

INTRODUÇÃO AO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO POR MEIO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO DOS EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: UM ESTUDO COM DADOS DO SIGA/ANEEL

**Mariana Luiza Figueira¹, Kaik Yuki Kajawa Nayde¹, Larissa Marinho de Almeida¹,
Felipe Ferreira Alves Costa¹, Naiara Lima Costa¹**

¹Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rosana, Brasil (mariana.figueira@unesp.br)

Resumo: Este trabalho apresenta uma análise estatística do estágio de desenvolvimento dos empreendimentos de geração de energia elétrica no Brasil, utilizando dados do Sistema de Informações de Geração (SIGA/ANEEL) referentes a outubro de 2025. O estudo caracteriza a distribuição dos empreendimentos por fase de implantação, fonte de geração e localização, identificando tendências e padrões da expansão da matriz elétrica. Os resultados contribuem para a compreensão do planejamento e da evolução do setor elétrico nacional.

Palavras-chave: Matriz elétrica; Matriz energética; Fontes intermitentes; Outorga; Concessão.

INTRODUÇÃO

O planejamento energético constitui um pilar fundamental para o desenvolvimento socioeconômico de qualquer país (Borges, 2021; Strielkowsk et al., 2021). Nesse contexto, a transição energética impulsiona a diversificação das fontes de energia, tornando a análise da participação de cada recurso substancial para o planejamento energético (Santos et al., 2024; EPE, 2020).

A matriz energética de uma nação pode ser definida como o conjunto diversificado de fontes de energia (petróleo, gás natural, hidrelétricas, solar, eólica etc.) utilizadas para atender a todas as suas necessidades de consumo, incluindo a geração de eletricidade, o aquecimento/resfriamento e a movimentação de veículos e máquinas. Assim, a matriz energética funciona como um mapa que evidencia a proporção e a origem daquilo que é consumido por todos os setores da sociedade. Já a matriz elétrica contabiliza apenas o conjunto de fontes utilizadas diretamente na geração de energia elétrica, excluindo, por exemplo, o modal de transporte. Nesse sentido, a composição da matriz energética e elétrica reflete as estratégias de segurança energética, sustentabilidade e investimento do país (MME, 2023; EPE, 2020).

No contexto brasileiro, o domínio da geração hidrelétrica conduz a vulnerabilidade hidrológica do sistema, exigindo o papel complementar da geração termelétrica como fonte de segurança, embora esta última, dependendo do combustível, possa aumentar os custos de operação e as emissões (Tolmasquim, 2016b). Por outro lado, o crescimento acelerado de

fontes intermitentes, como a eólica e a solar fotovoltaica, reflete na demanda contínua em investimentos como linhas de transmissão e tecnologias de armazenamento (Castro et al., 2022; EPE, 2024). Assim, analisar a potência de cada fonte de energia e o estágio de seus projetos em desenvolvimento é essencial para a compreensão dos futuros desafios de expansão e sustentabilidade do sistema eletroenergético brasileiro, bem como conceito primordial a alunos de engenharia.

Ainda nesse contexto, a engenharia, em seus diversos direcionamentos, é fundamentalmente uma área de tomada de decisão baseada em dados (Pereira, 2022). O sucesso de um projeto de infraestrutura, a otimização de um processo industrial ou a garantia da segurança energética nacional na engenharia moderna dependem diretamente da capacidade de coletar, processar e interpretar informações (Salvador, 2025; Zhang; Cao; Romagnoli).

Nesse sentido, este trabalho propõe uma visão quantitativa da geração elétrica nacional, dividida em duas frentes: a análise de potência registrada, destacando a relevância das fontes tradicionais: Usinas de Geração Hidrelétricas (UHE) e Usinas de Geração Térmicas (UTE) e o avanço das renováveis: Usinas de Geração Eólica (EOL), Usinas de Geração Solar Fotovoltaica (UFV) e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), além da avaliação do estágio de desenvolvimento dos projetos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados em outubro de 2025 no SIGA - Sistema de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia elétrica (ANEEL, 2025). O tratamento dos dados foi realizado utilizando o software Excel.

O trabalho analisou os dados referentes aos valores de potência (outorgada ou registrada), operação e garantia física. Os demais dados disponibilizados pela ANEEL não foram objeto de análise.

A ANEEL é uma autarquia federal responsável por regular e fiscalizar o setor elétrico brasileiro. O SIGA é uma ferramenta que disponibiliza publicamente informações sobre a capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil. De acordo com a Aneel (2025), o sistema substituiu o antigo Banco de Informações de Geração (BIG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compreender a fase de desenvolvimento das usinas que compõe a matriz elétrica brasileira é fundamental para refletir sobre as mudanças a médio e longo prazo que acontecerão no perfil energético do país. Assim, a Tabela 1 apresenta as principais usinas por fase de desenvolvimento, evidenciando a contribuição por fonte.

Tabela 1. Quantidade de usinas por fase de desenvolvimento.

Fase	Quantidade de usinas por fase							Σ
	UTN	UHE	UTE	UFV	PCH	EOL	CGH	
Construção	1	1	31	110	24	53	1	1834
Construção não iniciada	0	3	30	2609	54	450	0	3146
Operação	2	216	3046	17032	431	1132	702	21880
Total	3	220	3107	19751	509	1635	1635	26860

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, com base nos dados SIGA/ANEEL (2025)

Legenda: UTN: Usinas de Geração Nuclear; UHE: Usinas de Geração Hidrelétrica; UTE :Usinas de Geração Térmica; UFV: Usinas de Geração Solar Fotovoltaica; PCH: Usinas de Geração Pequenas Centrais Hidrelétricas; EOL: Usinas de Geração Eólica; CGH: Centrais Geradoras Hidrelétricas

De acordo com a Tabela 1 é possível observar que o setor solar (UFV) demonstra um grande volume de empreendimentos, que refletem o grande número de projetos de Geração Distribuída – GD (menor porte) e de Geração Centralizada – GC (maior porte) que foram licenciados (Pereira, 2019). Além disso, a fase de "construção não iniciada" é dominada pela UFV, com 2.609 projetos pendentes, reforçando o vetor de expansão (Petry; Ramos; Costa, 2020; Cassa et al., 2019).

As UHE somam atualmente 216 usinas em operação. O “baixo” número quando comparado a EOL e UFV, advém da significativa diferença em relação à potência (Tabela 4). Além disso, destaca-se a baixa quantidade de usinas em "construção" e "construção não iniciada", o que reforça a maturidade da fonte, que tem poucas oportunidades de novos projetos dada sua consolidação em décadas anteriores (ONS, 2025; EPE, 2024; EPE, 2020; De Almeida Magalhães, 1978).

Em relação à participação da energia nuclear, há apenas 2 usinas em operação (Angra I e II) e 1 em construção (Angra 3), idealizada desde 1984, refletindo a natureza de altíssima potência e alto investimento desta tecnologia (Cabral, 2012; Tolmasquim, 2016b,c).

Na geração hídrica de pequeno porte, a micro e minigeração contabiliza 702 usinas em operação. A CGH demonstra uma alta taxa de projetos licenciados em operação, com apenas 1 em construção. Isso sugere um setor de pequeno porte e fortemente regulado. Simile, as PCH apresentam 431 usinas em operação e um número moderado de futuros projetos, indicando desenvolvimento ativo.

O crescimento eólico, fruto de investimentos em energias renováveis (Silva, 2023), possui um volume considerável de projetos futuros: 450 usinas em "construção não iniciada". Tal fato demonstra que o investimento eólico está focado em projetos de maior potência individual, sobretudo parques eólicos (EPE, 2020).

Na figura 1 é evidenciado o percentual relativo à fase dos empreendimentos avaliados.

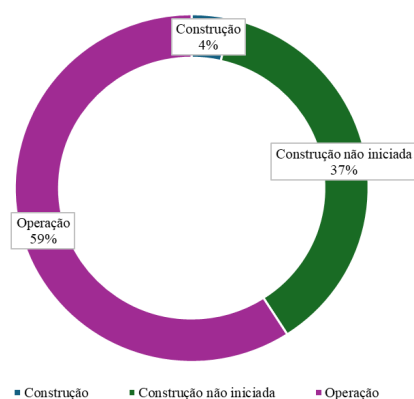


Figura 4. Distribuição da Potência Total Outorgada por Fase

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, com base nos dados SIGA/ANEEL (2025)

De acordo com a Figura 1 a maior parcela da potência outorgada (59%) já se encontra em operação, o que

demonstra nível significativo de maturidade do setor elétrico brasileiro. Em relação ao planejamento de expansão, evidencia-se que 37% da potência está classificada como “construção não iniciada”, representando um potencial relevante de crescimento. Por último, apenas 4% da potência está em construção, o que pode ser um indicativo de um ritmo de transição relativamente lento entre o planejamento e a execução, sugerindo que embora existam muitos projetos autorizados, poucos estão atualmente em fase de implantação ativa.

Na tabela 2 são apresentadas as quantidades de usinas por tipo de outorga.

Tabela 2. Quantidade de usinas por Tipo de Outorga.

Tipo de Usina	UT N	UHE	UTE	UFV	PC H	EOL	CGH	Σ
Autorização	3	10	789	3209	459	1614	30	6114
Concessão	0	210	3	0	50	0	1	264
Registro	0	0	2315	16542	0	21	672	19550
Total	3	220	3107	19751	509	1635	703	25928

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, com base nos dados SIGA/ANEEL (2025)

Legenda: UTN: Usinas de Geração Nuclear; UHE: Usinas de Geração Hidrelétrica; UTE: Usinas de Geração Térmica; UFV: Usinas de Geração Solar Fotovoltaica; PCH: Usinas de Geração Pequenas Centrais Hidrelétricas; EOL: Usinas de Geração Eólica; CGH: Usinas de Geração de Grandes Centrais Hidrelétricas

As categorias de outorga estabelecem o regime jurídico aplicável aos empreendimentos de geração de energia elétrica e, de forma indireta, refletem seu porte e suas características regulatórias. Nesse contexto, a concessão é tradicionalmente adotada para grandes empreendimentos sujeitos à licitação, a autorização constitui o principal instrumento para projetos de geração centralizada, como parques eólicos e usinas fotovoltaicas e o registro ocorre empreendimentos de menor porte, geralmente dispensados de autorização formal pela agência reguladora (Aneel, 2022; Aneel, s/d.). O registro ocorre para usinas de pequena capacidade, considerando potência de até 1MW para hidráulicas e até 5MW para as demais fontes (Tolmasquim, 2016a).

Da Tabela 2, evidencia-se o domínio do setor solar fotovoltaico impulsionado pelo regime de registro, que engloba 16.652 usinas. Este padrão é um forte indicador da inclusão da Geração Distribuída (GD) nos dados, onde o processo de formalização é simplificado para unidades de menor porte (Lira et al., 2019).

Em relação às UHE, quase a totalidade está sob concessão, refletindo a natureza de longo prazo, alto investimento e uso de bens públicos (recursos hídricos) que exige um processo licitatório e contratual robusto, já fundamentado desde a década de 1990 (Brasil, 1995), além de todo o contexto histórico favorecido (EPE, 2020). As outras fontes hídricas, como as PCH, ainda possuem uma parcela de projetos sob concessão, embora a maior parte esteja sob autorização e as CGH estão em maioria concentradas sob o regime de registro.

As fontes de expansão de GD como a Eólica (EOL), concentram quase a totalidade de seus projetos no regime de autorização. A ausência de um número significativo de registros para a EOL diferencia seu modelo de negócios do setor solar, mostrando que o investimento eólico foca em projetos de maior porte (parques eólicos) e não se baseia no micro ou minigeração distribuída (EPE, 2025).

Já o setor termoeletrônico demonstra equilíbrio entre registro e autorização, refletindo a diversidade de sua função que engloba desde pequenas unidades a biomassa (registro até 5MW) até grandes térmicas a gás, essenciais para o suprimento complementar (autorização) (Tolmasquim, 2016a).

No caso das UTN, Angra I e II estão sob o regime de autorização, operadas pela Eletronuclear.

A análise da Tabela 3 evidencia a potência total, em GW, das principais fontes contribuintes da matriz elétrica brasileira.

Tabela 3. Potência total outorgada ou registrada dos empreendimentos de geração de energia elétrica no Brasil.

Tipo de Geração	Potência total Outorgada ou Registrada do empreendimento (GW)
CGH	0,906
EOL	54,710
PCH	7,068
UFV	139,157
UHE	103,458
UTE	56,408
UTN	3,340
Total Geral	365,047

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, com base nos dados SIGA/ANEEL (2025)

Apesar da potência instalada ser dominada pelas UHE, que ultrapassa 100 GW de potência (BEN, 2024), a potência outorgada da energia solar fotovoltaica



ultrapassou essa marca, ao considerar os projetos em construção e os que ainda não iniciaram suas obras (Canal Solar, 2023). Em relação à UHE, essa participação é resultado de décadas de planejamento energético com foco na exploração dos grandes potenciais hídricos disponíveis no país, dado o potencial brasileiro favorecido por condições geográficas (EPE, 2024). Já em relação às UFV, o crescimento foi impulsionado por políticas de incentivo (Agência Minas Gerais, 2025).

Em relação às UTE, há uma potência expressiva ≈ 50.000 MW. Esse valor elevado permite o acionamento dessa fonte em períodos de escassez hídrica ou em picos de demanda (Guerra e Carvalho, 1995), sobretudo considerando a crescente participação de fontes sujeitas a variação sazonal (Morais, 2025).

As usinas eólicas ocupam a terceira posição com uma potência superior a 30.000 MW, consolidando-se como uma das principais fontes de expansão e diversificação e contribuindo com o segundo maior percentual de participação na matriz elétrica brasileira (EPE, 2024). Já as UFV representam um crescimento mais dinâmico, refletindo o forte investimento no aproveitamento do potencial solar do país (EPE, 2023; Rosa e Gasparin, 2017).

Por fim, as PCH registram a menor contribuição entre as fontes analisadas, com uma potência pouco superior a 5.000 MW. As PCHs desempenham um papel relevante, porém complementar, oferecendo geração com menor impacto ambiental em projetos localizados (Kliemann e Delariva, 2025).

Na Tabela 4 é apresentada a potência outorgada em operação, medida em Gigawatts (GW), segundo o tipo de fonte.

Tabela 4. Potência outorgada em operação por tipo de geração.

Tipo de Geração	Potência Outorgada em operação (GW)
CGH	0,901
EOL	34,347
PCH	6,014
UFV	18,925
UHE	103,243
UTE	49,424
UTN	1,990
Total Geral	214,844

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, com base nos dados SIGA/ANEEL (2025)

Legenda: UTN: Usinas de Geração Nuclear; UHE: Usinas de Geração Hidrelétrica; UTE: Usinas de Geração Térmica; UFV: Usinas de Geração Solar Fotovoltaica; PCH: Usinas de Geração Pequenas Centrais Hidrelétricas; EOL: Usinas de Geração Eólica; CGH: Usinas de Geração de Grandes Centrais Hidrelétricas

Como já mencionado anteriormente, as UHE concentram a maior potência em operação, com aproximadamente 103 GW (ANEEL, 2025). Já as termelétricas surgem com a segunda maior potência outorgada, o que contribui significativamente com a segurança do sistema brasileiro, dado que se trata de uma fonte despachável. Apesar disso, esse fato não a insere como o segundo maior percentual na matriz elétrica, posição que atualmente pertence à fonte eólica (EPE, 2025), mas sim a pontua como uma fonte com grande capacidade quando requisitada, garantindo além da segurança energética, a confiabilidade do suprimento, especialmente em períodos de baixa disponibilidade hídrica ou alta intermitência das demais fontes renováveis.

A terceira e a quarta maior participação reforçam a diversificação e o avanço das energias renováveis não hídricas. A eólica consolida-se com aproximadamente 34 GW, enquanto as UFV demonstram registram quase 20 GW de potência outorgada em operação.

As demais fontes têm participações menores, mas estratégicas. PCH e CGH oferecem geração hídrica de menor porte e impacto ambiental e a UTN garante a estabilidade de um suprimento já estabelecido.

Na tabela 5 é apresentada a contribuição geográfica nacional em relação as usinas outorgadas, evidenciando os estados com maior participação. Os dados são indicadores geográficos fundamentais para compreender onde se concentram o potencial de geração atual e os futuros investimentos em energia elétrica.

Tabela 5. Cinco estados com maior potência total outorgada no Brasil (em GW).

UF	Potência total Outorgada no Estado (GW)
MG	57,381
BA	54,178
PI	28,502
SP	26,285
PA	25,040

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, com base nos dados SIGA/ANEEL (2025)

Legenda: UTN: Usinas de Geração Nuclear; UHE: Usinas de Geração Hidrelétrica; UTE: Usinas de Geração Térmica; UFV: Usinas de Geração Solar Fotovoltaica; PCH: Usinas de Geração Pequenas Centrais Hidrelétricas; EOL: Usinas de Geração Eólica; CGH: Usinas de Geração de Grandes Centrais Hidrelétricas

A Potência Total Outorgada (PTO) engloba a capacidade já instalada em operação e aquela que está registrada ou planejada. Os cinco estados com maior potência outorgada são, em ordem crescente: Minas Gerais (MG), Bahia (BA), Piauí (PI), São Paulo (SP) e Pará (PA).

MG lidera o ranking com 57,381 GW. Sua posição de destaque se deve à sua vasta e consolidada base de geração hidrelétrica (Corrêa e Paula, 2012), mas este volume elevado também é impulsionado pelo intenso e recente crescimento da geração solar fotovoltaica, na qual o estado é líder nacional (Agência Minas Gerais, 2025; Revista de Minas Gerais, 2016).

O estado da BA registra 54,178 GW. O estado reflete a exploração de seu vasto potencial de recursos naturais, como os fortes ventos do interior e a alta irradiação solar (Lima, 2024; Pereira, 2023; de Jong et al., 2017).

Na terceira posição, o PI apresenta uma potência de 28,502 GW. Assim como a Bahia, sua notável ascensão e alta potência outorgada são, em grande parte, impulsionadas pelos expressivos investimentos em grandes projetos de energia renovável,

especialmente solar e eólica, aproveitando os altos índices de irradiação e a constância dos ventos da região Nordeste (Barroso et al., 2021; Lira et al., 2017).

O estado de São Paulo registra 26,285 GW de potência outorgada. Embora possua uma matriz diversificada que inclui hidrelétricas e termelétricas, sua alta potência outorgada advém principalmente seu papel como o maior centro consumidor e econômico do país, exigindo uma robusta capacidade de geração e importação.

Por último, estado do Pará (PA) contribui com 25,040 GW. Sua colocação no ranking está fortemente associada à presença de grandes hidrelétricas de porte nacional, como Tucuruí (La Rovere e Mendes, 2000).

A discussão é fortalecida pela Figura 2, que a distribuição espacial da PTO (GW) por Unidade Federativa (UF) no Brasil. Cores mais escuras ou mais intensas indicam os estados com maior volume de potência outorgada, enquanto as cores mais claras representam os estados com menor volume.

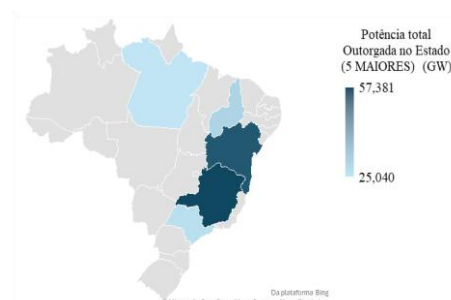


Figura 2. Os 5 estados com maior potência total outorgada.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, com base nos dados SIGA/ANEEL (2025)

Em contrapartida, a tabela 6 evidencia os estados com menor potência outorgada para o período em análise.

Tabela 6. Cinco estados com menor potência total outorgada no Brasil (em GW).

UF	Potência total Outorgada no Estado (GW)
AP	0,981
AL	0,886
RR	0,672
AC	0,143
DF	0,050

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, com base nos dados SIGA/ANEEL (2025)

Legenda: AP: Amapá; AL: Alagoas, RR: Roraima; AC: Acre; DF: Distrito Federal

A análise da PTO nos estados que ocupam as posições inferiores do ranking oferece uma perspectiva sobre a disparidade regional e os desafios de expansão e infraestrutura em certas UF's.

O Distrito Federal (DF), registra apenas 0,05 GW de PTO, menor registro brasileiro. Em seguida, aparece o Acre (AC) com uma baixa potência característica da região Norte, que é marcada por desafios logísticos, baixa densidade populacional e dificuldades de integração plena ao Sistema Interligado Nacional (SIN) (Calili, 2019). Roraima (RR), Alagoas (AL) e Amapá (AP) também estão entre os menores percentuais colaborativos.

Em relação a essa menor participação, os fatores limitantes são ambientais, geográficas, logísticos e de infraestrutura de transmissão no caso dos estados das regiões Norte (AC, RR, AP).

A figura 3 ilustra as regiões geográficas que concentram a menor parcela outorgada brasileira.

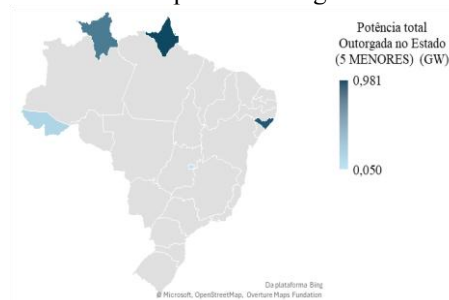


Figura 3. Os 5 estados com menor potência total outorgada.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, com base nos dados SIGA/ANEEL (2025)

Por último, de acordo com EPE, a Garantia Física (GF) homologada pelo Ministério de Minas e Energia (MME) é a quantidade máxima de energia que uma usina geradora pode comercializar em contratos de longo prazo (MME, s/d.). Esse dado é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Garantia física homologada pelo MME por tipo de geração (em GW).

Tipo de Geração	Garantia Física homologada pelo MME (GW)
-----------------	--

CGH	0,208
EOL	15,763
PCH	3,567
UFV	5,169
UHE	55,741
UTE	17,428
UTN	2,997
Total Geral	100,873

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, com base nos dados SIGA/ANEEL (2025)

Legenda: UTN: Usinas de Geração Nuclear; UHE: Usinas de Geração Hidrelétrica; UTE :Usinas de Geração Térmica; UFV: Usinas de Geração Solar Fotovoltaica; PCH: Usinas de Geração Pequenas Centrais Hidrelétricas; EOL: Usinas de Geração Eólica; CGH: Usinas de Geração de Grandes Centrais Hidrelétricas

Os valores homologados refletem o quanto cada fonte é considerada confiável e despachável para o suprimento brasileiro. Assim, mais uma vez destaca-se a principal característica atual do sistema elétrico brasileiro: hidrotérmico-eólico (EPE, 2025; de Aquino et al., 2016).

Complementar a essa análise, na figura 4 é apresentada maior participação por estado em relação a potência operativa.

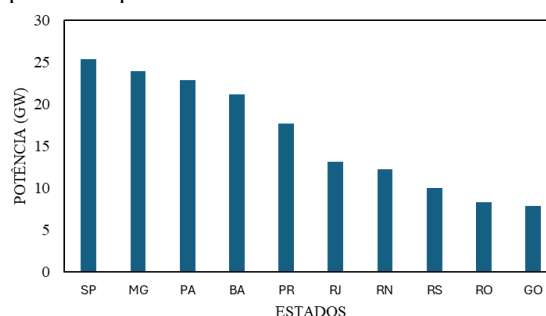


Figura 4. Os 10 estados brasileiros com maior potência em operação (GW).

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, com base nos dados SIGA/ANEEL (2025)

O gráfico detalha os dez maiores estados em potência de operação, ou seja, em relação a sua capacidade efetivamente instalada e gerando energia.

O estado de São Paulo (SP) lidera o ranking, seguido por Minas Gerais (MG). Essa liderança reflete a importância histórica desses estados, localizados na região econômica mais desenvolvida do país, tanto como grandes centros de consumo, quanto pela vasta infraestrutura hidrelétrica e termelétrica instalada ao longo das décadas (Nogueira e Ferrão, 2015; de Paula, 2012; Corrêa e Paula, 2012). A alta capacidade em operação nessas regiões é fundamental para a estabilidade e o suprimento do Sistema Interligado Nacional (SIN).



CONCLUSÃO

O presente trabalho, resultado da disciplina de Estatística e Probabilidade do Curso de Engenharia de Energia, permitiu implementar a análise estatística descritiva aos dados abertos da Aneel e compreender os avanços no setor energético.

Os dados permitem a compreensão da importância das hidrelétricas na matriz elétrica nacional, bem como das usinas termelétricas como fonte complementar.

Além disso, os investimentos em outras fontes renováveis, como eólica e solar, demonstram um potencial de expansão alinhado aos desafios globais em relação ao clima.

Os dados evidenciam um grande potencial de crescimento fotovoltaico, com considerável potência outorgada. Além disso, esse domínio reflete a vasta expansão da geração distribuída e de grandes projetos centrais, com um volume considerável de empreendimentos na fase de "construção não iniciada".

A energia eólica se mantém como pilar de expansão recente, reforçando a estratégia de diversificação e a redução da vulnerabilidade hidrológica, bem como da complementariedade fóssil.

Além disso, a distribuição da potência outorgada concentra-se em estados com vastos recursos naturais ou forte infraestrutura.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Engenharia e Ciências – FEC – Rosana – SP.

REFERÊNCIAS

- Agência Minas Gerais. Alcançando 12 gigawatts, Minas Gerais mantém liderança nacional na geração de energia solar. Belo Horizonte, MG, 28 maio 2025. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/alcançando-12-gigawatts-minas-gerais-mantem-lideranca-nacional-na-geracao-de-energia-solar>. Acesso em: 4 nov. 2025.
- Aneel. Agência Nacional de Energia Elétrica. Outorgas. Brasília, DF, [2022]. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/transmissao/outorga>. Acesso em: 4 nov. 2025.
- Aneel - Agência Nacional de Energia elétrica - SIGA - Sistema de Informações de Geração da ANEEL.< <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/siga-sistema-de-informacoes-de-geracao-da-aneel>>. Acesso em: 20 out. 2025.
- ANEEL. Registro, autorização e concessão de empreendimentos de geração. s/d. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de>

conteudos/manuais-modelos-e-instrucoes/geracao/registro-autorizacao-e-concessao-de-empresendimentos-de-geracao>. Acesso em 06 jul. 2026.

- Barroso, Amanda Maria Rodrigues et al. Piauí Solar: State development impulsioned by photovoltaic solar energy Piauí Solar: Desenvolvimento do estado impulsionado pela energia solar fotovoltaica. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 4, p. 41723-41730, 2021.
- Borges, Fabricio Quadros. Estrutura institucional do setor de energia elétrica no Brasil e o desenvolvimento sustentável. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218, v. 2, n. 3, p. 198-212, 2021.
- Brasil. Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações [...]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19074cons.htm. Acesso em: 23 nov. 2025
- Cabral, Anya. História das usinas nucleoeletricas no Brasil. Revista Eletrônica de Energia, v. 1, n. 1, 2012.
- Calili, Rodrigo Flora. Geração de energia elétrica em Sistemas Isolados: desafios e propostas para aumento da participação de fontes renováveis com base em uma análise multicritérios. 2019. Tese de Doutorado. PUC-Rio.
- Canal Solar. Brasil já possui quase 100 GW em projetos outorgados de GC solar. 2023. Fonte: Disponível em:<<https://canalsolar.com.br/brasil-ja-possui-quase-100-gw-em-projetos-outorgados-de-gc-solar/>>. Acesso em 06 jul. 2026.
- Cassa, Caio VL et al. Análise da expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil. Revista Esfera Tecnologia, v. 5, n. 1, 2019.
- Castro, Nivalde de et al. A crescente importância dos recursos de flexibilidade frente à expansão acelerada das fontes renováveis variáveis: o papel do armazenamento de energia. Rio de Janeiro: GESEL, 2022. 35 p. Acesso em: 23 nov. 2025.
- Corrêa, Maria Leticia; Paula, DA de. Hidrelétricas e desenvolvimento no Brasil: a construção da Usina de Furnas em perspectiva histórica (1956-1965). Simpósio internacional globalización, inovación y construcción de redes técnicas urbanas em american y europa, 2012.
- De Almeida Magalhães, Luiz Cláudio. Energia hidrelétrica. Revista de Administração Pública, v. 12, n. 4, p. 17 a 55-17 a 55, 1978.
- De Almeida Nogueira, Débora Marques; De Argollo Ferrão, André Munhoz. Hidrelétricas no



- desenvolvimento urbano e territorial de São Paulo. *Labor e Engenharia*, v. 9, n. 1, p. 19-36, 2015.
- De Aquino, Ronaldo RB et al. Despacho Hidrotérmico-Eólico ótimo por Método de Pontos Interiores. Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação. Pernambuco, Brazil, 2016.
- De Jong, Pieter et al. Complementaridade das energias eólica e solar na Bahia. In: Congresso Brasileiro de Energia (CBE). Outra instituição, 2017.
- De Paula, Dilma Andrade. Projetos de energia, industrialização e desenvolvimento em Minas Gerais (1950). Anais do XVIII Encontro Regional da Anpuh-Minas Gerais, Dimensões do poder na História, 2012.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Plano Decenal de Expansão de Energia 2034. Brasília, DF: MME; EPE, 2024. Acesso em: 3 out. 2025.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Anuário estatístico de energia elétrica 2026 Ano base 2025. Disponível em: <<https://dashboard.epe.gov.br/apps/anuario-livro/livro/>>. Acesso em: 06 jul. 2026.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Matriz Energética e Elétrica. 2025. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcedenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 06 jul. 2026.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. PNE 2050 (versão aprovada conforme Portaria MME nº 451, de 16 de dezembro de 2020). Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>>. Acesso em: 07 jul. 2026.
- Guerra, Sinclair Mallet-Guy; Carvalho, Antomar Viegas de. Um paralelo entre os impactos das usinas hidrelétricas e termoeletricas. *Revista de administração de empresas*, v. 35, n. 4, p. 83-90, 1995.
- Kliemann, Bruna Caroline Kotz; Delariva, Rosilene Luciana. Pequenas Centrais Hidrelétricas: cenários e perspectivas no estado do Paraná. *Ciência e Natura*, v. 37, n. 3, p. 274-283, 2015. DOI: 105902/2179460X17111. Acesso em: 5 nov. 2025.
- La Rovere, E. L.; Mendes, Francisco Eduardo. Tucuruí hydropower complex, Brazil. 2000.
- Lima, Amarildo Costa. Mapeamento da microgeração de energia solar fotovoltaica no estado da bahia. *Mundo econômico Учредители: Mundo Economico*, v. 11, n. 1, p. 28-49, 2024.
- Lira, Marcos Antonio Tavares et al. Caracterização do regime de ventos no Piauí para o aproveitamento de energia eólica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, n. 1, p. 77-88, 2017.
- Lira, Marcos Antônio Tavares et al. Contribuição dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica para a Redução de CO₂ no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 34, n. 3, 2019. DOI: 10.1590/0102-7786343046. Acesso em: 4 nov. 2025.
- MME – Ministério de Minas e Energia. Brasil bate recorde de expansão da energia solar em 2023. Brasília, DF, 18 set. 2023. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/pesquisa-e-inovacao/audio/2023-09/brasil-bate-recorde-de-expansao-de-energia-solar-este-ano>>. Acesso em: 3 out. 2025.
- MME – Ministério de Minas e Energia. Garantia Física. s/d. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/dpe/garantia-fisica-1>>. Acesso em 07 jul. 2026.
- Morais, Lucas Rigoletto Guedes de. Segurança elétrica no Brasil: a relevância das usinas termelétricas na estabilidade do sistema interligado nacional. Orientador: Nestor Proenza Pérez. 2025. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2025.
- ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Relatório Executivo do Programa Mensal de Operação: PMO dezembro 2025, semana operativa de 29/11 a 05/12/2025. [S.l.]: ONS, 2025. 25 p. Acesso em: 23 nov. 2025.
- Pereira, N. X. Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/4fe4407b-16a3-4f5a-9eff-49fafc1d4db8>. Acesso em: 05 maio. 2025.
- Pereira, Caroline Subirá. Caminhos para o ensino de probabilidade e estatística na formação de engenheiro pesquisador. 2022. Tese (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022.
- Pereira, Lorena Izá. A instalação de projetos de energia eólica no Brasil: uma análise a partir do papel do Estado. *Revista GeoUECE*, v. 12, n. 23, p. e2023002-e2023002, 2023.



Petry, Paola Mercadante; Ramos, Karina Ninni; Costa, Hirdan Katarina de M. A expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil e o desenvolvimento local: uma proposição de abordagem. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, p. 22-43, 2020.

Revista de Minas Gerais - Valor Econômico. Minas lidera revolução solar e redesenha matriz elétrica. Disponível em: <<https://valor.globo.com/publicacoes/especiais/revista-minas-gerais/noticia/2026/03/27/minas-lidera-revolucao-solar-e-redesenha-matriz-eletrica.ghtml>>. Acesso em: 07 jul. 2026.

Salvador, Nathalia. Análise de dados na engenharia para tomada de decisão embasada. *POLI USP PRO*, 7 abr. 2025. Disponível em: <<https://poliusppro.com/blog/analise-de-dados-na-engenharia-para-tomada-de-decisao-embasada>>. Acesso em: 3 out. 2025.

Santos, Rosana Rodrigues dos et al. Desafios da transição energética: a renovabilidade da matriz elétrica em contexto global e suas implicações. *Revista Brasileira de Avaliação*, v. 13, n. 2spe, e131824, 2024. DOI: 10.4322/rbaval202412018. Acesso em: 3 out. 2025.

Silva, Jose Alderir. Energia eólica no Brasil: avanços e desafios. *Princípios*, v. 42, n. 167, p. 179-202, 2023.

Strielkowski, Wadim et al. Renewable energy in the sustainable development of electrical power sector: A review. *Energies*, v. 14, n. 24, p. 8240, 2021.

Tolmasquim, Mauricio Tiomno (coord.). Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica (a). Rio de Janeiro: EPE, 2016. 452 p. ISBN 978-85-60025-06-0. Acesso em: 29 out. 2025.

Tolmasquim,, Mauricio Tiomno (coord.). Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear (b). Rio de Janeiro: EPE, 2016. 417 p. Acesso em: 3 out. 2025.

Tolmasquim, Mauricio Tiomno. Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear (c) / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). – EPE: Rio de Janeiro, 2016.

Zhang, Chuan; Cao, Liwei; Romagnoli, Alessandro. On the feature engineering of building energy data mining. *Sustainable cities and society*, v. 39, p. 508-518, 2018.