



## ESTUDO SOBRE UTILIZAÇÃO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL NA PREDIÇÃO DE FALHAS, PANES E PREVISÃO NA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Raimundo Eider Figueredo<sup>1,2</sup>, Guilherme Cardoso<sup>1</sup>, Kawan Trindade<sup>1</sup>, Walter Augusto Varela<sup>1,2</sup>.

Instituto Federal de São Paulo – Campus Cubatão, Brasil. [eider.f; g.cardoso; kawan.trindade]@aluno.ifsp.edu.br / varela@ifsp.edu.br;

Laboratório Maxwell de Micro-Ondas e Eletromagnetismo Aplicado, Instituto Federal de São Paulo, Brasil.

**Resumo** - Este artigo apresenta o estudo de inteligência artificial (IA) aplicado na previsão da geração de energia eólica (EE) e predição de falhas/ panes em aerogeradores eólicos. Tais fatores podem reduzir os custos de geração e melhorar a qualidade da energia. O intuito é demonstrar a aplicação de IA na previsão da EE e na predição de falha/ pane de aerogeradores. Com isso foi discutido o uso IA para melhoramento no processo de geração de EE resultando em uma descrição do estudo realizado a partir de revisão bibliográfica sobre o tema.

**Palavras-chave:** Energia Renováveis; Manutenção Aerogeradores; Turbinas Eólica; Geração de Energia.

### INTRODUÇÃO

Em 2020 as energias renováveis (ER) representava 25% da geração global. A partir de uma demanda da sociedade por energias que não emitissem poluentes na sua geração, aliado aos custos competitivos na geração e ao desenvolvimento de tecnologias para otimizar a geração de energia na qual a energia eólica (EE) vem se destacando [1].

A EE que utiliza o vento para gerar energia elétrica é a ER de maior capacidade instalada e que apresenta mais rápido desenvolvimento das ER no mundo [2] sendo responsável por 5% da produção de energia no mundo [1].

No Brasil, em 2007, a EE gerava 663 GWh, já em 2020, passou para 55.051 GWh atingindo 8,8% de toda energia gerada, segundo balanço energético nacional (BEN) produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) [3]. Na Figura 1 é possível observar a evolução do período em relação as energias nuclear e de biomassa.

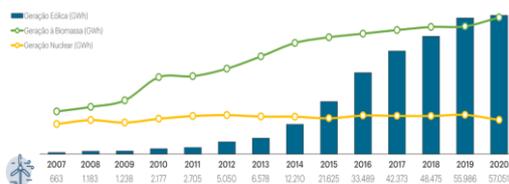


Figura 1 – Histórico de geração de energia eólica no Brasil [3].

As ER's possuem limitação de geração devido a imprevisibilidade climática, na EE esse fator é representado pela irregularidade do vento [2], direção, temperatura, umidade, pressão atmosférica e altitude, são variáveis correlacionadas, que provocam características indesejáveis por causa de sua aleatoriedade, intermitência e inflexibilidade, provocando aumento de custos e inconfiabilidade na sua geração [1].

Isso posto, a precisão da previsão é um gargalo da EE na geração de energia, com isso a utilização de inteligência artificial (IA) é uma ferramenta com capacidade de minimizar essas características indesejáveis devido sua capacidade de alta precisão em previsões não lineares, na qual sua capacidade de captura das relações ocultas não lineares se destacam [2].

Outro fator que pode afetar a qualidade e custos na produção e geração de EE são as falhas e panes em aerogeradores. Surgindo a necessidade de detectar falhas e panes de forma preditiva com intuito de causar menores prejuízos as máquinas. Os custos da manutenção corretiva podem ser elevados, e a utilização de IA pode possibilitar a redução de custos, para isso pode fazer uso de informações dos sistemas de monitoramento de condições (SMC) ou dos sistema supervisório (*Supervisory Command and Data Acquisition* - SCADA) possibilitando diagnosticar falhas precocemente em componentes mecânicos e elétricos dos aerogeradores [4].

O controle em sistemas eólicos de geração de energia são mais um fator que impacta diretamente na eficiência da captação e geração. A utilização de IA em controle destes sistemas ajudam na identificação dos sistemas não lineares e pode ser de fácil implementação em sistemas complexos [5].

O intuito deste trabalho é apresentar IA aplicada em previsão de EE e monitoramento de condições em aerogeradores.

Este trabalho está estruturado em quatro seções: a Seção 2, trata do funcionamento de um aerogerador e SMC, Seção 3, apresenta as IA's usadas na previsões de EE e, por fim, Seção 4, conclusão.

### FUNCIONAMENTO E MONITORAMENTO DE AEROGERADOS

A Figura 2 apresenta uma turbina eólica (TE), também conhecida como aerogerador, e a composição dos principais equipamentos, que são: (1) pás, (2) rotor, (3) caixa de engrenagens, (4) gerador, (5) rolamentos, (6) sistema de guinada e (7) torre.

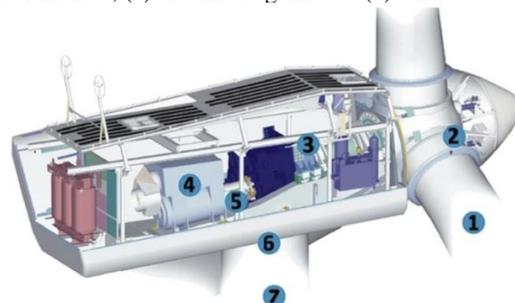


Figura 2 – Equipamentos principais da composição do TE [3].



O funcionamento e a capacidade gerada de energia dos aerogeradores depende da velocidade e potência do vento faz com que as pás e o rotor se movimentem transmitindo energia mecânica por meio do eixo principal, que é suportado pelos os mancais e as caixas de engrenagens, até o gerador que transforma em energia elétrica. As TE mais utilizadas são as de velocidade variável de três pás com gerador assíncrono de dupla alimentação [4] e que necessitam de um sistema de controle para ajustar as potências reativa e ativa no estator, tais controles podem utilizar redes neurais, devido sua capacidade de generalização e treino e a lógica Fuzzy para fazer esse controle com maior robustez e eficácia [5].

O SMC utiliza sensores e equipamentos para processar o sinal e monitorar os aerogeradores em tempo real e contínuo (*online*) ou em intervalos de tempo (*off-line*). O sistema é capaz de monitorar vibração, acústica, propriedades do óleo, deformações e termografia, dos elementos operacionais críticos como as pás, caixa de engrenagens, geradores, mancais e torre [4].

O monitoramento das condições das turbinas eólicas minimiza o tempo de inatividade maximizando a produtividade e reduzindo os custos de operação e manutenção (O&M) sendo fator importante, pois os aerogeradores representam entre 75% a 90% do investimento e de 25% a 30% nos custos O&M [4]. O SMC auxiliado por IA pode trazer resultados de previsões de panes futuras ajudando no planejamento da manutenção preventiva.

### INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA MANUTENÇÃO E PREVISÃO DE ENERGIA EÓLICA

O ambiente e a densidade do ar são constantes nos parques eólicos, porém a velocidade do vento é variável e afeta diretamente a produção de EE, assim como nas demais ER's, que também estão associadas a fatores climáticos [2]. Isso provoca instabilidade e diminui a confiabilidade e a previsibilidade na produção de energia [1].

Os métodos de precisão físico, estatístico, correlação espacial e de IA tem em comum o objetivo de aumentar a precisão das previsões de EE [1,2].

A utilização de IA na previsão de geração EE e de panes das TE são ideais devido esses sistemas serem dinâmicos, não lineares e complexos, na qual as características de auto adaptação e auto aprendizado da IA produz resultados com alta precisão e desempenho sendo satisfatórios na redução do tempo de ociosidade da rede elétrica, melhorando a qualidade de energia, deixando a operação mais estável, aumentando a confiabilidade [1], além de reduzir os custos de O&M dos parques eólicos [2].

Para melhorar ainda mais a precisão na previsão do potencial energético da EE e facilitar a análise de viabilidade econômica [2] surgiram modelos híbridos que associam dois ou mais técnicas de IA aumentando a complexidade do algoritmo e a precisão da geração da EE com relação a modelos que usam um único método de IA. Porém a hibridação deixa as configurações da IA complexas necessitando de alto poder de processamento computacional[1].

A Tabela 1, baseada no trabalho de [1], apresenta de forma simplificada as diferentes IA que foram

usadas para previsão na geração de EE mostrando suas vantagens e desvantagens.

TABELA 1 – IA na previsão de EE.

Inteligência Artificiais	Vantagem	Desvantagem
<i>Feed-Forward Back Propagation Neural Network – FFBPNN</i>	Estrutura Simples.	Tempo de convergência lento.
<i>Radial Basis Function Neural Network – RBFNN</i>	Boa performance de generalização.	Treinamento lento.
<i>Extreme Learning Machine – ELM</i>	Tolerancia a ruídos na entrada.	Pode gerar resultados ruins devido à seleção inadequada de neurônios ocultos.
<i>Support Vector Machine - SVM Gaussian Process Regression – GRP</i>	Rapidez e acuracia na estimação. Robustez a ruídos e a <i>over-fitting</i> .	Processo computacional complexo. Baixa eficiência em espaços de alta dimensão.
<i>Long Short-Term Memory – LSTM</i>	Robustez e eficácia na previsão de EE de curto e longo prazo.	Longa duração de treino.
<i>Convolutional Neural Network – CNN</i>	Alta capacidade em detectar as características importantes do vento automaticamente.	Necessidade de conjunto de dados maior para treinar e testar a rede.
<i>Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System - ANFIS</i>	Capacidade de capturar a estrutura não linear.	Configuração complexa.

### CONCLUSÕES

A IA tem apresentado resultados satisfatórios tanto na predição de O&M dos aerogeradores como na previsão do potencial de geração de EE e quando se usa duas ou mais tipos de IA em conjunto os resultados são ainda melhores, mas também há aumento na complexidade e no custo computacional devido requerer maior poder de processamento nos treinamentos e testes destas IA's.

O estudo demonstrou que uso de IA na EE reduz custos e viabiliza cada vez mais o uso desse tipo de ER atraindo interesses de governamentais e de investidores.

### REFERÊNCIAS

- [1] LIPU, MS Hossain et al. Artificial Intelligence Based Hybrid Forecasting Approaches for Wind Power Generation: Progress, Challenges and Prospects. IEEE Access, v. 9, p. 102460-102489, 2021.



- [2] ZHAO, Xuejing et al. Research and application based on the swarm intelligence algorithm and artificial intelligence for wind farm decision system. *Renewable energy*, v. 134, p. 681-697, 2019.
- [3] EPE, Empresa de Pesquisa Energética. *Balanco Energético Nacional 2020*. 2021.
- [4] MÁRQUEZ, Fausto Pedro García et al. Condition monitoring of wind turbines: Techniques and methods. *Renewable energy*, v. 46, p. 169-178, 2012.
- [5] ZOHRA, Arama Fatima et al. Artificial intelligence control applied in wind energy conversion system. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, v. 9, n. 2, p. 571, 2018.