

# Manutenção Preditiva Tubofan

Luis Henrique Turra Ramos

05 de novembro de 2025

**Objetivo:** Desenvolver um sistema de manutenção preditiva em tempo real capaz de prever o Remaining Useful Life (RUL) de turbinas aeronáuticas com base em dados de sensores, permitindo que operadores identifiquem falhas iminentes antes que ocorram.

**Introdução:** Este projeto tem como objetivo transformar dados brutos de sensores de turbinas (NASA CMAPSS) em uma ferramenta operacional que permita, prever com precisão quantos ciclos restam até a falha da máquina, visualizar o estado de saúde da turbina em tempo real e gerar alertas automáticos para manutenção preventiva.

O sistema foi projetado para ser usado por engenheiros de manutenção, supervisores de frota e gestores de ativos, reduzindo custos com paradas não planejadas e aumentando a segurança operacional.

### **Metodologia:**

Fontes de Dados: Dataset CMAPSS (NASA):  
<https://data.nasa.gov/Aerospace/CMAPSS-Jet-Engine-Simulated-Data/ff5m-2b7>

Técnicas de Análise: Python: Pré-processamento com pandas, MinMaxScaler. Modelagem com XGBooster Regressor. Avaliação com RMSE. Visualização com biblioteca Dash.

Limitações: Valores acima de 125 ciclos são limitados, dados treinados apenas utilizando FD001 do Dataset CMAPSS, Dados gerados dos sensores são aleatoriamente e treinado offline sendo atualização requer retraining do modelo.

### **Dashboard:** Consiste:

- Medidor (Gauge): Mostra o RUL (vida útil restante das turbinas) estimado em ciclos restantes até a falha.
- Zonas coloridas:
  - Vermelho (0–50). Falha iminente/Manutenção urgente (risco alto).
  - Laranja (50–100). Atenção/Planejar manutenção em até 50 ciclos.
  - Verde (100–200). Estado saudável/Operação normal.

- Lista de Sensores: Valores simulados de 3 sensores críticos (exemplo: temperatura, vibração).
- Alerta em texto: "Manutenção Urgente!", "Atenção", "Excelente"
- Botão "Gerar Dados IoT": Simula nova leitura de sensores, modelo recalcula RUL e atualização em menos 1 segundo.

**Discussão:** O dashboard transforma dados técnicos em ação através do medidor com sistema de alerta e Simulação IoT demonstra como o sistema funcionaria em produção real com sensores conectados.

Potencialmente o impacto de um sistema como esse seria a redução de paradas não planejadas, causando uma economia de milhões por ano e aumento de segurança operacional.

**Conclusões:** O modelo XGBoost, combinado com um dashboard interativo, entrega uma solução completa, prática e escalável de manutenção preditiva pronta para integração com sistemas IoT reais e na nuvem.