



CADERNO OPINIÃO

## A VELHA E BOA HIDRELETRICIDADE

---

AUTORA

Heloisa Teixeira Firmo

**maio.2019**



---

## SOBRE A FGV ENERGIA

A FGV Energia é o centro de estudos dedicado à área de energia da Fundação Getúlio Vargas, criado com o objetivo de posicionar a FGV como protagonista na pesquisa e discussão sobre política pública em energia no país. O centro busca formular estudos, políticas e diretrizes de energia, e estabelecer parcerias para auxiliar empresas e governo nas tomadas de decisão.

### DIRETOR

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

### SUPERINTENDENTE DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E RESPONSABILIDADE SOCIAL

Luiz Roberto Bezerra

### SUPERINTENDENTE COMERCIAL

Simone C. Lecques de Magalhães

### ANALISTA DE NEGÓCIOS

Raquel Dias de Oliveira

### ASSISTENTE ADMINISTRATIVA

Ana Paula Raymundo da Silva  
Cristiane Parreira de Castro

### SUPERINTENDENTE DE ENSINO E P&D

Felipe Gonçalves

### COORDENADORA DE PESQUISA

Fernanda Delgado

### PESQUISADORES

Angélica Marcia dos Santos  
Carlos Eduardo P. dos Santos Gomes  
Daniel Tavares Lamassa  
Glaucia Fernandes  
Mariana Weiss de Abreu  
Pedro Henrique Gonçalves Neves  
Priscila Martins Alves Carneiro  
Tamar Roitman  
Tatiana de Fátima Bruce da Silva  
Thiago Gomes Toledo  
Vanderlei Affonso Martins

### CONSULTORES ESPECIAIS

Ieda Gomes Yell  
Magda Chambriard  
Milas Evangelista de Souza  
Nelson Narciso Filho  
Paulo César Fernandes da Cunha



## OPINIÃO

### A VELHA E BOA HIDRELETRICIDADE

*Heloisa Teixeira Firmo*

Os grandes reservatórios de hidrelétricas foram construídos no Brasil nas décadas de 60 a 90 do século XX. Devido a tais reservatórios, o Sistema Interligado Nacional (SIN) apresentava regularização plurianual (GOMES, 2012), podendo passar por alguns poucos anos de seca com baixo risco de déficit de energia. A partir do início do século XXI, após muitas críticas

a reservatórios de grande porte (que alagam áreas muito extensas e geram grandes impactos ambientais), passou a predominar no país a implantação de usinas hidrelétricas sem capacidade de regularização, as chamadas usinas a fio d'água. Com o predomínio da construção desse tipo de usina, os impactos ambientais das hidrelétricas foram muito reduzidos à custa de uma queda gradual e significativa da capacidade de regularização do SIN, podendo esta atingir 3,35 meses em 2021 segundo estimativas do Sistema FIRJAN<sup>1</sup>.

Embora nas últimas décadas as hidrelétricas tenham tido uma diminuição de importância relativa na capacidade instalada no Brasil - em 1990 era por volta de 90% da matriz elétrica<sup>2</sup> - hoje<sup>3</sup> ainda representam 60% desse total e desempenham papel distinto, mas não menos importante. A seguir, são discutidos aspectos predominantemente técnicos dessa fonte de energia.

<sup>1</sup> FIRJAN, Diretoria de Desenvolvimento Econômico e Associativo (2013). A Expansão das Usinas a Fio d'Água e o Declínio da Capacidade de Regularização do Sistema Elétrico Brasileiro

<sup>2</sup> MME (2017). Capacidade Instalada de Geração Elétrica Brasil e Mundo (2016). Edição: 15/05/2017

<sup>3</sup> ANEEL (2019). BIG. <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>



O potencial hidroelétrico brasileiro é estimado em 260 GW e apenas em torno de 43% é presente-mente explorado<sup>4</sup>. Historicamente, desde o final do Século XIX, a geração hidroelétrica tem sido um importante propulsor do desenvolvimento nacional, sendo caracterizada como produção de energia limpa e de fonte renovável.

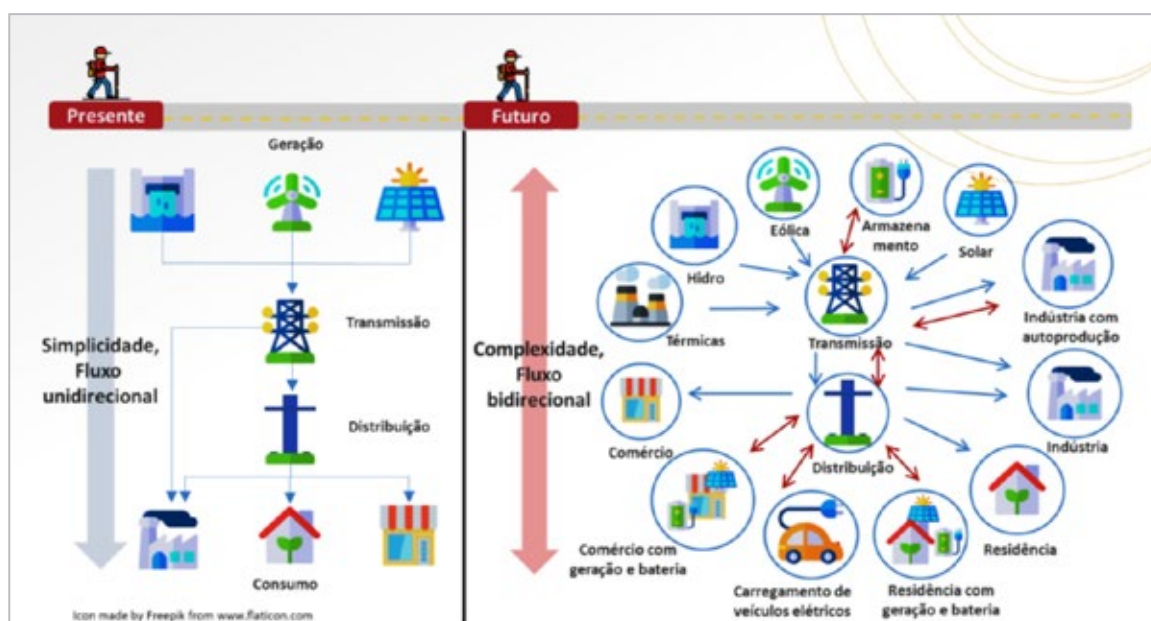
Acompanhando a tendência mundial apontada pelo mais recente Roteiro de Energia Renovável da IRENA (2018), cerca de 65% do uso final de energia mundial será composto por renováveis em 2050. No Brasil, é notável a previsão de crescimento das renováveis ditas "não controláveis", isto é, eólicas e solares fotovoltaicas.

No entanto, em palestra proferida no Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ, em 25 de março de 2019, o atual presidente da EPE, Thiago Barral, descreveu o potencial remanescente hidrelétrico brasileiro de forma realista: de um total de 52 GW,

apenas 23 GW não interferem diretamente em áreas legalmente protegidas. O último Plano Decenal de Energia (PDE) 2017-2027 (EPE, 2019a) prevê até 2027 a necessidade de instalação de 9 GW de usinas hidrelétricas, outros 9 GW de solar fotovoltaica, além de 15 GW de energia eólica. Com o aumento da expansão de renováveis intermitentes como as eólicas (especialmente na região nordeste) e solares fotovoltaicas, nosso sistema interligado se torna mais vulnerável às oscilações da demanda, já não mais garantida pelos grandes reservatórios que firmavam a energia no país.

Além disso, o mercado de energia do futuro será completamente diferente do existente na atualidade. De um sistema unidirecional, com as diversas fontes alimentando um sistema de transmissão que leva a energia elétrica até os centros de consumo, passaremos a um sistema com fluxo bidirecional, com o crescimento das gerações distribuídas com consumidores que também produzem energia. A Figura 1 ilustra essa transformação.

Figura 1: Mercado de Energia do Futuro



Fonte: BARRAL, 2019

<sup>4</sup> SIPOE Eletrobras. (2018). Potencial Hidrelétrico Brasileiro em cada Estágio por Bacia Hidrográfica

Isso significa dizer que o desafio de atender à demanda com uma matriz que apresenta um número muito maior de fontes energéticas não controláveis torna necessário um aumento da capacidade de armazenamento de energia. Sobre as tecnologias específicas para o aumento da capacidade do sistema, visando a complementação de potência, as alternativas mais promissoras são explicitamente as tecnologias de armazenamento, como usinas hidrelétricas reversíveis e baterias. Usinas reversíveis possuem custos mais baixos e menor tempo de descarga, o que faz delas a melhor alternativa para esse tipo de armazenamento, superior às demais tecnologias (CANALES *et al*, 2015). A representação utilizada no PDE permite identificar tendências de operação futura, nas quais a existência desse recurso no sistema pode reduzir os custos de operação nos momentos de pico de demanda.

Não são poucos os exemplos de como operar de maneira complementar as fontes de energia renováveis. A emblemática represa Hoover, nos Estados Unidos, no rio Colorado, é hoje foco de um desafio típico do século 21: transformar a barragem em um vasto reservatório de eletricidade excedente, proveniente de plantas solares e turbinas eólicas. O Departamento de Água e Energia de Los Angeles, operador original da barragem, quando foi erguida, na década de 1930, quer equipá-la com uma estação de bombeamento<sup>5</sup> alimentada por energia solar e eólica. A estação de bombeamento, à jusante, ajudaria a regular o fluxo de água através dos geradores da represa, enviando a água de volta ao topo para auxiliar o atendimento de energia nos momentos de pico de demanda. O resultado líquido seria uma espécie de armazenamento de energia, desempenhando a mesma função das

baterias gigantes de íons de lítio que estão sendo desenvolvidas para absorver e liberar energia.

Além dos aspectos estritamente relacionados à energia, os reservatórios de hidrelétricas armazenam água, recurso que, embora renovável, tem sido motivo de crescentes preocupações ambientais, decorrentes de suas funções estratégicas, da deterioração de sua qualidade e do aumento nas demandas. Sendo assim, a operação do Sistema Interligado Nacional tem se tornado cada vez mais complexa, seja devido aos usos múltiplos dos recursos hídricos, que levam ao acréscimo frequente de novas restrições operativas à gestão dos volumes dos reservatórios das usinas, seja devido aos eventos de secas, cheias e até mesmo aos lamentáveis episódios de rompimento de barragens de mineração. No caso específico do rompimento da barragem em Mariana, é notável o caso da PCH Bicas, completamente destruída por ocasião do desabamento das barragens de rejeitos de mineração em 2015.

Para concluir, em relação às usinas hidrelétricas na atualidade brasileira, destaca-se de forma resumida os seguintes desafios:

1. Dos 23 GW de hidrelétricas legalmente viáveis do plano decenal, 90% é composto de usinas hidrelétricas cujos estudos foram efetuados há mais de 10 anos, isto é, necessitam de revisões;
2. Devido à diminuição das hidrelétricas que cedem espaço na matriz elétrica para as renováveis intermitentes, cuja oferta de energia apresenta volatilidade bem superior à das hidrelétricas, se faz necessário:

<sup>5</sup> <https://www.nytimes.com/interactive/2018/07/24/business/energy-environment/hoover-dam-renewable-energy.html>

- Expandir os estudos sobre usinas hidrelétricas reversíveis no Brasil. Recente Nota Técnica da EPE apresenta uma análise preliminar de usinas hidrelétricas reversíveis para o Estado do Rio de Janeiro (EPE, 2019b). Esses estudos precisam ser rapidamente expandidos para o restante do país, de forma a viabilizar essa interessante fonte para garantir acréscimos instantâneos na demanda;
  - Desenvolver estudos para a substituição de modelos de previsão mensal da demanda de energia por modelos de previsão horária;
3. Eventos extremos frequentes colocam em xeque uma hipótese largamente adotada nos modelos matemáticos de previsões de energia elétrica no Brasil: a estacionariedade das séries sintéticas geradas pelos modelos. Uma série temporal é estacionária quando suas características estatísticas (média, variância, autocorrelações) são constantes ao longo do tempo. Segundo Carvalho (2015), resultados obtidos para estudo com a bacia do rio Paraná indicam que a hipótese de estacionariedade das séries de vazões pode não ser mais aplicável aos modelos de suporte às decisões de planejamento e operação de usinas hidrelétricas. Desta forma, deve-se fazer uma reflexão quanto à pertinência de continuar usando modelos que dependem dessa hipótese.

Finalmente, pode-se perceber que, a partir das usinas hidrelétricas com reservatórios de água de grande porte, construídas em meados do século XX até as centrais com pequenos reservatórios - reversíveis ou não - as hidrelétricas continuam sendo a fonte renovável com maior robustez e longevi-

dade no mercado de energia elétrica no Brasil e no mundo. Suas principais funções têm sofrido alterações, mas a sua relevância se mantém.

## REFERÊNCIAS

- CANALES, F. A., BELUCO, A., & MENDES, C. A. B. (2015). *Pumped storage hydropower in Brazil and the world: application and perspectives*. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)*, 19(2), 1230-1249.
- CARVALHO, A. D. (2015). *Reservatórios de Regularização de Usinas Hidrelétricas: Contribuição para uma Matriz Energética mais Limpa* (Doctoral dissertation, Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Engenharia Civil).
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2019a). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2027*. Rio de Janeiro, Brasil.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2019b). *Estudos de Inventário de Usinas Hidrelétricas Reversíveis para o Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Brasil.
- GOMES, R. D. O. (2012). *Estudo do impacto da incorporação de usinas hidrelétricas a fio d'água no sistema interligado nacional*. (Master dissertation, Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Juiz de Fora, Engenharia Elétrica).
- IRENA - INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. (2018). *Global Energy Transformation – A Roadmap to 2050*. Abu Dhabi, EAU.



---

Heloisa Teixeira Firmo é professora do departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica da UFRJ desde 2005. Possui graduação em Engenharia Civil, especialização em Recursos Hídricos, Mestrado e Doutorado em Planejamento Energético pela COPPE/UFRJ. Trabalhou em consultoria em obras hidráulicas, nas áreas de hidráulica e hidrologia, principalmente em projetos de usinas hidrelétricas e energia. Atua principalmente nos seguintes temas: gestão de recursos hídricos, energia, engenharia hidráulica, agroecologia, recuperação de áreas degradadas e tecnologias sociais. É professora desde 2016 do Mestrado Interdisciplinar em Tecnologia para o desenvolvimento Social do NIDES (Núcleo Interdisciplinar para o Desenvolvimento Social), da UFRJ.







[fgv.br/energia](http://fgv.br/energia)

