

# BOLETIM LEILÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

TERCEIRA EDIÇÃO

Este é o terceiro boletim do Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) sobre os leilões de energia elétrica no Brasil, que tem como objetivo analisar as implicações dos projetos concorrentes em relação ao atendimento do sistema e a atributos ambientais. Nesta edição, o foco é o leilão de reserva de capacidade que será realizado no dia 21 de dezembro de 2021.

## Análise prévia do Leilão para Contratação de Potência Elétrica e de Energia Associada, de 21 de dezembro de 2021

### 1. INTRODUÇÃO

O setor elétrico brasileiro se encontra em um momento de transição. A participação das hidrelétricas, que sempre foram predominantes na matriz elétrica e fornecem flexibilidade<sup>1</sup> ao sistema, vem dando espaço para a entrada de energias renováveis variáveis e para uma maior participação de usinas termelétricas a combustível fóssil, principalmente a gás natural.

As termelétricas, por serem despacháveis<sup>2</sup>, complementam a geração hidráulica e provêm segurança e confiabilidade ao sistema. Já as fontes renováveis solar e eólica são geralmente consideradas não-despacháveis<sup>3</sup> (EPE, 2018b). Apesar de representarem mais de 27% da capacidade instalada da matriz elétrica – incluindo a geração distribuída (Aneel, 2021a) –, fornecem energia ao sistema apenas em períodos específicos do dia ou do ano. Mesmo assim, essas fontes fornecem uma quantidade significativa de energia ao sistema e complementam a geração hidráulica, principalmente quando considerado o efeito portfólio<sup>4</sup> e a complementaridade entre as fontes.

A capacidade de armazenamento de energia e de resposta rápida às flutuações entre oferta e demanda das hidrelétricas vem sendo reduzida nos projetos recentes com a finalidade de reduzir os riscos socioambientais associados aos reservatórios de projetos estudados e, principalmente, por conta de sua vulnerabilidade às mudanças climáticas, demonstrada na mais recente crise hídrica.

Diante desse contexto e da futura necessidade de potência, identificada no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2030, a Lei nº 14.120/2021 (BRASIL, 2021a), antiga Medida Provisória no 998/2020, propôs modificações no marco legal que visam, entre outros objetivos, viabilizar a contratação de um produto específico de reserva de capacidade, na forma de potência. Assim, em agosto de 2021, foi publicada a Portaria Normativa no 20/GM/MME/2021 (BRASIL, 2021b), com as diretrizes do “Leilão de Reserva de Capacidade de 2021”.

O leilão visa a contratação de potência elétrica e de energia associada, exclusivamente, a partir de usinas de geração termelétrica (UTES) novas ou existentes com início de suprimento de potência a partir de julho de 2026 e de energia a partir de janeiro de 2027. São negociados dois produtos: energia, proveniente de UTES

- 1 Capacidade é a possibilidade do sistema atender a demanda a todo instante. Flexibilidade é a possibilidade de variação da geração, de forma controlável, para atender variações na demanda do sistema (EPE, 2018b).
- 2 Usinas despacháveis são aquelas nas quais é possível armazenar um recurso natural primário – água ou combustíveis fósseis – apto a ser convertido em eletricidade a qualquer momento.
- 3 Usinas não-despacháveis são aquelas que dependem de recurso natural primário de oferta variável ou cíclica para gerar eletricidade – sol e vento, por exemplo.
- 4 Efeito portfólio é a diminuição da variabilidade de energia gerada, considerando a geração de múltiplos projetos ou a combinação de diferentes fontes, em comparação com a variabilidade de projetos isolados. A geração de um único parque eólico, por exemplo, possui uma alta variabilidade. No entanto, a geração simultânea dos parques espalhados por toda Região Nordeste tem menos variação (EPE, 2020b).

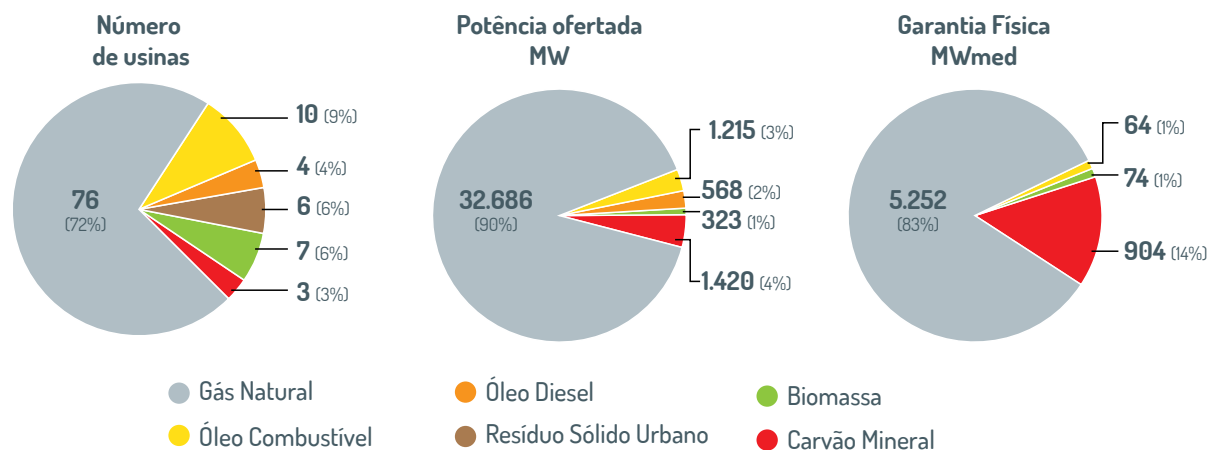
com inflexibilidade operativa de até 30%<sup>5</sup>; e potência, através de UTEs flexíveis e dos vencedores do produto energia (BRASIL, 2021b). É a primeira vez que se contrata potência para o suprimento de necessidades do sistema em momentos de pico e há grande expectativa sobre os resultados do certame.

Os empreendimentos são remunerados por meio de um componente de custos fixos para que fiquem disponíveis no sistema, como um aluguel, e um de custo variável unitário (CVU), pago apenas quando a usina for acionada. Neste leilão, foi estabelecido um teto de R\$ 600/MWh para o CVU, que é superior ao teto estipulado nos últimos leilões de energia. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021a), o limite superior se justifica, pois usinas com custos fixos mais baixos são atrativas para o fornecimento de potência. Estes projetos, em contrapartida, acabam tendo CVU mais elevado, ou um custo final mais baixo, considerando que seu perfil de operação se concentra em momentos de pico de demanda, utilizando menos combustível do que em usinas com operação em tempo integral.

## 2. PANORAMA GERAL DAS UNIDADES GERADORAS PARTICIPANTES

Ao todo, segundo a [Portaria N° 1.098/SPE/MME](#), foram habilitadas 106 unidades geradoras que juntas somam 36,3 GW de potência ofertada e 6,3 GWmed de garantia física. Participam empreendimentos movidos a biomassa (como biogás e bagaço de cana), resíduos sólidos urbanos, gás natural, carvão mineral (nacional e importado), óleo combustível e óleo diesel. Veja na Figura 1 a distribuição das unidades geradoras por número de usinas, potência e garantia física e seus respectivos combustíveis.

Figura 1 - Distribuição das unidades geradoras por combustível



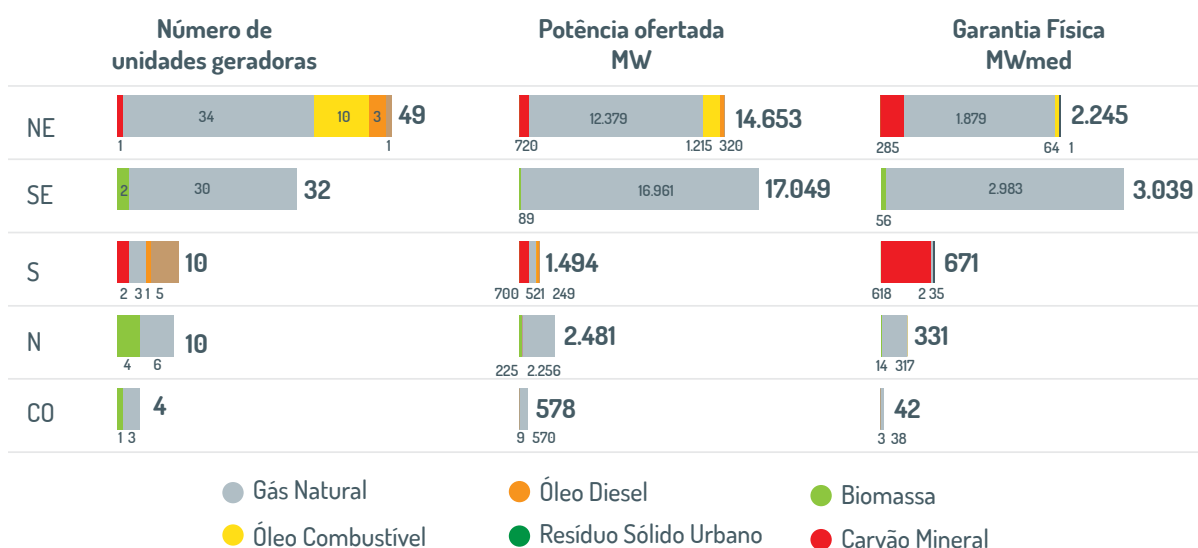
É possível notar a relevância dos empreendimentos a gás natural, que correspondem a 90% da potência ofertada (32,7 GW) e 83% da garantia física (5,2 GWmed), sendo também o combustível mais expressivo em número de usinas cadastradas (76). As unidades geradoras a óleo combustível e diesel que, juntas, somam 14 empreendimentos (13% do total), têm participação maior em potência ofertada (5%) do que em garantia física (menos de 2%), demonstrando que esse tipo de geração tende a ser acionado apenas em momentos de pico do sistema. Apesar de representar apenas 3% em número de usinas, o carvão mineral mostra-se mais relevante quanto à garantia física (14%) do que quanto à potência ofertada. Se contratada, esse tipo de unidade geradora passará mais tempo operando, não se

5 A inflexibilidade operativa representa o mínimo de geração de energia de um projeto, ou seja, no caso desse leilão, projetos que gerarão energia em pelo menos 30% do tempo.

restringindo apenas aos momentos de pico. As unidades a biocombustíveis e a resíduos sólidos correspondem juntas a 12% do número de usinas, mas são pouco expressivas no leilão quanto à potência e à garantia física ofertada, limitando-se a menos de 1,5% do total nos dois casos.

Territorializando as unidades geradoras (Figura 2), pode-se notar que a Região Nordeste é a que mais oferece empreendimentos: quase metade do total (49), totalizando 14,6 GW em potência e 2,2 GWmed de garantia física. No entanto, a Região Sudeste, segunda em número de unidades geradoras (32), é a mais relevante em termos de potência e garantia física ofertada, 17 GW e 3 GWmed, respectivamente. Em ambas as regiões há predomínio de empreendimentos a gás natural, mas a Região Nordeste apresenta maior diversidade de combustíveis, com unidades geradoras movidas a todos os combustíveis, com exceção de biomassa. As Regiões Sul e Norte entram no certame com a mesma quantidade de empreendimentos (10), mas se diferenciam quanto a potência instalada e garantia física. Enquanto a Região Sul propõe empreendimentos que operam por um maior período, como os projetos a carvão, a Norte traz projetos mais concentrados aos momentos de pico. Por último, a região Centro-Oeste aparece com quatro projetos, um total de 0,6 GW e 0,04 GWmed de garantia física ofertados.

Figura 2: Unidades geradoras por Região e estado



Potência instalada (MW) por UF

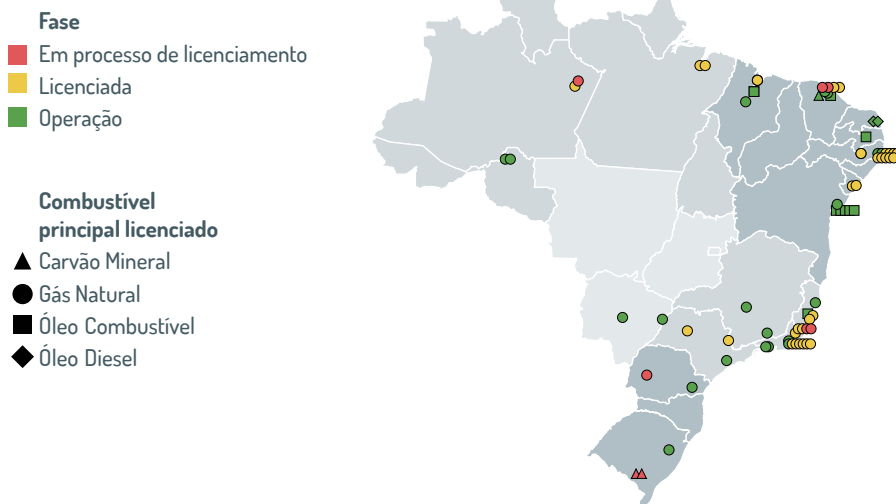
RJ	12.663	SE	999	RO	413
CE	5.228	RS	949	AL	258
PE	5.057	AM	926	PB	168
ES	2.099	BA	843	RN	120
MA	1.868	MS	572	PI	113
SP	1.760	MG	528	SC	28
PA	1.142	PR	518	GO	7

Analisando a distribuição das potências cadastradas, pode-se notar algo que já foi levantado em outras edições dos Boletins Pré-Leilão: a tendência de formação de agrupamentos de geração a combustíveis fósseis. Por exemplo, o Rio de Janeiro, com 35% da potência ofertadas, tem pelo menos dois grandes complexos em formação: Macaé e o Complexo Portuário do Açú. Juntos somam 20 usinas, com 11 destas inscritas no leilão. Já no Ceará, com 14% da potência cadastrada, há o Complexo Portuário do Pecém, localizado entre as cidades de Caucaia e São Gonçalo do Amarante. No local, há um total de 12 usinas, entre unidades em operação, licenciadas não contratadas ou em licenciamento. Desse montante, sete estão concorrendo no Leilão de Reserva de Capacidade. A Tabela 1 traz os principais complexos em formação, incluindo as unidades geradoras participantes do Leilão de Reserva de Capacidade.

**Tabela 1: Número de usinas por complexo de geração termelétrica**

Município	UF	ESTÁ NO LEILÃO				NÃO ESTÁ NO LEILÃO					Total Geral	
		Em processo de licenciamento	Licenciada	Operação	Sem informação	Total	Construção	Em processo de licenciamento	Licenciada	Operação		Total
1. Macaé	RJ		6	2		8	1		6		7	15
2. Complexo Portuário e Industrial do Suape	PE		5	2		7		2	3	2	7	14
3. Complexo Portuário e Industrial do Pecém	CE	2	2	3		7			3	2	5	12
4. Complexo Portuário e Industrial de Barcarena	PA		2			2	1	3	2	1	7	9
5. Camaçari	BA			3		3	1		2	2	5	8
6. São Luís	MA		1			1		3		2	5	6
7. Complexo Portuário e Industrial do Açú	RJ				3	3	1			1	2	5
8. Barra dos Coqueiros	SE		2			2			2	1	3	5

É importante salientar que o certame conta com a participação tanto de unidades geradoras ainda em fase de projeto quanto de usinas em operação. Adotando como recorte todos os empreendimentos a combustível fóssil para os quais se obteve informação (78 das 93 unidades), identificou-se ao menos 33 usinas fósseis operantes e 45 projetos. Desses, 34 já obtiveram pelo menos a licença ambiental prévia e os outros estão em processo de obtê-la. A Figura 3 traz a distribuição desses empreendimentos fósseis no território nacional. Vale salientar que, das 78 usinas para as quais se tem informação de licenciamento, não foi possível encontrar as coordenadas das usinas de Ipojuca (PE) e Candeias (BA).

**Figura 3: Distribuição das unidades geradoras fósseis concorrentes no leilão.**


Para além das unidades cadastradas neste leilão, o número de projetos termelétricos licenciados ou em processo de licenciamento – cerca de 100 para todo o território nacional, segundo levantamento do IEMA – gera preocupação em relação aos potenciais impactos ambientais nos locais onde essas usinas podem ser instaladas. Em relação ao consumo de água, por exemplo, estima-se que uma usina a gás natural, tipo de unidade geradora mais recorrente no leilão, de ciclo combinado com resfriamento úmido demande cerca de 1000 litros de água por MWh. Além disso, usinas termelétricas emitem gases de efeito estufa (GEE), bem como poluentes atmosféricos que têm efeitos negativos comprovados na saúde humana e no meio ambiente. Entre tais poluentes, destacam-se o material particulado (MP), o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e os óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>)<sup>6</sup>. Alguns deles participam de reações na atmosfera, dando origem a poluentes secundários como o ozônio troposférico (O<sub>3</sub>). A Nota Técnica: Qualidade do ar em Macaé (IEMA, 2021b) traz uma análise do impacto das térmicas e de outros empreendimentos sobre a qualidade do ar na cidade.

6 O material particulado e os óxidos de enxofre são poluentes mais relacionados à geração termelétrica a carvão. Os demais são motivo de preocupação em usinas alimentadas tanto por gás natural como por carvão mineral.

### 3. CONTEXTO

Em 2002, logo após o racionamento de 2001, a matriz elétrica era majoritariamente hidrelétrica (91% da capacidade instalada). A expansão das termelétricas nos anos seguintes buscou reduzir a vulnerabilidade do sistema (EPE, 2018a). Já o novo impulso em direção ao aumento da capacidade instalada de usinas térmicas em anos mais recentes decorre de decisão governamental, motivada pela busca de mercado para o gás natural ofertado pelos poços do pré-sal brasileiro, bem como para o gás natural liquefeito (GNL) ofertado no mercado internacional. Em 2020, ainda que a geração hidrelétrica tenha crescido, sua participação na matriz caiu para 71,1%, sendo possível perceber a diversificação de fontes, com as crescentes contribuições das fontes eólica, solar e termelétricas a biomassa e a combustíveis fósseis.

Historicamente, ao se adequar a oferta para o atendimento à demanda média de energia, as características operativas de usinas hidrelétricas (UHEs) supriam também os requisitos de capacidade de potência e flexibilidade. Contudo, a combinação de aumento da carga total exigida pelo sistema em horários de pico, com a maior penetração de fontes variáveis ainda sem capacidade de estoque, reduziu a participação relativa das UHEs na matriz e, conseqüentemente, sua capacidade de regularização (MME, 2019). Isto é, as hidrelétricas com reservatório tinham a possibilidade de controlar a produção ou o estoque de energia, mas o aumento da demanda de consumo de eletricidade aliado à ascensão de outros tipos de energia renovável diminuiu esse poder de resposta do sistema como um todo. Ademais, o aumento da geração distribuída<sup>7</sup> de eletricidade é outro elemento que tende a influenciar o perfil de suprimento de energia do sistema.

Para lidar com tal evolução da matriz, o setor elétrico brasileiro vem passando por um processo de mudança, denominado modernização, guiado por diretrizes de acesso competitivo à energia elétrica, sustentabilidade da expansão, abertura do mercado e eficiência de custos e riscos. Nas discussões que vêm sendo conduzidas no contexto da Modernização do Setor Elétrico (MME, 2019), avanços foram feitos em temas como a introdução de mecanismos de formação de preços com maior discriminação temporal, atualização dos critérios de suprimento, inserção de novas tecnologias e separação entre lastro e energia<sup>8</sup>.

Em relação aos critérios de suprimento, o planejamento da expansão e da operação do Sistema Interligado Nacional (SIN) passa a estar condicionado a parâmetros de energia alinhados à nova realidade do sistema e a especificações explícitas para o fornecimento de potência. Ou seja, critérios antes vistos como não restritivos se tornaram significativamente relevantes para o planejamento de expansão da oferta (MME, 2019). Os novos critérios de suprimento de energia e potência<sup>9</sup> para habilitação de projetos nos leilões são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2. Novos critérios de garantia de suprimento de energia e potência para o SIN**

<b>Critério</b>	<b>Significado</b>
<b>Energia</b>	O déficit de energia previsto não pode exceder 5% da energia consumida anualmente, mesmo no 1% mais crítico dos cenários simulados. A média dos 10% dos cenários com maior custo marginal da operação (CMO) em cada mês não pode exceder R\$ 800/MWh.
<b>Potência</b>	A insuficiência de potência em cada mês não pode exceder 5% da demanda máxima correspondente disponível, nos 5% piores cenários. A probabilidade de insuficiência de potência relativa às 10 horas de demanda máxima de cada mês não pode superar 5%.

Fonte: EPE, 2020c.

- 7 A geração distribuída de origem renovável, sobretudo solar, é cada vez mais importante para reduzir a carga do sistema, principalmente por conta da compatibilidade entre os horários de maior demanda e o período da geração solar, reduzindo a necessidade de geração por outras fontes para atendimento à ponta. Em 2021, a capacidade instalada no Brasil ultrapassou os 8 GW (ANEEL, 2021b).
- 8 O lastro é um produto de confiabilidade do sistema, medido em termos da garantia física proporcionada por um empreendimento de geração, em MW médios (GOMES, 2017). Atualmente, o lastro é comercializado juntamente com a energia, em um mesmo produto. A separação entre lastro e energia visa, então, comercializar e remunerar separadamente o fornecimento dos dois produtos.
- 9 A potência é a taxa em que a energia é produzida ao longo do tempo. O suprimento de potência se diferencia do suprimento de energia por atender a momentos específicos de demanda de energia ao longo do dia ou do ano. Já o suprimento de energia refere-se a um atendimento médio ao longo do ano, sem responder necessariamente a momentos específicos de pico de demanda.

No PDE 2030 (EPE, 2021b), foram levados em consideração os novos critérios de suprimento e foi constatada a necessidade de se agregar potência ao sistema brasileiro no horizonte de análise. A partir disso, percebeu-se como necessária uma reforma regulatória que estipulasse a contratação de potência no curto prazo, em linha com as diretrizes de modernização do setor.

Entretanto, o leilão define que o requisito de potência seja atendido exclusivamente por UTEs a gás natural. Sente-se, assim, que a reforma do setor elétrico não está sendo norteadada pela neutralidade tecnológica na expansão da oferta, como ocorre em outros países. O setor poderia definir a oferta a partir dos atributos que devem ser atendidos naquele momento, sejam de energia, capacidade ou flexibilidade, e não a partir de tecnologias ou combustíveis específicos. Além disso, vale frisar que toda expansão ou reforma também deve ser feita de forma a evitar impactos ambientais e sociais.

Como forma de entender as possibilidades para o setor elétrico, os próximos itens apresentam as tendências atuais em outros mercados e uma discussão acerca das opções tecnológicas e dos desenhos regulatórios que poderiam ser considerados.

## 4. CONTRATAÇÃO DE POTÊNCIA EM MERCADOS INTERNACIONAIS

O México conta com o chamado Mercado de Balanço de Potência, que remunera o produto de potência separadamente do produto de energia, por meio de um pagamento anual posterior sobre a potência aportada ao sistema durante as 100 horas críticas da operação – período em que o sistema tem as menores margens de reserva. Atualmente, apesar de discussões sobre o papel de tecnologias intermitentes, o mercado mexicano reconhece como fornecedores de potência tanto usinas termelétricas quanto renováveis variáveis.

A Colômbia é outro mercado internacional de referência que vem buscando a modernização de seu marco regulatório no cenário da transição energética. O país já conta com a separação entre lastro e energia, por meio de um mecanismo separado para valoração da confiabilidade (CANAL ENERGIA, 2020). Recentemente, o país implementou uma iniciativa para produzir um *roadmap* de mudanças regulatórias e institucionais para aperfeiçoar o ambiente de mercado, incluindo eletricidade, gás, mercado atacadista, varejista, governança e subsídios. Segundo a PSR (PSR, 2020b), que participou de uma das frentes do *roadmap*, o país conta com recursos hidrelétricos que podem aportar flexibilidade ao sistema a baixos custos, facilitando a penetração das renováveis e trazendo resiliência e robustez frente às mudanças climáticas. Com isso, essa complementaridade se coloca como um fator de competitividade e uma estratégia interessante para o sistema colombiano, assim como para o brasileiro.

O Chile é outro mercado que lidera as discussões técnicas e regulatórias de modernização de sistemas elétricos frente às novas tecnologias (PSR, 2020a). O país tem implementado medidas de transição energética, resultando na dinâmica de aumento da participação de fontes renováveis intermitentes, geração distribuída, armazenamento e demanda, além do descomissionamento de usinas a carvão e nucleares (GOBIERNO DE CHILE, 2020). Diante disso, foram recentemente lançadas medidas para aprimorar a flexibilidade do despacho de energia, que incluem: aperfeiçoamento do desenho do mercado de potência para considerar o atributo de flexibilidade na escolha das tecnologias de expansão; atualização da regulação para o armazenamento de energia e tecnologias flexíveis, incluindo mecanismos para o reconhecimento da contribuição dessas potências; e melhorias na programação da operação de tecnologias flexíveis.

Com base nos exemplos desta seção, percebe-se que mercados internacionais como México, Colômbia e Chile criaram condições para altas taxas de penetração de fontes renováveis variáveis no sistema. As estratégias para este incentivo incluem: o tratamento isonômico entre as fontes; a remuneração adequada pelos atributos das fontes; a combinação entre fontes renováveis, mecanismos de controle

pela demanda e sistemas de armazenamento de energia e o foco em agregar flexibilidade e não apenas potência. Percebe-se, assim, que os mecanismos aplicados no Brasil não estão alinhados com as tendências internacionais.

## 5. OPÇÕES TECNOLÓGICAS NO MERCADO DE POTÊNCIA BRASILEIRO

Conforme (EPE, 2018b), o Planejamento da Expansão deve indicar uma matriz de geração ótima, que minimize os custos de investimento e operação futuros, e seja capaz de atender a demanda dentro de critérios de confiabilidade estabelecidos, relacionados ao fornecimento de energia, capacidade e flexibilidade.

No PDE 2030, a exigência de potência projetada foi traduzida como a necessidade de expansão de tecnologias como termelétricas flexíveis, modernização de usinas hidrelétricas e resposta da demanda<sup>10</sup> – tecnologias que fornecem potência, mas não necessariamente agregam garantia física<sup>11</sup> de energia ao sistema (EPE, 2021b). Ou seja, opções que podem suprir picos do sistema em momentos específicos. Entretanto, as decisões recentes no âmbito do mercado de potência têm visado ampliar a participação exclusiva de UTEs, enquanto outras fontes e tecnologias que poderiam contribuir com o atributo de potência têm sido desconsideradas.

Na Nota Técnica EPE-DEE-011/2020-r0 sobre Medidas de Transição (EPE, 2020a), a EPE discorreu sobre o processo de transição para o novo modelo, com foco na contratação de capacidade, e indicou tecnologias a serem consideradas no leilão de capacidade.

O documento aponta as UTEs e UHEs como as alternativas mais apropriadas para fornecimento de potência no curto prazo. Contudo, para as UHEs, novos projetos não seriam considerados, dadas as restrições temporais para possibilitar o processo de licenciamento ambiental. Sendo assim, no curto prazo, a opção apresentada foi a Repotenciação, Modernização e Ampliação (RMA) de UHEs existentes. Para as fontes eólica e solar, o documento avalia que, apesar de contribuírem para a capacidade do sistema em determinados instantes, as tecnologias têm vocação para agregar mais energia que capacidade de potência e não recomenda a sua participação no leilão (EPE, 2020a). Para as tecnologias de armazenamento, como baterias e usinas hidrelétricas reversíveis, a justificativa para sua exclusão do leilão foi a necessidade de esforços legislativos e regulatórios ainda pendentes.

Já para a fonte solar, a discussão do estudo realizado pela IHS Markit (ABSOLAR, 2019, PORTAL SOLAR, 2019) aponta a vocação da fonte para fornecer não apenas energia, mas também capacidade no contexto nacional, considerando a coincidência do perfil de geração horária com os momentos de maior demanda, além da previsibilidade de geração. Sendo assim, projetos de fontes renováveis variáveis, como atestado para a solar, poderiam também ser remunerados por seus atributos de capacidade.

Diante disso, cabe argumentar que, no contexto brasileiro, as opções tecnológicas a serem implementadas em um mercado de potência podem ir além das UTEs. Primeiro, é possível e economicamente viável

10 Os mecanismos de Resposta da Demanda (RD) se relacionam à capacidade do consumidor gerenciar sua demanda, ou seja, reduzir ou deslocar seu consumo, em resposta às condições de oferta. Os dois tipos de sinalização ao consumidor podem ser feitos pelo estabelecimento de preços horário ou incentivos financeiros para a redução da demanda em momentos críticos do sistema. As principais tecnologias que permitem a RD são os *smart grids*, os medidores inteligentes e outros dispositivos habilitadores que permitem aos consumidores entender seu perfil de consumo, ter acesso aos preços da energia durante o uso e controlar equipamentos domésticos diante de sinalizações em tempo real (EPE, 2019a).

11 A garantia física, também conhecida como energia assegurada, determina a quantidade de energia que uma usina consegue suprir, declarada em contratos de comercialização de energia. O cálculo da Garantia Física dos empreendimentos de geração, assim como suas revisões, são de competência da EPE e seguem metodologias e critérios definidos por regulamentações específicas (EPE, 2021c).

agregar mais potência ao parque hidrelétrico existente no país. Depois, partindo do pressuposto de que as fontes renováveis variáveis possuem maior vocação para fornecer energia do que potência, pode-se considerar que, diante de um melhor planejamento da integração dessas fontes, sua geração possa deslocar uma parcela da geração hidrelétrica, transferindo o papel das UHEs do fornecimento de energia para o de potência e agregando flexibilidade ao sistema.

## 5.1 INTEGRAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS NO MERCADO BRASILEIRO

A integração de fontes renováveis variáveis no mercado brasileiro já apresenta literatura relevante. Como exemplo de análises que aponta para a possibilidade de sistemas com altas taxas de penetração de fontes renováveis, com a manutenção do atendimento dos requisitos de confiabilidade do sistema, cita-se o projeto “Sistemas Energéticos do Futuro: Integrando Fontes Variáveis de Energia Renovável na Matriz Energética do Brasil”. Parceria entre o governo federal e a instituição alemã GIZ (GIZ E MME, 2019), o estudo modelou a integração de altas taxas de fontes renováveis variáveis (FRV) no SIN. A metodologia utilizada, que combinou elementos da operação e da expansão do sistema com grande resolução temporal, permitiu avaliar os benefícios do efeito portfólio, que podem reduzir a variabilidade das fontes, proporcionando ganhos de confiabilidade e custos de operação para o sistema.

O estudo de caso aponta para uma penetração de eólica *onshore* e de solar, centralizada e distribuída, que atinge 41% da capacidade instalada e 36% da geração elétrica total no horizonte de planejamento, diante da possível redução futura de custos das tecnologias renováveis. Apesar de ter sua participação de geração reduzida, as hidrelétricas são as facilitadoras da inserção massiva dessas fontes renováveis variáveis, por serem capazes de fornecer a flexibilidade essencial ao sistema. Um exemplo disso é a complementaridade sazonal entre as fontes eólica e hidrelétrica no Brasil, já que a maior parte da contribuição da primeira ocorre justamente no período seco, quando o regime favorável de ventos contribui, então, para reduzir o uso de reservatórios para geração hidrelétrica. Com isso, o papel dos reservatórios, que antes era armazenar água no período úmido para atender à carga no período seco, é alterado, uma vez que a geração eólica reduz a carga líquida e, conseqüentemente, a necessidade de armazenamento. O volume de geração solar no período seco também contribui para a segurança energética pelo mesmo motivo.

Se os recursos hídricos se esgotarem, o sistema contará com usinas a gás flexíveis e/ou tecnologias de armazenamento de energia. Em resumo, o documento mostra a importância de outras fontes de energia para fornecer requisitos de despacho controlável para mitigar os efeitos energéticos e elétricos da variabilidade das fontes renováveis variáveis. A análise também destaca os benefícios da complementaridade espacial dos recursos renováveis no Brasil e a importância da expansão do sistema de transmissão para suportar as transferências regionais de eletricidade (GIZ E MME, 2019).

No PDE 2030 (EPE, 2021b), a EPE também modelou um cenário de sobreoferta no sistema brasileiro, por meio da alteração da modalidade operativa<sup>12</sup>, porém mantendo a oferta indicativa de referência. A simulação mostra que a sobreoferta de energia reduz a produção nas UHEs, aumentando a possibilidade de armazenamento e contribuindo para uma maior disponibilidade de potência no sistema.

<sup>12</sup> As alterações modeladas incluíram o aumento da oferta inflexível termelétrica, a um nível de inflexibilidade de 80% e CVU menor, sem alterar a capacidade instalada de referência. Essa sobreoferta de energia reduz a carga de energia a ser atendida pelas UHEs e permite maior disponibilidade de potência por parte dessas.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da participação cada vez maior de fontes renováveis variáveis e geração distribuída na matriz elétrica, os mercados e os aspectos regulatórios do setor vêm passando por atualizações. A solução adotada até aqui foi uma reforma temporária do marco regulatório para contratação de potência para o sistema no curto prazo, por meio do leilão de reserva de capacidade. Apesar de diversas fontes serem capazes de fornecer potência ao sistema, seja de forma direta ou por meio da sinergia com outras fontes, apenas usinas termelétricas foram contempladas no certame.

Foram deixadas de lado as fontes renováveis variáveis (eólica e solar), que podem apresentar grande complementaridade entre si e com a geração hidrelétrica no Brasil, principalmente devido ao efeito portfólio. Além disso, não foram consideradas interessantes opções dentro do contexto nacional como a modernização de hidrelétricas, sistemas de armazenamento, seja através de baterias ou de usinas hidrelétricas reversíveis, e programas de resposta da demanda para a redução da carga.

Sendo assim, este leilão vai na contramão do que tem sido implementado em mercados de potência internacionais, que não discriminam o tipo de fonte e sua remuneração de atributos, visando a maior participação das renováveis e a garantia de flexibilidade ao sistema. Nesse sentido, vários estudos demonstram a possibilidade de se integrar fontes renováveis variáveis a taxas ainda maiores no Brasil.

Os esforços recentes do setor elétrico na intensificação da contratação de termelétricas fósseis (IEMA, 2021a) acontecem a despeito de um crescimento marcante de novas fontes renováveis como eólica e solar, consolidadas como as duas fontes mais econômicas da matriz elétrica. Por outro lado, a contratação de mais usinas termelétricas impacta o meio ambiente, o clima e a economia nacional, ao contribuir para o progressivo encarecimento da conta de energia elétrica.

Recomenda-se como medida para aprimorar a confiabilidade e a eficiência do sistema, a realização de leilões que tenham como premissas a ampliação da integração das fontes renováveis, respaldada pela sua economicidade e por um mercado de atributos, com sinais de preço que permitam valorar adequadamente os serviços prestados por cada tecnologia. Essa configuração pode ampliar a resiliência do sistema à variabilidade dos recursos naturais e aos eventuais impactos das mudanças climáticas sobre a sua disponibilidade.

Além disso, os leilões devem ser parte de uma estratégia mais ampla orientada para evitar a dependência das usinas termelétricas fósseis, tendo em vista as emissões de gases de efeito estufa e os impactos socioambientais locais. Neste sentido, vale refletir e questionar sobre a adequabilidade do desenho deste leilão de reserva de capacidade, que resultará num aumento da dependência dessas fontes para o necessário fornecimento de potência e flexibilidade ao sistema elétrico brasileiro.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSOLAR. **ABSOLAR contrata estudo para identificar atributos da fonte solar**. 2019. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/absolar-contrata-estudo-para-identificar-atributos-da-fonte-solar/>.

ANEEL. **Geração Distribuída**. 2021a. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizjM4NjM0OwYtN2lwZS00YjVlTlIIMjlt-N2EMzBkN2ZlMzVklwZm0wLWVjYctNDZhMi05Mm00LWVhNGU5YzAxNzBIMSlsMmMiOjR9>.

ANEEL. **PORTARIA Nº 1.098/SPE/MME, DE 6 DE DEZEMBRO DE 2021**. 2021b. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/prt2021098spde.pdf>

ANEEL. **PORTARIA NORMATIVA Nº 20/GM/MME, DE 16 DE AGOSTO DE 2021**. 2021c. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/prt2021020mme.pdf>

ANEEL. **Sistema de informações de geração da Aneel SIGA**. 2021d. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizjM4NjM0OwYtN2lwZS00YjVlTlIIMjlt-c40GYyYj0YwM2ZC00YjllLWJlYmFtYzdkNTQIMTctNjM2liwidCI6IjQwZDZm0wLWVjYctNDZhMi05Mm00LWVhNGU5YzAxNzBIMSlsMmMiOjR9>.

BENÍTEZ, M. A. **El mercado de la potencia en México**. 2021. Global Energy. Disponível em: <https://globalenergy.mx/noticias-especiales/columnas/el-mercado-de-la-potencia-en-mexico>.

BRASIL. **LEI Nº 14.120, DE 1º DE MARÇO DE 2021**. 2021a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.120-de-1-de-marco-de-2021-306116199>.

BRASIL. **PORTARIA NORMATIVA Nº 20/GM/MME, DE 16 DE AGOSTO DE 2021**. 2021b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-normativa-n-20/gm/mme-de-16-de-agosto-de-2021-338968045>.

CANALENERGIA. **Colômbia avança em projeto de transição energética**. 2020. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53127493/colombia-avanca-em-projeto-de-transicao-energetica>.

EPE. **Considerações sobre a Expansão Hidrelétrica nos Estudos de Planejamento Energético de Longo Prazo**. Estudos de Longo Prazo; Documento de Apoio ao PNE 2050, p. 23, 2018a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/Considera%C3%A7%C3%B5es%20sobre%20a%20Expans%C3%A3o%20Hidrel%C3%A9trica%20nos%20Estudos%20de%20Planejamento%20Energ%C3%A9tico%20de%20Longo%20Prazo.pdf>.

EPE. **Flexibilidade e Capacidade: Conceitos para a incorporação de atributos ao planejamento**. EPE-DEE-NT-067/2018-r0. EPE/Empresa de Pesquisa Energética, Brasil, 2018, [s.n.], 2018b. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-316/NT\\_EPE\\_DEE-NT-067\\_2018-r0.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-316/NT_EPE_DEE-NT-067_2018-r0.pdf).

EPE. **Nota Técnica - Resposta da Demanda: Conceitos, Aspectos Regulatórios e Planejamento Energético**. NT EPE-DEE-NT-022/2019-r0. EPE/Empresa de Pesquisa Energética, Brasil, 2019, [s.n.], 2019a. 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. **Expansão da Geração - Medidas de Transição - Comitê de Implementação da Modernização (CIM)**. EPE-DEE-011/2020-r0. EPE/Empresa de Pesquisa Energética, Brasil, 2020, [s.n.], 2020a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-576/NT%20Propostas%20de%20Transi%C3%A7%C3%A3o.pdf>

EPE. **Energia Eólica no Nordeste**. Empresa de Pesquisa Energética, Brasil, 2020, [s.n.], 2020b. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/aceso-restrito/Documents/EPE\\_FactSheet\\_Folica.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/aceso-restrito/Documents/EPE_FactSheet_Folica.pdf)

EPE. **Novos Critérios de Garantia de Suprimento**. Empresa de Pesquisa Energética, Brasil, 2020, [s.n.], 2020b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/FAQ%20-%20Crit%C3%A9rios%20de%20Suprimento.pdf>

EPE. **MME publica as diretrizes para o Leilão de Reserva de Capacidade, de 2021**. 2021a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/mme-publica-as-diretrizes-para-o-leilao-de-reserva-de-capacidade-de-2021>.

EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (PDE 2030)**. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2021, [s.n.], 2021b. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030\\_RevisaoPosCP\\_rv2.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf)

EPE. **Garantia física**. 2021c. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/garantia-fisica>

GIZ E MME. **SISTEMAS ENERGÉTICOS DO FUTURO: Integração de Fontes Variáveis de Energia Renovável na Matriz Energética do Brasil**. Lahmeyer International GmbH, Tractebel Engineering e PSR Soluções e Consultoria em Energia Ltda. Brazil, 2019, [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>

GOBIERNO DE CHILE. **Estrategia de flexibilidad para el sistema eléctrico nacional**. Ministerio de Energía del Gobierno de Chile.

2020, [s.n.], 2020. Disponível em: [https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia\\_de\\_flexibilidad\\_0.pdf](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_de_flexibilidad_0.pdf).

GOMES, V. **Separação entre lastro e energia no SIN: fundamentos e possíveis consequências para os novos geradores**. Gesel-UFRJ, Rio de Janeiro, 2017, [s.n.], 2017. Disponível em: [http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/38\\_gomes5.pdf](http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/38_gomes5.pdf).

IEMA (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE). **Crise hídrica, termelétricas e renováveis: Considerações sobre o planejamento energético e seus impactos ambientais e climáticos**. 2021a. Disponível em: <https://energiaambiente.org.br/produto/crise-hidrica-termelétricas-e-renováveis>

IEMA (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE). **Qualidade do ar em Macaé (RJ)**. 2021b. Disponível em: <https://energiaambiente.org.br/produto/nota-tecnica-qualidade-do-ar-em-macaé-rj>

MME. **Relatório do Grupo de Trabalho da Modernização do Setor Elétrico**. GT Modernização do Setor Elétrico. MME/Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2019, [s.n.], 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/secretaria-executiva/modernizacao-do-setor-eletrico/arquivos/pasta-geral-publicada/relatorio-do-gt-modernizacao-do-setor-eletrico.pdf>

NREL. **Capacity Market Model Considering Flexible Resource Requirements**. 2018. Anais [...]. NREL/CP-5D00-70162. NREL/National Renewable Energy Laboratory, 2018, [s.n.], 2018. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/70162.pdf>.

ONS. **Histórico de Operação - Geração de Energia**. 2021. Disponível em: [http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao\\_energia.aspx](http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx).

PMCE. **Entendiendo el Mercado Eléctrico: ¿Cómo funciona?** 2019. PV magazine. Disponível em: <https://www.pv-magazine-mexico.com/2019/07/23/entendiendo-el-mercado-electrico-como-funciona/>.

PORTAL SOLAR. **IHS Markit e Absolar apresentam estudo inédito sobre a importância da fonte solar para o desenvolvimento no setor de energia**. 2019. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/ihs-markit-e-absolar-apresentam-estudo-inedito-sobre-a-importancia-da-fonte-solar-para-o-desenvolvimento-no-setor-de-energia.html>.

PSR. **A MP 998 É A MODERNIZAÇÃO DO MODELO SETORIAL? Energy Report - Edição 165**, set. 2020a. Disponível em: [https://www.psr-inc.com/type\\_energy\\_report/a-mp-998-e-a-modernizacao-do-modelo-setorial/](https://www.psr-inc.com/type_energy_report/a-mp-998-e-a-modernizacao-do-modelo-setorial/)

PSR. **PSR na Missão de Transformação Energética da Colômbia**. 2020b. Disponível em: <https://www.psr-inc.com/noticias/new-publicacao-pt/psr-na-missao-de-transformacao-energetica-da-colombia/>.

PSR. **Resposta da demanda: o complemento perfeito da oferta? Energy Report - Edição 164**, ago. 2020c. Disponível para assinantes em: <https://www.psr-inc.com/publicacoes/energy-report/edicoes/?current=pl3946>

## Expediente

### **Autores:**

André Luis Ferreira  
Ricardo Baitelo  
Felipe Barcellos e Silva  
Raissa Gomes  
Isis Nóbile Diniz

### **Consultoria técnica:**

Munir Soares  
Amanda Vinhoza

### **Projeto gráfico:**

Mario Kanno