

INFERÊNCIA DO ESTADO OPERACIONAL DE MÁQUINAS NA PLATAFORMA IMECC

Mateus Passos, Dhyonatan Freitas, Tathiana Amarantes, Maurício Pillon

INTRODUÇÃO

O advento da Indústria 4.0 intensificou a demanda por monitoramento, impulsionada principalmente pela necessidade de detectar falhas incipientes, avaliar o estado operacional de máquinas e promover melhorias de processo (BELCASTRO et al., 2025). Nesse cenário, o uso de dispositivos de borda com modelos de Inteligência Artificial (IA) configura-se como abordagem estratégica para processar, em tempo real, o grande volume de dados gerado.

Este trabalho de Iniciação Científica teve como objetivo caracterizar o uso de tais dispositivos na plataforma iMecc (*Intelligent Monitoring in ECC for Industry 4.0*), que adota o paradigma de computação *Edge-Cloud Continuum* (ECC) (GIGLI et al., 2023). A aplicação consiste em modelos de IA encapsulados em contêineres, responsáveis por classificar dados coletados em tempo real por sensores IoT que monitoram, de forma não invasiva, um torno e uma fresadora. Foram avaliadas métricas de uso percentual médio de CPU e memória. Os resultados demonstraram que o custo operacional agregado ao custo da aplicação nesses dispositivos é baixo, com médias de 6,01% de uso de CPU e 32% de memória, mantendo desempenho estável frente às tarefas de classificação.

DESENVOLVIMENTO

O trabalho desenvolvido insere-se no contexto da plataforma iMecc, idealizada e prototipada em dois domínios administrativos: o Laboratório de Processamento Paralelo e Distribuído (LabP2D/UDESC) e o Laboratório de Usinagem UniSENAI/Joinville. Na Figura 1, plataforma de ECC, estão ilustrados os Planos Físico e Tecnológico de Software. A arquitetura da plataforma é composta por cinco componentes principais, distribuídos entre software e hardware: **Edge** – dois Raspberry Pi 4 Model B, denominados *Ideafix* e *Obelix*; **Cloud** – dois servidores DELL PowerEdge R-620, denominados *Rollmops* e *Chineque*; **Canal de Integração** – túnel OpenSSH com chave ECDSA operando sobre rede pública entre *Rollmops* e *Ideafix*; **Cloud-Dashboard** – visualizador de dados em tempo real desenvolvido com a ferramenta *Streamlit* 1.40.1; e **Edge-Dashboard** – visualizador de dados em tempo real implementado em *Node-RED*. A aplicação contempla diferentes modelos de Inteligência Artificial: Regressão Logística, Random Forest, Gradient Boosting, Support Vector Machine e Rede Neural Artificial, instanciados a partir das bibliotecas *scikit-learn* e *TensorFlow Lite*.

RESULTADOS

O custo operacional da camada **Edge** – relativo à manutenção da VPN, do serviço de mensageria e do orquestrador de dados – apresentou baixo consumo de recursos computacionais. O uso médio de memória foi de 1.873 MB de RAM (22,96% da capacidade total) e o de processamento, de 2,82% de CPU. Durante a inferência, o pico registrado foi de 33,33% de CPU. Quanto ao tempo de inferência dos modelos, os resultados (Figura 2) confirmam a hipótese inicial de que a aplicação de IA em dispositivos de borda constitui uma

estratégia compatível com os requisitos de ambientes industriais modernos, possibilitando a detecção do estado operacional de máquinas — caso de uso explorado nesta pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os experimentos realizados na camada **Edge** da plataforma iMecc evidenciaram que o custo de inferência sobre dados provenientes do monitoramento de torno e fresadora, no Laboratório de Usinagem UniSENAI/Joinville, é reduzido. Além disso, o custo operacional dos dispositivos de borda mostrou-se negligenciável. Assim, a abordagem proposta revelou-se adequada às demandas dinâmicas de monitoramento de ativos industriais, em consonância com os princípios da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Edge, Cloud, ECC, IaaS, PaaS.

ILUSTRAÇÕES

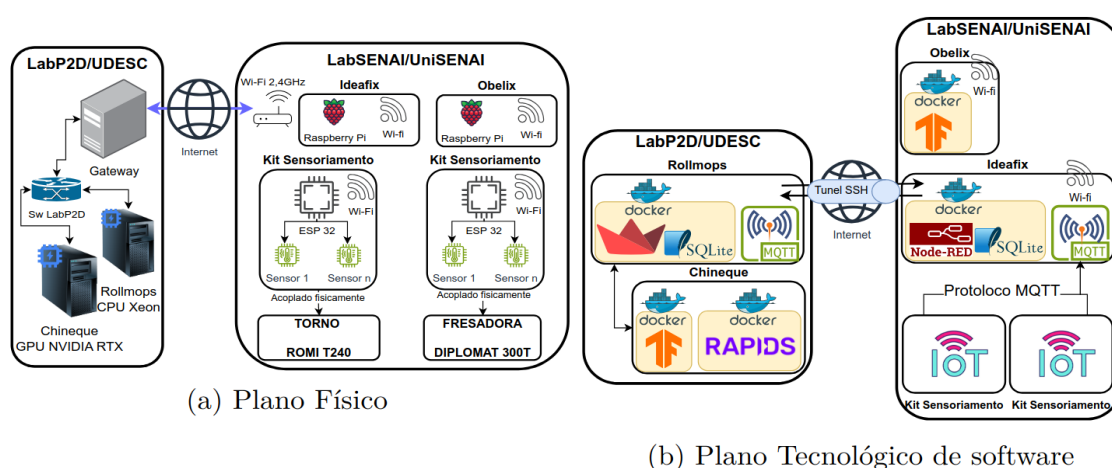


Figura 1. Plataforma ECC, 2025.

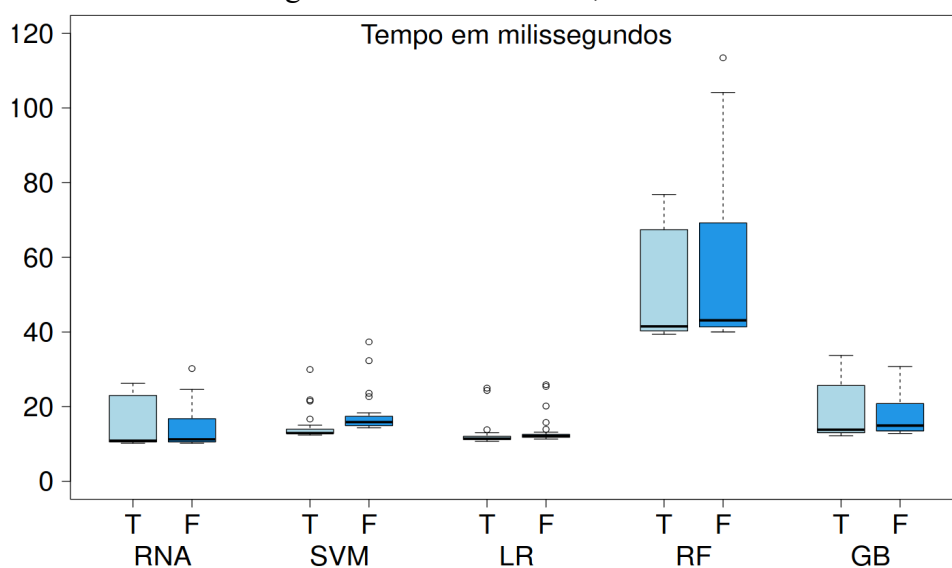


Figura 2. Tempo de inferência dos modelos, 2025.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELCASTRO, L.; MAROZZO, F.; PRESTA, A.; VARCHERA, R.; VINCI, A. Developing platform-agnostic IIoT applications in edge-cloud environments. *Procedia Computer Science*, v. 253, p. 2106–2115, 2025.

GIGLI, L. et al. Next generation edge-cloud continuum architecture for structural health monitoring. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 20, n. 4, p. 5874–5887, 2023.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Mateus Unulino dos Passos

MODALIDADE DE BOLSA: PIBIC

VIGÊNCIA: 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Maurício Aronne Pillon

CENTRO DE ENSINO: CCT

DEPARTAMENTO: Departamento de Ciência da Computação

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Ciências Exatas e da Terra / Ciência da Computação

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Sistemas Massivamente Descentralizados: tendências, tecnologias, aplicações e ferramentas.

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP4142-2023