

## A CRISE ENERGÉTICA NA REGIÃO NORTE EM PERÍODOS DE SECA

Júlia Campos Ribeiro<sup>1</sup> (EG), Rogério José da Silva<sup>1</sup> (PQ)<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá**Palavras-chave:** Energias Renováveis. Hidrelétricas. Hidrelétricas a Fio d'água. Matriz Energética.**Introdução**

A região Norte do Brasil, historicamente dependente das hidrelétricas para suprir a maior parte de sua demanda energética, tem enfrentado sérios desafios nos últimos anos devido à intensificação das secas. Esses períodos de estiagem prolongada têm causado uma significativa redução nos níveis dos rios que alimentam as usinas hidrelétricas, resultando em uma queda na geração de energia. Com essa redução na oferta, surgem consequências diretas tanto no aumento dos custos da energia quanto no impacto ambiental sobre os ecossistemas fluviais, que são altamente dependentes dos fluxos regulares dos rios.

Uma parte significativa da capacidade instalada na Região Norte do Brasil foi feita com grandes usinas hidrelétricas a fio d'água. A redução da capacidade de armazenamento nas usinas construídas na região se deu principalmente por conta das restrições ambientais, para a construção de usinas de reservatório.

Em locais isolados existe a possibilidade de atendimento de parte da energia elétrica com o uso da energia solar e da energia eólica, atualmente suprida em grande parte com centrais a diesel.

Assim, a exploração dessas fontes de energia renovável torna-se não apenas uma solução técnica para a crise, mas também uma estratégia crucial para garantir a resiliência energética em tempos de mudanças climáticas. A implementação mais ampla da energia solar e eólica pode proporcionar benefícios econômicos significativos, como a criação de empregos e a redução dos custos a longo prazo, além de reduzir a pressão sobre os recursos hídricos e preservar os frágeis ecossistemas da Amazônia, para atendimento de pequenas comunidades.

Este artigo visa discutir o papel como as mudanças climáticas vem reduzindo as vazões dos grandes rios da região, criando uma crise de energia e de transporte, devido a seca. Serão analisadas também as potencialidades de uso de outras fontes renováveis, seus benefícios econômicos, sociais e ambientais, e como sua

implementação pode transformar a matriz energética, promovendo um futuro mais sustentável e resiliente para o Brasil como um todo.

**Metodologia**

Este estudo adotou uma abordagem quantitativa para analisar o impacto da seca na geração de energia hidrelétrica em algumas das principais usinas da região Norte do Brasil. Foram selecionadas usinas localizadas nos rios Tocantins, Madeira, Teles Pires e Xingu, todas fortemente afetadas pela queda no nível das águas durante os meses mais secos. As usinas analisadas foram:

- Rio Tocantins: UHE Serra da Mesa (Furnas) e UHE Tucuruí (Eletronorte);
- No Rio Madeira: UHE Jirau (ESBR) e Santo Antônio (SEASA);
- No Rio Teles Pires: UHE Teles Pires (CHTP);
- No Rio Xingu: UHE Belo Monte (Norte Energia).

Os dados sobre a geração diária de energia dessas usinas foram coletados no site Balanço de Energia do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), durante o período de 15 de maio a 15 de agosto de 2024. Esse intervalo foi escolhido porque coincide com a estação seca, quando a escassez de chuvas afeta diretamente os níveis dos reservatórios das hidrelétricas e também a geração de energia nas usinas a fio d'água.

Também no site Balanço de Energia do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), foi possível obter o recorte esquemático das hidrelétricas brasileiras, evidenciando os rios e usinas analisadas. Desta forma é possível visualizar a disposição de cada usina em seu respectivo rio. Seguindo esse esquema também é possível identificar se as usinas possuem ou não reservatório, sendo as identificadas por triângulos, usinas com reservatórios e as identificadas por círculos, usinas a fio d'água.

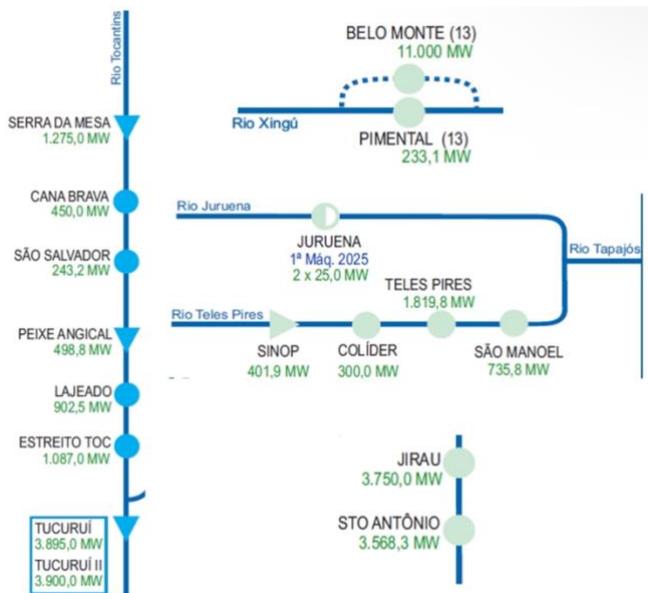


Figura 1 – Capacidade Instalada das usinas hidrelétricas analisadas a fio d'água e com reservatório.

Fonte: Balanço de Energia do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Após a coleta dos dados, eles foram organizados em planilhas e, em seguida, utilizados para gerar gráficos que ilustram a variação na geração de energia ao longo do tempo. Esses gráficos ajudam a visualizar como a produção de energia das hidrelétricas foi impactada pelas condições climáticas adversas, revelando tendências de queda na produção em comparação com os padrões usuais.

A escolha por essa metodologia quantitativa se deve à sua capacidade de fornecer uma análise objetiva e clara do impacto das secas sobre a geração de energia na região Norte, destacando a urgência de diversificar a matriz energética para enfrentar desafios climáticos futuros.

Após a análise quantitativa, foi conduzida uma pesquisa para entender melhor como as energias solar e eólica poderiam contribuir como alternativas à geração hidrelétrica. O foco dessa etapa foi avaliar o potencial dessas fontes renováveis na região, especialmente durante períodos de seca prolongada, quando as hidrelétricas enfrentam limitações. A ideia foi verificar como essas energias podem complementar a matriz energética e ajudar a suprir a demanda, garantindo uma maior estabilidade mesmo em momentos de escassez de chuvas.

## Resultados e discussão

Os resultados da análise quantitativa revelaram uma queda significativa na geração de energia nas usinas hidrelétricas ao longo do período de seca, de 15 de maio a 15 de agosto de 2024. A variação nos níveis de produção foi especialmente notável na Usina de Belo Monte, situada no Rio Xingu, que registrou uma redução de aproximadamente 96% na vazão gerada durante o período analisado. Da mesma forma, vale também ressaltar a queda de vazão na Usina de Tucuruí (Eletronorte) no Rio Tocantins que a registrou uma redução de aproximadamente 65%.

Esses dados confirmam que a diminuição dos níveis de água nos reservatórios, causada pela escassez de chuvas, impacta diretamente a capacidade de geração das hidrelétricas, reforçando a vulnerabilidade desse modelo de geração em períodos de estiagem prolongada.

Tais dados podem ser vistos no gráfico da Figura 1, plotado a partir da vazão registrada em cada uma das usinas monitoradas. Os dados sintetizados foram obtidos através do Balanço de Energia do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

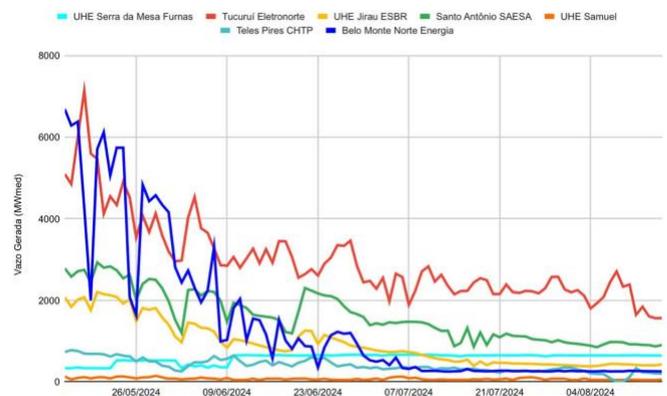


Figura 2 – Gráfico da Vazão Gerada (MWmed) nas usinas monitoradas entre 15 de maio e 15 de agosto do ano de 2024. - Fonte: Autoria Própria.

Ao comparar a geração de energia das usinas hidrelétricas analisadas no ano de 2023, com a geração de 2024 no período de 15 de maio a 15 de agosto, é evidente que, apesar de no final do período a geração seja semelhante, durante o tempo de estiagem, no ano de 2024 a geração se mostra bem menor. No gráfico a baixo, obtido pelo site Balanço de Energia do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), é possível visualizar tais afirmações, sendo a cor azul referente ao ano de 2023, e a cor amarela referente ao ano de 2024.

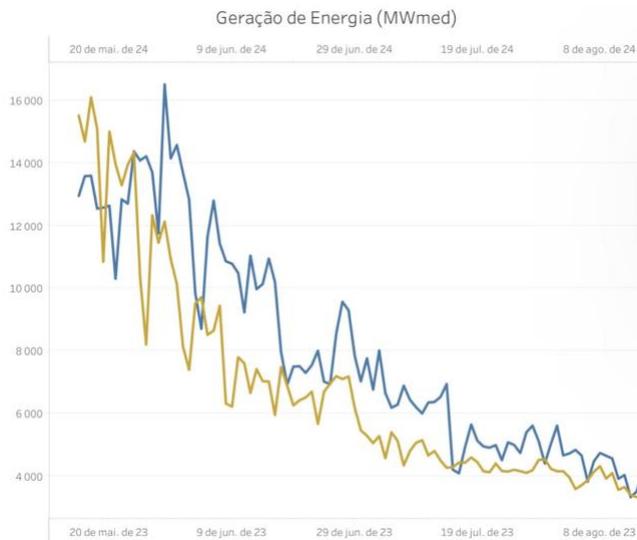


Figura 3 – Gráfico de comparação da geração de energia nas hidrelétricas monitoradas no período analisado em 2023 e 2024 - Fonte: Balanço de Energia do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

As usinas hidrelétricas da Região Norte são responsáveis nos períodos de cheias por grande parte de energia transferida para as Regiões Nordeste e Região Sudeste/Centro-Oeste, principalmente no primeiro trimestre de cada ano.

O crescimento da capacidade instalada em termos de novas usinas hidrelétricas tem sido reduzido, dando lugar no Brasil à energia solar e eólica. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, as usinas solares representaram 49,23% do crescimento de geração de energia no Brasil, enquanto a eólica foi responsável por 44% desse crescimento (dados de maio de 2024). Segundo o site da Agência GOV, o crescimento total foi de 4.284 MW

A potência instalada no SIN (Sistema Interligado Nacional) é de 202.233 MW, sendo 84,49% provenientes de fontes renováveis, e a previsão é que até o final de 2024, esse número cresça em 9.183MW, sendo que entre as 255 novas usinas, a maior parte será de usinas solares e eólicas. Para 2024, haverá a instalação de 57 novas usinas solares e 62 usinas eólicas, com a potência total instalada de 3.994 MW, sendo grande parte situada no Nordeste do Brasil.

Embora as energias solar e eólica tenham grande potencial, a implementação em larga escala na região Norte ainda enfrenta desafios importantes. Isso inclui a necessidade de investimentos em infraestrutura, como a

construção de linhas de transmissão e sistemas de armazenamento de energia, para garantir que a produção seja eficiente e integrada ao sistema elétrico nacional.

Além disso, a questão do armazenamento de energia se apresenta como um desafio técnico que precisa ser superado. As energias solar e eólica são intermitentes, ou seja, sua geração depende de fatores naturais como a luz solar e o vento, que não são constantes. Portanto, é essencial investir em tecnologias de armazenamento, usinas reversíveis, para garantir a estabilidade no fornecimento de energia mesmo quando a geração dessas fontes estiver reduzida.

No entanto, os dados indicam que, com os recursos adequados, essas fontes renováveis poderiam complementar de forma eficaz a geração hidrelétrica, ajudando a reduzir a dependência de fatores climáticos, como a escassez de chuvas.

## Conclusões

Este estudo evidenciou de maneira clara a vulnerabilidade da geração de energia hidrelétrica em períodos de seca, destacando as usinas a fio d'água na região Amazônica, sendo utilizados os dados de operação das usinas de Belo Monte, Jirau e Santo Antônio, que apresentaram quedas acentuadas em suas produções. Esses resultados mostram como o modelo hidrelétrico brasileiro é suscetível a mudanças climáticas extremas, como longas estiagens.

Esses resultados deixam evidente que a dependência quase exclusiva das hidrelétricas para o fornecimento de energia no Brasil torna o sistema vulnerável a variações climáticas, especialmente em um cenário de mudanças climáticas globais. Nos últimos anos, o Brasil tem enfrentado ciclos de seca mais prolongados e severos, e isso impacta diretamente os níveis dos reservatórios, que são cruciais para a operação das usinas hidrelétricas. Em função disso, a necessidade de diversificar a matriz energética do país se torna cada vez mais urgente.

Uma das soluções apontadas por especialistas é o aumento do uso de fontes renováveis, como a energia solar e eólica. Conforme os dados deste estudo e os fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), essas fontes já desempenham um papel significativo no crescimento da capacidade de geração de energia no Brasil. Em 2024, por exemplo, as usinas solares foram responsáveis por 49,23% da expansão energética, enquanto as eólicas contribuíram com 44%. Isso significa que mais de 90% do aumento na capacidade

de geração no Brasil veio dessas fontes renováveis, o que demonstra seu grande potencial para contribuir de maneira mais sólida com o sistema energético nacional.

A transição para uma matriz energética mais diversificada e menos dependente das hidrelétricas não é apenas uma questão técnica ou econômica. Ela também envolve a implementação de políticas públicas robustas que incentivem o investimento em energias renováveis, além de criar incentivos fiscais e linhas de financiamento específicas para viabilizar a construção de novas usinas eólicas e solares em regiões estratégicas. O Nordeste do Brasil, por exemplo, é uma área com enorme potencial para a geração dessas fontes, dado seu clima favorável para a instalação de parques solares e eólicos.

Além dos benefícios econômicos e ambientais, a diversificação da matriz energética brasileira também é uma questão de segurança energética. Com a diversificação no uso de fontes de energia, o país estará mais preparado para enfrentar períodos de seca severa e outros eventos climáticos imprevisíveis que possam comprometer a geração de energia. Isso proporcionará uma maior estabilidade no fornecimento de eletricidade para a população e para os setores produtivos, ajudando a evitar crises energéticas.

Portanto, os resultados deste estudo reforçam a importância de continuar investindo em tecnologias de energia limpa e renovável, que, além de reduzir a emissão de gases de efeito estufa, podem complementar de maneira eficaz a geração hidrelétrica. A expansão das usinas solares e eólicas não só ajuda a enfrentar os desafios climáticos, mas também contribui para o desenvolvimento econômico das regiões onde são instaladas, gerando empregos e promovendo um crescimento sustentável. Ao diversificar sua matriz energética, o Brasil estará melhor preparado para lidar com os desafios do futuro, garantindo um sistema energético mais resiliente, sustentável e capaz de atender às necessidades de sua população em um cenário de mudanças climáticas cada vez mais intensas.

## Agradecimentos

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pelo suporte e pela oportunidade de realizar esta pesquisa. Meu agradecimento também vai ao Programa de Educação Tutorial – PET, e ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) pelo apoio financeiro por meio da bolsa PET, que foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Por fim, estendo meus

agradecimentos e gratidão aos meus professores e colegas, por toda troca de aprendizados e conhecimentos indispensáveis para o desenvolvimento deste trabalho.

## Referências

Agência Brasil, 2024a. BRASIL expande geração de energia elétrica em 4.284 megawatts. Agência Brasil, EBC. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202405/brasil-expande-geracao-de-energia-eletrica-em-4-284-megawatts>.

Acesso em: 1 out. 2024.

USP – Universidade de São Paulo, 2024. Energia eólica é alternativa sustentável e eficaz para o Brasil. Jornal da USP. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/energia-eolica-e-alternativa-sustentavel-e-eficaz-para-o-brasil/>. Acesso em: 1 out. 2024.

Eixos, 2024. Energia solar e eólica no Brasil: tendências tecnológicas e vantagens competitivas nacionais. Agência Eixos. Disponível em: <https://eixos.com.br/hidrogenio/energia-solar-e-eolica-no-brasil-tendencias-tecnologicas-e-vantagens-competitivas-nacionais/>. Acesso em: 2 out. 2024.

IRENA, 2024. Record growth in renewables, but progress needs to be equitable. IRENA – International Renewable Energy Agency. Disponível em: <https://www.irena.org/News/pressreleases/2024/Mar/Record-Growth-in-Renewables-but-Progress-Needs-to-be-Equitable-PT>. Acesso em: 2 out. 2024.

Agência Brasil, 2024b. Geração de energia no Brasil tem expansão recorde de 18,7%. Agência Brasil, EBC – Empresa Brasil de Comunicação. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2024-07/geracao-de-energia-no-brasil-tem-expansao-recorde-de-187>. Acesso em: 2 out. 2024.

ONS – Operador Nacional do Sistema. SINMAPS, 2024a. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/balanco-de-energia>. Acesso em: 15 ago. 2024.

ONS – Operador Nacional do Sistema, 2024b. Balanço de Energia. Disponível em: <https://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/balanco-de-energia>. Acesso em: 15 ago. 2024.