

## Sistemas de armazenamento hidráulico<sup>1</sup>

Nivalde de Castro<sup>2</sup>

Angela Livino<sup>3</sup>

Roberto Brandão<sup>4</sup>

Ana Carolina Chaves<sup>5</sup>

O Brasil consolidou uma posição singular na matriz elétrica mundial, por deter um dos maiores sistemas de geração renovável em larga escala, apoiado em uma base hidrelétrica robusta e em uma rede de transmissão de dimensão continental com 176 mil quilômetros de extensão. Porém, esse ativo e diferencial costuma ser percebido apenas como herança do passado, enquanto o debate público se concentra no avanço das centrais eólicas e solares. Em um mundo que caminha para uma eletrificação acelerada da economia e para metas climáticas mais ambiciosas, essa leitura é incompleta e pode ser perigosa.

A transição energética não se resume apenas em trocar fontes fósseis por turbinas eólicas e painéis solares. O verdadeiro desafio e o X da questão é como manter um sistema elétrico confiável, acessível e resiliente em um contexto em que uma parcela crescente da geração depende do vento e do sol. Experiências internacionais indicam que, à medida que a participação de renováveis variáveis cresce, também aumenta a necessidade de soluções robustas de armazenamento e flexibilidade. É exatamente nesse ponto que entram os Sistemas de Armazenamento Hidráulico (SAH) aderentes às usinas hidroelétricas (UHE), onde o Brasil reúne condições únicas para se tornar referência global.

---

<sup>1</sup> Artigo publicado pelo Valor Econômico. Disponível em:

<https://valor.globo.com/opiniaao/coluna/sistemas-de-armazenamento-hidraulico.ghtml>

Acesso em: 18.03.2026

<sup>2</sup> Professor do Instituto de Economia da UFRJ e coordenador geral do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL-UFRJ).

<sup>3</sup> Pesquisadora associada do GESEL-UFRJ.

<sup>4</sup> Diretor científico do GESEL-UFRJ.

<sup>5</sup> Pesquisadora Plena do GESEL-UFRJ.

De forma simples, um SAH pode ser descrito como uma “bateria de água” em grande escala. Portanto, em momentos diários de sobra de energia – típicos de horários com forte geração solar e/ou de ventos intensos –, o sistema de armazenamento hidráulico, também conhecido por usinas hidroelétricas reversíveis (UHR) e centrais de bombagem utiliza a eletricidade excedente para bombear água para um reservatório situado em uma cota mais alta em relação à uma UHE existente. Quando o setor elétrico precisa de energia firme, seja à noite, em dias nublados ou em momentos de pico de demanda, a água é liberada de volta para a UHE, movendo turbinas e gerando eletricidade. O princípio físico é elementar, mas o efeito sistêmico é sofisticado, uma vez que converte energia armazenada excedente em reserva estratégica, capaz de ser mobilizada por várias horas ou dias, com alta potência e grande volume de energia armazenada.

Essas características distinguem o armazenamento hídrico da maior parte das baterias eletroquímicas hoje disponíveis em escala de rede, geralmente dimensionadas para algumas poucas horas de operação em potência nominal. Por exemplo, as baterias de lítio têm um papel importante em serviços de resposta rápida, regulação de frequência e suavização de variações intradiárias, mas encontram limitações econômicas e técnicas quando se trata de armazenar grandes blocos de energia por longos períodos. Já os SAH permitem que o sistema elétrico possa atravessar sequências prolongadas de baixa produção eólica ou solar, bem como enfrentar eventos hidrológicos adversos com um colchão de segurança no suprimento de energia muito maior.

O Brasil pode assim enfrentar esse novo cenário da geração com uma vantagem comparativa difícil de replicar. O país acumula décadas de experiência em construção, operação e planejamento de grandes reservatórios, domina tecnologias hidrelétricas em diferentes biomas e já opera um parque de usinas capaz de prestar uma ampla gama de serviços ao sistema elétrico – da regulação de frequência à reserva de potência. Além disso, a matriz elétrica nacional, majoritariamente renovável, reduz a dependência de combustíveis fósseis e cria um ambiente competitivo para a atração de indústrias intensivas em energia, desde a mineração e a metalurgia, data centers com novos polos da economia digital e produção de hidrogênio de baixo carbono.

Contudo, um eixo crítico é o desenho econômico-institucional que permitirá transformar o potencial de SAH em investimentos concretos. Em um ambiente de mercados de curto prazo com preços voláteis, confiar exclusivamente na arbitragem de energia para remunerar ativos de capital intensivo e de longa prazo de amortização é, na prática, uma barreira à sua expansão. Por isso, ganha força a agenda da política pública de mecanismos dedicados à remuneração da capacidade firme, de leilões para serviços de flexibilidade e de contratos que ofereçam um piso de receita, em troca da obrigação de estar disponível para o sistema em momentos críticos diários, semanais e sazonais.

Embora o Brasil já disponha de uma estrutura contratual complexa e robusta no setor elétrico, o armazenamento de grande porte ainda ocupa um espaço regulatório incipiente, que precisa ser preenchido com regras claras, compatíveis com a sua relevância sistêmica e que estimule os investimentos necessários para a construção dos SAH.

O reconhecimento do armazenamento como atividade específica na legislação recente, com a publicação da Lei nº 15.269/2025, abre uma janela de oportunidade para o seu desenvolvimento. Há espaço para desenhar instrumentos que combinem planejamento central de longo prazo com sinais de mercado, permitindo que os SAH e outras soluções de armazenamento disputem, em condições transparentes, o papel de provedores de flexibilidade e capacidade firme. Isso se torna ainda mais relevante em um cenário de crescimento de novas cargas intensivas em energia, como a eletrificação de frotas, a expansão de data centers e a produção de hidrogênio de baixo carbono, que irão alterar o perfil de consumo e acentuar ainda mais picos de demanda diários, a chamada “curva do pato”.

Nesse ambiente de incerteza e aceleração tecnológica, os SAH aparecem como uma solução estratégica capaz de unir dois pilares essenciais da segurança nacional: confiabilidade elétrica e resiliência hídrica. Em estudo recente publicado pelo GESEL-UFRJ em parceria com a Abrage - “Diretrizes para a Implementação de Sistemas de Armazenamento Hidráulico no Brasil”, analisou essa convergência e sistematizou um conjunto de diretrizes que podem colaborar para a redefinição da matriz energética brasileira. O documento entrevistou os principais grupos de geração do setor elétrico, analisou as principais experiências internacionais e qualificou caminhos regulatórios, econômicos e institucionais que permitirão ao Brasil aproveitar de forma plena um potencial hoje praticamente inexplorado.

Nesse sentido, os SAH oferecem uma alternativa singular, pois combinam grande escala, longa vida útil, capacidade de resposta rápida e a possibilidade de operar como carga e geração, modulando energia conforme a necessidade do sistema. No entanto, os potenciais projetos de UHR não avançaram no Brasil pela falta de um enquadramento jurídico e regulatório para definir claramente qual o regime de outorga aplicável, como deve ser avaliada a outorga de uso da água e de que forma sua operação deve ser remunerada.

Quando um sistema reversível opera ora consumindo energia para bombear, ora gerando eletricidade, a falta de clareza regulatória pode levar a duas tarifações pelo uso da rede (como consumidor e como gerador). Também há insegurança quanto às responsabilidades operativas e dúvidas sobre a aplicação de instrumentos como a Compensação Financeira pelo Uso dos Recursos Hídricos.

Assim, as empresas entrevistadas pelo estudo apontam que essas lacunas impedem a estruturação de projetos e dificultam a entrada de capital privado, já que os riscos associados ao licenciamento ambiental e à outorga hídrica não são claramente compreendidos. Esse desalinhamento institucional contrasta com a trajetória de países que, ao enfrentar desafios semelhantes no passado, adotaram marcos regulatórios específicos para o armazenamento de energia, integrando planejamento elétrico, gestão hídrica e políticas climáticas.

Entre os casos analisados, Austrália, Reino Unido e Itália se destacam por mecanismos inovadores de mitigação de riscos. A Austrália, que enfrentou uma rápida expansão das fontes renováveis e instabilidades sistêmicas, desenvolveu um arcabouço que combina contratos de longo prazo, apoio estatal direto e mecanismos cap and floor para garantir previsibilidade financeira a projetos de longa duração. O Reino Unido seguiu um caminho semelhante ao introduzir um regime regulado para armazenamento de longa duração, com contratos de 20 a 25 anos destinados a viabilizar tanto reservatórios de novas usinas reversíveis quanto projetos de baterias de mais de 8 horas. Na Itália, a criação do mecanismo com horizonte de 30 anos para projetos hidráulicos, demonstra que países com sistemas elétricos já maduros identificam no armazenamento de grande porte um elemento de estabilidade e de transição para matrizes descarbonizadas.

À medida que o Brasil discute como acelerar a transição energética, o estudo do GESEL-UFRJ apresenta uma agenda de recomendações que poderia inaugurar uma nova fase do planejamento energético brasileiro. Entre os pontos centrais está a criação de uma definição legal dos SAH, a harmonização entre legislação setorial e hídrica, a estruturação de leilões tecnologicamente neutros com critérios específicos de duração, a implantação de mecanismos de garantia de receita inspirados em modelos internacionais e o fortalecimento da coordenação entre EPE, ANA, ONS, Aneel e órgãos estaduais de licenciamento.

A consolidação dessa agenda representaria mais do que uma modernização regulatória, pois colocaria o Brasil em posição de liderança no armazenamento de energia, assim como já ocupa lugar de destaque em hidreletricidade e geração renovável. Em um cenário em que segurança energética e resiliência hídrica se tornam elementos centrais do desenvolvimento, o país tem a oportunidade rara de construir uma política integrada que una eficiência econômica, sustentabilidade ambiental e estabilidade de longo prazo.

O próximo passo, portanto, não é tecnológico, mas sim institucional capaz de alinhar regras, incentivos e governança para transformar o armazenamento hidráulico em um instrumento efetivo de política energética e hídrica.

Se o país deseja garantir confiabilidade ao seu sistema elétrico, preservar a sua competitividade industrial e fortalecer a segurança hídrica das próximas décadas, os SAH precisam deixar de ser uma alternativa e assumir o lugar de

infraestrutura essencial. O Brasil reúne uma combinação rara de atributos com a sua matriz majoritariamente renovável, experiência consolidada em reservatórios, potencial expressivo para SAH e uma demanda crescente por flexibilidade impulsionada por eólicas, solares e novas cargas. Contudo, transformar essa vantagem em estratégia requer incorporar o armazenamento hídrico ao centro do planejamento energético, ajustar marcos de licenciamento e outorga às particularidades desses sistemas e criar mecanismos estáveis de remuneração para ativos de longa duração.

Ou seja, a janela de oportunidade está aberta e aproveitá-la depende de visão estratégica, de coordenação institucional e da compreensão de que flexibilidade e armazenamento serão tão determinantes para o futuro do setor elétrico quanto foram, no passado, as grandes hidrelétricas que moldaram a matriz brasileira.