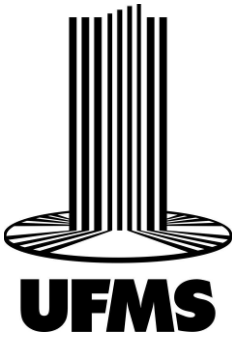

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, GEOGRAFIA E ARQUITETURA E URBANISMO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ANÁLISE DOS IMPACTOS DO CORTE DE GERAÇÃO SOBRE O SETOR ELÉTRICO

MARIELY CRISTINE SIMÕES DE LIMA

CAMPO GRANDE - MS
2025

MARIELY CRISTINE SIMÕES DE LIMA

ANÁLISE DOS IMPACTOS DO CORTE DE GERAÇÃO SOBRE O SETOR ELÉTRICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Guilherme de Melo Lima

CAMPO GRANDE - MS

2025

ANÁLISE DOS IMPACTOS DO CORTE DE GERAÇÃO SOBRE O SETOR ELÉTRICO

Monografia apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, para obtenção da Graduação em Engenharia Elétrica.

Banca Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
FLAVIO GUILHERME DE MELO LIMA
Data: 07/07/2025 15:32:15-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Flávio Guilherme de Melo Lima

Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
ANDREA TERESA RICCIO BARBOSA
Data: 10/07/2025 09:17:32-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Andréa Teresa Riccio Barbosa

gov.br Documento assinado digitalmente
FREDERICO SILVA MOREIRA
Data: 10/07/2025 15:05:52-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Frederico Silva Moreira

Campo Grande - MS

2025

RESUMO

A crescente participação das fontes renováveis na matriz elétrica brasileira, especialmente solar e eólica, trouxe novos desafios operacionais ao sistema elétrico nacional, principalmente devido à intermitência dessas fontes. Para garantir a estabilidade da rede, tornou-se comum o uso do corte de geração, técnica que limita a geração em momentos de sobreoferta ou restrições na transmissão de energia elétrica. Este trabalho apresenta uma análise dos impactos do corte de geração no Brasil, avaliando suas consequências econômicas, sociais e regulatórias. Com base em dados de perdas financeiras, redução de investimentos e desigualdades regionais, também foram exploradas soluções como o investimento em infraestrutura e o uso de sistemas de armazenamento. O estudo foi conduzido com abordagem qualitativa, dedutiva e documental, com apoio em dados reais do setor energético. Os resultados apontam que, embora necessário para o equilíbrio do sistema, o corte de geração precisa ser melhor gerido para não comprometer o avanço da transição energética no país.

Palavras-chave: Corte de geração; energia renovável; impactos; transmissão.

ABSTRACT

The growing share of renewable sources in the Brazilian electricity matrix, especially solar and wind, has brought new operational challenges to the national power system, mainly due to the intermittency of these sources. To ensure grid stability, curtailment—a technique that limits generation during periods of oversupply or or restrictions in electric power transmission—has become a common practice. This work presents an analysis of the impacts of curtailment in Brazil, evaluating its economic, social, and regulatory consequences. Based on data related to financial losses, reduced investments, and regional inequalities, the study also explores potential solutions such as infrastructure investment and the use of energy storage systems. The research was conducted using a qualitative, deductive, and documentary approach, supported by real data from the energy sector. The results indicate that, although necessary for system balance, curtailment must be better managed to avoid compromising the progress of the country's energy transition.

Keywords: Curtailment; renewable energy; impacts; transmission.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Impacto do corte de geração sobre o EBITDA de empresas do setor elétrico. ..20
TABELA 2 - Oferta Interna de Energia no País em 2023. 24
TABELA 3 - Dados do Corte de Geração na Região Nordeste em 2024. 24

Sumário

1 INTRODUÇÃO 9
1.1 Organização do Trabalho 10
2 CONTEXTO ATUAL 11
2.1 Introdução ao Setor Energético e Sua Transição 11
2.2 Sistema Interligado Nacional 12
2.3 Geração de Energia Renovável e seus Desafios 13
2.4 Gestão da Demanda e Equilíbrio do Sistema Elétrico 15
2.5 Legislação Aplicada ao Corte de Geração 16
3 DESENVOLVIMENTO 18
3.1 Metodologia 18
3.2 Impactos Econômicos do Corte de geração no Setor Elétrico 18
3.3 Impacto Social do Corte de geração no Brasil 21
3.4 Estudo de Caso: Corte de geração no Nordeste 23
3.5 Baixo Investimento em Energias Eólicas no Brasil 26
3.6 Investimentos no Armazenamento de Energia 27
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS 30
4.1 Introdução aos Resultados 30
4.2 Análise da Primeira Hipótese 30
4.3 Análise da Segunda Hipótese 32
4.4 Análise da Terceira Hipótese 33
4.5 Perspectivas Futuras 34
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 35
6 REFERÊNCIAS 37

1 INTRODUÇÃO

O sistema elétrico de potência é um conjunto de instalações responsáveis pela geração, transmissão, distribuição e consumo de energia. No Brasil, esse sistema é interligado e regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e gerenciado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), responsável pelo controle, coordenação das usinas e planejamento energético nacional.

De acordo com o *Relatório de Balanço Energético 2024*, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2023 as fontes renováveis representam 49,1% da oferta interna de energia -— indicador que representa o total de energia disponível no país para atendimento ao consumo (EPE, 2024). Destacam-se, neste contexto a energia eólica e solar, ambas caracterizadas por sua intermitência. Essa característica resulta em uma curva de geração distinta da curva de demanda, gerando desequilíbrios no sistema elétrico.

Para manter a estabilidade da rede, o ONS adota medidas como o corte de geração, que consiste na redução forçada da geração elétrica para evitar sobrecargas e garantir o equilíbrio entre oferta e demanda. No entanto, essa prática pode gerar impactos negativos, como desperdício de energia renovável e prejuízos para investidores do setor, afetando o crescimento da geração sustentável.

O corte de geração, *"curtailment"* do inglês, que é como ficou conhecido o fenômeno, tem sido cada vez mais adotado no Brasil devido a limitações na infraestrutura de transmissão. Embora seja uma solução técnica para o equilíbrio do sistema, ele restringe a máxima potência das usinas solares e eólicas, reduzindo a competitividade dessas fontes de energia e gerando impactos econômicos e regulatórios. Diante disso, esta pesquisa analisa as consequências dessa limitação no mercado de energia elétrica nacional, investigando como o corte de geração afeta o desenvolvimento do setor.

Para isso, o estudo descreve o que é o corte de geração, suas causas e seus efeitos. A pesquisa parte da hipótese de que o corte de geração reduz o interesse de investidores no setor de energia renovável, impulsiona mudanças na regulação e operação do mercado e incentiva a adoção de sistemas de armazenamento de energia. Para validar essas hipóteses, foram utilizados métodos como pesquisa bibliográfica, análise documental e abordagem quantitativa dos impactos do corte de geração.

1.1 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho examina os principais efeitos dessa prática no mercado de energia elétrica no Brasil e suas implicações para o desenvolvimento do setor. Inicialmente, são apresentados o tema, a justificativa, os objetivos e as hipóteses. O capítulo seguinte, traz uma contextualização sobre o tema e discute a transição energética, o Sistema Interligado Nacional, os desafios da geração renovável, a gestão da demanda e a regulamentação do setor.

O desenvolvimento da pesquisa analisa os impactos econômicos, sociais e técnicos do corte de geração, incluindo perda de receita, efeitos sobre tarifas, fechamento de fábricas e insegurança no mercado. A análise dos resultados busca validar as hipóteses levantadas, destacando as mudanças regulatórias e os desafios para a adoção de soluções tecnológicas, como armazenamento de energia. Por fim, a conclusão sintetiza os achados e apresenta perspectivas futuras para o setor elétrico brasileiro.

2 CONTEXTO ATUAL

2.1 INTRODUÇÃO AO SETOR ENERGÉTICO E SUA TRANSIÇÃO

O setor elétrico enfrenta um grande desafio: a transição para fontes renováveis de energia. No livro *A Revolução Industrial* de Francisco Iglesias, o historiador brasileiro analisa as transformações ocorridas durante esse período. Segundo o autor, a Revolução Industrial, que se localiza na segunda metade do século XVIII, especialmente na Inglaterra, implicou uma nova situação da energia (IGLESIAS, 1981, p. 12).

Essa nova situação, conforme analisa Iglesias (1981), foi caracterizada por um crescimento exponencial da demanda por eletricidade. Inicialmente, esse aumento foi impulsionado pelo uso do carvão e das máquinas a vapor, e expandiu-se com a introdução do petróleo e do gás, o que levou, posteriormente, ao desenvolvimento das termelétricas e hidrelétricas.

Embora essa expansão energética tenha impulsionado o desenvolvimento industrial, também começou a gerar preocupações sobre seus impactos ambientais. Já no final do século XIX, Svante Arrhenius foi um dos primeiros cientistas a alertar sobre os impactos das emissões de CO_2 das termelétricas. Em 1896, ele previu que o aumento do dióxido de carbono na atmosfera elevaria a temperatura global, um tema que só ganharia atenção política um século depois (WEART, 2008).

Um século após a Revolução Industrial, em 1997, foi aprovado o Protocolo de Kyoto, o primeiro acordo internacional a estabelecer metas para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Com base no princípio das "responsabilidades comuns, porém diferenciadas", o tratado atribuiu compromissos distintos entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, reconhecendo o papel histórico dos primeiros nas emissões acumuladas de gases de efeito estufa (MOREIRA; GIOMETTI, 2008, p. 13).

Entre os mecanismos de implementação criados, destacou-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. No contexto da transição energética, esse instrumento impulsionou significativamente projetos de energia renovável em países em desenvolvimento, permitindo que essas nações contribuíssem para a mitigação global das emissões enquanto recebiam investimentos estrangeiros e tecnologia limpa oriunda dos países desenvolvidos (MOREIRA; GIOMETTI, 2008, p. 10–11).

Dessa forma, a trajetória histórica do setor energético — desde a Revolução Industrial até a adoção de acordos como o Protocolo de Kyoto — evidencia que o modelo baseado em

combustíveis fósseis, embora tenha impulsionado o progresso industrial, também gerou consequências ambientais significativas.

A crescente consciência sobre os impactos das emissões de gases de efeito estufa, assim como busca da melhoria da eficiência energética, fortaleceu a busca por uma matriz energética mais limpa e sustentável. Atualmente, embora a matriz energética brasileira já seja predominantemente renovável, desafios ainda existem para garantir uma expansão sustentável dessas fontes.

De acordo com o Relatório de Sustentabilidade de 2023 do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), "A atual matriz elétrica brasileira é composta por 88% de fontes renováveis. Cerca de metade da energia gerada é de fontes hidrelétricas. A projeção para 2027 é de um percentual de 89% de renováveis, com as fontes solares, eólicas e mini e microgeração distribuída chegando a 38% do total" (ONS, 2023).

À medida que crescem as participações da energia solar e eólica — fontes intermitentes por natureza — surge a necessidade de aperfeiçoar o equilíbrio entre oferta e demanda em tempo real.

A forma como o Brasil lida com essas limitações está diretamente ligada à estrutura e à operação do Sistema Interligado Nacional (SIN), responsável por coordenar a geração e transmissão de energia elétrica em quase todo o território nacional.

2.2 SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL

O sistema elétrico de potência do Brasil é composto por um conjunto de instalações responsáveis pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica para o consumo. No país, esse sistema é predominantemente interligado, formando o Sistema Interligado Nacional (SIN).

De acordo com a Neoenergia (2021), esse sistema conecta as diversas regiões do Brasil, permitindo que a energia seja distribuída de maneira eficiente e garantindo o equilíbrio entre oferta e demanda. O fluxo de energia no SIN envolve diversas etapas integradas, desde a geração até a distribuição, sendo essencial para manter a estabilidade e segurança do sistema elétrico.

Segundo o Balanço Energético Nacional 2024, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2024), os dados sobre a oferta interna de energia no Brasil indicam que ela corresponde à soma da produção nacional com as importações, incluindo a geração proveniente tanto de centrais de serviço público quanto de unidades autoprodutoras. Esse panorama

evidencia a complexidade e a abrangência do sistema elétrico brasileiro, que opera de forma majoritariamente interligada.

Assim, um dos principais benefícios do modelo interligado é a capacidade de realizar a transferência de energia entre diferentes regiões do país, o que garante maior flexibilidade operacional. Essa característica fortalece a robustez do sistema, contribuindo para a mitigação de falhas e interrupções no fornecimento de energia elétrica.

O setor de energias renováveis segue em forte crescimento. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2025), o país registrou sua maior expansão no setor, com um acréscimo de 10,9 GW de nova capacidade instalada. “Desse total, 91,13% provêm das fontes solar fotovoltaica (51,87%) e eólica (39,26%)” (ANEEL, 2025).

Apesar desse avanço, a GreentechLead (2024) alerta que a transição energética para fontes renováveis ainda enfrenta desafios significativos. Um dos principais entraves está na infraestrutura de transmissão, que precisa evoluir no mesmo ritmo da geração para garantir o equilíbrio entre a produção e a distribuição de energia.

A própria reportagem destaca que “a crescente participação das fontes renováveis impõe desafios à estabilidade do sistema, exigindo ajustes na operação e controle da rede”, o que reforça a necessidade de adaptações técnicas e regulatórias para assegurar a confiabilidade da matriz elétrica brasileira.

2.3 GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL E SEUS DESAFIOS

Em 2023, a capacidade instalada de energia renovável global alcançou um recorde histórico, conforme registrado no relatório *Renewable Capacity Statistics 2024*, publicado pela Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA, 2024). Esse crescimento reflete a intensificação dos esforços mundiais na transição energética.

No Brasil, esse movimento também se evidencia, com destaque para a expansão da energia solar. Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), no ano de 2023 a fonte solar fotovoltaica atingiu 23,9 gigawatts (GW) de potência operacional instalada, superando, pela primeira vez, a energia eólica, que totalizou 23,8 GW. Dessa forma, a energia solar consolidou-se como a segunda principal fonte de geração elétrica do país, atrás apenas da energia hidrelétrica, que ainda compõe a maior parte da matriz nacional (ABSOLAR, 2023).

A preocupação com a intermitência da geração de energia solar e eólica, devido às variações diárias e sazonais, é uma questão crucial para o planejamento energético no Brasil. O

Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) reconhece que essas fontes renováveis apresentam padrões de geração que podem variar ao longo do dia e das estações do ano.

Essas variações impactam a necessidade de planejamento e adequação de outras fontes de energia para garantir a estabilidade do sistema elétrico. O Operador Nacional do Sistema Elétrico coleta e disponibiliza dados detalhados sobre a geração de energia eólica e solar para melhorar a transparência e possibilitar uma análise mais precisa das necessidades do sistema.

No artigo "*High-Level Penetration of Renewable Energy Sources Into Grid Utility: Challenges and Solutions*" (ALAM et al., 2020), é relatado que fontes renováveis como a solar e a eólica apresentam variações sazonais e diárias que impactam significativamente o planejamento energético. A intermitência e a natureza imprevisível dessas fontes comprometem a previsibilidade da geração e a operação segura da rede elétrica:

> "Atualmente, diversos benefícios econômicos e técnicos são obtidos com a integração em alto nível de fontes renováveis baseadas em conversores, tais como energia de baixo custo, menores emissões de carbono, menor custo operacional e de manutenção. No entanto, muitos problemas técnicos — inércia muito baixa causando instabilidade de frequência, alta corrente de falta resultante de curto-circuito, incertezas intensas devido à natureza variável da velocidade do vento e da irradiância, e qualidade de energia degradada — surgem em decorrência disso" (ALAM, Md. Shafiul et al., 2020, [tradução nossa]).

Diferentemente de outras fontes, como a hidrelétrica, que permite ajustar a velocidade das turbinas conforme a demanda de geração, a intermitência das fontes renováveis resulta em desafios operacionais para a gestão da rede elétrica. A variabilidade contínua na velocidade do vento e na irradiação gera uma natureza não determinística na produção, o que impõe grandes desafios técnicos para a integração em larga escala dessas fontes à rede elétrica.

Essa elevada incerteza pode comprometer a operação estável e confiável do sistema elétrico, ocasionando problemas como o descompasso entre oferta e demanda, fator que pode desencadear instabilidades no sistema. O gerenciamento dessas incertezas é, portanto, uma preocupação central para os operadores de sistema.

2.4 GESTÃO DA DEMANDA E EQUILÍBRIO DO SISTEMA ELÉTRICO

Para equilibrar a gestão da demanda e garantir a estabilidade do sistema elétrico, é adotado o mecanismo de corte de geração. Segundo o artigo *Os Impactos Financeiros do Curtailment*, escrito por Pâmela Rugoni (2025), o corte de geração ocorre quando usinas de energia renovável precisam reduzir ou interromper temporariamente sua geração, mesmo dispondo de capacidade disponível. Isso se deve a limitações operacionais no sistema elétrico, como restrições na infraestrutura de transmissão, decisões para garantir a confiabilidade da rede ou falta de demanda.

Embora necessário, esse corte involuntário na geração impacta diretamente o faturamento das usinas solares e eólicas, comprometendo sua viabilidade financeira e dificultando o planejamento dos geradores. Além da perda de receita, a imprevisibilidade dos cortes aumenta a complexidade do planejamento operacional e financeiro (RUGONI, 2024).

O Brasil possui uma matriz energética majoritariamente renovável, mas a infraestrutura de transmissão nem sempre consegue acompanhar a oferta, especialmente em locais distantes dos grandes centros consumidores. As limitações na infraestrutura de transmissão são fatores críticos que contribuem para o corte de geração.

Segundo Sara Aquino (2025), “o estado do Ceará, reconhecido como um dos maiores produtores de energia renovável do Brasil, é o segundo mais afetado pelos cortes de geração, ficando atrás apenas de Minas Gerais em termos de prejuízos”. Ainda de acordo com a autora, “a principal razão por trás dos *curtailments* é a falta de infraestrutura de transmissão elétrica no Brasil, especialmente no Nordeste”.

O corte de geração é uma questão crucial na transição energética. A redução do desperdício de energia, por meio de melhorias na infraestrutura de redes e sistemas de armazenamento, pode otimizar a utilização das fontes renováveis e garantir a sustentabilidade da matriz energética.

Esse fenômeno não é exclusivo do Brasil; é uma questão global, especialmente em regiões com alta penetração de fontes renováveis. Com base no artigo “*Curtailment of Solar and Wind Energy in Germany during Redispatching*” da Synertics, o fenômeno do corte de geração também representa um desafio significativo na Alemanha. O artigo apresenta dados sobre a participação das fontes renováveis no total de cortes de geração “as renováveis representaram 56% dos cortes em 2019.”

Com base no *Relatório Anual de 2021* do Australian Energy Market Operator (AEMO), o corte de energia renovável é um desafio crescente na Austrália, especialmente devido ao aumento da geração eólica e solar. O relatório destaca um caso na Austrália do Sul, onde mais de 10 MW de energia solar fotovoltaica sofreram cortes de geração como último recurso, devido a baixos níveis de demanda operacional que ameaçavam a segurança do sistema.

N no *Relatório Anual 2023* do Operador Nacional do Sistema Elétrico, destaca-se a perturbação de grande porte ocorrida em 15 de agosto de 2023, considerada um dos eventos mais relevantes do ano. Na ocasião, houve uma interrupção equivalente a cerca de 31% da carga total do Sistema Interligado Nacional (SIN), afetando 25 estados e o Distrito Federal, devido à separação elétrica entre as regiões Norte e Nordeste e as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

A causa foi a falha no desempenho dos equipamentos de controle de tensão em parques eólicos e solares localizados no Ceará, que não compensaram adequadamente a queda de tensão após a abertura da linha de transmissão (ONS, 2023). Esse episódio evidenciou os desafios e a necessidade de aprimorar a integração das fontes renováveis intermitentes ao sistema elétrico brasileiro.

2.5 LEGISLAÇÃO APLICADA AO CORTE DE GERAÇÃO

No Brasil, o gerenciamento do corte de geração é responsabilidade do Operador Nacional do Sistema Elétrico. O ONS analisa as condições da rede elétrica e as previsões de geração para decidir quando e onde realizar os cortes na produção de energia, visando garantir a estabilidade do sistema.

As diretrizes operacionais para essa atividade são estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que regula o setor elétrico nacional. A Resolução Normativa 1.030/2022 da ANEEL define os tipos de corte de geração e detalha as condições sob as quais os cortes podem ocorrer (ANEEL, 2022).

O corte de geração por razões energéticas (tipo ENE) é uma categoria que se aplica quando há impossibilidade de alocar a geração de energia aos consumidores, o que leva à necessidade de redução de produção. Nessa situação, os geradores não são ressarcidos (ANEEL, 2022).

A regulamentação do corte de geração no Brasil envolve não apenas o corte de energia, mas também as condições de compensação aos geradores afetados. A ANEEL e o ONS implementam políticas que buscam garantir a estabilidade do sistema elétrico, ao mesmo tempo em que procuram minimizar os impactos financeiros sobre os geradores de energia renovável.

Embora as políticas existentes sejam fundamentais para o funcionamento eficiente do setor energético, ainda existem desafios, como a adaptação e ampliação da infraestrutura de transmissão para comportar o crescimento da geração renovável.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 METODOLOGIA

O procedimento metodológico adotado envolve pesquisa bibliográfica. De acordo com Antônio Joaquim Severino, em sua obra *Metodologia do Trabalho Científico* (2007), a pesquisa bibliográfica é listada entre as modalidades e metodologias de pesquisa científica. “A pesquisa bibliográfica é aquela que se realiza a partir do registro, disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc.” (Severino, 2007, p. 122).

Quanto aos seus objetivos, esta pesquisa possui caráter exploratório e explicativo. É exploratória na medida em que visa levantar informações e mapear as condições de manifestação do fenômeno do corte de geração, delimitando o campo de estudo e identificando aspectos relevantes para sua análise (Severino, 2007, p. 123).

Simultaneamente, apresenta um caráter explicativo, pois busca compreender as causas e implicações do corte de geração no contexto energético brasileiro, recorrendo à interpretação fundamentada em dados e teorias existentes, conforme propõem os métodos qualitativos (Severino, 2007, p. 123).

Essa combinação de objetivos, junto à abordagem metodológica, permite aprofundar o conhecimento sobre o tema e contribuir para o debate acadêmico e técnico relacionado à gestão da geração de energia elétrica.

3.2 IMPACTOS ECONÔMICOS DO CORTE DE GERAÇÃO NO SETOR ELÉTRICO

O crescimento da energia renovável no Brasil tem sido expressivo nos últimos anos. Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), a fonte solar fotovoltaica corresponde a 21% da matriz elétrica nacional, com 52,2 GW de potência instalada, ficando atrás apenas da hidrelétrica (ABSOLAR, 2025). Esse número representa um crescimento significativo em relação a 2023, quando a potência instalada era de 23,9 GW. Em apenas dois anos, a capacidade instalada mais que dobrou, evidenciando a rápida expansão e a crescente importância da energia solar no cenário energético brasileiro.

No entanto, esse avanço tem sido acompanhado por desafios significativos, especialmente em relação ao corte de geração, que afeta diretamente a rentabilidade dos investidores e a competitividade do setor.

O corte na geração impacta diretamente a receita das usinas solares e eólicas. A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica também divulgou em outubro de 2024 dados sobre os prejuízos financeiros do corte de geração:

> "O problema iniciou-se de forma moderada em 2022 e intensificou-se após o incidente de 15 de agosto de 2023, que causou blecaute em regiões do Brasil. A partir dessa data, os empreendimentos renováveis passaram a sofrer cortes recorrentes determinados pelo ONS, em volume expressivos, sem nenhum controle nem responsabilidade sobre estes eventos. Ao somar os prejuízos destes cortes sobre as usinas eólicas e solares, o passivo com o desperdício acumulado de energia limpa ultrapassa R$ 1,7 bilhão nos últimos 15 meses." (ABSOLAR, 2024).

A Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) registrou um corte de geração médio de 20% no quarto trimestre de 2024, período em que a geração eólica da empresa costuma ser mais alta. Como resultado, os prejuízos com os cortes na geração somaram R$ 88 milhões nos últimos três meses do ano, totalizando R$ 272 milhões ao longo de 2024 (CNN Brasil, 2024).

Em publicação, a Fitch Ratings (2025), agência de classificação de créditos, alerta que o corte pode se agravar nos próximos anos, com os cortes na geração no Sistema Interligado Nacional subindo de 6% em 2024 para 9% em 2028. Além disso alerta sobre o impacto deste percentual de corte de geração no fluxo de caixa das geradoras.

A agência ainda divulgou que o terceiro trimestre de 2024, grandes grupos geradores sofreram cortes significativos, com Auren Energia registrando uma redução de 14,2% na geração eólica e solar e Engie Brasil sofrendo um corte de 12,9%, valores próximos à média nacional de 13%. Outros grupos, sofreram cortes superiores a 20% de sua geração renovável (Fitch Ratings, 2025).

No setor elétrico, um dos principais indicadores utilizados para avaliar o impacto financeiro do corte de geração sobre as geradoras de energia é o EBITDA. Esse indicador, que representa o lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização, mede a capacidade da empresa de gerar caixa a partir de suas operações principais, sem considerar custos financeiros e despesas contábeis não operacionais (Assaf, 2014).

A Tabela 1 apresenta o impacto do corte de geração sobre o EBITDA de algumas das principais empresas do setor elétrico que atuam com fontes renováveis:

TABELA 1 – Impacto do corte de geração sobre o EBITDA de empresas do setor elétrico.

Empresa	Fonte de Geração	Corte na Geração (%)	Impacto no EBITDA (%)
Auren Energia	Solar e Eólica	14,2 %	6 %
Engie Brasil	Solar e Eólica	12,9 %	2 %
Serena Geração	Solar e Eólica	13 %	6 %

Fonte: Adaptado de dados do relatório da Fitch Ratings (2025).

O corte de geração resultou em perdas financeiras equivalentes a 6% do EBITDA da Auren e da Serena Geração, e 2% no caso da Engie Brasil (Fitch Ratings, 2025). Embora os impactos pareçam limitados quando diluídos no resultado global das empresas, eles representam um entrave para novos investimentos em geração renovável.

O corte de geração afeta diretamente os lucros das geradoras ao reduzir a quantidade de energia efetivamente comercializada. Apesar dos dados percentuais apresentados acima parecerem relativamente baixos, essas perdas refletem um obstáculo à rentabilidade dos projetos de geração renovável, especialmente em um mercado altamente competitivo.

Além disso, o impacto do corte de geração pode ser sentido de maneira diferente dependendo do portfólio de cada empresa. Empresas mais diversificadas, conseguem mitigar melhor os impactos na sua margem operacional. Já geradoras com maior dependência da energia eólica e solar podem sofrer quedas mais expressivas na sua rentabilidade, tornando-se menos atraentes para novos investimentos (Fitch Ratings, 2025).

O problema se torna mais grave no Nordeste, onde os cortes são mais intensos. Empresas como a Companhia Paulista de Força e Luz e a Companhia Paranaense de Energia (Copel) chegaram a ter mais de 20% de sua geração renovável cortada. Apesar de serem grupos diversificados, que mitigam o impacto do corte de geração com outros segmentos de atuação, os cortes representam uma ameaça ao retorno financeiro dos projetos renováveis no país (Fitch Ratings, 2025).

A relação entre corte de geração o aumento das tarifas de energia é direta. Como os cortes na geração ocorrem sem compensação adequada, as usinas precisam recuperar seus investimentos de outra forma, o que pode resultar em reajustes tarifários. Nicola Pamplona, aponta que em 2024 a consultoria da Volt Robotics, estimou que o impacto do corte de geração sobre a conta de luz dos brasileiros poderia atingir R$ 1,2 bilhão (Pamplona, 2024).

A Associação Brasileira de Energia Eólica (Abeeólica) estimou que o ressarcimento às geradoras pelos cortes de energias renováveis teria um impacto tarifário de 0,38% sobre os consumidores. Além disso, haveria um efeito inflacionário de 0,015% caso fossem realizadas indenizações às usinas eólicas e solares (Cardozo, 2025).

Esse impacto, no entanto, não é homogêneo em todo o país. Regiões com maior concentração de geração renovável, como o Nordeste, são as mais afetadas pelos cortes e também enfrentam maior volatilidade nos preços da energia.

Enquanto isso, estados com menor participação de fontes variáveis sentem um impacto mais reduzido. Esse desequilíbrio regional gera desafios adicionais para o planejamento energético e a estabilidade do mercado.

O corte de geração não afeta apenas os produtores de energia, mas também a cadeia produtiva associada. A incerteza quanto à viabilidade de novos projetos pode reduzir a demanda por equipamentos, impactando a indústria nacional de painéis solares. Embora o Brasil tenha um mercado crescente, o excesso de cortes pode desacelerar esse ritmo, tornando a produção local menos atrativa.

3.3 IMPACTO SOCIAL DO CORTE DE GERAÇÃO NO BRASIL

A redução forçada da geração de energia afeta não apenas o setor elétrico, mas também tem impacto social, como perda de empregos e desigualdade na distribuição de energia. A falta de infraestrutura adequada de transmissão tem sido um obstáculo significativo para o avanço do setor de energias renováveis no Brasil, especialmente nas fontes solar e eólica. Essa deficiência tem provocado atrasos consideráveis em projetos de energia renovável, uma vez que a infraestrutura atual não está preparada para suportar a rápida expansão desse mercado (Santana, 2023).

O país, que possui uma matriz elétrica composta por 88% de fontes renováveis, projeta que até 2027, as fontes solares, eólicas e de Mini e Microgeração Distribuída (MMGD) representarão 38% do total da geração de energia (ONS, 2023).

No entanto, essa ambiciosa meta enfrenta sérios desafios, uma vez que a falta de linhas de transmissão adequadas tem dificultado a plena integração dessas fontes ao Sistema Interligado Nacional, comprometendo a capacidade de escoamento da energia gerada.

Tais limitações não só impactam a eficiência do sistema elétrico, mas também prejudicam a economia de investimentos no setor, afetando diretamente as empresas de energia renovável e o desenvolvimento de novos projetos, assim como leva ao fechamento de fábricas e à demissão de trabalhadores.

Um exemplo claro ocorreu em Pernambuco, onde a GE Vernova fechou sua fábrica de pás de turbinas eólicas da LM Wind Power, afetando aproximadamente 1.000 empregos (Isto é Dinheiro, 2025).

O fechamento da unidade no Porto de Suape foi motivado pela queda na demanda no mercado, influenciada pelo crescimento da energia solar e pela sobreoferta de eletricidade no país (Isto é Dinheiro, 2025). A decisão não apenas levou à demissão de trabalhadores, mas também impactou fornecedores e prestadores de serviço da região, prejudicando a economia local.

Situação semelhante aconteceu na Bahia, onde a Siemens Gamesa interrompeu suas operações de fabricação de turbinas eólicas devido à baixa demanda (Isto é Dinheiro, 2025). Em 2023, a empresa, que já passava por dificuldades financeiras globais, suspendeu temporariamente suas atividades, reduzindo em cerca de 70% o número de funcionários na unidade (A Tarde, 2023).

É evidente que o impacto do corte de geração não ocorre de maneira homogênea no Brasil. O Nordeste, por exemplo, concentra a maior parte da geração eólica e solar do país, mas também sofre com os maiores índices de redução de geração. Em 2024, cerca de 75% da energia renovável desperdiçada no Brasil ocorreu nessa região. Estados como Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia foram os mais afetados (Raposo, 2025).

A desigualdade na distribuição de energia se reflete nos impactos sociais. No Rio Grande do Norte, o Complexo Serra do Mel II B, da Equatorial Energia, teve 58% de sua produção rejeitada pela rede elétrica em 2023 (Raposo, 2025). Isso não apenas reduz a receita das empresas, mas também impede que a eletricidade chegue a consumidores que poderiam se beneficiar da energia limpa e mais barata.

Esta desigualdade é explícita. Com olhar especial à Amazônia Legal, onde cerca de 14% da população não tem acesso ao Sistema Interligado Nacional. “Os estados da Amazônia Legal

foram responsáveis por mais de 27% da geração de energia elétrica nacional em 2021, mas consumiram apenas 11% do consumo total do país" (Climate Policy Initiative, 2023).

Essa situação não apenas aumenta os custos de energia para essas comunidades, mas também perpetua desigualdades socioeconômicas na região. Os 14% da população equivalem a aproximadamente três milhões de pessoas que dependem de sistemas isolados, frequentemente abastecidos por usinas termelétricas a diesel, que são mais caras e poluentes. Apesar de atenderem a uma fração muito pequena da demanda nacional — apenas 0,6% do consumo total de energia em 2021 — os Sistemas Isolados apresentaram um impacto ambiental desproporcional:

> "Apesar de o consumo dos Sistemas Isolados representar apenas 0,6% do consumo total do Brasil em 2021, os Sistemas Isolados emitiram uma quantidade de gases de efeito estufa equivalente a cerca de 10% do que é emitido pelo SIN." (Climate Policy Initiative, 2023).

Segundo o Operador Nacional do Sistema, ainda no ano de 2025, ainda existem 212 localidades que dependem de sistemas isolados no Brasil, sendo predominante a região Norte (ONS, 2025).

A falta de infraestrutura de transmissão faz com que parte da energia renovável gerada, especialmente por parques eólicos e solares, não possa ser aproveitada, resultando no corte de energia. Isso impede que essa eletricidade chegue a outras regiões que poderiam se beneficiar dela, contribuindo para desequilíbrios no desenvolvimento econômico.

3.4 ESTUDO DE CASO: CORTE DE GERAÇÃO NO NORDESTE

Em 2024, o Brasil registrou o equivalente de 14,6 TWh de energia não aproveitada devido a cortes de geração, impactando diretamente a rentabilidade dos empreendimentos, conforme apontado por um levantamento da consultoria Volt Robotics. Esse desperdício de energia, afetou especialmente os setores de geração eólica e solar. Os prejuízos estimados no ano de 2024 são de são de R$ 1,6 bilhão (Marcelino, 2025).

A região Nordeste concentra grande parte do parque gerador eólico e solar do Brasil. No entanto, o corte de geração tem se intensificado devido a restrições no escoamento da energia para outras regiões. A Tabela 2 ilustra a distribuição percentual da geração de energia eólica e solar no ano de 2023 por região no Brasil, evidenciando a forte concentração dessas fontes no Nordeste:

TABELA 2 - Oferta Interna de Energia no País em 2023.

Região	Eólica	Solar
Norte	0,00%	3,71%
Nordeste	93,82%	35,81%
Sudeste	0,06%	37,42%
Sul	6,11%	13,85%
Centro Oeste	0,00%	9,22%

Fonte: Adaptado de Dados do Relatório Anual de 2024 da Empresa de Pesquisa Energética.

Os elevados percentuais registrados na região Nordeste refletem suas condições climáticas favoráveis, como ventos constantes e alta irradiação solar. Esses fatores fazem dela a principal produtora de energia eólica do país e uma das líderes na geração solar.

Em 2024, o Nordeste acumulou 300 mil horas de geração interrompida, correspondendo a 75% das interrupções que o Brasil registrou no ano (Movimento Econômico, 2025). A Tabela 3 apresenta dados sobre o corte de geração de energia na região Nordeste em 2024:

TABELA 3 - Dados do Corte de Geração na Região Nordeste em 2024.

INDICADOR	**VALOR**
Total de horas de geração interrompida no Brasil	400 mil horas
Total de horas de geração interrompida no Nordeste	75% do total; 300 mil horas
Estados mais afetados	Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia
Prejuízo financeiro total em 2024	R$ 1,6 bilhão
Energia não gerada	14,6 TWh
Principais causas dos cortes	Problemas na infraestrutura de transmissão elétrica (65%); Desequilíbrio entre oferta e demanda (35%)

Fonte: Adaptado de dados de Movimento Econômico (2025).

O prejuízo, no entanto, não é limitado ao ano de 2024. As empresas prejudicadas pela redução na região do nordeste, buscam compensação financeira, desencadeando em uma disputa judicial. “As empresas afetadas exigem indenização, alegando prejuízos de R$ 2,4 bilhões em 2023 e alertam para o risco de falência no setor (Cenário Energia, 2025).

Um exemplo emblemático é o Complexo Eólico Aracati II, no Ceará, que sofreu redução de até 46% em sua geração entre janeiro e setembro de 2024. Da mesma forma, o Complexo Solar Fotovoltaico de Banabuiú, localizado no mesmo estado, teve 52% de sua produção reduzida no período, resultando em perdas financeiras significativas para os investidores (ACENDE BRASIL, 2024).

Para reduzir os impactos do corte de geração, diversas estratégias vêm sendo adotadas. Entre as principais soluções, destaca-se o reforço na infraestrutura de transmissão, uma vez que a expansão das linhas de transmissão é essencial para o escoamento da energia gerada.

Novos ativos de transmissão, incluindo subestações e linhas de 500 kV, foram implementados para ampliar a capacidade de transporte de energia da região Nordeste para o restante do país. Destacam-se as conexões Pecém II – Pacatuba C, Fortaleza II – Pacatuba C e Pacatuba – Jaguaruana II. Essas infraestruturas foram projetadas para reduzir as limitações na geração de energia eólica e solar (Bahia Econômica, 2024).

Em outubro de 2024, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) anunciou que, com a entrada em operação de novas linhas de transmissão, a capacidade de transferência de energia do Nordeste para o Sudeste/Centro-Oeste foi ampliada em aproximadamente 12% (Movimento Econômico, 2024).

Outra abordagem relevante é a instalação de compensadores síncronos. O Operador Nacional do Sistema informou que irá instalar os equipamentos no Rio Grande do Norte (ONS, 2025). Os compensadores melhoram a estabilidade do sistema elétrico ao controlar a tensão e a frequência da rede. Estes dispositivos foram estrategicamente alocados para permitir uma maior absorção da geração renovável, reduzindo os impactos do corte de geração.

Além das soluções técnicas, o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico criou um grupo de trabalho interinstitucional, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, com participação de entidades como a Agência Nacional de Energia Elétrica, a Empresa de Pesquisa Energética, o Operador Nacional do Sistema Elétrico e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Este grupo tem como objetivo desenvolver estratégias de longo prazo para mitigar os efeitos do corte de geração (Hein, 2025).

3.5 BAIXO INVESTIMENTO EM ENERGIAS EÓLICAS NO BRASIL

A energia eólica tem desempenhado um papel crescente na matriz energética brasileira, consolidando-se como uma fonte renovável estratégica para a diversificação da geração de eletricidade.

No entanto, apesar de seu potencial, o setor enfrenta desafios significativos que afetam sua expansão e competitividade. Entre os principais entraves, destacam-se a insegurança financeira, o risco regulatório e os impactos sobre a competitividade dos projetos. Esses elementos estão interligados e configuram um ambiente desafiador para investidores e desenvolvedores de projetos eólicos no Brasil.

A instabilidade financeira no setor eólico brasileiro é influenciada por diversos fatores macroeconômicos e setoriais. A volatilidade cambial tem sido um dos principais desafios, uma vez que a desvalorização do real impacta diretamente os custos de turbinas e outros equipamentos importados (Tobias, 2023).

O Brasil tem enfrentado um ciclo de altas taxas de juros, o que encarece o financiamento de novos projetos eólicos, tornando-os menos atraentes para investidores. O cenário é agravado pela redução na disponibilidade de recursos de linhas de crédito específicas, como o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), que tradicionalmente tem sido uma fonte crucial de financiamento para o setor (Brasil Energia, 2024). Esses fatores aumentam a percepção de risco e podem reduzir o ritmo de expansão da energia eólica no país (Tobias, 2023).

A insegurança regulatória é outro desafio significativo para o setor eólico, pois mudanças legislativas podem afetar diretamente a viabilidade econômica dos projetos. Um exemplo é a Lei nº 14.120/21, que eliminou o desconto na Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST/D) para novos projetos eólicos no mercado livre. Essa alteração elevou os custos operacionais, reduzindo a atratividade dos empreendimentos (Tobias, 2023).

Algumas mudanças regulatórias podem beneficiar o setor. A Resolução Normativa 954/21 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por exemplo, trouxe avanços ao permitir projetos híbridos, combinando energia eólica com outras fontes renováveis, como solar e armazenamento (Tobias, 2023).

Além disso, a insegurança jurídica relacionada à tributação representa um obstáculo adicional. A existência de cobranças municipais sem critérios uniformes afeta a previsibilidade financeira dos projetos, desestimulando novos investimentos (Fiuza, 2024). A falta de

padronização nas exigências fiscais impõe custos inesperados e pode comprometer a expansão da energia eólica no país.

Os desafios enfrentados pelo setor eólico refletem um ambiente de incerteza que limita novos investimentos. Regulamentação previsível e ampliação da infraestrutura são essenciais para reverter esse quadro.

3.6 INVESTIMENTOS NO ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Os sistemas de armazenamento por baterias apresentam-se como uma solução para mitigar o corte de geração. Por meio do armazenamento do excedente energético produzido em horários de baixa demanda, as baterias permitem o posterior despacho dessa energia nos momentos de maior necessidade, promovendo maior flexibilidade e estabilidade no sistema elétrico. Sandoval Feitosa, ex-diretor da ANEEL, destaca:

> "Sempre aberta à inovação, a ANEEL tem uma agenda sintonizada com a modernização do setor elétrico e a transição energética. Com maior inserção das fontes eólica e solar e da geração distribuída, precisaremos cada vez mais da utilização de inovadores recursos de armazenamento como este para o equilíbrio entre oferta e demanda" (Feitosa, 2023).

As baterias oferecem resposta rápida, o que permite suavizar variações de geração e demanda, bem como prestar serviços auxiliares como regulação de frequência e tensão (Chammas, 2023).

A título de exemplo, o projeto de armazenamento da Subestação de Registro, implantado pela ISA CTEEP, foi o primeiro em larga escala conectado ao sistema de transmissão brasileiro. O objetivo da iniciativa é justamente avaliar o papel das baterias na confiabilidade do sistema e no uso eficiente da infraestrutura existente, atuando como um "laboratório vivo" para o setor (Badra, 2023).

De forma semelhante, o grupo CPFL Energia investiu mais de R$ 54 milhões em projetos de pesquisa e desenvolvimento voltados à aplicação de baterias em diferentes elos da cadeia elétrica (CPFL, 2023).

Contudo, além das barreiras regulatórias, a viabilidade econômica dos sistemas de armazenamento ainda representa um desafio relevante para sua disseminação em larga escala no Brasil. Segundo estudo publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), os custos atuais de instalação de baterias giram em torno de R$ 4.000/kWh, o que inviabiliza sua

aplicação em muitos contextos, principalmente para consumidores de baixa tensão (CANALENERGIA, 2020).

Apenas com uma redução significativa desses custos é que as baterias se tornam economicamente viáveis para determinadas distribuidoras ou em aplicações específicas (CANALENERGIA, 2020).

Por outro lado, em contextos isolados, onde a alternativa predominante é a geração a diesel, os sistemas de baterias já demonstram competitividade econômica. Um estudo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná mostrou que, em determinadas microrredes, as baterias superam o diesel em custo-benefício quando considerados os gastos operacionais, manutenção e impactos ambientais (VOLKWEIS, 2021).

Além disso, em sistemas conectados à rede, a integração de baterias com geração fotovoltaica apenas tiveram retorno financeiro positivo em perfis tarifários com diferenças significativas entre os horários de ponta e fora de ponta (Silva, 2024).

> "Na análise financeira inicial, que levou em conta os custos de implementação e operação do sistema fotovoltaico e das baterias, além dos custos fixos e economias com a concessionária, a viabilidade econômica dos sistemas mostrou-se desafiadora, principalmente devido ao alto custo das baterias e à depreciação do sistema ao longo do tempo. [...] Quando as baterias foram analisadas isoladamente, nenhum dos projetos demonstrou viabilidade econômica, sugerindo que a instalação de baterias por si só não justifica o custo em relação à economia de energia durante o horário de ponta. [...] A pequena diferença entre as tarifas de energia ponta e fora de ponta também não contribui para a viabilidade desse tipo de projeto." (Silva, 2024)

Atualmente, não há uma regulamentação definitiva sobre o uso comercial de sistemas de armazenamento no Brasil, o que inibe investimentos privados. A Agência Nacional de Energia Elétrica iniciou, em 2024, uma consulta pública visando definir regras para a atuação dos sistemas de armazenamento no setor, indicando uma tendência de abertura do mercado para essas tecnologias (MAYER BROWN, 2024).

Enquanto o Brasil ainda estrutura suas diretrizes, outros países já avançam significativamente. Estima-se que os investimentos globais em armazenamento de energia devem alcançar US$ 350 bilhões até 2030 (ABSOLAR, 2025).

Na Europa, por exemplo, a Alemanha tem utilizado baterias em escala residencial e de rede para estabilização da produção solar, e os Estados Unidos têm promovido leilões específicos para soluções de armazenamento em sua matriz elétrica (WEHRMANN, 2024).

No Brasil, o potencial de aplicação das baterias se estende por diversos cenários. Na geração distribuída, elas permitem o aproveitamento da energia solar durante a noite, reduzindo a dependência da rede e agregando valor à autogeração.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 INTRODUÇÃO AOS RESULTADOS

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a análise dos dados obtidos ao longo da pesquisa, com foco na verificação das hipóteses propostas inicialmente. A análise foi realizada de forma quantitativa, com apoio em dados disponibilizados, notas oficiais, relatórios e matérias publicadas que evidenciam os impactos concretos do corte de geração no setor energético brasileiro.

Os dados foram interpretados a partir de uma abordagem dedutiva, partindo das hipóteses gerais formuladas no início do estudo para verificar sua validade com base em evidências empíricas.

As hipóteses foram estruturadas da seguinte forma:

- Hipótese 1: O corte de geração reduz o interesse de investidores no setor de energia renovável;
- Hipótese 2: O corte de geração impulsiona mudanças na regulação e na operação do mercado de energia;
- Hipótese 3: O corte de geração incentiva a adoção de sistemas de armazenamento de energia.

Para cada uma delas, foram reunidos dados que possibilitam não apenas avaliar a validade da hipótese, mas também compreender os desdobramentos econômicos, sociais e tecnológicos associados. Essa organização permitiu uma análise objetiva e coesa, que busca não apenas responder às perguntas de pesquisa, mas também contribuir para uma visão crítica e integrada sobre os desafios e perspectivas do setor elétrico brasileiro em meio à transição energética.

4.2 ANÁLISE DA PRIMEIRA HIPÓTESE

Hipótese 1: *O corte de geração reduz o interesse de investidores no setor de energia renovável.*

Os dados coletados revelam que o corte de geração tem provocado um efeito direto sobre o interesse dos investidores no setor de energia renovável no Brasil. Diversas fontes apontam perdas financeiras expressivas associadas à redução forçada da geração em usinas eólicas e solares.

É evidente que o corte de geração compromete diretamente a viabilidade financeira de novos projetos, sobretudo nas regiões mais afetadas, como o Nordeste. Os impactos do corte de geração sobre o interesse dos investidores são visíveis no adiamento ou cancelamento de projetos, além da retração nos aportes de capital no setor.

A crescente imprevisibilidade operacional, combinada à ausência de mecanismos eficazes de compensação pelas perdas, tem gerado insegurança jurídica e econômica. Isso leva investidores a exigir garantias mais robustas, encarecendo os projetos e tornando-os menos competitivos.

Essa situação também afeta a indústria nacional. O fechamento de fábricas de equipamentos renováveis é um reflexo indireto dessa insegurança. O declínio da demanda por novos empreendimentos desacelera a produção de componentes e desestrutura cadeias produtivas locais. O resultado é um ciclo de desestímulo que afeta tanto o ambiente de negócios quanto a expansão sustentável da matriz energética nacional.

Apesar de os dados evidenciarem uma relação clara entre o corte de geração e a redução do apetite dos investidores, é necessário considerar outros fatores que também influenciam esse comportamento. O ambiente macroeconômico brasileiro tem apresentado desafios adicionais, como a alta volatilidade cambial, o aumento das taxas de juros e a insegurança jurídica relacionada à tributação e às mudanças regulatórias constantes.

A eliminação do desconto na Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (TUST) para novos projetos eólicos no mercado livre, por exemplo, elevou o custo operacional desses empreendimentos, tornando-os menos atraentes. Além disso, a maturidade de certos segmentos do mercado também contribui para a desaceleração nos investimentos, uma vez que parte da demanda já está suprida e a expansão depende de novos estímulos.

Portanto, embora o corte de geração seja um fator central para a retração no interesse dos investidores, ele atua em conjunto com outras variáveis estruturais e conjunturais. A resolução dessa problemática exige um conjunto articulado de medidas: desde o aprimoramento da infraestrutura de transmissão até a oferta de um ambiente regulatório estável e previsível.

4.3 ANÁLISE DA SEGUNDA HIPÓTESE

Hipótese 2*: O corte de geração impulsiona mudanças na regulação e na operação do mercado de energia.*

Os dados apresentados ao longo desta pesquisa confirmam que o crescimento dos episódios de corte de geração tem provocado reações significativas tanto no campo regulatório quanto na operação do sistema elétrico brasileiro. Um exemplo concreto disso é a publicação da Resolução Normativa nº 1.030/2022 da ANEEL, que passou a regulamentar os tipos de corte de geração, incluindo o do tipo ENE (por razões energéticas), em que os geradores não recebem ressarcimento pela energia cortada. Esse marco regulatório reflete um esforço institucional para organizar e padronizar a prática, buscando maior previsibilidade e estabilidade no setor.

Do ponto de vista operacional, também foram identificadas mudanças estruturais promovidas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico. A implementação de novas linhas de transmissão, foi uma resposta clara à sobrecarga da rede no Nordeste, onde o corte de geração atinge os níveis mais críticos.

Além disso, houve a adoção de compensadores síncronos em estados, com o objetivo de estabilizar a frequência e a tensão da rede elétrica, aumentando a capacidade de absorção da energia gerada por fontes intermitentes.

Paralelamente, foi criado um grupo de trabalho interinstitucional. A finalidade desse grupo é formular estratégias de longo prazo para mitigar os efeitos do corte de geração, promovendo soluções integradas entre regulação, operação e planejamento do sistema.

Os dados evidenciam que as políticas públicas e os marcos regulatórios do setor elétrico estão sendo moldados, em grande parte, como resposta à intensificação do corte de geração. A crescente penetração de fontes renováveis variáveis exigiu do Estado brasileiro uma adaptação regulatória, operativa e estrutural para evitar o desperdício de energia e os prejuízos financeiros já observados.

Embora as evidências indiquem que o corte de geração tem sido um catalisador direto para algumas mudanças regulatórias e operacionais, é necessário considerar que outras variáveis também contribuíram para essas transformações.

A expansão da matriz renovável por si só já demanda reestruturações no sistema de transmissão e atualização dos marcos legais. Outro fator relevante é a pressão econômica e setorial. O setor privado, especialmente por meio de associações como a ABSOLAR e a ABEEólica, tem atuado fortemente junto ao poder público, demandando medidas para evitar

perdas bilionárias. Assim, pode-se afirmar que as mudanças regulatórias são resultado de uma combinação de pressões: a crescente incidência do corte de geração, a pressão do mercado e a necessidade de modernização do sistema elétrico.

Portanto, embora o corte de geração seja um fator determinante, ele atua em conjunto com outras forças que também impulsionam mudanças na regulação e operação do setor energético brasileiro.

4.4 ANÁLISE DA TERCEIRA HIPÓTESE

Hipótese 3: *O corte de geração incentiva a adoção de sistemas de armazenamento de energia.*

A análise dos dados demonstra que, diante dos impactos recorrentes do corte de geração, o setor elétrico brasileiro passou a considerar soluções alternativas para mitigar as perdas, entre elas a adoção de sistemas de armazenamento de energia. Embora ainda em estágio inicial no Brasil, essa tecnologia tem sido cada vez mais debatida como resposta estratégica para os efeitos da geração intermitente e dos cortes forçados em fontes renováveis.

Os dados analisados confirmam uma correlação entre o aumento dos episódios de corte de geração e o interesse crescente na inovação tecnológica voltada ao armazenamento de energia. Ainda que não haja, até o momento, uma adoção em escala significativa no Brasil, o tema passou a ocupar espaço estratégico nas pautas e projeções de investimentos futuros.

Essa tendência é reforçada por iniciativas regulatórias que começaram a abrir espaço para projetos híbridos, os quais combinam geração renovável com armazenamento. Além disso, o armazenamento tem sido apontado como um componente essencial para viabilizar a gestão mais flexível da produção intermitente, permitindo que a energia gerada durante picos de oferta seja armazenada e utilizada nos momentos de maior demanda ou restrição de rede.

Apesar do avanço das discussões e do reconhecimento da importância do armazenamento, sua adoção em larga escala enfrenta desafios significativos. O primeiro deles é o alto custo das tecnologias atualmente disponíveis, o que limita a competitividade dos projetos frente a outras soluções.

Um desafio é a complexidade operacional dos sistemas de armazenamento, que exigem um redesenho das estratégias de despacho energético, controle da rede e tarifação. Sem uma política pública clara e uma articulação entre geração, distribuição e regulação, a integração do armazenamento tende a ocorrer de forma lenta e fragmentada.

Assim, embora a hipótese de que o corte de geração incentiva a adoção de sistemas de armazenamento de energia possa ser considerada parcialmente confirmada, os dados indicam

que ainda há um longo caminho para que essa tendência se concretize em soluções efetivas no cenário brasileiro.

O potencial existe, o incentivo conceitual está estabelecido, mas a implementação prática depende de uma combinação de vontade política, investimento público e privado, além de marcos regulatórios consistentes.

4.5 PERSPECTIVAS FUTURAS

Com base nos dados coletados e analisados, pode-se afirmar que as hipóteses levantadas foram em sua maioria válidas, demonstrando que o corte de geração atua não apenas como uma limitação técnica, mas como um elemento transformador do setor energético brasileiro. Suas consequências afetam diretamente o ambiente de negócios, a formulação de políticas públicas, a operação do sistema elétrico e a própria transição energética.

Diante disso, as perspectivas futuras do mercado de energia no Brasil dependerão da capacidade do país em superar os desafios estruturais que dificultam a plena integração das fontes renováveis.

O investimento em infraestrutura de transmissão, o aprimoramento da regulação e o estímulo à inovação tecnológica serão essenciais para garantir segurança, estabilidade e competitividade ao setor.

Além disso, surgem novas frentes de pesquisa que podem aprofundar o debate sobre o corte de geração e seus efeitos no contexto brasileiro. Entre os temas relevantes para investigações futuras, destacam-se: a análise econômica da viabilidade dos sistemas de armazenamento de energia; estudos comparativos sobre políticas de corte de geração adotadas em outros países; a avaliação da eficiência de modelos híbridos de geração; e projeções sobre os impactos tarifários de longo prazo causados pelos cortes na geração.

Essas abordagens complementares podem contribuir significativamente para a construção de um modelo energético mais resiliente, justo e sustentável, alinhado aos compromissos ambientais e sociais assumidos pelo Brasil no cenário global.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do tema deste trabalho justifica-se pela crescente participação das fontes renováveis na matriz elétrica brasileira, e como consequência, o desafio da gestão entre geração e demanda. Entre esses desafios, destaca-se o corte de geração. Embora necessário em certos contextos, o corte de geração acarreta perdas econômicas, sociais e ambientais que comprometem a expansão sustentável do setor. Assim, o estudo se justifica por buscar compreender e explicitar essas consequências.

A relevância deste estudo está, portanto, na sua capacidade de dialogar com um tema emergente no setor elétrico brasileiro, que impacta diretamente a atratividade de investimentos em fontes renováveis, a estabilidade regulatória e o direito ao acesso equitativo à energia. Ao analisar o corte de geração, o trabalho contribui para o debate sobre os limites e contradições da transição energética no Brasil, ao mesmo tempo que aponta caminhos para mitigar os seus efeitos negativos.

Os objetivos da pesquisa foram estruturados em torno da análise dos impactos do corte de geração sobre o setor elétrico nacional. A partir disso, três hipóteses foram formuladas: a primeira propunha que o corte de geração reduz o interesse de investidores no setor de energia renovável; a segunda, que essa prática impulsiona mudanças na regulação e na operação do mercado; e a terceira, que ela incentiva a adoção de sistemas de armazenamento de energia como forma de mitigação.

A análise dos dados obtidos confirmou as duas primeiras hipóteses e indicou que a terceira está em curso, ainda que sua materialização dependa da superação de obstáculos econômicos e regulatórios.

A resposta ao problema de pesquisa — ou seja, compreender como o corte de geração afeta o setor elétrico brasileiro — evidenciou que essa prática, embora tecnicamente necessária para o equilíbrio da rede, tem gerado efeitos colaterais importantes. Do ponto de vista econômico, compromete a viabilidade de projetos renováveis e afeta o fluxo de caixa de geradoras, tornando o ambiente de negócios menos atrativo. Socialmente, os cortes contribuem, mesmo que de forma indireta, para a manutenção da desigualdade social no acesso à energia.

Já no campo regulatório, provocam reações por parte dos órgãos setoriais, que buscam responder ao problema por meio da normatização da prática e da expansão da infraestrutura de transmissão. Ainda que medidas estejam sendo adotadas, o problema permanece como um entrave para a consolidação de uma matriz elétrica estável, inclusiva e de baixa emissão.

Em relação às limitações metodológicas, a pesquisa adotou a abordagem de pesquisa bibliográfica, o que permitiu mapear o fenômeno com base em fontes secundárias, como relatórios, estudos técnicos, dados de agências reguladoras e notícias do setor. No entanto, essa escolha metodológica restringe a possibilidade de aprofundamento em aspectos mais diretos, como a percepção de atores envolvidos (investidores, operadores, comunidades afetadas) e a quantificação precisa de perdas sociais e ambientais. Além disso, a dependência de dados já publicados pode limitar a atualização e a representatividade dos resultados.

Diante disso, recomenda-se que trabalhos futuros avancem em diferentes direções. Estudos de caso com coleta de dados primários em regiões afetadas pelo corte de geração, por exemplo, podem oferecer um olhar mais detalhado sobre os impactos socioeconômicos locais. Pesquisas que simulem diferentes cenários tarifários, considerando a evolução da infraestrutura e a adoção de tecnologias de armazenamento, também seriam relevantes. Além disso, comparações internacionais com países que enfrentam o mesmo problema podem gerar aprendizados importantes para o Brasil.

Em suma, este estudo evidencia que o corte de geração é mais do que uma medida técnica: trata-se de um fenômeno com profundas implicações econômicas, sociais e políticas. Enfrentá-lo requer uma abordagem sistêmica e integrada, que envolva o fortalecimento da regulação, o investimento em infraestrutura e o incentivo à inovação tecnológica. O futuro da matriz energética brasileira depende, em grande medida, da capacidade de o país equilibrar segurança, sustentabilidade e equidade em sua trajetória de transição.

6 REFERÊNCIAS

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **ABSOLAR cobra urgência no ressarcimento de passivo bilionário por cortes de geração solar**. 2025. Disponível em: https://www.absolar.org.br/noticia/https-tsen-com-br-absolar-cobra-urgencia-no-ressarcimento-de-passivo-bilionario-por-cortes-de-geracao-solar. Acesso em: 16 abr. 2025.

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia limpa no Brasil termina 2024 com saldo positivo, e setor descarta efeito Trump para 2025**. 2025. Disponível em: https://www.absolar.org.br/noticia/https-www1-folha-uol-com-br-mercado-2025-01-energia-limpa-no-brasil-termina-2024-com-saldo-positivo-e-setor-descarta-efeito-trump-para-2025-shtml. Acesso em: 28 mar. 2025.

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia solar supera eólica e vira 2ª maior fonte do país: veja desafios para 2023**. 2023. Disponível em: https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-supera-eolica-e-vira-2a-maior-fonte-do-pais-veja-desafios-para-2023/. Acesso em: 11 fev. 2025.

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Mercado de Armazenamento de Energia no Brasil: Novas Projeções e Oportunidades para Investidores**. São Paulo, 10 fev. 2025. Disponível em: https://www.absolar.org.br/noticia/https-cenarioenergia-com-br-2025-02-10-mercado-de-armazenamento-de-energia-no-brasil-novas-projecoes-e-oportunidades-para-investidores/. Acesso em: 20 abr. 2025.

ACENDE BRASIL. **Crise do curtailment: desafios e soluções**. Disponível em: https://acendebrasil.com.br/artigo/crise-do-curtailment-desafios-e-solucoes/. Acesso em: 3 abr. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Matriz elétrica teve aumento de 10,9 GW em 2024, maior expansão da série histórica**. 10 jan. 2025. Disponível em:

https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2025/matriz-eletrica-teve-aumento-de-10-9-gw-em-2024-maior-expansao-da-serie-historica. Acesso em: 14 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 1.030, de 2022**. Regulamenta o curtailment no sistema elétrico brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2022. Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20221030.pdf Acesso em: 28 mar. 2025.

ALAM, Md. Shafiul et al. High-level penetration of renewable energy sources into grid utility: Challenges and solutions. **IEEE Access**, Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/9224611. Acesso em: 11 maio 2025.

AQUINO, Sara. Crise da energia renovável no Brasil: cortes de geração prejudicam usinas solares e eólicas no Ceará. **Click Petróleo e Gás**, 28 abr. 2025. Disponível em: https://clickpetroleoegas.com.br/a-crise-da-energia-renovavel-no-brasil-cortes-de-geracao-prejudicam-usinas-solares-e-eolicas-no-ceara. Acesso em: 29 fev. 2025.

ARANDANET. **Curtailments em solar e eólica somam 400 mil horas em 2024**. **Fotovolt**, 2024. Disponível em: https://www.arandanet.com.br/revista/fotovolt/noticia/10427-Curtailments-em-solar-e-eolica-somam-400-mil-horas-em-2024-.html. Acesso em: 1 abr. 2025.

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **ABSOLAR cobra urgência no ressarcimento de passivo bilionário por cortes de geração solar**. 2025. Disponível em: https://www.absolar.org.br/noticia/https-tsen-com-br-absolar-cobra-urgencia-no-ressarcimento-de-passivo-bilionario-por-cortes-de-geracao-solar. Acesso em: 16 abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia limpa no Brasil termina 2024 com saldo positivo, e setor descarta efeito Trump para 2025**. 2025. Disponível em: https://www.absolar.org.br/noticia/https-www1-folha-uol-com-br-mercado-2025-01-energia-limpa-no-brasil-termina-2024-com-saldo-positivo-e-setor-descarta-efeito-trump-para-2025-shtml. Acesso em: 28 mar. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia solar supera eólica e vira 2ª maior fonte do país: veja desafios para 2023**. 2023. Disponível em: https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-supera-eolica-e-vira-2a-maior-fonte-do-pais-veja-desafios-para-2023/. Acesso em: 11 fev. 2025.

AUSTRALIAN ENERGY MARKET OPERATOR (AEMO). **Integrated System Plan 2021**. Melbourne: AEMO, 2021. Disponível em: https://aemo.com.au/en/energy-systems/integrated-system-plan-isp/isp-2021. Acesso em: 12 maio 2025.

BAHIA ECONÔMICA. **Nordeste amplia oferta de energia renovável com novas linhas de transmissão**. 22 out. 2024. Disponível em: https://bahiaeconomica.com.br/wp/2024/10/22/nordeste-amplia-oferta-de-energia-renovavel-com-novas-linhas-de-transmissa/. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL ENERGIA. **Fatores de competitividade de um projeto de usina eólica onshore**. **Brasil Energia**, 2023. Disponível em: https://brasilenergia.com.br/fatores-de-competitividade-de-um-projeto-de-usina-eolica-onshore/. Acesso em: 2 abr. 2025.

CANAL SOLAR. **Grupo de trabalho discute curtailment em solar e eólica**. Disponível em: https://canalsolar.com.br/grupo-de-trabalho-curtailment-solar-eolica/. Acesso em: 27 mar. 2025.

CANAL SOLAR. **ISA CTEEP cria 1º projeto de armazenamento em larga escala do Brasil**. **Canal Solar**, 10 jan. 2022. Disponível em: https://canalsolar.com.br/isa-cteep-cria-1o-projeto-de-armazenamento-em-larga-escala-do-brasil/. Acesso em: 8 abr. 2025.

CANAL SOLAR. **Primeiro sistema de baterias em larga escala do Brasil entra em operação**. **Canal Solar**, 4 out. 2022. Disponível em: https://canalsolar.com.br/primeiro-sistema-de-baterias-em-larga-escala-do-brasil-entra-em-operacao/. Acesso em: 8 abr. 2025.

CANALENERGIA. **EPE não vê viabilidade econômica para baterias no horizonte decenal**. **CanalEnergia**, 18 jan. 2024. Disponível em: https://www.canalenergia.com.br/noticias/53146702/epe-nao-ve-viabilidade-economica-para-baterias-no-horizonte-decenal. Acesso em: 5 abr. 2025.

CENÁRIO ENERGIA. **Crise energética: governo desativa usinas renováveis no Nordeste e setor vai à Justiça**. 21 fev. 2025. Disponível em: https://cenarioenergia.com.br/2025/02/21/crise-energetica-governo-desativa-usinas-renovaveis-no-nordeste-e-setor-vai-a-justica/. Acesso em: 28 mar. 2025.

CLIMATE POLICY INITIATIVE. **A transição energética na Amazônia Legal**. 2023. Disponível em: https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/publication/a-transicao-energetica-na-amazonia-legal/. Acesso em: 9 abr. 2025.

CLIMATE TRACKER LATAM. **A falta de linhas de transmissão põe em espera projetos de energia eólica e solar no Brasil**. Disponível em: https://climatetrackerlatam.org/historias/a-falta-de-linhas-de-transmissao-poe-em-espera-projetos-de-energia-eolica-e-solar-no-brasil/? Acesso em: 14 abr. 2025.

CNN BRASIL. **CPFL Energia registra lucro líquido de R$ 1,57 bi no 4º tri**. 2024. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/economia/negocios/cpfl-energia-registra-lucro-liquido-de-r-157-bi-no-4o-tri/. Acesso em: 17 abr. 2025.

CPFL ENERGIA. **Armazenamento de energia**. Grupo CPFL, 2023. Disponível em: https://www.grupocpfl.com.br/inovacao/armazenamento-de-energia. Acesso em: 17 abr. 2025.

CTS ADVOGADOS. **Insegurança jurídica e tributação no setor eólico**. **CTS Advogados**, 2023. Disponível em: https://ctsadv.com.br/energia-renovavel/inseguranca-juridica-tributacao-setor-eolico/. Acesso em: 6 abr. 2025.

EIXOS. **Cortes de geração solar e eólica chegaram a 400 mil horas em 2024, aponta Volt Robotics**. Disponível em: https://eixos.com.br/energias-renovaveis/cortes-de-geracao-solar-e-eolica-chegaram-a-400-mil-horas-em-2024-aponta-volt-robotics/. Acesso em: 28 mar. 2025.

EIXOS. **Ressarcimento por cortes de geração (curtailment) teria impacto de 0,38% nas tarifas, afirma Abeeólica**. 2024. Disponível em: https://eixos.com.br/energia-eletrica/ressarcimento-por-cortes-de-geracao-curtailment-teria-impacto-de-038-nas-tarifas-afirma-abeeolica/. Acesso em: 18 abr. 2025.

ELECTRA ENERGY. **Regulação do armazenamento de energia deverá ficar para 2024, aponta diretor da Aneel**. **Electra Energy**, 6 out. 2023. Disponível em: https://electraenergy.com.br/regulacao-do-armazenamento-de-energia-devera-ficar-para-2024-aponta-diretor-da-aneel/. Acesso em: 17 abr. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional 2023: Ano base 2022**. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023. Acesso em: 20 fev. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional 2024: Ano base 2023**. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-723/BEN2024.pdf Acesso em: 9 maio 2025.

FITCH RATINGS. **Impact of Curtailment is Limited at Corporate Level**. 5 fev. 2025. Disponível em: https://www.fitchratings.com/research/pt/corporate-finance/impact-of-curtailment-is-limited-at-corporate-level-05-02-2025. Acesso em: 16 abr. 2025.

FOLHA DE S.PAULO. **Sobreoferta de energias renováveis pode demandar cortes em geração distribuída, alerta ONS**. 23 out. 2024. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2024/10/sobreoferta-de-energias-renovaveis-pode-demandar-cortes-em-geracao-distribuida-alerta-ons.shtml. Acesso em: 18 abr. 2025.

GREENTECHLEAD. **Energia renovável no Brasil enfrenta desafios de rentabilidade devido a restrições na rede elétrica**. 23 ago. 2024. Disponível em: https://greentechlead.com/renewable-energy/renewable-energy-in-brazil-faces-profitability-challenges-due-to-grid-constraints-47552. Acesso em: 10 fev. 2025.

IGLESIAS, Francisco. **A Revolução Industrial**. São Paulo: Ática, 1981.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Renewable Capacity Statistics 2024**. Abu Dhabi: IRENA, 2024. Disponível em:

https://www.irena.org/publications/2024/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2024. Acesso em: 19 fev. 2025.

MOREIRA, Helena Margarido; GIOMETTI, Analúcia Bueno dos Reis. Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, v. 30, n. 1, p. 13–50, jan./abr. 2008. Disponível em: SciELO Brasil. Acesso em: 23 fev. 2025.

ISTO É DINHEIRO. **GE VERNOVA fecha fábrica em Pernambuco e desligará 1.000 funcionários**, 2024. Disponível em: https://istoedinheiro.com.br/ge-vernova-fecha-fabrica-em-pernambuco-e-desligara-1-000-funcionarios/. Acesso em: 8 abr. 2025.

MOVIMENTO ECONÔMICO. **Nordeste concentrou 75% das interrupções de energia em 2024**. 27 fev. 2025. Disponível em: https://movimentoeconomico.com.br/economia/energia/2025/02/27/nordeste-concentrou-75-das-interrupcoes-de-energia-em-2024/. Acesso em: 11 abr. 2025.

NEOENERGIA. **Como funciona o sistema de transmissão no Brasil**. 2021. Disponível em: https://www.neoenergia.com/w/como-funcionao-sistema-de-transmissao-no-brasil. Acesso em: 28 fev. 2025.

O GLOBO. **Eólicas e solares projetam queda de investimentos no Brasil**. **O Globo**, 2 jan. 2025. Disponível em: https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2025/01/02/energia-eolicas-e-solares-projetam-queda-de-investimentos-no-brasil.ghtml. Acesso em: 6 abr. 2025.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Curtailment em geração renovável: ONS apresenta dados e medidas para mitigação**. Disponível em: https://www.ons.org.br/Paginas/Noticias/details.aspx?i=11247. Acesso em: 10 abr. 2025.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Matriz elétrica brasileira: panorama atual e projeções**. Brasília, 2024. Disponível em: https://www.ons.org.br/relatorio_anual/index.html. Acesso em: 28 fev. 2025.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Relatório Anual 2023**. Rio de Janeiro: ONS, 2023. Disponível em: https://www.ons.org.br. Acesso em: 27 mar. 2025.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Relatório Anual 2023**. 2024. Disponível em: https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/sistemas-isolados. Acesso em: 11 abr. 2025.

PV MAGAZINE BRASIL. **Três aplicações para as baterias "atrás do medidor"**. **PV Magazine Brasil**, 26 jun. 2024. Disponível em: https://www.pv-magazine-brasil.com/2024/06/26/tres-aplicacoes-para-as-baterias-atras-do-medidor/. Acesso em: 19 abr. 2025.

REUTERS. **Cortes de energia renovável no Brasil impõem prejuízos e desestimulam investimento**. **UOL Economia**, 21 ago. 2024. Disponível em: https://economia.uol.com.br/noticias/reuters/2024/08/21/cortes-de-energia-renovavel-no-brasil-impoem-prejuizos-e-desestimulam-investimento.htm. Acesso em: 4 abr. 2025.

RUGONI, Pâmela. **Os impactos financeiros do curtailment**. **Way2**, 22 jan. 2024. Disponível em: https://www.way2.com.br/blog/impactos-financeiros-do-curtailment. Acesso em: 17 mar. 2025.

SCIENTIFIC AMERICAN. **The discovery of global warming**. Disponível em: https://www.scientificamerican.com/article/discovery-of-global-warming/. Acesso em: 25 fev. 2025.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cortez, 2007.

SIEMENS suspenderá atividades na unidade de Camaçari. **A Tarde**, 2024. Disponível em: https://atarde.com.br/bahia/atividades-na-unidade-da-siemens-em-camacari-serao-suspensas-1222665. Acesso em: 10 abr. 2025.

SILVA, Guilherme Winter da. **Análise de viabilidade da integração de sistemas fotovoltaicos com armazenamento de energia em diferentes regiões do Brasil**. 2024. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Energia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

SYNERTICS. **Curtailment of Solar and Wind Energy in Germany during Redispatching**. **Synertics**, 2023. Disponível em: https://synertics.io/blog/142/curtailment-of-solar-and-wind-energy-in-germany-during-redispatching. Acesso em: 17 mar. 2025.

VOLKWEIS, João Pedro. **Análise da viabilidade econômica da substituição de um sistema de geração a diesel por um sistema de armazenamento de energia via baterias em uma microrrede**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2021.

WEART, Spencer R. **The discovery of global warming**. Cambridge: Harvard University Press, 2008.

WEHRMANN, Benjamin. **Solar power in Germany – output, business & perspectives**. **Clean Energy Wire**, 23 fev. 2024. Disponível em: https://www.cleanenergywire.org/factsheets/solar-power-germany-output-business-perspectives. Acesso em: 20 abr. 2025.

YANASSE, Débora; RIBEIRO, Julia Braga; NUNES, Carolina. ANEEL inicia consulta pública para regulamentação de armazenamento de energia no Brasil. **Mayer Brown**, 18 dez. 2024. Disponível em: https://www.mayerbrown.com/pt/insights/publications/2024/12/aneel-inicia-consulta-publica-para-regulamentacao-de-armazenamento-de-energia-no-brasil? Acesso em: 19 abr. 2025.