

# A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM USINAS DE GERAÇÃO EÓLICA: BENEFÍCIOS OPERACIONAIS E OS DESAFIOS FISCAIS PARA A ADOÇÃO TECNOLÓGICA

David Alves de Alencar Neves<sup>1</sup>, Paula Larissa Dias Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia Centec (FATEC Cariri), Juazeiro do Norte, Brasil  
(202420605327.david@centec.org.br)

<sup>2</sup>Faculdade de Tecnologia Centec (FATEC Cariri), Juazeiro do Norte, Brasil  
(paula.larissa@centec.org.br)

**Resumo:** No Brasil aproximadamente 15% da energia elétrica provêm de usinas de geração eólica para as quais considera-se a implementação da Inteligência Artificial (IA). Esta pesquisa buscou analisar o uso da IA em sistemas eólicos, bem como os benefícios da aplicação de incentivos fiscais para o seu aprimoramento, a partir de uma revisão bibliográfica sistemática com foco em artigos publicados entre 2023 e 2025, disponíveis em bases de dados online. Observou-se a possibilidade de enquadramento das empresas de geração eólica brasileiras como beneficiárias da Lei do Bem, e a possibilidade de inserção destas no Decreto nº 5.798/2006 desde que desenvolvam atividades de pesquisa.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial; Geração Eólica; Lei do Bem.

## INTRODUÇÃO

Conforme registrado em CEMAVE (2022) o Brasil possui um número expressivo de habitantes que demandam geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Tais demandas são atendidas pelo setor elétrico nacional, que também deve planejar o atendimento para a demanda futura decorrente do crescimento populacional. Diante deste contexto, a geração de energia elétrica no Brasil vem se diversificando através de fontes de energias alternativas, como a eólica, solar, undi-elétrica e biomassa. De acordo com a ANEEL (2025), o Brasil totaliza em torno de 85% de potência instalada em geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, sendo que aproximadamente 15% provêm das usinas de geração eólica. Com isso, observa-se que a energia eólica tem uma parcela significativa na geração de energia elétrica brasileira. O avanço na implementação de ferramentas digitais no contexto eólico como a Inteligência Artificial (IA) e Redes Inteligentes de Comunicação, tem se destacado.

Da Silva & Rufino (2024) trazem uma proposta de uso da IA para aprimorar a eficiência operacional e reduzir custos de Operação e Manutenção (O&M) em parques eólicos. Já

Figueiredo *et al.* (2022) propõem a aplicação da IA na predição de falhas e na melhoria da previsão da geração da energia eólica. Presume-se que a implementação da IA no setor de geração de energia está avançando, no entanto não se sabe se há viabilidade financeira, dado o alto investimento. Assim, esta pesquisa faz uma leitura panorâmica da aplicação dessa tecnologia e busca trazer informações acerca da possibilidade de aplicação de incentivos fiscais governamentais para estes empreendimentos.

## METODOLOGIA

A presente pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e um caráter exploratório, buscando compreender as vantagens do investimento em sistemas de IA para sistemas eólicos de geração elétrica, bem como os benefícios da aplicação de incentivos fiscais para o aprimoramento das tecnologias já existentes. O estudo foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica sistemática, com foco em artigos publicados entre 2023 e 2025, disponíveis em bases de dados como *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* (MDPI) e *Research Gate*, bem como base de dados de universidades brasileiras. Foram utilizados os seguintes critérios de

inclusão: artigos com texto completo disponível, publicados nos últimos três anos e que abordem diretamente tecnologias de monitoramento, operação e manutenção (O&M) envolvendo turbinas eólicas e, para além destas buscas, também foi analisado o panorama de incentivos fiscais disponíveis e que pudessem contemplar investimentos desta natureza onde foi realizado um estudo introdutório à Lei do Bem e do Decreto nº 5.798/2006 a fim de compreender se haveria a possibilidade de enquadramento de empresas de geração de energia brasileiras como beneficiárias da referida Lei.

As buscas iniciais foram realizadas através dos descritores “IA e geração eólica”, “AI”, “wind power”, todos combinados através do operador lógico “AND”. Inicialmente foram identificados 10 artigos dos quais foram selecionados 5 para análise. O objetivo da análise dos artigos foi compreender os seguintes aspectos: 1) O uso da IA nos parques eólicos; 2) Aplicação da IA em caráter operacional nos parques de geração; 3) Viabilidade financeira da aplicação da IA nos parques eólicos. Cada artigo foi classificado através de um código alfa numérico variando de E01 (Estudo nº 01) a E05 (Estudo nº 05) respeitando a seguinte ordem: 1) a implantação dos parques e seus desafios; 2) boas práticas de O&M; 3) a implementação de tecnologias envolvendo IA; 4) aplicação da IA em caráter operacional.

Após a classificação, foram considerados os seguintes questionamentos a serem respondidos: 1. Quais os principais impactos envolvidos na implantação dos parques eólicos? 2. Como está o cenário para as práticas de O&M? 3. Como a IA pode contribuir para uma geração eólica mais tecnológica e sustentável? 4. Quais incentivos são necessários para ampliar os investimentos em IA? A tabela 1 mostra um resumo dos tópicos abordados nos artigos selecionados para análise e implementação do presente estudo.

**Tabela 1:** Artigos analisados

<b>Classificação</b>	<b>Tópicos observados</b>
E01	Impactos sociais e ambientais na implantação de parques eólicos
E02	Aplicação da IA em caráter operacional

E03	Aplicação da IA em caráter operacional
E04	Aplicação da IA em caráter operacional
E05	Aplicação da IA em caráter operacional

Fonte: Os autores.

Observou-se inicialmente que alguns estudos promovem a reflexão acerca de impactos principalmente ambientais que são decorrentes da implantação dos parques eólicos, como é visto em Barros *et al.*, (2024) enquanto isso, demais estudos são propostos acerca da implantação das tecnologias nestes empreendimentos, bem como os altos custos envolvidos. Para verificar a viabilidade de investimentos tecnológicos no setor de geração de energia elétrica, considera-se a possibilidade de enquadramento das empresas como beneficiadas pela Lei do Bem, assim como o Decreto nº 5.798/2006.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (2023) afirma que a Lei do Bem é considerada o principal instrumento de estímulo às atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) nas empresas brasileiras, podendo ser aplicada às pessoas jurídicas com regularidade fiscal, sob regime de tributação do Lucro Real, que desenvolvam atividades de pesquisa e de inovação tecnológica, e ainda que não estejam relacionadas diretamente à atividade fim das empresas, é importante que as pesquisas desenvolvidas por estas possam ser classificadas entre três classes de pesquisa, sendo estas: 1) Pesquisa dirigida; 2) Pesquisa aplicada; 3) Desenvolvimento experimental.

O próprio Ministério da Ciência e Tecnologia, deixa claro que a Lei do Bem abarca todos os setores da economia. Este instrumento alcança todas as empresas estabelecidas no país, sem distinção da origem do capital, de sua área de atuação ou a região onde está localizada, desde que operem no Regime Tributário do Lucro Real (BRASIL, 2024), podendo-se assim considerar que a mesma pode ser aplicada ao setor de geração de energia.

Dentre os benefícios fiscais concedidos por meio do art.19 da referida Lei, conforme Brasil (2005) citam-se: o abatimento de parte dos gastos com atividades de PD&I do valor referente a Imposto

de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ) e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) dentro de alguns percentuais que estão listados na tabela 2.

**Tabela 2:** Percentuais na dedução da soma dos dispêndios de custeio nas atividades de PD&I

Percentual abatido	Atividades
Mais 10%	Na contratação de pesquisadores para PD&I (Incremento inferior a 5%);
Mais 20%	Na contratação de pesquisadores para PD&I (Incremento superior a 5%);
Mais até 20%	Casos de patente concedida ou registro de cultivar.
Até 50% do IPI	Na aquisição de bens destinados à PD&I;

Fonte: Os autores

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos cinco estudos analisados, observou-se como resultados em E01 Barros *et al.*, (2024) afirmam que existem interações importantes a se considerar entre o desenvolvimento de um projeto de geração eólica e o meio ambiente, havendo a necessidade de estabelecer um equilíbrio entre a expansão energética e a preservação ambiental. Além disso, o estudo reconhece a eficiência que pode ser aderida em decorrência da adoção de tecnologias. Os autores reconhecem a importância de políticas públicas que considerem a integração de aspectos sociais e ambientais, em conjunto com o panorama energético global. Para o estudo E02 (Da Silva & Rufino, 2024) destacam-se algumas tecnologias como o sistema SCADA<sup>1</sup> e até mesmo a robótica para aprimorar práticas de O&M em parques eólicos, enfatizando que a limitação da aplicação de novas tecnologias e a falta de políticas públicas são gargalos que podem impactar negativamente a competitividade do setor. Em E03 os autores (BOŠNJAKOVIĆ, 2025), e (FIGUEREDO, 2022) destacam que os sistemas de geração eólica

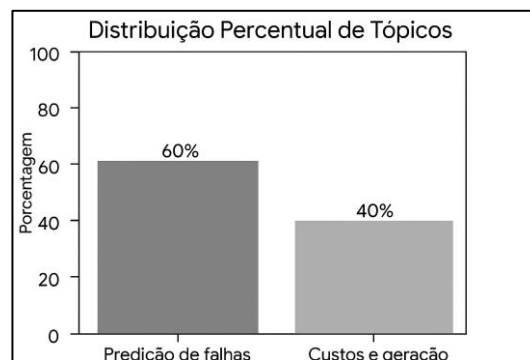
<sup>1</sup> Sigla para *Supervisory Control and Data*

*Acquisition* que pode ser traduzido como: controle supervisão e de aquisição de dados.

estão constantemente submetidos a condições adversas como: imprevisibilidade dos ventos, temperatura e pressão atmosférica, enfatizando que estas intermitências podem afetar custos e comprometer a confiabilidade da geração, ao mesmo tempo que defendem que a aplicação de técnicas de IA podem contribuir positivamente na qualidade da geração de energia para este modelo, além de auxiliar na redução de custos de manutenção. Enquanto isso, em E04 (BOŠNJAKOVIĆ, 2025) defende-se que a IA aprimora a previsão da produção de energia de tal forma que reduz os custos de manutenção e aumentam a confiabilidade da geração. Por fim, em E05 (SONG *et al.*, 2024) a IA é aplicada considerando fatores como a velocidade do vento, por exemplo, bem como a importância do monitoramento inteligente para o diagnóstico precoce de falhas que pode vir a garantir a implementação de estratégias de manutenção que podem reduzir o tempo de inatividade das turbinas, por exemplo, e demais custos associados a esta prática.

Percebe-se que o investimento em IA para modelos de geração eólica apresentam alguns focos específicos, conforme o gráfico apresentado na Figura 1.

**Figura 1:** Percentual de tópicos dos artigos



Fonte: Os autores

Percebe-se que pelo menos 60% dos estudos analisados estão preocupados em desenvolver a tecnologia para implementação na predição de falhas nos sistemas de geração eólica, enquanto 40% estão preocupados com custos de implantação e geração. Do ponto de vista tecnológico, torna-se vantajoso o investimento em tecnologias que evitem falhas, pois assim

haverá mais geração de energia e menos custos operacionais e de manutenção.

Ao se considerar a aplicação da Lei do Bem para empresas que se dedicam à geração eólica, espera-se que gastos com *softwares* específicos de IA, licenças de uso de tecnologias de análise de dados ou outros intangíveis utilizados unicamente no desenvolvimento do sistema poderiam ser amortizados de forma acelerada, além da possibilidade de redução da alíquota de IPRF em até zero no caso de recursos financeiros para o exterior destinados a registro e manutenção de marcas e patentes (BRASIL, 2024). Uma outra possibilidade é a redução em até 50% do IPI e abatimento superior a 20% do IPRF e CSLL decorrente da contratação de pesquisadores destinados a PD&I.

## CONCLUSÃO

Este estudo identificou através de pesquisas bibliográficas que o desenvolvimento de sistemas de monitoramento, operação e manutenção com IA no setor de geração eólica pode contribuir para a inovação no setor de energia podendo assim, aumentar a competitividade das empresas ao promover práticas mais sustentáveis e eficientes com base em tecnologias mais avançadas. Apesar dos altos custos relacionados à adoção e implementação de novas tecnologias no setor de geração de energia eólica no Brasil, identificou-se que há a possibilidade de enquadramento das empresas como beneficiárias da Lei do Bem, bem como a possibilidade de inserção destas no Decreto nº 5.798/2006 desde que desenvolvam atividades de pesquisa tecnológica em seus processos, equipamentos, sistemas ou na forma de gerar e integrar a energia eólica, assim como no desenvolvimento de inovação tecnológica que se enquadrem nas definições estabelecidas no Artigo 2º do decreto. Para que seja inserida neste contexto, é crucial que a empresa documente detalhadamente seus projetos de PD&I, os dispêndios relacionados e a vinculação dessas atividades com as definições do decreto para garantir a conformidade e o direito aos benefícios fiscais. O beneficiamento destas empresas com os incentivos fiscais permitem como vantagens: um maior desenvolvimento de pesquisas por profissionais qualificados; possibilidade do desenvolvimento e implementação de soluções com base em tecnologias mais avançadas que contribuam positivamente na geração de energia; redução de custos a longo prazo para os

investidores do setor devido a economia tributária; possível redução no custo da energia para o consumidor devido à redução tributária e a melhor eficiência operacional proporcionada pelas tecnologias de ponta.

Sugere-se para trabalhos futuros, promover e integrar boas práticas para que as empresas atuantes no setor de geração de energia elétrica possam se adaptar ao perfil de editais de incentivos fiscais. Uma prática inicial que se sugere é a capacitação das equipes de pesquisa e desenvolvimento e de gestão para buscar informações em bases disponibilizadas pelo próprio governo, tanto a nível regional quanto nacional a fim de verificar possíveis incentivos que possam beneficiá-los através da pesquisa sem um grande comprometimento dos recursos financeiros, implementando assim uma cultura de busca e troca de informações entre os setores de gestão e operação da geração elétrica.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação Do Eixo De Controle E Processos Industriais da Faculdade de Tecnologia Centec - FATEC Cariri, assim como aos demais professores que apoiam direta e indiretamente esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ANEEL. Painel interativo de dados no Power BI. Matriz renováveis / Não renováveis. Disponível em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrJoiNGE3NjVmYjAtNDkZC00MDY4LTl1NTItMTVhZTU0NWYzYzFmliwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBiMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 17 mar. 2025.

Barros, A. S., Luna, R. P., Andrade, H. B. F., Filgueira, K. F. C. Silva, Y. C. da, & Maia, E. de A..(2024). Impactos Sociais E Ambientais Na Implantação De Parques Eólicos: Uma Análise Crítica. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, 13(2), e915. Disponível em: <https://doi.org/10.23900/2359-1552v13n2-105-2024> .Acesso em: 31 mar.2025.

BOŠNJAKOVIĆ, Mladen; MARTINOVIĆ, Marko; ĐOKIĆ, Kristian. Application of Artificial Intelligence in Wind Power Systems. *Applied Sciences*, v. 15, n. 5, p. 2443, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/5/2443> Acesso em: 31 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). O que é a Lei do Bem. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/lei-do-bem/paginas/o-que-e-a-lei-do-bem>. Acesso em: 17 mar. 2025.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005. Institui regimes especiais de tributação e dispõe sobre incentivos fiscais para a inovação tecnológica. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Lei/L11196.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11196.htm). Acesso em: 11 mar. 2025.

Centro nacional de pesquisa e conservação de aves silvestres – cemave. Relatório de Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil. Brasília, DF: ICMBio, 2022. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br>. Acesso em: 17 mar. 2025

DA SILVA, Weverton Pessoa Costa; RUFINO, Sandra. Operação E Manutenção Em Parques Eólicos Onshore No Brasil: Como Aperfeiçoar?. Revista Foco, v. 17, n. 12, p. e7259-e7259, 2024.

FIGUEREDO, Raimundo Eider et al. Estudo sobre utilização de inteligência artificial na predição de falhas, panes e previsão na geração de energia eólica. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/370325921\\_ESTUDO\\_SOBRE\\_UTILIZACAO\\_DE\\_INTELIGENCIA\\_ARTIFICIAL\\_NA\\_PREDICAO\\_D E\\_FALHAS\\_PANES\\_E\\_PREVISAO\\_NA\\_GERACAO\\_DE\\_ENERGIA\\_EOLICA](https://www.researchgate.net/publication/370325921_ESTUDO_SOBRE_UTILIZACAO_DE_INTELIGENCIA_ARTIFICIAL_NA_PREDICAO_D E_FALHAS_PANES_E_PREVISAO_NA_GERACAO_DE_ENERGIA_EOLICA)> Acesso em: 18 mar. 2025.

SONG, Dongran et al. Review on the application of artificial intelligence methods in the control and desing of offshore wind power systems. Journal of marine science and engineering, v. 12, n. 3, p. 424, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-1312/12/3/424> Acesso em: 31 mar. 2025.