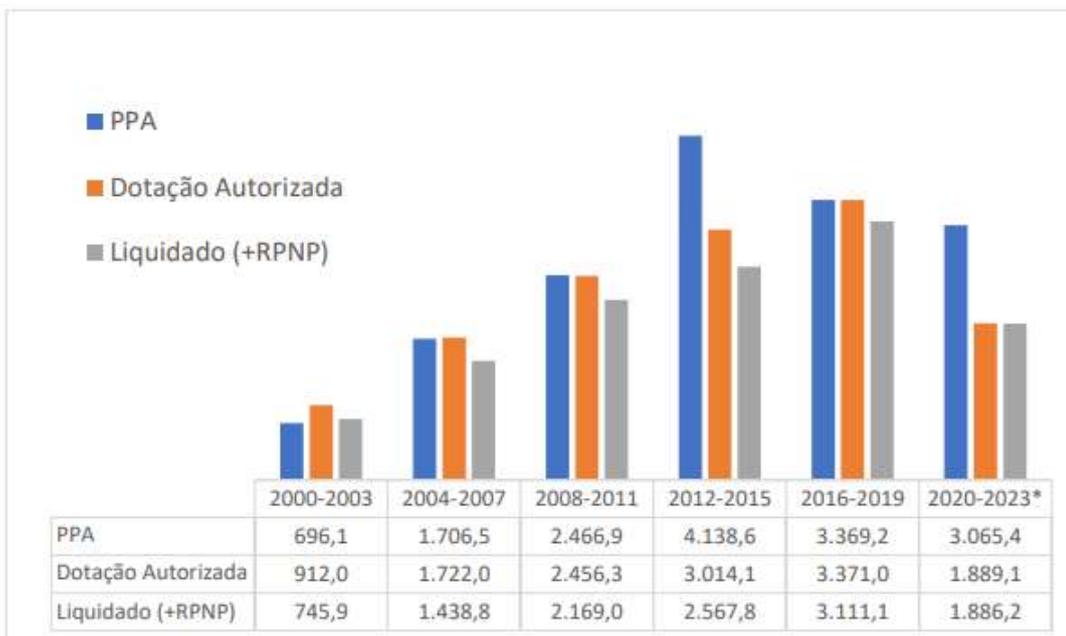
31. Com a edição da Lei 14.514/2022, são permitidos novos modelos de associação entre a INB e parceiros privados na exploração de jazidas de urânio, e criadas novas oportunidades de negócio. Isso indica uma direção para a **flexibilização do monopólio** na exploração de minérios nucleares, permitindo que empresas privadas exerçam atividades de pesquisa e lavra desses minerais em determinadas condições. Recentemente, o TCU realizou auditoria sobre essa matéria, tendo expedido recomendações à INB visando fortalecer sua sustentabilidade econômico-financeira, incluindo a realização de estudos à expansão de receitas em função das novas possibilidades advindas da Lei 14.514/2022 (Acórdão 2.473/2023-TCU-Plenário, relatoria do Min. Benjamin Zymler).

32. Em relação à **execução orçamentária e financeira** do programa Política Nuclear, o Relatório de Avaliação da Política Nuclear, ciclo 2022, do Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas (CMAP, 2022), oferece uma abrangente avaliação do desempenho das ações relativas a questões nucleares sob a perspectiva dos programas governamentais do Plano Plurianual (PPA), no período de 2000 a 2021. Essa análise propicia a compreensão das diretrizes, objetivos e metas da administração pública federal em relação aos investimentos na Política Nuclear.

33. Para uma visão mais ampla dos valores envolvidos na Política Nuclear, o Gráfico 1 apresenta um comparativo dos seis ciclos dos PPAs analisados. Verifica-se que houve um aumento gradativo a cada ciclo do PPA, tanto da dotação autorizada como da execução do Programa Nuclear.

Gráfico 1 – Comparativo do PPA, dotação e execução do Programa Nuclear – 2000 a 2021

(R\$ Milhões)



Valores de 2000 a 2019 deflacionados pelo IPCA de maio/2022. Elaboração: SOF.

*Valores de execução orçamentária até dezembro/2021.

Fonte: Relatório de Avaliação da Política Nuclear, ciclo 2022 (CMAP, 2022), a partir de SIOPE e <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa>.

34. O PPA 2024-2027 traz como um de seus eixos o “Desenvolvimento econômico e sustentabilidade socioambiental e climática”, que apresenta entre seus programas a “Política Nuclear”.

35. Ao contextualizar a Política Nuclear e listar seus objetivos geral e específicos, o PPA 2024-2027 destaca que **o Brasil está entre os doze países que dominam a tecnologia do ciclo de combustível nuclear, como também entre os três que dispõem de reservas de urânio** para exploração comercial. Nesse cenário, o país teria todas as condições para exercer um papel de destaque na cadeia produtiva internacional, de alto valor agregado, além de garantir sua autonomia em escala industrial.

36. O Plano coloca como desafios para o país: a insuficiência de infraestrutura, de recursos humanos especializados e de instrumentos normativos para atender às demandas por tecnologias e aplicações na área nuclear; e a melhora do aproveitamento do potencial nuclear, resultando em uma maior oferta de produtos e serviços derivados da tecnologia nuclear. Apresenta como objetivo geral do programa “promover o desenvolvimento da tecnologia nuclear e suas aplicações para ampliar a capacidade de oferta de produtos e serviços, para atender a demanda e os benefícios dos usos pacíficos da energia nuclear e das radiações ionizantes, de forma segura e sustentada”.

37. Como um de seus objetivos estratégicos, o PPA inclui o de “garantir a segurança energética do país, com expansão de fontes limpas e renováveis e maior eficiência energética”. A Tabela 1 traz os dois objetivos específicos do programa Política Nuclear relacionados à transição energética.

Tabela 1 – Objetivos e entregas relacionadas à transição energética do Programa Política Nuclear no PPA 2024-2027

Programa	Objetivo Específico	Entregas	Valor (R\$)
Política Nuclear	Ampliar a produção de equipamentos pesados para as indústrias nuclear e de alta tecnologia, aumentando a capacidade nacional no setor	Equipamentos denominados Trocadores de Calor para Eletronuclear	0
	Expandir, implantar e operar o ciclo completo para produção do combustível nuclear em escala capaz de atender a demanda dos reatores nucleares brasileiros e ampliar as oportunidades para exportação de insumos e serviços	Produção de Concentrado de Urânio na Unidade de Concentração de Urânio – BA	0
		Produção de Elemento Combustível (EC)	0
		Produção em Kg UTS da Usina de Enriquecimento de Urânio	0

Fonte: planilhas fornecidas pelo MPO

38. Quanto às perspectivas da energia nuclear no Brasil, o **Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050)**, além de ressaltar a importância da tecnologia nuclear para o abatimento de emissões de GEE, destaca sua capacidade de ampliar a resiliência e a robustez dos sistemas elétricos na transição energética, dado o aumento da participação de fontes renováveis não-despacháveis ou com alta variabilidade de fornecimento.

39. Observa que, apesar da ocorrência restrita de eventos de falhas e danos associados ao uso da tecnologia nuclear, houve a ampliação das regulações de segurança de construção e de operação de usinas term nucleares em todo mundo. Por outro lado, a complexidade dos novos projetos e as novas normas de segurança e licenciamento resultaram na ampliação do tempo de construção e no crescimento dos custos de investimento de novos projetos term nucleares, conduzindo a custos efetivos de projeto superiores aos previstos, dificultando o acesso ao financiamento para novos projetos de energia nuclear.

40. O PNE 2050 salienta que quando mercados de capacidade e de carbono forem estruturados, as usinas term nucleares poderão vender serviços de abatimento de carbono, o que contribuirá para melhorar as análises custo-benefício de novos empreendimentos.

41. Apesar dos condicionantes desafiadores para a geração term nuclear no mundo e no Brasil, é esperado o aumento significativo diante da inevitável expansão da demanda mundial por energia elétrica, dentro de uma necessária condição de baixa emissão de carbono. Nesse contexto, o **PNE 2050 demonstra o empenho do governo brasileiro em estabelecer metas ousadas para a expansão da matriz nuclear**. O plano assinala que, embora o país possua uma matriz limpa, é necessário diversificá-la para assegurar o crescimento econômico em bases sustentáveis.

42. Os exercícios qualitativos relacionados às perspectivas de expansão das usinas term nucleares (UTNs) estão centrados em dois aspectos no horizonte do PNE 2050: o efeito de reduções de custo (de instalação – CAPEX e/ou de operação – OPEX) sobre as perspectivas de inserção de UTNs; e **uma política energética definindo a inserção de 8 GW a 10 GW de UTN**. Ambos tratam do papel da geração nuclear na matriz elétrica e suas implicações para o desenho de estratégia de longo prazo do planejador, no contexto da implementação da PNB.

III. Metodologia

43. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra no Apêndice A – Metodologia das avaliações realizadas.

IV. Avaliação da maturidade

IV.1. Formação de agenda pública

44. A tecnologia nuclear, apesar de suas diversas aplicações no campo civil, nasceu ligada a interesses militares. A organização de uma política de energia nuclear no Brasil se deu, num primeiro momento, no contexto da Guerra Fria e, num segundo momento, durante o regime militar no país. Assim, além do caráter sigiloso envolvido, tem-se o aspecto estratégico. Após a ocorrência de incidentes envolvendo usinas ao redor do mundo na década de 1980, essa política foi descontinuada. Contudo, nos últimos anos, o Brasil tem retomado a agenda da PNB, com a edição das mencionadas Leis 14.222/2021 e 14.514/2022, como também dos Decretos 9.600/2018, 9.828/2019 e 11.142/2022.

45. Diante disso, a avaliação sobre a formação de agenda pública será efetuada considerando este novo marco regulatório que vem se consolidando a partir de 2018.

VI.1.1 Existe formação de agenda pública?

46. Verifica-se que há formação de agenda pública para a regulação e fomento da PNB. O assunto foi objeto de projetos de lei discutidos no Congresso Nacional, nos planos de metas do governo, no processo de elaboração e discussão do PPA 2024-2027, nas decisões orçamentárias, nos vários projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PD&D), reportagens da mídia e outras formas de diálogo que caracterizam a agenda pública, como conferências, congressos e seminários.

47. A Medida Provisória 1.049/2021, que deu origem à lei de criação da ANSN – Lei 14.222/2021, foi objeto de discussão no Senado e na Câmara dos Deputados, onde teve 27 emendas ao projeto. A criação de um órgão regulatório específico para o setor nuclear já vem sendo discutida no Governo Federal desde a década de 1990, quando o Brasil assinou o Protocolo da Convenção de Segurança Nuclear, que prevê a “efetiva separação” entre as funções regulatória e as demais relacionadas ao setor nuclear proposto pela Agência Internacional de Energia Atômica (ACN, 2021).

48. Já a Lei 14.514/2022, que teve origem na MP 1.133/2022, além de amplo debate na Câmara dos Deputados e no Senado, foi objeto de discussão pela sociedade civil, especialmente em função da flexibilização do monopólio estatal na pesquisa e na exploração de minérios nucleares, o que desperta o interesse das empresas do setor.

49. Entre os diálogos mais recentes acerca do tema pode-se destacar:

- O Nuclear Summit 2024, evento promovido pela Associação Brasileira de Desenvolvimento de Atividades Nucleares (Abdan), realizado em abril/2024, debateu as tendências, o futuro e a importância do setor nuclear na economia brasileira, bem como o papel de protagonismo na busca por uma geração de energia mais sustentável e na descarbonização. O evento contou com diversos painéis e palestras de executivos e especialistas, que debateram o atual momento do setor e novas formas para expandir a atividade nuclear no país (ABDAN, 2024);
- 1º Congresso Internacional de Inovação e Tecnologia do Setor Nuclear (Tins), realizado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em dezembro/2023. O evento destaca a importância da indústria nuclear, seus avanços políticos e as iniciativas do setor no Brasil e no mundo (UFRJ, 2023); e
- Seminário Internacional de Energia Nuclear (SIEN) realizado pela Sociedade Brasileira de Biociências Nucleares (SBBN) reúne empresas, academia, institutos de pesquisa, governo e agências reguladoras e tem como objetivo discutir as questões estratégicas para o desenvolvimento nuclear brasileiro, política nuclear e oportunidades de negócios. O SIEN 2023, realizado em novembro/2023, também discutiu temas pontuais como as obras de conclusão de Angra 3, a extensão de Angra 1, a viabilização de parcerias para a mineração de urânio, a expansão da estrutura de enriquecimento de urânio e a fabricação de combustível nuclear, entre outros (SIEN 2023);

50. Vale mencionar a grande quantidade de projetos de pesquisa desenvolvidos em diversas universidades do país. Conforme registrado na plataforma “inova-e”, desenvolvida pela EPE, foram financiados 271 projetos relacionados à energia nuclear no período de 2013 a 2022 (inova-e, 2024).

51. Assim, considera-se que há formação de agenda pública visto que o tema é de interesse governamental e está em discussão e, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de **“3 – Alta implementação”**.

VI.1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?

52. Foi identificada a participação da sociedade civil organizada por meio de duas audiências públicas mais recentes, realizadas pela Comissão de Minas e Energia da Câmara dos Deputados:

- em 8/11/2023, para apresentação do Novo Programa Nuclear Brasileiro, de iniciativa do Dep. Julio Lopes, com participação da Associação Brasileira para Desenvolvimento de Atividades Nucleares (Abdan); da Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A (Nuclep); da Eletronuclear; da Indústrias Nucleares do Brasil (INB); da Empresa Brasileira de Participações em Energia Nuclear Binacional (ENBPar); e da Amazônia Azul Tecnologia de Defesas S.A. (Amazul);
- em 28/11/2023, para discutir a situação da ANSN, com participação de representante do TCU. Também foram representados na reunião o MME, a Agência Nacional de Mineração, a Associação dos Fiscais de Radioproteção e Segurança Nuclear e o Instituto Nacional de Eficiência Energética (TCU, 2023);

53. Não obstante, essa participação se restringe a poucos eventos e somente a uma parcela representativa da sociedade civil. Não se identificou a participação e engajamento de representantes de outros setores afetados pela política, como também a participação social dos afetados pela política, na elaboração e discussão das MP 1.049/2021 e MP 1.133/2022, que deram origem a importantes leis para o setor.

54. Assim, considera-se que o processo de formulação e escolha da política teve pequena participação popular e da sociedade civil, o item é avaliado como de **“1 – Baixa implementação”**.

VI.2. Institucionalização

VI.2.1. A política pública está oficializada em ato normativo?

55. Conforme relatado, o Decreto 9.600/2018 consolida as diretrizes sobre a PNB. Anteriormente, a Lei 4.118/1962 já dispunha sobre a política nacional de energia nuclear, com a criação da CNEN para o desenvolvimento da PNB.

56. Recentemente, a Lei 14.222/2021 criou a ANSN, novo órgão responsável pela regulação, licenciamento e fiscalização do setor. O Decreto 11.142/2022 aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança da ANSN.

57. Todavia, conforme relatado anteriormente, apesar de a criação da ANSN ter ocorrido em outubro de 2021, a Agência somente passará a ter vigência a partir da nomeação do seu diretor-presidente, o que ainda não ocorreu. Ou seja, apesar de editada, a Lei 14.222/2021 não está vigendo.

58. Dessa forma, conforme metodologia utilizada, o item é avaliado como de **“2 – Implementação parcial”**.

VI.2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?

59. O Decreto 9.600/2018 consolida as diretrizes sobre a PNB, com a finalidade de orientar o planejamento, as ações e as atividades nucleares e radioativas no país. Estabeleceu **dezenove objetivos gerais** para a área nuclear (art. 5º), dos quais destacam-se: preservar o domínio da tecnologia nuclear no País; e atender às decisões futuras do setor energético quanto ao fornecimento de energia limpa e firme, por meio da geração nucleoeletrônica.

60. Foram também definidos **cinco objetivos** específicos do setor de **mineração nuclear** (art. 6º), dos quais destacam-se: estimular o levantamento geológico, no País, destinado à identificação e à determinação das ocorrências de minerais nucleares; e garantir o atendimento integral da demanda interna de minério nuclear.

61. Definiu-se, ainda, **sete objetivos** específicos relativos à **indústria do setor nuclear** (art. 7º), dos quais destacam-se: desenvolver e manter todas as etapas do ciclo do combustível nuclear em escala industrial; e atender, preferencialmente com a produção nacional, às demandas de material nuclear e de combustível do setor nuclear.

62. Ficou estabelecido que o Comitê de Desenvolvimento do Programa Nuclear Brasileiro (CDPNB) tem as atribuições de fixar, por meio de Resolução, diretrizes e **metas** para o desenvolvimento do PNB e supervisionar a sua execução. O CDPNB é coordenado pelo Gabinete de Segurança Institucional (GSI/PR) e tem como missão assessorar o Chefe do Poder Executivo.

63. Em relação à fixação de metas para o desenvolvimento da PNB, o sítio do GSI/PR menciona que o CDPNB foi essencial para implantação e alcance de importantes ações para o setor nuclear brasileiro, destacando o “estabelecimento de diretrizes e metas para a construção do Centro Tecnológico Nuclear e Ambiental (CENTENA), que abrigará o repositório nacional para guarda definitiva e segura de rejeitos radioativos de baixo e médio nível de radiação”. Não foram encontradas resoluções do CDPNB com fixação de metas para o desenvolvimento do PNB.

64. O **PPA 2024-2027** apresenta como objetivo geral do programa Política Nuclear: promover o desenvolvimento da tecnologia nuclear e suas aplicações para ampliar a capacidade de oferta de produtos e serviços, para atender a demanda e os benefícios dos usos pacíficos da energia nuclear e das radiações ionizantes, de forma segura e sustentada.

65. A Tabela 2 elenca os objetivos específicos do programa Política Nuclear e as metas associadas a cada um deles. Para cada uma das metas foram apresentados indicadores para sua mensuração.

Tabela 2 - Política Nuclear – objetivos específicos e metas

Objetivos específicos	Metas
0180 - Desenvolver a ciência e a tecnologia nucleares e suas aplicações de forma segura, para atender aos diversos usos pela sociedade	0686 - Soma do número de pedidos de patentes depositados no ano com o número de contratos de inovação firmados no âmbito da lei de inovação junto ao setor produtivo no ano
	0687 - Publicar anualmente artigos em revistas indexadas
	0688 - Desenvolver Tecnologias
	0689 - Aumentar o percentual de instalações radiativas e nucleares existentes na CNEN licenciadas
	068A - Avançar na implantação do empreendimento do Laboratório de Fusão Nuclear
0181 - Produzir e fornecer radiofármacos e radioisótopos para atendimento à sociedade	068M - Quantidade de atividade gerada na produção de radioisótopos e radiofármacos fornecidos aos centros de medicina nuclear, medida em mCi/.
	06B6 - Manter a variedade de radioisótopos e radiofármacos que fazem parte do portfólio da CNEN
	06B7 - Manter o número de procedimentos médicos (tratamentos e exames) viabilizados no ano
	06BR - Avançar na Implantação do empreendimento do Reator Multipropósito Brasileiro
0182 - Ampliar a formação especializada de recursos humanos para o setor nuclear	069X - Número de profissionais formados nos cursos de pós-graduação em UTCs da CNEN (com ou sem bolsa de estudo de qualquer origem, inclusive da CNEN) e os alunos formados em outras instituições superior com bolsas de estudo concedidas pela CNEN

	06BH - Manter a concessão de bolsas por ano pela CNEN
	06BL - Manter o número de alunos de pós-graduação (lato e scripto sensu) formados nos cursos da CNEN
0183 - Garantir a proteção radiológica das instalações radiativas e nucleares, a segurança física e nuclear e o controle de materiais nucleares	06A1 - Percentual de instalações radiativas e nucleares controladas, por meio de análise documental e fiscalizações/inspeções
	06BN - Manter o controle das instalações radiativas e nucleares controladas
	06BP - Manter o controle do material nuclear utilizado nas instalações nucleares
	06BS - Avançar na Implantação do Centro Tecnológico Nuclear e Ambiental - CENTENA
0204 - Expandir, implantar e operar o ciclo completo para produção do combustível nuclear em escala capaz de atender a demanda dos reatores nucleares brasileiros e ampliar as oportunidades para exportação de insumos e serviços	06C2 - Taxa de Nacionalização do Ciclo de Combustível Nuclear
	06C4 - Manter a Produção de Concentrado de Urânio na Unidade de Concentração de Urânio – BA
	06C5 - Manter a Produção em Kg UTS da Usina de Enriquecimento de Urânio
	06CK - Realizar a Produção de Elemento Combustível (EC) Conforme Demanda da Eletronuclear
0205 - Ampliar a produção de equipamentos pesados para as indústrias nuclear e de alta tecnologia, aumentando a capacidade nacional no setor	06IO - Aumentar a produção fabril

Fonte: elaboração própria a partir do PPA-2024-2027

66. Contudo, conforme mencionado no item anterior, apesar de a criação da ANSN ter ocorrido em outubro de 2021, a Agência somente passará a ter vigência a partir da nomeação do seu diretor-presidente, o que ainda não ocorreu. Ou seja, apesar de editada, a Lei 14.222/2021 não está vigendo. Esse aspecto compromete o estabelecimento dos objetivos e metas relacionados à regulação, licenciamento e fiscalização do setor.

67. Diante do exposto, o item avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

VI.3. Implementação

VI.3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?

68. A primeira usina nuclear brasileira, Angra 1, entrou em operação em 1985, com potência de 640 megawatts. A segunda, Angra 2, começou a operar em 2001, com 1.350 megawatts de potência. As duas usinas são suficientes para atender 4,5 milhões de pessoas. Salienta-se, entretanto, que Angra 3, apesar de ter sua construção iniciada há quarenta anos, ainda não foi concluída.

69. Já em relação ao novo marco regulatório que vem se consolidando a partir de 2018, verifica-se que muitos dos objetivos estabelecidos pelo Decreto 9.600/2018 ainda não foram atingidos, não surtindo efeitos sobre os beneficiários da política pública. Como exemplo pode-se citar: fomentar a pesquisa e a prospecção de minérios nucleares no País; garantir a autonomia na produção do combustível nuclear, em escala industrial e em todas as etapas do seu ciclo, com vistas a assegurar o suprimento da demanda interna; estimular o levantamento geológico destinado à identificação e à determinação das ocorrências de minerais nucleares; e desenvolver e manter todas as etapas do ciclo do combustível nuclear em escala industrial.

70. Também as alterações promovidas pela Lei 14.514/2022, que permite novos modelos de associação entre a INB e parceiros privados na exploração de jazidas de urânio, autorizando que empresas privadas exerçam atividades de pesquisa e lavra desses minerais em determinadas condições, ainda não teve sua finalidade atingida. Vale ressaltar que a competência para a regulação, a normatização, o licenciamento, a autorização e a fiscalização da segurança nuclear, da proteção radiológica e da proteção física da atividade de lavra de minério nuclear passou a ser da ANSN. Como

a ANSN não foi efetivamente instituída (conforme item 27), os objetivos almejados pela Lei 14.514/2022 ficam prejudicados.

71. Portanto, a política já surtiu o efeito almejado quanto à produção de energia nuclear pelas usinas em atividade, mas ainda carece de implementação alguns objetivos preconizados na nova regulamentação estabelecida e, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

VI.3.2 Objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?

72. No que se refere aos objetivos e resultados estabelecidos a partir da Lei 4.118/1962, que criou a CNEN, verifica-se que o principal objetivo de desenvolvimento da energia nuclear no país e seus resultados foram alcançados, especialmente em vista a conclusão das usinas de Angra 1 e 2.

73. A partir da edição do Decreto 9.600/2018, que consolida as diretrizes sobre a Política, foram estabelecidos dezenove objetivos gerais para a área nuclear (art. 5º), cinco objetivos específicos do setor de mineração nuclear (art. 6º) e sete objetivos específicos relativos à indústria do setor nuclear (art. 7º). A quantidade e amplitude dos objetivos torna a avaliação de cada um deles complexa e inviável na presente análise. Assim, optou-se por utilizar como parâmetro as avaliações realizadas pelo Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas (CMAP), vinculado ao Ministério do Planejamento e Orçamento.

74. O CMAP realizou, em seu ciclo de 2022, a avaliação da PNB e publicou o Relatório de Avaliação da Política Nuclear. Para a avaliação, tendo em vista a complexidade do tema e a diversidade de aspectos passíveis de análise, foram selecionados os seguintes temas relacionados à PNB para composição do escopo da avaliação: pesquisas científicas relacionadas ao setor nuclear; desafios para o alcance da autonomia tecnológica nuclear; execução orçamentária e financeira do PNB; e aprimoramento do marco regulatório associado à energia nuclear em relação à flexibilização do monopólio da União.

75. Em resumo, foram apresentadas as seguintes conclusões relacionadas aos objetivos da presente análise:

- no que se refere à evolução da execução orçamentária nos Planos Plurianuais, observou-se que as ações orçamentárias que compõem o programa têm como objetivo a geração de energia e a ampliação da oferta de produtos e serviços associados à produção nuclear. No período analisado, as ações orçamentárias que integram o ciclo do combustível nuclear e a produção de radiofármacos/radioisótopos apresentam maior importância na execução;
- sobre a atuação da CNEN para o desenvolvimento da C&T nuclear brasileira e o alinhamento às diretrizes da Política Nuclear em relação às pesquisas para o setor, verificou-se a necessidade de **aprimoramento do planejamento estratégico da entidade, com a definição de metas para os objetivos estratégicos, indicadores e projetos estratégicos a serem desenvolvidos**;
- a respeito da contribuição da CNEN para o alcance da autonomia tecnológica na Política Nuclear e os principais desafios, foram identificadas 151 ações relacionadas aos objetivos da PNB, no âmbito das unidades de pesquisa vinculadas à CNEN. Sobre as ações desenvolvidas pela CNEN, verificou-se desafios a serem superados e que estão relacionados aos recursos humanos (diminuição no quadro de profissionais, perda de *know-how*, falta de reposição) e aos investimentos e orçamento insuficientes. Esses aspectos também foram relacionados pela CNEN como **essenciais para o alcance da autonomia tecnológica nacional em relação a ações e atividades em que esse objetivo ainda não foi alcançado**; e
- acerca das iniciativas necessárias para o aprimoramento do marco regulatório associado à energia nuclear, passando pela flexibilização do monopólio da União, pela estrutura organizacional do setor e pela sua regulamentação, **a avaliação verificou que o Brasil deve**

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

almejar um arranjo institucional e regulamentação em todos os níveis normativos, com regras claras que permitam a mediação das relações e transações entre os agentes, ampliando e dinamizando a participação da iniciativa privada e seu acesso às fontes de financiamento. Como medidas fundamentais, são listadas o funcionamento efetivo da ANSN e o fortalecimento da INB.

76. Em 2023, o CMAP elaborou o Relatório Anual de Avaliação de Políticas Públicas, ano-base 2022, última avaliação anual do PPA 2020-2023 (CMAP, 2023), que teve sua 3ª edição publicada em 30/8/2023. Em relação à PNB, o relatório informa que o foco da avaliação foi, principalmente, na análise das atividades desempenhadas pela CNEN para o desenvolvimento da ciência e tecnologia nuclear brasileiras.

77. O Relatório informa que as ações orçamentárias que integram o ciclo do combustível nuclear apresentam maior importância na execução. Verificou-se dificuldades em se atingir os índices estipulados no PPA 2020-2023 para o Índice de Autonomia Nacional em Produtos e Serviços Derivados da Tecnologia Nuclear (IATAN). Sobre as ações desenvolvidas pela CNEN, a avaliação apresenta conclusões similares ao citado Relatório de Avaliação da Política Nuclear, ciclo de 2022.

78. Vale mencionar que a efetiva implementação da Lei 14.222, de 15/10/2021, que criou a ANSN, novo órgão responsável pela regulação, licenciamento e fiscalização do setor, **não foi efetivada**. Isso porque a ANSN somente passará a ter vigência a partir da nomeação do seu diretor-presidente, o que ainda não ocorreu. Dessa forma, passados mais de dois anos da publicação da lei, ainda não foi dado início de fato à estruturação da referida Autoridade Nacional.

79. Pelo exposto, considera-se que os objetivos e resultados de curto prazo da PNB foram alcançados num primeiro momento e, a partir de 2018, com a nova regulamentação, ainda estão sendo perseguidos. Dessa forma, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

VI.4. Avaliação e estabilidade

VI.4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?

80. Conforme relatado no item anterior, a PNB foi objeto de avaliação específica pelo CMAP em 2022, com a publicação do Relatório de Avaliação da Política Nuclear (CMAP, 2022). Para sua avaliação, tendo em vista a complexidade e a diversidade de aspectos passíveis de análise, o Conselho selecionou quatro temas relacionados a aspectos operacionais e finalísticos da PNB para composição do escopo da avaliação.

81. Como política incluída no PPA 2020-2023, a PNB é analisada anualmente pelo CMAP, e publicado por meio do Relatório Anual de Avaliação de Políticas Públicas, em conjunto com diversas outras políticas públicas constantes do PPA. Todavia, a avaliação não é feita para a PNB como um todo. Na avaliação do PPA 2020-2023, o foco foi, principalmente, na análise das atividades desempenhadas pela CNEN para o desenvolvimento da ciência e tecnologia nuclear brasileiras (CMAP, 2023).

82. Para avaliar o desempenho da política pública, deve-se verificar, além do alcance dos objetivos e metas da ação governamental, se a política está alinhada com as demandas da população afetada e com as prioridades governamentais, se a política é coerente internamente e com outras intervenções públicas, se a política produziu os resultados esperados e se os efeitos da ação governamental são sustentáveis.

83. Assim, verifica-se que são realizadas e publicadas avaliações de desempenho da PNB, entretanto tais avaliações não abrangem a política de forma integral, como também não avaliam diversos aspectos fundamentais para um diagnóstico dos resultados e impactos da política. Nesse sentido, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa implementação**”.

VI.4.2 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

84. O desenvolvimento da energia nuclear recebeu tratamentos diversos entre os ciclos políticos desde a sua institucionalização a mais de seis décadas. Entretanto, a organização da área nuclear no país está estabelecida de forma robusta por meio de diversos órgãos e entidades, como também a geração de energia nuclear por meio das usinas de Angra 1 e Angra 2 vem sendo mantidas. A usina Angra 1 tem vida útil estabelecida até 23/12/2024. A Eletronuclear solicitou, em 2019, a renovação da licença de operação por mais vinte anos, contudo, até o momento, não houve deliberação pela CNEN, embora essa comissão tenha sinalizado que irá tomar a decisão até dezembro de 2024. O assunto vem sendo acompanhado pelo TCU, por meio de auditoria operacional objeto do TC 002.077/2024-8.

85. Assim, a PNB tem se mostrado resiliente ao longo do tempo, apesar de ser observada certa morosidade (ou até uma estagnação em alguns momentos) no desenvolvimento da política nuclear em alguns ciclos políticos, evidenciada, por exemplo, com as diversas interrupções na construção de Angra 3.

86. Ao longo de todos esses anos o tema nuclear é sempre controverso no país e leva a discussões acerca da necessidade de utilização da energia nuclear na matriz energética brasileira. Atualmente, com a edição de novas normas no Brasil e a expansão de projetos para a energia nuclear no mundo em razão da transição energética em curso, há uma tendência de continuidade no desenvolvimento da PNB. Não obstante, o avanço da política nuclear no Brasil está longe de ser uma unanimidade, podendo haver uma interrupção a depender da posição política adotada.

87. Dessa forma, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**2 – Implementação parcial**”.

VII. Quadro Resumo

88. A partir dos fatos e dados narrados e avaliados, atribuiu-se uma pontuação para cada item de avaliação. O resultado é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas à energia nuclear

Componente de análise	Item de análise	Energia Nuclear
1. Formação da agenda pública	1.1 Existe formação de agenda pública?	3
	1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?	1
2. Institucionalização	2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?	2
	2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?	2
3. Implementação	3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	2
	3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	2
4. Avaliação e estabilidade	4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	1
	4.4 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	2
Agregado		1,9

Fonte: elaboração própria.

89. Diante do exposto, sobre quão avançada é a ação estatal do tema na agenda da transição energética brasileira, conclui-se que a política pública relativa à energia nuclear se encontra em **implementação parcial**, com uma nota agregada de **1,9**.

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

VIII. Conclusão

90. A energia nuclear, apesar de não ser renovável, é praticamente livre de emissões de GEE, sendo considerada a segunda maior fonte de energia de baixo carbono no mundo, atrás apenas da hidroeletricidade. Hoje é responsável por 10% da geração global de eletricidade. Depois dos incidentes ocorridos em usinas nucleares – Three Mile Island (EUA, 1979), Chernobil (Ucrânia, 1986) e Fukushima (2011, Japão) –, as discussões sobre a expansão dessa fonte de geração se tornaram cada vez mais difíceis em todo o mundo, em razão de sua impopularidade. Mais recentemente, após os desdobramentos da guerra entre Rússia e Ucrânia, e após o desenvolvimento de novos tipos de reatores, modulares de menor porte (SMR), a energia nuclear voltou a ser objeto de investimento em diversos países.

91. O Brasil tem convivido nos últimos anos com movimentos antagônicos, tanto em relação à inserção da fonte nuclear como partícipe da transição energética para uma economia de baixo carbono, como sobre seu crescimento na participação da matriz energética brasileira.

92. O PNE 2050, ao ressaltar a capacidade da energia nuclear de ampliar a resiliência e a robustez dos sistemas elétricos na transição energética, dado o aumento da participação de fontes renováveis não-despacháveis ou com alta variabilidade de fornecimento, destacou o empenho do governo brasileiro em estabelecer metas ousadas para a expansão da matriz nuclear. Nesse sentido, apresentou perspectivas de expansão das usinas term nucleares, com a inserção de 8 GW a 10 GW de UTNs.

93. Nessa mesma linha, o Ministro de Minas e Energia, em entrevista de 15/4/2024, defendeu o avanço da energia nuclear na matriz energética, por exemplo, com a substituição dos geradores a diesel em sistemas isolados, no norte do país, por pequenos reatores modulares (SMR). Acrescentou que se deve apostar também na exploração e no enriquecimento de urânio e avanço da energia nuclear no país (EPBR, 2024).

94. Em sentido diverso, o PL 327/2021, que institui o Programa de Aceleração da Transição Energética (Paten) para incentivar projetos de desenvolvimento sustentável com recursos de créditos de empresas perante a União (aprovado na Câmara dos Deputados em 19/3/2024), não inclui a energia nuclear como fonte limpa, tendo parlamentares governistas votado contra essa inclusão. Com isso, os eventuais projetos para a fonte não poderão acessar tais recursos.

95. Nesse contexto também se insere a excessiva demora em se organizar a governança do setor nuclear. Um exemplo disso é que, apesar de criada em outubro/2021, a Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), novo órgão responsável pela regulação, licenciamento e fiscalização do setor, não funciona efetivamente em função de o governo não ter nomeado o seu diretor-presidente. Esse atraso retarda a sustentabilidade do setor, que depende, quase que exclusivamente, de políticas de Estado.

96. Outro exemplo é a discussão sobre a retomada das obras de Angra 3 e a extensão da vida útil das usinas de Angra 1 e 2. Observa-se na sociedade brasileira, incluindo especialistas ligados ao setor de energia, opiniões divergentes. Aqueles favoráveis à continuidade das usinas alegam que, além de ser uma fonte limpa, há necessidade de fontes que garantam a segurança de suprimento frente a intermitência das gerações eólica e solar, bem como a sazonalidade das hidrelétricas. Quem defende o descomissionamento das usinas aponta principalmente seu elevado custo, os riscos de novos acidentes e a gestão de resíduos radioativos.

97. Apesar dessa contradição, o Brasil tem desenvolvido algumas iniciativas que levam a crer num crescimento, ainda que lento, da geração de energia nuclear. Além da continuidade das obras de Angra 3, cujos estudos de viabilidade foram incluídos no PAC, está em desenvolvimento um piloto para viabilizar o primeiro projeto de pequeno reator modular (SMR) no país, no Complexo Jorge

Lacerda, em Santa Catarina. A substituição de térmicas a carvão por SMRs pode ser uma alternativa promissora na descarbonização de indústrias com alta emissão de GEE.

98. O presente exame permitiu concluir que a PNB faz parte da agenda pública brasileira e está institucionalizada. Sua implementação, avaliação e estabilidade necessitam, em certos aspectos, de evolução. Além disso, verifica-se que não há clareza quanto à expansão da energia nuclear no Brasil em função da transição energética em curso. Apesar de estar presente no PNE 2050 e em discursos de agentes do governo, as propostas e iniciativas que tratam da transição energética, tanto no Governo Federal quanto no Congresso Nacional, não incluem a energia nuclear em seu escopo.

99. Por fim, apresenta-se os principais desafios a serem enfrentados pelo país em relação à energia nuclear, extraídos da presente análise.

Tabela 4 – Situação atual das políticas públicas para energia nuclear e seus desafios

Situação atual	Desafios
Sensação de insegurança em torno da energia nuclear por parte da opinião pública.	Melhorar a comunicação à população quanto às informações acerca da energia nuclear e à PNB.
A Autoridade Nacional de Segurança Nuclear (ANSN), apesar de criada pela Lei 14.222/2021, somente passará a ter vigência a partir da nomeação do seu diretor-presidente, o que ainda não ocorreu.	Tornar vigente e operacionalizar a ANSN para o seu efetivo funcionamento, de modo a implementar a PNB.
O Brasil possui a oitava maior reserva de urânio do mundo, com 276.800 mil toneladas, mesmo considerando que grande parte do território nacional não tenha sido prospectado. Anualmente são exploradas cerca de 48.000 toneladas.	Promover e investir na ampliação do conhecimento geológico brasileiro em escalas adequadas a novas descobertas minerais, além de fomentar a pesquisa e exploração de urânio.
Apesar de o Brasil dominar a tecnologia do ciclo de combustível nuclear, várias etapas do processo de beneficiamento de urânio para as usinas de Angra 1 e 2 são realizadas no exterior.	Expandir, implantar e operar o ciclo completo para produção do combustível nuclear em escala capaz de atender a demanda dos reatores nucleares brasileiros e ampliar as oportunidades para exportação de insumos e serviços.
Insuficiência de infraestrutura e de recursos humanos especializados (diminuição no quadro de profissionais, perda de <i>know-how</i> , falta de reposição) para atender às demandas por tecnologias e aplicações na área nuclear.	Investir na ampliação da produção de equipamentos pesados para as indústrias nuclear e de alta tecnologia, incluindo SMRs, além de projetos de P&D&I.
Dificuldade de acesso à financiamento para novos projetos de energia nuclear, muito em razão do tempo de construção e dos elevados custos de investimento de novos projetos.	Fomentar políticas para a redução de custo de instalação (CAPEX) e de operação (OPEX) para os projetos de novas instalações nucleares; e oferecer fontes de financiamento adequadas para o fomento de novos projetos.

Fonte: elaboração própria, a partir das evidências trazidas no texto.

IX. Referências

- IEA, 2022. Nuclear Power and Secure Energy Transitions, IEA, Paris
<https://www.iea.org/reports/nuclear-power-and-secure-energy-transitions>, Licença: CC BY 4.0
- IEA, 2023. Tracking Clean Energy Progress 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/tracking-clean-energy-progress-2023>, Licença: CC BY 4.0
- WNA, 2024. Disponível em: <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide.aspx>.
- EPE, 2020. Plano Nacional de Energia 2050 – PNE 2050.
- Eletronuclear, 2024a. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Espaco-do-Conhecimento/Paginas/Energia-Nuclear.aspx>
- Eletronuclear, 2024b. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/Angra-3.aspx>
- Eletronuclear, 2024c. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Imprensa-e-Midias/Paginas/Eletronuclear-rescinde-contrato-com-o-Cons%C3%B3rcio-Ferreira-Guedes---Matricial---Adtranz.aspx#:~:text=%E2%80%8BA%20Eletronuclear%20informa%20que,da%20Linha%20Cr%C3%ADtica%20da%20unidade.>
- Folha, 2024a. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2024/03/energia-nuclear-e-segura-entenda-como-funciona.shtml>
- Folha, 2024b. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2024/03/fusao-nuclear-promete-revolucionar-transicao-energetica.shtml>
- CMAP, 2022. Relatório de Avaliação da Política Nuclear, ciclo 2022, do Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas.
- CMAP, 2023. Relatório Anual de Avaliação de Políticas Públicas, ano-base 2022.
- MME, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mp-cria-autoridade-nacional-de-seguranca-nuclear-ansn>
- WNA, 2023. Disponível em: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/supply-of-uranium.aspx>
- ACN, 2021. Agência Câmara Notícias. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/802931-CAMARA-APROVA-MP-QUE-CRIA-A-AUTORIDADE-NACIONAL-DE-SEGURANCA-NUCLEAR>
- SIEN, 2023. Disponível em: <https://sbn.org.br/sien-2023-ocorrera-em-novembro/>
- UFRJ, 2023. Disponível em: <https://conexao.ufrj.br/2023/12/ufrj-sedia-congresso-internacional-de-atividades-nucleares-hoje/>
- Inova-e, 2024. Disponível em: <https://dashboard.epe.gov.br/apps/inova-e/index.html>
- EPBR, 2024. Disponível em: <https://epbr.com.br/silveira-defende-exploracao-de-uranio-para-financiar-setor-eletrico/>

AUDITORIA OPERACIONAL NA POLÍTICA DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE DADOS

Questão 4: *Quão avançada é a ação estatal nos principais temas da agenda da transição energética brasileira?*

Tema avaliado: **Minerais Críticos**

I. Visão Geral

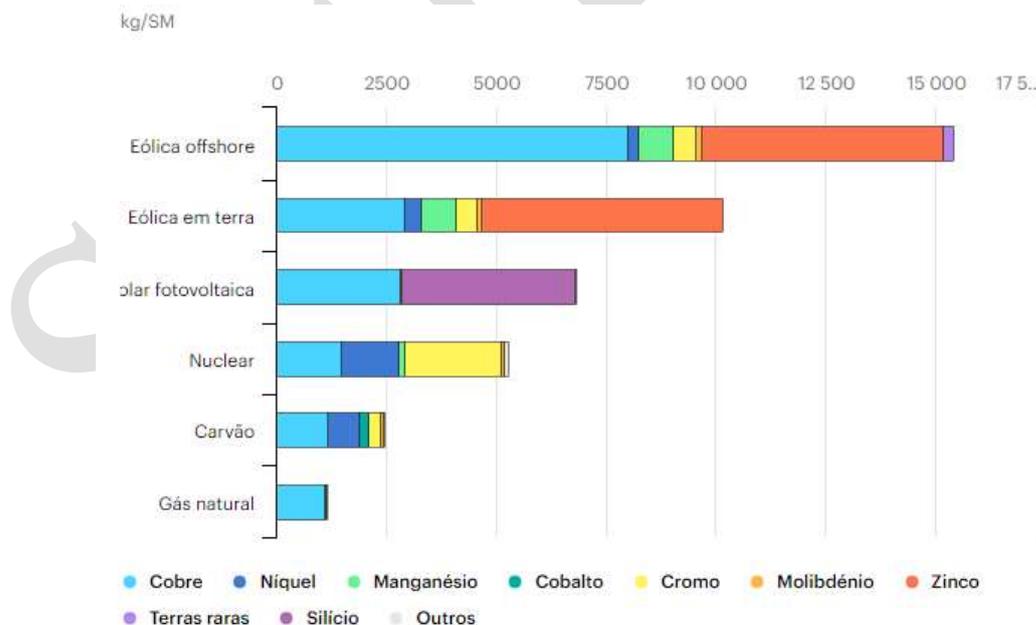
I.1. Introdução

1. Não haverá transição energética sem a exploração e a produção de algumas substâncias minerais que são cruciais para a forma como a energia é gerada, transportada, armazenada e utilizada. Lítio, cobalto, níquel, grafite e nióbio, entre outros, são fundamentais para o desempenho e longevidade das baterias. Terras raras são vitais para a produção de ímãs que são utilizados em turbinas eólicas e motores de veículos elétricos. As redes de eletricidade precisam de uma grande quantidade de cobre e níquel.

2. Em maio de 2021, a Agência Internacional de Energia (IEA) apresentou o mais abrangente estudo sobre o tema até o momento, acerca do papel dos minerais críticos no contexto mundial da transição energética (IEA, 2021).

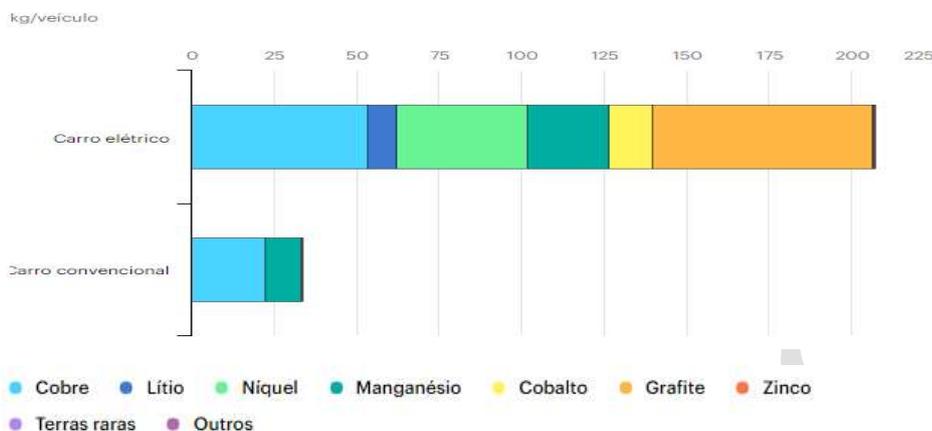
3. De início, ressalta-se a diferença das substâncias e quantidades de minerais utilizados, comparando as tecnologias de energia limpa com outras fontes de geração de energia (Figura 1) e os veículos elétricos com os convencionais (Figura 2).

Figura 1 - Minerais utilizados em tecnologias de energia limpa e em outras fontes de energia



Fonte: O Papel dos Minerais Críticos nas Transições de Energia Limpa (IEA, 2021).

Figura 2 - Minerais utilizados em veículos elétricos e convencionais

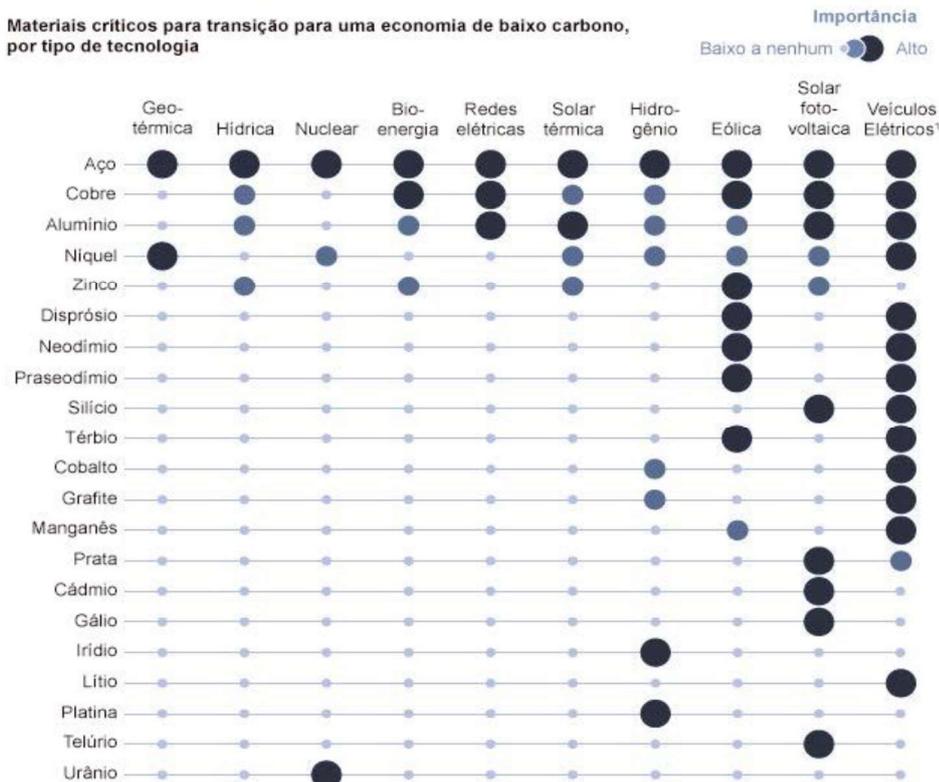


Fonte: O Papel dos Minerais Críticos nas Transições de Energia Limpa (IEA, 2021).

4. Um sistema energético alimentado por tecnologias de energia limpa difere profundamente de outro alimentado por hidrocarbonetos. Usinas solares fotovoltaicas, parques eólicos e veículos elétricos geralmente exigem mais minerais do que os sistemas baseados em combustíveis fósseis. Um carro elétrico típico requer **seis vezes mais** insumos minerais que um carro convencional e uma usina eólica *onshore* requer **nove vezes mais** recursos minerais do que uma usina a gás (IEA, 2021).

5. Outra forma de demonstrar a aplicação e a importância dos minerais críticos na transição para uma economia de baixo carbono é apresentada na Figura 3, na qual se relaciona uma seleção desses minerais por tipo de tecnologia.

Figura 3 – Importância e utilização de minerais críticos selecionados, por tipo de tecnologia



¹ Inclui armazenamento de energia.
 Fonte: *Critical raw materials for strategic technologies and sectors in the EU, A foresight study*, European Commission, Mar 9, 2020; *The role of critical minerals in clean energy transitions*, IEA, May 2021; McKinsey analysis

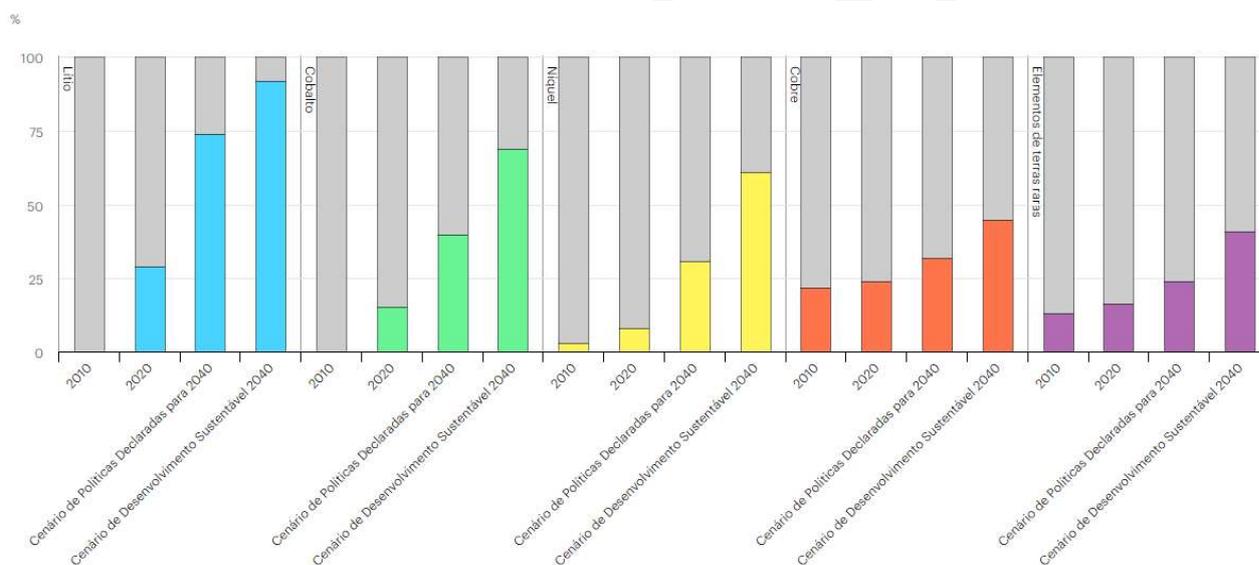
Fonte: <https://editorabrasilenergia.com.br/brasil-e-potencia-em-minerais-criticos-para-transicao-energetica/>

6. Segundo projeções do Banco Mundial, mais de 3 bilhões de toneladas de minerais considerados estratégicos para a transição energética serão necessárias para viabilizar a implantação e o armazenamento de energia eólica, solar e geotérmica até 2050, o que significa alta na demanda de até 500% para minerais como lítio, grafite e cobalto (Banco Mundial, 2020).

7. Nesse cenário, a demanda por minerais críticos vem crescendo em todo o mundo. Levantamento da IEA de julho/2023, relatou que entre 2017 e 2022 a procura por lítio triplicou, por cobalto aumentou 70% e por níquel cresceu 40%. Impulsionado pelo aumento da demanda e pelos altos preços, o tamanho do mercado dos principais minerais da transição energética dobrou nesse período de cinco anos, atingindo US\$ 320 bilhões em 2022, semelhante ao tamanho do mercado de mineração de minério de ferro (IEA, 2023).

8. A IEA destaca que, no cenário mundial, o investimento no desenvolvimento de minerais críticos registrou um aumento de 20% em 2021 e outro aumento acentuado de 30% em 2022. Além disso, os gastos com exploração também aumentaram 20% em 2022, impulsionados pelo crescimento recorde na exploração de lítio (IEA, 2023). A Agência projeta um aumento de quatro vezes na demanda mineral para tecnologias limpas até 2040, podendo chegar a seis vezes no net-zero.

Figura 4 - Participação das tecnologias de energia limpa na demanda total por minerais selecionados por cenário, 2010-2040



Fonte: O Papel dos Minerais Críticos nas Transições de Energia Limpa (IEA, 2021).

9. A segurança do suprimento mineral vem ganhando destaque no debate sobre segurança energética, um domínio onde o petróleo tradicionalmente ocupa um papel central. Os atuais mecanismos internacionais de segurança energética são concebidos para proporcionar alguma segurança contra os riscos de perturbações, picos de preços e eventos geopolíticos no fornecimento de hidrocarbonetos, em particular do petróleo.

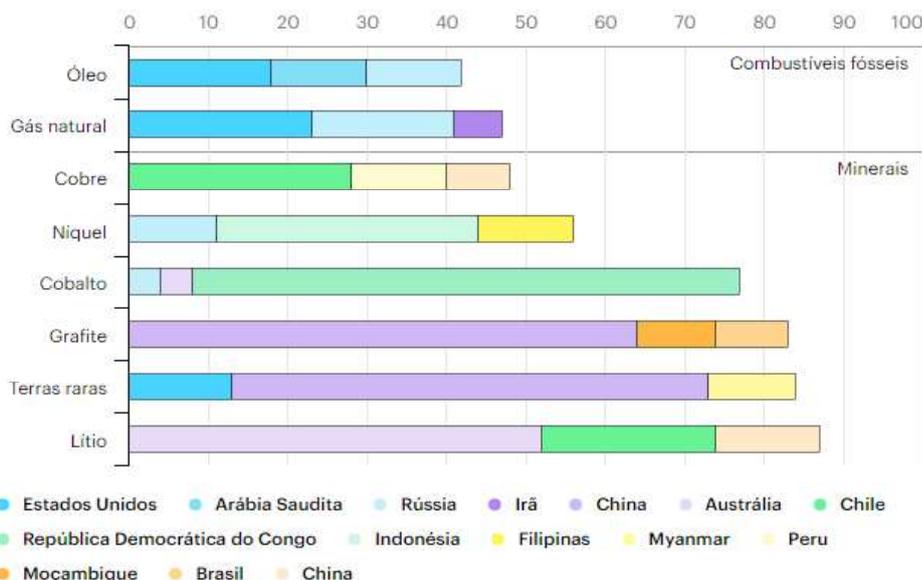
10. Todavia, a transição energética em curso pode proporcionar um novo arranjo geopolítico. Isso porque os depósitos existentes e o processamento dos minerais críticos estão mais concentrados geograficamente. Nesse sentido, a geopolítica dos metais é possivelmente mais complicada que a do petróleo ou do gás natural.

11. As atuais cadeias de suprimentos globais dependem principalmente de alguns países exportadores, como China (terras raras e grafite), República Democrática do Congo (cobalto), Chile (cobre e lítio), Austrália (lítio) e Indonésia (níquel). A concentração dessas cadeias de suprimentos

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

em um pequeno número de países as torna suscetíveis a instabilidade política, choques de mercado, riscos geopolíticos decorrentes de conflitos, interrupções logísticas, além de eventuais medidas protecionistas por parte dos países exportadores.

Figura 5 – Percentual de participação dos principais países produtores na extração de minerais selecionados e combustíveis fósseis, 2019

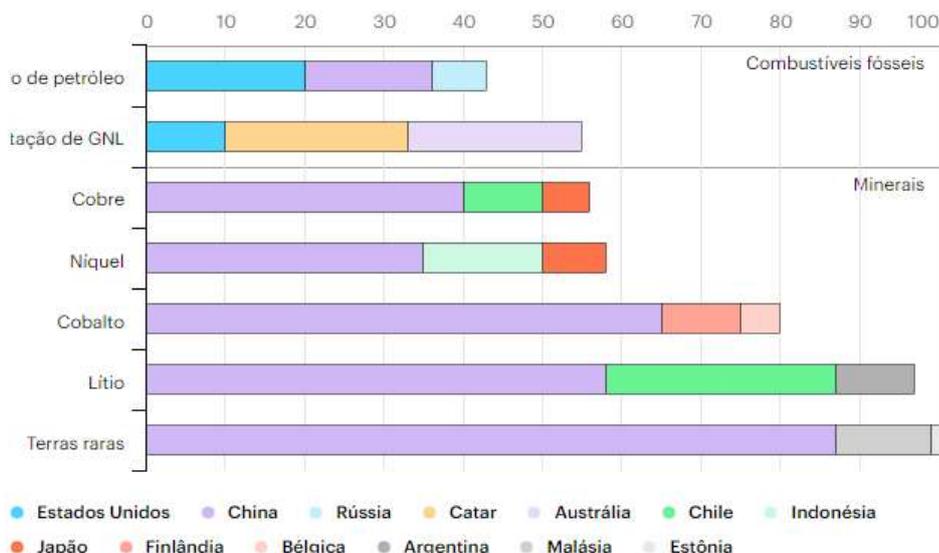


Fonte: O Papel dos Minerais Críticos nas Transições de Energia Limpa (IEA, 2021).

12. Além disso, o processamento desses minerais é ainda mais concentrado, com a China sendo responsável pelo refino de cerca de 35% para níquel, 50-70% para lítio e cobalto, e quase 90% para elementos de terras raras (IEA, 2021). Chile, Japão e Indonésia também desempenham papéis importantes, conforme demonstrado na Figura 6.

13. Toda essa concentração causa preocupação para os países importadores. A China, por exemplo, vem implementando medidas restritivas tanto para a exportação de minerais críticos como de tecnologias desenvolvidas para o processamento desses minerais, necessárias à fabricação de ímãs para uso em veículos elétricos e turbinas eólicas.

Figura 6 – Percentual de participação dos principais países produtores no processamento total de minerais e combustíveis fósseis selecionados, 2019



Fonte: O Papel dos Minerais Críticos nas Transições de Energia Limpa (IEA, 2021).

14. A transição energética é fundamental para se alcançar um futuro sustentável, todavia apresenta riscos consideráveis de escassez de abastecimento de minerais críticos. Governos e setor privado devem estar atentos e conscientes quanto à provável disparidade entre a oferta e a procura desses minerais e priorizar ações que possam evitá-las.

I.2. Conceito de minerais estratégicos e críticos

15. A definição de minerais “estratégicos” ou “críticos” varia de acordo com o interesse de cada país. As substâncias minerais podem envolver riscos devido a diversas questões como escassez minerogeológica, dinâmicas geopolíticas, regulações comerciais, instabilidade política ou de infraestrutura, entre outros fatores. Dessa forma, diferentes substâncias minerais podem ser vitais para o desenvolvimento econômico e funcionamento das linhas de produção de determinados países, mas não para outros. Portanto, o que é estratégico para determinados países pode ser considerado crítico para outros países e vice-versa (IPEA, 2022).

16. O Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM 2030), destaca que o conceito de “mineral estratégico” sempre esteve associado a objetivos políticos dos países hegemônicos. O entendimento de mineral estratégico no plano faz referência a três situações: (i) bem mineral do qual o Brasil depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais de sua economia; (ii) minerais que deverão crescer em importância nas próximas décadas por sua aplicação em produtos de alta tecnologia; e (iii) bem mineral que apresenta vantagens comparativas, essenciais para sua economia pela geração de divisas (BRASIL, 2010).

17. O Decreto-MME 10.657/2021, que instituiu a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos (Pró-Minerais Estratégicos), seguiu a mesma lógica da Política Nacional de Mineração 2023 (PNM 2030), adotando as citadas três situações como critérios para a apresentação de projetos de investimento.

18. Assim, considera-se que o termo “minerais estratégicos” é usado, *lato sensu*, como sinônimo de recurso mineral escasso (dependência de importação, ex.: rochas fosfáticas e potássicas, para produção de fertilizantes), crítico (aplicação industrial de alta tecnologia, ex.: lítio, nióbio, terras raras) e essencial (interesse econômico nacional, ex.: minério de ferro) para um país. Nesse sentido, as substâncias essenciais à transição energética, em função de sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia, enquadram-se como “minerais críticos”.

19. Por fim, cabe mencionar que a Resolução 2/2021 do Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CIAPME), instituída pelo mencionado Decreto-MME 10.657/2021, estabeleceu a relação de minerais estratégicos para o Brasil, segundo as três categorias originalmente definidas no PNM 2030. Para os bens minerais importantes por sua “aplicação em produtos e processos de alta tecnologia”, foram definidas as substâncias listadas na Tabela 1. A título de informação, acrescenta-se as formas de utilização de cada uma das substâncias minerais elencadas.

Tabela 1: Minerais importantes por sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia

Minerais	Formas de utilização para a transição energética
Cobalto	baterias de íon recarregáveis para veículos elétricos e acumuladores de energia de modo geral*
Cobre	infraestrutura relacionados à energia renovável e veículos elétricos, em vista de sua resistência à corrosão e capacidade de condução de energia elétrica e térmica*
Estanho	ligas metálicas utilizadas para recobrir outros metais e protegê-los da corrosão, sendo utilizado na fabricação de painéis solares. O composto nióbio-estanho é utilizado para produzir fios de ímãs supercondutores ***
Grafita	material predominante na composição dos anodos das baterias de íon de lítio*
Grupo Platina	utilizado em catalisadores de veículos, (para diminuir a concentração de NOx - óxidos de nitrogênio - emitidos pelos escapamentos) ***
Lítio	baterias de íon de lítio (recarregáveis e tem uma alta densidade energética), utilizadas em veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia, principalmente fotovoltaica e eólica*
Nióbio	melhoria de eficiência do aço para indústria automobilística e usinas de energia (térmicas, hidroelétricas, eólicas), além de utilizado como componente de baterias para veículos elétricos*
Níquel	ligas para aços inoxidáveis e em baterias para veículos elétricos*
Silício	produção de semicondutores e de células solares fotovoltaicas**
Tálio	utilizado nos estudos de supercondutores em altas temperaturas, como armazenadores de energia para células fotovoltaicas***
Tântalo	fabricação de ligas metálicas e capacitores para a indústria automotiva****
Terras raras	compreendem um total de 17 elementos químicos que são fundamentais na produção de super-ímãs, utilizados em turbinas eólicas e sistemas de propulsão para veículos elétricos*
Titânio	fabricação de ligas leves e resistentes. Age como semicondutor, podendo ser utilizado na fabricação de painéis solares*****
Tungstênio	ligas metálicas resistentes a altas temperaturas e corrosão***
Urânio	reatores nucleares das centrais núcleo-elétricas*
Vanádio	produção de aço de alta resistência e baterias de armazenamento de energia*

Fonte: elaboração própria a partir da Resolução 2, de 18/6/2021, da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM/MME.

Nota: * Caderno 3, Cadeias Produtivas dos Minerais para a Transição Energética, da Minuta do PNM-2050. ** Plano de CT&I para Minerais Estratégicos 2018-2022 do MCTIC. *** <https://www.infoescola.com/>. **** <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tantalo-ta.htm>. ***** <https://crqsp.org.br/>.

I.3. Minerais críticos no Brasil

20. A Constituição Federal de 1988 dispõe que os recursos minerais são bens da União e “constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento”. Por conseguinte, a pesquisa e a lavra desses recursos somente poderão ser efetuadas mediante autorização ou concessão da União (BRASIL, 1988).

21. A pesquisa mineral é entendida como a execução dos trabalhos necessários à definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exequibilidade do seu aproveitamento econômico. O alvará de autorização de pesquisa é expedido pelo diretor-geral da Agência Nacional de Mineração

(ANM). Já a lavra é caracterizada como o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração das substâncias minerais úteis que contiver, até o seu beneficiamento. A concessão de lavra deverá ser outorgada pelo Ministro de Estado de Minas e Energia (BRASIL, 1967).

22. A atividade de mineração abrange, além da pesquisa e da lavra, o desenvolvimento da mina, o beneficiamento, o armazenamento de estéreis e rejeitos e o transporte e a comercialização dos minérios, até o fechamento da mina, que deverá ser obrigatoriamente convalidado pela ANM e pelo órgão ambiental licenciador (BRASIL, 1967).

23. O Brasil é um líder produtor e exportador no mercado global de *commodities* minerais, em especial de minerais metálicos, destacando-se pela produção de minério de ferro, cobre, ouro, alumínio e nióbio. Apesar dessa relevância, o país tem, até o momento, papel limitado no cenário mundial quando se trata de produção e processamento de minerais críticos.

24. Todavia, o Brasil possui, reconhecidamente, grande potencial para se tornar um ator importante. A Tabela 2 apresenta os depósitos conhecidos no Brasil e no mundo de alguns dos minerais críticos mais significativos para a cadeia produtiva brasileira.

Tabela 2: Depósitos de minerais selecionados no Brasil e no Mundo

Minerais	Depósitos no Brasil (toneladas)	Depósitos Totais Mundiais (toneladas)	Parcela do Brasil nos Depósitos Mundiais
Nióbio	16.000.000	17.000.000	94,12%
Cobre	9.664.000	890.000.000	1,09%
Lítio	250.000	26.000.000	0,96%
Terras Raras	21.000.000	130.000.000	16,15%
Níquel	16.000.000	100.000.000	16,00%
Grafita	74.000.000	330.000.000	22,42%
Urânio	244.788	n/a	n/a

Fonte: elaboração própria, a partir da publicação *Minerais Críticos e Estratégicos do Brasil em um Mundo em Transformação* (Instituto Igarapé, 2023), elaborada a partir das seguintes publicações:

- Lima, F. S., & Filho, W. S. da S. (2021). Potencial Uranífero no Brasil: uma revisão bibliográfica / Uranific potential in Brazil: a bibliographic review. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 58852–58867.
- U.S. Geological Survey [USGS] (2021). *Mineral commodity summaries 2021*.
- USGS (2023). *Mineral commodity summaries 2023*.

Nota: As substâncias selecionadas foram aquelas que tiveram apresentações destacadas no “Seminário sobre Mineração e Transformação Mineral de Minerais Estratégicos para a Transição Energética” realizado pelo MME em 21 e 22/2/2024.

25. Sobre as reservas minerais brasileiras, vale destacar que, entre as atribuições do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) está o mapeamento geológico do território, de forma a ampliar o conhecimento geológico e promover novas descobertas minerais, fomentando o surgimento de novos empreendimentos privados.

26. Pesquisar áreas com contexto geológico favorável e/ou potencial para hospedar ocorrências minerais considerados estratégicos para o país é atribuição da Divisão de Projetos Especiais e Minerais Estratégicos (Dipeme) do SGB/CPRM. A Divisão é também responsável pela gestão dos projetos, com destaque para os de fosfato, potássio, terras raras e lítio. Os dados desses projetos, apresentados na forma de Informes Minerais, são disponibilizados ao público tão logo estejam finalizados (SGB, 2024).

27. O Caderno I – Conhecimento Geológico, dos Estudos Preparatórios para o PNM 2050 (SGB/CPRM, s.d.), destaca que ainda existem extensas áreas do território nacional com nível de conhecimento bastante defasado ou ainda com vazios cartográficos. O saldo de mapeamento geológico no Brasil é de 48% mapeado na escala 1:250.000 e 27% na escala 1:100.000. Esse **baixo conhecimento geológico do território nacional** tende a comprometer novos investimentos da iniciativa privada no setor mineral.

28. Não obstante, no que se refere aos minerais críticos, os depósitos existentes no país têm atraído cada vez mais o interesse de investidores globais e empresas de mineração. A Tabela 3 representa o investimento total em pesquisa, durante as fases de autorização de pesquisa e de lavra, de alguns dos minerais críticos mais significativos para a cadeia produtiva brasileira, no período de 2018 a 2022.

Tabela 3: Investimento total em pesquisa para minerais selecionados (em R\$), por ano

Minerais	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Nióbio	1.870.949,18	3.392.771,99	6.614.166,14	1.703.813,45	4.367.424,60	17.949.125,36
Cobre	163.446.369,27	195.502.920,90	231.039.188,55	325.330.513,49	563.254.104,23	1.478.573.096,44
Lítio	387.586,00	1.622.119,46	1.115.263,00	2.594.922,95	3.351.467,80	9.071.359,21
Terras Raras*	2.502.460,87	1.366.369,68	2.975.894,32	5.171.774,29	3.831.029,59	15.847.528,75
Níquel	23.146.666,92	102.196.398,53	15.433.387,23	7.722.228,20	28.886.983,68	177.385.664,56
Grafita	3.904.022,82	8.255.254,05	3.084.975,12	4.264.825,45	5.048.606,91	24.557.684,35
Urânio	n/a	n/a	516.100,00	292.590,00	306.130,00	1.114.820,00

Fonte: elaboração própria a partir do Anuário Mineral Brasileiro Interativo (ANM, 2023).

Nota: *Incluindo Monazita

As substâncias selecionadas foram aquelas que tiveram apresentações destacadas no “Seminário sobre Mineração e Transformação Mineral de Minerais Estratégicos para a Transição Energética” realizado pelo MME em 21 e 22/2/2024.

29. Apesar da existência considerável de depósitos de minerais críticos no Brasil, e mesmo com o aumento do interesse por pesquisas desses minerais, **os investimentos no país ainda estão aquém do esperado**. Além de receber somente uma pequena parcela dos orçamentos globais de exploração, parte disso se deve aos prazos médios de 17 anos da exploração à produção (IEA, 2022).

30. Quanto à produção de minerais críticos, com exceção do nióbio, a participação do Brasil no mercado global ainda é discreta, conforme demonstrado na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4: Produção de minerais críticos selecionados no Brasil e no mundo

Minerais	Produção de minas no Brasil (toneladas)	Total da produção de mina (toneladas)	Participação da produção do Brasil (%)
Nióbio	71.000	79.000	89,87%
Cobre	348.000	21.000.000	1,65%
Lítio	2.200	130.000	1,69%
Terras Raras	80	300.000	0,03%
Níquel	83.000	3.300.000	2,51%
Grafita	87.000	1.300.000	6,69%
Urânio	29	48.332	0,06%

Fonte: elaboração própria a partir da publicação Minerais Críticos e Estratégicos do Brasil em um Mundo em Transformação (Instituto Igarapé, 2023), a partir das seguintes publicações:

- OECD (2022), Regulatory Governance in the Mining Sector in Brazil, OECD Publishing, Paris.
- USGS (2023). Mineral commodity summaries 2023.
- World Nuclear Association (2023). World Uranium Mining Production.

Nota: As substâncias selecionadas foram aquelas que tiveram apresentações destacadas no “Seminário sobre Mineração e Transformação Mineral de Minerais Estratégicos para a Transição Energética” realizado pelo MME em 21 e 22/2/2024.

31. Em relação às oportunidades de adensamento das cadeias produtivas dos minerais críticos, a produção de baterias se destaca nesse cenário, dada a sua importância tanto para a mobilidade elétrica como para o armazenamento de energias renováveis. Além de tornar o setor mais competitivo e agregar valor ao produto, o desenvolvimento dessa indústria no Brasil traria segurança energética para o país. Atualmente, a China domina esse mercado e o Brasil é completamente dependente da importação de seu principal componente, a célula da bateria.

I.4. Principais políticas, planos e programas de fomento aos minerais críticos

32. Algumas iniciativas governamentais foram empreendidas com vistas a fomentar a exploração, produção e incremento das cadeias produtivas de minerais críticos, das quais destaca-se: o Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM 2030); o Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação para Minerais Estratégicos; o Programa Mineração e Desenvolvimento (PMD); a Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos (Pró-Minerais Estratégicos); o Novo Programa de Aceleração do Crescimento (Novo PAC); e a política Nova Indústria Brasil.

I.4.1 O Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM 2030)

33. O PNM 2030, de maio de 2011, tem como objetivo nortear as políticas de médio e longo prazo para o setor mineral, tendo como diretrizes a governança pública eficaz, a agregação de valor e adensamento de conhecimento e a sustentabilidade (Brasil, 2011). O plano destaca três situações para a gestão de minerais estratégicos: (i) minerais dos quais o país depende de importação; (ii) minerais que deverão crescer em importância nas próximas décadas por sua aplicação em produtos de alta tecnologia; e (iii) minerais com os quais o Brasil tem vantagens comparativas.

34. Ao discorrer sobre a estratégia para os minerais aplicados em produtos de alta tecnologia, ressalta que os países desenvolvidos desprovidos desses recursos minerais os importam em bruto ou beneficiado e, após processamento, fazem uso deles em produtos de alta tecnologia. Nesse sentido, aduz que a estratégia brasileira não deveria se limitar à descoberta e produção desses minerais, sendo necessários programas específicos coordenados entre governo e setor privado para o desenvolvimento de processos e produtos em cadeias produtivas de alto valor agregado (Brasil, 2011).

35. Em acréscimo às iniciativas governamentais relacionadas aos minerais críticos, importa mencionar que o PNM 2050 se encontra em elaboração pelo MME. Os Estudos para o PNM 2050 contemplam, em seu Caderno 3, as “Cadeias Produtivas dos Minerais para a Transição Energética” (MME, 2024a). Tais estudos têm por objetivo apresentar a avaliação da estrutura, comportamento e tendências das cadeias de transformação mineral relacionadas aos minerais para a transição energética.

36. São apresentadas informações atuais e históricas, de produção, consumo, importação e exportação, desde o parque produtivo mineral até a cadeia de transformação implantada no país, com dados de sustentabilidade e tecnologia de cada processo e informações sobre a área de aplicação de cada classe de produtos. Especificamente, são analisadas as cadeias do nióbio, alumínio, cobre, lítio, elementos de terras raras, níquel, cobalto, grafita, vanádio, urânio e manganês, abordando primordialmente os aspectos relacionados à transição da matriz energética mundial.

I.4.2 O Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação para Minerais Estratégicos

37. Publicado em outubro de 2018, o Plano é um documento de orientação estratégica do então Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) para o período de 2018 a 2022, para atuação na área temática priorizada referente aos minerais “portadores de futuro” (elementos terras-raras, lítio e silício) e aos minerais que apresentam déficit comercial (agrominerais)

com relação à sua importância econômica e estratégica para o país, sendo parte integrante da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI 2016-2022).

38. A temática de minerais estratégicos na ENCTI 2016-2022 possui como objetivo “fomentar a pesquisa, o desenvolvimento tecnológico e a inovação nas cadeias produtivas de minerais de importância estratégica, visando a agregação de valor, competitividade, redução da dependência externa e utilização dos recursos minerais brasileiros para a solução de desafios tecnológicos para problemas estruturais da economia nacional”.

39. Ressalta que o apoio à PD&I para terras-raras, silício e lítio, para o período em questão, foi devido às vantagens competitivas que trazem para o país com o desenvolvimento de processos e produtos em cadeias produtivas de médio e alto valor agregado.

40. O Plano definiu metas e ações específicas para os citados minerais, apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Metas e ações do Plano de CT&I para Minerais Estratégicos 2018-2022

Meta	Ações
Terras Raras Meta 1: Desenvolver tecnologias e inovações para produção e aplicação de elementos terras-raras em produtos de alta tecnologia	1-Apoiar projetos de PD&I relacionados a materiais de referência, processos para produção, uso, aplicação em produtos de alta tecnologia, mineração urbana, avaliação do ciclo de vida e ao desenvolvimento da economia circular de elementos terras-raras.
	2-Ampliar a composição e atuação de INCT dedicado ao processamento e aplicações de ímãs de terras-raras para indústria de alta tecnologia.
	3-Promover projetos de PD&I para o desenvolvimento e fabricação de ímãs de terras-raras em escala piloto e industrial.
	4-Ampliar o apoio aos projetos no âmbito da cooperação Brasil-Alemanha que promovam a fabricação de produtos de alta tecnologia a partir de concentrados de terras-raras nacionais.
	5-Criar Grupo de Trabalho para planejamento, coordenação, integração, acompanhamento e avaliação das ações, projetos e atividades em PD&I para o desenvolvimento integral da cadeia produtiva de ETR.
Meta	Ações
Lítio Meta 1: Desenvolver tecnologias e inovações para produção e aplicação de lítio em produtos de alta tecnologia	1-Apoiar projetos de PD&I para produção, uso e aplicação de lítio em produtos de alta tecnologia, incluindo a mineração urbana, a avaliação do ciclo de vida e o desenvolvimento de sua economia circular.
	2-Apoiar a criação e implantação de Rede de PD&I de ICT e empresas para produção, uso e aplicação de lítio em produtos de alta tecnologia, incluindo a mineração urbana, a avaliação do ciclo de vida e o desenvolvimento de sua economia circular.
	3-Apoiar a capacitação da infraestrutura analítica de laboratórios para atuação em lítio, visando compor a Rede de Ensaios e Análises Mineraias.
	4-Apoiar projetos cooperativos (ICT/empresas/cooperativas) visando à agregação de valor no desenvolvimento de produtos de alta tecnologia baseados em lítio.
	5- Elaborar <i>roadmap</i> tecnológico para desenvolvimento integral da cadeia produtiva de lítio, incluindo aplicações como mobilidade, energias renováveis, manufatura avançada, TIC e economia circular.
Meta	Ações
Silício Meta 1: Desenvolver tecnologias e inovações para produção e aplicação de silício em produtos de alta tecnologia	1-Desenvolver projetos de PD&I que envolvam todas as etapas da cadeia produtiva do silício, abrangendo a mineração urbana, a avaliação do ciclo de vida e o desenvolvimento de sua economia circular.
	2-Apoiar à capacitação da infraestrutura analítica de laboratórios para atuação em silício visando compor a Rede de Ensaios e Análises Mineraias.
	3-Apoiar projetos cooperativos (ICT/empresas/cooperativas) visando à agregação de valor no desenvolvimento de produtos de alta tecnologia baseados em silício.
	4-Elaborar <i>roadmap</i> tecnológico para desenvolvimento integral da cadeia produtiva de silício, incluindo energias renováveis, manufatura avançada, TIC e economia circular.

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

Fonte: elaboração própria a partir do Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Minerais Estratégicos 2018-2022 (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2018).

41. Como estratégias de implementação das ações de CT&I, consta do Plano: (i) fontes de financiamento; (ii) instrumentos; (iii) programas e mecanismos; (iv) projetos cooperativos e redes de pesquisa; (v) articulação com parceiros; (vi) integração de políticas públicas; e (vii) cooperação internacional.

I.4.3 O Programa Mineração e Desenvolvimento (PMD)

42. O PMD, aprovado pela Portaria-MME 354, de 28/9/2020, tem como agenda transformar o patrimônio mineral em riqueza para o desenvolvimento sustentável do país em suas bases socioeconômico-ambiental e apresenta dez projetos. O projeto “Mineração do Presente para o Futuro” define dez metas para o período de 2020/2023, das quais destacam-se:

- definir a política para os minerais de interesse estratégico para o país, com o fortalecimento das ações para geologia, regulação e desenvolvimento tecnológico e sua aplicação nas cadeias produtivas de metais e minerais para inovação tecnológica e de interesse estratégico, como o nióbio, níquel, cobalto, cobre, enxofre, grafite, lítico, silício, tântalo, terras raras, titânio, tungstênio, urânio, vanádio, zinco;
- estimular a geração de novos produtos e mercados;
- agregação de valor aos bens minerais produzidos no país;
- estímulo à instalação de fábricas de produtos de alta tecnologia que utilizam o insumo mineral;
- contribuir para o fortalecimento e desenvolvimento dos centros de tecnologia e inovação relacionados à mineração; e
- promover a atração de investimentos na cadeia de transformação mineral com tecnologia agregada.

43. Em 2022, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), empresa vinculada ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, lançou um edital específico para o setor mineral, no âmbito do PMD 2020/2023. A Seleção Pública MCTI/FINEP/FNDCT, Subvenção Econômica à Inovação 10/22, com o objetivo de selecionar projetos no sentido de promover e apoiar desenvolvimento de PD&I, soluções tecnológicas e processos inovadores das empresas da cadeia de mineração, com a contratação de 25 projetos no valor aproximado de R\$ 60 milhões.

I.4.4 A Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos (Pró-Minerais Estratégicos)

44. A intitulada Política Pró-Minerais Estratégicos, instituída pelo Decreto 10.657/2021, dispõe sobre sua qualificação no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos (PPI) da Presidência da República e institui o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME). Definiu como finalidade articular ações entre órgãos públicos no sentido de priorizar os esforços governamentais para a implantação de projetos de produção de minerais estratégicos para o desenvolvimento do país (art. 1º).

45. A habilitação na Política dos projetos de investimento em mineração pode ser feita de acordo com os seguintes critérios: I - bem mineral do qual o país dependa de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia; II - bem mineral que tenha importância pela sua aplicação em produtos e processos de alta tecnologia; ou III - bem mineral que detenha vantagens comparativas e que seja essencial para a economia pela geração de superavit da balança comercial do país (art. 2º).

46. Ao CTAPME compete definir, para fins de apoio ao licenciamento ambiental, os projetos minerários considerados relevantes para a ampliação da produção nacional de minerais estratégicos

e que passarão a integrar a Política Pró-Minerais Estratégicos (art. 3º). Além disso, estabelece que caberá à Secretaria Especial do Programa de Parcerias de Investimentos (PPI) prestar o apoio ao processo de licenciamento ambiental dos projetos habilitados.

47. Por meio da Resolução 2, de 18/6/2021, o mencionado Comitê aprovou a relação de minerais estratégicos para o país, listados em seu Anexo (conforme Tabela 1).

48. A decisão para a habilitação de projetos pelo CTAPME é baseada na presença da substância mineral, na relevância do projeto para a ampliação da produção nacional de minerais estratégicos e na ocorrência efetiva ou potencial de questão ambiental passível de ser dirimida por meio de maior articulação e diálogo entre órgãos e entidades governamentais, instituições públicas e interessados. Em consulta ao sítio do MME, verifica-se a relação de 26 projetos autuados na Política Pró-Minerais Estratégicos, sendo dezenove projetos habilitados, cinco não habilitados e dois processos arquivados (MME, 2024b).

I.4.5 O Novo Programa de Aceleração do Crescimento (Novo PAC)

49. O Novo PAC, lançado em agosto de 2023, apresenta como um de seus eixos de investimento a “transição e segurança energética” e, como um subeixo, a “pesquisa mineral”. Com investimentos públicos previstos de R\$ 307 milhões, a pesquisa mineral se divide em duas modalidades: (i) modalidade levantamento-pesquisa geofísica/geológica; e (ii) exploração-avaliação. Desse total, R\$ 281 milhões serão aplicados entre 2023 e 2026, e um adicional de R\$ 26 milhões será investido posteriormente.

50. Para a modalidade “levantamento-pesquisa geofísica/geológica”, são previstos investimentos de R\$ 268 milhões, divididos entre os seguintes empreendimentos: avaliação de recursos minerais em ambiente marinho; levantamentos geológicos sistemáticos; e levantamentos geoquímicos. Já para a modalidade “exploração-avaliação”, são previstos R\$ 39 milhões, divididos entre os empreendimentos: agrominerais e remineralizadores; licitações de ativos minerais; minerais e rochas industriais; e projeto minerais de transição energética.

51. Não foram apresentadas informações mais detalhadas sobre como e onde os recursos serão aplicados nos respectivos empreendimentos.

I.4.6 A Nova Indústria Brasil

52. Em janeiro de 2024, o Governo Federal lançou a política de neointustrialização a ser implementada nos próximos dez anos. A Nova Indústria Brasil tem como objetivos: (i) estimular o progresso técnico e, conseqüentemente, a produtividade e competitividade nacionais, gerando empregos de qualidade; (ii) aproveitar melhor as vantagens competitivas do país; e (iii) reposicionar o Brasil no comércio internacional.

53. O Plano de Ação para a Neointustrialização 2024-2026 define seis missões. Entre elas, três relacionam-se com as cadeias produtivas de minerais críticos (Brasil, 2024). A Tabela 6 apresenta as áreas a serem desenvolvidas, as metas, os desafios e os instrumentos de financiamento de cada uma das missões que contêm aspectos ligados às cadeias produtivas de minerais estratégicos para a transição energética.

Tabela 6: Minerais Estratégicos no Plano de Ação para a Neointustrialização 2024-2026

Missão 3: Infraestrutura, saneamento, moradia e mobilidade sustentáveis para a integração produtiva e o bem-estar nas cidades			
Áreas a serem desenvolvidas	Metas para 2033	Desafios	Instrumentos de Financiamento
Cadeia produtiva da bateria.	Reduzir o tempo de deslocamento de casa para o trabalho em 20%;	Incentivar a agregação de valor sobre recursos minerais no país.	Desenvolvimento e implementação de tecnologias de diminuição das emissões de carbono em transporte rodoviário, ferroviário, fluvial, marítimo,

	Aumentar em 25 pontos percentuais o adensamento produtivo na cadeia de transporte público sustentável.		aeronáutico, motores elétricos e híbridos com combustíveis sustentáveis e baterias que, preferencialmente, estimulem a produção de minerais estratégicos e materiais avançados no país.
Missão 4: Transformação Digital da indústria para ampliar a produtividade			
Áreas a serem desenvolvidas	Metas para 2033	Desafios	Instrumentos de Financiamento
Semicondutores.	Transformar digitalmente 90% das empresas industriais brasileiras, assegurando que a participação da produção nacional triplique nos segmentos de novas tecnologias.	Formar e capacitar mão de obra em TICs e semicondutores no ensino básico e superior.	Apoio aos segmentos de design, de fabricação de semicondutores (front-end) e de encapsulamento e teste (back-end) de modo a ampliar a participação da indústria nacional de semicondutores em relação à mundial, reduzindo a dependência produtiva e tecnológica e, preferencialmente, estimulando a produção de minerais estratégicos e materiais avançados no país.
Missão 5: Bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as gerações futuras			
Áreas a serem desenvolvidas	Metas para 2033	Desafios	Instrumentos de Financiamento
Equipamentos para a geração de energia renovável.	Promover a indústria verde, reduzindo em 30% a emissão de CO2 por valor adicionado da Indústria, ampliando em 50% a participação dos biocombustíveis na matriz energética de transportes e aumentando o uso tecnológico e sustentável da biodiversidade pela indústria em 1% ao ano.	Incentivar a inovação tecnológica com foco na descarbonização; Estimular a qualificação profissional com foco nos setores da bioeconomia e transição e eficiência energética; Desenvolver as rotas tecnológicas “verdes”.	Desenvolvimento de tecnologias sustentáveis de exploração e produção de minerais estratégicos, de seus transformados e de soluções para armazenamento, uso e transporte de energias, a exemplo de baterias e do armazenamento subterrâneo de hidrogênio (UHS) ou para estocagem de carbono, visando garantir segurança energética e o fortalecimento da cadeia produtiva nacional.

Fonte: elaboração própria a partir do Plano de Ação para a Neoliberalização 2024-2026 (Brasil, 2024).

II. Metodologia

54. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra no Apêndice A – Metodologia das avaliações realizadas.

III. Avaliação da maturidade

III.1. Formação de agenda pública

III.1.1 Existe formação de agenda pública?

55. Verifica-se que há formação de agenda pública para o fomento da exploração e produção de minerais críticos no Brasil. O assunto é objeto de planos e programas governamentais, debates e discussões no Congresso Nacional, declarações de gestores do governo federal, reportagens da mídia, *workshops*, seminários e outras formas de diálogo que caracterizam a agenda pública.

56. Conforme relatado, o então MCTIC lançou o Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação para Minerais Estratégicos, com metas e ações de apoio à PD&I para terras-raras, silício e lítio (item IV.2). O MME apresentou o Programa Mineração e Desenvolvimento, que inclui o projeto “Mineração do Presente para o Futuro” (item IV.3). Além disso, programas amplos e estruturantes como o Novo PAC (item IV.5) e a Nova Indústria Brasil (item IV.6) trazem metas de investimentos que envolvem pesquisa e produção de minerais críticos. Esses planos e programas demonstram que o tema faz parte da agenda governamental.

57. Em agosto de 2023, o MME anunciou que está prestes a lançar um plano nacional de minerais estratégicos (Chiappini, G., 2023). Segundo o Secretário de Geologia e Mineração do MME, o novo plano deve incluir o mapeamento do território brasileiro em escala apropriada e o fomento da atividade minerária, tanto da pesquisa de reservas minerais, como da extração e do desenvolvimento das cadeias produtivas dos minerais essenciais à transição energética. Acrescentou que o financiamento para pesquisa e exploração de minerais críticos deverá ser ampliado.

58. Em julho de 2024 foi apresentado o Projeto de Lei 2.780/2024, com a proposta de instituir uma Política Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos (PNMCE), que reuniu demandas que vinham sendo apresentadas pelo setor mineral. Ente as medidas previstas está a concessão de benefícios fiscais a mineradoras.

59. Assim, considera-se que há formação de agenda pública, visto que o tema é de interesse governamental e está em discussão e, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de **“3 – Alta implementação”**.

III.1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?

60. Verificou-se que nos Estudos para o PNM 2050 contam com um caderno específico para os minerais críticos: Caderno 3 “Cadeias Produtivas dos Minerais para a Transição Energética” (item IV.1). Em consulta ao sítio do MME, constam como concluídas as etapas de: elaboração dos termos de referência dos estudos; contratação dos estudos; entregas parciais dos estudos; realização de oficinas temáticas e de planejamento com agentes do setor; e participação social por meio de pesquisa *on line*. As oficinas e consultas realizadas indicam a participação da sociedade em discussões sobre o assunto.

61. Destaca-se que em fevereiro de 2024, o MME promoveu o Seminário Indústria Brasileira de Transformação de Minerais Estratégicos para a Transição Energética, com diversas apresentações e discussões com representantes dos setores público e privado. Temas como “oportunidades da transição energética para o setor mineral brasileiro”, “a produção brasileira de minerais estratégicos para a transição energética”, “políticas públicas e a expansão da oferta de minerais para a transição energética” e “apoio oficial ao desenvolvimento da indústria de transformação dos minerais estratégicos” foram amplamente debatidos (MME, 2023).

62. Em maio de 2024 foi realizado o Seminário Internacional de Minerais Críticos e Estratégicos, organizado pelo IBRAM, que discutiu os desafios e oportunidades enfrentados pelo setor mineral diante do novo paradigma energético e ecológico. O evento foi uma oportunidade de discussão e contribuições de especialista para o aprimoramento das políticas nacionais relacionadas aos minerais críticos (IBRAM, 2024).

63. Tais exemplos confirmam que os minerais considerados estratégicos para a transição energética foram, e ainda são, objeto de debate e formação de agenda no Brasil, com a participação da sociedade no processo de formulação da política. Assim, o item é avaliado como de **“3 – Alta implementação”**.

III.2. Institucionalização

III.2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?

64. Quanto à institucionalização, verifica-se que existem planos e programas específicos que não demonstram um tratamento abrangente sobre o tema. Como mencionado anteriormente, um plano nacional de minerais estratégicos (que inclui os minerais críticos) estaria para ser lançado pelo MME.

65. A Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos (Pró-Minerais Estratégicos), de 24/3/2021, tem como finalidade articular ações entre órgãos públicos no sentido de priorizar os esforços governamentais para a

implantação de projetos de produção de minerais estratégicos para o desenvolvimento do País. Instituído pela política, o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME) deve definir, para fins de apoio ao licenciamento ambiental, os projetos minerários considerados relevantes para a ampliação da produção nacional de minerais estratégicos.

66. Não se pode considerar a “Política Pró-Minerais Estratégicos” como uma política pública ampla, que busque promover a produção de minerais estratégicos para o país. É nítido que o objetivo pretendido com a publicação do Decreto 10657/2021, que criou a mencionada política, é tentar agilizar e priorizar a análise do licenciamento ambiental dos projetos habilitados pelo CTAPME.

67. Conforme relatado, em julho de 2024 foi apresentado o Projeto de Lei 2.780/2024, com a proposta de instituir uma Política Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos (PNMCE), que se encontra em tramitação na Câmara dos Deputados.

68. Dessa forma, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa implementação**”.

III.2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?

69. A Política de Apoio ao Licenciamento Ambiental de Projetos de Investimentos para a Produção de Minerais Estratégicos (Pró-Minerais Estratégicos) tem como finalidade articular ações entre órgãos públicos no sentido de priorizar os esforços governamentais para a implantação de projetos de produção de minerais estratégicos para o desenvolvimento do País, com o objetivo de agilizar e priorizar a análise do licenciamento ambiental dos projetos. Contudo, não se identificou metas de alcance de resultados.

70. O Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação para Minerais Estratégicos, com metas e ações de apoio à PD&I, se restringe a três tipos de minerais (terras-raras, silício e lítio) e abrange o período de 2016 a 2022 (item IV.2). Não são apresentando indicadores nem a forma de acompanhamento dessas metas.

71. O PNM 2030 encontra-se institucionalizado. Todavia, não apresenta ações e metas voltadas para minerais estratégicos ou críticos. Em item específico, apenas traz a conceituação de minerais estratégicos e as situações aplicáveis.

72. Em que pese não haver uma política abrangente para os minerais críticos, existem algumas iniciativas com objetivos e metas estabelecidos. Dessa forma, o item é avaliado como de “**1 – Baixa implementação**”.

III.3. Implementação

III.3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?

73. Para a Política “Pró-Minerais Estratégicos, os primeiros beneficiários já foram atendidos. Em consulta ao sítio do MME, verifica-se a relação de 26 projetos autuados na Política Pró-Minerais Estratégicos, sendo dezenove projetos habilitados, cinco não habilitados e dois processos arquivados (MME, 2024b).

74. Não obstante, considerando a limitação de alcance da mencionada política para o fomento da exploração e produção de minerais críticos, conforme metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa implementação**”.

III.3.2 Objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?

75. Em relação à Política Pró-Minerais Estratégicos, os objetivos e resultados de curto prazo da política indicam estar sendo alcançados. Relatório do CTAPME, referente ao acompanhamento dos projetos habilitados na Política Pró-Minerais Estratégicos 2023, concluiu que a instituição da política era necessária “pois a situação demanda uma articulação institucional no nível federal para

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

superar os entraves aos trâmites dos processos, sem suprimir obrigações e responsabilidades do empreendedor privado ou dos órgãos licenciadores”. Acrescentou que “diante do relato feito pelos representantes das empresas, é possível constatar que a política tem obtido êxito e está sendo bem aceita pelo setor de mineração. Uma vez que a articulação institucional permitiu que os processos tivessem andamento junto aos órgãos licenciadores” (MME, 2024b).

76. O Programa Mineração e Desenvolvimento, que inclui o projeto “Mineração do Presente para o Futuro” abrange somente o período de 2020 a 2023. As últimas notícias a respeito do programa referem-se à Seleção Pública MCTI/FINEP/FNDCT – Subvenção Econômica à Inovação 10/22, de 29/6/2022, realizada pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), com o objetivo de selecionar projetos no sentido de promover e apoiar desenvolvimento de PD&I, soluções tecnológicas e processos inovadores das empresas da cadeia de mineração, bem como a estreita colaboração com clientes, parceiros e a comunidade científica.

77. Considerando o alcance limitado das mencionadas políticas para o âmbito analisado e, principalmente, que ainda não foi positivado um plano ou política abrangente que inclua os minerais críticos, voltada para o fomento de todas as etapas do processo inerente ao empreendimento minerário, como pesquisa, exploração e processamento, o item é avaliado como de “**1 – Baixa Implementação**”.

III.4. Avaliação e estabilidade

III.4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?

78. Não se identificou uma avaliação de desempenho consistente das políticas, planos e programas relacionados aos minerais críticos. Assim, o item é avaliado como “**0 – Não implementação**”.

III.4.2 Políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?

79. Também não se pode dizer que as políticas são estáveis, com capacidade de resistir a ciclos políticos, visto que, conforme relatado, não parecem ter continuidade com a mudança no Governo Federal a partir de 2023. Dessa forma, o item é avaliado como “**0 – Não implementação**”.

IV. Quadro resumo

80. A partir dos fatos e dados narrados e avaliados, atribuiu-se uma pontuação para cada item de avaliação. O resultado é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas

Componente de análise	Item de análise	Energia Nuclear
1. Formação da agenda pública	1.1 Existe formação de agenda pública?	3
	1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?	3
2. Institucionalização	2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?	1
	2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?	1
3. Implementação	3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	1
	3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	1
4. Avaliação e estabilidade	4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	0
	4.4 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	0
Agregado		1,3

Fonte: elaboração própria.

81. Diante do exposto, sobre quão avançada é a ação estatal do tema na agenda da transição energética brasileira, conclui-se que a política pública relativa aos minerais críticos se encontra em **baixa implementação**, com uma nota agregada de **1,3**.

V. Conclusão

82. Não há no país uma política nacional ampla para o fomento dos minerais críticos que busque promover a pesquisa, a extração e o processamento, como também o desenvolvimento e adensamento das cadeias produtivas desses minerais.

83. Verificou-se que a intitulada política Pró-Minerais Estratégicos possui atuação restrita, tratando apenas de facilitar a articulação entre os órgãos públicos na tentativa agilizar e priorizar a análise do licenciamento ambiental dos projetos de investimentos habilitados pelo Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos.

84. O baixo conhecimento geológico no país é um fator que merece especial atenção. Ainda existem extensas áreas do território nacional com nível de conhecimento bastante defasado ou ainda com vazios cartográficos, o que prejudica a descoberta de novas jazidas de minerais críticos. Assim, promover e investir na ampliação do conhecimento geológico brasileiro em escalas adequadas a novas descobertas minerais é essencial.

85. Não obstante, os depósitos existentes no país têm atraído cada vez mais o interesse de investidores globais e empresas de mineração. Apesar disso, os investimentos ainda estão aquém do esperado. Além de receber somente uma pequena parcela dos orçamentos globais de exploração, com exceção do nióbio, a participação do Brasil no mercado global ainda é discreta.

86. Considerando a alta concentração geográfica global da produção e processamento de minerais críticos, torna-se de extrema importância reduzir a dependência de importação de alguns minerais essenciais à transição energética brasileira, por meio do desenvolvimento das cadeias de produção desses minerais. A produção de baterias se destaca nesse cenário, dada a sua importância tanto para a mobilidade elétrica como para o armazenamento de energias renováveis, sendo o país completamente dependente da importação de seu principal componente, a célula da bateria.

87. Destaca-se que o Nova Industria Brasil contém aspectos ligados às cadeias produtivas de minerais estratégicos, com áreas a serem desenvolvidas como a cadeia produtiva de baterias, os semicondutores e os equipamentos para a geração de energia renovável.

88. A transição energética é fundamental para se alcançar um futuro sustentável, todavia apresenta riscos consideráveis de escassez de abastecimento de minerais críticos. Governos e setor privado devem estar atentos e conscientes quanto à provável disparidade entre a oferta e a procura desses minerais e priorizar ações que possam evitá-las.

89. Por fim, apresenta-se os principais desafios a serem enfrentados pelo país em relação aos minerais críticos, extraídos da presente análise.

Tabela 8: Situação atual das políticas públicas para minerais críticos e seus desafios

Situação atual	Desafios
Política Pró-Minerais Estratégicos com atuação restrita, tratando apenas da articulação entre os órgãos públicos para tentar agilizar e priorizar a análise do licenciamento ambiental dos projetos de investimentos habilitados pelo Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos.	Instituir uma política nacional ampla para o fomento dos minerais críticos no país, que busque promover a pesquisa, a extração e o processamento, como também o desenvolvimento e adensamento das cadeias produtivas desses minerais.
Baixo conhecimento geológico. Ainda existem extensas áreas do território nacional com nível de conhecimento bastante defasado ou ainda com vazios cartográficos. (SGB/CPRM, n.d.).	Promover e investir na ampliação do conhecimento geológico brasileiro em escalas adequadas a novas descobertas minerais.
Longos prazos de desenvolvimento de projetos, que levam até 17 anos, em média, da descoberta mineral para a primeira produção (IEA, 2022).	Reduzir dos prazos dos empreendimentos minerários de minerais críticos, com a estruturação dos órgãos ambientais e da ANM, de modo a tornar mais ágeis principalmente os processos de licenciamento ambiental, autorização de pesquisa e concessão de lavra.
Escassez de mecanismos de financiamento para empreendimentos voltados para a produção de minerais críticos.	Garantir investimentos adequados em fontes diversificadas para o fomento das cadeias produtivas de minerais críticos.
Alta concentração geográfica global da produção e processamento de minerais críticos (IEA, 2021).	Reduzir a dependência de importação de alguns minerais essenciais à transição energética brasileira, por meio do desenvolvimento das cadeias de produção desses minerais.
Dependência de importação de baterias de íons lítio utilizadas para o armazenamento de energia e mobilidade elétrica.	Desenvolver tecnologia para fabricação de baterias de íons lítio, especialmente da célula da bateria, promovendo a independência tecnológica do Brasil.

Fonte: elaboração própria, a partir das evidências trazidas no texto e entrevistas com especialistas.

VI. Referências Bibliográficas

IPEA, 2022. Minerais Estratégicos e Críticos: uma visão internacional e da política mineral Brasileira.

IEA, 2021-a. *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>, Licença: CC BY 4.0.

IEA, 2022. Global average lead times from discovery to production, 2010-2019, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-average-lead-times-from-discovery-to-production-2010-2019>, IEA. Licença: CC BY 4.0.

IEA, 2023. Critical Minerals Market Review 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/critical-minerals-market-review-2023>, Licença: CC BY 4.0.

Banco Mundial, 2020. Disponível em: <https://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>.

OCDE, 2022. Governança Regulatória no Setor de Mineração no Brasil, OECD Publishing, Paris. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/63d60aa8-en>.

Instituto Igarapé, 2023. Minerais Críticos e Estratégicos do Brasil em um Mundo em Transformação, por Nicholas Popo e Peter Smith. Disponível em: <https://igarape.org.br/minerais-criticos-e-estrategicos-do-brasil-em-um-mundo-em-transformacao/>

BRASIL, 1988. Constituição Federal de 1988, art. 176.

BRASIL, 1967. Decreto-Lei 227 de 28 de fevereiro de 1967. Código de Mineração, 1967, arts. 6º, 7º, 14 e 36. Disponível no Diário Oficial da União no dia 28 de fevereiro de 1967.

ANM, 2023. Agência Nacional de Mineração (2023). Anuário Mineral Brasileiro Interativo. Microsoft Power BI*.

Chiappini, G., 2023. Entrevista: Governo vai lançar plano para agilizar exploração de minerais estratégicos. EPBR. Disponível em: <https://epbr.com.br/governo-vai-lancar-plano-para-agilizar-exploracao-de-minerais-estrategicos/>.

IEA, 2022. Agência Internacional de Energia (2022). Global average lead times from discovery to production, 2010-2019 – Charts – Data & Statistics. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-average-lead-times-from-discovery-to-production-2010-2019>.

ENCTI, 2016. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022.

Brasil, 2011. Plano Nacional de Mineração 2030. Disponível em: <https://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/destaques-do-setor-de-energia/plano-nacional-de-mineracao-2030>.

Brasil, 2018. Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Minerais Estratégicos 2018-2022.

MCTIC, 2018. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (2018). Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Minerais Estratégicos 2018-2022.

MME, 2011. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Plano Nacional de 2030. Brasil, 2011. Disponível em: <https://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/destaques-do-setor-de-energia/plano-nacional-de-mineracao-2030>.

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

Brasil, 2024. Plano de Ação para a Neoindustrialização 2024-2026. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/Arquivos/PlanosDeAcao/PACTI_Sumario_executivo_Web.pdf.

MME, 2024a. Caderno 3: Cadeias Produtivas dos Minerais para Transição Energética. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-3-cadeias-produtivas-dos-minerais-para-transicao-energetica>.

MME, 2024b. Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME). Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pro-minerais-estrategicos/comite-interministerial-de-analise-de-projetos-de-minerais-estrategicos-ctapme>.

SGB, 2024. Projetos Especiais e Minerais Estratégicos. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/publique/Recursos-Minerais/Projetos-Especiais-e-Minerais-Estrategicos-203>.

SGB/CPRM, n.d. Caderno I – Conhecimento Geológico. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-1-conhecimento-geologico/copy2_of_1_Caderno_Conhecimento_Geologico_parte_01.pdf.

MME, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/seminario-sobre-mineracao-e-transformacao-mineral-de-minerais-estrategicos-para-a-transicao-energetica>

IBRAM, 2024. Disponível em: <https://ibram-eventos.com.br/event-landing-page/29>

AUDITORIA OPERACIONAL NA POLÍTICA DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE DADOS

Questão 4: **Quão avançada é a ação estatal nos principais temas da agenda da transição energética brasileira?**

Tema avaliado: **Hidrogênio de baixa emissão**

I. Visão Geral

I.1. Introdução

1. Tem se chamado de economia do hidrogênio um novo paradigma baseado no hidrogênio verde como vetor energético, em substituição a uma economia firmada em fontes não renováveis, principalmente o petróleo e seus derivados. Entretanto, analistas do tema indicam que a transição energética da estrutura atual para uma economia baseada no hidrogênio levará décadas, uma vez que há barreiras de ordem econômica, institucionais e técnicas a serem vencidas (CGEE, 2010, p. 9).

2. O hidrogênio é um gás combustível, mas sua utilização vai além de suas propriedades de alimentar motores à combustão. O hidrogênio já é utilizado na indústria alimentícia, nas refinarias de petróleo, na fabricação de semicondutores, como matéria-prima para fertilizantes, dentre outros. Além disso, vislumbra-se a utilização eficiente do H₂ como combustível em transporte navais, aéreos, ferroviários, bem como ônibus de passageiros e caminhões de carga. Outra maneira de utilizar o potencial energético do H₂ é por meio de células à combustível, em que o hidrogênio é utilizado como combustível para a geração de energia elétrica, podendo, inclusive, ser usado na eletrificação de veículos leves.

3. Atualmente a atenção tem se voltado ao hidrogênio principalmente pela sua potencialidade de ser um vetor energético de baixa, ou nula, emissão de gases de efeito estufa (GEE), por não possuir átomos de carbono em sua composição. Isto porque o hidrogênio possibilita o armazenamento de energia por longos períodos e pode ser utilizado para mobilidade e geração distribuída de energia (MME, 2021, p. 6).

4. No atual momento de busca pela descarbonização da economia, tendo como pano de fundo o Acordo de Paris e suas metas de redução de emissão GEE para as nações signatárias, o hidrogênio tem se mostrado um interessante caminho para uma transição energética livre de carbono. Por isso, o hidrogênio tem sido alvo de intensa pesquisa e investimento em diversas nações.

5. Segundo o Hydrogen Council, “em 2050 o hidrogênio representará 18% de toda a energia consumida mundialmente, reduzindo anualmente 6Gt de emissões de CO₂ e eliminando os principais poluentes do ar como o dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e materiais particulados” (GIZ, 2021, p. 29).

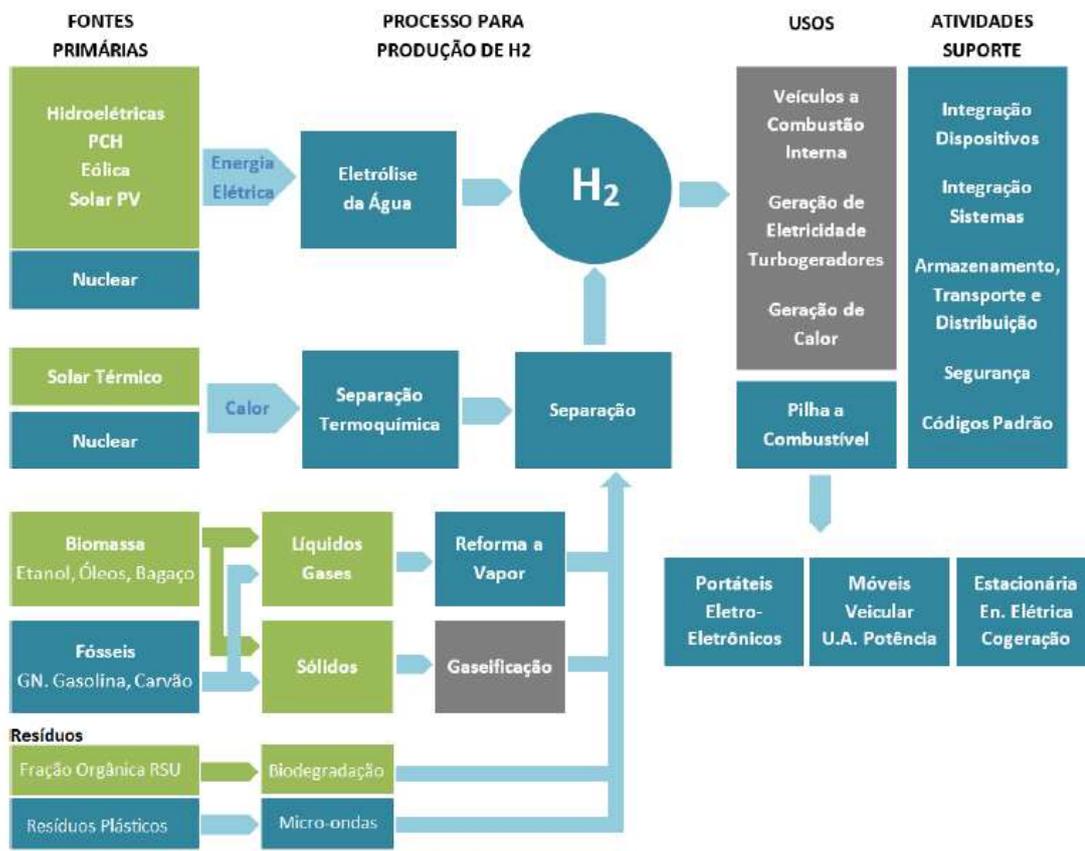
6. Neste cenário, o Brasil é considerado um potencial supridor no futuro mercado mundial de hidrogênio verde, devido à utilização de fontes renováveis no processo de produção de hidrogênio, mercado em que o Brasil já é muito competitivo.

I.2. Produção e Mercado de Hidrogênio

7. O hidrogênio é encontrado de forma abundante e é componente de todos os seres vivos. Contudo, o gás hidrogênio (H₂) puro raramente é encontrado livre na natureza, sendo normalmente combinado com outros elementos. Entretanto, o H₂ pode ser produzido a partir de diversos elementos como petróleo, gás natural, biomassa e água.

8. A possibilidade de o gás hidrogênio ser produzido a partir de diversas fontes o coloca como um elemento de integração entre diversas tecnologias. A Figura 1 apresenta as diversas rotas tecnológicas para produção e aproveitamento energético do H₂.

Figura 1: Representação esquemática de rotas tecnológicas para obtenção de H₂



Fonte: Diretrizes do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂)

9. Da combinação das fontes de energia, das matérias-primas e do método utilizado para a produção de hidrogênio, tem se empregado a nomenclatura de cores para classificar o hidrogênio resultante, de acordo com o teor de carbono emitido ao longo do processo. Correntemente os textos, artigos e publicações se apropriaram do uso de cores para facilitar a identificação desses processos. Esta nomenclatura por cores varia um pouco, por isso neste trabalho é utilizada a mesma apresentada pela EPE na NT EPE-DEA-003/2021 e no PDE 2031, que se encontra resumida na Figura 2.

10. Explica-se que a sigla CCUS apresentada na Figura 3 significa o emprego de tecnologias de captura, utilização e sequestro de carbono (em inglês: *Carbon Capture Utilisation and Storage*).

11. Das “cores” apresentadas na Figura 2, destacam-se, pelo uso atual e potencial, o hidrogênio marrom, cinza, azul e verde. Para o caso do Brasil, com grande potencial do uso da reforma de biomassa ou biocombustíveis, em especial o etanol, para produção do hidrogênio, também merece realce o hidrogênio musgo apontado na Figura 2.Figura 2.

Figura 2: Classificação do hidrogênio em escala de cores

Cor	Classificação	Descrição
■	Hidrogênio Preto	Produzido por gaseificação do carvão mineral (antracito), sem CCUS
■	Hidrogênio Marrom	Produzido por gaseificação do carvão mineral (hulha), sem CCUS
■	Hidrogênio Cinza	Produzido por reforma a vapor do gás natural, sem CCUS
■	Hidrogênio Azul	Produzido por reforma a vapor do gás natural (eventualmente, também de outros combustíveis fósseis), com CCUS
■	Hidrogênio Verde	Produzido via eletrólise da água com energia de fontes renováveis (particularmente, energias eólica e solar).
■	Hidrogênio Branco	Produzido por extração de hidrogênio natural ou geológico
■	Hidrogênio Turquesa	Produzido por pirólise do metano, sem gerar CO ₂
■	Hidrogênio Musgo	Produzido por reformas catalíticas, gaseificação de plásticos residuais ou biodigestão anaeróbica de biomassa ou biocombustíveis, com ou sem CCUS
■	Hidrogênio Rosa	Produzido com fonte de energia nuclear

Fonte: Elaborado a partir de IEA (2019a), H2-VIEW (2020), BAKER MCKENZIE (2020) e ZGONNIK (2020).

Fonte: PDE 2031 (EPE)

12. As diversas rotas de tecnologia para produção do hidrogênio apresentam custos variados. No nível de desenvolvimento atual, a gaseificação de carvão e a reforma a vapor de gás natural são as que apresentam menor custo de produção. Enquanto a eletrólise da água ainda possui maior custo (EPE, 2021, p. 13).

13. Levando-se em conta as tecnologias apresentadas na Figura 4, estima-se que na atualidade a produção dedicada de hidrogênio é de 70 Mt por ano, sendo 76% a partir do gás natural e 23% do carvão mineral. A eletrólise da água responde por menos de 0,1% da produção (valores aproximados). Segunda a Agência Internacional de Energia (IEA), considerando também a produção de hidrogênio como coproduto, a eletrólise no processo cloro-álcali responde por cerca de 2% da produção global total de hidrogênio (*apud* EPE, 2021, p. 9).

14. Outro aspecto relevante para o desenvolvimento da economia do hidrogênio é o seu armazenamento e transporte. O desenvolvimento de métodos seguros, confiáveis, eficientes e eficazes para o armazenamento de H₂ é uma das questões mais prementes e complexas. Isso se deve à baixa densidade volumétrica de energia do H₂, apesar de sua alta densidade gravimétrica. O hidrogênio tem baixíssima densidade, o que significa que, em seu estado natural, ocupa muito espaço para uma quantidade relativamente pequena de energia. A Figura 3 apresenta a comparação das densidades volumétrica e gravimétrica de diversos combustíveis.

15. Isso torna o armazenamento e o transporte de hidrogênio em grandes quantidades um desafio. Para superar isso, o hidrogênio é frequentemente armazenado sob alta pressão, em estado líquido ou em materiais que podem absorvê-lo, como composto orgânico, por exemplo, associado à amônia.

16. O processo de compressão ou liquefação do hidrogênio para armazenamento e transporte consome energia, o que reduz a eficiência energética geral do hidrogênio como fonte de energia.

17. A compressão de hidrogênio é um processo que envolve o uso de energia para aumentar a pressão do gás, reduzindo assim seu volume. No entanto, esse processo é energeticamente caro. De acordo com algumas estimativas, a compressão de hidrogênio para uma pressão de 700 bar (a pressão típica usada para o armazenamento de hidrogênio em veículos de célula de combustível) pode consumir cerca de 10-15% da energia contida no hidrogênio. Além disso, a compressão de hidrogênio

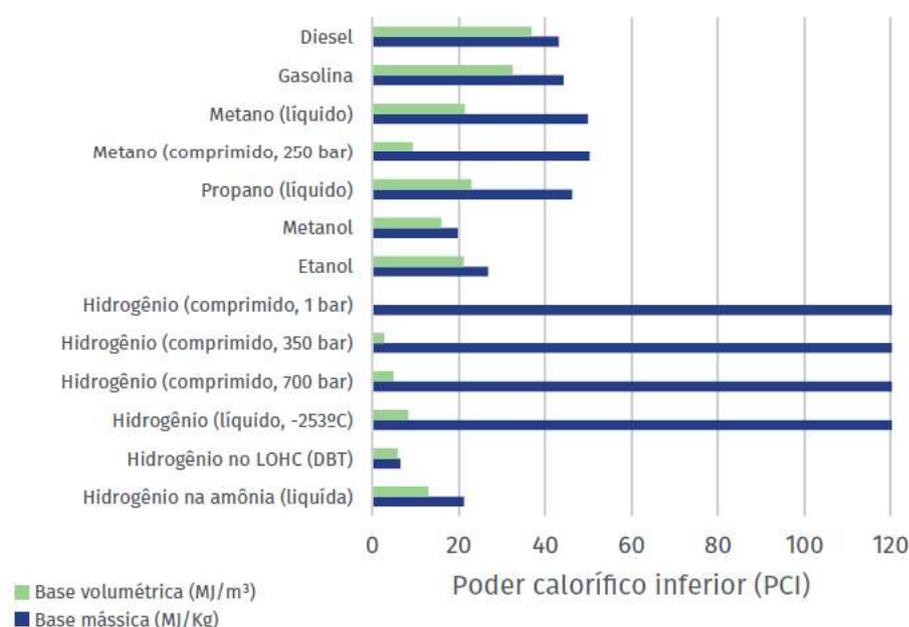
Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

gera calor, que precisa ser removido para evitar o aumento da pressão. A remoção desse calor também consome energia.

18. A liquefação de hidrogênio é um processo que envolve o resfriamento do gás a temperaturas muito baixas (cerca de -253 graus Celsius) para convertê-lo em líquido. O hidrogênio líquido tem uma densidade energética muito maior que o hidrogênio gasoso, o que o torna mais eficiente para armazenamento e transporte. No entanto, o processo de liquefação é ainda mais caro em termos de energia do que a compressão. Estima-se que a liquefação de hidrogênio possa consumir até 30-40% da energia contida no hidrogênio. Além disso, o hidrogênio líquido precisa ser armazenado em tanques de armazenamento isolados termicamente para evitar que ele se aqueça e se transforme novamente em gás, um processo que pode resultar em perda de hidrogênio.

19. Essas perdas de energia durante a compressão e a liquefação do hidrogênio são uma das principais barreiras para a utilização mais ampla do hidrogênio como fonte de energia.

Figura 3: Comparação entre densidades volumétrica e gravimétrica de energia dos combustíveis e carreadores de hidrogênio



Fonte: Castro, adaptado de DOE (2020) e World Energy Council (2020).

20. Verifica-se que o desenvolvimento de métodos seguros, confiáveis, eficientes e eficazes para o armazenamento de H₂ é uma das questões mais prementes e complexas, fundamental, entretanto, para viabilizar a ampliação e perenidade da utilização do H₂ como vetor energético.

21. Voltando o olhar para o Brasil, o país é tido como um dos possíveis protagonistas na produção de hidrogênio verde, devido a sua alta potencialidade de geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis.

22. O Brasil tem uma combinação favorável de fatores para produzir energia renovável de baixo custo:

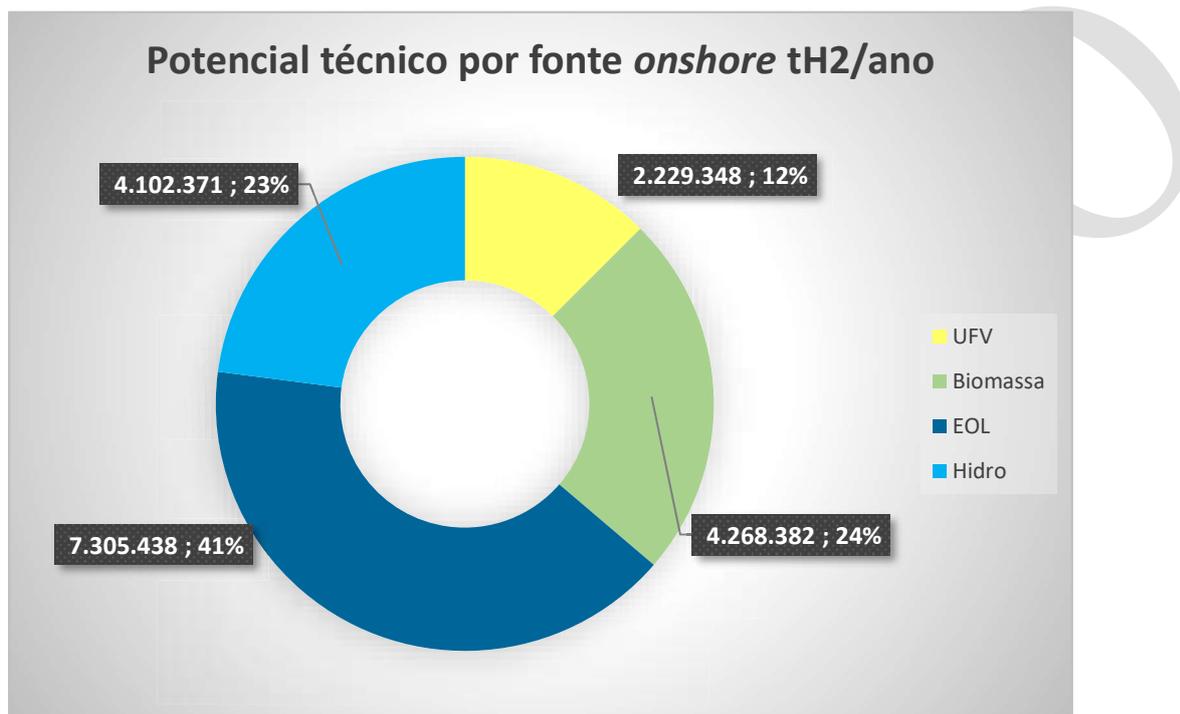
a. Alta qualidade e disponibilidade de recursos solares e eólicos (o Brasil está no top 10 de países em capacidade instalada);

b. Infraestrutura bem distribuída e boas condições geográficas, com mais de 175.000 quilômetros de linhas de transmissão próximas a locais de produção e potenciais regiões de consumo, além de baixo custo de terras disponíveis.

23. Segundo o [Painel de Dados do Potencial Técnico de Produção do Hidrogênio](#), elaborado pela EPE, o Brasil apresenta um enorme potencial para a produção de H2 a partir de diferentes fontes energéticas renováveis. A Figura 4 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta o potencial brasileiro de produção de H2 por fonte.

24. Destaca-se a fonte eólica, estimando 7,3 milhões de tH2/ano de potencial técnico para a produção *onshore* de hidrogênio. Em seguida, a biomassa apresenta um potencial de 4,3 milhões tH2/ano, precedendo a fonte hidroelétrica com 4,1 milhões de tH2/ano. Por fim, verifica-se a fonte solar fotovoltaica com um potencial de 2,2 milhões de tH2/ano.

Figura 4: Potencial brasileiro de recursos para a produção de hidrogênio de baixo carbono



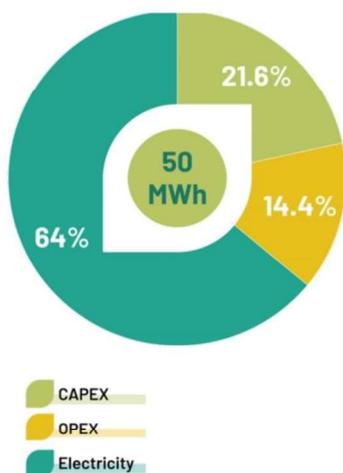
Fonte: Elaboração própria, a partir do [Painel de Dados do Potencial Técnico de Produção do Hidrogênio](#), acesso em março/2024.

25. Ademais, para o desenvolvimento do mercado de hidrogênio é indispensável que o hidrogênio se torne competitivo em termos de custo, incluindo além do seu custo de produção, o transporte e distribuição. Atualmente, a produção de H2 por meio da eletrólise ainda tem alto custo quando comparada a outras tecnologias.

26. O principal desafio atual para a produção de H2V é o seu custo. A eletricidade e os eletrolisadores são os principais contribuintes para esses custos. De fato, a eletricidade pode representar até 75% do custo de produção de H2V, enquanto a pilha do eletrolisador representa 50-60% dos custos de capital (Capex). No entanto, na última década, houve uma diminuição significativa nos custos de energia, com o custo da energia solar caindo 85%, e os custos da energia eólica offshore e *onshore* diminuindo 48% e 56%, respectivamente, prevendo-se ainda mais reduções (GRISHLER, 2023).

27. A Figura 5 mostra a composição de custo da produção do H2, estimada até 2030, ressaltando o impacto que o custo da energia ainda traz sobre a produção do H2V.

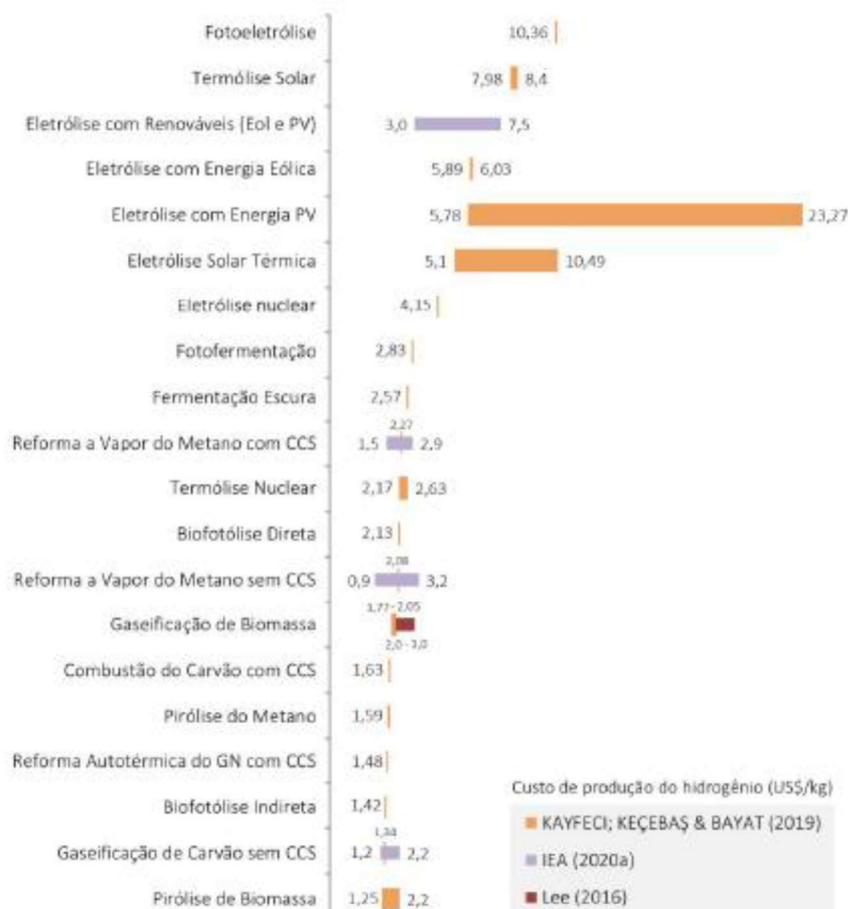
Figura 5: Estrutura de custos do H2V até 2030



Fonte: GRISCHLER, 2023

28. A Figura 6 apresenta a faixa de custo de produção de hidrogênio por rotas tecnológicas. Enquanto a reforma a vapor do metano sem CCS chega a custar menos de 1,00 dólar por kg de H₂, a por eletrólise de energia renovável não custa menos de US\$ 3/kg, mas chega a US\$ 7,5/kg. Estima-se que para começar a substituir o hidrogênio cinza na indústria, o custo de produção de hidrogênio renovável precisa cair para US\$ 2/kg ou menos (Castro, 2023).

Figura 6: Faixa de custo de produção de hidrogênio



Fonte: Nota Técnica EPE-DEA-NT-003/2021

29. Na esteira do desenvolvimento da produção e uso em escala de hidrogênio renovável, apresenta-se a utilização de combustíveis sintéticos como alternativas de baixa emissão de GEE. Os combustíveis sintéticos, também conhecidos como *e-fuels*, são gerados a partir da combinação de gás de hidrogênio (H₂) e dióxido de carbono (CO₂), através de um processo químico, sem a necessidade de petróleo (EPE, 2023).

30. Estes combustíveis têm a capacidade de substituir os combustíveis fósseis, como a gasolina, e podem desempenhar um papel significativo na diminuição da dependência de combustíveis fósseis, uma vez que são compatíveis com os veículos atuais que utilizam combustíveis fósseis e com toda a infraestrutura logística e de abastecimento já estabelecida. Além disso, os *e-fuels*, ao utilizarem CO₂ como matéria-prima, têm o potencial de se tornarem neutros em termos de emissões de dióxido de carbono (CO₂). O e-metanol, e-querosene e e-diesel são alguns exemplos de e-combustíveis (CASTRO, 2023).

31. Apesar dos desafios tecnológicos e logísticos a serem superados, o hidrogênio tem sido reconhecido como uma alternativa tecnológica significativa para a redução de carbono na indústria de vários países, particularmente nos setores identificados como de difícil mitigação, como a metalurgia e a produção de cimento.

32. Diante desse cenário, o Brasil tem o potencial de se tornar um competidor agressivo neste novo mercado mundial de energia renovável, destacando-se acima de tudo pela sua dimensão continental. Por isso, é fundamental que as ações governamentais se deem no sentido de promover políticas públicas que viabilizem o desenvolvimento do mercado de hidrogênio no país, garantindo assim o baixo custo de produção e a competitividade no cenário global.

I.3. Estratégias Internacionais e Nacional

33. Diversos países têm apresentado as suas estratégias nacionais sobre o hidrogênio. No cenário global, cada país mostra sua intenção de ser produtor (exportador) ou consumidor (importador) de H₂, sendo que alguns se colocam como autossuficientes.

34. Além de informar sua posição quanto à produção ou consumo do H₂, os países dispõem em suas estratégias nacionais qual tipo de hidrogênio irão investir, se o verde (ou renovável), se o azul (com CCUS), se o cinza, ou outro tipo, dispondo seus objetivos e metas para os próximos anos, fitando o horizonte de 2050 como marco para atingimento do *netzero*.

35. A Figura 7 sintetiza as estratégias nacionais dos países que despontam com principais atores quanto à tecnologia, demanda e/ou mercado.

Figura 7: Estratégias nacionais de alguns países

Estratégia Nacional		Alemanha	Austrália	Canadá	Chile	Coreia do Sul	Emirados Árabes	Estados Unidos	Japão	Marrocos	Noruega	Reino Unido
Categorização	Exportador		✓	✓	✓		✓			✓		
	Importador	✓					✓		✓			
	Autossuficiente		✓	✓	✓			✓			✓	✓
	Líder em tecnologia	✓							✓			
Tipo de Hidrogênio	2030	█	█	█	█		█	█	█	█	█	█
	2050	█	█	█	█		█	█	█	█	█	█

Renovável por eletrólise GN com CCUS GN sem CCUS Biomassa Energia Nuclear

Fonte: Adaptado de WEC, 2021; Material Curso AHK, 2024.

36. Da Figura 7, destaca-se que Alemanha, Coreia do Sul e Japão já se posicionaram como importadores de H2 enquanto Estados Unidos (EUA), Noruega e Reino Unido têm como meta a autossuficiência do H2. Austrália, Canadá, Chile, Emirados Árabes e Marrocos objetivam ser exportadores de H2.

37. A Figura 7 ainda mostra que, para 2030, nem todos os países têm como objetivo usar o H2V, como por exemplo Coreia do Sul e Japão. Todavia, em todas as estratégias divulgadas os países utilizarão o H2V até 2050, enquanto o H2 cinza (a partir da reforma do GN), praticamente sumirá do mercado até 2050, exceto pelo caso do Coreia que indica pretender continuar utilizando o H2 cinza. O H2 azul e o musgo (a partir de biomassa) perdem espaço no futuro de alguns países, como Alemanha, mas ainda se mantêm como objetivo de consumo de alguns outros.

38. Por fim, quanto à Figura 7, destaca-se o objetivo da Alemanha e Japão se estabelecerem como líder em tecnologia, ainda que não se coloquem como produtores.

39. Especificamente na América Latina, há progressos notáveis nas políticas públicas, regulamentos e oportunidades de financiamento para o H2 em toda a região. O Chile tem tomado várias iniciativas, como a criação de um guia para a autorização de projetos de hidrogênio e a disponibilização de diversos esquemas de financiamento por meio da Corporação para a Promoção da Produção (CORFO). O governo chileno também planeja conceder concessões de uso de terras em terras fiscais para investidores em projetos de hidrogênio por até 40 anos. O Uruguai estabeleceu o Fundo Setorial do Hidrogênio Verde para financiar projetos e delegou responsabilidades relacionadas ao hidrogênio à Unidade Reguladora de Serviços de Energia e Água. Na Colômbia, o financiamento governamental está sendo canalizado através do Fundo de Energia Não Convencional (FENOGE), enquanto regulamentos relacionados à mistura de hidrogênio, transporte, indústria e questões ambientais estão sendo desenvolvidos. A Costa Rica avançou na elaboração de uma política que utiliza a capacidade adicional de seu sistema elétrico nacional para H2 (GRISCHLER, 2023).

40. O Brasil apresentou sua estratégia através do Plano de Trabalho Trienal 2023-2025, publicado pelo Comitê Gestor do PNH2, em 2023.

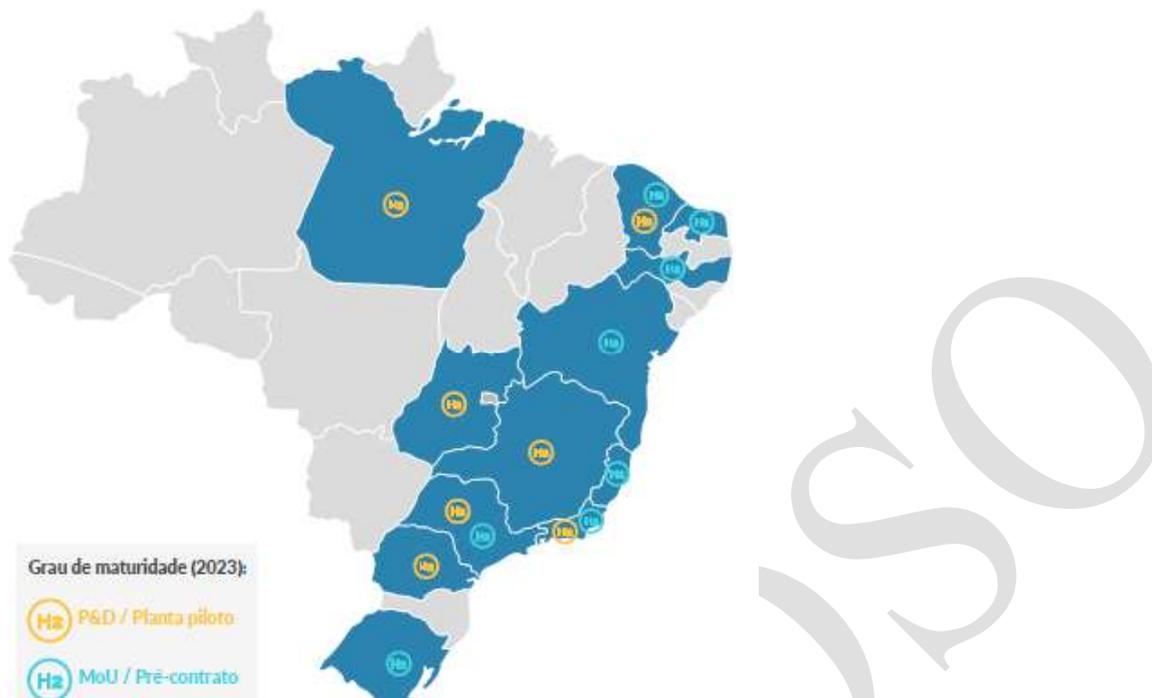
41. No Plano Trienal do PNH2, o Brasil se coloca como produtor: “as ações contidas no Plano Trienal 2023-2025 iniciarão o caminho que possibilitará que o Brasil se consolide como o maior e mais competitivo produtor de hidrogênio de baixa emissão de carbono da América Latina até 2035” (p. 7). Inclusive no capítulo que apresenta a estratégia a ser perseguida, é dito que “**Consolidar o Brasil como o país com o menor custo de produção de hidrogênio de baixa emissão do mundo até 2030** também é uma das ambições do país no âmbito do PNH2” (p. 20, grifo no original).

I.4. Iniciativas Nacionais

42. Reconhecendo o potencial nacional para a produção de H2, o Brasil já tem, até 2023, 30 bilhões de dólares em projetos anunciados para hidrogênio de baixa emissão de carbono, em várias fases de implementação. Os projetos mais avançados já possuem Memorando de Entendimento (MoU) ou pré-contratos estabelecidos, e a maioria está situada em instalações portuárias já existentes ao longo da costa brasileira.

43. A Figura 8 mostra os estados que já possuem algum projeto, diferenciando por grau de maturidade, e sintetiza o potencial de produção de H2 por tipo de rota tecnológica.

Figura 8: Potencial técnico de produção de hidrogênio no Brasil e estados brasileiros com projetos de hidrogênio de baixa emissão de carbono anunciados



Fonte: Plano de Trabalho Trienal 2023-2025 do PNH2.

44. Percebe-se que há diversas ações e projetos em andamento no Brasil, bem como a assinatura de diversos Memorandos de Entendimento (MoU) sobre hidrogênio verde no país. Apenas o estado do Ceará possui, atualmente, 36 memorandos assinados.

45. Alguns MoU sobre hidrogênio verde no Brasil que merecem destaque:

- **Governo do Ceará e a multinacional bp:** Em 16 de janeiro de 2024, o Governo do Ceará assinou um MoU com a multinacional bp para a construção de uma unidade para a produção de hidrogênio verde e derivados, como a amônia verde, no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP);

- **Governo do Ceará e a empresa Ingenostrum do Brasil LTDA:** Em 8 de dezembro de 2021, o governador Camilo Santana assinou um MoU com a empresa Ingenostrum do Brasil LTDA para a construção de dois complexos de energia solar no interior do estado;

- **ArcelorMittal Tubarão e EDP:** A ArcelorMittal Tubarão e a EDP assinaram um MoU para avaliar a viabilidade técnica e econômica de uma planta-piloto para a produção e uso de hidrogênio verde no processo de fabricação do aço;

- **Unigel (Bahia):** Conhecida pela produção de fertilizantes, a Unigel já iniciou as obras do que será a primeira planta de produção de hidrogênio verde em larga escala do Brasil;

- **Projeto GOH2 – Laboratório de Pesquisa em Processo Renováveis e Catálise:** Em março de 2022, foi iniciado o convênio entre os dois projetos da Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável, H2Brasil, ProQR, e a Universidade Federal de Goiás (UFG), para Produção de Combustível de Aviação Sustentável pela rota Fischer-Tropsch;

- **Laboratório para produção de Querosene Sintético de Aviação pela Rota Fischer-Tropsch:** Em março de 2022, foi iniciado o convênio entre os dois projetos da Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável, H2Brasil, ProQR, e o instituto SENAI de Inovação em Energias Renováveis – SENAI ISI para a Produção de Combustível de Aviação;

- **Projeto Planta Piloto para o Desenvolvimento de Tecnologias para a Produção de Combustível de Aviação Renovável, a partir do Biogás e Hidrogênio Verde em escala piloto:** Foi iniciado, em março de 2022, o convênio entre os dois projetos da Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável, H2Brasil, ProQR, e o Centro Internacional de Energias Renováveis – CIBiogás, para a Produção de Combustível de Aviação Sustentável;

- **Projetos em desenvolvimento no âmbito do CH2V, pela UNIFEI:** Construção de um laboratório para produção de hidrogênio verde incluindo uma planta piloto de eletrólise no campus da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI);

- **A alemã Siemens Energy e a brasileira Quinto Energy:** Assinaram o Memorando de Entendimentos (MoU) para o desenvolvimento no Brasil do projeto de implementação de uma planta de hidrogênio verde (H2V) com produção em larga escala;

- **Unidade da White Martins, localizada em Pernambuco:** Passa a ter o “Green hydrogen certification”, concedido pela empresa alemã TÜV Rheinland, referência mundial em certificação, para seu processo de produção de hidrogênio verde;

- **Toyo Setal Empreendimento:** Assinou um MoU com o governo do estado do Piauí, que prevê a promoção da inovação tecnológica na cadeia produtiva do hidrogênio verde, com estudos de viabilidade técnica, pesquisas e desenvolvimento de projetos em conjunto;

- **FEV Europe GMBG:** Assinou um MoU com o governo do estado do Piauí, que envolve a promoção da inovação tecnológica na cadeia produtiva do hidrogênio verde.

46. Cita-se também o **Programa H2Brasil**, criado em 2021 pela Cooperação Brasil-Alemanha em parceria com o MME, que visa expandir o mercado de hidrogênio verde (H2V) no Brasil para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e descarbonizar a economia. O projeto realizará várias ações, incluindo a elaboração de cenários de planejamento energético, análise regulatória, implementação de um sistema de certificação de H2V, promoção de intercâmbios de conhecimento e desenvolvimento de tecnologias inovadoras.

47. O H2Brasil também apoiará universidades brasileiras e aprimorará a viabilidade econômica da aplicação industrial de H2V no Brasil. O projeto conta com vários parceiros implementadores: EPE, Aneel, Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP), Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), empresas, universidades brasileiras e alemãs, empresas privadas e a Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha (AHK).

48. Apesar de não ser objeto de discussão neste trabalho, visto que não há competência constitucional do TCU para apreciar as ações dos entes estaduais, cabe citar algumas leis e programas estaduais relacionados ao hidrogênio, os quais destacam-se:

49. **Política Estadual do Hidrogênio Verde no Ceará:** A Lei 18.459, de 7/9/2023, institui a política estadual do hidrogênio verde, sustentável e seus derivados no âmbito do estado do Ceará. Ela também cria o conselho estadual de governança e desenvolvimento da produção de hidrogênio verde, sustentável e seus derivados.

50. **Incentivo ao Uso de Hidrogênio Renovável no Paraná:** A Lei 21.454, de 3/5/2023, dispõe sobre parâmetros de incentivo ao uso de hidrogênio renovável no Estado do Paraná.

51. **Licenciamento Ambiental para Produção de Hidrogênio Verde no Ceará:** A resolução Nº 03/2022 do Conselho Estadual do Ceará (Coema) dispõe sobre os procedimentos, critérios e parâmetros aplicáveis ao Licenciamento e Autorização Ambiental para empreendimentos de produção de Hidrogênio Verde para fins de geração de energia no Estado.

II. Metodologia

52. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra detalhada no Apêndice A –

III. Avaliação da maturidade

III.1. Formação de agenda pública

III.1.1. Existe formação de agenda pública?

53. O tema do hidrogênio tem longo histórico de estudos, pesquisas e utilização em setores específicos. No Brasil, diversos estudos já foram feitos e aperfeiçoados. A Tabela 1 apresenta alguns marcos nesse tema, desde o ano de 1998.

Tabela 1: Histórico, desenvolvimento e diretrizes do hidrogênio no Brasil

Ano	Ação / Programa/ Estudo/ Publicação
1998	Implementação do Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio (CENEH)
2002	Lançamento do Programa Brasileiro de Células a Combustível (ProCaC), que possuía como objetivo “organizar e promover ações de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, por intermédio de projetos associados entre entidades de pesquisa e a iniciativa privada”
2003	O Brasil tornou-se membro da Parceria Internacional para Hidrogênio e Células a Combustível na Economia – IPHE (<i>International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy</i>), que visa trocar informações governamentais, industriais e acadêmicas no assunto de células a combustível e o hidrogênio na sociedade
2005	O ProCaC passou por uma reformulação, recebendo o nome de “Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio” (ProH2).
2005	Publicação do “Roteiro para a Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil”, com horizonte de 20 anos
2010	Publicação do material “Hidrogênio energético no Brasil: Subsídios para políticas de competitividade: 2010-2025”, que expôs recomendações para o incentivo à economia do hidrogênio
2017	Criação da Associação Brasileira do Hidrogênio (ABH2)
2018	Publicação do Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis, apontando que o “uso de energias renováveis no Brasil representa uma oportunidade para a produção de hidrogênio por eletrólise quando houver excesso de oferta de energia elétrica de origem intermitente”
2020	Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), que apontou o hidrogênio como uma tecnologia disruptiva e como elemento de interesse no contexto da descarbonização da matriz energética
2021	Publicação de as "Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio", que abordou panorama do mercado, rotas tecnológicas, custos, desafios, papel do hidrogênio na transição energética e, por fim, implicações para políticas públicas
2021	Publicação da Resolução CNPE nº 2 de 2021, que orienta a priorização da destinação de recursos de pesquisa, desenvolvimento e inovação regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel e pela Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustível - ANP para o hidrogênio, entre outros temas relacionados ao setor de energia e à transição energética
2021	Publicação da Resolução CNPE nº 6 de 2021, determinando a realização de estudo para proposição de diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2)
2021	Publicação da Proposta de Diretrizes do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2)
2021	Publicação do material “Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro: Panorama Atual e Potenciais para o Hidrogênio Verde”, o qual ofereceu um panorama da indústria e de atores acadêmicos e institucionais atuantes no Brasil na área de hidrogênio, bem como uma visão geral sobre as principais tecnologias de aplicação de hidrogênio e Power-to-X3, e o seu estado de maturidade no Brasil em comparação aos países líderes nessas tecnologias
2022	Minuta do PDE 2031, contendo capítulo específico tratando sobre o mercado de hidrogênio e suas perspectivas
2023	Publicação do Plano Trienal do Programa Nacional do Hidrogênio

Fonte: Elaboração própria.

54. Além dos estudos técnicos que procuram desenvolver a tecnologia do hidrogênio, verifica-se que há formação de agenda pública para a regulação e fomento de hidrogênio de baixo carbono no Brasil. O assunto é objeto de projetos de lei em discussão no Congresso Nacional, inúmeros projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PD&D), declarações de gestores do governo federal, reportagens da mídia e outras formas de diálogo que caracterizam a agenda pública, como congressos, seminários e workshops.

55. A exemplo, a Câmara dos Deputados aprovou, em 28 de novembro de 2023, o Projeto de Lei (PL) 2308/2023, que estabelece um marco legal para a produção e uso do hidrogênio de baixa emissão de carbono. O projeto prevê a instituição:

- Do marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono, que define as bases legais para a produção e utilização desse tipo de hidrogênio.

- Da Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, visando estabelecer diretrizes e metas para o desenvolvimento dessa fonte energética.

- De incentivos para a indústria do hidrogênio de baixa emissão de carbono, que proporciona incentivos para empresas que investirem no setor.

- Do Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Rehidro): um regime especial para fomentar a produção desse tipo de hidrogênio.

- Do Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC), que visa promover pesquisas, desenvolvimento e inovação nessa área.

- De alterações nas Leis nº 9.427/1996 e 9.478/1997: Modificações em legislações relacionadas à energia e ao setor petrolífero.

56. De forma semelhante, a Comissão Especial para Debate de Políticas Públicas sobre Hidrogênio Verde do Senado Federal aprovou, em 14 de dezembro de 2023, o projeto que estabelece um marco legal para o setor do hidrogênio. Esse marco tem como objetivo financiar a nova política e promover a transição energética e o desenvolvimento sustentável. O projeto em questão é o PL 5.816/2023, que cria o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixo Carbono (PHBC).

57. Além disso, o PL 5.816/2023 também instituiu o Comitê Gestor do Setor de Hidrogênio de Baixo Carbono (CGHBC). Esse comitê terá a responsabilidade de estabelecer diretrizes para o setor e coordenar as ações do PHBC. Ele será composto por representantes de diversos ministérios e agências reguladoras.

58. Dessa forma, considerando o PNH2 como a política pública federal relativa ao hidrogênio de baixa emissão em andamento, quanto à **formação de agenda pública** no ciclo de políticas públicas, entende-se que houve e foi concluída a fase de **formação de agenda**, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 – Alta implementação**”.

III.1.2. O processo de formulação e escolha da política foi participativo?

59. No âmbito do PNH2, o MME promoveu a Consulta pública nº 147/2022 sobre o Plano de Trabalho Trienal 2023-2025 do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2). A consulta pública foi aberta pela Portaria 713/GM/MME/2022 e prorrogada na terça-feira, (31/01), pela Portaria 721/GM/MME/2023.

60. No site de consultas públicas do MME, estava disponível a primeira proposta de Plano Trienal. Esta proposta era o resultado das atividades desenvolvidas no âmbito do PNH2 ao longo do ano de 2022 – um trabalho conjunto das cinco Câmaras, além de representantes do setor, incluindo instituições do setor público, privado e academia. Ao final da consulta pública promovida pelo MME,

as contribuições foram devidamente divulgadas e analisadas pelo Comitê Gestor e Câmaras Temáticas do PNH2.

61. Além disso, o PNH2 é formado por um Comitê Gestor – coordenado pelo MME e integrado por diversos órgãos e entidades de governo, que conta com cinco Câmaras Temáticas para discussão de questões específicas, coordenadas por diferentes ministérios. São elas: as câmaras de Arcabouço Legal e Regulatório-Normativo (MME), de Capacitação de Recursos Humanos (Ministério da Educação), de Planejamento Energético (MME), de Abertura e Crescimento do Mercado e Competitividade (Ministério da Economia) e de Fortalecimento das Bases Científico-Tecnológicas (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações).

62. Mesmo que ainda em fase de apreciação pelo Congresso, o PL 5816/2023, iniciado no Senado Federal, que trata sobre a indústria do hidrogênio de baixo carbono e suas tipificações, também foi matéria de discussão e audiências públicas. A Comissão Especial para Debate de Políticas Públicas sobre Hidrogênio Verde (CEHV), conforme relatório, realizou sete audiências públicas, com a participação de representantes de outros países, como o Reino Unido, a China e o Chile; de especialistas do MME, do MCTI, da Aneel e ANP; de diversas universidades, como a Federal do Ceará, Instituto Federal do Ceará, Universidade de São Paulo e a Federal do Rio de Janeiro; de empresas públicas e privadas, como a Petrobras, a Braspell Bioenergia, o Complexo Portuário do Pecém e a Embrapa Agroenergia; de entidades do setor financeiro, como o BNDES, o Banco do Brasil, a Caixa Econômica Federal, o Banco de Desenvolvimento da América Latina e o Banco do Nordeste; além de prefeitos e governadores (CD, 2024).

63. Entretanto, quanto ao PL 2308/2024, em consulta ao sítio eletrônico da Câmara dos Deputados – casa iniciadora (acesso em 12/04/2024) e do Senado Federal – casa revisora (acesso em 12/04/2024), não foi encontrada informações sobre realização de audiências públicas para o projeto de lei.

64. Por se tratar de tema ainda em desenvolvimento, principalmente quanto ao avanço tecnológico, percebe-se ainda não ser viável a participação popular da sociedade, mas por meio de institutos e pessoas com conhecimento especializado, inclusive a academia.

65. Assim, quanto à **participação** conclui-se que as discussões do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2) contaram com a participação de representantes da sociedade. Diante disso, neste item, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 – Alta implementação**”.

III.2. Institucionalização

III.2.1. A política pública está oficializada em ato normativo?

66. Durante o andamento da auditoria, foi sancionada a Lei 14.948, de 2/8/2024, que instituiu o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono; dispôs sobre a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono; instituiu incentivos para a indústria do hidrogênio de baixa emissão de carbono; instituiu o Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Rehidro); e criou o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC).

67. Além disso, deve-se considerar que:

- A Resolução nº 6, de 23/6/2023, do CNPE, instituiu o PNH2 e criou o Comitê Gestor do PNH2;
- o Comitê Gestor do PNH2 publicou plano de trabalho onde apresenta estratégias e alguns objetivos quanto ao hidrogênio de baixo carbono no Brasil, que se entende ser uma etapa relevante para a formalização de uma política que visa desenvolver o H2 no Brasil, vez que apresenta diretrizes importantes para a expansão do mercado de H2 no país, bem

como apresenta ações que fomentarão a discussão do tema por meio das câmaras temáticas;

- em níveis estaduais, há políticas regionais para a promoção e desenvolvimento do H2 de baixo carbono (a exemplo do Ceará e Paraná);

68. Entretanto, o tema em questão ainda carece de algumas regulamentações setoriais, econômicas e técnicas, a exemplo dos arts. 4º, §§ 1º e 2º, 7º, 10, 11, 13 e 26 da Lei 14.948/2024. Diante do exposto, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de **“2 – Implementação Parcial”**.

III.2.2. A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?

69. A Lei 14.948/2024, estabeleceu no art. 3º os objetivos da Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono.

70. O §4º do art. 26 da Lei 14.948/2024 prevê que regulamento do Poder Executivo estabeleça metas e objetivos a serem alcançados por meio da concessão dos incentivos do Rehidro.

71. Acrescenta-se que, a institucionalização de política pública a nível federal que envolvia hidrogênio de baixo carbono no Brasil, antes da Lei 14.948/2024, se deu pelo lançamento do PNH2. Dentro das ações do comitê gestor do programa, foi publicado o Plano de Trabalho Trienal 2023-2025 do PNH2, instrumento usado para apresentar objetivos para as câmaras temáticas e descrever as entregas em andamento.

72. No Apêndice II do Plano de Trabalho Trienal 2023-2025 do PNH2 constam as ações propostas no ciclo 2023 – 2025 para as cinco Câmaras Temáticas que compõem o Programa Nacional do Hidrogênio, no qual são definidos:

- Ações;
- Atores envolvidos;
- Responsável;
- Prazo;
- Entregável/resultado; e
- Indicador.

73. Considerando que a lei estabeleceu alguns objetivos, mas a necessidade da previsão de objetivos para o Rehidro e, ainda não haver metas quantificáveis e indicadores para acompanhar todos os instrumentos estabelecidos pela lei, nesse sentido, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de **“2 – Implementação Parcial”**.

III.3. Implementação

III.3.1. Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?

74. Verifica-se que várias ações providas do PNH2 já se iniciaram e se encontram em desenvolvimento, entretanto, considerando o consumidor de H2 como beneficiário da política, constata-se que ainda não há produtos sendo entregue pela política, exceto pelos projetos pilotos que se encontram em andamento, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de **“0 – Não Implementado”**.

III.3.2. Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?

75. O Plano de Trabalho Trienal 2023-2025 do PNH2 apresenta diversas ações que já foram concluídas e outras já em andamento, dentre as quais se destacam:

- Temática “Hidrogênio de fontes alternativas” inserida em 2023 no âmbito da seleção pública Finep/MCTI Inovações Radicais Setor Elétrico;

- Abertura de chamada pública PD&I em apoio ao Programa Combustível do Futuro e à Iniciativa Brasileira do Hidrogênio (IBH2 MCTI): 23 propostas aprovadas na Linha 4 – Hidrogênio Sustentável, com recursos do FNDCT (CT-Energ), totalizando R\$ 15,8 milhões;
- Abertura de seleção pública Finep/MCTI Combustível do Futuro e Hidrogênio: duas propostas aprovadas na Linha Temática III – Desenvolvimento de tecnologias nacionais de produção, armazenamento e uso de hidrogênio sustentável no setor de transportes, totalizando R\$ 14,9 milhões;
- Estruturação da chamada pública para Apoio ao Sistema Brasileiro de Laboratórios de Hidrogênio (SisH2-MCTI): 13 projetos selecionados, totalizando R\$ 33 milhões;
- Estruturação da Consulta Pública ANEEL 18/2023, que busca a obtenção de subsídios para a chamada nº 23/2023 do PDI estratégico “Hidrogênio Renovável no Contexto do Setor Elétrico Brasileiro”;
- Com o apoio do Projeto H2Brasil, foi executada a capacitação de 300 profissionais para a multiplicação de conhecimentos avançados sobre hidrogênio;
- Por meio do Projeto H2Brasil, estão sendo ofertadas 8 Masterclass sobre o tema do hidrogênio, que já passam de 700 inscrições;
- Aprovação da proposta de Plano de Investimento do Brasil para o *Renewable Energy Integration Program do Climate Investment Funds* (CIF-REI), a partir da iniciativa do Ministério de Minas e Energia e do Ministério da Fazenda, possibilitando acesso a recursos concessionais da ordem de US\$ 35 milhões para a instalação do hub de hidrogênio verde no Porto do Pecém, localizado no Ceará.

76. Diante da existência das primeiras ações gerando resultados iniciais na promoção do H2, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**1 – Baixa implementação**”.

III.4. Avaliação e estabilidade

III.4.1. São realizadas e publicadas avaliações de desempenho? e As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?

77. Como a institucionalização de política federal que envolva Hidrogênio de Baixo Carbono no Brasil ainda são ações iniciais, não é possível a realização de avaliações de desempenho da política, bem como não se pode falar em estabilidade da política pública.

78. Entretanto, destaca-se que a Lei 14.948/2024 não previu instrumentos de avaliação da política estabelecida.

79. Sendo assim, quanto à **realização de avaliações de desempenho e sua estabilidade**, será atribuída a **pontuação zero**.

IV. Quadro resumo

80. Por fim, a partir dos fatos e dados narrados e avaliados, conforme atribuição da pontuação realizada para cada item de avaliação, o resultado é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas

Componente de análise	Item de análise	Hidrogênio de Baixa Emissão
1. Formação da agenda pública	1.1 Existe formação de agenda pública?	3
	1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?	3
2. Institucionalização	2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?	2
	2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?	2
3. Implementação	3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	0
	3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	1
4. Avaliação e estabilidade	4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	0
	4.4 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	0
Agregado		1,4

Fonte: elaboração própria.

V. Conclusão

81. Avaliar as políticas públicas de uma tecnologia que se encontra num estágio ainda inicial, como é o caso da produção de H2 a partir de energias renováveis, é ratificar a importância que o tema pode ter no país, isso porque a utilização de hidrogênio de baixa emissão é uma tecnologia promissora no que diz respeito a caminhos para a descarbonização da economia em diversas áreas, visto que pode servir para a diminuição de emissão de CO2 tanto na área de energia elétrica, funcionando como vetor de energia e armazenamento, na matriz de transporte, a partir de células a combustível, como nas áreas industriais e na produção de fertilizantes, por exemplo.

82. Entretanto, devido ao seu alto custo de produção e dificuldades no armazenamento e transporte, o H2 tem tido suas perspectivas de expansão revistas no curto prazo. Cita-se, por exemplo, a PSR, consultoria brasileira especializada em energia, quem, em seu relatório de março de 2024, reduziu sua previsão de consumo de H2 para o Brasil (PSR, 2024).

83. Apesar disso, o mercado de H2 de baixa emissão de carbono ainda se mostra promissor para países com potencial de serem produtores, como o Brasil, que apresenta grande capacidade de geração de energia elétrica renovável.

84. Diante dos exames realizados no tema da promoção de H2 renovável no Brasil, percebe-se que ainda se trata de **área com pouca maturidade nas políticas públicas**, visto haver algumas iniciativas acadêmicas e privadas, como esforços públicos em nível regional. O PNH2 se mostrava até agosto de 2024 a única iniciativa federal organizada sobre o tema, contudo ainda se encontra em fase inicial e não era sustentado por lei, o que tornava a política mais susceptível a instabilidades por troca de governo. Em agosto de 2024, a Lei 14.948/2024 veio suprir algumas lacunas normativas, mas ainda carece de regulamentações em certos pontos.

85. De fato, regulamentações são imprescindíveis para proporcionar segurança jurídica a novos investimentos de forma a tornar a produção, armazenagem e transporte de H2 viáveis em grande escala. Todavia, para evitar a interferência desnecessária, bem como a burocratização excessiva que possam acarretar óbices ao desenvolvimento da tecnologia, importa a participação da sociedade, representada por especialistas no tema para promover discussões fundamentadas em todo o processo de fomento das políticas públicas que visem o desenvolvimento do H2 no Brasil.

86. Ainda quanto às estratégias que o país necessita traçar para atuar consistentemente no mercado de H2, cabe destacar que os países que mais têm desenvolvido tecnologias para a produção de H2 são aqueles que se apresentam como consumidores. Isso implica que, países produtores de H2, como o Brasil tem se posicionado, comprarão tecnologia para produzir hidrogênio com a finalidade de exportar aos mesmos países que venderam a tecnologia, o que pode gerar uma balança desfavorável ao país produtor. Por isso, já se tem alertado para a necessidade de agregar valor ao H2 produzido no Brasil, de maneira a se obter saldo positivo no mercado.

87. Sinteticamente, a Tabela 3 apresenta os principais desafios a serem enfrentados pelo país em relação ao Hidrogênio de Baixa Emissão, extraídos da presente análise.

Tabela 3: Situação atual das políticas públicas para H2V e seus desafios

Situação atual	Desafios
Lei acerca de H2 no Brasil publicada recentemente.	Robustecer arcabouço regulatório que inclua todas as etapas do processo, que traga segurança jurídica e incentive novos investimentos.
As cadeias de produção do hidrogênio de baixa emissão ainda encontram grandes necessidades de desenvolvimento tecnológico em nível global.	Necessidade de mais investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I).
Custos associados à sua produção, transporte e armazenamento, os quais ainda se mostram elevados quando comparados às tecnologias existentes.	Necessidade de investimento em pesquisa e em capacitação de pessoal, inclusive em nível acadêmico.
Carência de planejamento e investimento em infraestrutura pode dificultar a efetivação da produção e exportação do hidrogênio.	Planejar a geração e a transmissão de energia elétrica, bem como as áreas de logística e transporte, incluindo gasodutos, portos e outros afins.
Acompanhar o risco de subsídios cruzados não mapeados	Cabe atenção para que os incentivos ao desenvolvimento do H2 no país seja transparente com políticas públicas claras e subsídios evidenciados, para que, especificamente ao setor elétrico é necessário estudo detalhado quanto à categoria de geradores, seja por trabalhar com fontes incentivadas, seja por isenções específicas (como o autoprodutor), para evitar que acabem por subsidiar indiretamente a produção de H2V, aumentando o peso de encargos sobre os consumidores de energia elétrica.

Fonte: elaboração própria, a partir das evidências trazidas no texto.

88. Por fim, conclui-se, quanto a **maturidade de desenvolvimento**, que as políticas públicas ligadas à promoção e regulamentação do **hidrogênio de baixa emissão no Brasil** se encontram em **baixa implementação**.

VI. Referências

Câmara dos Deputados (CD), 2024. Disponível em <https://www.congressonacional.leg.br/materias/materias-bicamerais/-/ver/pl-5816-2023>, acesso em 12/4/2024.

CASTRO, N. (org.). A economia do hidrogênio: transição, descarbonização e oportunidades para o Brasil. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2023. Disponível em: https://gesel.ie.ufrj.br/wp-content/uploads/2023/04/livro_economia_do_h2.pdf

CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos). Hidrogênio energético no Brasil: subsídios para políticas de competitividade, 2010-2025; Tecnologias críticas e sensíveis em setores prioritários, 2010. Disponível em: https://www.cgee.org.br/serie-documentos-tecnicos/-/asset_publisher/LqcvUkzr5FI/document/id/855602?inheritRedirect=false, acesso em 8/2/2022.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**, 2022.

_____. **Plano Nacional de Energia 2050**, 2020.

_____. **Nota Técnica Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio - EPE-DEA-NT-003/2021 revisão 01**, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/nota-tecnica-bases-para-a-consolidacao-da-estrategia-brasileira-do-hidrogenio>, acesso em 28/1/2022).

_____. **Fact Sheet Combustíveis Sintéticos**, 2023. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/fact-sheet-combustiveis-sinteticos>, acesso em 18/4/2024.

GESEL (Grupo de Estudos do Setor Elétrico). **Texto de Discussão do Setor Elétrico N° 100: Perspectivas da Economia do Hidrogênio no Setor Energético Brasileiro**, 2021. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/index.php/Publications/index/1>, acesso em 28/1/2022.

_____. **Observatório de Hidrogênio nº 1**, 2021. Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/18_Observat%C3%B3rio_H2_n1.pdf, acesso em 28/1/2022.

_____. **Artigo: A Indústria Nascente do Hidrogênio Verde no Brasil**, 2021. Disponível em <http://www.gesel.ie.ufrj.br/index.php/Publications/index/5>, acesso em 8/2/2022.

GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) e outros. **Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro: Panorama Atual e Potenciais para o Hidrogênio Verde**, 2021. Disponível em:

https://www.energypartnership.com.br/fileadmin/user_upload/brazil/media_elements/Mapeamento_H2_-_Diagramado_-_V2h.pdf, acesso em 31/1/2022.

MME (Ministério de Minas e energia) e outros. **Diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2)**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-apresenta-ao-cnpe-proposta-de-diretrizes-para-o-programa-nacional-do-hidrogenio-pnh2/HidrognioRelatriodiretrizes.pdf>; acesso em 31/1/2022.

PSR. **Energy Report**, abril de 2024. Disponível para assinantes; acesso em 8/4/2024.

World Energy Council. **Hydrogen on the Horizon: National Hydrogen Strategies**, 2021. Disponível em: <https://www.worldenergy.org/publications/entry/working-paper-hydrogen-on-the-horizon-national-hydrogen-strategies>, acesso em 10/4/2024.

O Povo. Artigo: **Ceará assina 36º memorando para usina de hidrogênio verde com BP Energy**. Disponível em <https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2024/01/16/ceara-assina-36-memorando-para-usina-de-hidrogenio-verde-com-bp-energy.html>, acesso em 19/6/2024.

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

SIGILOSOSO

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

AUDITORIA OPERACIONAL NA POLÍTICA DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE DADOS

Questão 4: **Quão avançada é a ação estatal nos principais temas da agenda da transição energética brasileira?**

Tema avaliado: **Inserção de novas tecnologias no SEB**

I. Visão Geral

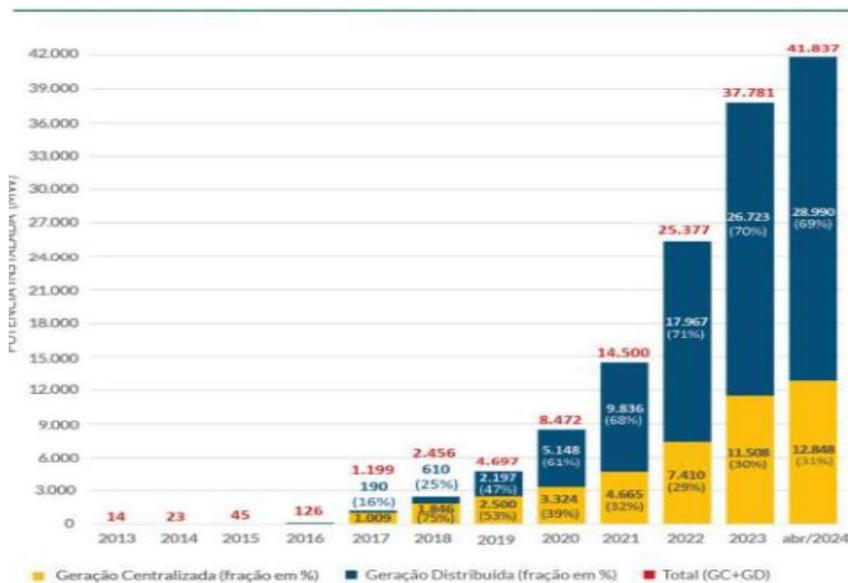
I.1. Introdução

1. A necessidade de inserção de novas tecnologias no setor elétrico é impulsionada por diversos fatores críticos que refletem os desafios e as oportunidades enfrentadas pela sociedade moderna. Esses fatores incluem fatores ambientais, fortalecimento da segurança energética, eficiência e confiabilidade do fornecimento, transformação digital e empoderamento do consumidor.
2. A crescente preocupação com as mudanças climáticas e o impacto ambiental da geração de energia a partir de combustíveis fósseis têm impulsionado a busca por soluções mais sustentáveis. Novas tecnologias, especialmente aquelas relacionadas a fontes renováveis de energia, são fundamentais para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover uma matriz elétrica mais limpa.
3. A dependência de recursos naturais limitados coloca em risco a segurança energética de muitos países. No caso brasileiro, ao contrário da maioria das nações, existem riquezas naturais e condições territoriais privilegiadas para a maior inserção de fontes renováveis, notadamente de eólica e solar fotovoltaica. Contudo, diante da peculiaridade da intermitência dessas novas fontes, são necessárias o aprimoramento de soluções tecnológicas que garantam a resiliência do sistema energético.
4. Além disso, o aumento da demanda por energia exige sistemas mais eficientes e flexíveis. Tecnologias como armazenamento de energia, redes inteligentes, desenvolvimento de usinas híbridas e reversíveis e geração distribuída permitem uma gestão mais eficaz dos recursos energéticos, melhorando a eficiência e a confiabilidade do sistema.
5. A digitalização do setor elétrico oferece oportunidades para otimizar a operação das redes elétricas, melhorar a manutenção de equipamentos e personalizar o consumo de energia. Essas tecnologias facilitam a transição para um sistema mais inteligente e conectado. Como exemplos de transformação digital no setor, podem ser mencionadas a adoção de Internet das Coisas, inteligência artificial e análise de dados.
6. Por fim, a evolução tecnológica está transformando os consumidores em prosumidores, que não apenas consomem energia, mas também são capazes de produzi-la e compartilhá-la. Tecnologias de geração distribuída permitem que os consumidores tenham um papel mais ativo no mercado de energia.
7. Para a inclusão dessas novas tecnologias, são necessárias iniciativas regulatórias e políticas públicas voltadas para o seu desenvolvimento. Essas políticas são fundamentais para criar um ambiente favorável à inovação e ao investimento em tecnologias limpas.
8. No caso brasileiro, em razão da diminuição dos custos e dos incentivos regulatórios que estão sendo dados, destaca-se o aumento exponencial dos recursos energéticos distribuídos. Na Figura abaixo, apresenta-se o crescimento da geração centralizada e distribuída a partir da fonte solar

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

fotovoltaica nos últimos 10 anos. Salienta-se que, segundo a Absolar (2024), a fonte solar fotovoltaica representa 99,08% da potência instalada de microgeração e minigeração distribuída no Brasil.

Figura 1: Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil, 2013-2014

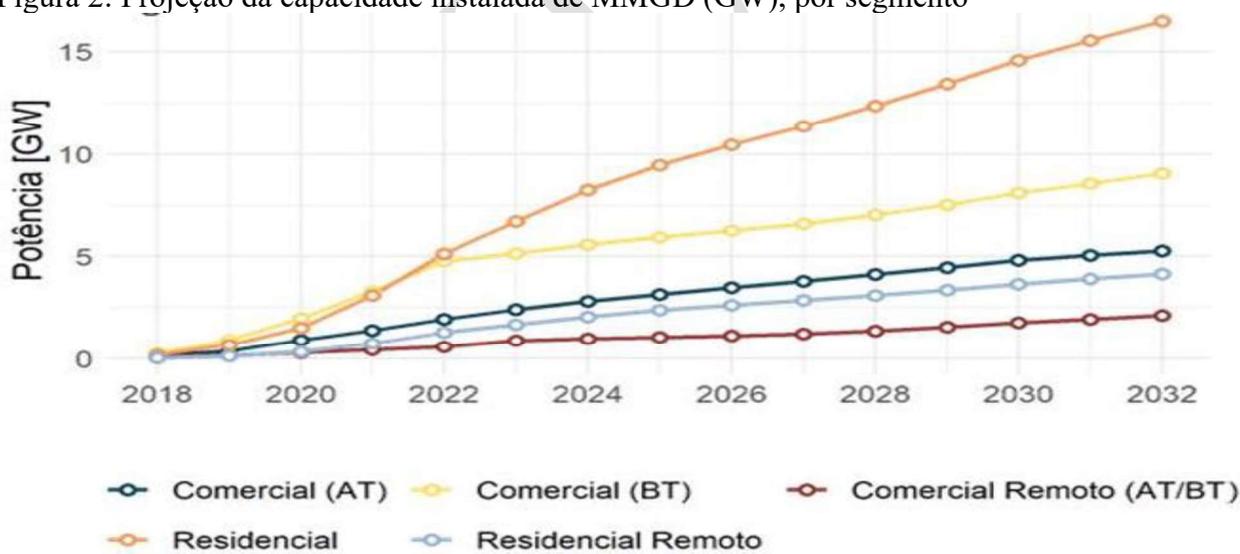


9.

10. Fonte: Absolar, 2024

11. De acordo com a EPE, a expansão dos recursos energéticos distribuídos deve perdurar para os próximos anos, notadamente para o segmento residencial, conforme atesta a Figura 2.

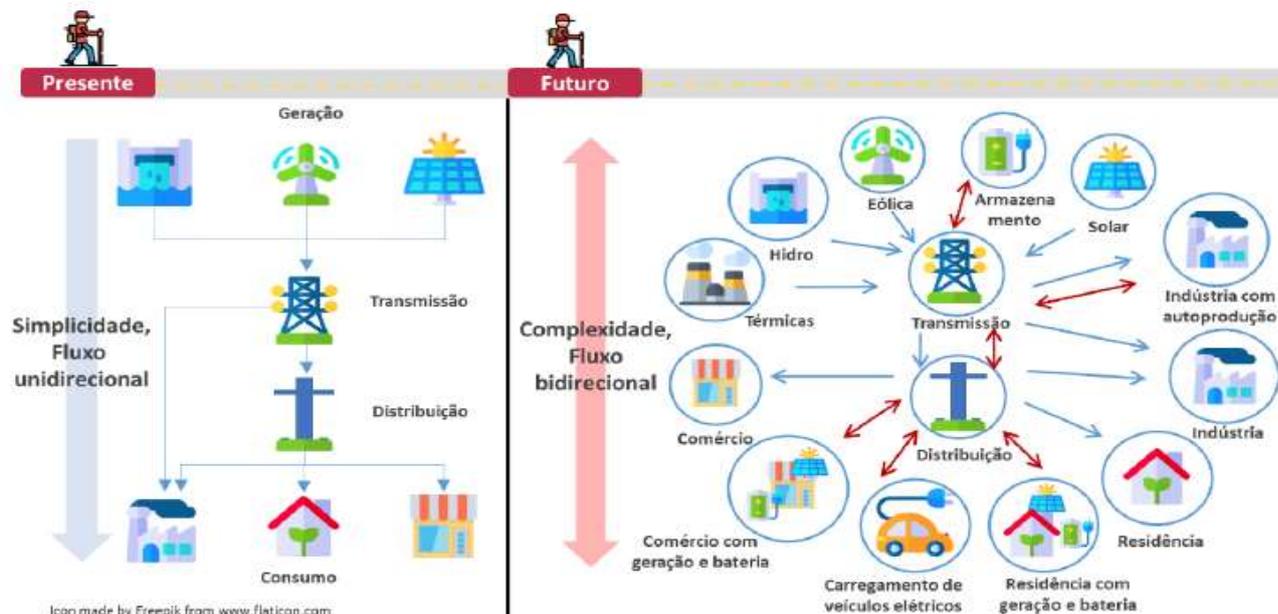
Figura 2: Projeção da capacidade instalada de MMGD (GW), por segmento



Fonte: EPE, 2022

12. Esse aumento apresenta um elevado potencial disruptivo e está transformando profundamente os sistemas elétricos, que estão em fase de uma gestão centralizada com recursos de maior porte para uma necessidade maior de gerenciamento descentralizado com soluções distribuídas. Os fluxos de energia passam a ser bidirecionais, aumentando significativamente a complexidade dos sistemas elétricos. A Figura 3 ilustra essa transformação dos sistemas elétricos.

Figura 3: Sistemas elétricos: presente e futuro



Fonte: EPE (2019 a, p. 44)

13. Além disso, o crescimento da geração distribuída está se dando preponderantemente com a inserção de fontes intermitentes, notadamente a solar fotovoltaica, o que torna parte significativa da capacidade instalada incontrolável e muitas vezes indisponível. Isso traz um novo paradigma para a confiabilidade do sistema, que necessita de novas soluções tecnológicas para a adaptação dos sistemas elétricos, uma vez que a solução de inserção de fontes despacháveis, como as térmicas ou hidrelétricas com reservatório, é cada vez mais contraproducente.

14. A presente análise se focará na inserção de novas tecnologias para a melhor adaptação do setor elétrico para esse aumento dos recursos energéticos distribuídos. Serão analisados os seguintes eixos temáticos: digitalização dos sistemas elétricos e sistemas de armazenamento.

15. Salienta-se ainda que existem outras tecnologias que poderiam ser analisadas, como as usinas híbridas, eólicas offshore, hidrogênio, veículos elétricos e eficiência energética. Contudo, essas soluções estão inseridas em outras análises em separado da Questão 3 de Auditoria, como a “Participação de renováveis no SEB”, “Eficiência Energética”, “Hidrogênio de baixa emissão e combustíveis sintéticos” e “Eletrificação da mobilidade”.

I.2. Digitalização dos sistemas elétricos

16. O Brasil passa por um momento de inflexão tecnológica quanto a digitalização possível de ser aplicada em todos os processos, sejam comerciais, industriais ou associadas ao cotidiano individual. Testemunha-se a digitalização dos serviços públicos, das cidades e dos aparelhos eletrodomésticos, com comandos de voz para acionamentos de múltiplas funções cotidianas e com informação e transparência nos dados disponibilizados nas interações de consumo de bens e serviços. Contudo, existe um gap nas concessionárias e empresas de energia, que ainda não dispõem de mecanismos eficientes para o monitoramento em tempo real do consumo energético, nem estão plenamente adaptadas para gerenciar o volume de dados gerados pela interação entre consumo e geração de energia pelos usuários.

17. A digitalização no setor de energia apresenta complexidades culturais, sociais, econômicas e climáticas, além das características descentralizadas e renováveis de sua matriz energética e o consumo médio de energia — ao desenvolver estratégias que assegurem o sucesso financeiro da digitalização.

18. Adicionalmente, a digitalização exige uma gestão cuidadosa das informações coletadas, desde a fase de coleta até a aplicação eficaz dos dados para o monitoramento, controle e administração da energia. Isso envolve a proteção da privacidade dos dados e a segurança dos sistemas energéticos. Assim, o Brasil enfrenta o desafio de desenvolver infraestruturas e sistemas adequados, promover o engajamento dos consumidores para um uso mais eficiente da energia e a adoção de novas tecnologias, tudo isso garantindo a acessibilidade e a adequação às variadas necessidades da população (GIZ, 2021).

19. A legislação está evoluindo para favorecer um modelo de consumo e precificação de energia mais flexível, visando estimular uma maior consciência ambiental entre os consumidores (GIZ, 2021). O desafio atual é como evidenciar o consumo energético de forma a incentivar comportamentos sustentáveis de longo prazo e assegurar os investimentos necessários em infraestrutura e tecnologia (GIZ, 2021). É essencial, também, considerar as implicações sociais da digitalização, assegurando que os benefícios dos serviços digitalizados sejam distribuídos de maneira justa por toda a sociedade (GIZ, 2021).

20. Essa reformulação dos sistemas elétricos deve ser realizada não apenas reforçando a infraestrutura física, o que essa solução seria extremamente cara e problemática (GIZ, 2021). Nesse sentido, a introdução de soluções tecnológicas complementares que adicionem comunicação, sensores e automação permitirá às distribuidoras o gerenciamento de forma ativa da geração e da demanda, que são variáveis. Essa combinação de soluções, que é essencial para uma efetiva digitalização do setor, é o que comumente se refere como rede elétrica inteligente (*smart grid*).

21. Segundo o Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2020), a digitalização no setor elétrico representa uma transformação significativa que promete remodelar não apenas a estrutura do mercado e as transações comerciais, mas também a maneira como a infraestrutura é utilizada e a relação dos consumidores com o sistema elétrico. Esta mudança é impulsionada pela introdução e adoção de redes inteligentes, que são sistemas avançados capazes de integrar de maneira eficaz as ações de todos os usuários conectados à rede - sejam eles geradores, consumidores ou ambos - para garantir uma operação econômica e sustentável do sistema elétrico.

22. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), uma rede inteligente é um sistema de distribuição de eletricidade que incorpora tecnologia digital para observar e administrar o fluxo de eletricidade desde as fontes de produção até satisfazer as variadas necessidades de consumo dos usuários finais. O foco principal dessa inovação tecnológica é o consumidor. Assim, as redes inteligentes facilitam a coordenação entre as demandas e ofertas de todos os envolvidos, incluindo geradores, operadores de redes, consumidores finais e demais interessados no mercado de eletricidade. O objetivo é garantir que o sistema opere de maneira ótima, reduzindo custos e impactos ao meio ambiente, ao mesmo tempo em que se aumenta a confiabilidade, a resiliência e a estabilidade do sistema. Na Figura 4, segue uma representação gráfica de como funciona uma rede inteligente.

Figura 4: Rede elétrica inteligente (smart grid)



Fonte: SILVA, 2022.

23. Um dos principais benefícios das *smart grids* reside na sua habilidade de estocar energia em momentos de produção elevada e disponibilizá-la em fases de baixa produção. Essa característica assume especial importância para as energias solar e eólica, cuja natureza é essencialmente intermitente. Souza, Bonatto e Ribeiro (2022) apontam que o avanço nas tecnologias de estocagem de energia, aliado a sistemas de controle mais sofisticados, pode atenuar os problemas decorrentes dessa intermitência, assegurando assim um abastecimento energético estável.

24. Os próprios mecanismos de resposta para demanda, que consistem em medidas regulatórias para alterações no uso de eletricidade por parte dos consumidores de modo a reduzir o consumo em momentos de escassez, depende dessa tecnologia. Segundo a EPE (2019, p. 48), “a resposta da demanda só poderá ser utilizada em seu pleno potencial com a difusão em larga escala dos medidores inteligentes” (EPE, 2019 a, p. 47)¹.

25. Ainda segundo a EPE, sem o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes será muito difícil a plena difusão dos recursos energéticos distribuídos (RED). Uma das razões principais é a possibilidade de enviar sinais em tempo real da situação das redes para a melhor atuação dos RED. Adicionalmente, um sistema de medição inteligente pode permitir uma remuneração personalizada para cada RED de acordo com sua localização, aumentando a eficiência dos investimentos (EPE, 2019 a, p. 52).

26. O Brasil está evoluindo na implementação das redes elétricas inteligentes. Segundo dados da Aneel, até o final de 2021, aproximadamente 15% das cidades brasileiras já contavam com algum

¹ No seu conceito mais específico, um medidor inteligente é um dispositivo de medição de eletricidade capaz de enviar e receber informações digitais, estando conectado a uma rede de comunicação dedicada a esse propósito. As informações recebidas incluem, mas não se limitam a ajustes de tarifas, definição de períodos com tarifação especial, alterações nos intervalos de medição, com o objetivo de identificar condições de consumo ou demanda que possam ser consideradas inadequadas, entre outros elementos que serão analisados posteriormente. Por outro lado, as informações enviadas abrangem o consumo de energia elétrica, a demanda máxima de potência em um intervalo de tempo pré-definido, consumo de energia reativa e eventuais lacunas na medição, por exemplo. (GIZ, 2021, p. 18.)

tipo de infraestrutura relacionada a essas redes, o que representa um aumento significativo em relação a 2018, quando este número era de apenas 8% (SILVA, 2022).

27. A região Sudeste, devido à sua posição como o principal polo econômico do país, vem encabeçando essa mudança. Um estudo recente revelou que, tomando o estado de São Paulo como exemplo, já se observa que 25% da sua infraestrutura elétrica está funcionando com o auxílio de tecnologias avançadas (OLIVEIRA, 2020).

28. O Projeto “Cidades do Futuro” pode ser mencionado como um exemplo de boa prática. Esse projeto piloto, financiado com recursos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento e do Programa de Eficiência Energética, teve como objetivo a implementação de multisserviços para suporte à automação da distribuição e inserção de painéis fotovoltaicos conectados à rede na cidade de Sete Lagoas, Minas Gerais. Lançado em 2009, teve como missão o desenvolvimento de redes elétricas inteligentes, servindo como um laboratório para a tomada de decisão da concessionária de distribuição do estado – Cemig. Durante cinco anos de trabalho, foram instalados cerca de 4.200 medidores inteligentes integração ao centro de medição da Cemig (FREITAS; TEIXEIRA, 2023).

29. Conforme apontado por Souza, Bonatto e Ribeiro (2022), as regiões que adotaram redes inteligentes tiveram um aumento de 20% na integração de fontes renováveis no sistema, otimizando a geração e distribuição de energia limpa. Outro benefício foi a redução média de 15% no consumo de energia refletida na conta de luz do consumidor final, conforme pesquisa realizada em 2021 (FERREIRA, 2021).

30. Segundo a EPE, no entanto, é improvável que o mercado sozinho implemente a rede elétrica inteligente na escala necessária. Governos, na forma de criar um arcabouço regulatório seguro, setor privado, grupos de defesa do consumidor e associações de meio ambiente têm que trabalhar juntos para determinar a melhor solução para o setor energético (EPE, 2019 a).

31. Nesse sentido, outras iniciativas governamentais são essenciais para a incorporação plenas das redes elétricas inteligentes no Brasil. A principal iniciativa legislativa em prol das redes inteligentes é o Projeto de Lei nº 414, que incorporou o antigo PLS 236/2016, do Senador Cássio Cunha Lima, atualmente em tramitação no Congresso Nacional. O objetivo desse projeto é o aprimoramento do modelo regulatório e comercial do setor elétrica com vistas à expansão do mercado livre. Agentes do setor estão tentando incorporar ao texto um programa de investimentos para a atualização tecnológica das redes de distribuição e transmissão, o que incluiria um programa massivo de instalação de medidores inteligentes em residências e comércio (AGÊNCIA INFRA, 2022).

32. Outra providência governamental que pode ser mencionada é o Programa de P&D Regulado da Aneel, que inclui diversos projetos relacionados a redes inteligentes. Dos projetos registrados pelas concessionárias junto à Aneel de 2010 a 2016, foram detectados 43 com referência a redes inteligentes ou outras tecnologias de digitalização relacionadas: cibersegurança para redes, medidores inteligentes, comunicação e inteligência de processamento, totalizando um investimento de cerca de R\$ 276 milhões (GIZ, 2021).

33. Contudo, segundo a GIZ (2021), ainda não se alcançou um consenso sobre um padrão estabelecido para as redes elétricas inteligentes. Como resultado, a ênfase da maioria dos projetos piloto realizados até agora foi mais na experimentação de tecnologias do que no desenvolvimento de estudos de viabilidade técnico-econômica que poderiam ser aplicados em futuras iniciativas de expansão por parte das empresas de energia. Isso justifica a escassez de pesquisas exploratórias focadas em identificar os modelos de negócios mais viáveis para a implementação das redes inteligentes no país.

I.3. Sistemas de Armazenamento

34. Conforme já mencionado, a expansão dos recursos energéticos distribuídos, resultante do crescimento das fontes eólica e solar, traz desafios operativos no Brasil, pois o sistema elétrico fica cada vez mais sujeito à variabilidade dessas fontes. Assim, recursos que tragam maior flexibilidade operativa são essenciais para a manutenção da segurança, confiabilidade e economicidade no suprimento de energia. Nesse cenário, as tecnologias de armazenamento são apontadas como soluções eficazes para o aumento da eficiência no aproveitamento dos recursos naturais e na garantia do suprimento confiável de energia elétrica, especialmente em momentos sem vento ou sol.

35. Nesse sentido, cita-se trecho do PNE 2050 acerca dos desafios principais para uma matriz energética com grande percentual de geração variável não controlável.

36. A tendência é que o mundo no século XXI tenha que lidar com a grande penetração das fontes solar e eólica, que introduzem maior variabilidade e menor previsibilidade na geração elétrica global. O Brasil também terá que superar esse desafio, otimizando a operação da sua matriz energética existente, com novos investimentos necessários para garantir a adequabilidade de suprimento. A diversificação da matriz elétrica nacional requererá sistemas de armazenamento de energia, integrados de forma harmônica, para mitigar os efeitos causados pela intermitência das fontes renováveis não despacháveis e para garantir a qualidade do fornecimento de energia elétrica em grandes escalas, de modo seguro, eficiente e econômico. (EPE, 2020, p. 172)

37. Segundo Santos *et al* (2023), a importância dos sistemas de armazenamento de energia é crucial no processo de incorporação de fontes de energia renováveis intermitentes, como a solar e a eólica, em redes elétricas existentes. Esses sistemas têm um papel fundamental na estabilização da rede elétrica, enfrentando os desafios impostos por picos de demanda e variações na produção de energia. A flexibilidade desses sistemas apresenta uma solução eficaz para gerenciar a intermitência dessas fontes, assegurando um fornecimento de energia elétrica estável e eficiente.

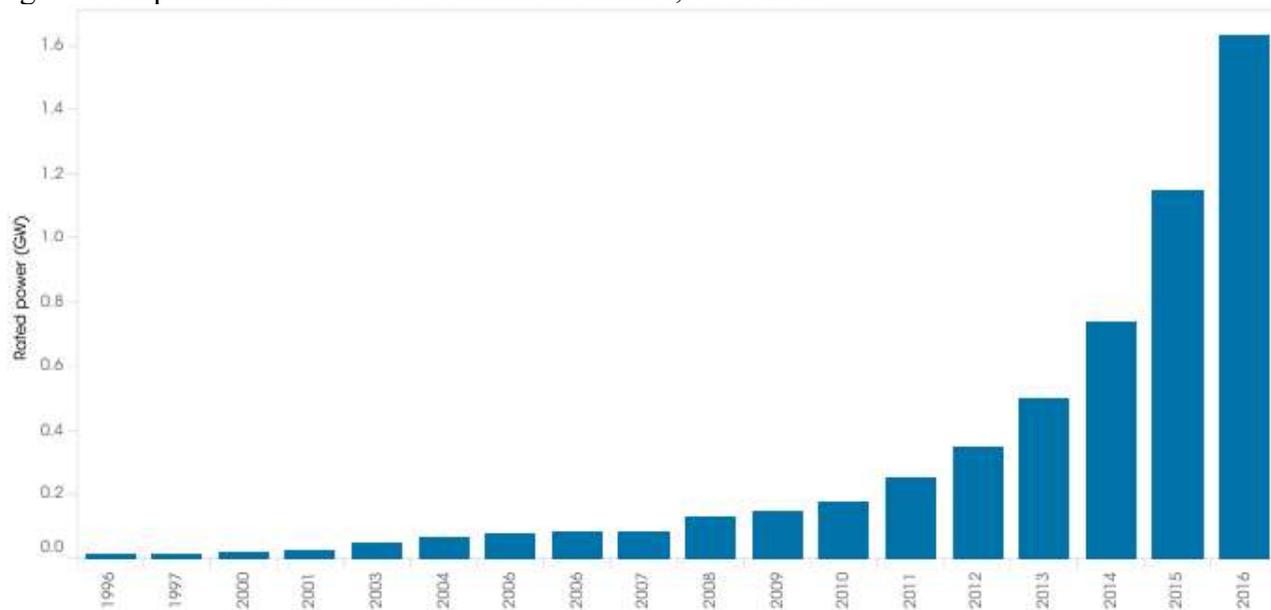
38. O PNE 2050 menciona que o uso de sistemas de armazenamento é incipiente no Brasil, com poucos projetos conduzidos por concessionárias, institutos de pesquisa e a academia. O desenvolvimento e implementação de tecnologias para armazenamento de grande porte requer um esforço em Pesquisa & Desenvolvimento, além de ações regulatórias e a aplicação de políticas industriais voltadas ao desenvolvimento do mercado (EPE, 2020).

39. Estudo realizado pelo Gesel sobre a expansão do setor elétrico brasileiro até 2040 aponta que baterias e usinas reversíveis se mostram economicamente viáveis no início da década de 2030 e se tornam tecnologias-chave na segunda metade dessa década (BRANDÃO *et al*, 2021). Ainda segundo esse estudo, a economicidade das opções de armazenamento possui quatro componentes: fornecimento de potência firme para um sistema com grande variabilidade em razão da alta participação de renováveis intermitentes; otimização dos custos operacionais do sistema; otimização da expansão da geração e otimização do sistema de transmissão.

40. De acordo com Castro *et al* (2021), as baterias e as usinas hidrelétricas reversíveis se mostram como as alternativas mais promissoras no Brasil em termos de sistema de armazenamento. Portanto, a análise desta avaliação se concentrará nesses dois tipos de tecnologia de armazenamento de energia.

41. Nos últimos anos, os sistemas de armazenamento em bateria apresentam crescimento acelerado. De acordo com a Figura abaixo, observa-se um crescimento exponencial de baterias nos últimos anos. Em 2016, a capacidade mundial instalada atingiu 1,6 GW, conforme aponta a Figura 5.

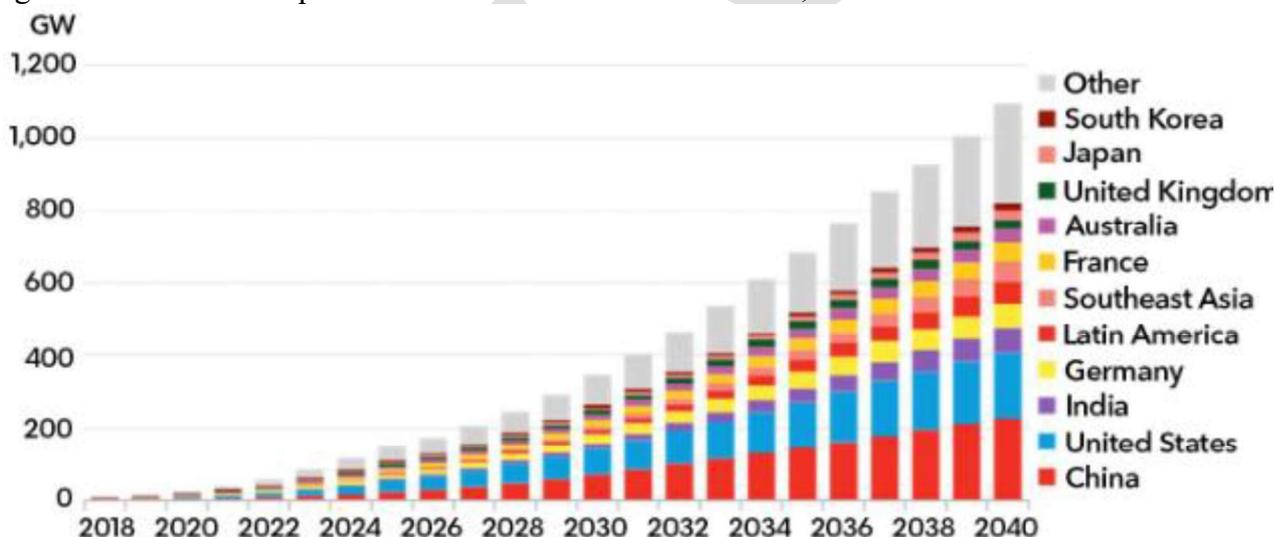
Figura 5: Capacidade instalada de baterias no mundo, 1996-2016



Fonte: IRENA, 2017

42. Existe previsão que a capacidade instalada mundial total atinja 1.100 GW até 2040, conforme aponta a Figura 6.

Figura 6: Previsão de capacidade de armazenamento no mundo, 2018-2040



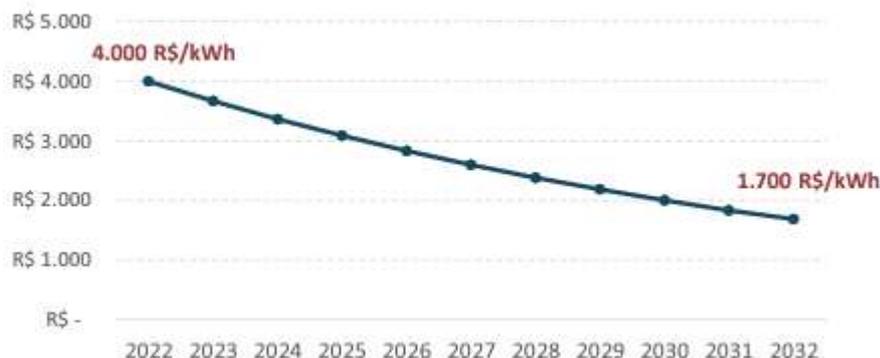
Fonte: BLOOMBERGNEF, 2019

43. Segundo o PNE 2050 (EPE, 2020), as formas de armazenamento que terão mais impacto na distribuição de energia elétrica são aquelas que possuem dinâmica rápida e flexibilidade de operação, sendo que as baterias são a melhor opção para várias aplicações em razão de sua portabilidade, escalabilidade e velocidade de atuação. Ademais, são facilmente instaladas em qualquer ponto da rede, inclusive no interior da instalação do consumidor.

44. De acordo com a EPE (2022), o mercado de baterias se encontra em grande expansão no mercado externo para atendimento da indústria de eletrônicos, veículos elétricos e de eletricidade. A tecnologia mais predominante são as baterias de íon-lítio (EPE, 2022). A Figura 7 traz uma simulação da redução do preço de baterias no Brasil em um horizonte decenal.

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

Figura 7: Simulação de redução do preço de baterias no Brasil (R\$/KWh)



Fonte: EPE, 2022

45. Ainda segundo a EPE, eventual desoneração de alguns tributos poderia levar a preços ainda menores nos próximos dez anos.

46. Apesar do cenário promissor em termos de custos, ainda há pouca difusão de baterias para uso junto às unidades consumidoras no Brasil. Segundo a EPE (2022), a regulação da micro e mini geração distribuída não favorece o armazenamento da geração, uma vez que a rede funciona como uma bateria para o gerador. A Lei nº 14.300/2022 prevê um pequeno e gradual desconto sobre a energia injetada na rede, o que leva a poucos ganhos a serem capturados com a instalação de uma bateria. Ainda na visão da EPE (2022), esse cenário poderá ser alterado a partir de 2029, pois, a partir daí, a energia injetada na rede passará a ser valorada a partir de um cálculo de seus custos e benefícios. Quanto menor a remuneração pela energia injetada da GD, mais viáveis se tornam as baterias.

47. A outra forma de armazenamento de energia que se mostra viável economicamente no Brasil são as usinas hidrelétricas reversíveis (UHRs), que representam um método de armazenamento de energia que se baseia no acúmulo de água em reservatórios através de bombeamento, para posteriormente gerar energia de maneira semelhante às usinas hidrelétricas tradicionais. Devido às perdas inerentes ao seu processo de operação, a quantidade de energia necessária para o bombeamento excede a quantidade de energia gerada pelo recurso armazenado. Assim, a viabilidade financeira das UHRs é determinada pela diferença entre os custos da energia utilizada no bombeamento e os lucros obtidos com a energia gerada durante a fase de produção, processo conhecido como arbitragem de energia (EPE, 2019 c).

48. Segundo a EPE (2019 c), existe uma diversidade de modelos e abordagens para o desenvolvimento de usinas reversíveis, variando conforme aspectos como o ciclo operacional (podendo ser diário, semanal, mensal, sazonal ou até mesmo plurianual), a configuração dos reservatórios (se estão situados no próprio curso d'água ou em locais desviados), o método para criar o potencial de geração (seja através de bombeamento exclusivo ou combinando afluência natural com bombeamento), o tipo de água empregada (seja salgada ou doce), e a tecnologia implementada nas unidades reversíveis (incluindo sistemas de rotação fixa, rotação variável ou conjuntos ternários), entre outros fatores. As especificidades de cada UHR, abrangendo os custos associados, são influenciadas por fatores locais como a topografia, geologia e hidrografia, bem como por condições de mercado, o que exige a elaboração de projetos customizados para cada caso de aproveitamento.

49. No Brasil, a predominância de hidrelétricas com grandes reservatórios de acumulação terminou por postergar a implementação de UHRs. Contudo, de acordo com a EPE (2019 b, p. 15), “a crescente participação das fontes não controláveis e a não expansão de hidrelétricas com reservatórios de regularização pode diminuir a capacidade do sistema de suprir os picos de demanda”.

50. Diante da perspectiva positiva de instalação de UHRs no País, a EPE realizou estudo de inventário de usinas hidrelétricas reversíveis, apresentando uma proposta inicial para o estado do Rio de Janeiro. Contudo, os resultados apresentados foram considerados apenas de caráter preliminar, pois a implantação de UHRs só poderá ser estabelecida de forma definitiva após a conclusão dos estudos de inventário programados (EPE, 2019 b).

51. As hidrelétricas reversíveis apresentam uma vantagem competitiva em relação às baterias para tempos de descarga mais longos. Segundo estudo do Gesel,

52. Com as tecnologias hoje disponíveis, as baterias tendem a ser competitivas para tempos de descarga curtos, na faixa de poucas horas. Mas o custo das baterias cresce demasiadamente para instalações de longa duração, isto é, para projetos com tempo de descarga na casa de dez horas ou mais. Não há hoje exemplos internacionais de baterias comerciais, *utility scale*, com essa configuração. Para esse tipo de uso, as hidrelétricas reversíveis são por ora a opção indicada, pois há economias de escala importantes na formação de reservatórios: em locais favoráveis, mesmo uma barragem com custo relativamente baixo, é possível formar um reservatório de volume expressivo. (BRANDÃO *et al*, 2021, p. 22).

53. É essencial enfatizar a necessidade de uma regulamentação específica para as usinas hidrelétricas reversíveis. De acordo com BRANDÃO *et al* (2021), atualmente, a legislação do Brasil confere à União a autoridade sobre a exploração dos recursos hídricos, seja diretamente ou através de delegação a terceiros. Devido à ausência de uma definição clara para as usinas reversíveis na legislação vigente, estas acabam sendo classificadas, por *default*, como hidrelétricas convencionais. Esta generalização pode acarretar complicações, visto que um empreendimento focado no armazenamento de energia possui características e necessidades operacionais e comerciais distintas de um voltado para a geração de energia, demandando assim um enquadramento regulatório próprio. Adicionalmente, a designação dos recursos hídricos como competência da União implica que os estudos de inventário para esses projetos devem ser conduzidos sob a supervisão estatal, e a concessão para operações acima de 50MW requer a realização de um leilão. Portanto, para facilitar a implementação desses projetos de armazenamento, mudanças na legislação se fazem necessárias.

54. Apesar do potencial das tecnologias de armazenamento para a expansão eficiente do sistema elétrico brasileiro, são necessárias inovação regulatórias que permitam a criação de modelos de remuneração capazes de alavancar retorno financeiros para os investidores. À medida que a regulamentação evoluir, diferentes oportunidades poderão ser exploradas nos próximos anos, destacando-se as seguintes: armazenamento como parte da rede de transmissão; armazenamento como parte da rede de distribuição; armazenamento como provedor de capacidade; armazenamento com geração variável centralizada; geração distribuída com armazenamento; deslocamento da ponta do consumo e projetos híbridos com armazenamento para os sistemas isolados (BRANDÃO *et al*; 2021).

55. Ainda que sejam necessários avanços na regulamentação para os sistemas de armazenamento, existem algumas iniciativas que demonstram que a introdução dessas tecnologias está na agenda governamental. A primeira iniciativa que se destaca foi a Chamada Estratégica 21/2016 do Programa de P&D Regulado da Aneel. Essa iniciativa proporcionou investimentos na ordem de R\$ 300 milhões para a promoção da inserção de sistemas de armazenamento de energia no setor elétrico brasileiro e resultou em 20 projetos finalizados, 11 produtos patenteados e algumas soluções para problemas do setor (ANEEL, 2024).

56. Além disso, a Aneel já teve duas iniciativas no intuito de coletar subsídios da sociedade para a elaboração de propostas de adequações regulatórias necessárias à inserção de sistemas de armazenamento no setor elétrico brasileiro. A primeira delas foi a Tomada de Subsídios Aneel 011/2020. Mais recentemente, ocorreu a Consulta Pública Aneel 039/2022, na qual foi

realizada análise de impacto regulatório (AIR) acerca da regulamentação de armazenamento de energia elétrica, incluindo UHRs. As principais conclusões dessa AIR contam em relatório produzido pela Aneel (2023). De acordo com esse relatório, os principais impedimentos ou dificuldades na inserção de novas soluções de armazenamento em um contexto de transição energética no Brasil são os seguintes (ANEEL, 2023):

- **Indefinições quanto ao acesso:** A ausência do tema de armazenamento nas Regras de Transmissão e nos Procedimentos de Rede, não definindo aspectos importantes como o montante de uso do sistema (MUST/D) a ser contratado, qual tarifa de uso do sistema deve ser contratada, e se devem respeitar o limite de proximidade dado pela ADS (Área de Desenvolvimento da Subestação), entre outros;

- **Dificuldades para coordenação institucional frente a um futuro complexo:** A falta de coordenação e planejamento conjunto entre MME, EPE, ANEEL, ONS e CCEE, resultando em estudos e documentos sobre armazenamento ou temáticas relacionadas de forma não estruturada e sem um plano ou cronograma conjunto;

- **Modelo remuneratório inadequado e ausência de modelagem computacional dos sistemas de armazenamento de eletricidade:** A falta ou inadequação da regulamentação, restrições na regulação, e a ausência de neutralidade tecnológica na prestação de serviços ancilares, além da falta de mecanismos claros para a captura de certos benefícios ao sistema por um sistema de armazenamento;

- **Custos elevados dos novos sistemas de armazenamento:** Apesar da tendência de redução de custos, os sistemas de armazenamento ainda apresentam custos elevados, o que pode ser um impedimento para sua adoção em larga escala;

- **Carência na regulamentação para que considere novas tecnologias de armazenamento:** A escassez de referências aos sistemas de armazenamento nas leis, resoluções normativas, Procedimentos de Rede, Regras de Comercialização, editais de leilão, relatórios de planejamento, e a falta de visibilidade, difusão e usufruto pelos empreendedores quanto às regulamentações disponíveis para o armazenamento.

57. Por fim, destaca-se que, apesar das dificuldades em termos de regulação, em 2023, foi inaugurado o primeiro sistema de armazenamento de energia em baterias em larga escala do sistema de transmissão brasileiro no município de Registro, São Paulo. Concebido para fortalecer o sistema elétrico, o projeto desenvolvido pela Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista (ISA CTEEP) apresenta uma capacidade de 30 MW, com a habilidade de fornecer 60 MWh de energia durante um período de duas horas. O objetivo principal do sistema de armazenamento por baterias é minimizar as falhas no abastecimento de eletricidade, impactando positivamente aproximadamente 2 milhões de usuários na região sul litorânea do estado de São Paulo, especialmente durante os horários de maior demanda.

II. Metodologia

58. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra no Apêndice A – Metodologia das avaliações realizadas.

III. Avaliação da maturidade

59. Visando avaliar quão avançada é a ação estatal no tema digitalização e sistemas de armazenamento nos sistemas elétricos, foram definidos os seguintes componentes de análise: formação de agenda pública; institucionalização; implementação; e avaliação e estabilidade.

III.1. Formação de agenda pública

III.1.1. Existe formação de agenda pública?

60. Observa-se a constituição de uma agenda pública voltada para a regulamentação e incentivo da digitalização dos sistemas elétricos no Brasil. Esta temática está sendo abordada por meio de proposta legislativa em análise no Congresso Nacional, uma variedade de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PD&D), pronunciamentos de autoridades do governo federal, coberturas jornalísticas, e outras modalidades de interação que contribuem para a formação dessa agenda, incluindo congressos, seminários e workshops.

61. De semelhante modo, observa-se a constituição de uma agenda pública voltada para a regulamentação e incentivo às tecnologias de armazenamento de energia elétrica no Brasil. Essa temática está sendo abordada por meio de estudos de instituições governamentais ligadas ao setor elétrico inclusive sendo objeto de recente consulta pública pela Aneel com a produção de relatório de análise de impacto regulatório. Além disso, existe uma variedade de projetos de P&D, pronunciamentos de autoridades do governo federal, coberturas jornalísticas, e outras modalidades de interação que contribuem para a formação dessa agenda, incluindo congressos, seminários e workshops.

62. Esse tema já foi objeto de tomada de subsídios pela Aneel. A Tomada 011/2021 teve como finalidade a obtenção de subsídios para a elaboração de propostas de modelos regulatórios para a inserção de recursos energéticos distribuídos, incluindo resposta da demanda, usinas virtuais e microrredes (Aneel, 2022).

III.1.2. O processo de formulação e escolha da política foi participativo?

63. Como dito, houve uma tomada de subsídios realizada pela Aneel acerca das temáticas, onde qualquer interessado poderia dar a sua contribuição. O projeto de lei em tramitação no Congresso Nacional também está recebendo contribuições de associações relacionadas ao setor elétrico no sentido de contribuir com a efetiva implementação da digitalização no setor.

64. Os temas também foram alvo de discussão pelo Grupo de Trabalho Modernização do Setor Elétrico, implementado pela Portaria MME nº 187/2019. Esse GT contou com a participação de especialistas de órgãos e entidades governamentais, representantes da sociedade civil e associações. De acordo com o Relatório Final desse GT, foram realizadas 140 reuniões e realizadas 5 consultas públicas para o estabelecimento de amplo diálogo e transparência com a sociedade, além da realização de reuniões com seis órgãos de governo, tais como TCU, Ministério da Economia e BNDES (MME, 2019).

III.2. Institucionalização

III.2.1. A política pública está oficializada em ato normativo?

65. Conforme relatado, ainda que haja iniciativas por meio de projetos de P&D que desenvolvem projetos piloto, ainda não há a institucionalização de políticas acerca de digitalização e sistemas de armazenamento nos sistemas elétricos no Brasil.

III.2.2. A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?

66. Conforme relatado, ainda que haja iniciativas por meio de projetos de P&D que desenvolvem projetos piloto, ainda não há a institucionalização de políticas acerca de digitalização e sistemas de armazenamento nos sistemas elétricos no Brasil.

III.3. Implementação

III.3.1. Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?

67. Como não há a institucionalização de política que envolva digitalização e sistemas de armazenamento nos sistemas elétricos no Brasil, não é possível avaliar sua implementação.

III.3.2. Objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?

68. Como não há a institucionalização de políticas que envolva digitalização e sistemas de armazenamento nos sistemas elétricos no Brasil, não é possível avaliar sua implementação.

III.4. Avaliação e estabilidade

III.4.1. São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?

69. Considerando que não houve a implementação de políticas públicas que envolvam digitalização e armazenamento nos sistemas elétricos no Brasil, não há como avaliar o componente.

III.4.2. As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?

70. Considerando que não houve a implementação de políticas públicas que envolvam digitalização e armazenamento nos sistemas elétricos no Brasil, não há como avaliar o componente.

III.2.4.2 Item P4.2 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)

71. Considerando que não houve a implementação de política pública que envolva sistemas de armazenamento no Brasil, não há como avaliar o componente.

IV. Quadro resumo

72. A partir dos fatos e dados narrados e avaliados, atribuiu-se uma pontuação para cada item de avaliação. O resultado é apresentado na Tabela 1: Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas.

Tabela 1: Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas

Componente de análise	Item de análise	Digitalização dos sistemas elétricos	Sistemas de armazenamento	Agregado
1. Formação da agenda pública	1.1 Existe formação de agenda pública?	3	3	3
	1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?	3	3	3
2. Institucionalização	2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?	0	0	0
	2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?	0	0	0
3. Implementação	3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	1	1	1
	3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	0	0	0
4. Avaliação e estabilidade	4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	0	0	0
	4.4 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	0	0	0
Agregado				0,9

V. Conclusão

73. A conclusão é a de que as políticas públicas para a disseminação da digitalização dos sistemas elétricos, notadamente a inserção de redes inteligentes, bem como para a implementação de sistemas de armazenamento em larga escala, principalmente baterias e usinas reversíveis, são praticamente inexistentes. O que existe são algumas iniciativas governamentais isoladas, principalmente a partir de projetos de P&D desenvolvidos.

74. Ainda que não se tenha evoluídos em termos de políticas institucionalizadas, as entidades governamentais do setor elétrico têm realizado estudos, consultas públicas e análise de impacto regulatório acerca dessas temáticas. Isso demonstra a preocupação governamental com a evolução da temática de inserção de novas tecnologias no SEB para minimizar o efeito da crescente introdução de fontes com grande variabilidade no mix energético do País.

SIGILOS

VI. Referências

ABSOLAR, 2024. Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo. Disponível em <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>.

AGÊNCIA INFRA, 2022. Agentes tentam incluir atualização tecnológica das redes e usinas em PL 414, de modernização. Disponível em: <https://agenciainfra.com/blog/agentes-tentam-incluir-atualizacao-tecnologica-das-redes-e-usinas-em-pl-414-de-modernizacao/>

ANEEL, 2022. Nota técnica nº 0033/2022-SRD/ANEEL, de 24/5/2022. Análise das contribuições recebidas na Tomada de Subsídios no 11/2021 sobre propostas de modelos regulatórios para a inserção de recursos energéticos distribuídos, incluindo resposta da demanda, usinas virtuais e microrredes. Disponível em: https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/tomadas-de-subsidios?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_idDocumento=46758&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp

ANEEL, 2023. Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 1/2023-SGM-SCE-STD-STE/ANEEL. Regulamentação para o Armazenamento de Energia Elétrica, incluindo Usinas Hidrelétricas Reversíveis. Disponível em: https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/consultas-publicas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_idDocumento=52097&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp

ANEEL, 2024. Armazenamento de energia: ANEEL promove seminário e apresenta resultados da Chamada Estratégica. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2024/armazenamento-de-energia-aneel-promove-seminario-e-apresenta-resultados-da-chamada-estrategica>

BLOOMBERGNEF, 2019. Energy Storage Investments Boom as Battery Costs Halve in the Next Decade. Disponível em: <https://about.bnef.com/blog/energy-storage-investments-boom-battery-costs-halve-next-decade/>

BRANDÃO, R.; CASTRO DE, N.; HUNT, J. (EDS.), 2021. A Viabilidade das Usinas Reversíveis no Sistema Interligado Nacional. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers. Disponível em: https://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/31_livro_uhr_2021_12_16.pdf Boa

CASTRO, Nivalde; BRANDÃO, Roberto; MONTEATH, Lilian; CÂMARA, Lorraine; BOTELHO, Vinicius. A crescente importância dos recursos de flexibilidade frente à expansão acelerada das fontes renováveis variáveis: o papel do armazenamento de energia. Texto de Discussão do Setor Elétrico nº 111. Grupo de Estudos do Setor Elétrico (Gesel). Rio de Janeiro: UFRJ, 2021. Disponível em: <https://gesel.ie.ufrj.br/gesel-publica-tdse-111-a-crescente-importancia-dos-recursos-de-flexibilidade-frente-a-expansao-acelerada-das-fontes-renovaveis-variaveis-o-papel-do-armazenamento-de-energia/>

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ), 2021. Uso de novas tecnologias digitais para medição de consumo de energia e níveis de eficiência energética no Brasil: Baseado nas experiências da Alemanha. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-lanca-estudo-sobre-uso-de-digitais-para-medicao-de->

- EPE, 2019. Inserção de Novas Tecnologias: 1º Relatório Diagnóstico. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/Documents/Modernizacao-Setor-Eletrico/Novas-Tecnologias/1o%20Relatorio%20-%20Diagnostico.pdf>. (a)
- EPE, 2019. N. EPE-DEE-NT-006/2019-r0. Estudos de inventário de usinas hidrelétricas reversíveis. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-353/EPE-DEE-NT-006_2019-r0.pdf. (b)
- EPE, 2019. N. EPE-DEE-NT-098/2019-r0. Sistemas de armazenamento em bateria. Aplicações e questões relevantes para o planejamento. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-441/EPE-DEE-NT-098_2019_Baterias%20no%20planejamento.pdf. (c)
- EPE, 2020. Plano Nacional de Energia 2050. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>
- EPE, 2022. Micro e Minigeração Distribuída & Baterias. Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno_MMGD_Baterias.pdf
- FREITAS, Ana T. S. R.; TEIXEIRA, Wesley C. Smart Grid: Melhoria na Gestão e Eficiência Energética da Rede Elétrica. Uniacademia, 2023. Disponível em: <https://seer.uniacademia.edu.br/index.php/eletrica/article/download/3825/2821>
- IEA, 2024. Smart Grids. Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/electricity/smart-grids>.
- IRENA, 2017. Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030.
- MME, 2019. Relatório do Grupo de Trabalho de Modernização do Setor Elétrico. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/secretaria-executiva/modernizacao-do-setor-eletrico/arquivos/pasta-geral-publicada/relatorio-do-gt-modernizacao-do-setor-eletrico.pdf>
- OLIVEIRA, J. P., 2020. A Evolução Energética em São Paulo. São Paulo: Progresso, 2020.
- SANTOS, Diego R.; VIEIRA, Eric C. M.; ROCHA, Jéssica T.; EUGENIO, Quéren H. S.; CAMPOS, Carlos M, 2023. Desafios e soluções para o armazenamento de energia renovável. São Mateus: UFES, CEUNES, DETEC, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/42343>
- SILVA, Krislly L., 2022. Pesquisa sobre os principais métodos de aterramento na instalação de sistemas fotovoltaicos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Formiga, 2022. Disponível em: https://www.formiga.ifmg.edu.br/documents/2022/Biblioteca/KRISLLENY_SILVA_FINAL.pdf
- SOUZA, A. C. Z.; BONATTO, B. D.; RIBEIRO, P. F., 2022. Integração de Renováveis e Redes Elétricas Inteligentes. Rio de Janeiro: Interciência.

CADERNO DE ANÁLISES DA AUDITORIA OPERACIONAL SOBRE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Questão 4: Qual a maturidade das iniciativas governamentais e políticas públicas setoriais voltadas para a transição energética?

Tema avaliado: **Sistema de Precificação de Emissões (mercado e/ou imposto de carbono)**

I. Visão Geral

I.1. Introdução

1. A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992, no Rio de Janeiro, foi um marco na **introdução de mecanismos de mercado nas políticas ambientais**. Este evento sinalizou a transição de abordagens tradicionais de comando e controle em gestão ambiental para a adoção de mecanismos de mercado, como a precificação de carbono, visando combater a depleção de recursos naturais e a emissão de gases de efeito estufa (GEE) (Brasil, 2020a).

2. No âmbito dos acordos climáticos, a implementação das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) emergiu como um elemento crucial para limitar o aumento da temperatura global a menos de 1,5° C acima dos níveis pré-industriais. Neste contexto, a precificação de carbono é reconhecida como uma das estratégias mais eficazes em termos de custo para incorporar as externalidades ambientais globais (Brasil, 2020a).

3. Para formular políticas eficazes de redução de emissões, os instrumentos econômicos buscam **internalizar o custo dos danos ambientais para influenciar o comportamento dos agentes econômicos**, que passam a pagar mais pelo uso dos recursos. O objetivo é promover uma alocação de recursos mais eficiente, e esses instrumentos podem ser baseados em preços ou quantidades. Em síntese, são duas principais formas de precificação de carbono: a **taxação do carbono** e os **sistemas de comércio de emissões** (SCE).

4. Os instrumentos econômicos baseados em preços, como a taxa de carbono, embora não regulem diretamente os níveis de emissão, tornam as atividades de alta emissão mais custosas. Por outro lado, os SCE são instrumentos de quantidade que regulam as emissões de GEE, ao definir um limite total e permitir a comercialização de direitos de emissão. Ambos são instrumentos que regulam a oferta de bens e serviços que afetam o bem-estar social, como a geração de energia limpa ou a emissão de GEE.

5. O crescimento dos sistemas de precificação de carbono globalmente coloca em foco a necessidade de arranjos regulatórios estatais na economia. Esses arranjos influenciam diretamente o sucesso das estratégias de mercado e a precificação das emissões para alcançar as metas climáticas. A efetividade dessas alternativas para a redução das emissões de GEE está atrelada à existência de regulamentações claras focadas em alcançar reduções reais. Portanto, são consideradas ferramentas de política econômica destinadas a internalizar as externalidades dos GEE e alcançar reduções de emissões de forma custo-eficiente.

I.2. Fundamentos teóricos da precificação do carbono

6. Com base no entendimento de que as teorias subjacentes às políticas públicas exercem forte influência sobre sua lógica de funcionamento, a presente seção revisitará aspectos econômicos teóricos fundamentais à precificação de carbono, para que se possa construir uma análise crítica acerca das ações do Governo Federal para criação de um mercado regulado de carbono no Brasil.

I.2.1 As funções do governo

7. Para Musgrave e Musgrave (1980) a ação do governo abrange três funções básicas:
- **alocativa**, diz respeito ao fornecimento de bens públicos e meritórios;
 - **distributiva**, associada a ajustes na distribuição de renda que permitam que a distribuição prevalecente seja aquela considerada justa pela sociedade; e
 - **estabilizadora**, que tem como objetivo o uso da política econômica visando a um alto nível de emprego, à estabilidade dos preços e à obtenção de uma taxa apropriada de crescimento econômico.
8. Na função alocativa, o governo coordena a produção e consumo de bens públicos e meritórios, que geralmente são menos fornecidos pelo mercado devido aos seus benefícios sociais superiores aos privados. Isso envolve direcionar os fatores produtivos para produzir bens e serviços, às vezes exigindo incentivos estatais como tributos e renúncias fiscais. Na função distributiva, utiliza-se tributação e renúncia fiscal para redistribuir renda, coletando de indivíduos de alta renda e subsidiando bens importantes para a população de baixa renda. A função estabilizadora se baseia na intervenção estatal através de políticas macroeconômicas (monetária e fiscal) para garantir estabilidade, afetando emprego, renda, juros, câmbio e crescimento (Cavalcanti, 2011).
9. Para Stiglitz (2000), a manutenção dessa estabilidade do mercado é um dos principais objetivos do Estado, assim melhorando a distribuição de renda e alocando os recursos com maior eficiência, cabendo-lhe, então, **regular e corrigir as falhas de mercado**.

I.2.2 As falhas de mercado

10. A Economia estuda os fenômenos sociais relacionados à escolha de como usar recursos, baseando-se em três princípios: escolha racional, equilíbrio e eficiência. Agentes econômicos buscam maximizar utilidade, e suas escolhas individuais tendem a um equilíbrio de mercado, guiadas pela oferta e demanda, visando a máxima eficiência produtiva e alocativa (BEZERRA E., 2018, apud RODRIGUES, 1994).
11. Em economias de mercado, decisões são descentralizadas, tomadas por empresas e famílias, com preços e interesses próprios direcionando suas ações. Apesar de focarem no próprio bem-estar, **mercados livres têm sido eficazes em promover o bem-estar econômico geral** (Mankiw, 2013). Nesse sentido, ensina Varian (2012), por meio do Primeiro Teorema do Bem-Estar, que mercados competitivos alcançam eficiência de Pareto, onde **não é possível melhorar a situação de alguns sem prejudicar outros**. Contudo, **o livre mercado pode falhar**, necessitando de regulação para corrigir falhas como externalidades e a tragédia dos comuns, visando a eficiência e a igualdade.
12. Da perspectiva da teoria econômica, a motivação para regular decorre justamente da **quebra das premissas subjacentes ao Primeiro Teorema do Bem-Estar**, que fazem com que o mecanismo de mercado, de forma isolada, não seja mais capaz de levar a economia a um ponto de ótimo social de Pareto.
13. Mankiw (2013, p. 9) define "falha de mercado" como situações em que o mercado não aloca recursos eficientemente por si só. Ele argumenta que a "mão invisível" do mercado só pode operar maravilhas se o governo assegurar regras e manter instituições econômicas fundamentais, destacando que, apesar de poderosa, não é onipotente. Portanto, sugere a intervenção governamental na economia para promover eficiência e igualdade.
14. Baldwin, Cave e Lodge (2011) apresentam um conjunto de objetivos do Estado para correção de falhas de mercado que incluem corrigir o poder de barganha desigual entre grupos, garantir a continuidade e a disponibilidade do serviço, corrigir assimetrias de informação e problemas derivados do poder de mercado dos agentes, entre outros. Para os objetivos desta análise destacam-

se entre as falhas de mercado que abrem espaço para a regulação pelo Estado as externalidades e a tragédia dos comuns.

I.2.3 Externalidades

15. Varian (2012, p. 679) e Mankiw (2013, p. 9-10) explicam que externalidades ocorrem quando as **ações de um indivíduo ou empresa afetam o bem-estar de outros que não estão diretamente envolvidos na transação, sem que esses efeitos sejam refletidos nos custos ou benefícios privados**. Externalidades podem ser positivas, quando beneficiam terceiros, ou negativas, quando prejudicam a sociedade, como no caso da degradação ambiental.

16. É premissa do Primeiro Teorema de Bem-Estar que os efeitos de uma transação sobre o bem-estar se restrinjam aos agentes que dela participam. Nesta hipótese, tais agentes "internalizam" em suas decisões de produção e trocam todos os efeitos economicamente relevantes da transação. Quando a transação afeta terceiros, há efeitos que não são internalizados no processo decisório dos agentes, abrindo um potencial para que o mecanismo de mercado não leve a economia ao seu ponto de maior eficiência. Havendo externalidades negativas, os agentes transacionam mais do que seria o ótimo social (Campos, 2009).

17. A **degradação ambiental é um tipo de externalidade negativa** na medida em que o subproduto gerado pela atividade econômica, ao ser consumido pela sociedade de forma forçada, provoca a deterioração dos fatores de produção dos demais agentes econômicos e a perda de bem-estar dos indivíduos (Campos, 2009).

I.2.4 Tragédia dos comuns

18. A Tragédia do Uso Comum (ou tragédia dos comuns) descreve como a propriedade comum de recursos escassos leva à sua superexploração, um fenômeno de externalidade negativa no qual o livre acesso a um recurso finito resulta em sua degradação. Isso ocorre porque, embora o recurso seja de uso comum (não excludente e rival no consumo), cada indivíduo busca maximizar seu benefício pessoal, aumentando a utilização do recurso (Varian, 2012-).

19. Varian (2012, p. 695-698) ilustrou a tragédia dos comuns por meio do caso hipotético de uma pastagem utilizada compartilhadamente por todos os integrantes de uma comunidade para criação de bois. Embora os bois sejam propriedade privada de cada um dos integrantes da comunidade, não há direitos de propriedade sobre a pastagem. Todos a utilizam conforme sua conveniência.

20. Cada novo animal adicionado beneficia individualmente o proprietário, mas reduz a disponibilidade do recurso para todos, levando a uma degradação compartilhada. A ação racional de cada indivíduo, ao adicionar mais gado, resulta na superexploração e deterioração do recurso, um destino inevitável quando todos agem dessa maneira. Hardin (1968) denominou essa situação como "tragédia dos bens comuns".

I.2.5 O meio ambiente e as falhas de mercado

21. Bens ambientais, tradicionalmente de acesso livre e não rivais, têm se tornado rivais devido ao aumento populacional, levando à tragédia dos comuns, na qual a superutilização de recursos resulta de ações individuais que buscam maximizar benefícios pessoais sem considerar os custos sociais (Bezerra E., 2018)..

22. Ao se deparar com recursos naturais, cujo acesso é livre e cujo uso ou consumo é rival, o mercado falha, eis que os referidos bens ou não têm preço, ou seu preço não traduz um reflexo fiel do seu valor, gerando distorções no seu uso e consumo (Bezerra E., 2018). Essa postura individualista que leva cada um a procurar maximizar seu interesse à custa do outro, também conhecida na regulação como comportamento *free rider* (CARNEIRO, 2001, p. 69).

23. Para a Economia Ambiental, a solução para degradação causada pelo processo de produção se dá por meio da avaliação dos danos da poluição sobre o meio ambiente e consequente **internalização dos custos pelo poluidor**. Para Bezerra E. (2018), a solução apontada pela Economia para tais situações é que sejam criados **mecanismos para que os custos ambientais das atividades produtivas sejam internalizados pelas próprias atividades, e não transferidos à sociedade**.

24. Um desse mecanismos pode ser a **tributação**, nos moldes do tributo pigouviano. Fundamentado no Princípio do Poluidor-Pagador e desenvolvido na Teoria do Bem-Estar Social, de Arthur Cecil Pigou (1924), **o gerador da externalidade negativa deve pagar um tributo que equaliza o custo marginal social e privado**. Pigou defendia a intervenção estatal para a correção de externalidades negativas, por meio da cobrança de compensação financeira do agente econômico gerador dessa externalidade negativa (Brasil, 2020a).

25. Para Pigou (1920), os impostos seriam os instrumentos mais adequados para alinhar o preço de um produto a seus custos, incluindo aqueles suportados por quem está sujeito às suas externalidades negativas. Portanto, impostos desempenhariam papel importante no processo de internalização de externalidades ambientais, assim melhorando a eficiência econômica.

26. No entanto, Bezerra E. (2018) alerta que essa abordagem de estabelecer um preço ótimo para determinado recurso, ajustando-o ao longo do tempo para se adaptar às mudanças de demanda e características do mercado regulado, não é simples de ser administrada.

27. Em direção oposta à teoria de Pigou, o economista Ronald Coase, em seu artigo “*The Problem of Social Cost*”, de 1960, identificava a poluição como um problema decorrente de uma incompleta definição de direitos de propriedade aos bens coletivos, para os quais a internalização eficiente dos efeitos de suas atividades poderia ser negociada entre as partes interessadas, sem qualquer interferência estatal (Bezerra E., 2018).

28. O Teorema de Coase preconiza que “quando os direitos de propriedade são bens definidos e o custo de transação é igual a zero, a solução final do processo de negociação entre as partes será eficiente, independentemente da parte a que assinalam os direitos de propriedade” (COASE, 1960).

29. Pelo teorema, independentemente de quem tenha os direitos de propriedade, o poluidor ou aqueles que sofrem a poluição, esses agentes vão negociar até chegar a um acordo em que cada uma das partes fique em melhor situação e o resultado seja eficiente, no nível ótimo de poluição (Brasil, 2020a).

30. Para Coase, a intervenção do Estado só é eficiente se eliminar os inconvenientes da externalidade ao menor custo. Ainda assim, mesmo que se possa eliminar a externalidade de forma eficiente, a intervenção do Estado é desnecessária se o mercado pode fazê-lo, sendo necessária apenas na definição do direito de propriedade, desde que não haja custos de transação relevantes (BEZERRA E., 2018, apud RODRIGUES, 1994).

31. Enquanto a teoria de Pigou utilizava a poluição ambiental como um clássico exemplo de externalidade negativa, como consequência não intencional da produção ou do consumo que reduz o bem-estar de um outro agente, prescrevendo como solução a intervenção do Estado com a instituição de um imposto, Ronald Coase identificava a poluição ambiental essencialmente como um problema decorrente de uma incompleta definição de direitos de propriedade (Bezerra E., 2018). São duas formas diferentes de enxergar o mesmo problema.

32. Uma formulação mais realista do Teorema de Coase pressupõe que, em situações reais, sempre haverá custos de transação, mas basta que eles sejam reduzidos para que a livre negociação assegure um resultado eficiente: “se os custos de transação forem suficientemente baixos, qualquer definição inicial dos direitos de propriedade leva a um resultado eficiente (BEZERRA E., 2018, apud RODRIGUES, 1994).

33. Importante deixar claro que Coase não acreditava que os mercados resolveriam todos os problemas econômicos, tampouco pregou que ao Estado não cabia outro papel senão definir direitos de propriedade. O que pretendeu em seus estudos foi apontar para a importância de custos de transação reduzidos, a demandar, por vezes, a intervenção do Estado. Seriam necessários, portanto, direitos de propriedade bem definidos e custos de transação reduzidos, além de livre acesso à informação, para que as partes chegassem a bom termo acerca da alocação eficiente dos custos ambientais (BEZERRA E., 2018, apud RODRIGUES, 1994).
34. Independentemente de críticas e discussões, estes primeiros estudos da Economia Ambiental indicavam, para a internalização das externalidades negativas, (i) a necessidade de intervenção do Estado com a cobrança de impostos (Pigou) ou (ii) a adequada definição de direitos de propriedade e baixos custos de transação (Coase).
35. Essas teorias foram cruciais para a construção do Princípio do Poluidor-Pagador e seus corolários, cuja essência é garantir a internalização das externalidades negativas. Afinal, “o agente econômico que provoca uma externalidade negativa recebe a totalidade dos benefícios da sua atividade, mas impõe parte dos custos a outros membros da sociedade” (BEZERRA E., 2018, apud RODRIGUES, 1994).
36. Ainda hoje, são as abordagens de Pigou e Coase que fundamentam as bases nas quais se sustentam as políticas públicas de defesa do meio ambiente. Além disso, também refletem a tendência de as políticas ambientais deixarem de ser apenas de comando e controle para se basearem em mecanismos econômicos que fornecem maior flexibilidade e efetividade para o alcance das metas, como indicado por Ronald Coase e Arthur Pigou (Brasil, 2020a).
37. Além dos instrumentos “pigouviano” e os “coaseanos”, os instrumentos de comando e controle, também chamados de instrumentos de regulação direta, são aqueles que fixam normas, regras, procedimentos e padrões determinados para as atividades econômicas a fim de assegurar o cumprimento dos objetivos da política em questão e o não cumprimento acarreta sanções de cunho penal e administrativo. Requerem fiscalização contínua e efetiva por parte do regulador, implicando altos custos de implementação (Lustosa; Young, 2013).

1.2.6 Os instrumentos de precificação de carbono

38. Na presença de externalidade negativa ou tragédia dos comuns, a precificação do carbono é uma forma de atribuir custo aos impactos gerados pelo aumento de emissões na atmosfera. A precificação afeta os preços relativos de produtos, aumentando a atratividade daqueles com menor intensidade de carbono. Assim, o preço do carbono visa gerar incentivos para mudar o comportamento dos agentes econômicos, que buscarão desenvolver produtos e serviços menos carbono-intensivos (Brasil, 2020a).
39. A falta de sinalização dos custos das emissões de GEE é uma das maiores dificuldades do controle das emissões no setor energético, resultando em ineficiência econômica. Nesse contexto, a valoração dessas emissões permite a internalização das externalidades produzidas pelo setor de energia, assim como dos outros setores (Brasil, 2020a).
40. A precificação de carbono como parte de estratégias de intervenção pública pode ser classificada em três categorias: preço negativo, implícito ou explícito. A primeira inclui subsídios ou suporte para produção ou uso de combustíveis fósseis que levam a emissões de carbono, atuando no sentido contrário à redução de emissões de GEE. No preço implícito, restrições de emissão estipuladas pelo órgão competente representam, implicitamente, um custo sobre a emissão, na medida em que demandam alterações em tecnologias, combustíveis ou processos, que implicam um gasto adicional para o responsável pelas emissões, como por exemplo os tributos que incidem sobre combustíveis fósseis (Brasil, 2020a).
41. Brasil (2020f) anota que na categoria de preço explícito, a precificação é direta e pode ser estruturada em dois principais formatos:

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

- tributo sobre carbono (*carbon tax*) aplicado diretamente às emissões de GEE ou ao carbono presente nos combustíveis fósseis produzidos;

- sistema de comércio de emissões (SCE) (*emissions trading systems*).

42. A tributação do carbono e os SCE são considerados equivalentes teóricos, pois partem do mesmo princípio, a precificação do carbono, para alcançar o mesmo fim, a redução das emissões de GEE, por meio da equalização dos custos marginais de abatimento dos diferentes agentes do mercado (Brasil, 2020a).

43. Tanto a tributação quanto o SCE são mecanismos econômicos. No primeiro, o preço da emissão de uma tCO_{2eq} é definido pelo órgão competente e, em seguida, o mercado define a quantidade de GEE emitida. Pode ser aplicada proporcional à tonelada de dióxido de carbono equivalente emitida ($R\$/tCO_{2eq}$) ou por meio da tributação dos combustíveis fósseis, de acordo com seu teor de carbono. No segundo, cabe ao órgão regulador definir a quantidade a ser emitida (o teto ou limite de emissões) para que o mercado defina o preço da tonelada (Brasil, 2020a).

44. De acordo com o relato de Baldwin, Cave e Lodge (2015), os SCE apresentam inúmeras variações, dentre as quais se destacam os sistemas de *cap and trade* e de *baseline and credit*. No *cap and trade*, um número pré-determinado de licenças é criado, permitindo a emissão de uma quantidade de poluentes. Estas licenças são então alocadas ou vendidas aos agentes de mercado, que podem comercializá-las. No sistema de *baseline and credit*, por outro lado, uma linha de base é estabelecida. A partir delas, os agentes de mercado podem gerar créditos para si, reduzindo as suas emissões a níveis inferiores aos da linha de base que lhe foi estipulada. Os créditos gerados podem então ser negociados no mercado.

45. A tributação, por um lado, fornece certeza sobre custos e reduz riscos para investidores. Por outro lado, não garante o resultado ambiental almejado. Já um SCE, uma vez que estabelece um teto de emissões, assegura resultados ambientais. Contudo, implica volatilidade de preço e riscos aos atores econômicos envolvidos (Brasil, 2020a).

46. A principal vantagem do SCE é que o mercado normalmente conhece melhor que o governo qual a solução menos custosa para cortar emissões. Na tributação é o governo quem faz essa escolha, normalmente na forma de uma tributação igual para todos os setores. Logo, o preço das emissões de CO_2 é bem definido. Nos SCE o preço sobre licenças é volátil, vez que seu número é fixo e a demanda varia. Além disso, os custos de transação para implantação do sistema tendem a ser maiores.

47. O Quadro 1, a seguir, traz uma comparação feita pela EPE, de diferentes aspectos dos dois tipos de sistema de precificação do carbono.

Quadro 1 - Comparação entre os tipos de precificação de carbono

Tipo	Tributação	SCE (<i>cap-and-trade</i>)
Certeza sobre o preço ou custo do CO_2 ?	Sim, o preço é definido.	Não, mas a volatilidade dos preços pode ser limitada por sistemas específicos de segurança.
Certeza sobre emissões?	Não. As emissões variam com a demanda de energia existente e com os preços dos combustíveis.	Sim, na sua forma tradicional (sobre as fontes de emissões cobertas). Não, com o uso de mecanismos adicionais de contenção de preços.
Incentiva eficientemente o baixo custo da redução de emissões?	Sim.	Sim.
Capacidade de aumentar a arrecadação?	Sim. Resultados na geração máxima de receita em comparação com outras opções.	Tradicionalmente, com uma alocação amplamente livre, não. Mas o crescente interesse nas realizações de leilões de permissões sugere a oportunidade de arrecadação no futuro.

Incentivo para P&D em tecnologias limpas?	Sim. O preço estável do CO ₂ é necessário para induzir a inovação.	Sim. No entanto, incertezas sobre o preço das permissões gratuitas às empresas compensa os efeitos prejudiciais sobre a lucratividade.
Prejudica a competitividade?	Sim, embora se outros impostos forem reduzidos por meio da reciclagem de receita, a competitividade da economia em geral pode ser melhorada.	Sim (como um tributo), mas fornecer permissões gratuitas às empresas compensa os efeitos prejudiciais sobre a lucratividade.
Obstáculos práticos ou políticos à implementação?	Sim. Novos impostos são politicamente indesejáveis.	Sim. Identificar uma alocação razoável é difícil.
Novos institucionais?	requisitos Mínimo.	Sim, mas a experiência com programas de comércio existentes sugere que os mercados surgem de forma rápida e relativamente barata.

Fonte: (Brasil, 2020a)

48. Seja por meio da tributação ou do estabelecimento de um SCE, a precificação de carbono, ao introduzir um sinal de preços no mercado, dá a flexibilidade necessária aos entes regulados, que podem escolher entre pagar o preço de carbono ou reduzir suas emissões, dependendo do custo marginal de abatimento e do preço de mercado (Brasil, 2020a).

I.3. Principais ações em andamento para criação de um sistema de precificação do carbono no Brasil

49. Na década de 1990, o Brasil começou a se engajar mais ativamente em temas ambientais, ratificando a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Após a assinatura do Protocolo de Quioto (1997), o país internalizou o tratado e adotou o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

50. O MDL se tornou uma opção vantajosa para a movimentação de recursos financeiros por meio das transações de Reduções Certificadas de Emissão (RCE), sendo utilizados pelos países desenvolvidos como modo suplementar para cumprirem suas metas de redução de emissões e contribuindo para a descarbonização da economia dos países em desenvolvimento. Assim, o MDL deu origem àquilo que passou a ser chamados de **mercado voluntário** de carbono.

51. O Brasil se destacou no cenário internacional de mitigação de mudanças climáticas, especialmente com a criação do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, em 2007, que elaborou o Plano Nacional sobre Mudança do Clima. Este plano visava promover ações de mitigação e desenvolvimento sustentável, alinhando-se com os compromissos internacionais do Brasil.

52. Em 2009, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) foi instituída, estabelecendo o compromisso voluntário nacional de reduzir as emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% até 2020. O decreto que regulamentou a PNMC (Lei 12.187/2009) destacou setores para redução de emissões de GEE, incluindo energia elétrica, transporte público e de cargas, indústrias de transformação, química, papel e celulose, mineração, construção civil, serviços de saúde e agropecuária.

53. A PNMC mencionou a criação do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), mas essa menção não foi seguida pela elaboração de um sistema com regras definidas, deixando uma lacuna legal para sua constituição. Com o Acordo de Paris (2015), por meio do qual o Brasil se comprometeu a reduzir suas emissões de GEE em 37% até 2025 e em 43% até 2030, os mercados de carbono ganhavam então um novo impulso global.

54. De 2016 a 2020 foi desenvolvido o Projeto PMR Brasil, com o objetivo discutir a conveniência e a oportunidade da inclusão da precificação de emissões de GEE no pacote de instrumentos voltados à implementação PNMC, no período pós-2020. O PMR Brasil conclui que o potencial de criação de um mercado de carbono no Brasil é significativo, mas que sua implementação

no país deve ser cuidadosamente planejada e considerar as particularidades do contexto brasileiro (Brasil, 2020b).

55. Em 2017, o **Sistema de Registro Nacional de Emissões (Sirene)** foi criado pelo Decreto 9.172/2017 e desenvolvido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Esse sistema visa disponibilizar os dados do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de GEE, além das Estimativas Anuais de Emissões de GEE (BRASIL, 2024b).

56. O Sirene busca oferecer segurança e transparência na elaboração de inventários de GEE, apoiando a tomada de decisão em políticas relacionadas à mudança do clima. O sistema abrange emissões de todos os GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal, para setores como Resíduos, Agropecuária, Uso da Terra, Energia e Processos Industriais, desde 1990 (BRASIL, 2024b).

57. Para atingir suas metas climáticas, o Governo Federal reestruturou o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM), designando o Ministério do Meio Ambiente como a Autoridade Nacional Designada para os mecanismos do artigo 6 do Acordo de Paris. Em 2021, houve uma nova reestruturação administrativa, recriando o comitê sob uma nova denominação e foco.

58. Em resposta às pressões internacionais, o Brasil promulgou o Decreto 11.075/2022 para estruturar o MBRE, estabelecendo uma estrutura administrativa e o **Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Sinare)**. Entre suas demais medidas, destaca-se a introdução dos conceitos como crédito de carbono e metano, definidos como ativos financeiros e ambientais transferíveis, representativos de redução ou remoção de dióxido de carbono equivalente, reconhecidos no mercado voluntário ou regulado. Essa definição, ao tratar créditos como ativos financeiros transferíveis, esclarece ambiguidades sobre sua natureza jurídica e estabelece uma base para futuras transações econômicas.

59. O Sinare estabelecia uma espécie de “cartório central” para registro digital de emissões, remoções, reduções e compensações de GEE. O Sinare também realizará registro de pegadas de carbono, de produtos, de processos e de atividades, bem como de carbono de vegetação nativa, carbono no solo, carbono azul e unidade de estoque de carbono.

60. Neste mesmo momento tinha início uma **crise internacional de credibilidade dos mercados voluntários de carbono**, inclusive no Brasil. Dúvidas sobre qualidade de projetos e seus impactos no clima levaram a uma queda de 4% no comércio de créditos de carbono em 2022, quando comparado a 2021. A emissão de títulos por desmatamento evitado diminuiu em um terço em comparação anual.

61. Em síntese, foram reportadas acusações relacionadas à tomada ilegal de terras públicas destinadas à geração de créditos para conservação florestal. Problemas nos projetos e acusações de ameaças contra comunidades indígenas agravam a crise de confiança no mercado. Desafios relacionados à posse de terra, particularmente na Amazônia, são fatores que afetam adversamente o mercado voluntário de carbono. Além disso, a formação de um mercado secundário e a falha em retirar de circulação os créditos compensatórios após seu uso suscitaram controvérsias.

62. Os números refletem preocupação entre as empresas com a reputação do mecanismo, após recorrentes denúncias de *greenwashing* por comprarem compensações de projetos de impacto ambiental questionável. *Greenwashing*, também conhecido como “lavagem verde” ou “maquiagem verde” devido ao seu significado implícito, refere-se à ação de disfarçar, enganar ou ocultar dados verdadeiros acerca dos efeitos que as operações de uma organização têm sobre o meio ambiente.

63. A falta de qualidade técnica de alguns projetos, ausência de mecanismos auditáveis e falta de fiscalização governamental são apontados como fatores de vulnerabilidade. Por mais que a ocorrência de casos pontuais, por si só, não invalidam o mercado voluntário, eles trazem à luz a necessidade de uma governança mais robusta para garantir transparência e integridade.

64. Em resposta, a Conselho de Integridade para o Mercado Voluntário de Carbono (ICVCM, em inglês) lançou um código de conduta para orientar as empresas que adquirem créditos no mercado voluntário, na tentativa de tornar as reivindicações climáticas confiáveis. O ICVCM é uma organização não governamental internacionais que busca garantir que o mercado voluntário de carbono contribua para o objetivo de limitar o aquecimento global a 1,5 °C até 2100.

65. Para o caso específico das energias renováveis, seus os créditos de carbono no mercado voluntário **reprovaram no teste de integridade do ICVCM** e não poderão usar o selo CCP (Princípios Fundamentais de Carbono, em inglês) de alta integridade. Oito metodologias de energia renovável foram consideradas insuficientes em termos de **adicionalidade**, questionando-se a capacidade dos projetos de avançar sem o incentivo financeiro dos créditos de carbono. Ser adicional significa que as reduções e remoções de emissões de GEE associadas a um crédito de carbono não teriam ocorrido sem os incentivos e/ou recursos fornecidos pelo projeto de carbono.

66. O ICVCM pede o desenvolvimento de metodologias aprimoradas para garantir a integridade dos créditos de carbono. Além disso, enfatiza a necessidade de modernizar o design dos projetos de carbono para desbloquear financiamento para novos projetos de energia renovável, especialmente em mercados emergentes.

67. É nesse contexto que, em 2023, o governo eleito no pleito de 2022 retoma as discussões para regulamentação de um mercado de carbono no Brasil. O Decreto 11.075/2022 foi revogado pelo Decreto 11.550/2023, que dispôs sobre recriação do CIM, mas não trouxe disposições sobre o Sinare ou sobre o Sirene, vez que suas atribuições passaram a ser discutidas no âmbito do então criado **Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE)**.

68. Em fecho, atualmente, há duas frentes para precificação de carbono no Brasil. Uma para criação de imposto de carbono, no âmbito da reforma tributária, e outra para a criação do SBCE, conforme será detalhado a seguir.

1.3.1 A reforma tributária e o imposto seletivo

69. A Emenda Constitucional (EC) 132/2023 alterou o Sistema Tributário Nacional de modo que, sempre que possível, a concessão dos incentivos regionais passará a considerar critérios de sustentabilidade ambiental e redução das emissões de carbono. Assim, o Sistema Tributário Nacional passa a observar não apenas os princípios da simplicidade, da transparência, da justiça tributária e da cooperação, mas também a defesa do meio ambiente (Brasil, 2023).

70. A partir da aprovação da EC 132/2023 o Poder Executivo apresentou, em abril de 2024, o Projeto de Lei Complementar (PLP) 68/2024, principal iniciativa para regulamentação da reforma tributária. O PLP 38/2024 institui o Imposto sobre Bens e Serviços - IBS, a Contribuição Social sobre Bens e Serviços - CBS e o Imposto Seletivo - IS e dá outras providências (Brasil, 2024).

71. O IS é um novo imposto foi inserido na Constituição para desestimular o consumo de mercadorias danosas ao meio ambiente e à saúde – como as cadeias de petróleo, gás natural e mineração. A alíquota do IS seria *ad valorem*, limitada a 1% na extração (Brasil, 2024).

72. Trata-se de um imposto caráter extrafiscal, isto é, seu objetivo não é arrecadar, mas sim agir como um instrumento de desestímulo ao consumo de certas mercadorias. Seria estabelecida uma lista de quatro Nomenclaturas Comuns do Mercosul (NCM) para definir quais ativos do ramo de “bens minerais” que estariam sujeitos ao imposto IS:

- minérios de ferro e seus concentrados, incluindo as piritas de ferro ustuladas;
- óleos brutos de petróleo;
- gás natural liquefeito (GLP);
- gás natural no estado gasoso (GN).

73. O PLP 68/2024 ainda está em discussão na Câmara dos Deputados. As discussões ainda não alcançaram consenso sobre o rol de bens e serviços sujeitos à cobrança de IS, a saber:

- carros elétricos, quando alimentados exclusivamente à bateria;
- carvão mineral;
- gás natural, caso seja destinado à utilização como insumo em processo industrial, haveria isenção do IS;
- operações com bens minerais extraídos seriam reduzidas a zero quando provenientes de campos de produção de petróleo e gás natural terrestres, maduros e marginais, incluindo a produção e acumulação incremental ou decorrentes de infraestrutura compartilhada;
- carga menor para os biocombustíveis em relação aos fósseis - tributação do etanol 30% inferior à da gasolina.

I.3.2 O Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE)

74. Em que pese o Brasil ser o terceiro país do mundo com mais MDL desenvolvidos, atrás apenas da China e da Índia, o mercado voluntário de carbono é incipiente no Brasil e não possui impacto efetivo no controle das emissões. Apesar do crescimento do mercado voluntário de carbono no mundo, é o mercado regulado que se destaca como um influenciador chave para a transição para práticas sustentáveis e de baixa emissão, representando uma ação regulatória eficaz e uma ferramenta complementar às políticas públicas climáticas. Com um mercado regulado próprio, o Brasil poderá precificar as próprias metas de redução de emissão de CO₂, o que é inviável pelo mercado voluntário.

75. Em essência, estabelecer um mercado de carbono regulamentado implica supervisionar o comércio de emissões de acordo com métricas e diretrizes governamentais. Assim, a regulamentação visa preservar a integridade dos créditos de carbono, garantindo que os projetos de redução de emissões sejam devidamente verificados e validados.

76. A partir de 2023, as discussões sobre a regulação da precificação do carbono se tornaram mais intensas no Brasil, tendo o Congresso Nacional retomado a análise de vários projetos de lei e decretos sobre o assunto. Atualmente, dois projetos de lei buscam criar uma base legal para um mercado regulado de emissões no Brasil e consolidam as várias iniciativas. O PL 2.148/2015, na Câmara dos Deputados, e o PL 182/2024, no Senado, propõem a criação do **Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE)** como órgão regulador e vinculam o mercado de carbono à NDC do Brasil.

77. O modelo adotado (*cap-and-trade*) é baseado na experiência do mercado europeu, no qual o Estado define um limite máximo de cotas de emissão de GEE para determinadas atividades econômicas. Em síntese, este modelo prevê que as empresas que reduzirem suas emissões e ficarem abaixo do limite definido podem negociar seus direitos de emissão em forma de crédito de carbono com os agentes econômicos que ultrapassarem o limite permitido.

78. O projeto prevê, de forma geral, a aplicação de sanções, como advertências, multas, embargos, suspensão parcial ou total da atividade, bem como sanções restritivas de direitos (como a suspensão ou revogação de licenças) em caso de descumprimento de suas disposições.

79. Estariam sujeitas ao SBCE empresas e pessoas físicas que emitirem acima de 10 mil toneladas de gás carbônico equivalente (tCO_{2e}) por ano. Esses operadores devem monitorar e informar suas emissões e remoções anuais de GEE. Quem emitir mais de 25 mil tCO_{2e} deve comprovar o cumprimento de obrigações relacionadas à emissão de gases, apresentando permissões – denominadas Cotas Brasileiras de Emissões (CBE) – em montante suficiente às emissões realizadas.

80. Importante ressaltar que o projeto considera o limite de emissões e cumprimento das obrigações relacionadas serão aplicáveis apenas às atividades para as quais existam metodologias de mensuração, relato e verificação – a serem definidas por órgão gestor do SBCE – considerando fatores específicos aplicáveis a cada tipo de atividade.

81. Outra possibilidade prevista no projeto é que os agentes compensem as emissões excedentes com a aquisição de permissões adicionais de empresas que tenham emitido abaixo dos limites a elas impostos. Alternativamente, os agentes também podem negociar créditos de carbono e títulos de projetos de redução de emissão, que incluem ações de reflorestamento, uso de energia renovável e captura de gases. Essa seria uma via de entrada dos créditos de carbono oriundos do mercado voluntário para o regulado, o que também seria melhor definido posteriormente, no âmbito regulatório.

82. Assim, verifica-se que o projeto **reconhece o mercado voluntário** como um ambiente de comercialização de créditos de carbono. Todavia, um crédito de carbono somente será considerado para cumprimento das obrigações do mercado regulado se atender a diversos requisitos, como ter sido originado por meio de metodologias credenciadas pelo órgão gestor do SBCE.

83. Quanto à governança, o projeto prevê a criação de três órgãos:

- um Órgão Superior e Deliberativo, que estabelecerá as diretrizes gerais do SBCE e aprovará o Plano Nacional de Alocação;
- um Órgão Gestor, que regulará o mercado de ativos do SBCE e a implementação de seus instrumentos, a definição das atividades, instalações, fontes e gases que estarão sujeitos às obrigações do SBCE, bem como os requisitos e procedimentos para mensuração, reporte e verificação das emissões de fontes e instalações reguladas;
- um Comitê Técnico Consultivo, que será responsável por fornecer subsídios e recomendações para o aprimoramento do SBCE.

84. O Registro Central do SBCE será a plataforma de operacionalização do mercado e é a ele que as companhias deverão apresentar os seus dados de monitoramento de GEE.

85. No que se refere a natureza jurídica, o projeto considera os créditos de carbono como um fruto civil, o que significa que eles são ativos acessórios que se originam do ativo principal, mas não diminuem sua substância ou quantidade. O projeto prevê, também, que, se os ativos forem transacionados em mercados financeiros e de capitais, eles terão a **natureza de valores mobiliários**.

86. A conversão de créditos de carbono em ativos do SBCE não estará sujeita à tributação. Somente os ganhos decorrentes da venda de créditos de carbono e outros ativos do SBCE estarão sujeitos à tributação.

87. O setor do agronegócio foi deixado de fora do mercado regulado, apesar de ter papel relevante na emissão de GEE, devido à dificuldade de consenso na definição de métricas que contabilizem adequadamente as emissões do setor.

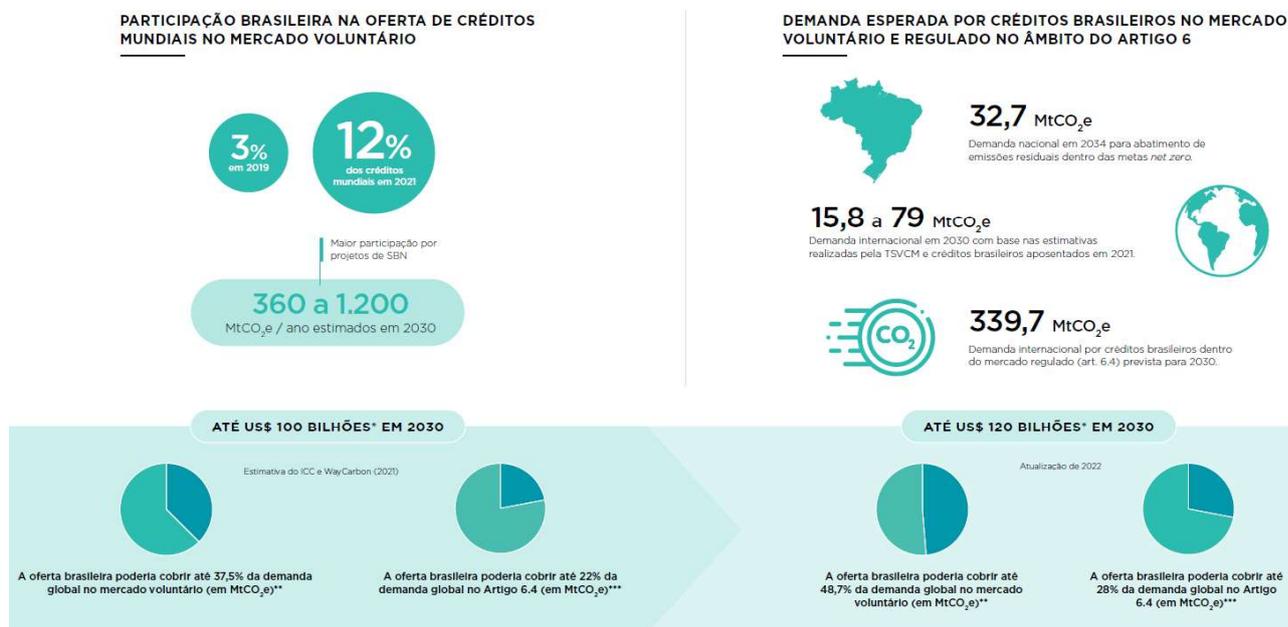
88. O texto prevê um período de transição e de implementação do SBCE. É definido um período de 12 meses (prorrogável por igual prazo) para a elaboração do texto regulamentador da lei aprovada. O projeto deixa ainda outros aspectos para definição futura, como o prazo estimado para a entrada em vigor do Plano Nacional de Alocação.

89. Um dos grandes desafios ao desenvolvimento de um mercado de créditos de carbono é a criação de um sistema centralizado que permita o registro, rastreabilidade e contabilização de créditos de carbono, evitando problemas como a dupla contagem de créditos. Há discussões para que esse Registro Central possa englobar ou aproveitar a curva de aprendizado obtida com o Sirene.

90. A aprovação de um mercado de carbono regulado pode ajudar as empresas brasileiras a continuarem competitivas em um comércio global menos tolerante a produtos e serviços altamente poluentes. Sobretudo nos setores de difícil abatimento de emissão, a precificação do carbono poderá ajudar empresas a incorporar o impacto financeiro das mudanças climáticas em sua tomada de decisão e, ao mesmo tempo, incentivar a redução de suas emissões.

91. Estudo realizado pela WayCarbon em parceria com a ICC Brasil aponta que o potencial de geração de receitas com créditos de carbono até 2030 para o Brasil subiu de US\$ 100 bilhões para até **US\$ 120 bilhões**, considerando um cenário otimista de US\$ 100 dólares por tonelada de CO₂. Segundo o estudo, o país teria capacidade de atender de 28% a 48,7% da demanda global por créditos do mercado voluntário, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Síntese dos potenciais de transação de créditos de carbono brasileiros



Fonte: (ICC BRASIL; WAY CARBON, 2022, p. 37)

II. Metodologia

92. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra no Apêndice A - Metodologia das avaliações realizadas.

III. Avaliação da maturidade das políticas para precificação do carbono no Brasil

III.1. Formação de agenda pública

III.1.1 Existe formação de agenda pública?

93. Conforme apresentado alhures, as discussões para criação de um sistema de precificação do carbono no Brasil remontam à década de 1990. Desde então, uma extensa **agenda** foi construída, com início no estabelecimento de um mercado voluntário de carbono no Brasil (MDL), passando pela criação da PNMC, chegando aos esforços em andamento para criação do SBCE. No que tange a criação da taxaço do carbono, a agenda foi iniciada em 2023, com a decisão do governo em realizar a reforma tributária e a criação do imposto seletivo.

III.1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?

94. Quanto à participação da sociedade no debate, desenho e escolha das ações governamentais ligada à criação de um mercado regulado de carbono no Brasil, destaca-se o Projeto PMR Brasil. Em pesquisa ao sítio eletrônico do projeto foram encontradas informação sobre a realização de diversos seminários e *workshops*, entre 2016 e 2020, por meio dos quais foram realizadas consultas a diagnósticos setoriais e uma análise de impacto regulatório (AIR) (Brasil, 2020b).

95. Além das entidades públicas, participaram do Projeto PMR Brasil:

- Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim);

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

- Associação Brasileira de Empresas Aéreas (ABEAR);
- Confederação Nacional da Indústria (CNI);
- Confederação Nacional da Agricultura (CNA);
- Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN);
- Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS);
- Iniciativa Empresarial em Clima (IEC);
- Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP);
- Fórum de Meio Ambiente do Setor Elétrico (FMASE);
- Fórum Brasileiro de Mudança do Clima (FBMC);
- Rede Clima; e,
- Observatório do Clima (OC).

96. No que se refere ao IS, os debates no Congresso Nacional ilustram a forte **participação** dos setores influenciados na defesa de seus interesses. A publicação dos textos legais, relatórios, notas e estudos no sítio eletrônico do Ministério da Fazenda mostram transparência na matéria. Na página do PLP 68/2024, no sítio eletrônico da Câmara do Deputados, consta o registro de diversas manifestações de entidades setor produtivo. Em 13/6/2024 foi realizada audiência pública na Câmara do Deputados para debater o relatório do GT sobre o PLP 68/2024.

97. Dessa forma, verifica-se que quanto à formação de agenda no ciclo de políticas públicas está estabelecida, tanto para a criação de um mercado nacional de carbono (SBCE), quanto para a criação da taxa sobre o carbono (imposto seletivo). Ambas agendas contaram com ampla participação de representantes da sociedade. Diante disso, neste item, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 – Alta implementação**”.

III.2. Institucionalização

III.2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?

98. Uma vez que tanto a criação do SBCE quanto do IS, este no âmbito da reforma tributária, ainda carecem de aprovação no Congresso Nacional, e das devidas normatizações infralegais subsequentes, não há que se falar na plena institucionalização dessas políticas, menos ainda das fases subsequentes de seu ciclo de vida, consistente com as fases de implementação e avaliação.

III.2.2. A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?

99. Conforme relatado, ainda não há a institucionalização de política que envolva tanto a criação do SBCE quanto do IS.

III.3. Implementação

III.3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?

100. Conforme relatado, ainda não há a institucionalização de política que envolva tanto a criação do SBCE quanto do IS, não é possível avaliar sua implementação.

III.3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?

101. Conforme relatado, ainda não há a institucionalização de política que envolva tanto a criação do SBCE quanto do IS, não é possível avaliar sua implementação.

III.4. Avaliação e estabilidade

III.4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?

102. Conforme relatado, ainda não há a institucionalização de política que envolva tanto a criação do SBCE quanto do IS, não há como avaliar o componente.

III.4.2 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?

103. Conforme relatado, ainda não há a institucionalização de política que envolva tanto a criação do SBCE quanto do IS, não há como avaliar o componente.

IV. Quadro resumo

104. Em síntese, os esforços do Governo Federal para criação de um sistema de precificação do carbono no Brasil, ainda não superaram a fase de institucionalização, conforme ilustra a Tabela 1.

Tabela 1 - Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas

Componente de análise	Item de análise	SBCE	IS
1. Formação da agenda pública	1.1 Existe formação de agenda pública?	3	3
	1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?	3	3
2. Institucionalização	2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?	0	0
	2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?	0	0
3. Implementação	3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	0	0
	3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	0	0
4. Avaliação e estabilidade	4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	0	0
	4.4 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	0	0
Agregado		0,8	0,8

Fonte: elaboração própria

V. Conclusão

105. Esta avaliação é corroborada pelo Banco Mundial, em estudo que apontou que 73 entidades, entre nacionais e subnacionais, já implementaram algum tipo de precificação sobre as emissões, seja através de mercados ou taxações. Juntas, elas representam 23% das emissões globais de GEE. O Brasil não está entre essas entidades, conforme ilustra o mapa apostado à Figura 1.

Figura 1 - Mapa global de impostos sobre o carbono e sistemas de comércio de emissões



Fonte: (WORLD BANK, 2024)

106. Com base nas informações trazidas na presente análise, verifica-se que **a implementação de um sistema de precificação do carbono do Brasil está atrasada**. A demora na aprovação do marco legal sobre o mercado de carbono pode comprometer os compromissos internacionais do Brasil, incluindo o Acordo de Paris.

107. Além disso, há urgência de um marco regulatório para o objetivo de descarbonizar a indústria e aumentar a competitividade do Brasil no mercado global. Empresas que adotarem práticas sustentáveis e reduzirem suas emissões de carbono terão vantagens competitivas no mercado global. Todavia, a adoção de tecnologias sustentáveis pela indústria requer incentivos, como um sistema de comércio de emissões. Para que a transição energética seja eficaz, é fundamental incentivar a indústria a adotar tecnologias mais sustentáveis.

108. O novo mercado de carbono brasileiro pode gerar significativos recursos financeiros por meio do comércio de certificados, cotas e créditos de carbono. O Brasil tem potencial para oferecer créditos de carbono ao mundo, especialmente através de atividades agroflorestais. As aprovações PL 182/2024 e do PLP 38/2024 são cruciais para alinhar o Brasil às tendências globais de sustentabilidade e trazer benefícios econômicos, ambientais e sociais.

VI. Referências

- BALDWIN, R.; CAVE, M.; LODGE, M. **Understanding Regulation**. 2ªed. Oxford: Oxford University Press, 2015. Disponível em: <https://oxford.universitypressscholarship.com/view/10.1093/acprof:osobl/9780199576081.001.0001/acprof-9780199576081-chapter-2>. Acesso em: 11 jun. 2022.
- BEZERRA E., L. G. **Instrumentos econômicos: elementos para uma regulação ambiental efetiva e o papel dos instrumentos de mercado**. 2018. 1–159 f. - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.bdtd.uerj.br:8443/handle/1/14248>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- BRASIL. **Emenda Constitucional 132/2023**. Brasília: Presidência da República, 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc132.htm. Acesso em: 11 jul. 2024.
- BRASIL. **PLP 68/2024**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2430143&fichaAmigavel=nao>. Acesso em: 11 jul. 2024.
- BRASIL. **Precificação de carbono: riscos e oportunidades para o Brasil**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2020a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/nota-tecnica-precificacao-de-carbono-riscos-e-oportunidades-para-o-brasil>.
- BRASIL. **Projeto PMR Brasil**. Brasília: MDIC, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr>. Acesso em: 11 jul. 2024.
- CAMPOS, H. A. de. Falhas de mercado e falhas de governo: uma revisão da literatura sobre regulação econômica. **Prismas: Direito, Políticas Públicas e Mundialização**, [s. l.], v. 5, n. 2, 2009.
- CARNEIRO, R. **Direito ambiental. Uma abordagem econômica**. Rio de Janeiro: Forense, 2001.
- CAVALCANTI, M. C. B. **Tributação relativa etanol-gasolina no Brasil: competitividade dos combustíveis, arrecadação do Estado e internalização de custos de carbono**. 2011. 248 f. - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: Acesso em: 22 maio 2022.
- COASE, R. H. The Problem of Social Cost. **The Journal os Law & Economics**, Chicago, v. III, p. 1–44, 1960. Disponível em: Acesso em: 6 abr. 2022.
- HARDIN, G. The tragedy of commons. **Science**, [s. l.], v. 162, n. December, p. 1243–1248, 1968.
- ICC BRASIL; WAY CARBON. **Oportunidades para o Brasil em Mercados de Carbono**. São Psulo: ICC Brasil/Way Carbon, 2022.
- LUSTOSA, M. C. J.; YOUNG, C. E. F. Política Ambiental. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (org.). **Economia Industrial: Fundamentos Teóricos e Práticos no Brasil**. 2 ed.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 346–357.
- MANKIW, N. G. **Princípios de Microeconomia**. 4ªed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Disponível em: https://issuu.com/cengagebrasil/docs/9786555584066_princ_pios_de_microeconomia_capitulo.
- PIGOU, A. C. **The economics of welfare**. 4ªed. Londres: Macmillan, 1920.
- RODRIGUES, V. **Análise econômica do direito: uma introdução**. Coimbra: Almedina, 1994.
Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

STIGLITZ, J. E. **Economics of the Public Sector**. 3ªed. [S. l.]: W.W, Biertib & Company, Inc, 2000.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: uma abordagem moderna**. 8ªed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012-. ISSN 15206882.

SIGILOSOSO

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

CADERNO DE ANÁLISES DA AUDITORIA OPERACIONAL SOBRE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Questão 4: Quão avançada é a ação estatal nos principais temas da agenda da transição energética brasileira?

Tema avaliado: **Captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS)**

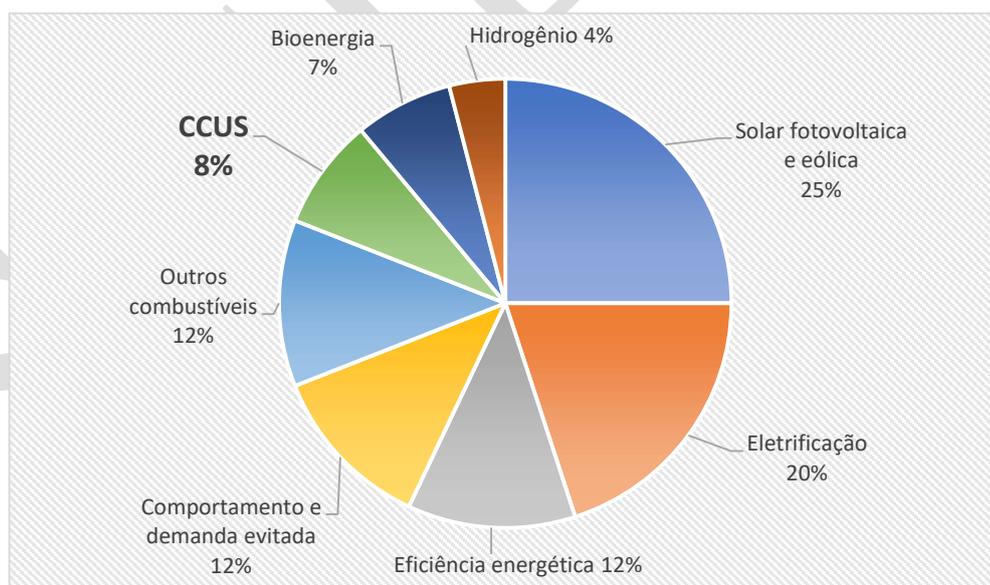
I. Visão Geral

I.1. Introdução

1. CCUS é a sigla para *Carbon capture, utilisation and storage*, traduzido como “captura, utilização e armazenamento de carbono”. São tecnologias aplicadas a sistemas produtivos para capturar CO₂, armazená-lo de forma segura e permanente em reservatórios geológicos (*offshore* ou *onshore*), ou ainda para reutilizá-lo como insumo para a fabricação de produtos. Os sistemas CCUS têm um importante papel na redução das emissões de CO₂ em setores de difícil descarbonização, como na indústria pesada e no transporte de longa distância.

2. A Agência Internacional de Energia (IEA) incluiu os sistemas de CCUS como um dos oito pilares para reduzir as emissões de CO₂ em 50% e atingir as metas do cenário de emissões líquidas zero até 2050 (Net Zero). Os sistemas CCUS representam 8% das reduções cumulativas globais (IEA, 2023a), conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Reduções cumulativas globais de emissões de CO₂ do setor de energia por pilar de descarbonização (2022-2050)



Fonte: elaboração própria a partir de dados da IEA (IEA, 2023a).

3. Na atualização do relatório “*Net Zero Roadmap*”, de setembro/2023, a IEA ressalta que houve uma redução do papel dos sistemas CCUS em relação às perspectivas trazidas na versão de 2021 (de 10% para 8%), especialmente no curto prazo. Segundo a Agência, essa diminuição do percentual de participação do setor nas reduções cumulativas globais de emissões de CO₂ é reflexo

de um progresso mais lento no desenvolvimento tecnológico e de mercado do que o previsto em 2021, além de perspectivas mais fortes de eletrificação (IEA, 2023a).

4. Acompanhamento do progresso para energia limpa, de julho/2023, também realizado pela IEA, informa que há cerca de quarenta instalações comerciais em operação aplicando CCUS a processos industriais, transformação de combustíveis e geração de energia. Apesar de registrar mais de 500 projetos em vários estágios de desenvolvimento em toda a cadeia de valor de CCUS, a Agência destaca que a implantação ficou aquém das expectativas. Há previsão que cerca de cinquenta novas instalações de captura estejam em funcionamento até 2030, capturando cerca de 125 MtCO₂ por ano. No entanto, a implantação de CCUS permanecerá muito abaixo de 1,2 Gt CO₂ por ano exigidos no cenário Net Zero (IEA, 2023b). Isso coloca os sistemas CCUS, juntamente com o componente “mudanças comportamentais”, como os de pior avaliação entre os dez componentes do sistema energético avaliados pela IEA.

5. Segundo a Agência, se todo o potencial anunciado de captura de CO₂ for concretizado e a atual tendência de crescimento continuar, a capacidade global poderá atingir os níveis Net Zero até 2030. A redução dos prazos de execução dos projetos, particularmente relacionados com o desenvolvimento do armazenamento de CO₂, será fundamental para atingir esses níveis (IEA, 2023c).

Tabela 1: Projeções de captura e remoção de CO₂ no cenário Net Zero

Resultados	2022	2030	2035	2050
Total de CO₂ capturado (Mt CO₂)	45	1.024	2.421	6.040
Captura de CO₂ de combustíveis fósseis e processos industriais	44	759	1.712	3.736
Energia	1	188	568	811
Indústria	4	247	769	2.152
Hidrogênio comercial	0	161	90	17
Outra transformação de combustível	38	163	90	17
Captura de CO₂ da bioenergia	1	185	506	1.263
Energia	0	44	204	438
Indústria	0	23	77	232
Produção de biocombustíveis	1	114	213	474
Outra transformação de combustível	0	5	13	121
Captura direta da atmosfera	0	80	203	1.041
Total de CO₂ removido (Mt CO₂)	1	234	632	1.710

Fonte: Net Zero Emissions Guide - CCUS (IEA, 2023c)

6. Atualmente, a captura de CO₂ de combustíveis fósseis e processos industriais responde por praticamente toda a capacidade operacional existente. Contudo, pela projeção apresentada pela IEA, a captura de CO₂ da bioenergia e a captura direta da atmosfera poderão ser importantes tecnologias no cenário Net Zero.

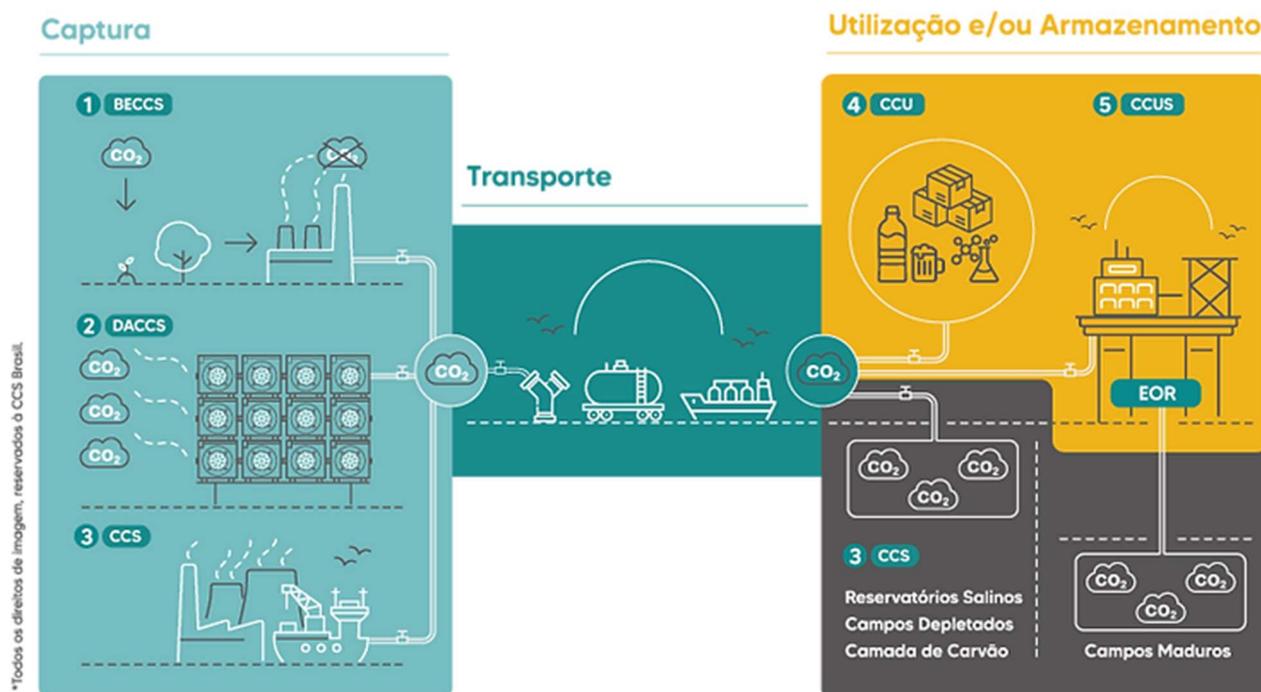
7. A bioenergia com captura e armazenamento de carbono (BECCS), envolve a captura e armazenamento permanente de CO₂ de processos em que a biomassa é convertida em combustíveis ou queimada diretamente para gerar energia. Como as plantas absorvem CO₂ à medida que crescem, essa é uma maneira de remover o CO₂ da atmosfera.

8. Já as tecnologias de captura direta de ar (DAC) extraem CO₂ diretamente da atmosfera em qualquer local, ao contrário da captura de carbono, que geralmente é realizada no ponto de emissão, como uma usina siderúrgica. O CO₂ pode ser armazenado permanentemente em formações geológicas profundas ou usado para uma variedade de aplicações.

I.2. Principais etapas de CCUS

9. Os sistemas CCUS envolvem quatro etapas principais: captura, transporte, armazenamento e utilização. A captura de CO₂ é realizada, geralmente, de grandes fontes pontuais, como geração de energia ou instalações industriais que usam combustíveis fósseis ou biomassa como combustível, podendo ser, ainda, capturado diretamente do ar. Se não estiver sendo usado no local, o CO₂ capturado é comprimido e transportado por oleoduto, navio, trem ou caminhão para ser usado em diversas aplicações ou injetado em formações geológicas profundas, como reservatórios de petróleo e gás depletados, formações salinas ou de carvão. A Figura 2 apresenta uma representação dessas fases.

Figura 2: Etapas de CCUS



Fonte: (CCS Brasil, 2024).

10. Existem diferentes tecnologias disponíveis para cada etapa, no entanto, a viabilidade e o desempenho de cada tecnologia podem variar de acordo com características específicas do projeto.

11. As tecnologias utilizadas para a **captura** separam o CO₂ de outros gases, em plantas industriais ou diretamente na atmosfera. A captura de CO₂ pode ocorrer das seguintes formas:

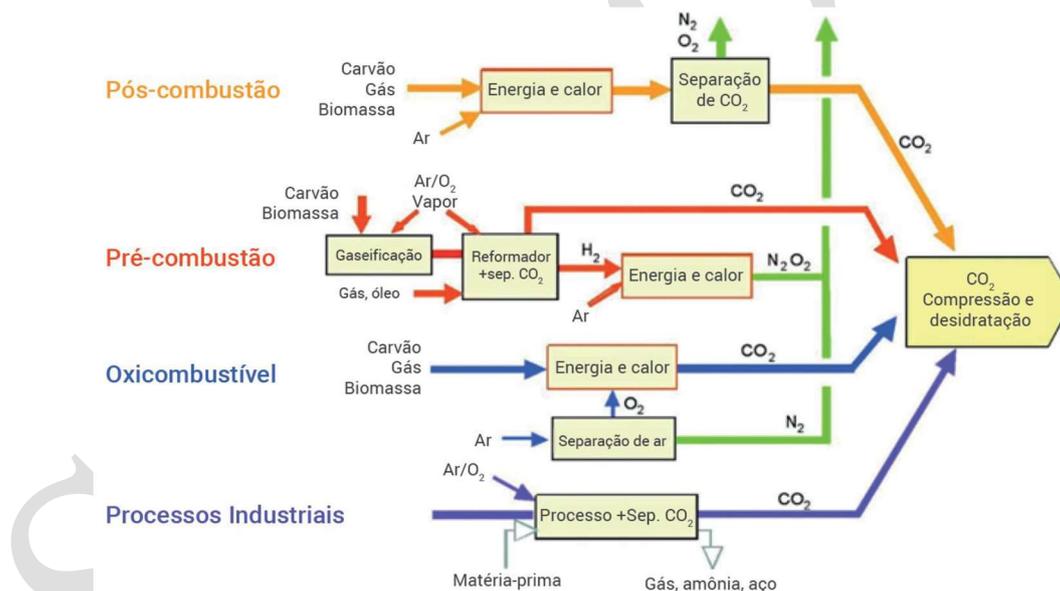
Tabela 2: Formas de captura de carbono

Formas de captura de carbono	Descrição
Pré-combustão	Primeiro, produz-se o gás de síntese (H ₂ e CO); em seguida, o CO é convertido para maximizar a produção de H ₂ com a concomitante produção de CO ₂ na reação de <i>shift</i> ; por último, é realizada a separação do CO ₂ da mistura obtida. Na corrente resultante da reação de <i>shift</i> , o CO ₂ é caracterizado por pressão e concentração relativamente altas, o que facilita a sua remoção e reduz o gasto energético necessário para o

	condicionamento para transporte e armazenamento. Para processos relacionados à bioenergia, é promissora a captura pela pré-combustão, como a gaseificação.
Pós-combustão	O CO ₂ é separado após a queima na presença de ar atmosférico, sendo removida dos gases de exaustão uma mistura gasosa de baixa pressão na qual o CO ₂ está diluído, ou seja, tipicamente abaixo de 15% de concentração. Há uma série de tecnologias capazes de realizar essa separação, mas de forma geral, elas envolvem custos e consumo de energia elevados. Para processos em que há queima de combustível fóssil, como nas usinas termelétricas, por exemplo, utiliza-se a captura pós-combustão.
Combustão oxicomustível	Em vez do uso de ar atmosférico, a queima do combustível é realizada com oxigênio (O ₂) puro. Nesse caso, transfere-se a complexidade da etapa de captura, que passa a ser mais simples, para a produção do oxigênio. O oxigênio é tipicamente produzido a partir da purificação do ar pela separação criogênica, também incorrendo em custos e consumo de energia elevados.
Processos industriais	Pode exigir a remoção do CO ₂ de uma corrente gasosa ou processos mais simples, como a captura do CO ₂ puro da fermentação para produção de etanol. Além da obtenção de CO ₂ de fontes concentradas, a captura direta do ar (DAC) é uma alternativa para obtenção de CO ₂ e que pode, combinada a uma alternativa de armazenamento permanente do carbono, permitir a remoção de CO ₂ da atmosfera (emissões negativas).

Fonte: elaboração própria a partir de (EPE, 2022, p. 14-15).

Figura 3: Abordagens para a captura de CO₂



Fonte: (EPE, 2022, p. 15) a partir de ProQR, 2021.

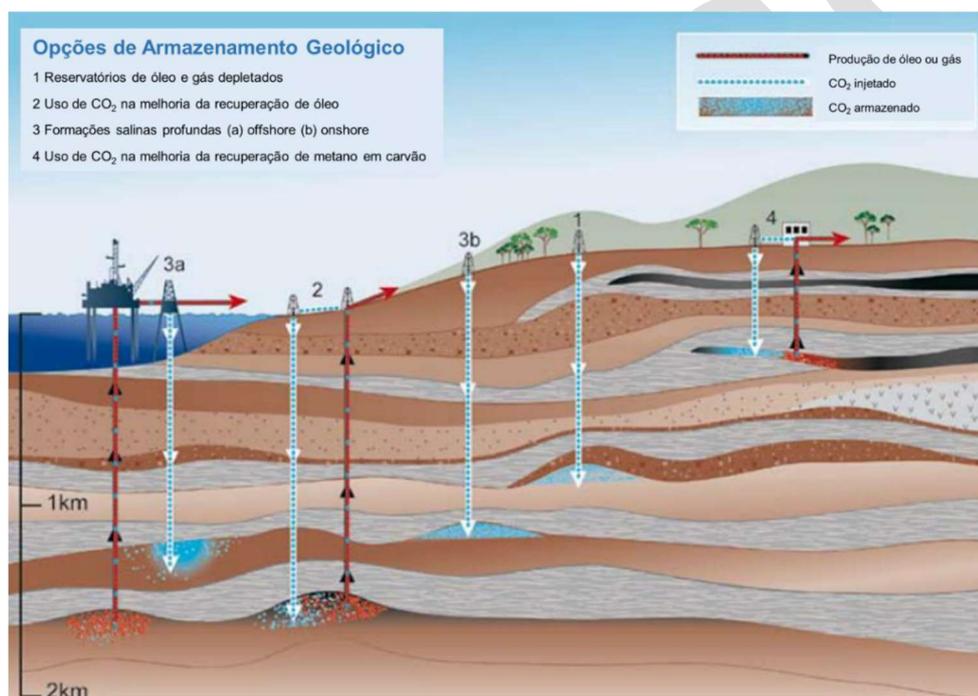
12. Após sua captura, o CO₂ precisa ser comprimido para o **transporte** até seu armazenamento ou utilização. Para isso, é necessário incrementar a pressão do CO₂ de forma a se comportar como líquido. As opções de transporte variam de acordo com a distância entre o local de captura e o local de armazenamento, a disponibilidade de modais de transporte, entre outros fatores. Esse transporte pode ser realizado por meio de gasodutos (de forma semelhante aos gasodutos de gás natural) ou navios, podendo também ser efetuado por trens ou caminhões-tanque.

13. Há ainda alguns desafios tecnológicos associados ao transporte de CO₂ através de dutos, opção mais frequentemente utilizada. Vários fatores precisam ser considerados em projetos de dutos de longa distância, como características do terreno, teor de umidade do gás, entrada acidental de gás úmido na tubulação e resistência à corrosão do material do duto (Atlas Brasileiro CCUS, 2016).

14. O **armazenamento** do CO₂ pode ser permanente ou temporário. Nos casos de armazenamento permanente, o CO₂ é injetado em formações rochosas localizadas no subsolo, em reservatórios de petróleo no mar ou em aquíferos salinos. Já o armazenamento temporário pode ocorrer em reservatórios acima da superfície, para situações em que o CO₂ poderá ser utilizado e comercializado. A seleção dos locais de armazenamento depende de uma avaliação geológica cuidadosa que identifica os locais que reúnem todas as condições técnicas para garantir que o CO₂ permaneça no subsolo por milhares de anos com segurança.

15. Os tipos de reservatórios para o armazenamento permanente podem ser campos de petróleo e gás depletados, aquíferos salinos profundos, camadas de carvão não-lavráveis, folhelhos negros ricos em matéria orgânica e basaltos, além do uso do CO₂ na recuperação avançada de petróleo e de gás (EOR). A Figura 4 apresenta alguns dos tipos de reservatórios geológicos para armazenamento de CO₂ (EPE, 2022).

Figura 4: Principais tipos de reservatórios geológicos para armazenamento de CO₂



Fonte: (EPE, 2022).

16. Cada tipo de reservatório tem suas peculiaridades. Na maioria dos casos, o CO₂ injetado estará em um estado supercrítico (ou fase densa) (pressão > 7,38 megapascal (MPa) e temperatura > 31,1°C). Nessa condição, o CO₂ adquire uma densidade típica de líquidos, entre 600 e 800 kg por metro cúbico (kg/m³), ocupando assim um volume de poro menor, levando a um armazenamento mais eficiente. Para garantir o armazenamento em um estado supercrítico, a profundidade mínima estimada para um reservatório é de cerca de 800 metros (Atlas Brasileiro CCS, 2016).

17. O armazenamento de CO₂ apresenta alguns riscos ambientais, sendo necessário constante monitoramento. Há o risco ambiental global da falta de eficiência do processo e a consequente liberação de CO₂ na atmosfera. Já os riscos ambientais locais, associados ao vazamento do gás para a superfície ou a contaminação de aquíferos, são os mais preocupantes.

Vazamentos locais em grande escala de CO₂ em terra podem resultar em riscos diretos para a saúde, tanto por mortes por asfixia quanto por impactos na saúde ou por exposição prolongada a altas concentrações de CO₂ (GRAUS et al., 2011). Os efeitos do vazamento

de CO₂ na fauna e flora locais, entretanto, são menos conhecidos e podem impactar negativamente a ecologia e a agricultura locais (GERARD & WILSON, 2009).

A principal preocupação relaciona-se com a contaminação da água potável e das águas superficiais pelo deslocamento de água salina e/ou CO₂ para os aquíferos. Além disso, a injeção subterrânea de CO₂ pode desencadear eventos sísmicos de baixa magnitude. Embora as probabilidades de ocorrência sejam baixas, é essencial gerenciar com segurança a injeção de CO₂ para garantir a segurança humana e ecológica (GERARD & WILSON, 2009). (EPE, 2022)

18. O CO₂ capturado pode ser **utilizado** como insumo para geração de energia ou desenvolvimento de novos produtos em diversas áreas. Atualmente, o CO₂ já é utilizado como parte das técnicas de recuperação avançada de reservatórios de hidrocarbonetos, como insumo para a geração de energia e aquecimento de espaços e para o desenvolvimento de produtos nos setores de alimentação, petroquímica e de materiais de construção.

I.3. O mercado de CCUS

19. Todo o processo que envolve CCUS é altamente complexo, sendo essa uma das razões pelas quais o custo do uso da tecnologia não experimentou a mesma queda de preços que caracterizou a disseminação global de energias renováveis. Painéis solares e turbinas eólicas, por exemplo, em função da elevada quantidade produzida, têm se tornado cada vez mais eficientes. Ao contrário de plantas solares ou eólicas, cada planta de captura e armazenamento de CO₂ é única, sendo bem mais desafiador torná-las mais baratas. Assim, após décadas de implantação, os custos dessa tecnologia não diminuíram tanto quanto em outras áreas.

20. Apesar disso, só em 2022 foram anunciados mais de 140 novos projetos, aumentando em 80% a capacidade planejada de armazenamento e em 30% a capacidade de captura. Cerca de quinze decisões finais de investimento foram tomadas em aplicações na indústria, energia, transformação de combustíveis e captura direta da atmosfera desde o início de 2022, contra oito em 2021 (IEA, 2023d).

21. Em 2022 existiam 47 projetos de CCUS em operação no mundo, que somados têm a capacidade anunciada que varia de 74 a 82 MtCO₂ capturados por ano (CCS Brasil, 2023).

Figura 5: Projetos de sistemas CCUS em operação em 2022



Fonte: 1º Relatório Anual de CCS no Brasil 2022/2023 (CCS Brasil, 2023).

22. Relatório de acompanhamento do progresso para energia limpa da IEA, de julho/2023, informa que, atualmente, cerca de 65% da capacidade operacional de captura de CO₂ encontra-se em fábricas de processamento de gás natural, uma das aplicações de captura de CO₂ de custo mais baixo. Todavia, com base na atual carteira de projetos, a Agência estima que até 2030 a capacidade anual de captura poderá ser de aproximadamente de 90 MtCO₂ provenientes da produção de hidrogênio, cerca de 80 MtCO₂ provenientes da produção de energia e cerca de 35 MtCO₂ provenientes de instalações industriais, como cimento e aço (IEA, 2023b).
23. Historicamente, as empresas de **óleo e gás** têm sido líderes no desenvolvimento de CCUS. Elas operam cinco dos oito projetos dedicados de armazenamento de CO₂ em operação e a maioria dos gasodutos de CO₂ existentes. Juntas, Exxon Mobil, Occidental, Petrobras e Chevron estão envolvidas em mais da metade da atual capacidade operacional de captura (IEA, 2023d). Além de contribuir para a redução de gases de efeito estufa na extração de óleo e gás, a utilização de sistemas CCUS torna a produção com menor pegada de carbono, o que pode favorecer a comercialização.
24. A **bioenergia** com captura e armazenamento de carbono (BECCS) e a **captura direta de ar** (DAC) com armazenamento de CO₂ são também tecnologias em expansão. Globalmente, mais de 40 instalações de **bioetanol**, setor entre as aplicações BECCS de menor custo, anunciaram planos para capturar CO₂, e cerca de 25 centrais combinadas de calor e energia alimentadas a biomassa e a resíduos poderão capturar aproximadamente de 30 MtCO₂ até 2030. A primeira grande planta de DAC em grande escala (0,5 MtCO₂/ano) está programada para iniciar operações em 2025 nos Estados Unidos (IEA, 2023b).
25. A implementação de projetos de CCUS depende fortemente de **infraestrutura** para transportar, armazenar e monitorar o CO₂ com segurança e confiabilidade. Apesar das particularidades de cada tipo de fluido, o reaproveitamento de gasodutos para o transporte de CO₂ mostra-se mais barato do que a construção de novas linhas. Embora adaptações sejam inevitáveis, a pressão de operação e a estimativa da vida útil (especialmente baseada na corrosão) são os principais parâmetros a serem avaliados para a reutilização de dutos descomissionados (EPE, 2023).
26. O crescimento na implantação de sistemas CCUS indica uma mudança importante. Com algumas exceções, a maioria dos projetos de CCUS têm funcionado segundo o mesmo modelo de negócio: são projetos de “cadeia completa” onde o CO₂ é transportado de uma instalação de captura para um local de armazenamento, normalmente envolvendo um único operador. Tais projetos de cadeia completa sofrem com altos investimentos, riscos e responsabilidades para um único desenvolvedor. Atualmente, projetos de cadeia parcial centrados na captura, transporte ou armazenamento de CO₂, com infraestruturas compartilhadas, estão surgindo dentro de plantas de CCUS. No total, mais de 140 **centros CCUS** estão em desenvolvimento, três vezes mais do que em 2021 (IEA, 2023d).
27. O reconhecimento da proximidade em relação às principais fontes emissoras e dos mercados que possam aproveitar as vantagens do armazenamento também faz parte da seleção estratégica de plantas de CCUS. Além disso, o compartilhamento de infraestruturas de transporte e armazenamento – que pode ter a participação de diversas empresas e fontes diferentes de captura – em *hubs* é eficiente em termos ambientais, econômicos e sociais.
28. A Petrobras estuda implantar no Brasil um *hub* de captura e armazenamento de carbono, começando por um projeto piloto no terminal de Cabiúnas, em Macaé/RJ. A ideia do *hub* é criar uma infraestrutura de escoamento do CO₂ a partir de locais de captura em instalações industriais, envolvendo outros setores como indústria de cimento e siderúrgicas, até seu armazenamento permanente feito em um reservatório abaixo do mar (EPBR, 2023).

29. O mercado acerca da **utilização do CO₂** também tem atraído a atenção de governos, setor privado e pesquisadores. Em relação ao tema, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) destaca:

O aumento do interesse está ligado à questão climática, e pode ser explicado, entre outros fatores, pela oportunidade de aproveitamento econômico das emissões capturadas, pela substituição de combustíveis fósseis na produção de compostos baseados no carbono, bem como pelos desafios de viabilizar o armazenamento geológico (MAC DOWELL et al., 2017; THE ROYAL SOCIETY, 2017; PALM & NIKOLERIS, 2021). A atenção e os investimentos dos setores público e privado coincidem com o estudo e desenvolvimento de novas rotas e produtos da utilização do CO₂. A diversidade de alternativas tecnológicas, muitas ainda em estágio inicial, resulta em grande incerteza e expectativas conflitantes (PALM & NIKOLERIS, 2021) sobre o papel que a utilização do CO₂ pode realizar, tanto como matéria-prima quanto na redução de emissões. Esse potencial é objeto de diversos estudos (MAC DOWELL et al., 2017; HEPBURN et al., 2019) de avaliação de potencial de rotas e produtos, inclusive para o caso brasileiro (PACHECO et al., 2019).

O consumo global de CO₂ foi de cerca de 230 milhões de toneladas (MtCO₂) em 2015, principalmente devido à produção de ureia (57%) na indústria de fertilizantes e à recuperação avançada de óleo com 34% (IEA, 2019b). O levantamento de Kamkeng et al. (2021) para 2016 traz valores similares para o consumo na produção de ureia, mas aponta a produção de carbonatos inorgânicos (de cálcio e magnésio) como a segunda maior demanda, de 70 MtCO₂/ano, e EOR como a terceira, de 25 MtCO₂/ano. Outros usos atuais incluem aplicações no setor de alimentos e bebidas, em sistemas de refrigeração e extintores de incêndio, na fabricação de metais e a injeção em estufas para estimular o crescimento de plantas (IEA, 2019b). Cabe notar que a técnica de EOR pode ser considerada tanto uma tecnologia de utilização (CCU) quanto de armazenamento (CCS), de modo que pode ser classificada como CCUS, conforme a definição adotada nesta Nota Técnica. (EPE, 2022)

30. Embora alguma utilização de CO₂ possa trazer benefícios climáticos substanciais, a dimensão relativamente limitada do mercado para estas aplicações significa que o armazenamento deve continuar a ser o foco principal dos sistemas CCUS. No entanto, o apoio à P&D pode desempenhar um papel fundamental na implantação de produtos e serviços promissores derivados do CO₂, com boas perspectivas de se tornarem competitivos ao longo do tempo (IEA, 2023b).

I.4. CCUS no Brasil

31. No Brasil, o crescimento esperado para a produção de hidrocarbonetos é confrontado com os desafios para a sustentabilidade do setor energético frente às pressões impostas pelas mudanças climáticas. A participação do setor de óleo e gás na matriz energética nacional deverá se manter expressiva no médio e longo prazo, devido a aspectos econômicos, de suprimento da indústria e no abastecimento do modal rodoviário. Nesse contexto, as tecnologias de CCUS surgem como alternativa reconhecida para sua descarbonização.

32. Iniciada como uma oportunidade de elevar a produtividade dos campos do pré-sal pela Petrobrás, a técnica de **recuperação aprimorada de óleo** – enhanced oil recovery (EOR) – se tornou o maior programa do mundo que se utiliza de tecnologia de CCUS associada à recuperação avançada de petróleo em operação. O projeto desenvolvido pela empresa destaca-se, ainda, por ter sido o primeiro de separação do CO₂ associado com gás natural em águas ultraprofundas.

33. Na técnica utilizada, a captura de carbono é feita a partir da separação do gás natural e o CO₂ na plataforma. A reinjeção do CO₂ no reservatório é efetuada com uso de tecnologia de injeção alternada de água e gás (*Water Alternating Gas - WAG*), ajudando a manter a pressão interna do reservatório e melhorando a quantidade de óleo que pode ser extraído. A Petrobras vem aumentando a cada ano o volume de CO₂ reinjetado em reservatórios. Em 2022, foram reinjetadas 10,6 milhões de toneladas, o que equivale a 5,8 bilhões de m³ de CO₂, cerca de 25% de todo o volume reinjetado pela indústria global. Atualmente, todas as 21 plataformas que produzem no pré-sal da Bacia de

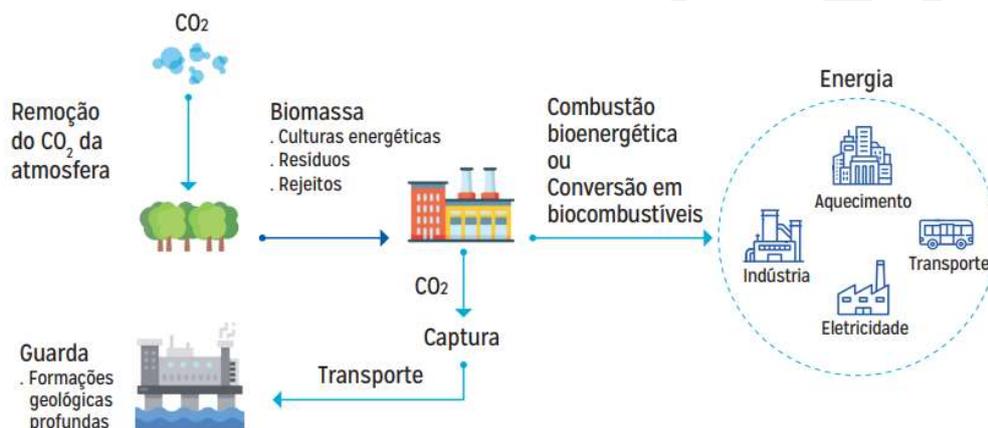
Santos incorporam a tecnologia de CCUS associada à recuperação avançada de petróleo. Isso faz com que a empresa tenha uma emissão de CO₂ equivalente por barril retirado da camada do pré-sal até 70% menor que a média mundial (Petrobrás, 2024).

34. Outra tecnologia relacionada à CCUS com excelentes perspectivas de utilização no Brasil é a captura e armazenamento de CO₂ proveniente da **biomassa**, conhecida mundialmente pela sigla BECCS – *BioEnergy with Carbon Capture and Storage*.

35. A tecnologia é empregada a partir da geração de energia proveniente da biomassa, sendo as instalações produtivas adaptadas com estruturas de captura de carbono. Durante seu ciclo de vida e crescimento, a biomassa já extrai naturalmente o CO₂ da atmosfera. Se essa matéria é queimada em um sistema fechado para a geração de energia, o CO₂ que seria liberado no ar através de sua decomposição natural também é capturado.

36. Ou seja, durante o processo de fabricação do biocombustível, parte do CO₂ pode ser capturado e armazenado. Sendo assim, no ciclo de vida de produção do *feedstock* e posterior conversão para biocombustíveis, há uma remoção líquida de CO₂ da atmosfera, já que o CO₂ capturado no crescimento das plantas não será integralmente devolvido à atmosfera quando o biocombustível for utilizado em motores. Este processo é ilustrado na figura a seguir.

Figura 6: Processo Esquemático de BECCS



Fonte: CEBRI-BID-EPE-CENERGIA, 2023, a partir de IRENA, 2020 baseado em Global CCS Institute, 2019.

37. Nesse sentido, ao se considerar a bioenergia como neutra em carbono, sua associação com a captura de CO₂ que iria para a atmosfera resulta no que é chamado de tecnologia de emissões negativas. Nesse caso, o CO₂ biogênico capturado e armazenado permanentemente teria que ser maior que o CO₂ emitido na cadeia de produção.

38. O Brasil possui indústrias com alto potencial para a BECCS, como a produção de etanol de cana-de-açúcar e milho, cujos processos geram CO₂ em alta pureza para armazenamento. Isso se explica devido à facilidade de separação do CO₂ no processo de fermentação em comparação ao processo realizado na captura do CO₂ na combustão. Além disso, a alta concentração de CO₂ na produção de etanol favorece sua captura, reduzindo os custos dessa captação.

39. O país ainda conta com a vantagem de ter a disponibilidade de bacias próprias para o armazenamento desse CO₂ capturado da produção de etanol próximas às usinas de produção. A bacia de Parecis no Mato Grosso, por exemplo, está localizada onde se encontra a maior parte das usinas de etanol de milho. Já a bacia do Paraná, que ocupa cerca de 10% do território brasileiro, abrange boa parte do estado de São Paulo, maior produtor de etanol a partir da cana de açúcar do país.

40. Em relação aos investimentos em CCUS no país, a Secretaria Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (SNPGB) informou que os investimentos em CCUS previstos no Novo

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

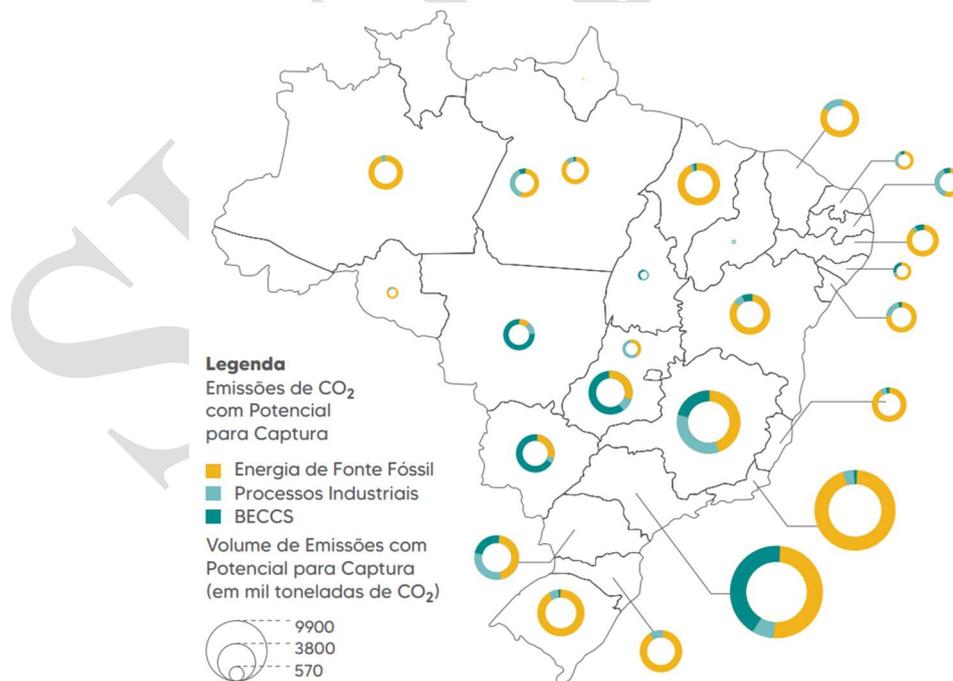
PAC contemplam a construção de uma unidade de captura e estocagem de carbono em reservatório subterrâneo de usina de etanol de milho. Planta industrial específica, acoplada à de etanol de milho, capturará e armazenará o gás nos reservatórios geológicos salinos da Bacia dos Parecis. O valor de investimento do projeto é de R\$ 460 milhões (peça 120, p. 3).

41. Acrescentou que o projeto está em fase de finalização de estudo de definição: (i) da capacidade de estocagem do reservatório geológico; (ii) número de poços injetores; e (ii) de dimensionamento da pluma de CO₂ em sub-superfície. Após a conclusão desta etapa, será a fase de aquisição de equipamentos e construção e montagem da instalação. O prazo de conclusão da obra é março de 2026. Entretanto, ressaltou que a operação depende da tramitação de projetos de lei no Congresso Nacional, incluindo do Combustível do Futuro (PL 528/2020), assim como de uma Licença de Operação a ser avaliada pela SEMA-MT (peça 120, p. 3).

42. Outras atividades com potencial de aplicação de projetos de CCUS no Brasil são: indústrias de difícil descarbonização, como siderurgia, cimento, química e fertilizantes; termelétricas a base de gás natural ou de carvão; e na produção de hidrogênio com base em combustíveis fósseis, como o gás natural. Além de reduzirem suas emissões, as tecnologias de CCUS tornam esses setores mais sustentáveis, permitindo que seus produtos sejam mais competitivos mundialmente.

43. A Associação CCS Brasil estima que o país possui um potencial de captura de CO₂ que pode chegar a mais de 190 milhões de toneladas por ano. Com base em dados do Observatório do Clima, da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), da União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (ÚNICA), da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e da CIBiogás-Energias Renováveis, foi calculado o potencial de captura por setor, entre 2020 e 2021. Esse potencial para projetos de captura é liderado pelo setor de energia a partir de fontes fósseis, que representa mais de 65% das emissões. BECCS tem o segundo maior potencial para captura, com cerca de 20%, seguido pela indústria, com menos de 15% (CCS Brasil, 2023).

Figura 7: Potencial de captura de carbono



Fonte: 1º Relatório Anual de CCS no Brasil 2022/2023 (CCS Brasil, 2023).

44. No que se refere ao armazenamento de carbono, sabe-se que no Brasil existem diversas áreas que apresentam características geológicas favoráveis. Com base em fatores como a

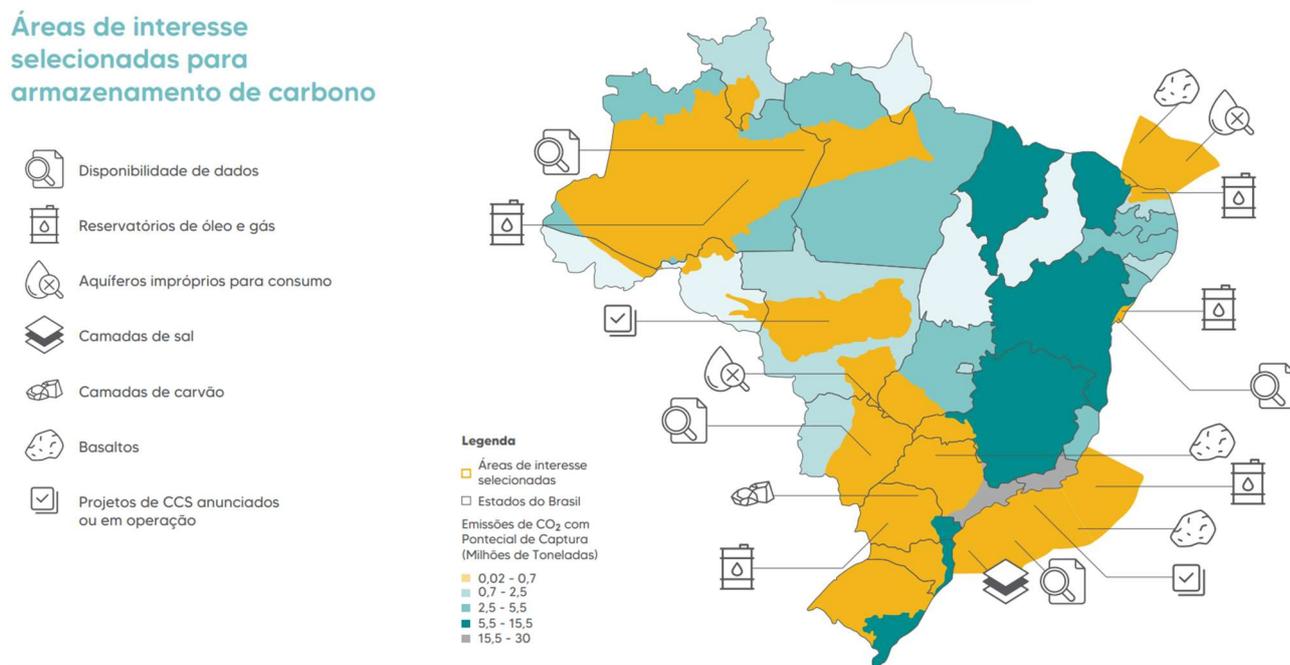
Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

disponibilidade de dados geológicos e conhecimento sobre a presença de formações e contextos geológicos potencialmente favoráveis ao armazenamento de CO₂, destacam-se como principais áreas de interesse no país as Bacias Sedimentares de Santos-Campos, Potiguar, Recôncavo, Amazonas-Solimões, Paraná e Parecis (CCS Brasil, 2023).

45. Considerando as bacias sedimentares brasileiras e em áreas de interesse selecionadas, a CCS Brasil produziu informações significativas a respeito das áreas para o armazenamento de carbono no país. A Figura 7 reuniu aspectos referentes às regiões potencialmente favoráveis ao armazenamento de carbono, à disponibilidade de dados, aos projetos anunciados ou em operação e às áreas de emissões de CO₂ com potencial de captura.

46. A Associação ressaltou, no entanto, que ainda há lacunas significativas nos dados disponíveis sobre as formações geológicas do país. Nesse sentido, o efetivo potencial de armazenamento, bem como a definição dos locais exatos apropriados para injeção de CO₂ e possíveis reservatórios específicos, depende de estudos aprofundados e especializados de exploração geológica para esta finalidade (CCS Brasil, 2023).

Figura 8: Áreas de interesse selecionadas para armazenamento de carbono



Fonte: 1º Relatório Anual de CCS no Brasil 2022/2023 (CCS Brasil, 2023).

47. Pesquisa e desenvolvimento são cruciais para o progresso de novas tecnologias e, evidentemente, para os projetos de CCUS no país. Segundo a IEA, cerca de 40% das reduções cumulativas de emissões de CO₂ depende de tecnologias que ainda não foram implementadas comercialmente em aplicações no mercado de massa (IEA, 2020).

48. A plataforma “inova-e”, desenvolvida pela EPE, traz diversos dados de investimentos brasileiros em **Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PD&D)** em energia. Pesquisa acerca dos projetos de “separação, captura, transporte e armazenamento de CO₂” registra 106 projetos, no período de 2013 a 2022, financiados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

49. Em relação aos projetos de investimento, processos de trabalho instituídos ou em planejamento no setor de CCUS no país, a SNPGB do MME afirmou apoiar a implementação de

projetos de CCUS, como o programa de reinjeção de CO₂ na Bacia de Santos operado pela Petrobras. Informou que a política já está em execução em projetos no Brasil, com planos para expandir o sucesso das tecnologias de CCUS do ambiente *offshore* para o *onshore*. Destaca-se, a seguir, as informações apresentadas sobre projetos a curto, médio e longo prazos (peça 113, p. 4-5).

Curto Prazo (5 anos): No curto prazo, o MME está comprometido com a sustentabilidade e a redução das emissões de carbono, apoiando a implantação de projetos de CCUS. Um exemplo é o projeto na Bacia de Santos, onde a Petrobras realiza a reinjeção de CO₂, evidenciando o foco em melhorar a eficiência na produção de petróleo e gás e mitigar emissões de gases de efeito estufa

Médio Prazo (10 anos): Para o médio prazo, o desenvolvimento contínuo de projetos de CCUS é crucial para a resiliência do Brasil frente aos desafios da transição energética. Espera-se que o CCUS não apenas reduza emissões, mas também crie oportunidades econômicas e gere empregos. É crucial que o país busque fortalecer sua posição global em CCUS, o que implica em uma estratégia robusta de investimento e desenvolvimento tecnológico, incentivando as empresas a direcionarem seus recursos para essa área. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) realizou, em 2023, um mapeamento inédito do potencial qualitativo de áreas no território nacional para projetos de armazenamento geológico de carbono. Esse estudo pode ser acessado em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/captura-armazenamento-e-utilizacao-de-carbono-brasil-contribuicoes-para-a-selecao-de-areas-de-interesse>, e mostra o promissor potencial brasileiro para o desenvolvimento desses projetos, que demandarão significativos investimentos.

Longo Prazo (30 anos): Para o longo prazo, o CCUS é considerado uma solução vital para a descarbonização. A estratégia inclui a transição do sucesso do ambiente offshore para o onshore, com planejamento de políticas públicas alinhadas com objetivos de longo prazo. Em conformidade com isso, o MME propôs ao Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) a emissão de uma Resolução para promover a descarbonização das atividades de E&P de petróleo e gás natural, com diretrizes para reduzir a pegada de carbono, fomentar o desenvolvimento tecnológico, minimizar a queima de gás natural e reduzir emissões de metano e dióxido de carbono.

A Resolução prevê ainda o incentivo à plena utilização da capacidade da infraestrutura instalada, priorizando projetos com maior potencial de redução de emissões. A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a Pré-Sal Petróleo S.A. (PPSA) são incumbidas de promover a transparência dos indicadores de sustentabilidade dos projetos e adotar medidas que contribuam para a descarbonização das atividades, incluindo a criação de regulamentos para a redução de emissões de metano.

I.5. A regulação de CCUS no Brasil

50. O **Projeto de Lei 1.425/2022**, que disciplina a exploração da atividade de armazenamento permanente de dióxido de carbono de interesse público, em reservatórios geológicos ou temporários, e seu posterior reaproveitamento, pode vir a ser o principal marco regulatório dos sistemas CCUS no Brasil.

51. Iniciado no Senado Federal em maio/2022, o projeto de lei foi aprovado e remetido à Câmara dos Deputados em setembro/2023. Desde dezembro/2023 o projeto encontra-se na Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

52. O PL 1.425/2022 propõe disciplinar a captura de CO₂ proveniente de fontes estacionárias diversas, incluindo captura direta. Todavia, não se aplica à atividade de injeção de CO₂ para fins de recuperação avançada de hidrocarbonetos originados de reservatório geológico sob contrato para exploração e produção de hidrocarbonetos. A minuta do PL estabelece os seguintes objetivos:

I – contribuir para o desenvolvimento sustentável, a proteção ambiental e o cumprimento das metas nacionais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa, bem

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

como para o aumento da competitividade da economia brasileira em suas exportações de bens e serviços de baixa pegada de carbono, nos termos do art. 225 da Constituição Federal;

II – incentivar a adoção de tecnologias de captura, transporte, armazenamento permanente de CO₂ em reservatórios geológicos e reaproveitamento de CO₂;

III – fomentar a exploração de fontes energéticas com emissões de carbono reduzidas ou negativas na avaliação do ciclo de vida;

IV – estimular o uso de CO₂ como insumo ou matéria-prima para fins comerciais, industriais ou de prestação de serviços, incentivando a economia circular;

V – promover o compromisso brasileiro de mitigação das mudanças climáticas globais e de cooperação nacional e internacional entre Estados, entidades não governamentais e cidadãos.

53. O Projeto prevê que as atividades de armazenamento permanente serão exercidas mediante termo de outorga qualificada do Poder Executivo para exploração de reservatórios geológicos, que terá prazo de trinta anos e serão reguladas e fiscalizadas pela ANP. Já o monitoramento após o período de vigência do termo de outorga qualificada, realizado após a cessação permanente de atividades, poderá ser transferido à gestora de ativos de armazenamento (GAA) por até 35 anos precedentes à transferência de ativo para a União.

54. Além do PL 1.425/2022, encontram-se em tramitação no Congresso Nacional outros dois importantes projetos de lei que envolvem os sistemas CCUS. O **PL 2.148/2015** (que anexou o PL 412/2022) cria o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), estabelece tetos para emissões e prevê regras para a venda de títulos de compensação. O texto foi aprovado em dezembro pela Câmara dos Deputados em encontra-se em apreciação pelo Senado Federal. A definição de limites de emissões de CO₂ que precisam ser cumpridos pelas empresas, com o estabelecimento de custos associados caso sejam ultrapassados, deve incentivar as empresas a descarbonizarem seus processos utilizando, por exemplo, CCUS. Nesse sentido, a criação de um mercado regulado de carbono é essencial para viabilizar os empreendimentos de CCUS no Brasil.

55. O projeto de lei dos “combustíveis do futuro”, **PL 528/2020** (que apensou o PL 4.516/2023), aprovado na Câmara dos Deputados em 13/3/2024, dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e **a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono**; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano.

56. O PL 528/2020, em tramitação no Senado Federal, estabelece que o exercício das atividades de captura e estocagem geológica de CO₂ será realizado mediante autorização da ANP, que atuará como órgão de regulação e fiscalização das atividades. Dispõe que a ANP editará normas sobre a habilitação das empresas interessadas e as condições para a autorização e transferência de sua titularidade. Acrescenta que a Agência dará acesso aos dados técnicos públicos das bacias sedimentares brasileiras aos interessados para análise, estudos e identificação de áreas com potencial para estocagem geológica de carbono.

II. Metodologia

57. A metodologia utilizada para realização das análises se encontra detalhada no Apêndice A – .

III. Avaliação da maturidade

III.1. Formação de agenda pública

II.1.1. Existe formação de agenda pública?

58. Verifica-se que há formação de agenda pública para a regulação e fomento de CCUS no Brasil. O assunto é objeto de projetos de lei em discussão no Congresso Nacional, inúmeros projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PD&D), declarações de gestores do governo federal, reportagens da mídia e outras formas de diálogo que caracterizam a agenda pública, como congressos, seminários e *workshops*.

59. Conforme relatado, o projeto de lei dos “combustíveis do futuro”, que se encontra em estágio avançado de tramitação, inclui a regulamentação e a fiscalização da atividade de captura e estocagem geológica de dióxido de carbono. Já o PL 1.425/2022 trata especificamente de CCUS, propondo disciplinar a exploração da atividade de armazenamento permanente de CO₂ de interesse público, em reservatórios geológicos ou temporários, e seu posterior reaproveitamento. Tais projetos estão sendo amplamente debatidos no Congresso Nacional.

60. Destaca-se a grande quantidade de projetos de pesquisa desenvolvidos em diversas universidades do país. Conforme registrado na plataforma “*inova-e*”, desenvolvida pela EPE, foram financiados 106 projetos de CCUS no período de 2013 a 2022.

61. Assim, considera-se que há formação de agenda pública visto que o tema é de interesse governamental e está em discussão e, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 – Alta implementação**”.

II.1.2. O processo de formulação e escolha da política foi participativo?

62. O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), por meio da Resolução CNPE 7/2021, instituiu o Programa Combustível do Futuro e criou o Comitê Técnico Combustível do Futuro (CT-CF). O CT-CF aprovou a formação e planos de ação de Subcomitês Técnicos, instâncias de função executiva, que contaram com especialistas de instituições públicas e privadas a fim de implementar os planos de ação aprovados pelo Comitê.

63. Um dos seis Subcomitês Técnicos foi o ProBioCCS, responsável pelo desenvolvimento de arcabouço legal e regulatório para a tecnologia de captura e armazenagem de CO₂. Observa-se a participação da sociedade civil organizada no referido subcomitê pela documentação elencada no sítio do MME, apresentada por pesquisadores, consultores e associações ligadas ao tema (MME, 2021).

64. Estão também disponibilizadas no sítio do MME as atas de treze reuniões do ProBioCCS, realizadas entre 19/8/2021 e 18/3/2022 (MME, 2022). Além de representantes dos ministérios e agências reguladoras, é possível verificar a participação de representantes de:

- a) Empresas: EPE, SGB/CPRM, Shell Brasil, Petrobrás e Great Holdings;
- b) Associações: Associação Brasileira de Bioinovação (ABBI), Associação Brasileira do Carvão Mineral (ABCM); União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA), União Nacional do Etanol de Milho (UNEM);
- c) Universidades (Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); e
- d) Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Mato Grosso (SEMA-MT).

65. Assim, observa-se que as discussões tiveram a participação de representantes da sociedade que puderam contribuir com as questões técnicas para formação da proposta enviada ao Congresso Nacional, onde também foram objeto de debates e discussões.

66. O PL 1.425/2022, que trata especificamente da regulamentação de CCUS, também foi matéria de discussão e audiências públicas no Congresso Nacional. A Comissão de Serviços de Infraestrutura da Câmara dos Deputados, por exemplo, realizou em 30/11/2022 audiência pública com a participação do MME, do Centro de Pesquisa para Inovação em Gases de Efeito Estufa (RGCI), da UNEM, do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP) e do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ressalte-se que o tema CCUS esteve também presente em diversas audiências realizadas no Congresso Nacional que envolveram a redução dos gases de efeito estufa.

67. Considerando que os projetos de lei sobre CCUS que tramitam no Congresso Nacional, se aprovados, atribuirão competência regulatória da atividade à ANP, a Agência já vem produzindo estudos nesse sentido. Assim, em abril de 2024, foi divulgado o “Relatório sobre a implementação do marco regulatório de CCUS no país”. Por se tratar de tema transversal, o estudo envolveu diversas áreas técnicas da ANP e abordou a futura implementação do marco regulatório de CCUS pela Agência, de forma a antecipar a identificação das áreas envolvidas e dos instrumentos regulatórios que precisarão ser adaptados ou estabelecidos após eventual aprovação da política pública na forma avaliada. Para a realização do estudo, **foram realizadas mais de 30 reuniões internas e com agentes externos, incluindo órgãos públicos, empresas do setor de petróleo e gás e especialistas nacionais e internacionais** (ANP, 2024).

68. Assim, considera-se que o processo de formulação e escolha da política teve participação da sociedade civil e, conforme a metodologia utilizada, o item é avaliado como de “**3 - Alta implementação**”.

III.2. Institucionalização

III.2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?

69. Conforme relatado, ainda não há a institucionalização de política que envolva CCUS no Brasil.

III.2.2. A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?

70. Conforme relatado, ainda não há a institucionalização de política que envolva CCUS no Brasil.

III.3. Implementação

III.3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?

71. Como não há a institucionalização de política que envolva CCUS no Brasil, não é possível avaliar sua implementação.

III.3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?

72. Como não há a institucionalização de política que envolva CCUS no Brasil, não é possível avaliar sua implementação.

III.4. Avaliação e estabilidade

III.4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?

73. Considerando que não houve a implementação de política pública que envolva CCUS no Brasil, não há como avaliar o componente.

III.4.2 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?

74. Considerando que não houve a implementação de política pública que envolva CCUS no Brasil, não há como avaliar o componente.

IV. Quadro resumo

75. A partir dos fatos e dados narrados e avaliados, atribuiu-se uma pontuação para cada item de avaliação. O resultado é apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 3: Avaliação do nível de avanço das principais políticas públicas relacionadas

Componente de análise	Item de análise	CCUS
1. Formação da agenda pública	1.1 Existe formação de agenda pública?	3
	1.2 O processo de formulação e escolha da política foi participativo?	3
2. Institucionalização	2.1 A política pública está oficializada em ato normativo?	0
	2.2 A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?	0
3. Implementação	3.1 Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?	0
	3.2 Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?	0
4. Avaliação e estabilidade	4.1 São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?	0
	4.4 As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?	0
Agregado		0,75

76. Por fim, apresenta-se os principais desafios a serem enfrentados pelo país em relação aos sistemas CCUS, extraídos da presente análise.

V. Conclusão

77. O presente exame permitiu concluir que as políticas de fomento aos sistemas de CCUS fazem parte da agenda pública brasileira, todavia sua institucionalização e, principalmente, sua implementação, ainda estão longe de tornar uma realidade. Nesse sentido, ressalte-se a necessidade urgente de uma regulamentação que inclua todas as etapas do processo, de forma a trazer segurança jurídica e viabilizar os empreendimentos de CCUS no país.

78. As tecnologias de CCUS são complexas e envolvem custos elevados. Cada planta de captura e armazenamento de CO₂ é única, sendo desafiador torná-las acessíveis financeiramente.

79. Historicamente, as empresas de óleo e gás têm sido líderes no desenvolvimento de CCUS. Além de contribuir para a redução de GEE na extração, a utilização de sistemas CCUS torna a produção com menor pegada de carbono. Iniciada como uma oportunidade de elevar a produtividade dos campos do pré-sal pela Petrobrás, a técnica de recuperação aprimorada de óleo (EOR) se tornou o maior programa do mundo que se utiliza de tecnologia de CCUS associada à recuperação avançada de petróleo em operação. Verificou-se, ainda, que o MME tem projetos de expansão de CCUS para o curto, médio e logo prazos.

80. A captura e armazenamento de CO₂ proveniente da biomassa, conhecida como BECCS, tem se mostrado uma tecnologia com alto potencial de utilização no Brasil, especialmente na produção de etanol de cana-de-açúcar e milho, cujos processos geram CO₂ em alta pureza para

armazenamento. Outras atividades com potencial de aplicação de projetos de CCUS no Brasil são: indústrias de difícil descarbonização, como siderurgia, cimento, química e fertilizantes; termelétricas a base de gás natural ou de carvão; e na produção de hidrogênio com base em combustíveis fósseis, como o gás natural.

81. No que se refere ao armazenamento de carbono, sabe-se que no Brasil existem diversas áreas que apresentam características geológicas favoráveis. Todavia, ainda não há um mapeamento amplo de locais para o armazenamento de CO₂ no país, o que depende de estudos aprofundados e especializados de exploração geológica para esta finalidade.

82. Por fim, a Tabela 4 apresenta os principais desafios a serem enfrentados pelo país em relação aos sistemas de CCUS, extraídos da presente análise.

Tabela 4: Situação atual das políticas públicas para CCUS e seus desafios

Situação atual	Desafios
Não há regulamentação acerca de CCUS no Brasil.	Aprovar um arcabouço regulatório que inclua todas as etapas do processo (captura, transporte, armazenamento e utilização), que traga segurança jurídica e incentive investimentos em sistemas CCUS.
Ausência de um mercado regulado de carbono no Brasil.	Criar um mercado regulado de carbono de forma a viabilizar os empreendimentos de CCUS no país.
Falta de um mapeamento amplo de locais de armazenamento de CO ₂ .	Mapear os locais de armazenamento de CO ₂ no país.
Escassez de mecanismos de financiamento para empreendimentos voltados para CCUS.	Garantir investimentos adequados em fontes diversificadas para o fomento de sistemas CCUS.

Fonte: elaboração própria, a partir das evidências trazidas no texto.

VI. Referências Bibliográficas

IEA, 2023a. Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach/a-renewed-pathway-to-net-zero-emissions#abstract>, Licence: CC BY 4.0.

IEA, 2023b. Carbon Capture, Utilisation and Storage, 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage>, Licence: CC BY 4.0.

IEA, 2023c. CCUS Net Zero Emissions Guide, 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/ccus>, Licença: CC BY 4.0.

IEA, 2023d. *How new business models are boosting-momentum-on-ccus*, IEA, Paris <https://www.iea.org/commentaries/how-new-business-models-are-boosting-momentum-on-ccus>, Licença: CC POR 4,0.

IEA, 2020. Energy Technology Perspectives 2020, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>, Licença: CC BY 4.0.

EPE, 2022. Hidrogênio Azul: Produção a partir da reforma do gás natural com CCUS.

EPE, 2023. Captura e Armazenamento de Carbono. Disponível em: Folder EPE-CCUS.pdf.

CCS Brasil, 2023. 1º Relatório Anual de CCS no Brasil 2022/2023 <https://www.ccsbr.com.br/relatorios-anuais>.

CCS Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.ccsbr.com.br/o-que-e-ccs>.

Atlas Brasileiro CCS, 2016. Atlas brasileiro de captura e armazenamento geológico de CO₂ = Brazilian atlas of CO₂ capture and geological storage / org. João Marcelo Medina Ketzner ... [et al.]. – Porto Alegre: EDIPUCRS, 2016.

IBP, 2023. Tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCUS) e sua importância para a transição energética no Brasil: o PL 1425. <https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2023/01/artigo-abc-ccus.pdf>.

Petrobrás, 2024. Disponível em: <https://nossaenergia.petrobras.com.br/w/transicao-energetica/ccus>.

inova-e, 2024. Disponível em: dashboard.epe.gov.br/apps/inova-e/index.html.

EPBR, 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/petrobras-planeja-primeiro-hub-brasileiro-de-armazenamento-de-co2/>.

MME, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/probioccs-1/participacao-social>

MME, 2022. Disponível em: Atas da Reuniões — Ministério de Minas e Energia (www.gov.br)

CEBRI-BID-EPE-CENERGIA, 2023. Programa de Transição Energética. Disponível em:

https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-726/PTE_RelatorioFinal_PT_Digital_.pdf

ANP, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/anp-produz-relatorio-de-estudo-sobre-captura-uso-e-armazenamento-de-carbono-ccus

SIGILOSOSO

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

Apêndice A – Metodologia das avaliações realizadas

1. Para a auditoria, optou-se em realizar uma avaliação numérica de cada item, podendo os resultados serem agregados de diferentes formas e representados em formato de tabelas e de gráficos. Assim, os usuários da auditoria possuirão um recurso visual para internalizar a análise feita.
2. A ideia do trabalho foi avaliar as maturidades das ações públicas voltadas à transição energética quanto ao nível de desenvolvimento dentro do ciclo de uma política pública. Conforme o conceito adotado pelo RCPP-TCU, o ciclo de políticas públicas consiste basicamente em três **estágios (formulação, implementação e avaliação)** e de nove fases: diagnóstico do problema, formação da agenda, análise de alternativas, tomada de decisão, desenho e institucionalização da política, estruturação da governança e gestão, alocação e gestão de recursos orçamentários e financeiros, operação e monitoramento, avaliação e extinção.
3. Entretanto, visando a execução do trabalho, reduziu-se o ciclo para quatro fases, que foram chamadas de componentes. Cada componente avaliado foi subdividido em duas perguntas orientadoras, que foram chamadas individualmente de “item de análise”.
4. A Tabela 5 traz os componentes e itens utilizados para a análise das ações governamentais nos temas escolhidos.

Tabela 5: Componentes e itens da Questão 3

Componente	Item
Formação de agenda pública	Existe formação de agenda pública?
	O processo de formulação e escolha da política foi participativo?
Institucionalização	A política pública está oficializada em ato normativo?
	A política tem objetivos e metas de alcance de resultado?
Implementação	Os primeiros beneficiários já foram atendidos pela política pública?
	Os objetivos e resultados de curto prazo da política pública estão sendo alcançados?
Avaliação e estabilidade	São realizadas e publicadas avaliações de desempenho?
	As políticas públicas são estáveis (possuem capacidade de resistir a ciclos políticos)?

Fonte: Elaboração própria.

5. A estratégia traçada pela equipe foi que cada item contasse com uma avaliação descritiva, a partir de coleta de evidências, interação com os jurisdicionados, análises, e conclusões, semelhante a um tópico tradicional de auditoria, porém mais sucinto. Após tal avaliação, foi concluído em qual nível a ação governamental se encontra, utilizando a escala de 0 a 3, significando, para cada ação governamental:

- 0 – Não implementação
- 1 – Baixa implementação
- 2 – Implementação parcial
- 3 – Alta implementação

6. A depender das ações governamentais existentes ou previstas para cada tema, foi necessário realizar novas subdivisões, dessa vez, para cada componente/item/tema, abrindo para diferentes ações governamentais. Avaliou-se caso a caso a necessidade de subdivisão de um item em várias avaliações de diferentes ações governamentais relacionadas.

Documento Preliminar encaminhado para os comentários dos gestores

7. Para a entendimento do valor agregado por temática e da média geral por item e componente, optou-se por ter um padrão um pouco diferente, por se tratar de uma variável que abrange intervalos.
8. Abaixo é apresentado a maturidade aplicada a cada intervalo da pontuação agregada:
- De 0 a 0,4 – Não implementado
 - De 0,5 a 1,4 – Baixa implementação
 - De 1,5 a 2,4 – Implementação parcial
 - De 2,5 a 3 – Alta implementação
9. Devido ao grande volume de análises da Questão 3, a equipe optou por realizá-las em documentos separados, que serão apresentados separadamente em peças do processo. Ressalte-se que o resultado obtido **não se trata de análise qualitativa de mérito ou desempenho das políticas implementadas**, nem de concordância com as escolhas públicas tomadas, mas de registro de que certas etapas no desenvolvimento das políticas públicas foram alcançadas, ainda que parcialmente.