cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

APLICAÇÃO DE IA E APRENDIZADO DE MÁQUINA NO PROGNÓSTICO DE FADIGA E VIDA ÚTIL RESIDUAL DE EQUIPAMENTOS ROTATIVOS: UMA REVISÃO CRÍTICA

V. Kibwila; M. Pereira; R. Siqueira; B. Santos
Departamento de Engenharia Química, de Materiais e Processos Ambientais (Deqm),PUC-Rio,Brasil.
Laboratório de Modelagem, Automação e Controle (LaMAC),PUC-RIO,Brasil.
Contato: alvarengadossantos@gmail.com

Introdução

Contexto: Equipamentos rotativos, como bombas e turbinas de termelétricas, operam sob solicitações térmicas, mecânicas e cíclicas.
Aplicação de IA e ML: apoio à detecção de falhas e à previsão de vida útil residual (RUL).
Lacuna: integração do monitoramento operacional aos modelos de dano por fadiga e ao prognóstico de RUL.
Desafios: escassez de dados operacionais e validação limitada em condições industriais.

Objetivos

- Analisar criticamente as aplicações de IA/ML à detecção de falhas, à avaliação de fadiga e ao prognóstico de RUL em componentes rotativos relevantes para usinas termelétricas.
- Examinar a influência dos dados, da modelagem, do conhecimento físico e da validação na confiabilidade das previsões.
- Identificar lacunas metodológicas e de aplicação industrial.
- Propor um framework conceitual integrado de manutenção preditiva.

Metodologia

Bases: Scopus e Web of Science (2017–2026);
IEEE Xplore - (Complementar)

IDENTIFICAÇÃO
268 registros
2 duplicatas (EndNote)

→ **TRIAGEM**
266 triados (título/resumo)
210 fora do escopo

↓

ANÁLISE DESCRITIVA
56 estudos elegíveis

← **SÍNTESE CRÍTICA**
33 estudos selecionados entre os 56 elegíveis.

CRITÉRIOS: para a síntese crítica (n = 33): contribuição aos objetivos da revisão; relevância para fadiga, RUL ou monitoramento; e disponibilidade de informações sobre dados, modelagem e validação.

Resultados e Discussão

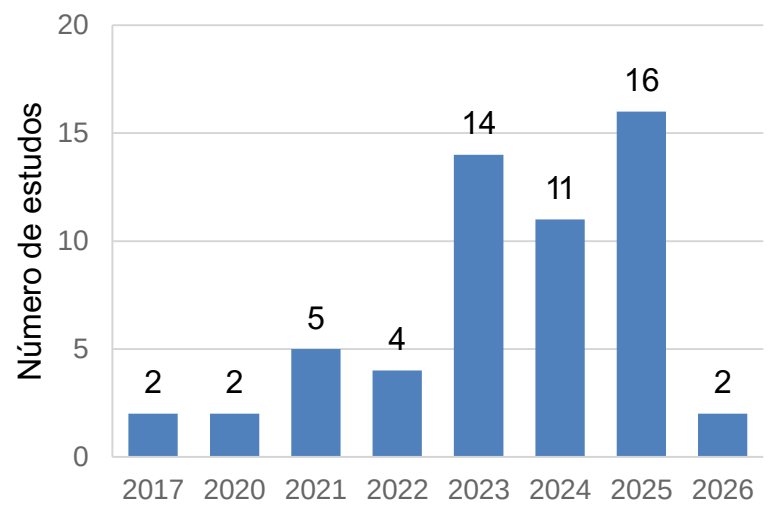


Figura 1. Distribuição temporal dos 56 estudos elegíveis.

A análise dos 33 estudos revelou capacidades complementares e lacunas de integração que fundamentaram as cinco etapas do framework.
Badora et al. (2023) integraram a física de propagação de trincas ao aprendizado com poucos dados, sustentando a modelagem híbrida. A subestimação das trincas em bocais previamente reparados evidencia a importância do histórico de manutenção e motiva, nesta revisão, a proposta de atualização dos modelos após intervenções.

Yuandeng et al. (2023) combinaram ensaios e elementos finitos para gerar dados utilizados por modelos de ML na previsão de vida em fadiga. Xiao et al. (2023) integraram geometria real, simulação multifísica e ML para estimar a RUL de pás de turbinas.

Essas abordagens fundamentam, nesta revisão, a integração de informações experimentais e numéricas à etapa de prognóstico do framework (Figura 2).

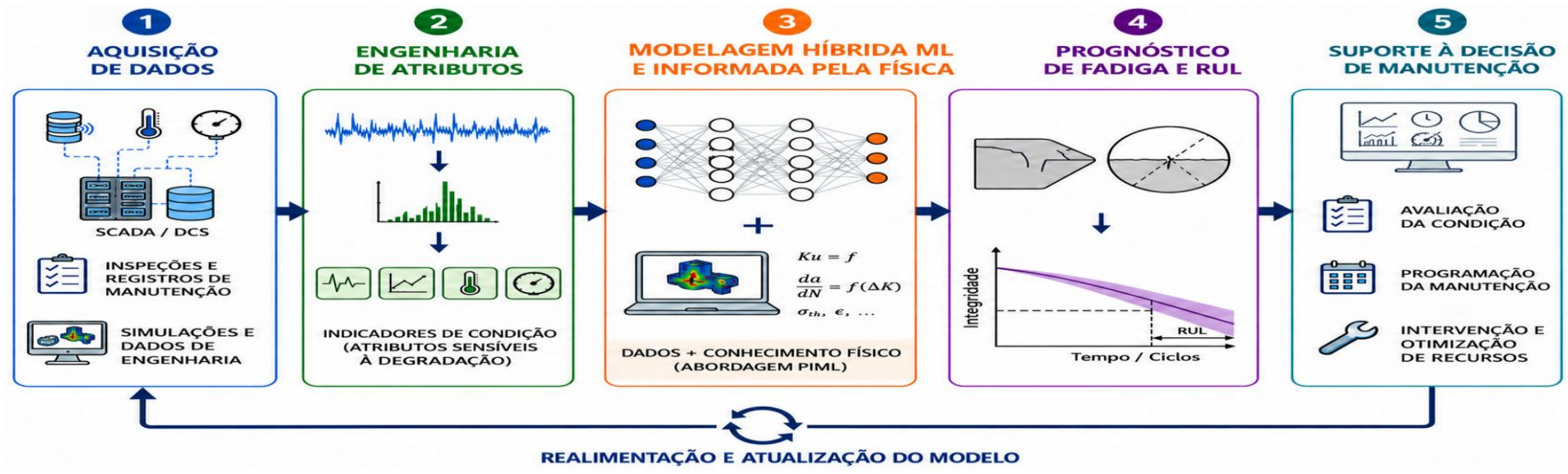


Figura 2. Framework conceitual derivado da síntese crítica dos 33 estudos.

Conclusão

A revisão indica que a confiabilidade depende da representatividade dos dados, da integração física e das condições de validação. O framework conecta capacidades dispersas na literatura e orienta futuras aplicações, mas ainda requer validação industrial.

Referências e Agradecimentos

- BADORA, Maciej et al. Using physics-informed neural networks with small datasets to predict the length of gas turbine nozzle cracks. **Advanced Engineering Informatics**, v. 58, p. 102232, 2023.
- XIAO, Wang et al. Remaining useful life prediction method for high temperature blades of gas turbines based on 3D reconstruction and machine learning techniques. **Applied Sciences**, v. 13, n. 19, p. 11079, 2023.
- YUANDENG, Wu et al. Machine learning method for predicting the fatigue life of sucker rods. **Engineering Fracture Mechanics**, v. 282, p. 109161, 2023.

Agradecimento à ENEVA e ao LaMAC pelo incentivo à pesquisa.