

# Avaliação dos impactos do *curtailment* na geração eólica no Rio Grande do Norte

Abdiel Jônatas Alves da Silva <sup>[1]</sup> e Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella <sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido; abdielj.alves@gmail.com

<sup>[2]</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido; fkv@ufersa.edu.br

**Resumo:** Os cortes de geração de energia, conhecidos como *curtailment*, têm se tornado cada vez mais frequentes no sistema elétrico brasileiro, sobretudo devido às limitações de transmissão, que impedem o pleno escoamento da energia produzida. Embora o Brasil e o Rio Grande do Norte apresentem posição de destaque na geração eólica, observa-se o crescimento das restrições eólicas impostas nos últimos anos. Sendo assim, este artigo analisa a evolução da geração eólica no país, com foco no contexto potiguar, examinando os instrumentos legais que viabilizaram sua expansão e avaliando os impactos estatísticos e operacionais decorrentes do *curtailment*. A pesquisa utiliza dados disponibilizados pelo ONS para investigar a relação entre geração e cortes, demonstrando a intensificação das restrições e seus efeitos sobre a atratividade do setor. Os resultados mostram que o Rio Grande do Norte tem enfrentado cortes recorrentes de geração eólica, o que reforça a necessidade de ampliar os investimentos em infraestrutura de transmissão capaz de suprir o crescimento eólico, bem como da solar e Mini e Micro Geração Distribuída, acompanhados de uma legislação eficaz para o controle do *curtailment*. Essas medidas são essenciais para garantir maior continuidade do fluxo de potência e fortalecer o desenvolvimento sustentável da geração eólica no estado.

**Palavras-chave:** energia eólica; *curtailment*; legislação; rio grande do norte

**Abstract:** Power generation cuts, known as curtailment, have become increasingly frequent in the Brazilian electrical system, mainly due to transmission limitations that prevent the full flow of energy produced. Although Brazil and Rio Grande do Norte hold prominent positions in wind power generation, there has been a growth in wind power restrictions imposed in recent years. Therefore, this article analyzes the evolution of wind power generation in the country, focusing on the context of Rio Grande do Norte, examining the legal instruments that enabled its expansion and evaluating the statistical and operational impacts resulting from curtailment. The research uses data provided by the ONS (National System Operator) to investigate the relationship between generation and cuts, demonstrating the intensification of restrictions and their effects on the attractiveness of the sector. The results show that Rio Grande do Norte has faced recurring wind power generation cuts, reinforcing the need to increase investments in transmission infrastructure capable of supplying the growth of wind power, as well as solar and Mini and Micro Distributed Generation, accompanied by effective legislation to control curtailment. These measures are essential to ensure greater continuity of power flow and strengthen the sustainable development of wind power generation in the state.

**Key-words:** wind energy; *curtailment*; legislation; rio grande do norte

---

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o uso moderno da energia eólica teve início em 1992, com a instalação da primeira turbina em Fernando de Noronha, mas foi somente após a crise energética de 2001 que o Governo Federal passou a incentivar efetivamente as fontes renováveis na matriz elétrica, então dominada pelas hidrelétricas e termelétricas. O marco desse avanço foi o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), instituído pela Lei N° 10.438/2002, impulsionando investimentos e ampliando significativamente o número de empreendimentos no país, sobretudo na região Nordeste.

Desde então, o Brasil consolidou-se como um dos líderes mundiais na geração eólica, alcançando mais de 14% (29533 MW) de participação na matriz elétrica, conforme o Balanço Energético Nacional de 2025 [1]. Entretanto, o setor tem enfrentado um cenário de desaceleração devido ao aumento dos cortes de geração, *curtailment*, resultante das limitações nas linhas de transmissão, variações de demanda e restrições operativas, conforme definido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e operado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) com base na Resolução Normativa N° 1.030/2022.

O estado do Rio Grande do Norte tem se destacado como referência nacional em energia eólica e detentor de uma matriz com 98,9% de renovabilidade [2], e particularmente tem sido afetado por esses cortes, que reduzem a atratividade de novos investimentos, ampliam perdas de energia limpa e impactam nos custos ao consumidor. Apesar da relevância do tema, o Brasil ainda não dispõe de uma legislação legal específica para tratar das restrições de geração, limitando-se às normativas pontuais, voltadas ao equilíbrio temporário do sistema e o ressarcimento dos geradores pelos prejuízos decorrentes dos cortes.

*Curso de Engenharia Elétrica – UFRSA Campus Mossoró  
AMB1435 – Projeto de Engenharia Elétrica*

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar os impactos do *curtailment* na geração eólica do estado do Rio Grande do Norte. Para isso, inicialmente será mostrado o panorama da geração eólica no Brasil, com foco no Rio Grande do Norte, identificar os aspectos regulatórios que favoreceram a sua expansão e analisar como a legislação vigente trata sobre o *curtailment*, além de comparar a evolução dos cortes com a trajetória da geração no referido estado.

## 2. PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E NO RIO GRANDE DO NORTE

Nesta seção são apresentadas as bases teóricas relacionadas ao panorama da energia eólica no Brasil e no estado do Rio Grande do Norte, evidenciando sua expansão na matriz elétrica e as principais políticas públicas de incentivo. Exploram-se as relações entre as restrições na transmissão e os impactos ao setor eólico oriundos do *curtailment*. Essas bases teóricas são essenciais para compreender a relação entre a expansão eólica na matriz nacional e a situação do *curtailment*.

### 2.1. Matriz elétrica e participação da energia eólica

Ao longo da década de 1990, a matriz elétrica brasileira era predominantemente baseada na geração hidrelétrica. Nesse mesmo período, em 1992, o Brasil instalou sua primeira turbina eólica, no arquipélago de Fernando de Noronha, responsável por aproximadamente 10% da energia gerada na ilha [3]. Contudo, com o aumento contínuo da demanda por eletricidade e a forte dependência dos níveis dos reservatórios, em períodos de escassez hídrica, as usinas termelétricas eram acionadas para complementar o atendimento. Ainda assim, em 2001 o país enfrentou uma das maiores crises do setor elétrico, evidenciando a necessidade de maiores investimentos e da diversificação da infraestrutura de geração, especialmente por meio de fontes alternativas renováveis de energia.

A partir de então, o Governo Federal intensificou as sanções para com o uso da energia por meio da Medida Provisória N° 2.147/2001 que define os meios de enfrentamento da crise de energia elétrica [4]. Assim, novas leis foram protocoladas, como a Lei N° 10.295/2001 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e a Lei N° 10.438/2002 que dentre suas disposições cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) [5].

Desta forma, através das políticas de incentivo como o PROINFA, os leilões de investimentos em empreendimentos eólicos e as linhas de financiamento para suprimento de equipamentos pelo Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), a energia eólica era considerada uma forte candidata a cumprir com as crescentes demandas por energia na sociedade [6].

Apesar do primeiro parque eólico ter sido instalado no início da década de 90 [3], só foi contabilizada dentre as demais a partir do ano de 1996 [1] e, sua conexão em maior escala comercial no Sistema Interligado Nacional (SIN) se deu somente a partir de 2009, mesmo ano em que ocorreu o primeiro leilão exclusivo para contratação de energia eólica [3]. Pelo exposto, as Figuras 1 e 2 representam o crescimento da participação da energia eólica na matriz elétrica brasileira e da capacidade instalada proveniente da fonte eólica e Mini e Micro Geração Distribuída (MMGD) no Brasil e no Rio Grande do Norte, respectivamente.

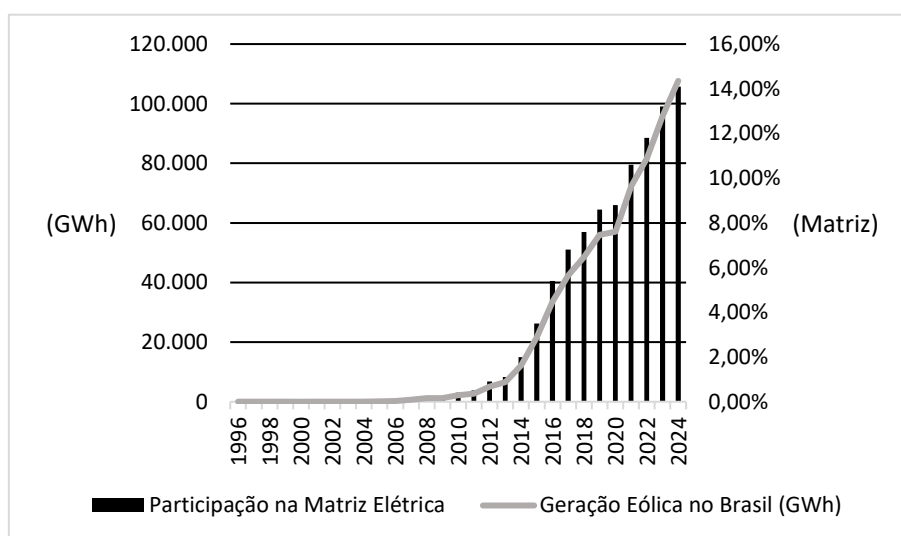


FIGURA 1. Geração e participação eólica na matriz elétrica nacional [dados do Balanço Energético Nacional, 2004 – 2025 [1]].

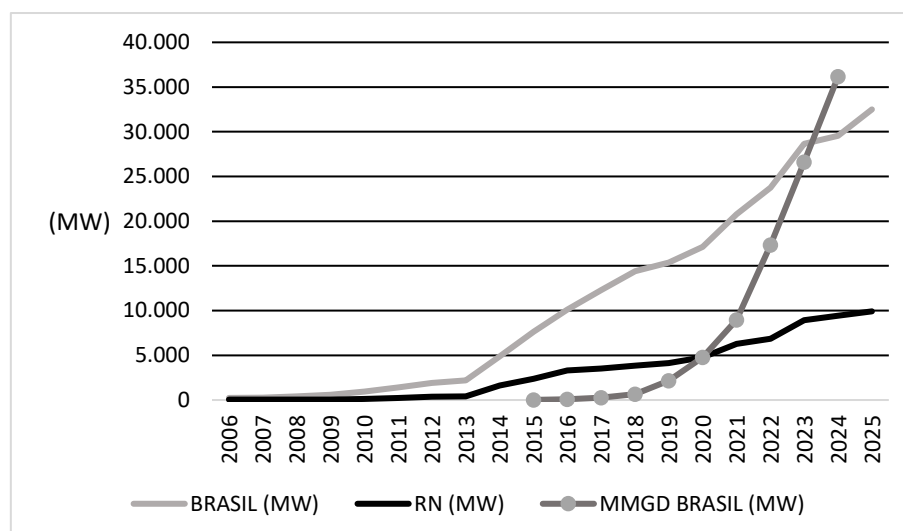


FIGURA 2. Capacidade instalada de geração elétrica eólica e de Mini e Micro GD no Brasil e no RN e em MW [dados do Balanço Energético Nacional, 2007 – 2025 [1] e ONS, 2025 [7]].

Conforme [8], o estado do Rio Grande do Norte (RN) é detentor da maior capacidade instalada de energia eólica do Brasil e ocupa posição de destaque no cenário energético brasileiro devido à sua localização geográfica estratégica e privilegiada. Em 2003, por exemplo, a Neoenergia COSERN publicou o primeiro Atlas de Potencial Eólico do RN, sendo um grande marco para o crescimento do setor eólico no estado, apresentando as áreas de maior aproveitamento da energia dos ventos para direcionar onde seriam feitos os investimentos [9].

Já em 2004, foi instalada a primeira turbina eólica em território potiguar, especificamente no município de Macau, tratando-se de um Projeto Piloto implementado pela PETROBRAS composto por três aerogeradores com potência de 1,8 MW, apenas para autoconsumo. Adiante, a partir de 2006, foi inaugurado na cidade de Rio do Fogo/RN o segundo parque eólico do estado, contabilizando um total de 62 aerogeradores e potência instalada de 49,6 MW, sendo o primeiro conectado ao SIN [3]. Na sequência novos parques foram implementados, de forma que em 2014 o RN tornava-se o maior produtor de energia eólica do Brasil e, atualmente, no mês de novembro de 2025, o RN possui 314 empreendimentos com 10,5 GW de capacidade instalada [10].

## 2.2. A situação do curtailment

A conexão de parques eólicos ao sistema elétrico nacional constitui uma etapa central no desenvolvimento de empreendimentos do setor, exigindo amplo detalhamento técnico para que os operadores da rede autorizem a integração das usinas ao SIN. Esse processo envolve, entre outros fatores, a necessidade de infraestrutura de transmissão adequada, uma vez que a ausência de linhas próximas pode tornar o empreendimento economicamente inviável [3]. A importância dessa etapa se intensificou com a rápida expansão da geração eólica nas últimas décadas, fenômeno que levou a um aumento expressivo no número de usinas conectadas ao SIN, cuja operação e coordenação são de responsabilidade do ONS.

Neste sentido, segundo o Relatório Anual de 2024 do ONS, a fonte eólica apresentou aproximadamente 20% do Montante do Uso do Sistema de Transmissão (MUST) contratado no período, com uma participação de algo em torno de 14% na matriz elétrica nacional [11].

Apesar dessa trajetória de crescimento, o setor passou a apresentar sinais relevantes de desaceleração. Sabe-se, portanto, que no ano de 2024, a expansão da capacidade instalada foi de apenas 3% em comparação ao ano anterior, que havia registrado expansão de 20,7% [1]. Essa tendência é reforçada pelo Plano da Operação Energética 2025, que projeta uma queda de 0,6% na participação da fonte eólica na matriz elétrica até o ano de 2029 [12].

Entre os fatores que justificam esse acontecimento, destaca-se a redução de investimentos associados aos episódios de *curtailment* (corte de geração), fenômeno caracterizado pela limitação da injeção de energia renovável na rede, sobretudo da geração eólica no Nordeste. Esses cortes ocorrem quando a oferta (geração) é maior que a demanda (consumo), quando a rede apresenta limitações técnicas para a transmissão ou por dúvidas na confiabilidade dos equipamentos elétricos conectados ao sistema [13].

O crescimento acelerado das fontes de Geração Renovável Variável (GRV), predominantemente eólica, solar e a expansão da MMGD, intensificou esses desafios ao ampliar a ocorrência de congestionamentos tanto na transmissão quanto na distribuição. Em diversos momentos, o excesso de produção demanda ações operativas para garantir o balanço entre oferta e demanda, resultando na redução temporária dessas fontes.

Estudos internacionais indicam que essa problemática não é exclusiva do Brasil. Na Alemanha, por exemplo, grande parte da capacidade eólica instalada se concentra no Norte do país, enquanto os centros industriais se localizam majoritariamente ao Sul. A insuficiência das linhas de transmissão que conectam essas regiões tem provocado cortes recorrentes na geração renovável e acionamento das termelétricas, aumentando os custos operacionais [13]. Tal situação é similar a realidade brasileira, onde a concentração dos parques eólicos no Nordeste contrasta com o consumo predominante nas regiões Sul e Sudeste, exigindo fluxo de potência nos corredores de transmissão operando no seu limite.

### 2.2.1 Curtailment no Rio Grande do Norte

No contexto estadual, o Rio Grande do Norte destaca-se como um dos principais polos eólicos do Brasil. Segundo o Balanço do Setor Elétrico do RN no ano de 2024, sua matriz possui 98,9% de potência outorgada proveniente de fontes renováveis, sendo 54% correspondente a geração eólica. A saber, o estado registrou aumento expressivo de aproximadamente 320% na potência instalada entre 2022 e 2023, impulsionada principalmente pelos incentivos previstos na Lei Nº 14.120/2021, que concedeu descontos nas tarifas de uso do sistema de transmissão (TUST) e distribuição (TUSD), ataindo recorde de projetos. Entretanto, entre 2023 e 2024 observou-se uma redução de 55,9% no acréscimo de potência devido à acomodação do mercado após a entrada em operação de um grande número de empreendimentos e a saturação das rotas de escoamento no estado [2].

Mesmo diante do cenário de desaceleração, o setor eólico potiguar continuou avançando, pois apenas em 2024, foram adicionados 977,8 MW de potência com a entrada de 27 novos empreendimentos, elevando a capacidade instalada para aproximadamente 10 GW, dos quais 77% correspondem a projetos em operação, 7% em fase de construção e 16% em desenvolvimento [2]. Contudo, a limitação da transmissão resultou em recordes de cortes no ano de 2025. Segundo dados consolidados pela consultoria CarpeVie, parceira do Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia (CERNE), o Rio Grande do Norte é responsável por 25,43% das perdas, atrás apenas da Bahia com 35,14% e a frente da Minas Gerais com 15,63%, acumulando prejuízos superiores a R\$ 5 bilhões [14].

Com a gravidade dos impactos, diversos investimentos estruturais estão sendo direcionados ao RN. O Leilão de Transmissão Nº 004/2025, promovido pela ANEEL, prevê a instalação de compensadores síncronos nas subestações de Assú e João Câmara, ambas em 500 KV, com o objetivo de reforçar a estabilidade da rede e reduzir cortes por restrição de capacidade, uma vez que esses dispositivos podem fornecer e absorver potência reativa rapidamente, mantendo os níveis de tensão favoráveis e otimizando o fluxo de potência ativa nas linhas de transmissão [15]. Em 2026, o Leilão Nº 001/2026 ampliará esses investimentos, adicionando novos compensadores nas subestações de Ceará-Mirim II e Assú III [16]. Essas obras se alinham às medidas propostas pelo ONS em seu Relatório Anual de 2024, que destaca a instalação de compensadores como estratégia de redução do *curtailment* na região potiguar [11].

Mais recentemente, o governo do RN em conjunto com o Ministério de Minas e Energia (MME) concluiu estudos técnicos para viabilizar o leilão do Bipolo Nordeste 2, infraestrutura de transmissão que conectará Angicos (RN) a Itaporanga 2 (PR). O projeto será pioneiro em utilizar a tecnologia Voltage Source Converter (VSC) em longa distância no Brasil, possibilitando maior controle do fluxo de potência, menos perdas e melhor desempenho na integração de fontes intermitentes ao sistema [17]. Essa iniciativa, a priori, responde a necessidade de reforçar a transmissão, representando um marco na expansão da matriz elétrica sustentável e ampliando a capacidade de exportação da energia, mitigando os efeitos do *curtailment*.

### 2.3. Marcos regulatórios e políticas públicas

O setor elétrico brasileiro é estruturado por um conjunto de instrumentos regulatórios elaborados pelos órgãos responsáveis pelo planejamento, regulação e operação do SIN. Com a expansão acelerada das renováveis variáveis nas últimas duas décadas, especialmente a eólica e solar fotovoltaica centralizada, além das Mini e Micro Geração Distribuída (MMGD), a complexidade operativa da rede aumentou significativamente, exigindo o aperfeiçoamento contínuo dos arranjos normativos para garantir a inserção segura e eficiente desses agentes na malha elétrica.

Ao contrário das usinas hidrelétricas e térmicas, com a operação controlável e previsível, as fontes intermitentes dependem das condições climáticas e são conectadas ao sistema através dos inversores eletrônicos. Essa característica impõe desafios a estabilidade e confiabilidade do sistema, uma vez que variações abruptas na geração podem afetar o controle de tensão, frequência e capacidade de escoamento na rede. Desta forma, é necessário que hajam requisitos claros para o acesso, operação e controle dessas fontes na rede, em especial para o tratamento dos cortes de geração cada vez mais frequentes com o crescimento acentuado das fontes renováveis, sobretudo no Nordeste.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por meio da Resolução Normativa Nº 927/2021, estabeleceu procedimentos e critérios para apuração e pagamento decorrentes das restrições de operação impostas a usinas eolielétricas classificadas como *constrained-off*. Posteriormente, essa norma foi revogada

pela Resolução Normativa N° 1.030/2022. Embora a ANEEL utilize os termos *constrained-off* e *curtailment* como sinônimos, existe uma distinção relevante, uma vez que, quando denominada *constrained-off*, há o ressarcimento financeiro pela restrição imposta (energia que deixou de ser gerada), enquanto no *curtailment* existe apenas a restrição.

Nesse contexto, a Tabela 1 mostra uma síntese dos principais instrumentos normativos que estruturam a integração da geração eólica ao SIN, com ênfase nos eventos de restrição e cortes de geração.

TABELA 1. Principais instrumentos normativos que impactam a geração e o *curtailment* em usinas eólicas [adaptado de ANEEL, 2025 [5]].

| <i>Leis e Resoluções Normativas</i>     | <i>Objetivos e considerações</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lei N° 12.114/2009 e Lei N° 12.187/2009 | Cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima e a Política Nacional sobre Mudança do Clima para apoiar e financiar projetos que visem a mitigação e adaptação climática, facilitando o financiamento de projetos de baixo carbono contratados por meio dos leilões do Governo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Lei N° 14.300/2022                      | Institui o Marco Legal da Geração Distribuída (GD), com foco em organizar a conexão de pequenos geradores à rede de distribuição. Estabelece regras de equilíbrio entre consumidores, distribuidoras e geradores, incluindo o início do pagamento da TUSD para novas unidades a partir de 2023, especialmente solares. A forte expansão da GD alterou o perfil de carga do SIN no período diurno, reduzindo a demanda por usinas centralizadas e contribuindo para o aumento do <i>curtailment</i> , com destaque para os parques eólicos do Nordeste.                                                                                                                                                        |
| REN ANEEL N° 1.030/2022                 | Consolida regras sobre resposta da demanda, serviços ancilares e requisitos de adequação das centrais geradoras, incluindo critérios para apuração e pagamento de cortes em usinas eólicas. Busca reforçar a segurança, estabilidade e economicidade da operação do SIN. Autoriza o ONS a limitar a geração de usinas eólicas e fotovoltaicas centralizadas, classificando esses cortes em três categorias: razão energética, confiabilidade elétrica e indisponibilidade externa.                                                                                                                                                                                                                            |
| REN ANEEL N° 1.065/2023                 | Define requisitos e procedimentos para o mecanismo excepcional aplicado às outorgas de geração e dos Contratos de Uso do Sistema de Transmissão (CUST), visando liberar capacidade na rede para projetos maior maturidade técnica e econômica. Reorganiza a fila de acesso, permite a retirada de empreendimentos sem viabilidade e exige adimplência e renúncia a ações judiciais que travavam a atuação regulatória. O mecanismo impacta diretamente a geração eólica ao liberar margens de transmissão antes ocupadas por projetos inviáveis, fortalecendo a expansão eólica no Nordeste e aumentando a confiabilidade do sistema por meio de garantias financeiras e fiscalização mais rigorosa da ANEEL. |
| REN ANEEL N° 1.069/2023                 | Revisa o Módulo 5 das Regras dos Serviços de Transmissão e passa a exigir garantias financeiras para solicitações de acesso à rede, evitando ocupação de projetos sem viabilidade. Também reforça o papel do ONS na coordenação do processo de acesso e permite o uso temporário de garantias existentes até apresentação de novo modelo à ANEEL. A medida impacta diretamente a geração eólica ao eliminar projetos que bloqueavam capacidade de transmissão sem perspectiva real de implantação, reduzindo congestionamentos e liberando espaço para empreendimentos sólidos. Isso torna o processo de conexão mais eficiente, transparente e seguro para o setor eólico.                                   |
| REN ANEEL N° 1.071/2023                 | Define requisitos e procedimentos para obtenção e alteração de outorgas de centrais geradoras eólicas e demais fontes alternativas, além de regras para associações entre tecnologias. Moderniza o processo de outorga, trazendo maior rigor técnico, previsibilidade e segurança jurídica. Para o setor eólico, exige três anos de dados anemométricos, análise de interferência entre aerogeradores, regras de coexistência com outras fontes no mesmo ponto de conexão e estabelece prazos de até 54 meses para entrada em operação, garantindo expansão mais eficiente e segura.                                                                                                                          |
| Lei N° 15.097/2025                      | Estabelece o marco legal para o aproveitamento de bens da União na geração de energia offshore, criando as bases regulatórias para exploração do potencial energético em águas brasileiras, especialmente a eólica offshore. A Lei inaugura um novo setor de fronteira no país, capaz de atrair grandes investimentos e ampliar a diversificação da matriz. Sua implementação, porém, exige forte coordenação governamental e regras robustas para evitar conflitos de uso do mar e mitigar impactos ambientais no ambiente marinho.                                                                                                                                                                          |

Além da legislação apresentada na Tabela 1, outros documentos normativos do ONS evidenciam a crescente complexidade operacional do SIN, como o Plano de Gestão de Excedentes de Energia na Rede de Distribuição, desenvolvido para garantir estabilidade em situações de excesso de geração, quando as alternativas de atuação sobre a geração centralizada já se esgotaram e se torna necessário reduzir a injeção das fontes distribuídas [18]. Em paralelo, o Relatório de Análise de Perturbação de 15/08/2023 revela fragilidades específicas no desempenho de usinas eólicas e fotovoltaicas, cujo comportamento real divergiu dos modelos fornecidos, resultando em falhas nos controles de tensão e potência reativa [19].

Complementarmente, o Relatório Técnico sobre *curtailment* no Brasil mostra que o avanço dos Recursos Energéticos Distribuídos (REDs) intensifica as restrições operativas e aumenta a frequência de cortes de geração, reforçando a necessidade de maior flexibilidade entre transmissão e distribuição, de um arcabouço regulatório para integração e controle desses recursos e da adoção de um mecanismo de rateio comercial que distribua equitativamente os impactos entre geração centralizada e distribuída [20].

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Finalizada a seção 2, na qual foram apresentados os fundamentos teóricos que englobam a compreensão e os processos relacionados à expansão da geração eólica no contexto nacional e no estado do Rio Grande do Norte, bem como os marcos que caracterizam esse mercado, esta seção descreve a metodologia utilizada para alcançar o objetivo deste estudo. O procedimento metodológico foi estruturado em 6 etapas, ilustradas na Figura 3.

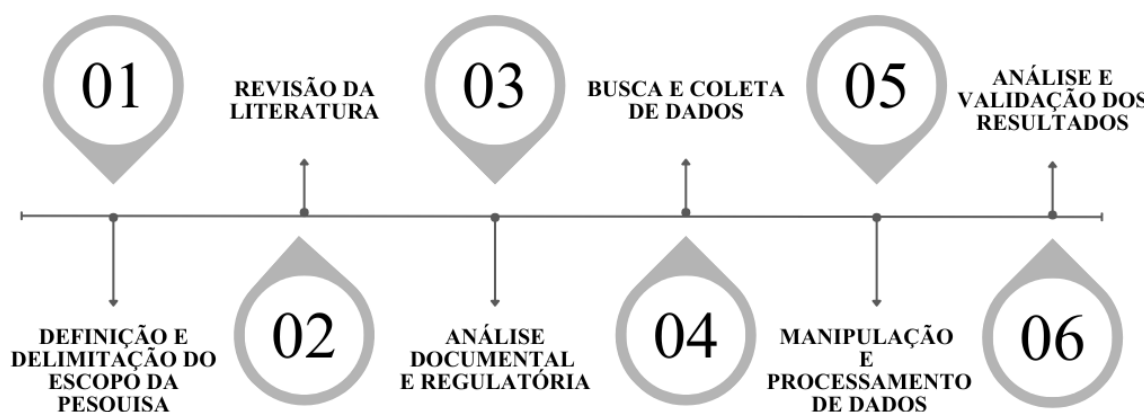


FIGURA 3. Etapas da pesquisa realizada (autoria própria).

Tais etapas desenvolvidas no trabalho, conforme mostrado na Figura 3, são detalhadas:

- (1) Definição e delimitação do escopo da pesquisa: a primeira etapa consistiu na definição do foco do estudo, que orientou a revisão bibliográfica e as etapas subsequentes. A palavra chave “*curtailment*”, no contexto do setor eólico foi adotada como elemento central para delimitar o objetivo da pesquisa.
- (2) Revisão da literatura: a segunda etapa compreendeu na busca e análise de artigos científicos, relatórios técnicos, regulamentações e outros documentos relevantes. As fontes consultadas incluíram bases de dados científicas, como o Google Scholar, e sites de órgãos governamentais e reguladores do setor elétrico (ANEEL, ONS, EPE, CCEE e MME), além de outros repositórios de dados.
- (3) Análise documental e regulatória: a terceira etapa envolveu a leitura crítica e a sistematização dos documentos selecionados, com o objetivo de identificar conceitos, informações e dados pertinentes ao tema da pesquisa, de modo a subsidiar a discussão e fundamentar as análises posteriores.
- (4) Busca e coleta de dados: a quarta etapa envolveu a coleta dos dados definidos no escopo do estudo. Foram utilizados os Balanços Energéticos (BEN) publicados anualmente pela EPE, bem como as séries históricas de geração e cortes de geração eólica no Rio Grande do Norte, divulgadas mensalmente pelo ONS para todas as usinas eólicas centralizadas do Brasil.
- (5) Manipulação e processamento de dados: na quinta etapa, os dados de expansão da geração eólica nacional foram extraídos dos Balanços Energéticos (BENs) referidos ao período de 2004 a 2025, onde a fonte eólica passou a apresentar relevância no cenário elétrico brasileiro. Quanto aos dados de geração e cortes (*curtailment*) no estado do Rio Grande do Norte, o ONS disponibiliza planilhas mensais com valores médios de potência (MWmed) por usina, em intervalos de 30 minutos ao dia. Esses dados foram tratados e modelados de forma a representar o impacto agregado no estado, considerando médias diárias, mensais e anuais. O processamento foi realizado por meio de um algoritmo desenvolvido em Python, executado no ambiente Jupyter Notebook, realizando uma filtragem dos dados de geração efetiva, cortes e quantidade de usinas analisadas para com o estado do

Rio Grande do Norte, seguindo as manipulações descritas nas Equações (1) a (3), resultando em um arquivo com tabelas e gráficos. Entretanto, os dados gráficos necessitaram ser aprimorados para melhor compreensão e, por limitações de tempo, foi utilizado o Excel na confecção dos gráficos finais.

$$\text{Média Diária Total } [MWmed] = \frac{\sum_{24h}(MWmed \text{ Usina } 1 + \dots + MWmed \text{ Usina } N)}{N^{\circ} \text{ de medições por dia}} \quad (1)$$

$$\text{Média Mensal Total } [MWmed] = \frac{\sum_{Dias}(\text{Média Diária } [MWmed])}{N^{\circ} \text{ de dias no mês}} \quad (2)$$

$$\text{Média Anual Total } [MWmed] = \frac{\sum_{Meses}(\text{Média Mensal } [MWmed])}{N^{\circ} \text{ de meses no ano}} \quad (3)$$

- (6) Análise e validação dos resultados: por fim, a sexta e última etapa, trata sobre os resultados obtidos, que foram analisados de forma comparativa com os dados oficiais divulgados pelo ONS para geração de energia por fonte em análise simples disponibilizado por um PowerBi em seu site oficial, a fim de verificar a coerência e consistência com os valores esperados. Vale destacar que os valores se encontravam suficientemente próximos do obtido na etapa 5, uma vez que não havia um tipo de empreendimento eólico, conforme a Tabela 2, diminuindo assim o dado esperado. Essa etapa compreendeu apenas na validação final dos cálculos anteriores, não tendo seus números apresentados no escopo deste trabalho.

Cabe destacar que os dados de geração e cortes por usina eólica, divulgados pelo ONS, estão associados à apuração de restrições operativas (*constrained-off*) em usinas classificadas nas modalidades Tipo I e Tipo II (B e C). Onde, os termos *constrained-off* e *curtailment* são utilizados como sinônimos pela ANEEL. As classificações citadas constituem pré-requisitos para a obtenção do Parecer de Acesso às instalações de transmissão e distribuição, conforme o PRODIST, e definem o relacionamento operacional entre a usina e o operador do sistema.

A categorização de cada empreendimento é estabelecida pelo ONS por meio de estudos de planejamento, programação e operação do Sistema Interligado Nacional (SIN), abrangendo as categorias Tipo I, Tipo II (A, B e C) e Tipo III, definidas como mostra a Tabela 2.

TABELA 2. Categorias dos empreendimentos estabelecida pelo ONS [21].

| Usinas    | Definição                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo I    | têm a programação coordenada e centralizada pelo ONS, em bases mensais, semanais e diárias.                                                                                                                                                                     |
| Tipo II-A | não é aplicável às usinas eólicas, pois são consideradas somente usinas térmicas com o CVU* declarado e que são despachadas por ordem de mérito.                                                                                                                |
| Tipo II-B | são usinas que apresentam limitações que impedem o atendimento ao despacho centralizado de forma sistemática.                                                                                                                                                   |
| Tipo II-C | são aquelas que constituírem um Conjunto de Usinas que, embora individualmente não impactem a operação do SIN, podem totalizar uma injeção de potência significativa quando analisadas em conjunto com outras usinas que compartilhem o mesmo ponto de conexão. |
| Tipo III  | são aquelas não conectadas diretamente à rede básica e que não causam impactos na operação eletroenergética do SIN.                                                                                                                                             |

Nota: \*Custo Variável Unitário das usinas térmicas, que representa o valor em R\$/MWh necessário para gerar uma unidade de energia elétrica. Trata-se de uma métrica utilizada para avaliar sua operação.

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos por meio do levantamento de geração e das restrições operativas (*curtailment*) nas usinas eólicas do Rio Grande do Norte classificadas nas modalidades Tipo I e Tipo II (B e C) [22]. Os dados referem-se às usinas ou conjuntos despachados centralizadamente pelo ONS e, os dados de cortes representam a Geração Não Realizada (apurada), ou seja, a energia que deixou de ser gerada, considerando as regras de apuração vigentes até a publicação deste trabalho. Os resultados estão divididos nas subseções 4.1 a 4.5, abrangendo o período entre o mês de outubro de 2021 e o mês de outubro do ano de 2025. Ao final, na subseção 4.6, é mostrado um cenário geral contemplando todo o período de análise (2021 até 2025).

##### 4.1. Cenário em 2021

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em conformidade com a Resolução Normativa da ANEEL N° 1.030/2022, autoriza o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) a realizar o controle e eventual limitação da geração de usinas eólicas centralizadas, com o objetivo de preservar a segurança operativa e a confiabilidade do SIN. Em 2021, o setor eólico já sofria os impactos dessas restrições, ainda em escala reduzida, conforme apresentado pela Figura 4.

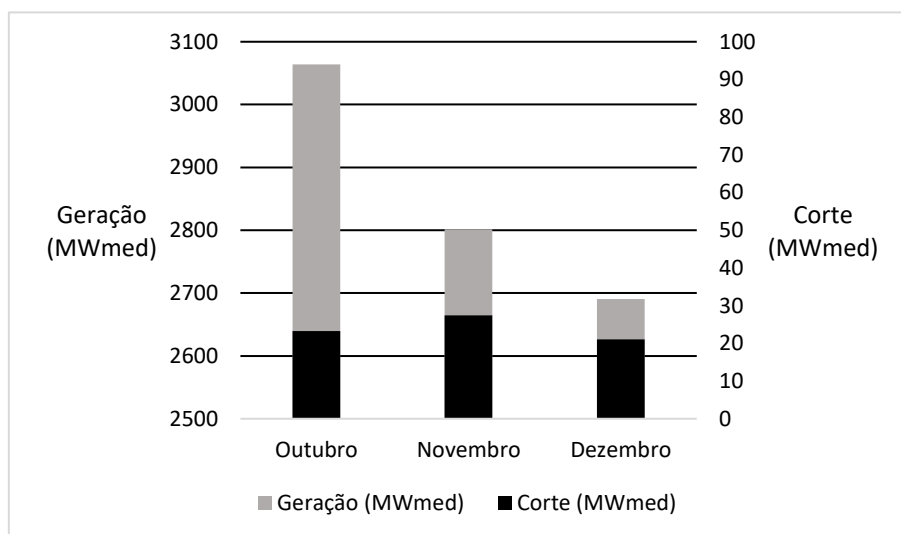


FIGURA 4. Geração e corte em MWmed no ano de 2021 [adaptado de [22]].

Pela análise dos dados, nos meses de outubro a dezembro de 2021, os cortes médios de geração atingiram aproximadamente 23,9 MWmed, enquanto a energia efetivamente injetada na rede de transmissão consolidou-se em 2852,04 MWmed. Embora o montante de corte represente uma fração pequena da geração total, este valor já indica a presença das restrições impostas aos grupos geradores na região potiguar.

#### 4.2. Cenário em 2022

Analisando o ano de 2022, como mostra a Figura 5, é possível observar que a média de potência limitada no sistema de transmissão foi de 22,39 MWmed, valor inferior ao registrado em 2021, 23,9 MWmed. No entanto, em 2021, a análise contempla apenas o último trimestre, devido à ausência de dados para os meses anteriores. Considerando o mesmo período em 2022, o valor médio das restrições foi de 23,15 MWmed, indicando uma manutenção do patamar de cortes observado no mesmo período do ano. Nota-se ainda que, durante o período seco (maio a novembro, segundo a ANEEL), os cortes são mais elevados quando comparados ao período úmido (dezembro a abril). Esse comportamento pode estar associado ao aumento da oferta de energia no sistema de transmissão decorrente da expansão da geração solar centralizada e da Mini e Micro Geração Distribuída (MMGD), cujo crescimento foi impulsionado por ações regulatórias, como a lei n° 14.300/2022, segundo o Balanço Energético Nacional 2025 [1].

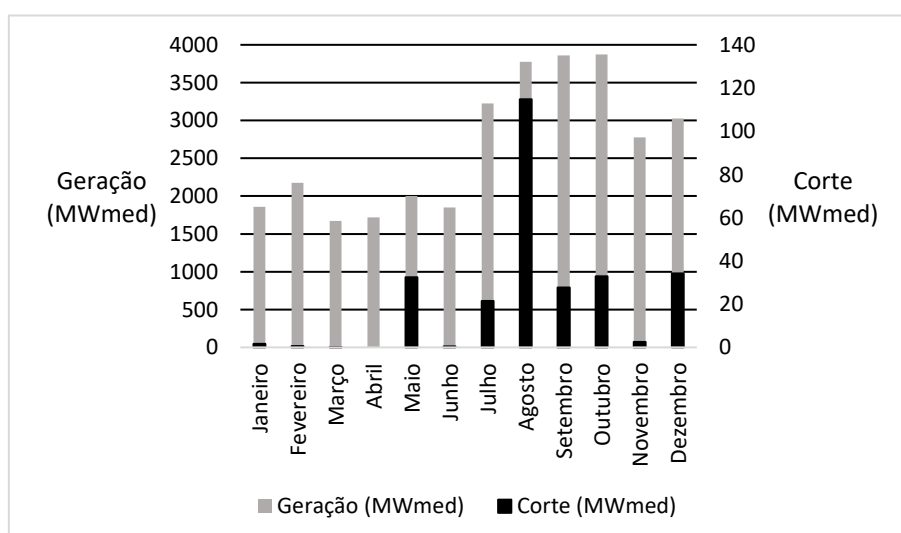


FIGURA 5. Geração e corte em MWmed no ano de 2022 [adaptado de [22]].

Ainda na Figura 5, pode-se destacar que no mês de abril de 2022, não foram registrados eventos de *curtailment*, demonstrando períodos de operação sem limitação no despacho das usinas eólicas. Já a geração média injetada na rede consolidou-se em 2650,89 MWmed no ano e 3225,19 MWmed no último trimestre, indicando aumento da oferta de potência ao sistema, apesar das restrições e, consequentemente o crescimento do setor eolioelétrico no RN.

#### 4.3. Cenário em 2023

Para o ano de 2023, representado pela Figura 6, é possível estabelecer uma comparação direta com o ano de 2022, considerando que em ambos os casos a análise contempla um período completo de doze meses. Observa-se um aumento expressivo dos cortes de geração com início no mês de junho, alcançando uma média anual de 413,07 MWmed, um acréscimo de 18,45% em comparação ao valor registrado no ano anterior.

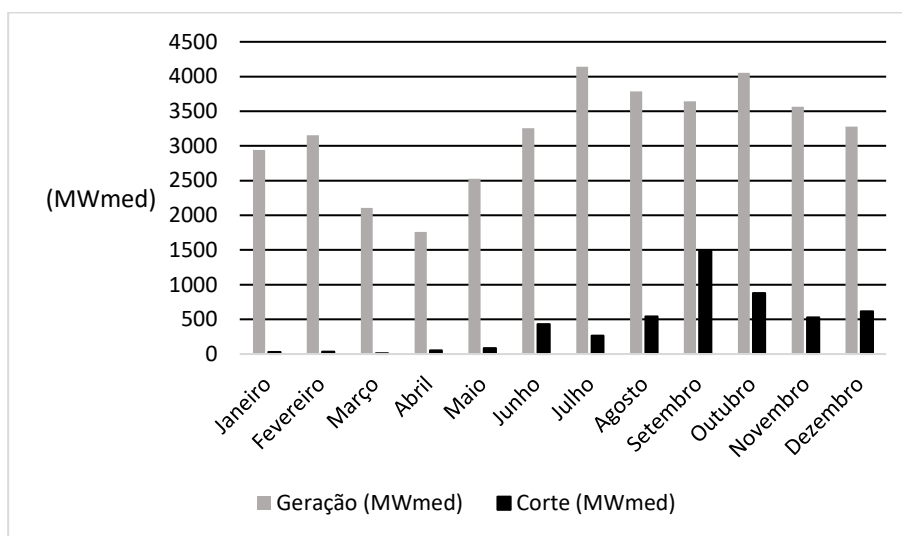


FIGURA 6. Geração e corte em MWmed no ano de 2023 [adaptado de [22]].

No que se refere a geração injetada na rede, o valor médio anual foi de 3184,00 MWmed, um acréscimo de 1,20% frente a 2022, demonstrando a expansão da geração eólica instalada, visto que em dezembro de 2022 foram analisadas um total de 50 usinas e em 2023, 56 usinas.

Observa-se ainda, na Figura 6, que os cortes se concentram no período seco, caracterizado por maior intensidade dos ventos e, consequentemente, maior oferta de energia eólica, somada ao acréscimo de geração decorrente da MMGD. Esse comportamento reforça um cenário de congestionamento na rede de transmissão, cuja capacidade de escoamento se mostra insuficiente para absorver toda a geração disponível. Ademais, a expansão contínua de novos empreendimentos eólicos e solares na região tende a intensificar essas restrições operativas, uma vez que essa expansão nem sempre é acompanhada de investimentos na infraestrutura de transmissão.

#### 4.4. Cenário em 2024

Conforme apresentado na Figura 7, o ano de 2024 demonstra um aumento expressivo nos cortes de geração eólica quando comparado ao ano anterior. A restrição média anual atingiu 1411,84 MWmed, representando um crescimento de 3,42% em relação a 2023. Paralelamente, a potência escoada alcançou 3489,93 MWmed, superando a média de 3184,00 MWmed de 2023, mesmo com a manutenção do número de usinas analisadas. Esse comportamento indica que apesar da geração disponível ter aumentado, a infraestrutura da transmissão continua limitada na região, especialmente no período seco do ano, de forma que em setembro de 2024 a restrição chega a quase 3500 MWmed.

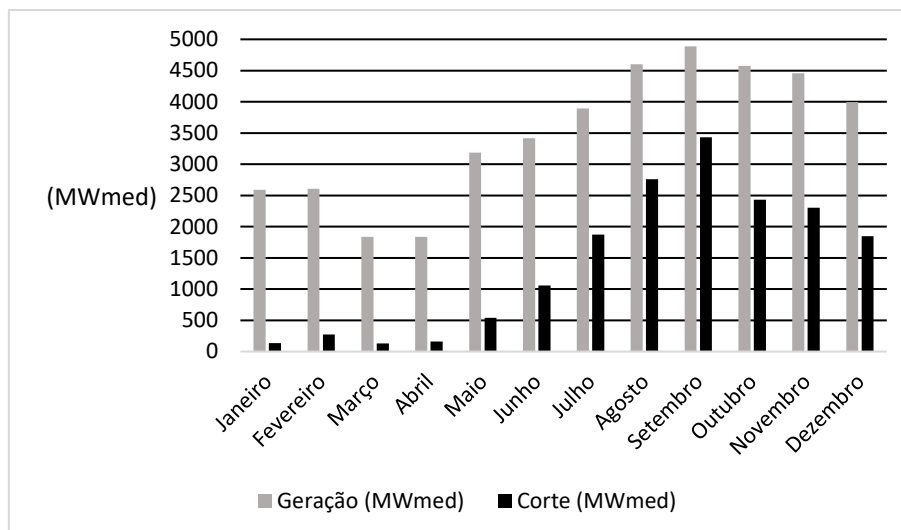


FIGURA 7. Geração e corte em MWmed no ano de 2024 [adaptado de [22]].

De forma semelhante ao constatado nos anos de 2022 e 2023, a Figura 7 mostra que os maiores índices de *curtailment* concentraram-se na estação seca do ano, caracterizada pela maior intensidade de ventos e consequentemente elevação na oferta de energia eólica, além da elevação na geração solar, que utilizam da mesma malha de transmissão. No entanto, diferentemente dos anos anteriores, observa-se uma ampliação dos cortes durante o período úmido (dezembro a abril), o que pode indicar a aplicação de restrições mais rigorosas sobre o RN para manter o equilíbrio e a segurança do SIN.

#### 4.5. Cenário em 2025

Conforme ilustrado pela Figura 8, o ano de 2025 apresenta um cenário crítico de aumento nas restrições, com 1988,36 MWmed de potência limitada e 3648,65 MWmed escoada no sistema de transmissão, considerando o período de janeiro a outubro. Dessa forma, o volume de corte corresponde a aproximadamente 35% da energia total disponível, representando o maior patamar de *curtailment* da série histórica analisada.

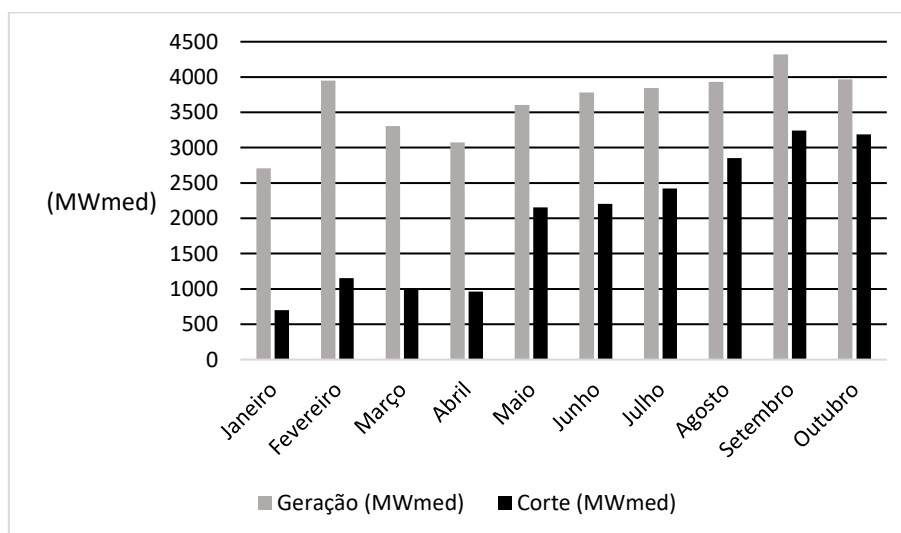


FIGURA 8. Geração e corte em MWmed no ano de 2025 [adaptado de [22]].

A Figura 8 demonstra que os meses de maior incidência se mantêm no período do ano considerado seco, entretanto, assim como ocorreu no ano de 2024, há também cortes significativos no período úmido, evidenciando a recorrência das limitações impostas aos grupos geradores eólicos com mais frequência e rigorosidade, sobretudo quando as usinas solares tendem a elevar sua geração.

#### 4.6. Cenário geral 2021 a 2025

De forma a analisar um cenário geral do período analisado (nas subseções de 4.1 a 4.5), a Tabela 3, mostra um resumo das médias anuais consolidadas. Na referida tabela, a primeira coluna tem o ano de análise; a

*Curso de Engenharia Elétrica – UFERSA Campus Mossoró*  
*AMB1435 – Projeto de Engenharia Elétrica*

segunda coluna mostra os meses de observação (período analisado); a terceira coluna a geração efetiva injetada na rede de transmissão; seguida do corte de geração imposto pelo ONS em MWmed. A quinta e última coluna mostra o percentual de corte sobre a energia total disponível, no caso, dada pela Equação (4).

$$\text{Corte \%} = \frac{\text{Corte}}{\text{Geração} + \text{Corte}} \times 100\% \quad (4)$$

TABELA 3. Resumo das médias anuais consolidadas [adaptado de [22]].

| Ano  | Período   | Geração MWmed | Corte MWmed | Corte % |
|------|-----------|---------------|-------------|---------|
| 2021 | OUT - DEZ | 2852,04       | 23,90       | 0,83    |
| 2022 | JAN – DEZ | 2650,89       | 22,39       | 0,84    |
| 2023 | JAN – DEZ | 3184,00       | 413,07      | 11,48   |
| 2024 | JAN – DEZ | 3489,93       | 1411,84     | 28,80   |
| 2025 | JAN - OUT | 3648,65       | 1988,36     | 35,27   |

Ao observar a Tabela 3, é possível visualizar que a geração efetiva apresenta crescimento ao longo do tempo, no entanto, o volume de *curtailment* cresce consideravelmente. Atendendo-se aos anos de 2022 a 2024, que compreendem o período completo de um ano, a limitação saiu de 0,84% para 28,80% da energia total disponível no sistema eólico e, no decorrer de dez meses em 2025, esse valor já é superado. Diante disso, a Figura 9 apresenta um resumo geral das informações discutidas, além disso, foram adicionadas as curvas da capacidade instalada eólica centralizada, geração solar centralizada e MMGD obtidas pelos Balanços Energéticos Nacionais e Operador Nacional do Sistema Elétrico.

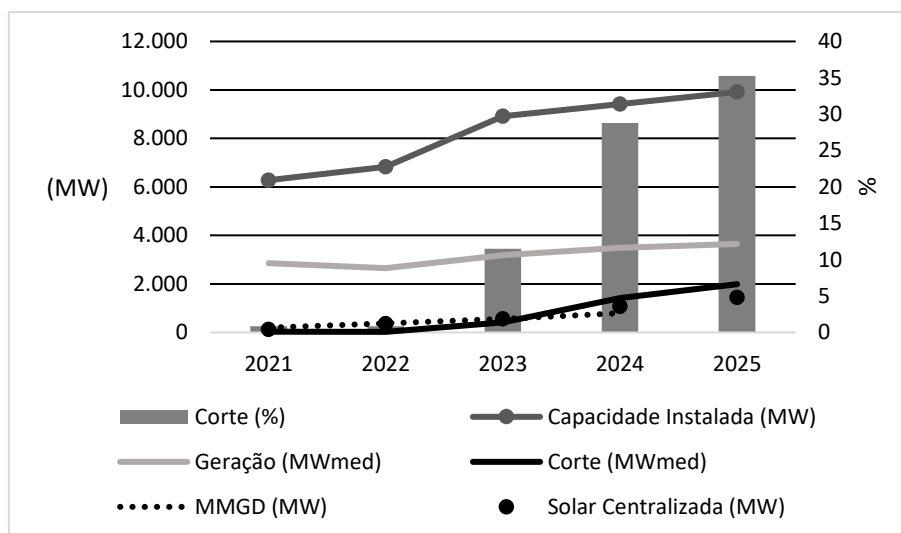


FIGURA 9. Resumo dos dados analisados neste trabalho para com o Rio Grande do Norte [adaptado de [1] e [22]].

Dessa forma, a análise comparativa entre os anos de 2021 a 2025 mostra uma trajetória simultânea no aumento de geração e dos cortes, refletindo tanto o sucesso da expansão da capacidade instalada eólica no estado, quanto os desafios estruturais envolvendo a integração com outras fontes ao SIN, principalmente com o avanço da MMGD e solar. Essa tendência reforça a importância de um planejamento energético que considere a evolução da geração renovável e a capacidade de transmissão, além da expansão da solar e MMGD, uma vez que seu crescimento ao longo dos anos agrava os cortes de geração, garantindo eficiência e segurança ao sistema elétrico nacional.

#### 4. CONCLUSÃO

O *curtailment* tem se consolidado como um desafio recorrente no sistema elétrico brasileiro, resultado sobretudo das limitações de escoamento da energia na rede de transmissão. Esse cenário evidencia a necessidade de investimentos robustos em infraestrutura e de um aprimoramento regulatório capaz de mitigar seus efeitos.

Neste estudo, buscou-se analisar o panorama da geração eólica no Brasil, com ênfase no estado do Rio Grande do Norte, avaliando sua evolução, relevância na matriz elétrica e os principais desafios associados ao *curtailment* sob a perspectiva normativa. Os resultados mostraram que o problema decorre, na maioria dos casos, das restrições estruturais da transmissão e da ausência de uma regulação específica, uma vez que a

legislação atual se limita a autorizar os cortes e definir compensações aos grupos geradores, sem oferecer mecanismos de prevenção.

Uma condição observada foi que com o avanço da Geração Distribuída, especialmente a solar, intensificou os cortes de geração ao elevar a injeção de energia em redes com baixa demanda, impondo limites operativos à geração centralizada, como é o caso da eólica.

A análise dos dados do ONS demonstrou que a geração eólica potiguar tem sido afetada pelas cortes cada vez mais recorrentes, reforçando a necessidade de revisão da malha de escoamento regional e da adoção de medidas para assegurar maior flexibilidade e continuidade na transmissão do fluxo de potência gerado, preservando a atratividade de investimentos no setor eólico no RN, estado pioneiro na geração limpa e renovabilidade na matriz elétrica.

Diante disso, outros estudos podem ser feitos visando analisar e avaliar outros impactos provocados pelo *curtailment*, explorando estratégias de mitigação por meio do aperfeiçoamento dos instrumentos regulatórios existentes ou o desenvolvimento de uma nova legislação destinada somente as restrições de geração centralizada.

Por todo o exposto, o trabalho conseguiu atingir seus objetivos ao processar, validar e apresentar os dados fornecidos pelo ONS, utilizando ferramentas computacionais para evidenciar a evolução dos cortes no Rio Grande do Norte, com resultados satisfatórios e passíveis de aprimoramento em estudos posteriores.

#### REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Nacional de Transição Energética e Planejamento. Balanço Energético Nacional. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/balanco-energetico-nacional>. Acesso em: 15 set. 2025.
- [2] RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico, da Ciência, da Tecnologia e da Inovação (SEDEC). Balanço do Desenvolvimento do Setor Elétrico do RN de 2024. Natal, RN, 2025. PDF. Disponível em: <https://cenarioenergia.com.br/wp-content/uploads/2025/01/sedec-rn-DOC00000000346597.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2025.
- [3] PINTO, Milton de Oliveira. Fundamentos de energia eólica. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- [4] BRASIL. MEDIDA PROVISÓRIA Nº 2.147-38, de 13 de setembro de 2001. Cria e instala a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica, do Conselho de Governo, estabelece diretrizes para Programas de enfrentamento da crise de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2001. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/mpv/antigas\\_2001/2147.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/antigas_2001/2147.htm). Acesso em: 26 nov. 2025.
- [5] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Biblioteca. Brasília, 2025. Disponível em: <https://biblioteca.aneel.gov.br/>. Acesso em: 20 out. 2025.
- [6] AMORIM, L. F. C. Políticas de incentivo à energia eólica: um estudo de caso sobre os processos de implementação e os motivos para a expansão da fonte eólica no setor elétrico brasileiro no período de 2001 a 2018. 2021. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.
- [7] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Evolução da Capacidade Instalada. Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: [https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/evolucao\\_capacidade\\_instalada.aspx](https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/evolucao_capacidade_instalada.aspx). Acesso em: 25 nov. 2025.
- [8] RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico, da Ciência, da Tecnologia e da Inovação (SEDEC). BAIXE AQUI: Atlas Eólico e Solar do RN. Natal, RN, 10 abr. 2024. Disponível em: <http://www.sedec.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=298260&ACT=&PAGE=&PARM=&LBL=MAT%C9RIA>. Acesso em: 20 nov. 2025.
- [9] CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA (CEPEL); CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB). Atlas do Potencial Eólico do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro: CEPEL, 2003. Disponível em: [https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/atlas\\_eolico\\_RN.pdf](https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_RN.pdf). Acesso em: 20 nov. 2025.
- [10] ANEEL. Sistema de Informações de Geração da ANEEL SIGA. 2025. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNGE3NjVmYjAtNDZkZC00MDY4LTliNTItMTVhZTU4NWYzYzFmIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYtNDZkZmI0MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 30 out. 2025.
- [11] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Relatório Anual 2024. Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/Relatório%20Anual%20ONS%202024.pdf>. Acesso em: 8 set. 2025.
- [12] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Programa de Expansão e Reforços 2025. Rio de Janeiro, 2025. Disponível em:

- <https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/PEN%202025%20-%20VF.pdf>. Acesso em: 13 set. 2025.
- [13] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL); DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ). Regulamentação Tarifária para Eficiência Energética e Geração Distribuída (RegE-GIZ-ANEEL): Relatório Consolidado. Brasília, 2024. Disponível em: [https://cooperacaobrasil-alemanha.com/SEF/RegE-Giz-Aneel\\_Relatorio\\_Consolidado.pdf](https://cooperacaobrasil-alemanha.com/SEF/RegE-Giz-Aneel_Relatorio_Consolidado.pdf). Acesso em: 10 set. 2025.
- [14] CENTRO DE ESTRATÉGIAS EM RECURSOS NATURAIS E ENERGIA (CERNE). Curtailment causa perdas superiores a R\$ 5 bi: Nordeste é o mais afetado. Disponível em: <https://cerne.org.br/curtailment-causa-perdas-superiores-a-r-5-bi-nordeste-e-o-mais-afetado/>. Acesso em: 9 dez. 2025.
- [15] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Leilão de Transmissão nº 004/2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes-de-transmissao/leilao-de-transmissao-n-004-2025>. Acesso em: 9 dez. 2025.
- [16] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Editais de Transmissão. Brasília, 2025. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes\\_liferay/editais\\_transmissao/edital\\_transmissao.cfm](https://www2.aneel.gov.br/aplicacoes_liferay/editais_transmissao/edital_transmissao.cfm). Acesso em: 22 nov. 2025.
- [17] RIO GRANDE DO NORTE. Governo do Estado. Governo conclui estudos para destravar gargalos e ampliar produção de energias renováveis. Natal, RN, 16 nov. 2025. Disponível em: <https://www.rn.gov.br/materia/governo-conclui-estudos-para-destravar-gargalos-e-ampliar-producao-de-energias-renovaveis/>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- [18] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). ONS lança no site seção dedicada ao tema Curtailment. Rio de Janeiro, 23 out. 2025. Disponível em: <https://www.ons.org.br/Paginas/Noticias/details.aspx?i=12043>. Acesso em: 18 nov. 2025.
- [19] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Relatório de Análise de Perturbação (RAP): versão final, 15 ago. 2023, 8h30min. Rio de Janeiro, 2023. PDF. Disponível em: <https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/RAP%202023.08.15%2008h030min%20vers%C3%A3o%20final.pdf>. Acesso em: 20 set. 2025.
- [20] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Relatório Técnico DGL-ONS 0189-2025 – GT Curtailment. Revisão 1. Rio de Janeiro, 2025. PDF. Disponível em: <https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/RT%20DGL-ONS%200189-2025%20-%20GT%20Curtilment%20rev1.pdf>. Acesso em: 20 set. 2025.
- [21] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Tratamento regulatório à situação de constrained-off de usinas eólicas. Relatório de Análise de Impacto Regulatório n. 001/2019-SRG/ANEEL. Brasília: ANEEL, 2019. Disponível em: <https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/audiencias-publicas-antigas>. Acesso em: 1 nov. 2025.
- [22] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Restrição COFF Eólica Detail. Rio de Janeiro, 2025. Conjunto de dados. Disponível em: [https://dados.ons.org.br/dataset/restricao\\_coff\\_eolica\\_detail](https://dados.ons.org.br/dataset/restricao_coff_eolica_detail). Acesso em: 15 out. 2025.