


Caderno de Propostas 2:

# Transição Energética

COLETÂNEA CLIMA & DESENVOLVIMENTO 2022



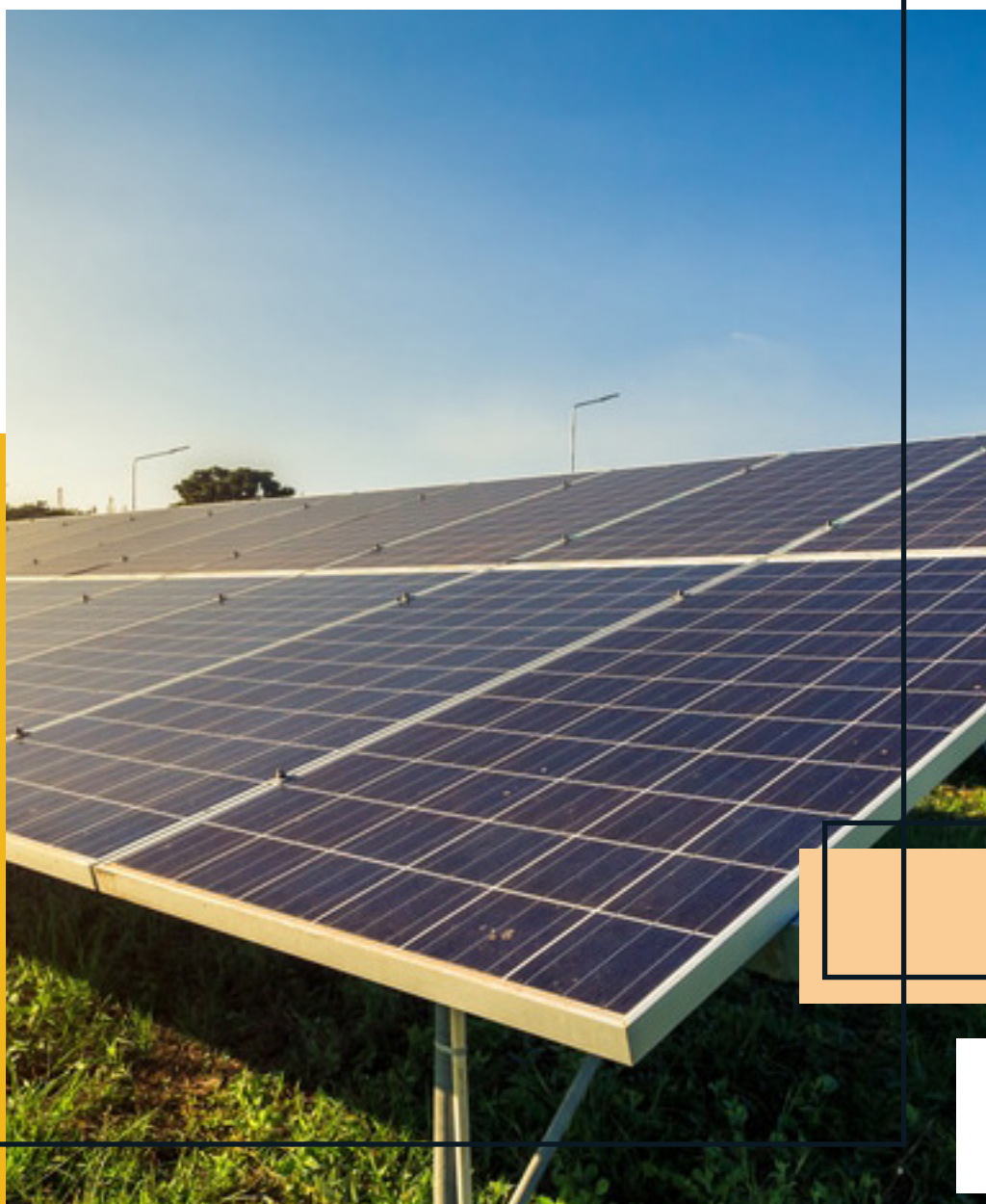
Do investimento em uma matriz renovável à reforma setorial: o que o Brasil precisa fazer hoje para completar sua transição energética.

VISIONES PARA O BRASIL 2030



CLIMA E  
DESENVOLVIMENTO

APOIO



## Expediente

Esse documento foi elaborado e revisado por um conjunto de conselheiros do Grupo Externo da iniciativa Clima & Desenvolvimento e integra a coletânea composta por quatro cadernos que exploram outros alicerces da transição da economia brasileira para um modelo de baixas emissões.

Sob a coordenação do Instituto Talanoa, colaboraram para pesquisa e redação dos capítulos as equipes da LACLIMA e Coppe/UFRJ.

Pesquisa e redação: André Castro Santos, Bruna Guimarães, Cácia Pimentel, Carolina Burle Schmidt Dubeux, Clara Baruffi, Daniel Neves Schmitz Gonçalves, Emilio Lèbre La Rovere, Erika Carvalho Nogueira, George Vasconcelos Goes, Otto Hebeda, Rárisson Sampaio e Sergio Henrique F. Cunha.

Revisão e consolidação: Ester Athanásio, Natalie Unterstell, Shiguo Watanabe e Walter de Simoni.

Projeto editorial: Juliana Virgolino

*O Brasil precisa partir para o futuro. É hora de ativar mecanismos políticos e econômicos sérios para acelerar nossa transição para um modelo econômico de baixo carbono. A iniciativa Clima & Desenvolvimento: Visões para o Brasil de 2030 trabalha hoje para concretizar o sonho de um país com economia de baixo carbono, próspero e inclusivo em um futuro muito próximo. Fruto da articulação de diversos atores sociais, econômicos, políticos e acadêmicos, lançamos esse conjunto de quatro volumes que compõem a coletânea Clima e Desenvolvimento 2022. Entendendo que as quatro áreas devem ser tracionadas para que essa engrenagem funcione, a cada caderno debatemos com rigor técnico e analítico um aspecto que precisa ser enfrentado pelo Brasil para que o país conclua seu ciclo de transição econômica tendo como meta principal a redução do volume de emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 50% até 2030 e a zero em 2050. Precificação de Emissões, Transição Energética, Transição Justa e Financiamento são os pilares de nossa discussão. Nossa ambição é que esse material seja componente importante na tomada de decisão de atores públicos e privados com poder de ação e compromisso inegociável e imediato com a agenda climática da próxima década.*



## Índice

Introdução	8
Propostas de agenda pública	9
Modernização muito além do Projeto de Lei 414/21	9
Transição sem carvão nem térmicas-jabutis	12
O desafio da pobreza energética	16
Pegando o touro pelo chifre	19
Propostas: por uma visão social da energia	24
Propostas jurídicas	25
Diretrizes jurídicas internacionais	26
O planejamento setorial da matriz energética	27
Análise das fontes	29
Regulação e demais instrumentos	29
Licenciamento ambiental	34
Tributação e incentivos fiscais	36
Propostas técnicas	38
Conclusões	57



## **Sumário Executivo**

O Brasil é o país da energia barata e da conta cara. Por um lado, tem recursos abundantes em termos de energia limpa, com potenciais enormes de hidroeletricidade, eólica, solar, biomassa e biogás. Por outro, as tarifas dos consumidores estão entre as mais caras do mundo. Como transformar essa vantagem comparativa em benefício efetivo para as pessoas?

Para o Brasil se beneficiar da transição energética, a economia desenvolver riqueza, resiliência e melhorar a qualidade de vida da sociedade é necessária a administração estratégica da abundância e diversidade de recursos.

O setor elétrico pode ser um fator central na descarbonização da economia do país e do mundo pela eletrificação do transporte e da indústria, e pela produção de hidrogênio para exportação. E pode contribuir para uma estratégia de desenvolvimento com emissões líquidas nulas. No entanto, isso depende da evolução da matriz elétrica baseada em fontes renováveis, e não em decisões de política energética que vão de encontro a essa descarbonização da economia, como a Lei nº 14.182/2021 (Construção de 8GW de UTE inflexíveis) e a Lei nº 14.229/2022 (garantindo a contratação até 2040 de energia gerada por termelétricas movidas a carvão mineral, continuidade para um subsídio para geração de energia elétrica a carvão).

A atuação governamental é relevante para orientar as respostas do mercado através de políticas que combinem menos emissões e economia. A esse respeito, recomenda-se uma ampla reestruturação do setor, que permita sua real modernização. Ou seja, que vá além da abertura do mercado e possibilite a divisão correta dos custos e riscos sistêmicos, e o fim dos subsídios setoriais, além de endereçar a questão dos contratos legados das distribuidoras.

Além de políticas específicas para se endereçar a pobreza energética, os debates também precisam tratar de distorções nas regras do setor elétrico e de ameaças de piora nas condições.

Quanto ao sistema energético como um todo, os combustíveis líquidos fósseis continuam relevantes no sistema brasileiro de transportes, o que exige uma ação muito cuidadosa e firme para viabilizar a transição energética.

Os cenários da iniciativa Clima & Desenvolvimento focam na redução dos efeitos das mudanças climáticas e das emissões do país em todos os setores da economia (economy-wide). Somente a eficiência energética poderia fornecer 40 TWh de energia em 2050, praticamente o dobro previsto para a fonte nuclear. Porém o setor elétrico brasileiro se mantém voltado à construção de novos projetos, e não investe em medidas de eficiência.

O Brasil não depende de tecnologias disruptivas para viabilizar cenários ambiciosos de transição para carbono-zero, mas é preciso considerar a inserção brasileira na 4ª Revolução Tecnológica. As políticas de estímulo à Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) deverão buscar aumentar a capacidade tecnológica.

Para viabilizar os cenários de maior ambição, é necessário adotar instrumentos de precificação de carbono e destravar as finanças climáticas no país. Isso significa tanto fazer a transição do sistema financeiro para baixo carbono, quanto financiar a transição. E aumentar a transparência dos subsídios e incentivos fiscais concedidos, especialmente a combustíveis fósseis e a outras atividades intensivas em carbono.

Do ponto de vista jurídico, há pulverização de normativos autônomos, com baixa participação e consenso do Poder Legislativo, demonstrando uma fragilidade de governança do sistema federativo. Recomenda-se, entre outros pontos, um planejamento estratégico construído por todas as hélices do sistema, por meio de critérios de governança multinível e de participação da sociedade civil, que possam de forma mais ágil garantir a modernização das políticas públicas e fomentar a maior inserção de novas tecnologias verdes na matriz energética.

## 1. Introdução

A transição da economia brasileira para um modelo de emissões zero passa pela mudança no processo de produção, gestão e consumo de energia. Embora o país seja reconhecido e se orgulhe de sua matriz amplamente renovável, ainda há um caminho a ser percorrido, com a obrigatoriedade de a consolidar de forma integralmente limpa.

Ademais, a adaptação imperativa por conta da mudança do clima, já sentida no volume de chuvas registrado no Sul e no Sudeste nos últimos anos, a consequente crise hídrica e efeitos no sistema elétrico, impõe se repensar a dependência das hidrelétricas - quer sejam as existentes, quer sejam os planos de continuar investindo neste modelo de geração de energia.

A agenda também possui interface social: o Brasil precisa implantar uma transição energética justa, que considere não só as necessidades globais relativas à redução de emissões de gases de efeito estufa, mas também a situação de pobreza de boa parte de sua população. Isso exige uma ação muito mais profunda do que o investimento para substituição de fontes de energia suja por outras de baixas emissões de carbono.

O fator complicador são os esforços legislativos que caminham na direção contrária, com decisões recentes que ameaçam a transição energética propriamente dita, dando espaço para atuação de modalidades poluentes e economicamente injustificadas, que afetam os interesses dos consumidores e as necessidades do setor elétrico.

Por meio deste caderno, o segundo de uma série, a iniciativa Clima & Desenvolvimento busca apresentar *insights* sobre esses desafios para o próximo ciclo de governo federal brasileiro. Este documento contém três partes: a primeira, preparada pela Talanoa, reflete o estado da discussão sobre Transição Energética no Brasil, a partir da reunião de atores nacionais para um diálogo de alto nível realizado na cidade do Rio de Janeiro, em junho de 2022. O debate foi feito respeitando as regras de *Chatham House*, ou seja, sem identificar ou atribuir falas a pessoas específicas. Desse modo, neste caderno as opiniões são apresentadas de maneira editada e sem indicação dos responsáveis. A segunda parte, preparada pelo Grupo de Trabalho Jurídico da iniciativa (GT jurídico), avança nos elementos legais necessários para estruturar essa transição. Uma terceira, preparada pela COPPE-UFRJ, detalha propostas técnicas e econômicas.

## 2. Propostas de agenda pública

*Síntese elaborada pela Talanoa com base em diálogo de alto nível realizado em junho de 2022*

### 1. Modernização muito além do Projeto de Lei 414/21

*Modernização do setor elétrico no Brasil: em que ponto desse processo o Brasil se encontra e quais escolhas-chave precisam ser feitas para darmos um salto no próximo ciclo de governo?*

O Projeto de Lei 414/21, que visa aprimorar o modelo regulatório e comercial do setor elétrico para expansão do livre mercado, conseguiu a proeza da unanimidade de praticamente toda a cadeia setorial, dos grandes consumidores de energia reunidos na Associação dos Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres (Abrace) aos pequenos consumidores residenciais representados pelo Instituto Pólis, passando por inúmeros agentes do próprio setor elétrico (Abrace, 2022).

Esse amplo apoio pode ser associado ao fato de que o texto – que no momento do fechamento deste caderno aguarda a instalação de Comissão Temporária e parecer do relator em Comissão Especial na Câmara dos Deputados na data de edição deste caderno – proporciona uma série de avanços aguardados no setor, como a abertura do mercado para todos os consumidores e a separação da contratação do lastro e da energia, dando-lhe o poder de uma verdadeira reforma setorial.

O principal problema é que o projeto pode ter um custo político elevadíssimo: a determinação legal de os brasileiros financiarem, via tarifas de energia ou alguma outra fonte de recursos, a construção dos gasodutos necessários para se levar gás para os 8 GW de térmicas cuja contratação está prevista na lei que autorizou a capitalização da Eletrobras (Brasil, 2022).

Essa ameaça estaria por trás da cautela de boa parte dos congressistas em relação ao tema, postergando seu encaminhamento na Casa. No entanto, os mesmos parlamentares não se mostram comprometidos com o combate ao “jabuti”<sup>1</sup>, ou seja, não pressionam pela aprovação do projeto sem o benefício à construção dos gasodutos.

Esse impasse reforça a tese de que a reestruturação do setor elétrico deva ser feita de maneira independente do Congresso. Tal alternativa é fortalecida porque, apesar da unanimidade em torno do PL, há inúmeras críticas em relação ao texto por abarcar determinações como a criação de encargo para migração de consumidores ao mercado livre e o fato de não solucionar uma

<sup>1</sup> Expressão usada para designar emenda parlamentar que modifica um projeto de lei em discussão de forma a alterar ou distorcer seu objetivo original.



correta divisão dos riscos setoriais entre aqueles agentes que os provocam.

Na realidade, parte dos caminhos indicados pelo PL 414 estão livres e não dependem do Legislativo. Isso porque o próprio Ministério de Minas e Energia poderia definir um cronograma de abertura completa do mercado por meio de uma portaria, conforme definido pela Lei 9.074/1995 (Ferreira, 2022), num processo que deve aumentar a concorrência entre fornecedores de energia e, portanto, proporcionar redução de custos. Outra vantagem é que a livre escolha também poderia estimular a expansão das fontes renováveis, tendo em vista seu apelo ambiental e custo competitivo.

Já com relação à separação da contratação do lastro e da energia, os mesmos efeitos poderiam ser obtidos por meio da realização de leilões de energia considerando os requisitos sistêmicos para a operação, como aborda Sales (2022). Tais requisitos deveriam ser evidenciados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) nos estudos de planejamento, de modo que, com a realização desse tipo de leilão, o Poder Concedente pudesse garantir a segurança da operação mesmo num cenário de expansão da participação de fontes intermitentes (solar e eólica) na matriz elétrica brasileira.



A ideia é que esses leilões tenham neutralidade tecnológica, ou seja, sejam abertos à participação de qualquer fonte. Dessa forma, por exemplo, usinas eólicas combinadas com baterias ou hidrelétricas reversíveis poderiam concorrer com térmicas a gás natural na oferta de flexibilidade e potência para o sistema.

Outra possibilidade é que a contratação de energia que atenda a tais requisitos seja feita na modalidade de Energia de Reserva, mediante encargo pago por todos os consumidores. Em todos esses processos de contratação de energia, as fontes devem ser precificadas conforme os atributos que agregam ao sistema.

Ambos os mecanismos de contratação de energia poderiam solucionar uma distorção existente hoje no sistema, em que apenas os consumidores regulados pagam pela segurança, por meio da contratação de térmicas nos leilões de energia para o mercado regulado. Os consumidores livres e especiais, por outro lado, podem optar pela energia mais barata das plantas eólicas e solares, e ainda usar tal iniciativa para fortalecer sua reputação corporativa, indicando a contratação de energia limpa como um diferencial de sustentabilidade.

### **1.1. Reestruturação do setor elétrico**

As medidas apresentadas acima podem melhorar bastante as condições do setor elétrico brasileiro. Porém, elas não resolvem o problema central do intervencionismo dos últimos anos. Isso porque, na prática, o setor tem evoluído por meio da definição de pequenas intervenções para a solução de questões pontuais que acabam causando outros problemas. Esse ciclo




vicioso tem como principal consequência o aumento das tarifas e preços da energia, pressionados principalmente pelos encargos setoriais englobados pela Conta de Desenvolvimento Energético (CDE).



Há necessidade de uma ampla reestruturação do setor, que permita sua real modernização. Ou seja, que vá além da abertura do mercado e possibilite a divisão correta dos custos e riscos sistêmicos, e o fim dos subsídios setoriais, além de endereçar a questão dos contratos legados das distribuidoras.

Nesse sentido, é importante que o governo eleito para o próximo quadriênio convoque os agentes para desenvolver essa reestruturação assim que tomar posse no início de 2023. Além das questões apontadas acima, essa reestruturação tem de levar em conta as exigências do processo de transição energética do país para uma economia de baixo carbono.

**Planejamento setorial** - A retomada do planejamento energético é parte fundamental dessa reestruturação. Isso porque, nos últimos anos, decisões que caberiam aos órgãos de planejamento foram assumidas pelo Congresso Nacional, sem levar em conta qualquer tipo de avaliação técnica.



Essa situação pode ser associada à própria evolução do setor elétrico brasileiro. Nesse contexto, vale lembrar que, na época do racionamento de 2001, as principais forças setoriais em disputa limitavam-se aos produtores e consumidores de energia. De lá para cá, as associações setoriais se multiplicaram, com cada segmento procurando se organizar em defesa de seus próprios interesses. Para se ter uma ideia, o Fórum das Associações do Setor Elétrico (Fase) reúne 27 organizações.



Suas estratégias em defesa de seus “currais energéticos” incluem diferentes níveis de pressão. Via de regra, o primeiro nível de interlocução se dá junto à Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), mas, diante da recusa do regulador em acatar determinados pleitos, a pressão é transferida para o Executivo, ambiente em que as chances de sucesso também são baixas. O passo seguinte é o Legislativo, num processo que culmina com a inclusão de “jabutis” defendendo interesses de agentes específicos em projetos de lei relativos ao setor.

Numa reestruturação setorial, o ideal seria que todos os segmentos se sentassem à mesa para buscar o que é o bem comum. Caso contrário, se cada um continuar tentando maximizar o seu ganho próprio, o resultado dessa operação será zero. Ou seja, todos saem derrotados, como está acontecendo hoje.

**Governança setorial** - Essa retomada do planejamento pressupõe melhorias na governança do setor elétrico, com a (re)definição das funções de cada órgão setorial. A título de exemplo, vale observar que, atualmente, o Conselho Nacional de Política Energética do Ministério de Minas e Energia não definiria política energética, enquanto o Comitê de Monitoramento do Setor

Elétrico estaria apenas “olhando pelo retrovisor”, para o passado. O regulador, por sua vez, em muitos casos fica à mercê de decisões do Executivo e Legislativo, enquanto este ocupa papéis que obrigatoriamente caberiam ao planejamento.

**Gestão pelo lado da demanda** – A reestruturação setorial também precisa endereçar a questão da gestão pelo lado da demanda. Isso porque o problema maior não é quanto cada um consome, mas quando. Por isso, é preciso orientar o consumidor, por meio de um sinal de preços, para que concentre seu consumo nos momentos em que a carga líquida do sistema – ou seja, a diferença entre a carga e a geração – está mais alta. A digitalização tem papel importante nesse processo, uma vez que tal gestão só é possível com a disponibilidade de medidores inteligentes.

O processo é desafiador, visto que enfrenta grande resistência no setor elétrico brasileiro. Nesse sentido, vale lembrar que, há cerca de cinco anos foi implantado um programa piloto no Norte e Nordeste, mas a experiência nunca saiu da condição de protótipo (Figueiredo, 2021). Com a crise hídrica de 2021, o assunto voltou à pauta e a Câmara de Regras Excepcionais para Gestão Hidroenergética (CREG) incluiu um programa do tipo entre as medidas para enfrentamento dos problemas, para grandes consumidores. Mas, mediante os primeiros sinais de chuvas e a perspectiva de recuperação dos reservatórios, o programa foi suspenso.



Essa resistência pode ser associada à cultura setorial voltada à construção de grandes usinas, o que também dificulta a implantação de projetos de eficiência energética.

Por outro lado, vale observar que, num contexto de abertura do mercado, as distribuidoras poderão desempenhar um papel importante em favor desse processo. Isso porque essas empresas poderiam disponibilizar ferramentas para auxiliar o consumidor na tomada de decisão sobre o próprio consumo com base nas condições de preço conforme o horário, entre outros produtos.

**Transição energética** – A modernização do setor elétrico brasileiro tem de contemplar a redução da participação das fontes fósseis na matriz elétrica nacional, inclusive com a eliminação de qualquer incentivo a esse tipo de usina. Nesse contexto, vale frisar que a possibilidade de o setor elétrico brasileiro zerar suas emissões líquidas de carbono depende fundamentalmente de que não sejam contratados os 8 GW de térmicas a gás natural previstos na lei que autorizou a capitalização da Eletrobras. A suspensão desse leilão é urgente, uma vez que a previsão é que o governo realize leilão para contratação de parte dessas usinas ainda neste ano (Teixeira, 2022).

## **1.2. Por uma política pública que considere as condições sociais do país**



A Tarifa Social de Energia Elétrica tem sido insuficiente para garantir o aces-




so dos consumidores de baixa renda à energia. Nesse contexto, o Instituto Pólis está liderando a construção de uma proposta de tarifas progressivas de energia, em que o valor da conta de luz seja maior conforme o consumo (Gugliemoni *et al.*, 2022). Nessa proposta, a ideia é que os consumidores de baixa renda fiquem isentos da tarifa de uso dos sistemas de distribuição e transmissão, uma vez que, por seu baixo consumo, usam muito menos a rede. Esses custos devem ser divididos entre os demais consumidores residenciais na proporção do seu consumo, de modo que quem use mais pague mais.

## 2. Transição sem carvão nem térmicas-jabutis

*Como o Brasil deveria completar sua transição energética: que fontes requerem plano de phase out ou uso restrito? E quais deveriam crescer em investimentos públicos e privados?*



A transição do Brasil para a economia de baixo carbono depende, no que diz respeito ao setor elétrico, da eliminação da participação das fontes fósseis na matriz elétrica nacional até 2050. Estudo do Centro Clima da Coppe/UFRJ (2022) mostra que uma trajetória para o setor elétrico compatível com a neutralidade das emissões de carbono naquela data pressupõe a suspensão de toda a geração de eletricidade com carvão mineral e derivados de petróleo já em 2030. No caso do gás natural, o cenário mostra que seria necessário reduzir a produção dos 53 TWh registrados em 2020 para 34 TWh em 2030, 18 TWh em 2040 e eliminá-la por completo dez anos depois. Por outro lado, indica um crescimento da geração solar (dos 11 TWh de 2020 para 138 TWh em 2050), eólica (de 57 TWh para 171 TWh) e hidrelétrica (de 396 TWh para 633 TWh).



O problema é que seguimos em direção contrária a essa trajetória no que diz respeito às emissões de fontes fósseis e suas tendências de crescimento. Como narram Corsini e Brasil (2022), estudo do Instituto de Energia e Meio Ambiente (lema) mostrou que, em 2021, a produção de energia por essas fontes foi responsável pela emissão do equivalente a 58 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>. O número é 78% maior do que em 2020, quando foram 32,7 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas.

Nesse contexto, os especialistas são unânimes quanto à necessidade de não haver renovação, nos próximos anos, dos subsídios à geração a carvão mineral, bem como da busca por alternativas que garantam a não contratação de 8 GW de térmicas a gás natural inflexíveis previstas na lei de capitalização da Eletrobras. O tripé da transição energética no setor elétrico contempla ainda a continuidade da expansão do parque gerador brasileiro com base em fontes renováveis.

A reversão do processo de contratação das térmicas não é tarefa simples.

Até porque, o governo já está dando andamento ao processo relativo ao primeiro certame para contratação dessa energia: em meados de junho, o Ministério de Minas e Energia publicou a Portaria Normativa 46/2022 (MME, 2022), que estabelece as diretrizes para a contratação de 2 GW desse montante de energia em leilão a ser realizado no dia 30 de setembro deste ano.

Uma alternativa para evitar a contratação dessas usinas seria a organização do leilão em condições pouco atraentes para os investidores, com um preço-teto inferior ao necessário para sua viabilização. Essa determinação poderia ser atingida na atualização do valor do gás natural considerado para a operação das usinas em relação aos custos usados na definição do preço-teto de certames anteriores.



Outra possibilidade seria postergar ao máximo a contratação (não a realizando neste ano) e o novo governo tivesse condições de reverter, no início de 2023, todo o processo no Legislativo. Isso poderia ser feito por meio de um decreto legislativo ou medida provisória. Vale observar que, apesar dos desafios para suspender a contratação, existiriam dúvidas entre os empreendedores quanto à segurança jurídica do processo.

## **2.1. A ameaça do *Centrão*duto**

Além da preocupação com o impacto ambiental e o custo da energia dessas usinas, os 8 GW de térmicas teriam o agravante de dependerem da construção de milhares de quilômetros de gasodutos em todo o país, uma vez que a determinação legal é que essas usinas sejam instaladas em locais que ainda não dispõem do combustível. A proposta ficou conhecida como “Centrãoduto” devido a forte atuação das bancadas legislativas que integram o “Centrão” e manobram no Congresso Nacional para que o projeto de construção de gasodutos pelo país fosse aprovado. Informações publicadas pela imprensa nos últimos meses indicam que devido ao inchaço das contas de luz e à pressão dos próprios parlamentares para limitar os aumentos nas tarifas de energia, a fonte dos recursos para esses gasodutos não deve ser o consumidor de energia diretamente: a alternativa para viabilizar as obras consistiria na alocação de cerca de R\$ 100 bilhões dos ganhos do país com a produção de petróleo do pré-sal destinados ao Tesouro Nacional para a construção dos dutos (Belmonte, 2022).

A perspectiva indicada em diferentes reportagens nos últimos meses, como a de Borges (2022), era que o assunto seria tema de “jabuti” inserido no PL 414/21 - que reforça o apelido de *centrãoduto*. Mas, como tratado no capítulo 1, a pressão para a não inclusão de emenda nesse sentido estaria dificultando a tramitação do projeto de modernização do setor elétrico.

Importante observar que essa é a quarta vez que o Legislativo tenta viabilizar uma alternativa para subsidiar tais gasodutos (Belmonte, 2022). Portanto, por mais que o tema não avance por meio desse PL, a sociedade precisa ficar atenta a novas tentativas e combatê-las.






O impacto ambiental dessas obras é relevante, porém compatível com o esperado de outras infraestruturas do mesmo tipo. Tão importante quanto impactos físicos é a questão do *lock in*, uma vez que o investimento em infraestrutura fóssil tende a estender o seu uso e dependência no médio e longo prazos. Ao mesmo tempo, uma vez que a transição será inevitável em um certo momento, a infraestrutura também pode representar uma grande quantidade de ativos encalhados no longo prazo.

## 2.2. Aumento das fontes renováveis e operação do sistema

Estudo da GiZ para a EPE (2021) mostra que a aplicação de metodologias e ferramentas de planejamento da expansão de última geração permite preparar o sistema elétrico brasileiro para acomodar grandes quantidades de fontes renováveis variáveis, respeitando os critérios de confiabilidade, segurança e estabilidade do sistema. Também indica que altos níveis de penetração dessas fontes podem ser alcançados respeitando o equilíbrio dos aspectos técnicos e econômicos, bem como conciliando objetivos de longo e curto prazo para a expansão e operação do sistema.

No que diz respeito à operação, conforme especialistas, é preciso previsões mais acuradas sobre as condições de insolação e vento nos modelos do sistema. Além disso, a segurança por trás dessa intermitência deve se dar com o aproveitamento das hidrelétricas com reservatórios como verdadeiras baterias do sistema, viabilizando a complementaridade entre as fontes.



As linhas de transmissão, por sua vez, são aliadas fundamentais para que o país possa aproveitar a complementaridade entre as fontes de diferentes regiões. Atualmente, a robustez do sistema é fundamental para a transferência, para o Sudeste, de grandes blocos de energia gerada pelas eólicas do Nordeste e hidrelétricas do Norte. O desafio, nesse sentido, é que em algum momento o país pode passar a enfrentar as restrições verificadas na Europa em relação a esse tipo de projeto – naquele continente hoje seria impossível construir novas linhas de transmissão por esse tipo de resistência. Restrições a projetos de energia eólica em comunidades do Nordeste também preocupam.

Quanto à expansão do parque gerador, a ideia é que a contratação de novas usinas seja feita com neutralidade tecnológica, ou seja, sem definição da fonte por princípio, apenas do(s) atributo(s) de interesse em cada processo, como potência, flexibilidade ou possibilidade de partida rápida. Esses atributos seriam inclusive levados em conta na precificação a ser definida no processo de contratação.

Nesse contexto, as hidrelétricas com reservatórios existentes seriam remuneradas com base no seu potencial de atuar como baterias do sistema, garantindo sua segurança mesmo num cenário de aumento das fontes variáveis com a solar e a eólica. Baterias químicas também poderiam ser instaladas para cumprir esse papel.

Ainda quanto às hidrelétricas, aliás, alguns especialistas entendem que o Brasil deveria aproveitar o potencial hidrelétrico remanescente, com a instalação de usinas com reservatórios nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (mas não na região amazônica ou em qualquer área de território indígena). A proposta é que as novas usinas sejam construídas na modalidade reversível. Além da possibilidade de valorização do armazenamento como atributo da fonte, aproveitaria-se o fato de cerca de 95% da cadeia produtiva ser nacional.

Vale frisar ainda que nos processos competitivos para contratação de novas usinas sempre deveriam ser levados em conta os atributos ambientais, de modo a incorporar externalidades no sistema, como emissões de poluentes (incluindo a precificação das emissões de carbono). A ideia é que esse custo extraordinário ajude inclusive na desistência do emprego das fontes fósseis.

### **2.3. Eficiência energética, a fonte mais barata e limpa que existe**

No cenário traçado pelo Centro Clima, a eficiência energética poderia fornecer 40 TWh de energia em 2050, praticamente o dobro previsto para a fonte nuclear.



O problema é que, na prática, esse tipo de projeto ainda enfrenta muita resistência. Um sinal disso é o fato de que a ideia do leilão de eficiência energética proposta por Maurício Tolmasquim quando presidente da EPE nunca saiu do papel. Nesse tipo de leilão, projetos de eficiência energética poderiam concorrer entre si ou ainda com usinas para entrega de energia por meio da redução do consumo do detentor do projeto.

Além do fato de o setor elétrico brasileiro sempre ter se voltado à construção de novos projetos, o desafio aumenta porque a estrutura existente na área de eficiência no governo é pulverizada em diferentes órgãos, dificultando ações mais direcionadas.

Essa desconsideração da eficiência energética estaria entre as razões de que o Brasil, entre os países em desenvolvimento, é o único que ainda não desacoplou o ritmo do crescimento econômico do consumo de energia. Isso pelo menos é o que sugere estudo do iCS (2021) que mostra que a intensidade energética no país aumentou 6,2% entre 2010 e 2015, enquanto diminuiu 22,1% na China, 11,6% na Índia e 10,9% nos Estados Unidos no mesmo período.

As alternativas para reverter esse quadro incluem a organização desses órgãos numa estrutura específica. Em paralelo, recomenda-se a criação de uma regulação que promova a oferta de serviços que estimulem a eficiência energética e o desenvolvimento de programa de gestão pelo lado da demanda (mais detalhada no capítulo 1).

A eficiência energética também passa pela questão dos padrões mínimos de



etiquetagem dos equipamentos, de modo que mesmo a população – particularmente aquela mais pobre – tenha acesso a eletrodomésticos que usem proporcionalmente menos energia. Estudo do Instituto Escolhas (2021 B) mostrou que os brasileiros economizariam R\$ 101 bilhões em suas contas de luz até 2030 caso as geladeiras usadas no país fossem mais eficientes.

#### **2.4. Carvão: transição impossível, regressão na certa**

A suspensão da geração de energia com carvão mineral em 2030 é um desafio enorme, tendo em vista em particular o esforço do segmento para manter sua evidência e as legislações aprovadas recentemente.

O setor de carvão mineral tem defendido, em diferentes fóruns, a tese de que a transição energética não pode eliminar por completo as fontes fósseis e substituí-las pelas renováveis. Como mostra Barros (2022), para o presidente da Associação Brasileira de Carvão Mineral (ABCM), Fernando Luiz Zancan, o foco deve ser a descarbonização do setor, com a adoção de tecnologias que zerem as emissões líquidas de CO<sub>2</sub>.

Com esse discurso, o segmento conseguiu a aprovação da Lei 18.330/22 de Santa Catarina, que estabelece uma política estadual de transição energética atrelada ao segmento. Em termos nacionais, o segmento também conseguiu vitória com a Lei 14.299/22, que cria uma política de apoio ao setor carbonífero do estado. A promessa é prepará-lo para o provável encerramento, até 2040, da atividade da geração termelétrica a carvão mineral. Mas, na prática, a lei determina que a União estenda a autorização do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (CTJL) por 15 anos a partir de 2025, com a previsão de uma receita fixa que cubra os custos associados à geração de energia com carvão. Ou seja, a lei apenas posterga em quase 20 anos o problema da transição efetiva da fonte fóssil para outras renováveis.



### **3. O desafio da pobreza energética**

*Transição justa: como equilibrar preços e tarifas do setor de energia?*

Já virou um bordão no setor elétrico: o Brasil é o país da energia barata e da conta cara. Por um lado, tem recursos abundantes em termos de energia limpa, com potenciais enormes de hidroeletricidade, eólica, solar, biomassa e biogás. Por outro, as tarifas dos consumidores estão entre as mais caras do mundo. Como transformar essa vantagem comparativa em benefício efetivo para as pessoas?

Tudo indica que estamos nos distanciando cada vez mais da resposta. Estudo da Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (Abraceel) mostrou que, nos últimos sete anos a conta de luz do brasileiro aumentou muito acima da inflação: a tarifa residencial teve uma alta média anual de 16,3% entre 2015 e 2021, enquanto o IPCA teve uma variação de 6,7% ao ano



(Abraceel, 2022). Estudo da Escopo Energia (2022) também destaca essa alta de custos: citando dados da Aneel, mostra que a tarifa média no país passou de R\$ 575,2/MWh em 2020 para R\$ 622,3/MWh em 2021, o que corresponde a uma alta de 8,2%. Mais, até 6 de junho deste ano, a tarifa média já havia subido para 663,3 R\$/MWh, o que representa aumento de 7,1% em relação ao ano anterior.



Esses aumentos tarifários elevados combinados com o aumento da pobreza verificado nos últimos anos têm produzido situações extremamente preocupantes: levantamento do Ipec (Inteligência em Pesquisa e Consultoria) para o Instituto Clima e Sociedade (iCS) realizado em 2021 mostrou que quatro em cada dez famílias brasileiras diminuíram ou deixaram de comprar bens de consumo, como roupas, sapatos e eletrônicos, para conseguir pagar a conta de luz, e que 22% dos entrevistados diminuíram a compra de alimentos para garantir a energia em suas casas (iCS, 2022).

Nesse cenário de energia cara e pobreza energética, o debate sobre transição não pode meramente seguir o modelo europeu e desconsiderar os desafios específicos do nosso país. Até porque a pobreza energética é apenas uma faceta de um problema ainda maior: o 2º Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19 no Brasil mostrou que, atualmente, 33,1 milhões de pessoas no país não têm o que comer (Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional, 2022). A pesquisa também mostra que mais da metade (58,7%) da população brasileira convive com a insegurança alimentar em algum grau. Ou seja, a urgência da transição energética se soma àquela de satisfazer as necessidades básicas de parte significativa dos brasileiros.

Além disso, esse processo não pode desconsiderar o desafio da integração dessas famílias enquanto consumidoras para além de suas necessidades básicas. Nesse contexto, vale destacar a lembrança de um dos participantes do evento de comentário do economista Eduardo Giannetti na transição para o primeiro governo Lula: “como é que eu vou dizer pro morador lá da favela (...) que agora, na vez de ele (ter acesso a bens de consumo), não, na vez dele vamos mudar (esse acesso).” O desafio da transição para uma economia de baixo carbono exige, portanto, que sejam repensados padrões de consumo, mas sem desconsiderar a necessidade de atendimento de demandas de populações as quais até hoje têm sido excluídas do acesso a produtos e serviços mínimos para uma vida digna.

### **3.1. Alternativas para transição socialmente justa**

Como visto, as condições desiguais da sociedade brasileira demandam uma agenda própria de transição energética para que esta seja justa. Além de tratar de questões absolutamente consensuais – como a não contratação dos 8 GW de térmicas previstas na lei de capitalização da Eletrobras –, esse processo precisa integrar a questão social nas discussões do setor elétrico.






Uma proposta nesse sentido é que, em todas as decisões a serem tomadas, seja avaliado o impacto das medidas em discussão na meta maior do combate à pobreza.

Do ponto de vista do setor elétrico, essa inclusão social pressupõe elementos como a gestão pelo lado da demanda e a disponibilidade de equipamentos mais eficientes – de modo que o consumo possa se dar de forma mais eficiente e econômica.

Esse desafio também passa pelo acesso propriamente dito à eletricidade. O fato é que hoje o benefício da Tarifa Social tem sido insuficiente para as famílias de baixa renda conseguirem manter o pagamento das contas de luz. Segundo dados da Aneel, 39,43% das famílias de baixa renda atrasaram a fatura por pelo menos um mês em 2021, como mostra Sabino (2022). A parcela desses consumidores com contas em aberto cresce desde 2012, quando o índice começou a ser medido e ficou em 17,85%.

Outro problema é que, particularmente nas capitais, como o Rio de Janeiro, o custo de vida é proporcionalmente mais elevado que no restante do país. Na prática, isso significa que muitas famílias que visivelmente precisam do benefício têm renda superior à exigida e não podem acessá-lo.



Nesse contexto, o Instituto Pólis desenvolveu uma proposta de tarifas progressivas de energia. Basicamente, a ideia é que o custo seja proporcional ao consumo, ou seja, quanto maior o volume consumido, maior o valor por kWh (Gugliemone *et al*, 2022). Essa proposta leva em conta o fato de que há uma desigualdade muito significativa no consumo de energia: enquanto as famílias com renda de até três salários mínimos usam quase 40% da sua energia para refrigeração e 16% para aquecimento de água, as famílias com renda superior a vinte salários mínimos gastam mais energia para a climatização de ambientes. Essa desigualdade e o entendimento de que um mínimo de energia para a sobrevivência tem de ser tratado como um direito serve de base para a proposta do Pólis.

Essa proposta também poderia ajudar a resolver ao menos em parte o problema das diferenças de qualidade no fornecimento de energia: enquanto bairros centrais contam com serviços de alta qualidade (ex: Copacabana, no Rio de Janeiro), nos subúrbios falta energia a toda hora. Essa questão também poderia ser endereçada por meio do estabelecimento, pela Aneel, de uma estrutura tarifária que leve em conta a qualidade da energia.

Outra proposta para reduzir os custos e facilitar o acesso à energia foi apresentada em estudo realizado pelo Instituto Escolhas (2022) em parceria com pesquisadores do Grupo de Energia e Regulação (GENER-UFF). São três medidas que poderiam reduzir em até 13,5% os valores médios das tarifas: redução imediata dos encargos, transferindo para o Tesouro da União os subsídios que não dizem respeito diretamente à operação do setor elétrico; abertura do mercado para todos os consumidores; e a criação de um

programa por meio do qual os recursos oriundos dos subsídios evitados da Tarifa Social de Energia Elétrica seriam redirecionados para o financiamento de projetos de geração distribuída.

A geração distribuída para a população mais vulnerável também é vista como alternativa. A avaliação é de que essa seria uma opção economicamente viável e sustentável em longo prazo, com as vantagens de geração de empregos para instalação e operação dos sistemas, redução das perdas e melhora na qualidade da energia. O desafio, nesse caso, é o risco da inadimplência elevada, uma vez que os consumidores teriam de pagar pelo uso das redes de distribuição para acessar a energia à noite ou nos momentos de geração insuficiente.

Com relação a alternativas para reduzir o custo, destaque ainda para os esforços do governo para reduzir o ICMS da energia e combustíveis, por meio da Lei Complementar 194/22. Mas, além do caráter eleitoral da medida, o desafio é que ela precisaria fazer parte de um processo mais amplo de reforma tributária. As iniciativas nesse sentido, como a PEC 45/19, da Câmara dos Deputados (2019), e a PEC 110/19, do Senado Federal (2019), não têm avançado no Legislativo.

### 3.2. Menos distorções, energia mais barata



Além de políticas específicas para se endereçar a pobreza energética, os debates também precisam tratar de distorções nas regras do setor elétrico e de ameaças de piora nas condições. Neste sentido, merece destaque a perspectiva de contratação dos 8 GW de térmicas tratada no capítulo 2 e a urgência de se eliminar os subsídios setoriais, transferindo-os para o Tesouro Nacional.

Outra distorção relevante diz respeito aos custos da segurança do sistema. É que, enquanto consumidores livres e especiais contratam energia eólica e solar relativamente barata e comemoram reduções nos custos, os consumidores cativos são responsáveis por contratar as usinas que garantem essa segurança – particularmente as térmicas –, mais caras.

## 4. Pegando o touro pelo chifre: os desafios da transição nos mercados de combustíveis fósseis

*Transição para baixo carbono: qual o futuro dos combustíveis líquidos e do mercado de gás, à luz dos riscos climáticos?*

A importância dos combustíveis líquidos fósseis no sistema brasileiro de transportes exige uma ação muito cuidadosa e firme para viabilizar a transição energética: **“é preciso pegar esse touro pelo chifre, enfrentar à unha, porque se não houver isso, não vai haver transição”**, disse um dos participantes do debate, lembrando do risco de novas greves de caminhoneiros ou



protestos de outros interesses constituídos que eventualmente sejam afetados pelo processo.

Essa preocupação está ligada principalmente ao fato de que a transição deve envolver o aumento dos custos dos combustíveis líquidos, inclusive devido à introdução de taxas de carbono.

#### **4.1. Alternativas na área de petróleo**

A participação do petróleo na matriz energética brasileira deve permanecer nos níveis atuais para o país atingir a neutralidade de carbono, conforme o cenário proposto pela Iniciativa Clima e Desenvolvimento. A previsão é que passe das 95 gigatoneladas equivalentes de petróleo (GTep) registradas em 2020 para 99 GTep em 2050, permanecendo nesse patamar durante todo o intervalo.

A profunda dependência do país em relação ao petróleo indica que será muito difícil atingir qualquer meta nessa direção. De qualquer forma, um ensaio nesse sentido já está sendo observado agora, diante dos impactos na economia global da guerra da Rússia e Ucrânia. Mas, por ora, a política brasileira tem deixado a desejar: além de uma medida populista, a redução do ICMS sobre a energia e os combustíveis determinada por meio da Lei Complementar 194/22 representa, na realidade, mais um subsídio aos combustíveis fósseis. Como qualquer tipo de subsídio distorce a economia, isso pode inclusive ser um problema para a transição energética.

A seguir são apresentadas algumas alternativas em favor da redução da nossa dependência do petróleo e de formas para se lidar com os atuais problemas indicadas pelos participantes do debate:

- Opções alternativas e aumento da eficiência no uso: o encaminhamento dessa situação deveria incluir alternativas não só para o custo dos combustíveis em si, mas de aumento da eficiência ou busca de outras opções de fontes renováveis, estimulando mudanças no comportamento.
- Amortização de variações de preços: para lidar especificamente com a variação de custos do petróleo no mercado internacional, uma alternativa é que a política de preços dos combustíveis inclua um sistema para amortizar as oscilações da curva do preço do petróleo, reduzindo a frequência de alterações nos preços.
- Controle da volatilidade: o governo poderia implantar formas de atenuar os impactos da variação dos preços do petróleo no mercado internacional nos preços dos combustíveis vendidos no país. A ideia seria adotar ferramentas semelhantes às usadas pelo Banco Central para controlar a volatilidade do dólar. Isso poderia ser feito pelo próprio BC ou ainda pela PPSA. Ao atenuar essa volatilidade, o governo poderia evitar a necessidade de subsídios.

- Mudanças no refino: diante da grande dependência do diesel para o transporte rodoviário, em situações críticas como a atual, uma possibilidade seria modificar a corrente de refino para aumentar a produção do combustível no país.

- Transporte mais eficiente: são necessárias medidas de racionalização dos sistemas de transportes, de modo a aumentar a eficiência e reduzir desperdícios. Isso em especial no **setor do transporte de cargas, que poderia migrar para ferrovias**. Isso requer um planejamento estratégico de longo prazo e uma visão coesa de logística nacional. Pela perspectiva do transporte de passageiros isso requer uma estratégia de **recuperação do transporte público e coletivo**, além de uma estratégia nacional de transporte ativo.

- Aumento da produção: no contexto específico da atual guerra, a demanda internacional pelo petróleo do pré-sal brasileiro tende a aumentar. Para tanto, é preciso garantir que os campos que estão leiloados performem nessa direção. Mas, em médio prazo, **a abertura de novos campos deveria ser suspensa, até porque boa parte desses aproveitamentos se encontra em áreas cada vez mais sensíveis**, como a Foz do Rio Amazonas.

- Redução das emissões de carbono na cadeia petrolífera: mesmo num cenário de descarbonização, o energético deve manter participação relevante na matriz energética brasileira. Por isso, é necessário reduzir sua intensidade de carbono.

- Redução da demanda: discussões precisam endereçar possibilidades de redução na quantidade de deslocamentos, de modo a reduzir o consumo de combustíveis.



- Avanço tecnológico: no processo de transição como um todo, é importante ter em mente que, até 2050, devem surgir outras tecnologias que devem auxiliar para que se atinja o objetivo da descarbonização.

Além disso, existe uma importante e complexa discussão sobre a relevância do pré-sal dentro da estratégia de desenvolvimento econômico nacional. Cada vez mais o petróleo deixará de ter importância geopolítica, porém ainda é ubíqua a visão de que apostas nesse setor são importantes. É importante **romper com esse paradigma para que o Brasil reduza sua dependência do petróleo**, evite investimentos em ativos encalhados e possa explorar novos caminhos para o desenvolvimento econômico e geração de empregos.

#### 4.2. O lugar do gás no processo de transição

As térmicas a gás previstas na lei da Eletrobras são contrárias aos objetivos da política energética nacional transparente e sustentável do ponto de vista econômico, social e ambiental.


Isso não significa, no entanto, que o gás natural, por princípio, deva ser des-





considerado dos planos energéticos do país. Assim como as demais fontes, o gás tem de ser analisado considerando quais são seus atributos, externalidades negativas e as necessidades do sistema, sempre com a visão mais ampla de combate à pobreza do país.

Também é importante observar que a transição energética não deve ser um salto de uma fonte para outra, mas sim justamente um processo gradual de mudança. Nesse contexto, o potencial brasileiro de produção do gás pode ser considerado para exportação, favorecendo o desenvolvimento socioeconômico da população via o aumento da arrecadação de impostos e divisas.

De qualquer forma, é preciso atenção para que o longo prazo da transição não nos leve a tomar decisões equivocadas. Essa análise é importante em particular no que diz respeito à instalação de infraestrutura de gás natural: o que seria feito dela após a transição efetiva para o hidrogênio? Vale analisar ainda a demanda nacional não atendida. A seguir são apresentados alguns casos em que o combustível poderia ser considerado no planejamento energético do país.



**Geração de energia** – O combustível poderia ser usado em térmicas flexíveis, que possam ajudar na complementaridade das fontes renováveis. Alternativas nesse sentido são as térmicas *gas to wire*, instaladas próximas aos poços de produção. Esse tipo de usina pode ser uma alternativa para monetizar gás que hoje é reinjetado nos poços de produção. Além disso, pode incluir um esquema de captura do gás carbônico gerado e injeção do mesmo nos poços, de modo a armazená-lo. A principal vantagem desse tipo de usina é que dispensa a infraestrutura de gasodutos.



**Uso industrial** – O gás também poderia ser usado de maneira mais ampla na indústria, substituindo combustíveis mais poluentes como o carvão mineral. Na indústria siderúrgica, por exemplo, o gás pode ser usado para a produção do ferro gusa (com possibilidade de desenvolvimento de projeto de captura de carbono). Vale observar que a indústria tem interesse em projetos que ajudem a reduzir sua pegada ambiental.

**Transportes** – A adoção do gás nos caminhões de longa distância no lugar do diesel pode ser uma alternativa para redução das emissões. Seria um passo anterior à adoção do hidrogênio nesse tipo de transporte.

**Gás para fertilizantes** – O país deve avaliar a viabilidade da produção de fertilizantes a partir do gás natural. A questão dos fertilizantes também tem de ser pensada em relação ao modelo de produção agrícola, considerando os desafios do fato de que hoje a produção em grande escala é subsidiada, enquanto a agricultura familiar, que de fato garante a comida na mesa das pessoas, não.

**Gás para produção de hidrogênio** – O gás natural pode ser usado para a produção de hidrogênio por meio das rotas cinza, turquesa ou azul, sendo

que esta última contempla a aplicação da captura do carbono emitido na produção do H<sub>2</sub>.

Essas opções devem ser avaliadas e sinalizadas pelo planejamento energético, de modo que os potenciais investidores nessa área tenham instrumentos para a tomada de decisão. Do ponto de vista da aplicação efetiva dos recursos, outro aspecto fundamental para subsidiar esse interesse seria que a formação das tarifas do combustível fosse mais transparente.

### **4.3. Brasil, o país dos biocombustíveis**

Diante do potencial brasileiro de produção de biocombustíveis e do sucesso em particular do programa de etanol combustível, alternativas nesse sentido obrigatoriamente têm de fazer parte da transição energética no país. Nesse sentido, foram apresentadas algumas recomendações em termos de planejamento energético relativas ao tema:



**Aumento do uso de biodiesel** – O país poderia adotar níveis superiores do biocombustível na mistura com o diesel, hoje em 10%. O biodiesel também poderá ser usado para produção de combustíveis para aviação.

**Amônia para navegação** – É necessário pactuar metas para substituição de combustíveis fósseis em outros modais, como a aviação e o transporte marítimo, com o uso de amônia, hidrogênio ou bioquerosene de aviação. Além de biocombustíveis, essa frente poderia incluir o aproveitamento do gás do pré-sal que hoje é reinjetado nos poços.

**Diesel renovável** – O chamado diesel verde ou diesel renovável tem composição semelhante à do óleo diesel, mas é produzido a partir de matérias-primas renováveis. Por isso, entende-se que deveria ser reconhecido no país como biocombustível.

**Produção de biogás no interior** – A associação da Política Nacional de Resíduos Sólidos à produção de biogás a partir do lixo tem sido tema de ação bem-sucedida de algumas prefeituras (ex: Caruaru). A iniciativa resolve o problema do resíduo e produz energia elétrica. O biocombustível também poderia ser usado para substituir o diesel e o gás natural. O potencial é gigante: a Associação Brasileira do Biogás (ABiogás) (sem data) estima que o Brasil deixe de aproveitar cerca de 44,1 bilhões de m<sup>3</sup> de biogás por ano. A estimativa considera a geração de resíduos da agroindústria, pecuária e saneamento, que poderiam fornecer 120 milhões de m<sup>3</sup>/dia de biometano, o suficiente para substituir 70% do consumo de diesel do país.

**Etanol de segunda geração** – A produção de etanol a partir de resíduos do próprio segmento canavieiro (palha e bagaço), além de outros resíduos da produção agrícola, pode ajudar a melhorar a reputação do biocombustível no exterior, criticado pelo uso de amplas áreas agrícolas e seu potencial de fomentar (ainda que indiretamente) o desmatamento.






**Repactuação na cadeia produtiva:** a transição no mercado de combustíveis também precisa incluir uma repactuação com a cadeia produtiva, para corrigir distorções que encareceriam o preço final dos combustíveis. “Hoje o produtor de óleo de soja vai muito bem, obrigado, mas o (consumidor) de diesel vai mal. O usineiro também vai muito bem, mas o etanol vai mal”, disse um dos participantes do debate. Essa repactuação passaria pela geração de contrapartidas para o setor produtivo, de modo a equilibrar melhor os custos.

#### 4.4. Eletrificação dos transportes: questão de saúde pública

A indústria automobilística global já tomou sua decisão em relação aos veículos elétricos: eles vão existir, independentemente do que pensa a indústria de petróleo e gás. Mas, no caso brasileiro, quando e como a tecnologia vai chegar de fato é uma outra questão.

A disponibilidade de biocombustível no país – fortalecido pelo programa Renovabio – interfere nessa trajetória, uma vez que o uso de etanol ou biodiesel viabiliza a neutralização das emissões.

Outro aspecto que deve ser considerado é o fato de que o país não tem papel de liderança nas tecnologias de transporte: vai a reboque do que está acontecendo no resto do mundo. Além disso, as barreiras para a eletrificação dos transportes envolvem o convencimento de empresas do setor elétrico nessa direção, o acesso aos veículos com a nova tecnologia e os interesses de parte da indústria pelo prolongamento do uso de veículos com motores a combustão.



Também é fundamental observar que o transporte coletivo de passageiros precisa de um novo modelo de negócio – não dá mais para ser feito o mero repasse de custos com desperdício de diesel. Para especialista presente no debate, essa é área que deve ser focada para viabilizar a superação das barreiras e viabilizar a penetração das tecnologias de eletrificação.

Até porque a eletrificação desses veículos é importante como uma questão de saúde pública, uma vez que qualquer combustível que não seja “zero emissões” – ou seja, eletricidade ou hidrogênio – tem impactos na qualidade do ar. O gás natural, por exemplo, pode melhorar muito em termos de poluição em comparação com o diesel, mas não é zero emissões.

Essa questão precisa ser considerada porque a poluição do ar hoje mata cerca de 51 mil brasileiros por ano, segundo estudo do World Resources Institute (WRI) Brasil, além de reduzir a produtividade dos trabalhadores por afastamento devido a doenças graves (vasculares, pulmonares etc.), conforme mostram Felin e De Simoni (2021). Portanto, além das questões de política industrial e da redução do custo de operação do transporte público, **a eletrificação deveria ser considerada** como uma alternativa para redução dos custos do Sistema Único de Saúde (SUS).



#### 4.5. Transição justa para as populações mais pobres

O aumento dos custos finais dos combustíveis num contexto de transição energética exige a proteção das famílias de baixa renda desses aumentos. Caso contrário, tendem a ser acentuadas situações como a insegurança alimentar verificada no país, na qual o aumento do preço do gás liquefeito de petróleo (GLP) representa papel importante: além da pressão no orçamento doméstico, o custo elevado tem provocado um aumento no uso de álcool e lenha para cocção, com riscos elevados para a saúde e a segurança das famílias, como destaca o estudo *O Gás na Justiça Energética*, do Instituto Pólis (2022).

Portanto, para ser justa, a transição energética precisa levar em conta a condição dos consumidores de baixa renda, que têm de ter acesso à energia, mas evitando-se as tentações populistas da mera concessão de subsídios. Até porque, se não houver uma sinalização (via preços) de que consumir energia fóssil é danoso à sociedade, não será possível fazer essa transição.

### 5. Propostas: por uma visão social da energia

#### *Pontos de ação.*

Quais serão as prioridades para o desenvolvimento do Brasil nos próximos anos? Essa questão fundamental na pauta de qualquer governante precisa contemplar desafios associados à transição energética, às condições sociais do país e a ajustes necessários no setor de energia, como detalhado a seguir, de modo que possamos aproveitar nosso potencial energético num processo de transição justa para todos.

**Reestruturação do setor elétrico** – O governo eleito nas eleições presidenciais deste ano deve chamar, no início de 2023, todos os agentes do setor para promover uma ampla reestruturação setorial que permita sua real modernização. Essa reforma precisa considerar as demandas urgentes da transição energética e ir além da mera abertura do mercado, possibilitando a correta divisão dos custos e riscos sistêmicos, o fim dos subsídios setoriais e endereçar questões como os contratos legados das distribuidoras sem a criação de novos encargos.




**Suspensão da contratação de 8 GW de térmicas a gás prevista na lei da Eletrobras** – Essas usinas são desnecessárias do ponto de vista sistêmico, além de pressionar os custos dos consumidores, ampliar as emissões de gases de efeito estufa e exigir investimentos bilionários em gasodutos. Por isso, a contratação não pode ser iniciada neste ano e a suspensão do processo



deve ser uma das primeiras medidas do novo governo.

**Estímulo à eficiência energética e à gestão pelo lado da demanda** – A reestruturação setorial tem de organizar as instituições voltadas à eficiência energética, fortalecendo suas atividades e estimulando uma cultura da eficiência na sociedade brasileira. A gestão pelo lado da demanda, por sua vez, deve ser implantada considerando a evolução tecnológica e do mercado, com a disponibilidade crescente de medidores inteligentes, de modo que o consumidor possa contribuir, na prática, com a adoção de uma gestão mais eficiente do seu consumo e contribua para uma redução de custos de todo o mercado.

**Política integrada de transição** – Além da sua consideração no setor elétrico, a urgência da transição energética para fontes de baixo carbono tem de ser tratada no contexto dos combustíveis derivados do petróleo e do gás natural, com o endereçamento de desafios como aumentos de custos devidos a uma eventual taxa de carbono, aproveitamento, no contexto da transição, do potencial brasileiro de produção de biocombustíveis, e eletrificação da frota. Neste caso, recomenda-se uma atuação voltada em particular à eletrificação dos ônibus urbanos. Também tem de ser estimulada a substituição do carvão mineral usado na indústria por gás natural.



**Justiça energética** – Os ajustes setoriais precisam levar em conta os desafios associados à pobreza crescente da população brasileira, boa parte dela hoje alijada de condições minimamente adequadas em termos de alimentação. Essas condições são acentuadas pelo encarecimento do gás de cozinha e da energia elétrica. Nesse contexto, é necessário trabalhar pela redução dos custos da energia em geral e, ao mesmo tempo, buscar estratégias que possibilitem que os mais pobres tenham acesso a esses insumos fundamentais para a vida moderna. No caso da eletricidade, uma alternativa é o desenvolvimento de um regime de tarifas progressivas, de modo que quem consome mais pague mais, e vice-versa.

### 3. Propostas jurídicas

Elaboradas pelo GT Jurídico<sup>2</sup> da iniciativa, a partir do evento presencial

**Do ponto de vista jurídico, o caminho para a descarbonização exige a adequação dos instrumentos legais e regulatórios e do arranjo institucional do setor energético**, a fim de implementar políticas de abandono gradativo do uso de combustíveis fósseis, com ampliação de fontes renováveis, diversificação da matriz energética e fortalecimento de políticas de universalização que promovam uma transição justa, o que inclui a erradicação da pobreza energética.

---

2 Sob responsabilidade da LACLIMA.

A seguir, dados e referências do ordenamento jurídico brasileiro para o setor energético e recomendações para uma política pública de transição energética justa no Brasil.

## 1. Diretrizes jurídicas internacionais sobre a transição energética

Os esforços de mitigação e adaptação climática da atualidade são orientados principalmente pelo Acordo de Paris, que requer dos países membros que promovam um processo de descarbonização de suas atividades econômicas<sup>3</sup>.

Nesse contexto, o Relatório *Fostering Effective Energy Transition index 2021*, elaborado pelo World Economic Forum<sup>4</sup>, classifica o Brasil na 30ª posição entre 115 países, quanto a performance de sua matriz energética e a prontidão de sua infraestrutura física, logística, política e jurídica para a transição energética. A nota do Brasil vem se mantendo estável nos últimos anos, com 66 pontos, em uma escala de 0 a 100. O relatório descreve uma lista de disposições que buscam orientar os esforços de mitigação e adaptação para a transição energética. Os principais elementos no seu conteúdo atribuem maior enfoque para a dimensão social, caracterizando o acesso à energia como um imperativo humano. Ademais, considerando a demanda crescente de energia pela atividade econômica e abastecimento doméstico, coloca como **imprescindível a diversificação da matriz energética pelo uso de fontes renováveis**, a difusão de biocombustíveis, bem como processos de modernização, os quais incluem a eletrificação da malha de transportes e o planejamento urbano de cidades inteligentes.

Observando que há circunstâncias diferentes para cada país no processo de transição energética, o relatório avalia alguns elementos que considera prioridades-chave<sup>5</sup> nas formulações gerais: a habilidade do país para suportar o desenvolvimento e o crescimento econômico; o acesso universal a fontes de energia seguras e confiáveis; e a sustentabilidade ambiental ao longo da cadeia de valor energética. Ademais, outros fatores são apontados como imprescindíveis para o progresso da transição energética, os quais são definidos pela **existência de um ambiente robusto que possibilite a sua criação. Isto inclui compromisso político, arcabouço regulatório flexível, infraestrutura, ambiente de mercado estável, incentivos para investimentos em inovação, consumo consciente e adoção de novas tecnologias energéticas.**



A International Energy Agency (IEA) reafirma em seu último relatório global<sup>6</sup> que o

3 Cabe salientar que, quanto às emissões no setor energético, por meio do **Pacto Climático de Glasgow**, documento final da COP 26, os países membros do Acordo de Paris assumiram um compromisso de promover esforços para a redução gradual do uso de combustíveis fósseis, em particular do carvão (phase-down coal). Trata-se de uma decisão inédita no contexto da tomada de decisões da UNFCCC, que até então nunca havia individualizado especificamente os combustíveis fósseis, muito menos o carvão, como fonte de emissão a ser endereçada prioritariamente em relação a outras.

4 Conforme disponível em: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Fostering\\_Effective\\_Energy\\_Transition\\_2021.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2021.pdf). Acesso em 18 jul. 2022.

5 Estes atributos formam o *Energy Transition Index (ETI/WEF)*, índice que classifica os países de acordo com o seu progresso na construção de instrumentos e políticas de transição. Observa-se que as 20 primeiras colocações no ranking são majoritariamente ocupadas por países europeus, tendo apenas o Uruguai enquanto representante da América-latina, na 13ª posição. O Brasil aparece apenas na 30ª colocação do ranking do WEF. Trata-se de uma contradição presente na região, considerando que a nação brasileira desponta entre os maiores potenciais energéticos do mundo, no quesito de sustentabilidade ambiental. Apesar disso, a desigualdade no acesso e os preços elevados tornam-se fatores preponderantes para a posição inferior do país (e da região em geral) no ranking.

6 Conforme disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d0031107-401d-4a2f-a48b-9eed19457335/GlobalEnergyReview2021.pdf>. Acesso em 18 jul. 2022.






momento atual deve considerar os efeitos da pandemia de COVID-19. Estes efeitos tendem a perdurar conforme surgem novas variantes do vírus e diante da dificuldade que países mais pobres enfrentam no processo de vacinação, o que afeta gravemente os processos econômicos.

O planejamento da transição deve considerar que o retorno gradativo das atividades conduz a um aumento da demanda energética e, sobretudo nos países industrializados, um respectivo aumento de emissões. Na medida em que se viu aumentar o uso de fontes renováveis durante o período pandêmico, notou-se também um aumento no uso de carvão durante os processos de retomada econômica em vários países, incluindo o Brasil.

Tendo em vista os cenários delineados na discussão internacional, os rumos da transição energética no Brasil devem **considerar o conteúdo destas diretrizes e inseri-las no ordenamento interno, seja na condição de princípios gerais ou como recomendações executivas que orientarão o planejamento e a construção das políticas e regulações do setor energético**, levando em conta as necessidades e as realidade nacionais.

## 2. O planejamento setorial da matriz energética brasileira

O contexto brasileiro apresenta desafios e oportunidades que lhe são peculiares, considerando a abundância de recursos e questões estruturais que precisam ser enfrentadas nos curto e médio prazos. A última atualização da NDC brasileira, em abril de 2022, estabeleceu novas metas de redução das emissões nacionais, com percentuais de 37% e 50% até 2025 e 2030, respectivamente, bem como uma meta indicativa de emissões líquidas zero até 2050.



As alterações na base de cálculo abriram margem para o aumento das emissões líquidas nacionais, contrariando obrigações estabelecidas no Acordo de Paris. Além disso, o documento não estabeleceu medidas de mitigação específicas para o setor energético. O documento se limita a ressaltar a participação de fontes renováveis e a necessidade de investimentos em biocombustíveis e outros segmentos de baixa emissão. Além disso, **na contramão das orientações internacionais, a política energética brasileira tem demonstrado inclinação para subsidiar combustíveis fósseis**, especialmente por meio da ampliação da participação do carvão mineral na matriz nacional e da formulação de programas de proteção a tais setores.

Recentemente, a Lei nº 14.299/2022 criou o Programa de Transição Energética Justa, que, ao invés de fomentar fontes alternativas de geração de energia, estende a atividade termelétrica movida a carvão mineral do Complexo Jorge Lacerda até 2040. A ampliação da participação de termelétricas na matriz brasileira tem sido incentivada, também, pelo processo de desestatização da Eletrobrás, por meio da Lei nº 14.182/2021, bem como a formulação do Plano Nacional de Uso Sustentável do Carvão Mineral (Portaria MME nº 540/2021). Outras medidas caminham no sentido do fortalecimento de fontes não-renováveis, como a energia nuclear, pela Lei nº 14.120/2021<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Não obstante, o Brasil não é o único país a aumentar a oferta de energia fóssil. Embora a última década tenha sido marcada pela conscientização da importância da transição energética, o fato é que a maioria dos países tem enfrentado dificuldades em avançar nos investimentos para a transição energética em função da necessidade de retomada econômica após a pandemia, desde a logística de distribuição de novas fontes até o estabelecimento de programas sociais e educacionais para os trabalhadores da indústria fóssil. Para agravar o cenário, a situação geopolítica atual aumenta o desafio

A política energética brasileira estrutura-se a partir de planos de médio e longo prazo formulados pelo poder executivo. O Plano Nacional de Energia (PNE) estabelece o planejamento de longo prazo para o setor. Em sua versão mais recente, o PNE 2050, visa ao avanço da participação de fontes renováveis na matriz energética nacional, em especial a eólica e a solar, bem como a expansão de outras fontes, como a nuclear, dando enfoque a um cenário de aumento da demanda energética no que denomina de cenário de Desafio de Expansão<sup>8</sup>.

É lugar comum hoje afirmar que a matriz energética do Brasil é limpa, porém essa assertiva merece limites mais definidos. Considerado o total de energia consumido no Brasil, **a participação de fontes fósseis de energia ainda é da ordem de 55,3% do total**, ou seja, ainda predomina na matriz energética brasileira o consumo de petróleo e seus derivados, gás natural, carvão mineral e outras não renováveis<sup>9</sup>. **Embora a matriz elétrica seja composta de 78,1% de fontes renováveis, ela representa apenas 18,7% do total da matriz energética.**

Sob esse prisma, também cabe ressaltar a forte presença e dependência da hidroeletricidade na matriz elétrica. A estiagem hídrica em 2021 exigiu esforços de ofertas de outras fontes, sobretudo do carvão e do gás natural. Com isso, a renovabilidade da matriz elétrica caiu de 83,8% em 2020 para os já citados 78,1% em 2021<sup>10</sup>. Percebe-se uma fragilidade na segurança energética, em razão da dependência da matriz elétrica nas hidrelétricas para o fornecimento de eletricidade. Esse fator vem sendo apontado pelos especialistas desde a crise nacional da sobrecarga do sistema elétrico e consequente racionamento ocorridos entre 2001 e 2002.

Esses dados mostram a importância de se ter um planejamento de descarbonização, sobretudo quanto à modificação da estrutura da matriz energética brasileira, para permitir a substituição gradativa da utilização de fontes fósseis pelas tecnologias renováveis até 2050. O foco da segurança no abastecimento elétrico deve consistir no melhor aproveitamento dos recursos renováveis, incluindo a expansão controlada e sustentável da geração de energia eólica, solar fotovoltaica e bioenergia. Dada a intermitência das fontes renováveis, deve-se **criar um plano de adaptação para o Sistema Interligado Nacional, de acordo com a sazonalidade da abundância de cada recurso.**

Sob esse aspecto, **há consenso entre os estudos das agências internacionais sobre a centralidade dos governos na condução da transição energética**, ou seja, o Estado precisa ser o indutor dessa transformação, com o fim de estabelecer estratégias para mitigar o vasto poder e influência dos grupos de interesse que hoje se beneficiam com a indústria fóssil. Nesse sentido, é importante também que haja uma governança multinível, na qual os principais *stakeholders* participem ativamente

---

das nações para garantir a segurança energética, porém, aumenta a percepção da necessidade de cooperação internacional e entre os governos subnacionais para garantir a estabilidade na produção e no fornecimento.

8 EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2050. Ministério de Minas e Energia. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>. Acesso em 18 jul. 2022.

9 EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional: Relatório Síntese 2022 – Ano base 2021. Ministério de Minas e Energia. Brasília: MME/EPE, 2022. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2022\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf). Acesso em 18 jul. 2022.

10 EPE, 2022 op. cit.

te no espaço de construção de novas políticas públicas<sup>11</sup>.

**O que se percebe no país é uma pulverização de normativos dispersos inclusive em resoluções, portarias e decretos autônomos, com baixa participação e consenso do Poder Legislativo, demonstrando uma fragilidade de governança do sistema federativo.** É preciso um planejamento estratégico construído por todas as hélices do sistema, por meio de critérios de governança multinível e de participação da sociedade civil que possam de forma mais ágil garantir a modernização das políticas públicas e fomentar a maior inserção de novas tecnologias verdes na matriz energética.

Assim, a economia brasileira poderá se adequar ao novo momento econômico global e se tornar mais competitiva no mercado internacional. Não se pode deixar de registrar, nesse aspecto, a necessidade da modernização do sistema educacional para se tornar mais inclusivo e multidisciplinar, oferecendo a qualificação da população com as competências necessárias e exigidas pelo novo mercado da bioeconomia.

O Plano Nacional de Energia 2050, elaborado pela EPE, é na verdade um estudo diagnóstico com recomendações de políticas públicas. O PNE 2050 alerta para o perigo do tomador de decisão ser pressionado a formular um planejamento estratégico com base em um cenário otimista que poderá não se concretizar. Essa cautela é de grande relevância, sobretudo quando as consequências jurídico-econômicas geradas pelas recentes crises sanitária e geopolítica e que aceleraram a pressão por medidas de descarbonização das economias, ao tempo em que várias nações decidiram aumentar os estímulos a fontes fósseis como medida de estímulo econômico.

Em adição aos apontamentos do PNE 2050, alerta-se para o perigo de um trancamento tecnológico, em razão de amarras da dependência do caminho (*path dependence*), caso sejam aprovados normativos que resultem em vultosos investimentos para rotas tecnológicas e de infraestrutura que podem se tornar obsoletas em razão do surgimento de novas tecnologias disruptivas. Como exemplo, citam-se os normativos de fomento ao gás natural.

**Logo, é preciso seguir o caminho da redução de subsídios e incentivos aos combustíveis fósseis, prezando pela diversificação da matriz energética e o fomento a outros modelos de geração.** As recentes escolhas refletem um retrocesso ao preverem incentivos às energias de fontes não-renováveis e altamente poluentes. Há ainda um processo de investimento em fontes não-renováveis e advindas de combustíveis fósseis, com alto risco de se tornarem ativos encalhados (*stranded assets*). Os incentivos de financiamento devem concentrar-se em tecnologias e ativos de confiança a longo prazo, com olhar holístico para uma economia verde e desenvolvimento de tecnologias disruptivas.

## 2.1 Análise das fontes

Dentre fontes de energia alternativas que podem representar um novo marco para o desenvolvimento da economia brasileira em consonância com as diretrizes e compromissos climáticos internacionais, destacamos abaixo um breve panorama normativo de algumas das medidas que vêm sendo adotadas recentemente no Brasil.

<sup>11</sup> Ostrom, Elinor. *Governing of the Commons – The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press, 1990.

## a) Energia Eólica

A geração de energia elétrica pela fonte eólica representa um dos setores de maior crescimento no Brasil na última década, especialmente a partir dos investimentos realizados em 2014. Com a redução dos custos de operação e desenvolvimento de novas tecnologias, este segmento tem se tornado **cada vez mais acessível e atrativo para investimentos**. O segmento de geração de energia eólica representou um aumento de 26,7% em 2021.

Há uma grande expectativa com a edição de um marco regulatório para a geração eólica *offshore*, tema que tramita no Senado Federal com o Projeto de Lei nº 576/2021. Com isso, toda uma nova parcela de mercado passa a se abrir no plano energético nacional. A lei é um documento complementar que visa a dar maior segurança jurídica para os investimentos no setor.

O Decreto nº 10.946/2022 estabeleceu a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais em águas interiores de domínio da União, no mar territorial, na zona econômica exclusiva e na plataforma continental para a geração de energia elétrica a partir de empreendimentos *offshore*. Com isso, espera-se um crescimento acentuado da potência instalada no país, diminuindo as emissões de carbono para o setor ao mesmo tempo em que expande a oferta de energia e amplia a margem de renováveis na matriz elétrica nacional. Outra expectativa subsidiária sobre estes empreendimentos é o uso da energia eólica para produção de Hidrogênio Verde.

A expansão desta modalidade de aproveitamento eólica segue acompanhada pelas mesmas preocupações socioambientais já evidenciadas no modelo *onshore*, razão pela qual a exploração econômica do setor deve se ater à manutenção das condições de vida de comunidades que dependem da relação com o mar, sobretudo pequenos pescadores artesanais.

Após um forte processo de interiorização em grande parte situado na região Nordeste do Brasil, onde se registra uma maior qualidade dos fluxos de vento, novas questões passam a despontar. **O uso territorial dos parques eólicos enseja no surgimento de conflitos territoriais e organizações de resistência ao modelo de implantação dos empreendimentos, sob a principal argumentação de que há uma ausência de contrapartidas reais para as comunidades afetadas pela transformação da paisagem, da relação com o solo e da sua própria cultura, elementos que não devem ser desconsiderados na formulação de políticas econômicas e de infraestrutura.**

As condições de vulnerabilidade social são acentuadas em muitas localidades onde estes empreendimentos ocorrem, de maneira que **seria essencial a mediação do poder público ou a efetiva realização das contrapartidas que são encarregadas aos entes municipais.**

## b) Energia Solar

O PNE 2050 projeta uma participação da energia solar de 5% a 16% da capacidade instalada ou de 4% a 12% na totalidade da matriz energética. A expansão deve ocorrer, segundo essa prospecção, nas últimas décadas desse intervalo, em razão da maior competitividade relacionada com a adoção de novas tecnologias e um marco regulatório mais inclusivo. Esse percentual poderá variar para baixo ou para cima,

a depender de políticas setoriais para outras fontes, como a eólica e a hidráulica ou mesmo com participação da biomassa com geração elétrica.

Como recomendações, o PNE 2050 registra<sup>12</sup>:

1. Desenvolver novas ferramentas, tecnologias, modelos de negócios para a geração solar e gestão do sistema elétrico;
2. Incorporar melhorias aos estudos socioambientais relativos à fonte solar;
3. Integrar as perspectivas de expansão da geração solar e o planejamento da expansão da transmissão; e
4. Articular com atores governamentais e setoriais para endereçar a regulação relativa à reciclagem dos componentes do sistema fotovoltaico.

A energia solar é uma das fontes que apresentam maior crescimento de 2020 a 2021, com mais de 50% de expansão. Ainda que represente um percentual pouco significativo na matriz elétrica nacional, quando comparada com outras fontes convencionais e não-convencionais, seu uso torna-se cada vez mais comum. Grande parte deste aumento se dá pelo barateamento do material e desenvolvimento de novas tecnologias que reduzem o custo e aumentam a eficiência, tornando este segmento cada vez mais competitivo.

Uma grande vantagem da energia solar é o seu potencial de geração para autoconsumo, individual ou coletivo. Há iniciativas comunitárias que estabelecem cooperativas de geração distribuída, um exemplo que se mostra eficaz para garantir o acesso à energia, além de se relacionar com a garantia de segurança alimentar e hídrica em algumas localidades do semiárido brasileiro. Um marco normativo importante para o segmento solar é a Lei nº 14.300/2022, que disciplina a microgeração e minigeração de energia, estabelecendo a possibilidade de consórcios e cooperativas para o abastecimento coletivo.

### c) Biodiesel

Uma grande parte do aproveitamento energético se refere ao uso de combustíveis no setor de transportes e no uso industrial. A ampliação no uso de biocombustíveis pode significar maior segurança na queima para geração de eletricidade e abastecimento do uso industrial.

O crescente consumo de biodiesel no Brasil é favorecido pela política de adição deste combustível no diesel fóssil, instituído no âmbito do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. Em relação à produção, **o Brasil está entre os maiores produtores do mundo deste biocombustível**. A matéria prima mais usada para sua fabricação no Brasil é o óleo de soja.

O Balanço Energético Nacional de 2021 da EPE revelou uma tendência de crescimento do consumo final de biodiesel, em muito devido aos marcos normativos que ampliam a integração desta fonte junto ao combustível fóssil, com ênfase para a Lei nº 13.263/2016. No entanto, a determinação federal, em abril de 2021, de redução do percentual mínimo de mistura de biodiesel de 13% para 10% deverá refletir em sua produção.

### d) Biogás e Biometano

12 EPE, 2020, op. cit, p. 114-115.



Um componente que ganha cada vez mais notoriedade é o biometano, fruto da queima de biogás. O biometano tem recebido uma série de incentivos governamentais, considerando um potencial substituto ao uso de gasolina, diesel e gás natural. Como fruto da pressão internacional e o compromisso firmado na COP 26 para redução das emissões de metano em 30% até 2030 em relação aos níveis de 2020, o Ministério do Meio Ambiente criou o Programa Nacional de Redução de Metano de Resíduos Orgânicos - Metano Zero, criado a partir da Portaria MMA nº 71/2022.

O programa visa a converter aterros sanitários em fornecedores de combustível e energias limpas renováveis, tendo como subproduto de produção os biofertilizantes direcionados para a agricultura. Este programa tem abordagem multissetorial, uma vez que gera sinergia entre a produção agropecuária e a oferta energética. O Decreto nº 11.003/2022, que estabelece a Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano, incentiva, inclusive, a criação de um mercado de créditos de metano, em que se estabelece os tipos de instalações que poderão fornecer biogás e, seu derivado, o biometano.

O Brasil passou a incluir projetos de biometano no Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura – REIDI, por meio da Portaria GM/MME nº 627/2022, facilitando o acesso a linhas de crédito. É uma forma de o Estado Brasileiro promover a sua difusão e inclusão na matriz energética nacional. Dentre as medidas de incentivo estão a facilitação de acesso a linhas de crédito e financiamento específicas de agentes financeiros públicos ou privados voltados ao desenvolvimento de ações e atividades sustentáveis, a exemplo da implantação de biodigestores, sistema de purificação de biogás, produção e compressão do biometano, criação de pontos e corredores verdes para abastecimento de veículos pesados movidos a biometano.

#### **e) Hidrogênio Verde**

Destaca-se ainda a crescente mobilização da iniciativa privada para a produção de Hidrogênio Verde (H2V), incluindo parcerias com entes públicos subnacionais, por exemplo o Hub de Hidrogênio, no Ceará, e o programa Hidrogênio Verde, no Rio Grande do Sul. Os investimentos na tecnologia já alcançam a cifra de US\$ 2 bilhões, por representar um segmento promissor para o aproveitamento energético de baixo carbono e, também, uma oportunidade econômica, uma vez que pode ser armazenado e exportado para outros países.

Em julho de 2021, o governo federal brasileiro lançou o Programa Nacional de Hidrogênio (PNH2), o qual visa a desenvolver e consolidar o mercado de hidrogênio no Brasil. Em sede legislativa, há o Projeto de Lei nº 725/2022 em tramitação, o qual prevê a inserção de um percentual mínimo de hidrogênio na rede de gasodutos, almejando alcançar 5% de participação até 2032 e 10% até 2050, e estabelece parâmetros para o seu uso.

A Resolução CNPE nº 02/2021 elencou o hidrogênio como uma das prioridades para pesquisa e desenvolvimento no âmbito energético nacional. O Conselho Nacional de Pesquisa Energética (CNPE) também estabeleceu uma estrutura de governança para o futuro Programa Nacional de Hidrogênio, o qual tem por finalidade o desenvolvimento do hidrogênio como combustível gerado com o uso de fontes renováveis e com o potencial de abertura de um mercado de comercialização e exportação a partir do território brasileiro.

## 2.2 Regulação e demais instrumentos jurídico-econômicos no setor energético

O CNPE foi criado pela Lei nº 9.478/1997, como órgão de assessoramento da Presidência da República para assuntos energéticos. Essa Lei, que também institui princípios e objetivos da Política Energética Nacional e cria a Agência Nacional do Petróleo (ANP), foi posteriormente alterada pela Lei n.º 12.490/2011 e pela Lei n.º 12.734/2012. De acordo com o artigo 6º do Decreto nº 3.520/2000<sup>13</sup>, o CNPE reúne-se apenas uma vez por ano em caráter ordinário ou sempre que convocado. Em abril de 2021, o CNPE aprovou a Resolução nº 07, com o fim de criar o Comitê Técnico Combustível do Futuro (CT-CF), composto por 15 órgãos e coordenado pelo Ministério de Minas e Energia.

O CT-CF é subdividido em comitês e subcomitês formados com o fim de apresentar, no prazo prorrogável de 180 dias, planos de integração das políticas públicas afetadas à energia. O CT-CF tem função deliberativa e está subdividido em: Ciclo Otto (com foco na produção de novo combustível de baixo carbono, etanol de segunda geração, célula a combustível); ciclo diesel (para se pensar em corredores verdes, com foco em gás natural, mas possibilidade de inclusão do biometano); ProBioCCS (desenvolvimento de tecnologias de captura e armazenamento de CO<sub>2</sub>); ProBioQAV (desenvolvimento de querosene sustentável de aviação); combustíveis marítimos (para estabelecer condições para adição de biocombustíveis aos combustíveis marinhos); PD&I (estabelecer diretrizes para pesquisa e desenvolvimento). Esse último comitê é capitaneado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Em paralelo, permanece o Grupo de Trabalho para avaliar a inserção de biocombustíveis para uso no ciclo diesel, instituído pela Resolução CNPE nº 13/2020.

Outros normativos têm sido editados nos últimos anos e que afetam, direta ou indiretamente, as diversas resoluções do Programa Combustível do Futuro. Entre elas, destacam-se dezenas de resoluções editadas pelo CNPE, pela ANP e pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) desde 2018 para assuntos relacionados à exploração de fontes fósseis, inclusive para o incentivo do gás natural e do carvão mineral. A Lei nº 14.026/2020, chamada de novo Marco do Saneamento Básico, não faz menção direta à adoção de incentivos de transformação energética de resíduos e desenvolvimento do biogás e do biometano.

De igual modo, a Lei nº 14.134/2021, a Lei de incentivo ao Gás Natural, também deixa de fazer referência à inclusão do biogás e do biometano, fontes renováveis adequadas à substituição do gás natural, ou seja, a norma não atribui qualquer aspecto de transitoriedade ao gás natural. Porém, as recentes pressões da sociedade civil organizada e os acordos firmados na COP 26 resultaram em normativos importantes que podem impulsionar o desenvolvimento dessas fontes renováveis: Portaria MME nº 19/2021, alterada para incluir a possibilidade de investimentos em biometano REIDI; o Decreto nº 11.933/2022, como Estratégia Federal de Incentivo ao Biogás e ao Biometano; e a Portaria MMA nº 71/2022, que cria o Programa Nacional de Redução de Emissões de Metano.

Ainda sob o aspecto regulatório, os setores de transporte de cargas e da geração distribuída apresentam obstáculos ao crescimento econômico e, por isso, exigem novas políticas públicas que permitam a reorganização dos setores, para saíremos da dependência histórica do diesel e da geração e transmissão de energia elétrica.

<sup>13</sup> Artigo 6º (caput), do Decreto nº 3.520/2000: “O CNPE se reunirá, em caráter ordinário, uma vez por ano, preferencialmente no último bimestre, e, em caráter extraordinário, sempre que convocado por seu Presidente”.

## a) Transportes

Sob o ponto de vista setorial, **um dos principais gargalos para a transição energética do Brasil está na matriz de transportes, majoritariamente rodoviária e essencialmente dependente de combustíveis fósseis.** Note-se que o país mantém em circulação mais de 110 mil caminhões e com mais de 30 anos, movidos a diesel e responsáveis por uma expressiva emissão de gases de efeito estufa. Com isso, modificações na infraestrutura jurídico-regulatória no setor, como por exemplo alterações na política de preços dos combustíveis, afetam profundamente a logística econômica nacional, da produção ao consumo.

Para além das emissões, a reformulação do segmento, com expansão de outras modalidades de transporte, em especial ferroviário e marítimo, trariam maior segurança econômica com a redução da vulnerabilidade aos eventos logísticos que oneram a cadeia produtiva.

O segmento de transportes detém a maior parte das emissões pelo setor de energia no país. Dentre as medidas de descarbonização adotadas pela União, destaca-se a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída por meio da Lei nº 13.576/2017, que incentiva a expansão do uso de combustíveis de baixa emissão, mediante a adição de bioprodutos (etanol, biodiesel, outros) na cadeia de consumo.

O Programa Combustível do Futuro (instituído pela Resolução nº 07 do CNPE) visa a integrar o RenovaBio com outras políticas do setor, a exemplo do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), do Programa Rota 2030, do PROCONVE e do PROMOT. A regulação do setor ainda se concentra em limitar as emissões ou expandir o uso de biocombustíveis, sem propor objetivamente uma mudança estrutural.

É no âmbito do Programa Combustível do Futuro que outras iniciativas têm sido desenvolvidas. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) lançou neste ano de 2022 uma chamada pública de incentivo financeiro para pesquisas na área de combustíveis sustentáveis, como bioquerosene, hidrogênio verde e biometano. Neste sentido, cabe ressaltar a necessidade de retomar incentivos à produção de pesquisa no país, alinhando medidas de maneira interministerial, com investimento em ciência e produção nacional. Estima-se que o biometano, biocombustível de emissão negativa, tenha a capacidade de substituir até 70% do diesel consumido no país ou quase 1 bilhão de litros de diesel até 2027, caso medidas jurídicas sejam adotadas em favor do biocombustível. O Programa Nacional Metano Zero, instituído pela Portaria MMA nº 71/2022 pode ser um passo para viabilizar esse novo cenário.

Os incentivos governamentais não devem manter o foco apenas no uso de biocombustíveis. Ainda que seja medida de primeira importância, sua concentração exclusiva é insuficiente para alcançar as metas de redução de emissões, demonstrando a necessidade de medidas múltiplas. Ações de **eletrificação de veículos de grande porte**, aliadas ao incentivo às fontes renováveis, se apresentam como um horizonte para o desenvolvimento futuro do setor alinhado com as metas de redução de emissões. A construção de um marco normativo da mobilidade por veículos híbridos e elétricos é, portanto, necessária para orientar o desenvolvimento do segmento no país.

**As políticas de transporte devem prezar pelo incentivo ao uso de sistemas ro-**

**doviários coletivos e à diversificação da matriz de transportes.** Um plano objetivo de descarbonização incluiria o fomento à modernização das frotas de transportes de carga e transportes coletivos, bem como a criação de bases para um mercado de veículos elétricos para uso pessoal (alavancando todo um novo setor econômico).

## **b) Geração Distribuída**

O processo de transição energética justa não se caracteriza apenas pela diversificação das fontes de geração, mas requer a promoção do desenvolvimento pela universalização do acesso à energia, especialmente por meio de fontes renováveis.

**Políticas públicas de transição energética que deem maior enfoque às localidades em que há maior vulnerabilidade socioambiental podem ser instrumentos efetivos também de universalização energética,** além de promover a integração desses grupos vulneráveis nas cadeias econômicas por meio da geração de empregos diretos e indiretos.

Nesse sentido, a regulamentação da geração distribuída (GD), aliada à criação de políticas de acesso, são indispensáveis para o alcance dos objetivos de desenvolvimento preconizados em documentos internacionais, como a Agenda 2030.

No Brasil, a Lei nº 14.300/2022 estabeleceu o marco legal para a microgeração e minigeração de energia, em alinhamento com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), prevendo a composição de consórcios e cooperativas entre consumidores para o abastecimento coletivo.

## **2.3 Licenciamento ambiental**

O artigo 225, §1º, inciso IV<sup>14</sup>, da Constituição Federal determina que qualquer atividade potencialmente causadora de degradação no meio ambiente deverá ser objeto de estudo prévio de impacto ambiental. O desafio para o empreendedor da indústria de energias renováveis reside em conciliar as dezenas de normativos legais e infralegais editados por todos os entes federativos. No âmbito federal, a Lei Complementar nº 140/2011 estabelece como competência da União a formulação e execução da Política Nacional do Meio Ambiente, mormente para o licenciamento ambiental de empreendimentos que se localizem próximos a país limítrofe, ou junto ao mar territorial, plataforma continental ou na zona econômica exclusiva. Ainda, é competência da União iniciativas que estejam localizadas em terras indígenas, unidades de conservação e Áreas de Proteção Ambiental (APA). Por fim, também compete à União o procedimento de licenciamento de atividades desenvolvidas em dois ou mais estados, área militar, que se relacionem a material radioativo ou energia nuclear, bem como empreendimentos que envolvam a Comissão Tripartite Nacional (artigo 4º).

Além da Lei Complementar nº 140/2011, destacam-se, no âmbito federal, a Lei nº 9.985/2000, o Decreto nº 8.437/2015 e as Resoluções nº 1/1996 e nº 237/1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), entre outros. A Lei n. 9.985/2000 regulamenta o artigo 225, §1º, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (UCs) e impacta o procedimento de licenciamento ambiental. O Decreto nº 8.437/2015 especifica os tipos de empreendimentos e atividades que a

14 Artigo 225, da Constituição Federal: "(...) IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade."



União deverá conduzir o procedimento de licenciamento ambiental, a saber, portos, ferrovias, rodovias, hidrovias, unidades, estruturas, usinas e jazidas *onshore* e *offshore*, bem como os sistemas de geração de energia restam sob o crivo dos regulamentos federais.

A Resolução CONAMA nº 01/1986 dispõe que o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente dependerá de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), aprovado pelo órgão estadual competente e pela Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), em caráter supletivo. A Resolução CONAMA nº 237/1997 especifica um vasto rol de atividades e empreendimentos potencialmente poluidores que dependem de prévio licenciamento do órgão ambiental competente.

É essa Resolução que especifica três tipos de licença da alçada da autoridade federal: a Licença Prévia, concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou da atividade; a Licença de Instalação (LI), que pode permitir a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados; e a Licença de Operação (LO), que autoriza a operação da atividade ou do empreendimento. Além desses normativos, o Portal Nacional de Licenciamento Ambiental (PNLA) também dispõe sobre outras hipóteses de licenças possíveis ao empreendedor, como por exemplo, a licença de dispensa de licenciamento, Licença de Alteração, Licença de Ampliação, Licença de Instalação e de Operação (LIO) e a Licença Prévia e de Instalação (LPI), que substitui os procedimentos administrativos do licenciamento prévio e do licenciamento de instalação ordinários.

A Constituição Federal e a Lei Complementar nº 140/2011 permitem que os entes federativos atuem em caráter supletivo e em caráter subsidiário. Ocorre a competência supletiva quando, decorridos os prazos de licenciamento sem a emissão da licença ambiental, verifiquem-se as seguintes hipóteses: I - inexistindo órgão ambiental capacitado ou conselho de meio ambiente no Estado ou no Distrito Federal, a União deve desempenhar as ações administrativas estaduais ou distritais até a sua criação; II - inexistindo órgão ambiental capacitado ou conselho de meio ambiente no Município, o Estado deve desempenhar as ações administrativas municipais até a sua criação; e III - inexistindo órgão ambiental capacitado ou conselho de meio ambiente no Estado e no Município, a União deve desempenhar as ações administrativas até a sua criação em um daqueles entes federativos. Por sua vez, a ação subsidiária poderá ocorrer por solicitação do ente ao detentor originário da atribuição e ocorrerá por meio de apoio técnico, científico, administrativo ou financeiro, sem prejuízo de outras formas de cooperação.

Cabe ao empreendedor atender e formalizar o procedimento de licença ambiental também ao estado federativo e município ou municípios em que pretende iniciar a exploração econômica, inclusive quanto ao Plano Diretor de cada município envolvido. O artigo 12 da Lei Complementar nº 140/2011 prevê um complexo mecanismo de verificação do ente federativo responsável pelo licenciamento. E além de todos esses normativos federais, o PNLA assinala que, para o EIA, poderão ser exigidas comprovações e estudos complementares pelo órgão ambiental competente. E para cada tipo de empreendimento, existem outros normativos específicos. Por exemplo, a Resolução CONAMA nº 23/1994 institui os procedimentos específicos para o licenciamento de atividades relacionadas à exploração e lavra de jazidas de combustíveis líquidos e gás natural, cabendo ao próprio empreendedor articular-se





com a Fundação Nacional do Índio (FUNAI). A Lei nº 12.651/2012 apresenta as normas gerais para a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal, exploração florestal, suprimento de matéria-prima florestal, controle da origem dos produtos florestais e controle e prevenção dos incêndios florestais.

Embora projetos de lei não integrem o arcabouço jurídico, encontra-se no Senado, já aprovado pela Câmara Federal, o Projeto de Lei nº 3.729/2004, que dispõe sobre os procedimentos para licenciamento ambiental, em regulamentação do inciso IV do § 1º do art. 225, da Constituição Federal (CF).


### 3. Tributação e incentivos fiscais para a matriz energética nacional

A questão tributária é outro aspecto que merece atenção na discussão sobre transição energética. A construção da carga tributária sobre o consumo de energia, sobretudo combustíveis e eletricidade, torna-se um mecanismo que onera de maneira desproporcional toda a cadeia econômica e, por consequência, o consumidor final.

A arrecadação que advém da cobrança do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) fica distribuída a cargo de cada Estado, razão pela qual se questiona a possibilidade de, numa eventual reforma tributária, concentrar a competência da cobrança de ICMS pela União, com o respectivo repasse aos Estados.



Com a elevação dos preços do petróleo, em grande parte pela adoção de uma política paritária de preços na Petrobrás que atrela o valor do produto ao preço internacional, seguido pelo contexto pós-pandêmico de recessão da economia, bem como o conflito russo-ucraniano que se acentua e repercute no contexto energético global, o Congresso Nacional aprovou a Lei Complementar nº 192/2022, que disciplinou a cobrança de ICMS pelos Estados sobre combustíveis, gás natural, energia elétrica, comunicações e transporte coletivo, fixando a incidência das alíquotas de cobrança em função da unidade de medida e não mais do preço.



Neste cenário, levanta-se o questionamento sobre a arrecadação dos entes subnacionais para custeio de suas políticas e programas próprios, como algo inerente ao modelo federativo vigente no país. Apesar da resistência do Governo Federal em assumir a obrigatoriedade de compensação aos Estados pela redução dos tributos, o Congresso Nacional derrubou o veto e manteve tal obrigação.

Há outras ineficiências apontadas no setor energético, especialmente quanto aos investimentos e subsídios aplicados para a indústria fóssil nos últimos anos. Medidas de proteção ao setor de petróleo e gás já vinham sendo adotadas no Brasil com a Lei nº 13.586/2017, que instituiu o regime tributário especial para a exploração de óleo e gás e renovou o Repetro até 2040.

**Estas escolhas não apenas caminham na contramão do que se tem convencionado na discussão energética nacional e internacional, como também pode resultar em investimentos ociosos, sem aproveitamento do capital e resultando em perdas a longo prazo.**

Por outro lado, mesmo incentivos realizados em fontes renováveis podem já estar funcionando de maneira ineficiente. A função do fomento público, num primeiro

momento, é estimular o mercado para a exploração de uma nova área de investimento. No caso das energias renováveis, com enfoque para a eólica e a solar, estes segmentos já estão bem consolidados e em franca expansão no território nacional, razão pela qual **a redução de subsídios, inclusive para fontes renováveis, pode desonerar o custeio por parte dos consumidores e reduzir os valores pagos nas faturas de energia**. Tal medida pode beneficiar o acesso equitativo da população.

Por fim, uma dimensão da transição energética que deve ser observada consiste no **fortalecimento do incentivo à produção científica nacional, para o desenvolvimento de tecnologias energéticas mais eficientes e acessíveis**, bem como a exploração de fontes disruptivas, de forma a desonerar o processo de transição para a sociedade e para o poder público.

#### 4. A governança socioambiental multinível no setor energético brasileiro

O desenvolvimento econômico depende de um complexo arranjo institucional que envolve a relação simbiótica dos agentes e sistemas jurídicos e regulatórios<sup>15</sup>. O primeiro problema que se coloca é o próprio **planejamento energético, que se encontra pulverizado em diversos normativos infralegais e que depende da superação de anacronismos** do sistema de inovação, precariedades na infraestrutura e logística, além de assimetrias de governança.

O planejamento econômico, amparado por uma correta estrutura teórica do Direito, é instrumento para que um país saia de um estado de prostração econômica e para ajudá-lo a “superar a situação fragmentada e competitiva que hoje se observa dentro dos governos, permitindo uma convivência organicamente articulada e cooperativa”<sup>16</sup>.



O exemplo das nações que estão liderando a transição energética é o da centralidade do Estado na condução do planejamento energético. Veja-se que tanto na União Europeia quanto nos Estados Unidos, os governos têm assumido a responsabilidade pelo financiamento de pesquisas e direcionado às compras e encomendas governamentais para estimular e dar o rumo desejado para o crescimento econômico. Por exemplo, a União Europeia, por meio do ReFuelEU e do *Sustainable and Smart Mobility Strategy, parte do EU Green Deals*, estabeleceu uma política direcionada a estimular o mercado a desenvolver novos combustíveis avançados, apontando as matérias-primas de base agrícola que poderão ser priorizadas (com o fim de evitar competição com a indústria alimentícia) e ao mesmo tempo estabeleceu metas confiáveis e progressivas de mistura de biocombustíveis em substituição gradativa dos combustíveis fósseis, além de uma forte estratégia de subsídios para fomentar a indústria do setor de biocombustíveis. Esse planejamento foi realizado por meio de diversas rodadas de consultas públicas<sup>17</sup>.

O Governo Biden decidiu dar um novo rumo à economia americana com fortes investimentos em infraestrutura e transição energética. O governo americano disponibilizou centenas de bilhões de dólares em linhas de financiamento para a eletri-

15 CYPHER, James; DIETZ, James. *The Process of Economic Development*. 3rd Ed. London & New York: Routledge, 2009.

16 CARDOSO JÚNIOR, José. *Planejamento Brasil Século XXI: Inovação Institucional e Refundação Administrativa*. IPEA, p. 18, 2015.




17 Disponível em <https://aireg.de/download/sustainable-aviation-fuels-status-options-necessary-actions/>. Acesso em 15 jul. de 2022.



ficção da frota, inclusive de carros públicos e frotas escolares. Em junho de 2022<sup>18</sup>, o governo americano anunciou ações integradas para estimular o aumento da capacidade de distribuição energética, com a construção de novas usinas e indústrias de energias renováveis. Essas medidas estão sendo feitas em ritmo prioritário com base no *Defense Production Act*, lei federal de 1950, que autoriza o governo federal, com base no interesse público e na segurança nacional, a ter mais centralidade na indução da produção industrial, com fortes subsídios e cortes tributários.

O Brasil tem enfrentado dificuldades de governança por pressões de grupos de interesse, o que dificulta o investimento dos diversos setores produtivos relacionados às energias renováveis. Por exemplo, veja-se o caso do biodiesel, cujos produtores contavam com normativos infralegais<sup>19</sup> que garantiam um percentual mínimo de mistura ao diesel. No entanto, o normativo foi recentemente alterado por meio de Nota Conjunta, trazendo prejuízos aos produtores que contavam com a mistura obrigatória. A ingerência política sobre as agências e empresas públicas também é fator de insegurança.

Por fim, a recente polêmica que envolveu o Governo Federal e os governos subnacionais quanto a redução do ICMS dos combustíveis e redução dos impostos federais PIS e Cofins sobre o diesel demonstram **a necessidade de uma profunda reforma tributária verde**. A título de comparação, traz-se o exemplo do estudo realizado pela Associação Brasileira das Empresas Aéreas (ABEAR), que conclui que a ineficiência econômica das empresas aéreas brasileiras se dá em função da “política de paridade de preços de importação seguida pela Petrobras (67% do custo total), tributação elevada (26%) e distribuição ineficiente e oligopolizada (6%)”<sup>20</sup>.



Um passo importante para a competitividade dos biocombustíveis foi o tratamento diferenciado garantido pela aprovação da Proposta de Emenda Constitucional nº 123/2022. Assim, o artigo 225, inciso VIII, mantém regime fiscal favorecido para os biocombustíveis destinados ao consumo final, na forma de lei complementar, a fim de assegurar-lhes tributação inferior à incidente sobre os combustíveis fósseis, capaz de garantir diferencial competitivo em relação a estes, especialmente em relação às contribuições sociais do empregador/empresa sobre a receita ou o faturamento, bem como do importador de bens ou serviços (artigo 195, I, “b” e IV); às arrecadações sociais do artigo 239 e ao ICMS a que se refere o inciso II do caput do art. 155 da Constituição Federal.

18 Disponível em <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/06/06/fact-sheet-president-biden-takes-bold-executive-action-to-spur-domestic-clean-energy-manufacturing/>. Acesso em 15 jul. de 2022.

19 Por exemplo, em agosto/2020, a ANP publicou a Resolução n.º 824/2020, em que alterou, entre os meses de setembro e outubro de 2020, o mandato de 12% para 10% de adição do biodiesel ao diesel. A partir de 2021, esse percentual passou para 13%, não sem resistência da Confederação Nacional de Transporte (CNT), que entende que a obrigatoriedade da mistura torna o diesel mais caro. Em abril de 2021, Nota Conjunta MME/MAPA reduziu a mistura para 10%, em acordo com a Exposição de motivos n.º 12, de 09 de abril de 2021, enviada pelo MME em 13 de abril de 2021.

20 Conforme disponível em <https://www.abear.com.br/wp-content/uploads/2021/08/Panorama2020-vf.pdf>. Acesso em 15 jul. 2022.



### 3. Propostas técnicas

## Elaboradas pelo Centro Clima, da COPPE-UFRJ

O Cenário de Referência (REF) da iniciativa Clima & Desenvolvimento, construído para servir como base de comparação, é um cenário de Retomada do Desenvolvimento Econômico e Social do país. Nele, após a recessão e a pandemia, a economia retoma um ciclo de crescimento, a uma taxa média anual de 2,6% até 2030, com a retomada das políticas sociais permitindo uma pequena melhora na distribuição da renda, a exemplo do registrado no período de 1994 a 2014. As políticas de mitigação de emissões de GEE já em andamento continuam a ser implantadas, com o nível de desempenho usual. No entanto, não são adotadas novas políticas climáticas até 2030.

O Cenário de Mitigação Adicional (CMA - descarbonização profunda da economia) fornece uma estratégia para a Retomada do Desenvolvimento Econômico e Social com Transição Justa para a neutralidade climática do país em 2050. Assim, a trajetória de emissões de GEE seguida até 2030 é compatível com o objetivo geral do Acordo de Paris, de alcançar emissões líquidas zero em 2050, como forma de manter o aumento da temperatura em 1,5°C até o final do século. Esse cenário se baseia nas seguintes políticas: radical redução do desmatamento e aumento de sumidouros de CO<sub>2</sub>; e precificação de carbono de parte das emissões de GEE.

No setor energético, a produção *offshore* de petróleo e gás do pré-sal aumenta em ambos os cenários. Após a redução acentuada do preço do petróleo devido à crise da COVID-19 (de 66 USD / barril em 2019 para 23 USD / barril em 2020), assume-se que o preço do petróleo crescerá linearmente para 50 US\$2020/barril em 2025 e permanecerá nesse valor médio constante até 2030.

Com essas premissas (Figura 1), parcelas crescentes da produção brasileira de petróleo são direcionadas para exportação, uma vez que os custos de produção são mantidos baixos e permanecem competitivos no mercado mundial. Em 2030, no CMA essa parcela é maior, pois o consumo doméstico de óleo e gás é 17% menor do que no REF (Tabela 1).

**Figura 1.** Premissas dos cenários

Escopo	REF	CMA
<b>Produção de Petróleo</b>	5,3 Mbarris/dia (PDE 2030)	5,3 Mbarris/dia (PDE 2030)
<b>Consumo interno de Gás Natural em 2030</b>	197 Mm <sup>3</sup> /dia	172 Mm <sup>3</sup> /dia
<b>% de GN queimado nas plataformas</b> (parte das Emissões Fugitivas)	2020: 3,2%	2020: 3,2%
	2025-2030: 3,0%	2025-2030: 3,0%
	2030-2050: 3,0%	2030-2050: zera em 2050
<b>Emissões do setor de energia e fugitivas</b> (Refino e Exploração)	-	Redução de 32% na intensidade de carbono no segmento de E&P até 2025 em relação a 2015 (mantidos até 2050); Redução de 16% na intens. de carb no refino até 2025, ampliando para 30% até 2030 em relação a 2015 (mantida até 2050)
<b>Refino – Ampliação da capacidade</b> (em 150 mil barris/dia = 2º trem da RNEST em 2024) e do % de produção de óleo diesel	Produção de derivados de petróleo 122 Mtep em 2030	Produção de derivados de petróleo 103 Mtep em 2030
<b>Nuclear</b>	Angra III entra em operação em 2027. 3,4 GW em 2030 (Angra I,II e III em operação)	
<b>UTE Fóssil</b> <b>Hipótese</b> <b>Resultados</b>	UTE OD e OC: 1,2 GW em 2030 (descomissionamento total em 2045)	
	UTE GN: possibilidade de expansão durante o horizonte de estudo 17 GW em 2030	UTE GN: nenhuma expansão além do contratado nos Leilões de Energia Nova até 2050 devido a precificação de carbono 17 GW em 2030
	UTE carvão: operam em condições de flexibilidade parcial por take or pay nos contratos de compra de carvão mineral 14 TWh em 2030	UTE carvão: Não há condições mínimas nos contratos. Há outras opções de geração mais baratas 0 TWh em 2030
<b>Renováveis</b>	Restrições de expansão iguais nos dois cenários	
<b>Novas Tecnologias</b>	-	Eólica <i>Offshore</i> A partir de 2040; em 2050:3 GW

**Tabela 1.** Oferta Interna de Energia (Gtep)

	Histórico		Cenário REF			Cenário CMA			
	2010	2020	2030	2040	2050	2030	2040	2050	
<b>Energia Não Renovável</b>	<b>145</b>	<b>148</b>	<b>178</b>	<b>197</b>	<b>223</b>	<b>152</b>	<b>152</b>	<b>152</b>	
Petróleo e derivados	90	95	114	130	148	98	98	99	
Gás natural	28	34	38	40	47	33	32	33	
Carvão mineral e coque	14	14	19	21	22	14	15	15	
Urânio	4	4	7	6	5	7	6	5	
Outras não renováveis	9	2	0	0	0	0	0	0	
<b>Energia Renovável</b>	<b>121</b>	<b>139</b>	<b>168</b>	<b>205</b>	<b>237</b>	<b>165</b>	<b>201</b>	<b>227</b>	
Hidráulica	35	36	45	52	55	45	50	54	
Lenha e carvão vegetal	26	26	24	27	25	25	28	31	
Derivados da cana	49	55	67	80	95	64	76	81	
Outras renováveis	11	22	33	46	62	31	47	61	
<b>TOTAL</b>	<b>269</b>	<b>287</b>	<b>347</b>	<b>402</b>	<b>460</b>	<b>317</b>	<b>354</b>	<b>379</b>	
						<b>Economia de energia (REF - CMA)</b>	30	49	81

As emissões totais da oferta de energia em 2030 são 103 Mt CO<sub>2</sub>e no REF e 70 Mt CO<sub>2</sub>e no CMA. No cenário REF, as emissões relacionadas ao fornecimento de energia no Brasil diminuem até 2025 (devido à redução do uso de centrais térmicas a combustíveis fósseis) e crescem um pouco em 2030 (principalmente aquelas provenientes do autoconsumo de energia e emissões fugitivas, enquanto as emissões da geração de eletricidade apresentam pouco crescimento). No CMA, as emissões relacionadas à oferta de energia no Brasil diminuem até 2030 (devido à redução do uso de térmicas fósseis e ausência dos subsídios à geração térmica a carvão mineral, além de medidas de redução da intensidade de carbono no refino e em E&P). A tendência de expansão da geração de eletricidade no Brasil já é baseada em fontes renováveis e, portanto, apresenta emissões de GEE mais baixas do que a maioria dos outros países. Em ambos os cenários, as emissões de GEE da geração de energia diminuem, de 49 Mt CO<sub>2</sub>e em 2020 para 27 Mt CO<sub>2</sub>e no REF e para 14 Mt CO<sub>2</sub>e no CMA, em 2030.<sup>[WFDS1]</sup>

O consumo de eletricidade cresce um pouco mais rápido que o consumo geral de energia em ambos os cenários, mas os ganhos de eficiência no uso final permitem um crescimento menor no CMA. No REF, o consumo de eletricidade cresce quase 28% de 2020 a 2030, chegando a 693 TWh, mas no CMA, seu crescimento é limitado a 677 TWh (aumento de 25% e diferença de cerca de 2% entre o REF e o CMA em 2030, apesar de um aumento de 2 TWh no uso em transportes e graças a uma redução de consumo de 18 TWh no setor industrial) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Consumo de Energia elétrica

Setor	Cenário REF				Cenário CMA			
	2020-2030	% do total em 2030	Consumo de Energia Elétrica 2030 (TWh)	Consumo de Energia Elétrica 2050 (TWh)	2020-2030	% do total em 2030	Consumo de Energia Elétrica 2030 (TWh)	Consumo de Energia Elétrica 2050 (TWh)
Industrial	x 1.2	34%	234	319	x 1.1	32%	216	256
Residencial	x 1.4	29%	202	267	x 1.4	30%	203	268
Comercial e Serviços	x 1.2	24%	166	235	x 1.2	25%	167	237
Agropecuário	x 1.4	6%	44	66	x 1.4	6%	44	64
Energia	x 1.5	6%	44	51	x 1.4	6%	42	45
Transporte	x 2.0	1%	4	33	x 3.1	1%	6	64
<b>Total</b>	<b>x 1.28</b>	<b>693 TWh</b>	<b>693</b>	<b>972</b>	<b>x 1.25</b>	<b>677 TWh</b>	<b>677</b>	<b>934</b>

Em ambos os cenários, as energias hídrica, eólica e fotovoltaica constituem as principais fontes para expansão da geração de energia elétrica até 2030. No REF e no CMA há uma redução da geração com UTE a gás natural e no CMA há também uma flexibilização e redução da geração com UTE a carvão mineral. Em 2030, a capacidade total instalada é a mesma, 198 GW, sendo 113 GW de energia hidrelétrica (UHE +PCH), 28 GW de eólica *onshore*, e 17 GW de sistemas fotovoltaicos (distribuídos e centralizados). A capacidade de geração termelétrica é constituída por 17 GW de

UTE a gás natural, 15 GW de UTE a biomassa, 3,4 GW de UTE nuclear (incluindo Angra III a partir de 2027), 3,2 GW de UTE a carvão mineral e 1,2 GW de UTE a derivados do petróleo (Tabela 3 e Tabela 4).

**Tabela 3.** Capacidade instalada por fonte (GW)

	Histórico			Cenário REF			Cenário CMA		
	2005	2015	2020	2025	2030	2050	2025	2030	2050
<b>Carvão</b>	1	3	3	3	3	0	3	3	0
<b>Derivados Petróleo</b>	5	9	8	4	1	0	4	1	0
<b>Gás Natural</b>	10	11	15	17	17	11	17	17	0
<b>Nuclear</b>	2	2	2	2	3	3	2	3	3
<b>Hidrelétrica</b>	71	94	109	111	113	147	111	113	147
<b>Eólica</b>	0	9	17	23	28	41	23	28	44
<b>Solar</b>	0	0	3	12	17	64	12	17	61
<b>Biomassa</b>	3	12	14	15	15	31	15	15	32
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>139</b>	<b>173</b>	<b>187</b>	<b>197</b>	<b>297</b>	<b>187</b>	<b>197</b>	<b>287</b>

**Tabela 4.** Geração de eletricidade por fonte (TWh)

	Histórico		Cenário REF			Cenário CMA		
	2010	2020	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Carvão mineral	7	12	14	7	0	0	0	0
Derivados Petróleo	14	8	0	0	0	0	0	0
Gás Natural	36	53	35	29	32	34	18	0
Nuclear	15	14	25	22	21	25	23	21
Hidrelétrica	403	396	520	607	634	520	585	633
Eólica	2	57	114	133	163	114	141	171
Solar	0	11	29	61	145	29	61	138
Biomassa	31	56	54	87	116	51	84	108
<b>Total</b>	<b>508</b>	<b>607</b>	<b>791</b>	<b>947</b>	<b>1111</b>	<b>773</b>	<b>915</b>	<b>1071</b>
<b>Economia de energia oferta (REF - CMA)</b>						<b>17</b>	<b>32</b>	<b>40</b>

No CMA, as emissões totais de GEE do Brasil se reduzem a 957 Mt CO<sub>2</sub> e em 2030. Deste total, 25,4 Mt CO<sub>2</sub> são provenientes da geração elétrica em UTEs, sendo 12,3 de UTEs a carvão e 12,4 de UTEs a gás natural (as demais emissões são basicamente gases não CO<sub>2</sub>, provenientes de geração termelétrica a biomassa).

A maior diferença na quantidade de emissões de oferta de energia entre o CMA e o REF vem das medidas de mitigação no setor de E&P e refinarias. A principal barreira para redução de emissões no setor de petróleo e gás são os elevados custos dos equipamentos, o que dificulta sua substituição visando uma maior eficiência energética. Além disso, há um baixo nível de desenvolvimento tecnológico e altos custos para implementação de tecnologias de CCUS (captura, utilização e armazenamento de carbono em indústrias e na geração termelétrica), necessitando também de regulamentação para sua viabilização nesses setores.

**Estratégias de parceria público-privada, incentivos a P&D, e a maior competitividade do mercado por produtos de baixo carbono são medidas indicadas, com melhor custo-efetividade, como instrumentos para superar as barreiras para investir em melhores tecnologias para redução das emissões. A substituição progressiva de combustíveis fósseis por fontes renováveis na matriz energética**

**brasileira; a democratização do acesso à energia elétrica; a eficiência no uso; e o aproveitamento dos potenciais de geração de energia são instrumentos para concretizar a transição energética no Brasil.** Além disso, pode-se citar como políticas e medidas de curto e médio prazo para implantação do CMA: desenvolver um plano de *phase-out* de subsídios a combustíveis fósseis, transferindo-os para fontes de energia renováveis; elaborar um plano nacional de inclusão energética (ampliando o acesso à eletricidade em áreas como favelas e comunidades quilombolas e à geração distribuída para populações vulneráveis); um plano de investimento em pesquisa e desenvolvimento energético com foco em hidrogênio, *smart grids* e outras tecnologias disruptivas; um programa de gestão energética que contemple a efficientização de edifícios públicos e indústrias; e o aproveitamento do potencial de geração distribuída.



## 1) Gás Natural e outros combustíveis fósseis

A Nova Lei do Gás (Lei nº 14.134/2021) visa a formação de um mercado de gás natural aberto, dinâmico e competitivo. As medidas do programa objetivam o uso mais eficiente das infraestruturas existentes (maximização do uso da malha de transporte e distribuição, com redução de custos e tarifas), a atração de novos investimentos e a promoção da concorrência no mercado de gás natural (mais agentes podem acessar o mercado), com acesso não discriminatório às infraestruturas, não formação de monopólios de mercado, valor da molécula seguindo a lógica da competição gás-gás e maior segurança nos preços, com menor influência do preço do Brent (BRASIL, 2021a, EPE, 2021b).

Antes, para movimentar o gás na malha era necessário saber a origem e o destino do gás, e contratar todos os trechos de gasodutos existentes nesse percurso, pagando-se pelo empilhamento das tarifas. Com a nova Lei do Gás, há a modalidade de entradas e saídas, contrata-se apenas a injeção ou a retirada de gás, não importando sua origem, destino ou percurso na malha.

Internacionalmente o gás natural é reconhecido como um combustível de transição entre os combustíveis fósseis e as fontes renováveis, pois viabiliza uma maior participação de fontes renováveis não despacháveis no sistema elétrico além de poder ser progressivamente substituído pelo biogás, biometano ou H<sub>2</sub>. No entanto, esse fato é menos relevante no Brasil, por conta da abundância de seus recursos energéticos (MME/EPE, 2020). **Para o sucesso da transição energética no Brasil é necessário encontrar um papel economicamente eficiente para o gás natural, sobretudo o oriundo do pré-sal (gás associado sem flexibilidade operativa).**



O uso do gás natural no cenário de descarbonização do Brasil (CMA) se dá pela maximização do seu uso na indústria, com a substituição de energéticos, fonte de calor e processo (produção de fertilizantes nitrogenados, por exemplo), através da sua competitividade, reduzindo importações. O gás desloca combustíveis fósseis mais poluentes, permitindo a redução das emissões. Um exemplo é, no longo prazo, a substituição parcial do coque de carvão mineral por gás na indústria siderúrgica.




No setor elétrico, a competitividade das fontes renováveis e a precificação do carbono aumentam o risco associado a investimentos em termelétricas a combustíveis fósseis. No cenário CMA não há existência de termelétricas a gás em 2050, mas se houver necessidade são indicadas UTEs que venham a prestar serviço de ponta (capacidade de oferta em back-up) ao longo do período, complementando a geração das renováveis, operando em momentos de maior demanda para assegurar a confiabilidade do sistema elétrico (EPE, 2021b).

Os investimentos em uma nova infraestrutura de gás devem considerar que se trata de um combustível de transição para uma economia de baixo carbono, seja pela progressiva eletrificação das atividades econômicas, seja pela competição com outros energéticos mais limpos, como o hidrogênio verde. Neste contexto, deve-se otimizar o uso da rede de gasodutos existente, aumentando sua produtividade e evitando novos investimentos que apresentem o risco de se tornar subutilizados (BARROSO, KELMAN, *et al.*, 2020). Em outras palavras, os investimentos na expansão da infraestrutura de gás podem se tornar obsoletos antes do fim da sua vida útil (ativos encahados) (INSTITUTO E+ TRANSIÇÃO ENERGÉTICA, 2021).

## i. Combustíveis fósseis



Com relação à produção de combustíveis fósseis no Brasil, em todos os cenários simulados foram adotadas as seguintes hipóteses: o preço estimado para o petróleo viabiliza a exploração do pré-sal e a capacidade máxima de produção nacional de petróleo é a mesma em todos os cenários. O conceito da Petrobrás de resiliência do portfólio de óleo e gás envolve operar com baixa intensidade de carbono em suas instalações (PETROBRAS, 2020). Além disso, a pegada de carbono do óleo e do gás produzidos no Brasil é baixa e seu custo de extração também, limitando o risco comercial, relativamente a seus concorrentes, diante da transição energética.



O CMA não considera o descomissionamento forçado das fontes fósseis, pois as termelétricas a óleo diesel, óleo combustível e a gás natural apenas chegam ao final da sua vida útil até 2050 e são substituídas gradualmente por fontes mais baratas e limpas. O CMA é uma trajetória de NDC mais ambiciosa até 2030, compatível com emissões líquidas zero em 2050. O *phase-out* ou uso restrito de combustíveis fósseis pode contribuir para uma transição mais acelerada, com emissões líquidas zero antes de 2050. No entanto, no CMA a neutralidade climática é alcançada em 2050 graças aos offsets florestais, bastando não renovar os subsídios ao carvão mineral, adotar a precificação do carbono e manter os investimentos em energias renováveis.

Entretanto, existe o risco de interferências políticas no planejamento energético, como no caso da Lei 14.182/2021 de desestatização da Eletrobras, que incluiu uma oferta térmica a gás natural de 8 GW, e da Lei nº 14.229/2022, que garante a contratação de energia gerada por termelétricas movidas a carvão mineral até 2040 (continuidade para um subsídio à geração termelétrica a carvão, incompatível com o CMA). Para viabilizar o CMA, deve-se desenvolver um plano de *phase-out* desses



subsídios a combustíveis fósseis, transferindo-os para fontes de energia renováveis.

## 2) Setor Elétrico

Para a transição energética no Brasil, é fundamental o desenvolvimento de um setor elétrico mais resiliente e flexível, com melhor aproveitamento da distribuição espacial e temporal dos recursos (efeito portfólio), descentralização dos recursos energéticos e reforço das interligações regionais.

O setor elétrico poderá ser central na descarbonização da economia, pois a matriz elétrica já tem um peso pequeno nas emissões totais do Brasil, e expandi-la com fontes renováveis e segurança energética (recursos de armazenamento e flexibilidade) poderá colaborar com a redução de emissões pela eletrificação do transporte e da indústria e pela produção de hidrogênio para exportação e uso industrial, por exemplo.

A matriz elétrica do Brasil tem uma posição privilegiada com relação a descarbonização. A participação de fontes renováveis na geração total de eletricidade foi de 85% em 2020 (EPE, 2021c). No sistema interligado nacional há a predominância de usinas hidrelétricas, mas como mostrado anteriormente nos cenários, as perspectivas atuais para os próximos anos são de expansão das fontes eólica e solar, devido a sua competitividade. O setor elétrico passará de um sistema constituído predominantemente por usinas hidrelétricas com grandes reservatórios e com complementação térmica, para um sistema com uma matriz mais diversificada devido à entrada de novas fontes renováveis (eólica e solar, predominantemente). O desafio do Brasil é administrar a abundância e diversidade de recursos. O país tem uma posição privilegiada em termos de recursos energéticos de baixa emissão de GEE, que são diversos, abundantes, competitivos e apresentam complementaridades espaciais e temporais. A diversificação da matriz é a base da busca por segurança energética no Brasil.

**O Brasil pode liderar e se transformar em uma potência descarbonizadora do mundo, oferecendo alternativas de baixo custo e auxiliando os países a atingirem suas metas de neutralidade climática de maneira mais acessível.** Uma dessas possibilidades é a exportação de hidrogênio verde.

### a) Lei da Desestatização da Eletrobrás




Como já mencionado anteriormente, a Lei nº 14.182/2021 (BRASIL, 2021b) dispõe sobre o processo de desestatização da empresa Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobras e também sobre a contratação compulsória de fontes específicas de geração. A Lei sancionada, ao ampliar o escopo e não se restringir ao tema da capitalização da empresa, determinando a contratação compulsória de fontes específicas, afetou diretamente a transição energética brasileira, pois as usinas termelétricas inflexíveis (com geração compulsória) aumentam as emissões anuais do setor



elétrico.

A lei determina a contratação de 8.000 MW de geração termelétrica movida a gás natural nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, considerando marcos distintos entre os anos de 2026 e 2030 e prevê uma inflexibilidade mínima de 70%, por um período de suprimento de pelo menos quinze anos. Além disso, determina que no mínimo 50% da demanda declarada das distribuidoras seja proveniente de PCH, no montante de até 2.000 MW nos leilões A-5 e A-6 de 2021 e 40% nos demais leilões A-5 e A-6 até 2026.

Um dos argumentos para essa contratação é que as termelétricas agregariam maior confiabilidade ao sistema em substituição das fontes renováveis variáveis. No entanto, atendendo aos critérios de suprimento de energia e potência, o cenário Rodada Livre do PDE 2031(MME/EPE, 2022), que não considera os efeitos das políticas energéticas na expansão, indica a predominância de fontes renováveis para o atendimento de energia (em especial eólica e solar fotovoltaica) e complementação de potência através de termelétricas sem geração compulsória, modernização com ampliação de usinas hidrelétricas existentes e a utilização de respostas pelo lado da demanda. Vale lembrar que a geração termelétrica para complementar as fontes renováveis variáveis teria que ser flexível, com baixos fatores de capacidade, atuando em uma combinação ótima com as fontes renováveis variáveis para atendimento aos requisitos do sistema. No entanto, a lei prevê a contratação compulsória (inflexível) de pelo menos 70% da capacidade máxima de geração, o que significa que as usinas operariam quase ininterruptamente.



Com relação ao planejamento da expansão, o cenário referência do PDE 2031, para incorporar as diretrizes atuais de política energética (incluindo a Lei nº 14.182/2021), substituiu parte da expansão indicativa de eólicas e solares centralizadas pelas termelétricas com geração compulsória movidas a gás natural, carvão mineral e nuclear (que representam quase 60% do total de expansão da capacidade instalada em 2031). Essa mudança de composição da matriz resulta em um maior custo de operação para o sistema elétrico (MME/EPE, 2022). Nesse cenário, o PDE 2031 indica expansão nula da geração solar e eólica até 2027, enquanto a expansão no mesmo período da geração térmica a gás natural soma 14,3 GW (incluindo os 8 GW de geração termelétrica de contratação obrigatória da Lei nº 14.182/2021).

Em nosso estudo, a possibilidade de inserção desses 8 GW de novas UTE a Gás Natural foi oferecida ao modelo de otimização da oferta de energia (MATRIZ) no cenário REF, mas o modelo não priorizou estas usinas por dispor de alternativas mais econômicas. No cenário CMA, por mais forte razão, elas também não foram contempladas na expansão, pois a aplicação da taxa de carbono reduz ainda mais a sua competitividade. Elas não foram incluídas no cenário de referência e essas termelétricas só deveriam entrar com um fator de capacidade baixo (complementando a geração das renováveis, de forma a assegurar a confiabilidade do sistema). O próprio PDE conclui que a alternativa de menor custo total para o atendimento aos requisitos do sistema se dá através da expansão de fontes renováveis variáveis em conjunto com termelétricas totalmente flexíveis (sem geração compulsória)(MME/



EPE, 2021).

A exigência de contratação de termelétricas a gás natural em volumes e localidades predefinidos constitui uma reserva de mercado e introduz significativa incerteza regulatória, com impactos sobre investimentos e sobre a tarifa dos consumidores (INSTITUTO E+ TRANSIÇÃO ENERGÉTICA, 2021). Considerando um fator de capacidade de 70% para as usinas instaladas, as emissões anuais sofreriam um acréscimo de 17,5 Mt CO<sub>2</sub>e ou um aumento percentual de 32,7% em relação às emissões do setor elétrico registradas em 2019 (IEMA, 2021). Além disso, esta exigência contraria a proposta de modernização do setor elétrico que o MME (Ministério das Minas e Energia) busca implementar, com maior competitividade e alocação mais apropriada de riscos (MME, 2019b), e interfere diretamente no planejamento do setor elétrico, que é responsabilidade do MME, com base nos estudos da EPE (Empresa de Pesquisa Energética). Ao preestabelecer a localização das usinas termelétricas, a Lei condiciona também os investimentos em novos gasodutos e reforços na rede de transmissão, o que impõe custos adicionais ao setor elétrico e seus consumidores (do mercado regulado). A construção de gasodutos para interiorização é um investimento de longo prazo que, em contexto de transição energética e mudanças climáticas, corre o risco de virar um ativo encalhado (obsoleto antes do fim de sua vida útil) (BARROSO, KELMAN, *et al.*, 2020), pois o gás natural (combustível de transição), pode vir a ser substituído ou sobretaxado no futuro próximo. É importante levar o desenvolvimento para o interior do Brasil, porém isso deve ser feito de forma eficiente, com o aproveitamento das potencialidades locais (INSTITUTO ESCOLHAS, 2021). Para a rede de transmissão, o PDE 2031 (MME/EPE, 2022) afirma que planejar a expansão da transmissão após a realização dos leilões para a contratação das termelétricas da Lei nº 14.182/2021 é a estratégia de menor arrependimento, pois informações mais específicas, tais como o ponto de conexão e a capacidade instalada individual de cada projeto de geração, só serão conhecidas quando da sua efetiva contratação.

## **b) Eficiência energética e Gerenciamento pelo lado da Demanda**

A eficiência energética é um elemento fundamental para a transição do setor energético, pois traz ganhos de competitividade, redução do uso de recursos naturais e de emissão de poluentes locais e globais (MME/EPE, 2020). Os ganhos de eficiência no uso final permitem um crescimento menor no consumo de eletricidade no CMA. No REF, o consumo de eletricidade cresce mais de 28% de 2020 a 2030, chegando a 693 TWh, mas no CMA, seu crescimento se limita a 677 TWh (aumento de 25%), apesar de um aumento de 2 TWh de seu uso nos transportes, graças a uma redução de consumo de 18 TWh no setor industrial, em relação ao REF.




No CMA, apesar da maior entrada da eletrificação nos transportes após 2040, estima-se que os ganhos de eficiência elétrica (principalmente no setor industrial) contribuam para reduzir a necessidade de 38 TWh de consumo de eletricidade (cerca de 4% do consumo total) em 2050. Isto corresponderia a evitar cerca de 20% do consumo de energia do setor industrial brasileiro em 2020 e evitar a necessidade de expansão de capacidade instalada de geração. Quando considerados os ganhos



totais de eficiência energética incluindo combustíveis, estima-se que essa contribuição se situe em torno de 81 milhões de tep em 2050 (21% do total de consumo de energia estimada em 2050), montante da mesma ordem de grandeza de toda a energia consumida no transporte rodoviário de carga e passageiros em 2020 (79 milhões de tep).

A promoção da eficiência energética exige o contínuo processo de melhoria dos mecanismos vigentes no país (Programa Brasileiro de Etiquetagem, PROCEL, CONPET, Plano Nacional de Eficiência Energética, Programa de Eficiência Energética, Lei da Eficiência Energética), governança do setor energético, coordenação entre as várias políticas setoriais (econômicas, fiscais/tributárias, financiamento, C&T&I, industrial, educação) nas diversas esferas institucionais, engajamento dos consumidores finais e a existência de um ambiente regulatório e financeiro para seu efetivo funcionamento. Nessa direção, a articulação e a coordenação de diversos agentes, públicos e privados, são necessárias para **promover um ambiente de ganhos de eficiência energética em todos os setores da economia**, mas devido ao elevado número de partes envolvidas e à lenta inserção dos projetos de eficiência energética, torna-se necessária uma perspectiva de longo prazo (MME/EPE, 2020).

Além disso, mecanismos que incentivem ações de gestão ativa da demanda por parte dos consumidores são parte importante para redução de consumo de energia. Respostas da demanda são mecanismos para gerenciar o consumo dos clientes em resposta às condições de oferta, como por exemplo, realizar a redução ou deslocamento do consumo de energia em momentos críticos por meio de pagamentos ou em resposta a preços de mercado (GELLINGS, 2009). A resposta da demanda pode ser baseada em preços ou incentivos (EPE, 2019).



A digitalização pode desempenhar um papel importante para a promoção de ganhos de eficiência energética, com o uso de sensores e medidores inteligentes nas instalações industriais, comerciais e residenciais, coletando dados e informações sobre uso de energia que permitem um melhor gerenciamento do consumo. A digitalização das redes elétricas também altera o papel dos consumidores de passivos para ativos, podendo contribuir para o equilíbrio do sistema em momentos de maior demanda.

A eficiência promove redução contínua e prolongada da carga e é considerada recurso “não despachável”. Já os recursos de resposta da demanda têm caráter pontual e podem ser acionados em momentos específicos (EPE, 2019). Por exemplo, em uma residência, se uma máquina de lavar for utilizada em um horário de menor carga na rede, não há alteração no serviço nem no consumo energético – e, portanto, não há impactos sobre eficiência energética - haverá apenas uma redução da demanda em determinado horário.

### c) Flexibilidade do Sistema



Devido à diversificação da matriz (principalmente eólica e solar) e à redução da capacidade de regularização do sistema (variabilidade e baixa controlabilidade), a operação do sistema elétrico torna-se mais complexa e cresce a necessidade de flexibilidade nos sistemas de energia. Investimentos em novas soluções de tecnologias de geração (contratação de fontes flexíveis), uso eficiente dos ativos existentes, expansão e reforço na transmissão/distribuição, armazenamento, gerenciamento pelo lado da demanda, adoção de sinais econômicos com maior granularidade (horária), melhores técnicas de previsão dos recursos (previsão do despacho real) fazem parte da solução de flexibilidade (EPE, GIZ, 2017). A flexibilidade é a capacidade de um sistema de energia lidar com a variabilidade e a incerteza na geração e na demanda, mantendo um nível satisfatório de confiabilidade a um custo razoável, em vários horizontes temporais (MOROZOWSKI, MOTA, *et al.*, 2021).

A hidroeletricidade tem sido a principal fonte de geração do sistema elétrico brasileiro por várias décadas (usinas com grandes reservatórios de regularização sazonal e interanual). No entanto, nos últimos anos, essa capacidade de regularização dos reservatórios vem diminuindo, pois há uma crescente demanda do sistema e restrições socioambientais para construir novas hidrelétricas com reservatórios.

No longo prazo, para garantir o atendimento à demanda máxima e reserva adequada para manter o serviço de energia elétrica, será necessário aumentar a flexibilidade operativa do sistema, o que pode ser feito com tecnologias de armazenamento (usinas hidrelétricas reversíveis ou baterias), reavaliação do conjunto de restrições operativas das hidrelétricas (ex. vazões mínimas e máximas, volumes mínimos e máximos) e aumentar a oferta de potência destas usinas com ações de modernização do sistema hidrelétrico (repotenciação) (EPE, GIZ, *et al.*, 2019, INSTITUTO E+ TRANSIÇÃO ENERGÉTICA, 2022).

Por enquanto, os reservatórios existentes ainda permitem a penetração de significativos volumes de geração renovável, acomodando sua variabilidade de produção sem que isso acarrete custos significativos para a operação do sistema elétrico. O Brasil possui características que favorecem a integração de fontes renováveis não-despacháveis em grande escala. Pode-se citar o extenso sistema de transmissão interligado (aproveitando a complementaridade energética entre usinas de diferentes regiões) e a ampla infraestrutura existente de hidrelétricas com reservatórios (mesmo as usinas sem reservatórios de acumulação podem modular significativamente sua produção de energia, ou seja, ajustar instantaneamente o seu despacho de geração (flexibilidade operativa), evitando-se gastos extras de combustível com o despacho de usinas termelétricas).

O CMA foca na redução de emissões no setor energético, sem deixar de lado a questão do atendimento à demanda futura com confiabilidade. O modelo MATRIZ (CEPEL, 2018) é utilizado para representar o sistema energético brasileiro, com minimização do custo total de investimento e operação do sistema, escolhendo a melhor configuração em termos de expansão de capacidade e fornecimento de ener-



gia no horizonte avaliado. Devido à complexidade do setor elétrico brasileiro, são considerados nove subsistemas operacionais e cada período da análise é detalhado em quatro estações e dois patamares de carga (ponta e fora de ponta). Esse nível de representação do sistema adotado no modelo é essencial para se avaliar a segurança energética, garantindo que o sistema atenda às demandas sazonais e horo-sazonais em todos os subsistemas. Com sua atual capacidade hidrelétrica (reservatórios existentes), capacidade do sistema de transmissão, e “efeito portfólio” (complementariedade entre fontes em diferentes regiões), o sistema elétrico do Brasil é capaz de acomodar a grande entrada prevista de fontes variáveis nos próximos anos (EPE, GIZ, *et al.*, 2019).

#### **d) Valorização dos diferentes atributos das fontes energéticas e o papel das hidrelétricas**

Os sinais econômicos e políticos atuais não são adequados para que as melhores soluções tecnológicas sejam implementadas. A evolução do sistema elétrico aponta para o crescimento de necessidades como a capacidade e a flexibilidade e os atributos das fontes de geração ganham maior importância para a expansão e operação do sistema interligado (MME/EPE, 2021).

Não há uma solução tecnológica única, o importante é avaliar os benefícios das fontes para o setor, além da otimização da operação e do planejamento do setor elétrico, tais como os benefícios ambientais proporcionados pelas fontes renováveis de geração (MME, 2019a). Economicamente, destaca-se que outros serviços, além do atendimento ao requisito de energia do sistema, possam compor a remuneração dos geradores. Essa condição pode proporcionar novos modelos de negócios e alavancar o desenvolvimento de novos projetos. Para melhor compreender, quantificar e remunerar esses atributos ainda são necessários aprimoramentos metodológicos e de desenho de mercado (MME/EPE, 2021).

O papel da geração hidrelétrica e dos reservatórios no futuro do sistema elétrico brasileiro precisa de uma melhor compreensão e utilização. Com a maior inserção de fontes de energia renováveis variáveis, a operação das usinas hidrelétricas tem que ser modificada e sua importância para a operação e segurança do sistema aumenta. As hidrelétricas, mesmo as usinas a fio d’água, possuem um certo grau de gestão dos recursos e possibilidade de atendimento aos requisitos de capacidade, flexibilidade, e diversos serviços ancilares (MME/EPE, 2020). Os reservatórios de regularização, com maior capacidade de armazenamento do recurso, funcionam como baterias do sistema e contribuem para otimização do uso dos recursos e custos de operação. Por exemplo, hoje as hidrelétricas operam na base do sistema, mas poderiam funcionar como grandes baterias complementando as fontes renováveis variáveis. No entanto, elas hoje são remuneradas apenas pela geração de energia e não pelos outros serviços que prestam, como o armazenamento, importante também para os usos múltiplos da água como irrigação e abastecimento.

### 3) Novas tecnologias

#### a) Hidrogênio



No mundo, o hidrogênio tem um papel importante na transição energética, pois muitas fontes renováveis de energia elétrica são intermitentes e diversos setores de consumo dificilmente serão atendidos por eletricidade ou biocombustíveis.

Há diversas oportunidades para o hidrogênio, que possibilita a instalação e a integração de fontes renováveis de energia em grande escala, atua como armazenador de energia, possibilita a geração de energia descentralizada em setores e regiões e é um potencial descarbonizador do setor de transporte com zero emissão veicular, do setor industrial e do residencial produzindo calor e eletricidade, além de ser uma matéria-prima limpa para a indústria (HYDROGEN COUNCIL, MCKINSEY & COMPANY, 2021).

**O hidrogênio verde é considerado o substituto estratégico dos combustíveis fósseis para a obtenção de energia limpa no longo prazo para os setores de difícil descarbonização** (refinarias, indústria química, siderurgia e outras indústrias intensivas em energia) e como tecnologia de armazenamento de energia para lidar com a maior inserção de fontes renováveis variáveis nos sistemas elétricos. A demanda mundial pelo hidrogênio verde (gerado a partir de energias renováveis) coloca o Brasil em destaque como potencial supridor internacional, dada a riqueza local de recursos renováveis e consequente competitividade de geração, com destaque para as fontes eólica e fotovoltaica (MME/EPE, 2022).

As aplicações energéticas do hidrogênio verde ainda são bastante limitadas por diversos fatores, como desafios tecnológicos, custos de produção, custos dos equipamentos para uso energético do hidrogênio, dificuldade de seu transporte e armazenamento, necessidade de desenvolvimento de arcabouços institucionais, legais e regulatórios (desenho de mercado, normatização) (EPE, 2021a). O aproveitamento mais amplo de projetos energéticos baseados em hidrogênio demandará um aporte de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, para que o país seja um ator relevante na economia do hidrogênio que se apresenta no horizonte. No entanto, diversas rotas para a produção de hidrogênio estão sendo estudadas utilizando energia renovável no Brasil. As empresas que já anunciaram oficialmente sua intenção de produzir hidrogênio verde no país são: Qair (Ceará e Pernambuco), Fortescue (Ceará e Rio de Janeiro), Enegix (Ceará), White Martins (Ceará), Neoenergia (Pernambuco) e AmmPower (Espírito Santo), com investimentos superiores a US\$ 22 bilhões, concentrados em portos brasileiros que possuem logística para exportação (EPBR, 2021).




No setor industrial, a elaboração de cenários de mitigação precisa levar em consideração a conjuntura atual da indústria, além das tecnologias possíveis. Redução direta do aço utilizando hidrogênio verde e CCS são tecnologias fundamentais para a descarbonização da indústria global. Entretanto, ambas tecnologias apresentam elevado custo e necessitam complexa infraestrutura. O atual cenário da indústria brasileira se caracteriza pela passagem de sucessivas crises, alto nível de endividamento



mento e baixa capacidade de utilização. No horizonte de curto prazo até 2030 não há perspectiva de novas plantas industriais no país, onde essas tecnologias inovadoras podem ser consideradas. Além disso, sua utilização não se justifica frente à disponibilidade de redução das emissões através de medidas mais baratas, como eficiência energética e utilização de combustíveis alternativos.

Para além da normatização de condições de segurança e do desenho e regulação de mercado, o principal desafio para o desenvolvimento do uso energético do hidrogênio é alcançar os níveis de competitividade com outras fontes a partir da redução de seus custos.

Além disso, para o Brasil é mais lucrativo exportar hidrogênio ou vendê-lo como matéria-prima para a indústria do que usá-lo como vetor energético (MACEDO, PEYERL, 2022). O processo de produção, armazenamento e transformação do hidrogênio verde em energia não é o mais lucrativo do ponto de vista econômico, porque essa última etapa implica na adoção de sistemas a célula combustível, o que encarece o processo. Então, vender para setores como transporte ou indústria, a exemplo da siderurgia e de fertilizantes, é mais lucrativo e deve favorecer a competitividade industrial.



O PNE 2050 (MME/EPE, 2020) recomenda o estabelecimento de políticas públicas para o incentivo da utilização das tecnologias de hidrogênio na transição energética brasileira, pois trata-se de um energético versátil que pode ser produzido a partir de inúmeras fontes, incluindo produção por eletrólise da água a partir de sistemas de energia renovável. Neste caso, o hidrogênio pode ser produzido nos momentos em que os preços de energia estão baixos, podendo oferecer oportunidades de acoplamento com setores de difícil descarbonização e representar uma oportunidade de provimento de flexibilidade aos sistemas energéticos. Essas políticas deverão buscar capacidades tecnológicas e de P&D.



## **b) Novas nucleares**

Os Pequenos Reatores Modulares (SMRs, na sigla em inglês) vêm ganhando cada vez mais espaço na agenda internacional, em busca de soluções para alcançar a neutralidade de carbono (ABDAN, 2022).

Os pequenos reatores modulares são reatores avançados de até 300 MW por módulo (LIOU, 2022). Seu design lhes permite serem produzidos externamente às usinas, em unidades de fabricação, para posterior transporte e acoplamento nas usinas de geração, onde podem ser instalados tanto individualmente, quanto em um conjunto de módulos.

O tamanho físico do projeto e a área do sítio das SMRs são menores. São projetos simplificados e modulares com fabricação em série, com um número reduzido de componentes e sistemas e de maior flexibilidade de operação (Load Follow). Além disso, tem aplicações diversas além de geração de eletricidade (Co-geração, incluindo vapor industrial para usos diversos, dessalinização da água do mar, produção de hidrogênio verde e combustíveis sintéticos, entre outros).

A maior vantagem ambiental da geração elétrica através de usinas nucleares é a não utilização de combustíveis fósseis. Além disso, ocupam áreas relativamente pequenas, podem ser instaladas próximas aos centros consumidores e não dependem de fatores climáticos para o seu funcionamento (ELETRONUCLEAR, 2022).

A correta e segura destinação final de resíduos de alta radioatividade gerados no processo exigem gestão especial em função de periculosidade, e é muito importante para a aceitação social. Esta deveria ser alcançada através de ações governamentais que garantam a operação das usinas nucleares de forma segura. Além disso, é fundamental um plano especial da gestão de segurança para garantir a operação segura de usinas nucleares e o licenciamento nuclear do local para instalação de reatores.

O cenário de referência do PDE 2031 prevê a contratação de uma nova usina nuclear de 1GW de potência na região Sudeste, para atender a uma diretriz da política energética do governo atual. No entanto, nas edições anteriores do PDE, assim como nos nossos cenários, a capacidade instalada de energia nuclear estava restrita às usinas de Angra 1 e 2, com 2GW no total; e à conclusão das obras de Angra 3 (1,4 GW), prevista para 2027.

Apesar de ser mais cara que alternativas renováveis, a energia nuclear é uma energia despachável com elevado fator de capacidade, que não sofre influência de variações climáticas e sem emissão de gases do efeito estufa na geração (MME/EPE, 2022).

### c) Eólica *offshore*

A eólica *offshore* tem grande potencial no Brasil (NOGUEIRA, 2020, ORTIZ, G. P; KAMPEL, 2011, PIMENTA, Felipe, KEMPTON, *et al.*, 2008, PIMENTA, Felipe M., ASSIREU, 2015, SILVA, Amanda Jorge Vinhoza de Carvalho, 2019, SILVA, Allan Rodrigues, PIMENTA, *et al.*, 2016). O país tem experiência prévia na utilização do recurso eólico *onshore* e de toda a estrutura *offshore* que existe na exploração de petróleo e gás, além do fato dessa fonte de geração estar se expandindo mundialmente a um preço competitivo (IEA WIND, 2017).

Apesar de não haver empreendimentos construídos, já existem 66 projetos de eólica *offshore* em processo de licenciamento ambiental no IBAMA, totalizando 169,4 GW (IBAMA, 2022). A publicação do Decreto 10.946/2022, que dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos para geração elétrica *offshore*, é um marco inicial da regulamentação da modalidade no setor e reacendeu expectativas quanto à concretização de projetos eólicos *offshore* no Brasil. Para uma definição do arcabouço regulatório do setor, o governo deve elaborar uma portaria para aprimorar as regras para o mercado de energia eólica *offshore*.

**A próxima fronteira para o avanço do aproveitamento eólico no Brasil é o ambiente marinho.** A principal vantagem é uma maior disponibilidade e qualidade do recurso eólico, pois comparando com a energia eólica *onshore* os ventos marítimos tendem a fluir em velocidades mais altas, graças à baixa rugosidade da superfície, permitindo que as turbinas produzam mais eletricidade. A principal desvantagem é o alto custo de instalações em ambientes *offshore*. A energia eólica *offshore* revela-se como mais um importante caminho na garantia da segurança de fornecimento e na transição energética para uma economia menos carbonizada. No entanto, ainda enfrenta grandes desafios a serem superados, no tocante a políticas públicas e regulamentação.

Entretanto, alguns estudos mostram, com base em curvas de aprendizagem tecnológica, uma queda do custo de 20% no custo nivelado de energia entre 2010 e 2018 (IRENA, 2019, 2020). Os avanços tecnológicos estão permitindo a instalação de turbinas de maior capacidade e em águas mais profundas, mas seus impactos ambientais, apesar de modestos, ainda não são totalmente conhecidos.

No cenário CMA, as premissas de custo da energia eólica *offshore* em 2040 e 2050 foram ajustadas para iniciar alguma penetração eólica *offshore* de pequena escala (3GW). Há uma redução de custos quando a energia eólica *offshore* é associada à produção e descomissionamento de plataformas de petróleo e gás (CARVALHO, 2019). As plataformas de petróleo e gás podem ser usadas como *hubs* para parques eólicos *offshore*, e parte dos custos alocada à eletricidade gerada pela eólica *offshore* e outra parte ao custo de descomissionamento das empresas de petróleo. Além disso, a eólica *onshore* esgotará os melhores locais, e estará em distâncias maiores das fábricas, com maiores restrições socioambientais, que podem causar aumento dos custos da energia eólica *onshore* após 2050. O cenário precisa ser sustentado no longo prazo (após 2050). No futuro, pode ser necessário expandir a geração eólica

*offshore* e os custos podem ter se tornado competitivos, pois seu desenvolvimento ainda está em estágio incipiente

#### **d) Solar flutuante**

A instalação de sistemas fotovoltaicos em espelhos d'água aparece como mais uma alternativa de sua aplicação, com potenciais ganhos de eficiência, e é conhecida como energia solar flutuante. A principal diferença entre um sistema solar fotovoltaico convencional e uma usina fotovoltaica flutuante é a plataforma flutuante (estruturas de suporte para fixação dos módulos fotovoltaicos, cabos e em alguns casos também inversores), juntamente com ancoragem e ancoradouro (EPE, 2020).

A tecnologia fornece algumas propriedades adicionais e únicas, incluindo: evaporação reduzida da água do reservatório; mitigação do crescimento de algas; maior eficiência de geração de eletricidade em comparação com o PV tradicional devido aos efeitos de resfriamento da água; e prevenção de conflitos de uso da terra (PADILHA CAMPOS LOPES, NOGUEIRA, *et al.*, 2022).

Os valores da solar flutuante podem ser de 18% a 25% maiores que os de UFV tradicionais, principalmente devido ao maior custo dos flutuadores (EPE, 2020, WOOD MACKENZIE, 2019, WORLD BANK, ESMAP, *et al.*, 2019). Por ser uma tecnologia nova no Brasil, ainda não há dados ou estudos suficientes que permitam avaliar se tal sobrecurso existe em projetos nacionais e qual seria sua magnitude, sobretudo pela incerteza sobre o custo de operação e manutenção. Desde o PDE 2030 a tecnologia solar fotovoltaica flutuante é considerada no Plano Decenal, mas os resultados das simulações indicam que ela ainda é menos competitiva que os projetos tradicionais (MME/EPE, 2022).

A primeira usina solar flutuante do Brasil foi inaugurada em 2019, com capacidade de gerar 1 MWp, instalada pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf) no reservatório de Sobradinho, na Bahia (CHESF, 2019). A Resolução Normativa nº 954 autoriza as hidrelétricas participantes do Mecanismo de Realocação de Energia a investir, a partir da aprovação da ANEEL, em uma ou mais formas de geração de energia, ou seja, tenham painéis fotovoltaicos e/ou aerogeradores para geração híbrida.

## e) Tecnologias de Armazenamento

Tecnologias de armazenamento de energia auxiliam no preenchimento das lacunas temporais e geográficas entre a oferta e a demanda de energia elétrica e são ferramentas promissoras para alcançar um futuro de baixo carbono, pois permitem dissociar a oferta e a demanda de energia (LANDRY, GAGNON, 2015). Podem ser citados como exemplos as usinas hidrelétricas reversíveis, hidrogênio, baterias, armazenamento de ar comprimido (*Compressed Air Energy Storage Systems*), supercapacitores e supercondutores magnéticos, bombas de calor e sais fundidos. Essas soluções de armazenamento não agregam energia firme, mas podem ofertar potência em momentos de maior necessidade (consomem energia para estarem disponíveis nos momentos em que são exigidas) (MME/EPE, 2020).

As baterias, se ampliarem sua competitividade, terão um papel fundamental na transição, sobretudo para garantir a confiabilidade do sistema elétrico (MME/EPE, 2020). No setor de transporte, as baterias terão um papel relevante, mas disputarão mercado, no curto prazo, com os combustíveis e biocombustíveis e, no longo prazo (após 2050), com o hidrogênio em veículos elétricos movidos a célula de combustível (se viável comercialmente).

Os sistemas de armazenamento podem ser utilizados em conjunto com a geração (compensando os efeitos da intermitência de fontes renováveis não despacháveis na geração do Sistema Interligado Nacional ou em comunidades isoladas não interligadas ao SIN), ou com as instalações de distribuição e transmissão (melhor gestão dos ativos da rede), sendo utilizados para a prestação de serviços ancilares (potência elétrica e reserva operativa do sistema), e para atuar como serviços de backup em caso de blackout ou no suprimento de energia elétrica para veículos.

No Brasil, o uso de sistemas de armazenamento de energia ainda é incipiente, ainda na fase de projetos de pesquisa. A viabilidade das soluções de armazenamento depende das aplicações propostas, das regulamentações existentes e dos seus mecanismos locais e temporais de remuneração. O atual marco regulatório do setor elétrico brasileiro dificulta a participação de soluções de armazenamento ao comercializar como único produto a energia produzida. A precificação horária foi um primeiro passo para a inserção desses recursos, mas a remuneração adequada pelos serviços prestados é importante para que as diferentes tecnologias de armazenamento se desenvolvam (LANDRY, GAGNON, 2015).

#### **f) Termelétrica *offshore* com CCS (*Gas to wire*)**

Na área de E&P, nosso cenário considera a tecnologia de Recuperação Avançada de Petróleo (EOR) para aumento da extração de petróleo nos reservatórios existentes (PETROBRAS, 2020). Como o CCS ainda não está disponível (nem tecnologias prontas e nem reservatórios para estocar o CO<sub>2</sub>) no país, e seu custo no Brasil seria demasiadamente elevado, esta tecnologia não foi considerada nos cenários.

No entanto, uma opção tecnológica para a adoção de CCS na exploração de petróleo *offshore* é a geração de energia elétrica, que pode ser feita em centrais elétricas *offshore* com captura e sequestro de carbono (*gas to wire*). O gás natural é recebido pela plataforma *offshore*, e depois de pré-tratado é convertido em eletricidade que é exportada através de cabos submersos para os mercados de energia, ou usada na própria plataforma de petróleo (ROUSSANALY, AASEN, *et al.*, 2019) A combinação de *Gas-To-Wire offshore* com captura de carbono permite a redução de emissões ao mesmo tempo em que fornece receitas de recuperação aprimorada de petróleo, pois o CO<sub>2</sub> da combustão pode ser injetado nos reservatórios contribuindo para o aumento da produção de óleo (INTERLENGHI, SILVA, *et al.*, 2019).

No Brasil, ainda há um baixo nível de desenvolvimento tecnológico e altos custos para implementação de tecnologias de CCUS em indústrias e na geração termelétrica, necessitando também de regulamentação para sua viabilização nesses setores.

## Conclusões

**Para o Brasil se beneficiar da transição energética é necessária a administração estratégica da abundância e diversidade de recursos, para a economia do país desenvolver riqueza, resiliência e melhorar a qualidade de vida da sociedade.** O Brasil tem vantagens comparativas devido à grande disponibilidade de área com bons recursos naturais para produção competitiva de energia renovável. A transição energética terá como base fontes renováveis de energia, a eletrificação (sobretudo renovável), os biocombustíveis, mudanças de padrões de consumo, a eficiência energética e o gás natural (MME/EPE, 2020).

Ainda que os cenários propostos não dependam de tecnologias disruptivas para serem viabilizados, é preciso considerar a inserção brasileira na 4ª Revolução Tecnológica, incluindo tecnologia da informação, automação, bioeconomia, entre outros. Os pacotes tecnológicos já estudados devem ser alçados à condição de prioridade para atração e captação de financiamento climático.

As tecnologias disruptivas são capazes de alterar significativamente o mercado de energia, mas ainda temos poucos elementos para antever sua inserção na matriz energética e os desdobramentos decorrentes (MME/EPE, 2020). Por exemplo, a produção de hidrogênio verde e CCS (em indústrias e geração termelétrica) apresentam custos de implantação e operação relativamente altos e demandam vultuosos investimentos iniciais para suas instalações. No Brasil, essas e outras tecnologias podem ser viabilizadas à medida que haja redução de custos através de uma curva de aprendizagem, e que sejam implementadas políticas de incentivos, avanços legais e regulatórios, dentre outros estímulos. Nos nossos cenários não consideramos uma entrada em larga escala dessas tecnologias no curto prazo até 2030. As políticas de estímulo à P&D deverão buscar aumentar a capacidade tecnológica.

O CMA foca na redução dos efeitos das mudanças climáticas e das emissões do país em todos os setores da economia (*economy-wide*). O cenário não considerou a entrada de nenhuma tecnologia disruptiva até 2050, apenas a eficiência energética (principalmente na indústria) e a inserção de uma nova tecnologia no país depois de 2040, a geração eólica *offshore*, por questões econômicas. No entanto, há outras possibilidades de tecnologias tais como usinas nucleares do tipo SMR (*Small Modular Reactor*), baterias, termelétricas *offshore* em plataformas com captura e sequestro de carbono, hidrogênio, solar flutuante, *Smart grids*, hibridização de geração elétrica, entre outras que não devem ser descartadas. Essas novas tecnologias de geração de energia limpa apresentam-se como alternativas interessantes, mas precisam de maior regulamentação e estudos de impactos ambientais, além de estudos de inventários e viabilidade técnico-econômica.

Cada tecnologia tem suas especificidades e benefícios, mas **um marco regulatório consistente deve garantir que novas cadeias produtivas possam ser criadas e desenvolvidas, contribuindo para o crescimento e desenvolvimento do setor de energia e da economia brasileira**, pois a transição energética cria possibilidades de investimento em inovações tecnológicas.

**O setor elétrico do Brasil pode ser um fator central na descarbonização da economia do país e do mundo pela eletrificação do transporte e da indústria, e pela produção de hidrogênio para exportação.** E pode contribuir para uma estratégia de desenvolvimento com emissões líquidas nulas. No entanto, isso depende da evolução da matriz elétrica baseada em fontes renováveis, e não em decisões de política energética que vão de encontro a essa descarbonização da economia, como a Lei nº 14.182/2021 (Construção de 8GW de UTE inflexíveis) e a Lei nº 14.229/2022 (garantindo a contratação até 2040 de energia gerada por termelétricas movidas a carvão mineral, continuidade para um subsídio para geração de energia elétrica a carvão). **A atuação governamental é relevante para orientar as respostas do mercado através de políticas que combinem menos emissões e economia.**

Para viabilizar os cenários de maior ambição, é necessário adotar instrumentos de precificação de carbono e destravar as finanças climáticas no país. Isso significa tanto fazer a transição do sistema financeiro para baixo carbono, quanto financiar a transição. É necessário **aumentar a transparência dos subsídios e incentivos fiscais concedidos, especialmente a combustíveis fósseis e a outras atividades intensivas em carbono.**

## Referências

ABDAN. **Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Atividades Nucleares**. 2022. Disponível em: <https://abdan.org.br/>. Acesso em: 24 jun. 2022.

ABDAN. **Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Atividades Nucleares**. 2022.

Abiogás. **PNBB – Programa Nacional do Biogás e Biometano**. São Paulo, sem data. Disponível em: <https://abiogas.org.br/biblioteca/>

Abrace. **Manifesto por um setor elétrico mais moderno, competitivo e acessível a todos os brasileiros**. Brasília, 14 de março de 2022. Disponível em: <https://abrace.org.br/noticia/manifesto-por-um-setor-eletrico-mais-moderno-competitivo-e-acessivel-a-todos-os-brasileiros/>

Abraceel. **Estudo Abraceel - Impacto da energia no IPCA**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://abraceel.com.br/biblioteca/estudos/2022/02/estudo-abraceel-impacto-da-energia-eletrica-no-ipca/>

Agência Senado. **Sancionada política de apoio ao setor de energia a carvão de Santa Catarina**. Brasília, 06/01/22. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/843438-sancionada-politica-de-apoio-ao-setor-de-energia-a-carvao-de-santa-catarina>

Barros, R. **Transição energética não é eliminar fóssil, diz Fernando Zancan**. Poder 360, Brasília, 11/06/22. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/brasil/transicao-energetica-nao-e-eliminar-fossil-diz-fernando-zancan/>

BARROSO, L. A., KELMAN, R., GASPAR, L. de S. **Panorama e Perspectivas para o Gás Natural no Brasil**. Instituto E+ **Transição Energética**. Rio de Janeiro, Brasil, [s.n.], 2020. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/89/a2/89a2e220-e21c-4435-94cc-27cf4c7bfd10/panoramaperspectivagasnaturalbrasil.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/89/a2/89a2e220-e21c-4435-94cc-27cf4c7bfd10/panoramaperspectivagasnaturalbrasil.pdf).

Belmonte, L. **Deus e o diabo na modernização do setor elétrico**. Jota, Brasília, 13/05/22. Disponível em: <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/artigos/deus-e-o-diabo-na-modernizacao-do-setor-eletrico-13052022>

Borges, A. **'Centrão duto' é interferência política e vai encarecer conta de luz, dizem especialistas**. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 10/05/22. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/politica/centraoduto-e-interferencia-politica-e-vai-encarecer-conta-de-luz-dizem-especialistas/>

Brasil (A). **Lei 14.182, de 12 de julho de 2022**. Diário Oficial da União, Brasília, 13/07/22. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14>.



[182-de-12-de-julho-de-2021-331549377](#)

Brasil (B). **Lei 14.299, de 5 de janeiro de 2022.** Diário Oficial da União, Brasília, 06/01/22. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14-299-de-5-de-janeiro-de-2022-372226134>

Brasil (C). **Lei Complementar 194, de 23 de junho de 2022.** Diário Oficial da União, Brasília, 23/07/22. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-complementar-n-194-de-23-de-junho-de-2022-410028232>

BRASIL. "LEI Nº 14.134, DE 8 DE ABRIL DE 2021"., 2021 a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/L14134.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14134.htm).

BRASIL. "LEI Nº 14.182, DE 12 DE JULHO DE 2021- Dispõe sobre a desestatização da empresa Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras)"., 2021 b.

Câmara dos Deputados. **PL 414/21 (Nº anterior PLS 232/2016).** Brasília, 10/02/21. Acesso em 16/07/22. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2270036>

Câmara dos Deputados. **Proposta de Emenda à Constituição nº 45, de 2019.** Brasília, 03/04/19. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2196833>

CARVALHO, L. P. de. **A potencial sinergia entre a exploração e produção de Petróleo e gás natural e a geração de energia eólica offshore: o caso do Brasil.** 2019. 268 f. COPPE/UFRJ, 2019.



Centro Clima. **Projeções de cenários.** (Apresentação realizada no debate).

CEPEL. **MATRIZ.** 2018. MATRIZ - Energy Matrix Projection Model. Disponível em: [http://www.cepel.br/en\\_us/products/computer-programs-by-category/menu/matrix-energy-matrix-projection-model-2.htm](http://www.cepel.br/en_us/products/computer-programs-by-category/menu/matrix-energy-matrix-projection-model-2.htm). Acesso em: 14 jul. 2021.

CHESF. **Chesf energiza Usina Solar Flutuante.** 2019. Disponível em: [https://www.chesf.gov.br/\\_layouts/15/chesf\\_noticias\\_farm/noticia.aspx?idnoticia=373](https://www.chesf.gov.br/_layouts/15/chesf_noticias_farm/noticia.aspx?idnoticia=373). Acesso em: 15 jul. 2022.

Corsini, I., Brasil, F. **Produção de energia por termelétricas cresce 77% em 2021, aponta estudo.** CNN, São Paulo, 02/07/22. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/producao-de-energia-por-termeletricas-cresce-77-em-2021-aponta-estudo/>

ELETRONUCLEAR. **Energia Nuclear.** 2022. Disponível em: <https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/espaco-do-conhecimento/Paginas/Energia-Nuclear.aspx>. Acesso em: 28 maio 2022.



EPBR. **Portos com eólicas offshore são modelos preferidos para hidrogênio verde no Brasil.** 2021. Gabriel Chiappini. Disponível em: <https://epbr.com.br/portos-e-eolicas-offshore-sao-modelos-preferidos-preferidos-para-hidrogenio-verde-no-brasil/>. Acesso em: 13 set. 2021.

EPE, GIZ, TRACTEBEL, *et al.* **Energy Systems of the Future: Integrating variable renewable energy sources in Brazil's energy matrix. Executive Summary.** . Rio de Janeiro, [s.n.], 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/estudo-de-integracao-de-fontes-renovaveis-variaveis-na-matriz-eletrica-do-brasil>.


EPE, GIZ. **Untapping flexibility in power systems.** . Rio Brasil, de Janeiro/RJ, [s.n.], 2017. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/180125\\_BMWi\\_Int\\_EW\\_Summary\\_Workshop\\_Flexibility\\_BRA.PDF](https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/180125_BMWi_Int_EW_Summary_Workshop_Flexibility_BRA.PDF).

EPE. **Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio.** . Rio de Janeiro, Empresa de Pesquisa Energética, 2021a. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT\\_Hidrogenio\\_rev01\\_\(1\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidrogenio_rev01_(1).pdf).

EPE. **EXPANSÃO DA GERAÇÃO Solar Fotovoltaica Flutuante Aspectos Tecnológicos e Ambientais relevantes ao Planejamento.** . Rio Brasil, de Janeiro/RJ, [s.n.], 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-466/NT\\_Solar\\_Fotovoltaica\\_Flutuante.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-466/NT_Solar_Fotovoltaica_Flutuante.pdf).



EPE. **Gás Natural Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2031.** . Rio Brasil, de Janeiro/RJ, [s.n.], 2021b.



EPE. **Nota Técnica - Resposta da Demanda: Conceitos, Aspectos Regulatórios e Planejamento Energético. EPE-DEE-NT-022/2019.** Rio Brasil, de Janeiro/RJ, [s.n.], 2019. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-389/NT\\_EPE\\_DEE-NT-022\\_2019-r0.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-389/NT_EPE_DEE-NT-022_2019-r0.pdf).

EPE. **Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2021 – ano base 2020.** . Rio de Janeiro, Brasil, [s.n.], 2021c. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN\\_Síntese\\_2021\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_Síntese_2021_PT.pdf).

Escopo Energia. **Revisão analítica do benchmark climático e proposta de indicadores prioritários para acompanhar a evolução do setor energético em relação à transição para zero carbono líquido.** Junho, 2022 (não publicado).

Felin, B.; De Simoni, W. **Estudo revela estado da qualidade do ar e mostra como o tema é negligenciado no Brasil.** São Paulo, 27/01/21. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/noticias/estudo-revela-estado-da-qualidade-do-ar-e-mostra-como-o-tema-e-negligenciado-no-brasil>

Ferreira, R. **Abertura do mercado livre: o fim da novela.** Brasília, 01/02/22. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/opiniao/abertura-do-mercado-livre-de-energia-o-fim-da-novela/>

Figueiredo, M. **Entenda como funciona o Programa de Resposta da Demanda.** Abrace, Brasília, 07/07/21. Disponível em: <https://abrace.org.br/noticia/entenda-como-funciona-o-programa-de-resposta-da-demanda/>

GELLINGS, C. W. **The smart grid: enabling energy efficiency and demand response.** Lilburn, GA 30047, The Fairmont Press, 2009. Disponível em: [https://www.academia.edu/35403948/The\\_Smart\\_Grid\\_Enabling\\_Energy\\_Efficiency\\_and\\_Demand\\_Response](https://www.academia.edu/35403948/The_Smart_Grid_Enabling_Energy_Efficiency_and_Demand_Response).

GiZ. **Sistemas de energia do futuro no Brasil.** Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.giz.de/en/worldwide/73757.html>

Gugliemoni, A.; Umbria, F.; Bezerra, P. **Proposta de redistribuição de custos de energia elétrica por meio de tarifação progressiva no Brasil – Relatório técnico.** Rio de Janeiro, julho de 2022 (Não publicado).

HYDROGEN COUNCIL, MCKINSEY & COMPANY. **Hydrogen for Net-Zero A critical cost-competitive energy vector.** . [S.l: s.n.], 2021. Disponível em: <https://hydrogen-council.com/wp-content/uploads/2021/11/Hydrogen-for-Net-Zero.pdf>.



IBAMA. **COMPLEXOS EÓLICOS OFFSHORE PROJETOS COM PROCESSOS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL ABERTOS NO IBAMA.** 2022. Disponível em: [http://ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/2022-08-11\\_Usinas\\_Eolicas\\_Offshore\\_Ibama.pdf](http://ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/2022-08-11_Usinas_Eolicas_Offshore_Ibama.pdf). Acesso em: 17 ago. 2022.

iCS. **Luz e gás consomem mais da metade da renda de 46% dos brasileiros.** Rio de Janeiro, 19/07/22. Disponível em: <https://climaesociedade.org/luz-e-gas-consomem-mais-da-metade-da-renda-de-46-dos-brasileiros/>

IEA WIND. **IEA Wind Technology Collaboration Programme.** . [S.l: s.n.], 2017.

IEMA. **TERMELETRICAS A GÁS NATURAL NA MP 1.031/2021.** . São Paulo, [s.n.], 2021. Disponível em: [http://energiaambiente.org.br/wp-content/uploads/2021/07/IEMA\\_privatizacaodaetrobras\\_termeletricasjul-2021.pdf](http://energiaambiente.org.br/wp-content/uploads/2021/07/IEMA_privatizacaodaetrobras_termeletricasjul-2021.pdf).

Instituto Clima e Sociedade (coord.) (iCS). **A hora e a vez da eficiência energética.** Rio de Janeiro, 2021.



INSTITUTO E+ TRANSIÇÃO ENERGÉTICA. **A contratação compulsória na MP DA ELETROBRAS e a Transição Energética.** . Rio Brasil, de Janeiro/RJ, [s.n.], 2021. Disponível em: [https://emaisenergia.org/wp-content/uploads/2021/06/MP\\_Eletrbras\\_TE.pdf](https://emaisenergia.org/wp-content/uploads/2021/06/MP_Eletrbras_TE.pdf).

INSTITUTO E+ TRANSIÇÃO ENERGÉTICA. **Descarbonização do Setor de Energia no Brasil.** . Rio de Janeiro, Brasil, [s.n.], 2022.



Instituto Escolhas (A). **A insustentável leveza dos 'jabutis': Impactos da privatização da Eletrobras no setor elétrico brasileiro.** São Paulo, 2021.

Instituto Escolhas (B). **O impacto econômico da eficiência energética no Brasil: refrigeradores.** São Paulo, maio de 2021.


Instituto Escolhas. **Como baixar a conta de luz em até 13,5%.** Rio de Janeiro, maio de 2022.

INSTITUTO ESCOLHAS. **Relatório Desestatização da Eletrobras Impactos no planejamento do setor elétrico.** . São Paulo, Brasil, [s.n.], 2021. Disponível em: [https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/Relatorio\\_Final\\_Eletrbras.pdf](https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/Relatorio_Final_Eletrbras.pdf).

Instituto Pólis. **O gás na justiça energética.** São Paulo, maio de 2022. Disponível em: <https://polis.org.br/estudos/gas-na-justica-energetica/>



INTERLENGHI, S. F., SILVA, R. de P. F., DE MEDEIROS, J. L., *et al.* "Low-emission offshore Gas-To-Wire from natural gas with carbon dioxide: Supersonic separator conditioning and post-combustion decarbonation", **Energy Conversion and Management**, v. 195, n. June, p. 1334–1349, 2019. DOI: 10.1016/j.enconman.2019.05.096. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.05.096>.



IRENA. **Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020.** Abu Dhabi, International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020. Disponível em: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/IRENA\\_RE\\_Jobs\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/IRENA_RE_Jobs_2020.pdf).

IRENA. **RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2018.** . Abu Dhabi, [s.n.], 2019. Disponível em: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA\\_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf).

Júnior, J. **Bolsonaro sanciona lei que limita ICMS de combustíveis, mas veta compensação a estados.** Agência Câmara de Notícias, Brasília, 24/06/22. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/890296-bolsonaro-sanciona-lei-que-limita-icms-de-combustiveis-mas-veta-compensacao-a-estados/>

LANDRY, M., GAGNON, Y. **Energy Storage: Technology Applications and Policy Options.** [S.l.], Elsevier B.V., 2015. v. 79. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.494>.

LIOU, J. **What are Small Modular Reactors (SMRs)?** 2022. IAEA. Disponível em: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs>. Acesso em: 29 maio 2022.

MACEDO, S. F., PEYERL, D. "Prospects and economic feasibility analysis of wind and solar photovoltaic hybrid systems for hydrogen production and storage: A case study of the Brazilian electric power sector", **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 47, n. 19, p. 10460–10473, 2022. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2022.01.133. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.01.133>.

Ministério de Minas e Energia (MME). **Portaria normativa nº 46/GM/MME, de 23 de junho de 2022**. Diário Oficial da União, 24/06/22. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-divulga-diretrizes-para-o-leilao-de-reserva-de-capacidade-na-forma-de-energia-de-2022#:~:text=O%20Minist%C3%A9rio%20de%20Minas%20e,Forma%20de%20Energia%20de%202022>.

MME. **GT Modernização do Setor Elétrico: Sumário Executivo**. . Brasília, Brasil, [s.n.], 2019a. Disponível em: [https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/secretaria-executiva/modernizacao-do-setor-eletrico/arquivos/pasta-geral-publicada/sumario-executivo\\_relatorio-do-gt-modernizacao-do-setor-eletrico-sumario-executivo\\_v2.pdf](https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/secretaria-executiva/modernizacao-do-setor-eletrico/arquivos/pasta-geral-publicada/sumario-executivo_relatorio-do-gt-modernizacao-do-setor-eletrico-sumario-executivo_v2.pdf).

MME. **Portaria MME nº 187, de 4 de abril de 2019- Modernização do Setor Elétrico**. 2019b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/secretaria-executiva/modernizacao-do-setor-eletrico/gt-modernizacao>.

MME/EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. . Brasília, Brasil, [s.n.], 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE\\_2030\\_RevisaoPosCP\\_rv2.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE_2030_RevisaoPosCP_rv2.pdf).

MME/EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. . Brasília, Brasil, [s.n.], 2022. Disponível em: [https://storage.epbr.com.br/2022/04/PDE\\_2031\\_RevisaoPosCP\\_rv2.pdf](https://storage.epbr.com.br/2022/04/PDE_2031_RevisaoPosCP_rv2.pdf).

MME/EPE. **Plano Nacional de Energia 2050**. . Brasília, Brasil, [s.n.], 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio\\_Final\\_do\\_PNE\\_2050.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio_Final_do_PNE_2050.pdf).

MOROZOWSKI, M., MOTA, C. S., NASSER, I. C., "Planejamento Energético de longo Prazo: Metodologia de Cálculo de Indicadores de Flexibilidade". In: PEREIRA, A. O. (Org.), **Fontes Renováveis de energia, redes inteligentes e os caminhos para uma economia carbono neutra**, Rio de Janeiro, Brasil, Synergia, 2021. p. 344.

NOGUEIRA, C. E. **Análise da inserção da geração eólica offshore no Sistema In-**



**terligado Nacional.** 2020. 102 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/images/ÉrikaNogueira-Mestrado.pdf>.




ORTIZ, G. P; KAMPEL, M. **Potencial de energia eólica Offshore na margem do Brasil.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. [S.l: s.n.], 2011.

PADILHA CAMPOS LOPES, M., NOGUEIRA, T., SANTOS, A. J. L., *et al.* "Technical potential of floating photovoltaic systems on artificial water bodies in Brazil", **Renewable Energy**, v. 181, p. 1023–1033, 2022. DOI: 10.1016/j.renene.2021.09.104. .

PETROBRAS. **Caderno de mudança do clima.** . [S.l: s.n.], 2020. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/sociedade-e-meio-ambiente/meio-ambiente/mudancas-do-clima/>.

PIMENTA, F. M., ASSIREU, A. T. "Simulating reservoir storage for a wind-hydro hybrid system", **Renewable Energy**, v. 76, p. 757–767, 2015. DOI: 10.1016/j.renene.2014.11.047. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.047>.

PIMENTA, F., KEMPTON, W., GARVINE, R. "Combining meteorological stations and satellite data to evaluate the offshore wind power resource of Southeastern Brazil", **Renewable Energy**, v. 33, n. 11, p. 2375–2387, 2008. DOI: 10.1016/j.renene.2008.01.012. .



Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional. **2º Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19.** Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://pesquisassan.net.br/2o-inquerito-nacional-sobre-inseguranca-alimentar-no-contexto-da-pandemia-da-covid-19-no-brasil/>

ROUSSANALY, S., AASEN, A., ANANTHARAMAN, R., *et al.* "Offshore power generation with carbon capture and storage to decarbonise mainland electricity and offshore oil and gas installations: A techno-economic analysis", **Applied Energy**, v. 233–234, n. October 2018, p. 478–494, 2019. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.10.020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.020>.

Sabino, M. **Atraso no pagamento da conta de luz entre famílias de baixa renda bate recorde em 2021.** O Estado de S. Paulo, Brasília, 01/02/22. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,conta-de-luz-inflacao-pandemia-familias-de-baixa-renda-recorde,70003966096>

Sales, Claudio. **A expansão tecnologicamente neutra da matriz elétrica.** Brasil Energia, Rio de Janeiro, 01/07/22. Disponível em: <https://editorabrasilenergia.com.br/a-expansao-tecnologicamente-neutra-da-matriz-eletrica/>

Santa Catarina. **Lei 18.330, de 5 de janeiro de 2022.** Diário Oficial do Estado nº 21682, Florianópolis, 06/01/22. Disponível em: <http://doe.sea.sc.gov.br/in->

[dex.php/download/06-01-2022-n-21682/](http://dex.php/download/06-01-2022-n-21682/)

Senado Federal. **Proposta de Emenda à Constituição nº 110, de 2019**. Brasília, 09/07/19. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/137699>

SILVA, A. J. V. de C. **Potencial eólico offshore no Brasil: localização de áreas nobres através de análise multicritério**. 2019. 102 f. COPPE/UFRJ, 2019. Disponível em: [http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/mestrado/Dissert\\_AJVCSilva.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/mestrado/Dissert_AJVCSilva.pdf).

SILVA, A. R., PIMENTA, F. M., ASSIREU, A. T., *et al.* "Complementarity of Brazils hydro and offshore wind power", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 413-427, 2016. DOI: 10.1016/j.rser.2015.11.045. .

Teixeira, P. A. **EPE cadastra 37 projetos para leilão de reserva de capacidade**. São Paulo, 06/07/22. Disponível em: [https://www.canalenergia.com.br/noticias/53217586/epe-cadastra-37-projetos-para-leilao-de-reserva-de-capacidade?utm\\_source=Assinante+CanalEnergia&utm\\_campaign=-199c236bb7-PrincipaisSemana&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_e9f71adea7-199c236bb7-153790161](https://www.canalenergia.com.br/noticias/53217586/epe-cadastra-37-projetos-para-leilao-de-reserva-de-capacidade?utm_source=Assinante+CanalEnergia&utm_campaign=-199c236bb7-PrincipaisSemana&utm_medium=email&utm_term=0_e9f71adea7-199c236bb7-153790161)

WOOD MACKENZIE. "Economics of Floating Solar", 2019. .

WORLD BANK, ESMAP, SERIS. **Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report**. . [S.l: s.n.], 2019.

