



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

GESTÃO DE RISCOS NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA: UMA ANÁLISE DO CENÁRIO BRASILEIRO

Hugo Pimentel Tavares

Universidade Federal Fluminense - Volta Redonda (hugot@id.uff.br)

Henrique Martins Rocha

Universidade Federal Fluminense - Volta Redonda (henriquer@id.uff.br)

Eliane da Silva Christo

Universidade Federal Fluminense - Volta Redonda (elianechristo@id.uff.br)

Resumo

Este artigo analisa os riscos associados à geração distribuída (GD) no Brasil, combinando revisão de literatura, análise legislativa e ferramentas de gestão de risco. As metodologias utilizadas, como FMEA, SWOT e BowTie, ajudam a identificar e priorizar riscos, enquanto o brainstorming promove soluções inovadoras. Os principais riscos incluem complexidade regulatória, integração com a infraestrutura elétrica e conflitos de interesse. O estudo discute o impacto das leis recentes e possíveis mudanças regulatórias, oferecendo estratégias para que investidores mitiguem, transfiram, aceitem ou evitem riscos.

Palavras-chave: Geração Distribuída (GD), Riscos Regulatórios, Lei 14.300/2022, Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), Gestão de Riscos.

Abstract

This paper examines the risks associated with distributed generation (DG) in Brazil by integrating a literature review, legislative analysis, and risk management tools. Methodologies such as Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), SWOT analysis, and BowTie are employed to identify and prioritize risks, while brainstorming fosters innovative solutions. Key risks include regulatory complexity, integration with existing electrical infrastructure, and conflicts of interest. The study evaluates the impact of recent legislation and potential regulatory changes, providing strategies for investors to mitigate, transfer, accept, or avoid identified risks.

Keywords: Distributed Generation, Regulatory Risks, Law 14.300/2022, Energy Compensation System (SCEE), Risk Management



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido por ter um dos custos de energia elétrica residencial mais elevados do mundo. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), em 2018, o país ocupava a segunda posição em termos de tarifas de energia elétrica, devido a fatores como altos custos de subsídios, furtos de energia e a necessidade de adaptação às mudanças climáticas e novas tecnologias (Cavalcanti et al., 2021).

Além dos fatores internos que impactam as tarifas de energia no Brasil, o cenário externo também exerce influência, com variáveis como o ritmo da inovação tecnológica, a estrutura política, o crescimento econômico e as flutuações nos preços do petróleo e gás. Essas condições tornam o processo de transição energética incerto, e as previsões sobre os picos de produção de petróleo, gás e carvão são voláteis (Zou et al., 2016) forçando o investimento em fontes alternativas de energia elétrica (Santos et al., 2021).

Para mitigar o impacto das flutuações nos preços dos hidrocarbonetos, especialmente devido a conflitos no Oriente Médio, uma região chave na produção de petróleo, o governo brasileiro adotou a instalação de sistemas fotovoltaicos centralizados. Essa iniciativa começou em 2001, impulsionada pela crise hidrelétrica daquele ano e pela criação do PROINFA, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, que busca diversificar a matriz energética do país por meio do estímulo a fontes renováveis (Santos et al., 2021).

Os consumidores residenciais no Brasil enfrentam o desafio do alto custo da energia elétrica. De acordo com uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (ABRACEEL) em parceria com o Ibope, em agosto de 2019, 64% dos consumidores fazem esforços para economizar energia, 87% consideram os gastos com energia elevados, e muitos destinam cerca de 20% do salário mínimo ao pagamento das contas de energia, que podem aumentar ainda mais durante o verão devido ao uso de aparelhos de ar-condicionado. A Resolução Normativa 482 de 2012 oferece uma solução ao incentivar a geração distribuída, permitindo que consumidores finais se conectem à rede nacional (Lazaro e Soares, 2024), oferecendo aos consumidores residenciais a opção de investir em geração de energia fotovoltaica em suas próprias residências.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

A geração distribuída (GD) de energia no Brasil é uma alternativa promissora para reduzir custos energéticos e aumentar a sustentabilidade. No entanto, o setor enfrenta desafios significativos que exigem estratégias robustas de gestão de riscos. Entre os principais desafios estão as incertezas financeiras devido aos altos custos iniciais de investimento e à volatilidade dos preços de energia, riscos regulatórios decorrentes de políticas e tarifas em constante mudança, e desafios técnicos na integração e manutenção de tecnologias avançadas. Esses riscos são críticos, pois podem desestimular investimentos, desorganizar o planejamento e afetar a confiabilidade dos sistemas de energia (Santos et al., 2021). Apesar da alta disponibilidade e baixas emissões, a energia solar enfrenta barreiras no Brasil, como a falta de incentivos tecnológicos e econômicos, mas oferece um potencial significativo para mitigar o aquecimento global e reduzir custos para os consumidores (Saccardo et al., 2023).

Este artigo está estruturado em várias seções para facilitar a compreensão dos temas abordados. Após a introdução, a seção de Objetivos detalha as metas do estudo, focando nos riscos e estratégias de mitigação na geração distribuída (GD) de energia no Brasil. Em seguida, a Fundamentação Teórica apresenta as bases conceituais e metodológicas utilizadas, incluindo técnicas de gestão de riscos como SWOT, BowTie, FMEA, e STPA. A Revisão da Literatura explora estudos anteriores sobre GD, destacando desafios e oportunidades. A Metodologia descreve os métodos de pesquisa adotados para a análise dos riscos associados à GD, incluindo a comparação das ferramentas FMEA, BowTie, e SWOT com a STPA. A seção de Compilação e Análise dos Resultados discute os achados obtidos com as ferramentas de gestão de risco, enquanto a Conclusão sintetiza os principais dados e propõe direções para pesquisas futuras.

2. OBJETIVOS

A GD se apresenta como uma solução viável para enfrentar os altos custos das tarifas elétricas, além de proporcionar vantagens como a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, aumento da eficiência energética e fortalecimento da resiliência da rede elétrica. Contudo, a implementação e expansão da GD envolvem riscos significativos que devem ser geridos com cuidado para assegurar seu sucesso e sustentabilidade (Cavalcanti et al., 2021).

O principal objetivo deste artigo é examinar os riscos que os investidores enfrentam na geração distribuída de energia no Brasil, com o propósito de identificar e sugerir estratégias de



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

mitigação. Inicialmente, o estudo busca avaliar o impacto das regulamentações vigentes, como a Lei nº 14.300/2022, na viabilidade econômica e operacional da GD. Compreender como essas regulamentações influenciam investidores e consumidores é essencial para identificar barreiras e oportunidades no setor.

Além disso, o estudo visa mapear os principais riscos que afetam a adoção e expansão da GD no Brasil, incluindo riscos regulatórios, técnicos, financeiros e ambientais, que podem representar desafios significativos para a implementação eficaz da GD. Identificar esses riscos é crucial para desenvolver estratégias de mitigação adequadas. Com base na identificação dos riscos, "o artigo propõe o desenvolvimento de estratégias de gestão de risco que possam ser adotadas por investidores, visando minimizar os impactos negativos e promover um ambiente mais seguro e previsível para o desenvolvimento da GD e para investidores interessados em instalações residenciais ou comerciais.

Outro objetivo é investigar como a GD pode ser integrada de forma sustentável na matriz energética brasileira, promovendo a eficiência energética e a redução de emissões de gases de efeito estufa, contribuindo assim para a sustentabilidade energética do país.

Finalmente, o artigo busca facilitar a tomada de decisão, fornecendo informações e análises que ajudem investidores, formuladores de políticas e outros stakeholders a tomar decisões mais assertivas sobre investimentos e políticas relacionadas à GD. Ao atingir esses objetivos, o estudo pretende não apenas esclarecer os desafios enfrentados pela GD no Brasil, mas também oferecer soluções práticas que possam contribuir para um futuro energético mais sustentável e resiliente.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A gestão de riscos é um componente vital para entender e lidar com incertezas que podem impactar decisões organizacionais. A norma ABNT NBR ISO 31000 fornece diretrizes para gerenciar riscos de maneira eficaz, estabelecendo um processo que ajuda a identificar, analisar e modificar riscos conforme necessário, com base em critérios predefinidos.

O processo de gestão de riscos inclui a definição do contexto, avaliação e tratamento dos riscos, além de monitoramento contínuo, análise crítica, comunicação e registro. No contexto da ABNT NBR ISO 31000, a avaliação de riscos envolve identificar, analisar e avaliar



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

os riscos, permitindo conclusões sobre sua importância em relação aos objetivos organizacionais. Este processo fornece informações essenciais para decidir sobre a necessidade de tratamento dos riscos, priorizando ações específicas para mitigá-los.

As técnicas de avaliação de riscos discutidas neste artigo são aplicáveis em várias situações na análise de riscos na GD, aprofundando o entendimento sobre riscos na gestão distribuída e facilitando a tomada de decisões. As técnicas estruturam informações para apoiar decisões em situações de incerteza, ajudando investidores a entender as implicações das premissas sobre o alcance dos objetivos, comparar opções e definir metas estratégicas e operacionais realistas. Além disso, essas técnicas são fundamentais para determinar os critérios de risco de uma organização, como limites de risco e apetite pelo risco.

As técnicas da NBR ISO 31000 também são úteis para reconhecer e entender riscos, incluindo aqueles com resultados extremos, e para explorar oportunidades com mais sucesso. A aplicação dessas técnicas permite articular os fatores que contribuem para o risco, identificar ações de tratamento eficazes e eficientes, e determinar o efeito modificador dos tratamentos propostos (Souza e Souza, 2020).

3.1- SWOT

A análise SWOT é uma ferramenta que avalia as Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças de uma organização, fundamentada na pesquisa de gestão estratégica, e considera que o desempenho de um agente depende da interação entre forças, fraquezas, ameaças e oportunidades.

No primeiro quadrante da análise SWOT, as forças (*Strengths*) referem-se às características internas da organização que lhe conferem uma vantagem competitiva. Em contraste, o segundo quadrante destaca as fraquezas (*Weaknesses*), que são os aspectos internos que colocam a organização em desvantagem em relação aos concorrentes. O terceiro quadrante aborda as oportunidades (*Opportunities*), representando fatores externos que a organização pode explorar para seu benefício. Por último, as ameaças (*Threats*) são fatores externos que podem prejudicar o desempenho da organização (Farrokhnia et al., 2024).

Segundo Bull et al. (2016), a análise SWOT é valiosa não apenas por destacar como os ambientes internos e externos de um agente interagem para afetar seu sucesso, mas também por



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

sua capacidade de ser usada no desenvolvimento e implementação de estratégias de longo prazo. Yanaze (2007) enfatiza que a identificação de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças resulta de uma análise combinada das condições internas e do ambiente de negócios.

3.2- Brainstorming

O brainstorming é uma técnica utilizada para estimular a geração de ideias em grupo sobre diversos tópicos. Para ser eficaz, é necessário um esforço consciente para usar as ideias dos outros como estímulo criativo, evitando críticas durante o processo. Um facilitador especializado é essencial para guiar a sessão e capturar as ideias para análise posterior.

O brainstorming pode ser estruturado, com tópicos divididos em seções e prompts preparados, ou não estruturado, mais informal. Em ambos os casos, o facilitador mantém o ritmo e pode redirecionar a discussão quando necessário, visando coletar o máximo de ideias diversas (Luko, 2014).

O brainstorming estimula a criatividade e a identificação de novos riscos e soluções. É particularmente útil na ausência de dados e quando há necessidade de novas tecnologias. Além disso, envolve stakeholders, melhorando a comunicação e o engajamento. Apesar de suas vantagens, o brainstorming apresenta algumas limitações, como a dificuldade em demonstrar que o processo foi abrangente e a tendência de grupos gerarem menos ideias do que indivíduos trabalhando sozinhos.

3.3- BowTie

A análise BowTie, de acordo com Voicu et al. (2018), é uma metodologia de avaliação de risco qualitativa que comunica efetivamente cenários de risco complexos em um formato gráfico fácil de entender. Ela mostra as relações entre as causas de eventos indesejados e o potencial de escalada para perdas e danos. O diagrama BowTie utiliza a árvore de falhas (FTA), que foi inventada em 1961 nos laboratórios Bell (De Ruijter e Guldenmund, 2016).

O FTA usa lógica booleana para construir uma árvore de possíveis caminhos de falha que levam a um único evento no topo, geralmente uma falha crítica ou perda de controle. As árvores de falhas são frequentemente usadas e, complementando a árvore de falhas, o método



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

da árvore de eventos geralmente representa o lado direito do bowtie (De Ruijter e Guldenmund, 2016).

No contexto dos investimentos em energia distribuída no Brasil, a análise BowTie é uma ferramenta utilizada para identificar e gerenciar riscos associados à geração de energia em pequena escala, próxima ao ponto de consumo. Esta abordagem enfrenta desafios relacionados à complexidade regulatória e à necessidade de integração com a infraestrutura elétrica existente. A análise BowTie permite que investidores e gestores de projetos mapeiem de forma clara e visual os riscos potenciais, desde as causas iniciais até as consequências finais. Isso facilita a compreensão dos cenários de risco e a identificação de barreiras preventivas e mitigadoras que podem ser implementadas para reduzir a probabilidade de falhas e minimizar impactos negativos.

3.4- FMEA

O método FMEA é amplamente utilizado para identificar e eliminar falhas potenciais ou conhecidas em um sistema, projeto ou processo, pois suporta a análise de risco e o desenvolvimento de ações preventivas e corretivas. De acordo com Magalhães e Lima Junior (2021), o FMEA é aplicado em três etapas: na primeira etapa, os especialistas identificam modos de falha potenciais e conhecidos, analisam e descrevem os efeitos desses modos de falha e, em seguida, discutem as causas prováveis e os meios existentes para detectar o modo de falha, se ocorrer.

Para cada modo de falha identificado, uma pontuação relacionada aos critérios deve ser atribuída: severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D), sendo que a última etapa consiste em calcular o RPN (Número de Prioridade de Risco). Em seguida, os valores resultantes do cálculo do RPN para cada falha são classificados em ordem decrescente, determinando o nível de prioridade da falha. Finalmente, os modos de falha são reavaliados para verificar a eficácia das ações implementadas.

Além de sua aplicação em processos industriais, o FMEA também desempenha um papel crucial na análise de riscos na GD, pois, através do FMEA, o investidor possui uma ferramenta que pode quantificar cada risco, podendo inclusive fazer comparações da magnitude dos riscos através dos RPNs, que são valores numéricos.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

3.5- SPTA

Para Borges et al., (2021), Systems Theoretic Process Analysis (STPA) é uma técnica desenvolvida para analisar riscos e cenários indesejáveis em sistemas complexos, superando as limitações dos modelos tradicionais de análise de acidentes, que frequentemente se baseiam em cadeias lineares de eventos. Fundamentada na teoria dos sistemas, a STPA considera os sistemas como conjuntos dinâmicos de componentes interativos que mantêm o equilíbrio por meio de feedback e controle. Diferente dos modelos tradicionais, que veem os acidentes como sequências lineares de eventos, a STPA os trata como fenômenos emergentes resultantes de interações complexas entre componentes do sistema.

4. REVISÃO DA LITERATURA

De acordo com Santos et al. (2021) a expansão da GD no Brasil e em outros países tem sido confirmada por diversos estudos, como os de Castro e Dantas (2017), Ferreira et al. (2018) e Silva et al. (2019). Tanto no cenário internacional quanto no Brasil, a questão das tarifas cobradas pelo uso da rede elétrica por consumidores que instalam GD, conhecidos como prosumidores (Cavalcanti et al., 2021; Santos et al. 2021), está sob análise econômica e regulatória. Santos et al. (2021) destacam que a integração de fontes renováveis distribuídas, como sistemas fotovoltaicos (FV), requer regulamentações adequadas para garantir a sustentabilidade econômica.

Mitscher & Rüther (2012) demonstraram que, sob certas condições, as instalações de GD FV no Brasil podem ser economicamente viáveis, enquanto Silveira et al. (2013) enfatizam a importância de subsídios governamentais e parâmetros como taxas de juros e custos marginais para viabilizar esses sistemas. Trigo et al. (2016) observam que, embora a GD represente um novo modelo de geração, ela enfrenta barreiras significativas que exigem políticas públicas específicas para serem superadas. Apesar das dificuldades impostas pela política energética focada em tecnologias convencionais, o crescimento das instalações de GD continua, conforme observado por Trigo et al. (2016).



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

Além disso, Cavalcanti et al. (2021) alertam que o crescimento contínuo e robusto da GD pode levar a uma redução gradual na receita das empresas distribuidoras. O sistema elétrico brasileiro enfrenta problemas relacionados às pressões comerciais geradas pelo endividamento e judicialização por parte das distribuidoras. Como resultado de ações governamentais, é possível que ocorram futuras judicializações se os interesses comerciais das distribuidoras forem ameaçados ou frustrados, especialmente em caso de desequilíbrio econômico-financeiro. Isso pode levar a demandas judiciais por ressarcimentos do Governo Federal, resultando em uma redução na receita tributária e em ações judiciais custosas, o que pressionaria o Congresso a alterar a legislação para evitar desequilíbrios nas contas públicas.

5. METODOLOGIA

Neste estudo, a metodologia adotada consiste em uma revisão de literatura e análise da legislação atual que regula a geração distribuída no Brasil. Em seguida, é realizada uma análise detalhada dos riscos associados à geração distribuída no Brasil, com foco na regulação e legislação, visando contextualizar e realizar uma avaliação crítica.

Para uma compreensão abrangente dos riscos envolvidos ao investir na geração distribuída no Brasil, foram utilizados métodos FMEA, SWOT, BowTie e brainstorming, todos baseados nas diretrizes da ISO 31000. No FMEA, a análise dos autores com experiência em engenharia elétrica estabeleceu os critérios de Ocorrência, Detecção e Severidade com base em dados de literatura relevante e a experiência prática dos autores. O FMEA permite identificar e priorizar modos de falha potenciais, enquanto a análise BowTie oferece uma visualização clara dos cenários de risco, desde as causas até as consequências, facilitando a identificação de barreiras preventivas e mitigadoras. O brainstorming foi utilizado para estimular a geração de ideias inovadoras e soluções criativas para os desafios identificados.

As hipóteses formuladas incluem a funcionalidade da legislação regulatória atual da GD, os riscos enfrentados pelos investidores e os possíveis conflitos de interesse entre consumidores, o órgão regulador e as empresas distribuidoras, que podem aumentar os riscos associados à GD. O estudo examina o cenário brasileiro, avaliando o impacto das leis sobre a GD nos últimos e



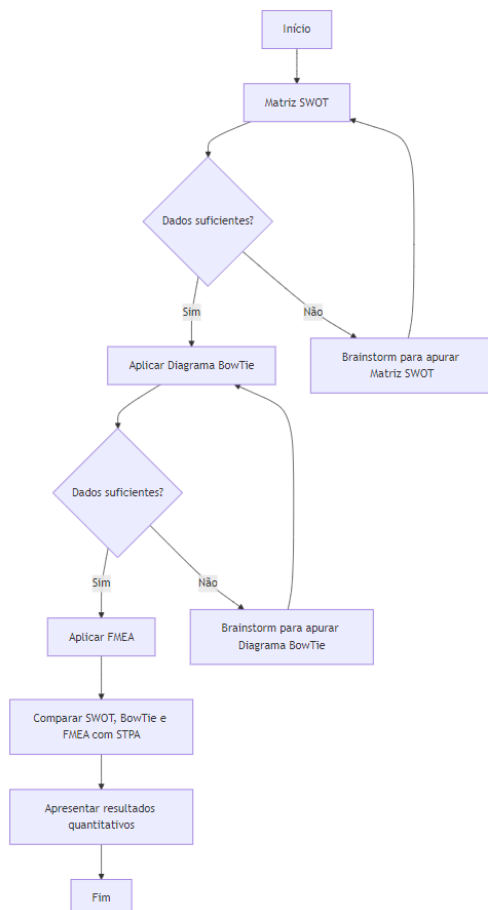
Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

próximos anos, e discute possíveis alterações no marco regulatório com foco na gestão de riscos.

Na Figura 1, é apresentado o fluxograma adotado no artigo para a análise de risco. Este fluxograma também inclui a etapa de comparação das ferramentas FMEA, BowTie, e SWOT com a STPA, conforme descrito, para enriquecer a análise e desenvolver estratégias de mitigação mais robustas. Os potenciais investidores em geração distribuída podem desenvolver e implementar estratégias para mitigar, transferir, aceitar ou evitar os riscos identificados, obtendo maior clareza sobre os cenários atuais e futuros, considerando a legislação vigente e possíveis mudanças regulatórias.

Figura 1. Fluxograma adotado no artigo para a análise da gestão dos riscos para um investidor em GD. Fonte: O Autor



Fonte: Autoria Própria

Para melhor análise dos impactos das recentes mudanças regulatórias na viabilidade e expansão da geração distribuída de energia no Brasil, utilizando a metodologia da figura 1, foram examinadas as influências das novas legislações e regulamentações sobre investidores e consumidores, destacando os desafios e oportunidades que surgem nesse contexto. Esta análise é fundamental para compreender o ambiente regulatório atual e suas implicações para o futuro da geração distribuída no país.

A Figura 1 pode ser interpretada da seguinte forma: a matriz SWOT oferece ao investidor em geração distribuída uma compreensão abrangente dos fatores internos e externos que podem influenciar seu investimento. Identificando forças e oportunidades, o investidor pode criar estratégias para aproveitá-las, enquanto fraquezas e ameaças indicam áreas que necessitam de atenção ou mitigação de riscos. As informações levantadas alimentam o Diagrama BowTie; se



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

insuficientes, realiza-se um novo brainstorm. Caso os dados da matriz SWOT sejam satisfatórios, aplica-se o Diagrama BowTie para visualizar as relações entre riscos e barreiras de controle preventivo e reativo.

Após aplicar o Diagrama BowTie, verifica-se novamente a suficiência dos dados. Se forem suficientes, prossegue-se para a aplicação do FMEA, que quantifica os riscos de forma precisa, priorizando-os com base na severidade, ocorrência e detectabilidade. Se os dados ainda não forem suficientes, realiza-se outro brainstorm para apurar o Diagrama BowTie. Desenvolvem-se e implementam-se estratégias para mitigar, transferir, aceitar ou evitar os riscos identificados. Em seguida, monitora-se continuamente os riscos, revisam-se os planos de ação conforme necessário e comunicam-se os resultados aos stakeholders. Finalmente, os resultados da análise de riscos são apresentados de forma clara e concisa, marcando o fim do processo.

6. COMPILAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO DE RISCO NA GD

Esta seção foca na análise detalhada dos riscos regulatórios enfrentados pelos investidores em GD no Brasil. A GD permite que consumidores gerem sua própria energia a partir de fontes renováveis, como solar e eólica, e a Lei 14.300/2022 estabelece o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), que possibilita a compensação do excesso de energia gerado. No entanto, essa legislação apresenta incertezas que afetam a previsibilidade e a segurança dos investimentos.

Um dos principais riscos é a incerteza legislativa. A Lei 14.300/2022 estabelece um limite de potência instalada de 5 MW para unidades ingressantes no sistema até 6 de janeiro de 2022, válido até 31 de dezembro de 2045. A falta de clareza sobre o que ocorrerá após essa data gera incertezas para investidores que buscam previsibilidade a longo prazo. Além disso, a lei define responsabilidades financeiras para novas conexões, onde a distribuidora é responsável pelo sistema de medição, mas os custos de adequação são do consumidor. Essa variável é difícil de quantificar até que o projeto seja elaborado e precificado pela concessionária.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

As disposições transitórias da Lei 14.300/2022, como o artigo 26, estabelecem que certas regras tarifárias não se aplicam até 31 de dezembro de 2045 para unidades existentes ou que solicitaram acesso dentro de 12 meses após a publicação da lei. Após 2029, os participantes do SCEE estarão sujeitos às regras tarifárias da ANEEL, com custos determinados pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). A tarifa Fio B, parte da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), começou a ser cobrada em 2023 e será implementada gradualmente até 2028. A falta de clareza sobre o faturamento após 2045 adiciona um nível de incerteza para os investidores.

A Resolução Normativa (REN) nº 1.059/2023 da ANEEL introduz alterações significativas na conexão e faturamento de centrais de micro e minigeração distribuída. A possibilidade de enquadramento da microgeração no faturamento como Grupo A, elegível ao mercado livre de energia, impacta consumidores que optavam por faturamento como Grupo B. A regulamentação propõe a gratuidade da conexão para potências instaladas menores ou iguais à potência disponibilizada inicialmente, mas a viabilidade econômica dependerá dos custos apresentados pela distribuidora.

A possibilidade de algumas unidades serem classificadas no Grupo A, com regras de faturamento mais complexas, exige um planejamento detalhado por parte dos consumidores. Para as unidades de minigeração, a alteração na forma como os custos de conexão são calculados e divididos, incluindo o Encargo de Responsabilidade da Distribuidora (ERD), pode aumentar os custos iniciais e operacionais dos projetos.

Por fim, a Lei nº 14.300/2022 também prevê a obrigação de aporte de Garantia de Fiel Cumprimento para solicitantes de acesso de centrais de minigeração distribuída a partir de 500 kW de potência instalada. Isso condiciona os interessados à apresentação de garantias financeiras proporcionais ao investimento, o que pode representar um obstáculo significativo para novos investidores.

A análise dos riscos regulatórios revela que, embora a GD ofereça oportunidades significativas, as incertezas legislativas e os custos associados representam desafios consideráveis. A compreensão desses riscos é essencial para desenvolver estratégias de mitigação eficazes, garantindo a sustentabilidade e o sucesso dos projetos de GD no Brasil.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação de ferramentas de gestão de risco na GD no Brasil. Utilizando as análises SWOT, BowTie e FMEA, foram identificados os principais riscos e oportunidades associados à GD, detalhando como essas ferramentas ajudaram a mapear os riscos, avaliar suas implicações e desenvolver estratégias de mitigação. Esses resultados são fundamentais para orientar investidores e formuladores de políticas na tomada de decisões informadas sobre a expansão e sustentabilidade da GD no país.

6.1 Resultado da análise SWOT

As análises realizadas com as ferramentas SWOT, BowTie e FMEA permitiram identificar e avaliar os principais riscos associados à GD, bem como desenvolver estratégias eficazes de mitigação. Os resultados da Matriz SWOT, que pode ver vista no Quadro 1, destacam os pontos fortes e fracos da GD, as oportunidades e ameaças do ambiente regulatório, e os modos de falha potenciais que podem impactar a viabilidade dos projetos. Com base nessas análises, são propostas estratégias de mitigação que visam minimizar os riscos identificados e promover um ambiente mais seguro e previsível para investidores e consumidores. A compreensão desses resultados é essencial para garantir a sustentabilidade e o sucesso dos projetos de GD no contexto energético brasileiro.

A GD apresenta vários pontos fortes que a tornam uma opção atraente para a produção de energia, pois permite a produção de energia mais próxima ao ponto de consumo, o que reduz as perdas de transmissão e distribuição, aumentando assim a eficiência energética. Além disso, a GD pode aumentar a resiliência da rede contra falhas e interrupções, oferecendo uma fonte de energia confiável. A GD também permite uma maior flexibilidade na gestão da demanda de energia, adaptando-se às necessidades variáveis dos consumidores.

Quando baseada em fontes renováveis, a GD pode reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a luta contra as mudanças climáticas. A GD permite o uso mais eficiente de recursos, como a energia solar e eólica, que seriam, de outra forma, desperdiçados. Ao reduzir a dependência de combustíveis fósseis, a GD pode ajudar a diminuir a poluição do ar e da água.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

No entanto, a GD também apresenta algumas fraquezas. Algumas formas de GD, como a energia eólica e hidrelétrica, podem ter impactos negativos na biodiversidade local, e a reciclagem e o descarte de equipamentos de GD, como painéis solares e turbinas eólicas, podem apresentar desafios ambientais. A GD pode exigir grandes áreas de terra, o que pode levar à perda de habitats naturais. Além disso, os custos iniciais para a instalação de sistemas de GD podem ser altos, e a manutenção de múltiplos sistemas de GD pode ser complexa e cara. Alguns sistemas de GD, como a energia solar e eólica, dependem da disponibilidade de recursos naturais, o que pode limitar sua aplicabilidade em algumas áreas.

Apesar dessas fraquezas, existem várias oportunidades para a GD. Avanços tecnológicos podem reduzir custos e aumentar a eficiência dos sistemas de GD. Políticas governamentais e incentivos podem promover a adoção da GD. A crescente consciência ambiental pode impulsionar a demanda por GD. Avanços na tecnologia de GD podem minimizar os impactos ambientais e melhorar a eficiência energética. Políticas e regulamentações ambientais podem incentivar a adoção de GD mais sustentável. Aumentar a conscientização sobre os benefícios ambientais da GD pode impulsionar a demanda e a aceitação.

Quadro 1.-Tabela de pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças, a matriz SWOT.

FATORES INTERNOS	
PONTOS FORTES (+)	FRAQUEZAS (-)
Redução de Emissões: A GD, especialmente quando baseada em fontes renováveis, pode reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa. Uso Eficiente de Recursos: A GD permite o uso mais eficiente de recursos, como a energia solar e eólica, que seriam de outra forma desperdiçados. Redução da Poluição: Ao reduzir a dependência de combustíveis fósseis, a GD pode ajudar a diminuir a poluição do ar e da água. Eficiência Energética: A GD permite a produção de energia mais próxima ao ponto de consumo, reduzindo as perdas de transmissão e distribuição. Resiliência: A GD pode aumentar a resiliência da rede contra falhas e interrupções.	Impacto na Biodiversidade: Algumas formas de GD, como a energia eólica e hidrelétrica, podem ter impactos negativos na biodiversidade local. Reciclagem e Descarte: A reciclagem e o descarte de equipamentos de GD, como painéis solares e turbinas eólicas, podem apresentar desafios ambientais. Uso de Terra: A GD pode exigir grandes áreas de terra, o que pode levar à perda de habitats naturais Custos Iniciais: Os custos iniciais para a instalação de sistemas de GD podem ser altos. Manutenção: A manutenção de múltiplos sistemas de GD pode ser complexa e cara.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

Flexibilidade: A GD permite uma maior flexibilidade na gestão da demanda de energia.

Dependência de Recursos: Alguns sistemas de GD, como a energia solar e eólica, dependem da disponibilidade de recursos naturais.

FATORES EXTERNOS

OPORTUNIDADES (+)

Inovação Tecnológica: Avanços na tecnologia de GD minimizam os impactos ambientais e melhorar a eficiência energética.

Políticas Ambientais: Políticas e regulamentações ambientais podem incentivar a adoção de GD mais sustentável.

Educação e Conscientização: Aumentar a conscientização sobre os benefícios ambientais da GD pode impulsionar a demanda e a aceitação.

Inovação Tecnológica: Avanços tecnológicos podem reduzir custos e aumentar a eficiência dos sistemas de GD.

Incentivos Governamentais: Políticas governamentais e incentivos podem promover a adoção da GD.

Consciência Ambiental: impulsionar a demanda por GD.

AMEAÇAS (-)

Mudanças Climáticas: As mudanças climáticas podem afetar a disponibilidade de recursos para GD, como a luz solar e o vento.

Regulamentação Ambiental: Regulamentações ambientais rigorosas podem aumentar os custos e a complexidade da implementação de projetos de GD.

Conflitos de Uso da Terra: A GD pode enfrentar oposição devido a conflitos de uso da terra

Regulamentação: Mudanças na regulamentação podem afetar a viabilidade econômica da GD.

Interconexão: Desafios técnicos relacionados à interconexão de sistemas de GD à rede existente.

Variação da Matriz Energética: Dependendo da matriz energética do país, a GD pode enfrentar desafios de integração e competição com fontes de energia tradicionais.

Fonte: Autoria Própria

No entanto, existem também algumas ameaças à GD. As mudanças climáticas podem afetar a disponibilidade de recursos para GD, como a luz solar e o vento. Regulamentações ambientais rigorosas podem aumentar os custos e a complexidade da implementação de projetos de GD. A GD pode enfrentar oposição devido a conflitos de uso da terra e preocupações com a paisagem. Mudanças na regulamentação podem afetar a viabilidade econômica da GD. Os desafios técnicos relacionados à interconexão de sistemas de GD à rede existente podem surgir, e,



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

dependendo da matriz energética do país, a GD pode enfrentar desafios de integração e competição com fontes de energia tradicionais.

6.2 Resultado da análise BowTie

A GD no Brasil, apesar de suas inúmeras vantagens, não está isenta de riscos e para entender melhor esses riscos e como mitigá-los, foi utilizada a ferramenta de análise de risco chamada Diagrama Bowtie, um diagrama mostrado na Figura 2, que permite visualizar e gerenciar todos os aspectos do risco, desde as causas até as consequências, passando pelo evento principal.

O perigo identificado é a presença de condições adversas que podem afetar a geração distribuída de energia, isso pode incluir uma variedade de fatores, desde mudanças na legislação até flutuações no preço do petróleo. O evento principal que estamos tentando evitar é um impacto negativo na geração distribuída e pode ocorrer de várias maneiras, como uma redução na produção de energia, aumento dos custos operacionais ou mesmo a falha completa de um sistema de GD.

Considerando ameaças identificadas como a alta taxa de juros para financiamentos, no contexto da GD, isso pode dificultar a obtenção de financiamento para novos projetos ou para a expansão de projetos existentes e pode levar a uma redução na capacidade de geração de energia, o que é o evento principal a ser evitado.

Para prevenir essa ameaça, uma das barreiras de controle preventivo que podemos implementar é o *hedging* financeiro que envolve a utilização de instrumentos financeiros para proteger contra flutuações nas taxas de juros, ou um produtor de energia pode entrar em um swap de taxa de juros, onde concorda em trocar a taxa de juros variável de seu empréstimo por uma taxa fixa, o que pode ajudar a proteger contra aumentos futuros nas taxas de juros.

No entanto, se o evento principal ocorrer, há meios para mitigar suas consequências, como uma das consequências identificadas é a redução do lucro. No caso de a produção de energia diminuir devido a problemas de financiamento, isso pode levar a uma redução nos lucros. Para mitigar essa consequência, uma das barreiras de controle reativo que se pode implementar é buscar apoio governamental, podendo incluir a busca por subsídios ou incentivos fiscais que



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

possam ajudar a compensar os custos de produção de energia, buscar a renegociação de dívidas ou a busca por alternativas de financiamento.

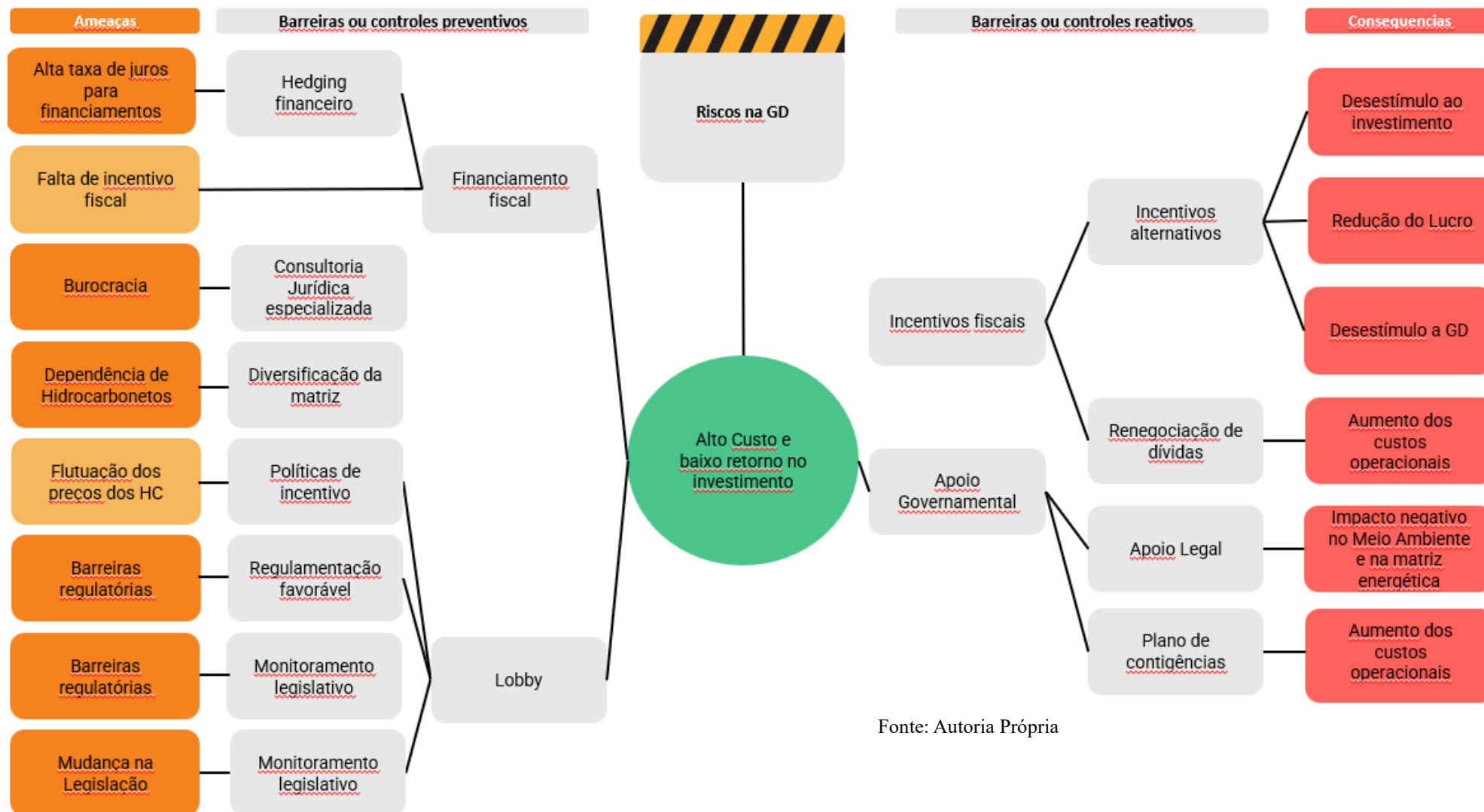
Em resumo, o Diagrama Bowtie oferece uma visão abrangente dos riscos associados à Geração Distribuída no Brasil, permitindo que os stakeholders identifiquem e implementem estratégias eficazes de mitigação de riscos, entendendo as ameaças, implementar barreiras de controle e preparar-se para as consequências, é possível maximizar os benefícios da GD enquanto minimiza seus riscos.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

Figura 2. BowTie da geração distribuída o Brasil.



Fonte: Autoria Própria

6.3 Resultado da análise FMEA

A FMEA é uma abordagem sistemática utilizada para identificar, priorizar e mitigar potenciais modos de falha em sistemas de geração distribuída de energia. Um dos modos de falha identificados seguindo a experiência dos autores como critério de identificação e ponderação de severidade, é a interrupção do fornecimento de energia, que possui uma severidade de 9, indicando um impacto significativo. As causas potenciais incluem falhas no equipamento e falta de recursos naturais, com uma probabilidade de ocorrência de 3. As medidas preventivas recomendadas são a manutenção preventiva e o monitoramento contínuo do sistema, resultando em um RPN de 81.

Tabela 2. Efeito potencial da falha - Severidade

Efeito potencial da falha	S
Falha na entrega de energia à rede	7
Redução do lucro, Desestímulo a GD, Aumento dos custos operacionais	9
Interrupção do fornecimento de energia	9
Aumento dos custos operacionais, Impacto no meio ambiente e na matriz energética, Vulnerabilidade a crises internacionais	8
Interrupção da geração de energia, Aumento dos custos operacionais	7
Danos à biodiversidade, poluição	9
Multas, suspensão das operações	8
Aumento dos custos operacionais, Impacto negativo no meio ambiente e na matriz energética	8
Poluição, Danos à saúde pública	8
Interrupção das operações, Aumento dos custos operacionais	7

Fonte: Autoria Própria

Outro modo de falha é a falha na entrega de energia à rede, avaliada com uma severidade de 7. Esta falha pode ser causada por desafios técnicos ou falhas no equipamento, com uma probabilidade de 4. As medidas preventivas incluem testes regulares e monitoramento do sistema, com um RPN de 112. A não conformidade com regulamentações é outro modo de falha, com severidade de 8, que pode resultar em multas e suspensão das operações. As causas incluem mudanças na regulamentação e falta de

conhecimento das normas, com uma probabilidade de 2. As medidas preventivas são treinamento regular e auditorias de conformidade, resultando em um RPN de 32.

Tabela 3. Potencial de causa - Probabilidade

Potencial Causa	P
Desafios técnicos, falhas no equipamento	4
Alta taxa de juros para financiamentos, Redução da demanda, Falhas técnicas	4
Falhas no equipamento, falta de recursos naturais	3
Dependência de hidrocarbonetos, Flutuação do preço do petróleo, Barreiras regulatórias	3
Uso excessivo de recursos, Falta de políticas de conservação	3
Uso inadequado de terra, descarte inadequado de equipamentos	2
Mudanças na regulamentação, falta de conhecimento das regulamentações	2
Mudança na legislação atual que é a lei 14.200/2022, Falta de incentivo fiscal, Burocracia	2
Falta de políticas de descarte, Falta de instalações de reciclagem	2
Falta de treinamento, Falta de políticas de retenção de talentos	2

Fonte: Autoria Própria

O impacto ambiental negativo, com uma severidade de 9, pode causar danos à biodiversidade e poluição, devido ao uso inadequado de terra e descarte inadequado de equipamentos. A probabilidade é 2, e as medidas preventivas incluem políticas de sustentabilidade, reciclagem e descarte adequado, com um RPN de 36. As perdas financeiras associadas à GD têm uma severidade de 9 e podem ser causadas por alta taxa de juros, redução da demanda e falhas técnicas, com uma probabilidade de 4. As medidas preventivas incluem hedging financeiro, políticas de incentivo e manutenção preventiva, resultando em um RPN de 108.

A dependência de fontes de energia não diversificadas, com severidade de 8, pode aumentar os custos operacionais e impactar o meio ambiente. As causas incluem dependência de hidrocarbonetos e flutuação do preço do petróleo, com uma probabilidade de 3. As medidas preventivas são a diversificação da matriz energética e políticas de incentivo, com um RPN de 72. Mudanças na legislação, com severidade de 8, podem aumentar os custos operacionais e impactar negativamente o meio ambiente. As causas incluem mudanças na legislação, falta de incentivo fiscal e burocracia, com uma

probabilidade de 2. As medidas preventivas são monitoramento legislativo e consultoria jurídica, com um RPN de 32.

Tabela 4. Controle preventivo - Dano

Controle Preventivo	D
Testes regulares, monitoramento do sistema	4
Hedging financeiro, políticas de incentivo, Manutenção preventiva	3
Manutenção preventiva, monitoramento do sistema	3
Diversificação da matriz, políticas de incentivo, Regulamentação favorável	3
Políticas de conservação, Uso eficiente de recursos	3
Políticas de sustentabilidade, reciclagem e descarte adequado	2
Treinamento regular, auditorias de conformidade	2
Monitoramento legislativo, Lobby, Consultoria jurídica especializada	2
Políticas de descarte, Reciclagem	2
Treinamento regular, políticas de retenção de talentos	2

Fonte: Autoria Própria

O esgotamento de recursos naturais, com severidade de 7, pode interromper a geração de energia e aumentar os custos operacionais. As causas incluem uso excessivo de recursos e falta de políticas de conservação, com uma probabilidade de 3. As medidas preventivas são políticas de conservação e uso eficiente de recursos, com um RPN de 63. O descarte inadequado de equipamentos, com severidade de 8, pode causar poluição e danos à saúde pública. As causas incluem falta de políticas de descarte e instalações de reciclagem, com uma probabilidade de 2. As medidas preventivas são políticas de descarte e reciclagem, com um RPN de 32.

Por fim, a falta de pessoal qualificado, com severidade de 7, pode interromper operações e aumentar custos operacionais. As causas incluem falta de treinamento e políticas de retenção de talentos, com uma probabilidade de 2. As medidas preventivas são treinamento regular e políticas de retenção, com um RPN de 28. Esta análise FMEA destaca a importância de cada modo de falha, suas causas, efeitos e as medidas preventivas propostas, além de incluir o RPN para priorização das ações.

Tabela 5. Função x modo de falha x RPN.

Função	Modo de falha	RPN
Interconexão com a rede	Falha na interconexão	112
Gestão Financeira	Perdas financeiras associadas a GD	108
Geração de Energia	Falha na geração de energia	81
Gestão de Energia	Dependência excessiva de fontes de energia não diversificadas	72
Gestão de Recursos	Esgotamento de recursos naturais	63
Gestão Ambiental	Impacto negativo no meio ambiente	36
Cumprimento da regulamentação	Não conformidade com as regulamentações	32
Cumprimento da Regulamentação	Riscos a regulamentação e ou Legislação brasileira	32
Gestão de Resíduos	Descarte inadequado de equipamentos	32
Gestão de Pessoal	Falta de pessoal qualificado	28

Fonte: Autoria Própria

O esgotamento de recursos naturais, com severidade de 7, pode interromper a geração de energia e aumentar os custos operacionais. As causas incluem uso excessivo de recursos e falta de políticas de conservação, com uma probabilidade de 3. As medidas preventivas são políticas de conservação e uso eficiente de recursos, com um RPN de 63. O descarte inadequado de equipamentos, com severidade de 8, pode causar poluição e danos à saúde pública. As causas incluem falta de políticas de descarte e instalações de reciclagem, com uma probabilidade de 2. As medidas preventivas são políticas de descarte e reciclagem, com um RPN de 32.

Por fim, a falta de pessoal qualificado, com severidade de 7, pode interromper operações e aumentar custos operacionais. As causas incluem falta de treinamento e políticas de retenção de talentos, com uma probabilidade de 2. As medidas preventivas são treinamento regular e políticas de retenção, com um RPN de 28. Esta análise FMEA destaca a importância de cada modo de falha, suas causas, efeitos e as medidas preventivas propostas, além de incluir o RPN para priorização das ações.

6.4 Análise Comparativa de Técnicas de Avaliação de Risco: STPA, SWOT, BowTie e FMEA

Embora a STPA não esteja listada especificamente na ISO 31010, ela pode ser considerada uma técnica complementar ou alternativa para análise de riscos em sistemas complexos, especialmente em contextos onde as interações entre componentes são críticas e não são bem abordadas por métodos tradicionais. O que a diferencia das outras ferramentas utilizadas no artigo, como SWOT, BowTie, e FMEA. A STPA é particularmente eficaz em identificar como falhas de controle e interações inadequadas entre componentes podem levar a acidentes, sendo especialmente relevante para a GD de energia, onde a integração de múltiplas fontes e tecnologias requer um controle preciso.

Em comparação, a análise SWOT se concentra em identificar forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, fornecendo uma visão estratégica do ambiente interno e externo, mas sem detalhar as interações sistêmicas. O BowTie, por outro lado, oferece uma visualização clara dos riscos, mapeando as relações entre causas e consequências, mas pode não capturar toda a complexidade das interações sistêmicas. Já o FMEA é uma ferramenta proativa que identifica modos de falha conhecidos e suas consequências, priorizando ações de mitigação, mas sem explorar tanto as interações complexas entre sistemas.

Essas ferramentas podem se complementar de maneira eficaz. A STPA pode enriquecer a análise de riscos ao fornecer insights sobre falhas de controle e interações sistêmicas, que podem informar a análise FMEA, ajudando a priorizar modos de falha críticos. A SWOT pode fornecer o contexto estratégico necessário para entender o ambiente em que a GD opera, enquanto o BowTie pode ajudar a visualizar as barreiras de controle preventivo e reativo.

7. CONCLUSÃO

A GD representa uma solução promissora para enfrentar os desafios do alto custo da energia elétrica e promover a sustentabilidade ambiental, no entanto, a implementação eficaz da GD requer uma compreensão aprofundada dos riscos associados e a aplicação de estratégias de mitigação robustas.

Neste estudo, foi utilizada uma combinação de ferramentas de gestão de riscos, incluindo SWOT, BowTie e FMEA, para identificar e analisar os riscos inerentes à GD, sendo que a análise SWOT destacou as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, revelando que, embora a GD ofereça benefícios significativos, como a redução de emissões e a eficiência energética, enfrenta também desafios regulatórios e financeiros.

A aplicação do diagrama BowTie permitiu mapear as relações entre as causas de eventos indesejados e seus potenciais consequências, destacando as barreiras de controle preventivo e reativo que podem ser implementadas, com uma abordagem visual e estruturada facilitou a comunicação dos riscos, permitindo uma compreensão mais profunda dos cenários de risco e das estratégias de mitigação necessárias sendo essencial para priorizar ações e desenvolver um plano de mitigação de riscos mais eficaz.

A análise FMEA priorizou os modos de falha potenciais, sendo uma análise crucial para priorizar as ações de mitigação, permitindo que a análise de riscos focassem nos riscos mais críticos e desenvolvessem estratégias eficazes para reduzi-los.

Os resultados deste estudo indicam que, ao adotar uma abordagem integrada de gestão de riscos, é possível minimizar os impactos negativos e maximizar as oportunidades oferecidas pela GD, com uma aplicação eficaz dessas estratégias pode contribuir significativamente para a expansão sustentável da GD no Brasil, promovendo um futuro energético mais resiliente e acessível.

A GD tem o potencial de transformar o cenário energético brasileiro, mas seu sucesso depende da capacidade de navegar por incertezas regulatórias e financeiras, e ao implementar as estratégias de mitigação propostas, investidores podem garantir que a GD não apenas atenda às necessidades energéticas atuais, mas também contribua para um desenvolvimento sustentável a longo prazo. Além das estratégias de análise propostas, futuras pesquisas poderiam explorar áreas como armazenamento de energia através de inversores híbridos e banco de baterias, para otimizar a operação e a gestão de riscos na geração distribuída. Estudos comparativos entre diferentes modelos regulatórios internacionais poderiam oferecer comparativos valiosos para aprimorar o marco regulatório brasileiro. Além disso, a análise dos impactos sociais e econômicos da GD em comunidades locais e em programas sociais como o Minha Casa Minha Vida, bem

como a investigação de modelos de financiamento inovadores, como parcerias público-privadas (PPPs), poderiam fornecer uma base mais robusta para a expansão sustentável da GD no Brasil. Essas áreas de pesquisa complementarão o entendimento atual e apoiarão o desenvolvimento de políticas mais eficazes e inclusivas.

REFERÊNCIAS

- BORGES, Sarah Francisca De Souza; ALBUQUERQUE, Marco Antônio Fontoura De; CARDOSO JUNIOR, Moacyr Machado; BELDERRAIN, Mischel Carmen Neyra; e COSTA, Luís Eduardo Loures Da. Systems Theoretic Process Analysis (STPA): a bibliometric and patents analysis. **Gestão & Produção**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. e5073, 2021. ISSN 1806-9649, 0104-530X. DOI 10.1590/1806-9649-2020v28e5073.
- BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis n.º 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 7 jan. 2022. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm>. Acesso em: 9 jul. 2024.
- CAVALCANTI, Vanessa R. S. et al. **Aporias no Desenvolvimento da América Latina**. [S. l.]: Zenodo, 28 out. 2021. DOI 10.5281/ZENODO.5812336. Disponível em: <https://zenodo.org/record/5812336>. Acesso em: 10 set. 2024.
- DE RUIJTER, A.; e GULDENMUND, F. The bowtie method: A review. **Safety Science**, [s. l.], v. 88, p. 211–218, out. 2016. ISSN 09257535. DOI 10.1016/j.ssci.2016.03.001.
- FARROKHANIA, Mohammadreza; BANIHASHEM, Seyyed Kazem; NOROOZI, Omid; e WALIS, Arjen. A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. **Innovations in Education and Teaching International**, [s. l.], v. 61, n. 3, p. 460–474, 3 maio 2024. ISSN 1470-3297, 1470-3300. DOI 10.1080/14703297.2023.2195846.
- LAZARO, L. L. B.; e SOARES, R. S. The energy quadrilemma challenges - Insights from the decentralized energy transition in Brazil. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 113, p. 103533, jul. 2024. ISSN 22146296. DOI 10.1016/j.erss.2024.103533.
- LUKO, Stephen N. Risk Assessment Techniques. **Quality Engineering**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 379–382, 3 jul. 2014. ISSN 0898-2112, 1532-4222. DOI 10.1080/08982112.2014.875769.
- MAGALHÃES, Wauires Ribeiro De; e LIMA JUNIOR, Francisco Rodrigues. A model based on FMEA and Fuzzy TOPSIS for risk prioritization in industrial processes. **Gestão & Produção**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. e5535, 2021. ISSN 1806-9649, 0104-530X. DOI 10.1590/1806-9649-2020v28e5535.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

VIII SAEPRO – 06 e 07 de Novembro de 2024

MITSCHER, Martin; e RÜTHER, Ricardo. Economic performance and policies for grid-connected residential solar photovoltaic systems in Brazil. **Energy Policy**, [s. l.], v. 49, p. 688–694, out. 2012. ISSN 03014215. DOI 10.1016/j.enpol.2012.07.009.

SACCARDO, Ronaldo Ricardo; DOMINGUES, Ana Mariele; BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes; BEZERRA, Barbara Stolte; SIQUEIRA, Regiane Maximo; e NETO, João Batista Sarmiento Dos Santos. Investment in photovoltaic energy: An attempt to frame Brazil within the 2030 passage target of the Paris agreement. **Cleaner Energy Systems**, [s. l.], v. 5, p. 100070, ago. 2023. ISSN 27727831. DOI 10.1016/j.cles.2023.100070.

SANTOS, J. A. F. A.; CUNHA, F. B. F.; TORRES, E. A. Geração distribuída brasileira: aspectos regulatórios, evolução e estudo de caso em Juazeiro/BA. In: PRIMO, Rilton Gonçalves Bonfim; KÁLID, Ricardo de Araújo (org.). *Aporias no Desenvolvimento da América Latina*. 1. ed. Barcelona-ES; Salvador-BR: **CEALA - Centro de Estudios por la Amistad de Latinoamérica, Asia y África**, 2021. v. único, p. 180-209.

SOUZA, Jeanne Caroline De; e SOUZA, Paulo Augusto Ramalho De. PRODUÇÃO ACADÊMICA COM ENFOQUE NOS TERMOS GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RISCOS E A ABNT ISO 31000 NO PERÍODO ENTRE 2000 E 2019: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO. **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 18–36, 5 nov. 2020. ISSN 2238-5320. DOI 10.18028/rgfc.v9i2.7033.

TRIGOSO, Federico Morante; QUAGLIA, Renato Brito; DE MORAES, Albemerc Moura; e DE OLIVEIRA, Sérgio Henrique Ferreira. Panorama da geração distribuída no Brasil baseada no uso da tecnologia solar fotovoltaica. **Revista Brasileira de Energia Solar**, [s. l.], v. 1, n. 2, 30 nov. 2016. ISSN 2526-2831, 2178-9606. DOI 10.59627/rbens.2010v1i2.48. Disponível em: <https://rbens.emnuvens.com.br/rbens/article/view/48>. Acesso em: 10 set. 2024.

VOICU, I.; PANAITESCU, F. V.; PANAITESCU, M.; DUMITRESCU, L. G.; e TUROF, M. Risk management with Bowtie diagrams. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, [s. l.], v. 400, p. 082021, 18 set. 2018. ISSN 1757-899X. DOI 10.1088/1757-899X/400/8/082021.

ZOU, Caineng; ZHAO, Qun; ZHANG, Guosheng; e XIONG, Bo. Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era. **Natural Gas Industry B**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 1–11, jan. 2016. ISSN 23528540. DOI 10.1016/j.ngib.2016.02.001.