

EDUARDO DE FREITAS ROCHA LOURES

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MINERAÇÃO DE
PROCESSOS E APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA
OTIMIZAÇÃO DE INSPEÇÕES PREVENTIVAS NA
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

PROJETO DE ORIGEM:

***SUPERVISÃO INTELIGENTE INTEGRADA À FUNÇÃO MANUTENÇÃO INDUSTRIAL
SOB REQUISITOS DA INDÚSTRIA 4.0***

CURITIBA

2025

SUMÁRIO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO DO ESTUDANTE....	3
2 OBJETIVO	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DO ESTUDANTE E RESULTADOS ESPERADOS.....	4
4 CONTRIBUIÇÃO PARA A FORMAÇÃO CIENTÍFICA/TECNOLÓGICA DO ESTUDANTE	6
5 CRONOGRAMA	7

1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO DO ESTUDANTE

A crescente competitividade no setor industrial impôs a necessidade de estratégias mais eficazes de gestão da manutenção, com foco na disponibilidade de equipamentos, na redução de custos e na melhoria contínua dos processos produtivos. No contexto do projeto de pesquisa anterior vigente, relacionado a um framework de suporte à decisão para a manutenção industrial utilizando mineração de processos integrada a modelos preditivos e probabilísticos em redes Bayesianas, o presente plano de atividades propõe a extensão prática desse framework, com ênfase no refinamento dos intervalos de inspeção e na detecção precoce de falhas.

Historicamente, a gestão da manutenção industrial evoluiu de várias práticas corretivas para abordagens preventivas e, ainda mais recentemente, preditivas. As metodologias tradicionais, contudo, não são capazes de extrair, de forma automática e estruturada, padrões ocultos nos dados operacionais e de manutenção gerados nos ambientes industriais. Nesse cenário, a mineração de processos emerge como uma ferramenta analítica robusta e muito bem fundamentada para a revelação de modelos comportamentais reais dos sistemas industriais e processos de manufatura, enquanto modelos probabilísticos e preditivos possibilitam modelagens de eventos, permitindo a estimação de falhas e a simulação de cenários futuros.

O estado da arte atual já reconhece a importância da integração entre mineração de processos e modelagem probabilística e preditiva para a gestão da manutenção. No entanto, implementações práticas ainda enfrentam desafios, como a definição automática de intervalos de inspeção ótimos e a adaptação dinâmica a mudanças comportamentais do processo de manufatura. Tendências recentes destacam a incorporação de técnicas de aprendizado de máquina, processamento de grandes volumes de dados industriais (Big Data) e também aplicações alinhadas à Indústria 4.0, integrando sensores inteligentes e sistemas ciberfísicos.

Nesse contexto, o atual projeto de pesquisa estará diretamente envolvido na aplicação e aprimoramento do framework de suporte à decisão desenvolvido pelo trabalho antecessor, aplicando mineração de processos e modelos preditivos e probabilísticos suportados por aprendizado de máquina, para a otimização dos intervalos de manutenção preventiva e monitoramento do desempenho dos sistemas produtivos, com o objetivo de aumentar a disponibilidade dos ativos e reduzir os custos operacionais.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e conceber um framework de suporte à decisão em manutenção industrial, utilizando mineração de processos e modelos probabilísticos e preditivos orientados à aprendizagem de máquina para otimização de intervalos de inspeção preventiva de manutenção industrial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos a seguir detalham as etapas necessárias para o alcance do objetivo geral, estruturados de forma clara, concisa e numerada para melhor organização e acompanhamento do Plano de Atividade:

- i. Aplicar técnicas de mineração de processos para descoberta de padrões e comportamento de processos produtivos.
- ii. Desenvolver modelos probabilísticos e preditivos para estimar a ocorrência de eventos de falha.
- iii. Treinar os modelos desenvolvidos através de aprendizado de máquina.
- iv. Integrar modelos probabilísticos e preditivos.
- v. Definir intervalos ótimos de inspeção de manutenção industrial preventiva baseando-se em funções de custo e disponibilidade.
- vi. Avaliar a aplicação do framework em cenários simulados.

3 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DO ESTUDANTE E RESULTADOS ESPERADOS

O desenvolvimento do trabalho será realizado ao longo de 12 meses, com dedicação de 20 horas semanais, organizadas conforme a sequência lógica de atividades descrita a seguir:

- Mês 1 a 2:
 - Revisão bibliográfica direcionada sobre mineração de processos, modelos probabilísticos e preditivos e métodos de aprendizagem de máquina aplicados à manutenção industrial.

- Estudo aprofundado do framework desenvolvido no projeto de pesquisa anterior.
- Resultados esperados: consolidação teórica, entendimento do framework e fundamentação metodológica para a execução do plano.
- Mês 3 a 4
 - Aplicação de técnicas de mineração de processos sobre bases de dados industriais (reais ou sintéticas) para descoberta de padrões operacionais e falhas.
 - Seleção e adaptação de algoritmos apropriados para a estrutura dos dados disponíveis.
 - Resultados esperados: geração de modelos de processos, identificação de eventos críticos e de padrões de degradação.
- Mês 5 a 6
 - Desenvolvimento de modelos probabilísticos e preditivos, utilizando modelos tradicionais adaptados e algoritmos de aprendizado de máquina supervisionados (como Random Forest, XGBoost ou Redes Neurais).
 - Implementação de mecanismos de estimativa da probabilidade de falhas e degradações.
 - Resultados esperados: construção de modelos preditivos validados em conjuntos de dados de teste.
- Mês 7 a 8
 - Integração dos modelos de mineração de processos e de previsão probabilística no framework de suporte à decisão.
 - Desenvolvimento de rotinas de atualização automática dos modelos para lidar com alterações comportamentais do processo.
 - Resultados esperados: framework funcional integrado, preparado para adaptação a mudanças operacionais.
- Mês 9 a 10
 - Definição de intervalos ótimos de inspeção de manutenção industrial utilizando critérios de maximização da disponibilidade e minimização de custos, baseados nas previsões dos modelos.

- Aplicação de funções de custo e disponibilidade de máquina e análise de sensibilidade.
- Resultados esperados: proposta otimizada de políticas de inspeção e manutenção preventiva.
- Mês 11 a 12
 - Testes de validação do framework em cenários simulados e análise crítica dos resultados obtidos.
 - Consolidação dos resultados em relatórios técnicos e preparação para publicações científicas.
 - Resultados esperados: avaliação da eficácia da metodologia, contribuição para o estado da arte e recomendações de melhorias futuras.

- Sistemática de Acompanhamento:

O acompanhamento será realizado por reuniões quinzenais com o professor orientador, onde serão discutidos os avanços, as dificuldades e correções de rota. Relatórios trimestrais serão entregues documentando a evolução das atividades, análises parciais e eventuais ajustes no cronograma.

- Contribuição e Relevância:

A pesquisa contribuirá para a consolidação do uso de técnicas de mineração de processos e aprendizado de máquina na gestão de manutenção industrial, alinhando-se às demandas da Indústria 4.0. A integração de modelos preditivos e probabilísticos em frameworks decisórios poderá impactar positivamente tanto o cenário nacional, no fortalecimento da competitividade industrial atual, quanto o internacional, pela inovação na abordagem de manutenção baseada em dados.

4 CONTRIBUIÇÃO PARA A FORMAÇÃO CIENTÍFICA/TECNOLÓGICA DO ESTUDANTE

A execução do presente plano de atividades proporcionará ao estudante o desenvolvimento de competências científicas e tecnológicas alinhadas às demandas atuais da Indústria 4.0, especialmente nos campos de análise de dados, mineração e descoberta de processos industriais de manufatura, concepção e desenvolvimento de

modelos probabilísticos e preditivos, aprendizado de máquina e manutenção preditiva ancorado ao aumento da disponibilidade de equipamentos e redução de custos.

Ao longo do projeto, o estudante será exposto a práticas avançadas de análise de dados industriais, construção de modelos preditivos e integração de soluções computacionais para suporte à decisão. Essa vivência contribuirá significativamente para a consolidação de formação sólida em ciência de dados aplicada à engenharia, com capacidade analítica e senso crítico para lidar com problemas complexos em ambientes reais.

Além disso, a atuação direta com tecnologias emergentes e metodologias de pesquisa fortalecerá autonomia investigativa, pensamento científico e capacidade de elaboração de publicações técnicas e científicas, qualificando o estudante para atuação em centros de pesquisa, indústria e programas de pós-graduação.

5 CRONOGRAMA

O cronograma a seguir apresenta a distribuição das atividades previstas no plano de trabalho, ao longo dos 12 meses de vigência do projeto, considerando uma dedicação semanal de 20 horas por parte do estudante. A organização das etapas foi estruturada de forma lógica e sequencial, assegurando o cumprimento dos objetivos estabelecidos. A sistemática de acompanhamento inclui reuniões quinzenais com o orientador e entrega de relatórios parciais e final, conforme indicado na tabela.

Tabela 1 – Cronograma de desenvolvimento do projeto de pesquisa

Atividades	2025					2026								
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Revisão de literatura	X	X	X	X	X									
Coleta de dados						X	X							
Relatório Parcial							X	X						
Análise dos resultados						X	X	X	X	X				
Relatório Final e Resumo											X	X		
Vídeo-pôster												X	X	
SEMIC/SEMITI														X