

SISTEMA DE TELEMETRIA PARA MÁQUINA COM TRABALHOS DE ULTRA PRESSÃO, COM USO DE TECNOLOGIA DE SOFTWARE LOW-CODE EM SISTEMAS EMBARCADOS

TELEMETRY SYSTEM FOR A MACHINE OPERATING UNDER ULTRA-HIGH PRESSURE USING LOW-CODE SOFTWARE TECHNOLOGY IN EMBEDDED SYSTEMS

Rafael de Souza Costa ^{1, i}
Michel de Moura Chaparro ^{2, ii}
Hugo Sakai Idagawa ^{3, iii}
José Neves Bezerra Junior ^{4, iv}
Carlos Augusto de Araújo Melo ^{5, v}

RESUMO

O artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de telemetria para monitoramento remoto de máquina de ultra pressão com uso de água, integrando sensores, protocolo MQTT, Node-RED, InfluxDB e Grafana. O objetivo foi propor uma arquitetura eficiente e escalável, capaz de fornecer dados em tempo real, relatórios automáticos e suporte à manutenção preditiva. Os resultados apontam para a viabilidade técnica, modularidade e aplicabilidade em ambientes industriais críticos.

Palavras-chave: Telemetria, MQTT, Node-RED, InfluxDB, Grafana.

ABSTRACT

This article presents the development of a telemetry system for remote monitoring of an ultra-high-pressure machine, integrating sensors, MQTT protocol, Node-RED, InfluxDB and Grafana. The goal was to design an efficient and scalable architecture, capable of providing real-time data, automatic reports, and predictive maintenance support. Results demonstrate technical feasibility, modularity, and applicability in critical industrial environments.

Keywords: Telemetry, MQTT, Node-RED, InfluxDB, Grafana.

1 INTRODUÇÃO

A evolução dos processos industriais nas últimas décadas tem sido impulsionada pela

¹ Pós-graduando em Automação e Controle Industrial na Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange”. E-mail: rafaels_costa@hotmail.com

² Professor Mestrando em Automação - Engenharia Mecânica, Especialista em Engenharia de Controle e Automação Industrial e Mecatrônica, Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange”. E-mail: michel.chaparro@sp.senai.br

³ Professor Mestre em Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange”. E-mail: hugo.sakai@sp.senai.br

⁴ Professor Mestrando em Automação - Engenharia Mecânica, Especialista em Automação Industrial e Controle de Processos Industriais. Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange”. E-mail: jose.njunior@sp.senai.br

⁵ Professor Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Manje”. E-mail: carlos.araujo@sp.senai.br

incorporação de tecnologias digitais, consolidando o conceito de Indústria 4.0. Entretanto, máquinas hidrojetado de água em ultra pressão ainda enfrentam desafios de confiabilidade e prevenção de falhas. Diante disso, a formação de conceito para este artigo segue:

Problema de pesquisa: Como desenvolver uma solução tecnológica capaz de monitorar remotamente, o desempenho da máquina, assegurando confiabilidade, integração e suporte à manutenção preditiva?

Objetivo geral: Desenvolver e validar um sistema de telemetria para o monitoramento remoto de uma máquina de ultra pressão, utilizando tecnologias da Indústria 4.0.

Objetivos específicos: Integrar sensores ao sistema de controle da máquina, implementar comunicação via protocolo MQTT, processar e estruturar os dados por meio do Node-RED, armazenar as informações em banco de dados InfluxDB, disponibilizar dashboards interativos no Grafana para acompanhamento em tempo real.

Justificativa: Pela necessidade dos dashboards interativos para diagnósticos rápidos e decisões assertivas, desta forma, o trabalho busca demonstrar a viabilidade e os benefícios da aplicação de tecnologias digitais no monitoramento de ativos críticos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A Internet das Coisas (IoT) é considerada uma das principais tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, possibilitando a integração de sensores, atuadores e sistemas digitais para automação e controle em tempo real (LIMA; PINTO, 2019). Oliveira, Silva e Fernandes (2021, p. 15) destacam que “os sistemas de IoT são compostos por dispositivos físicos conectados à internet que coletam e trocam dados, formando redes interativas capazes de monitorar e controlar processos em tempo real”.

No campo dos protocolos, três se destacam: HTTP, robusto, mas pesado para IoT; COAP, voltado a dispositivos com recursos limitados; e MQTT, amplamente adotado por sua leveza e confiabilidade em cenários de telemetria (HIVEMQ, 2021; VIEIRA, 2024). Quanto à segurança, o uso do MQTT na porta 8883 com TLS/SSL garante confidencialidade e integridade dos dados, sendo recomendado para ambientes produtivos. Conforme a WEG (2021), a porta 1883 deve ser restrita a testes, enquanto o BNDES (2021) ressalta que certificados digitais são fundamentais para autenticação e proteção contra interceptações.

Plataformas complementares fortalecem a conectividade. O Node-RED permite integração visual e rápida de fluxos (NODERED, 2024); o InfluxDB oferece armazenamento otimizado de séries temporais (SANTOS; CRUZ, 2022); e o Grafana possibilita dashboards dinâmicos para tomada de decisão (GRAFANALABS, 2024; PONTE, 2022). Para envio de relatórios e alertas, utiliza-se o SMTP, protocolo consolidado de comunicação de e-mails (CLOUDFLARE, 2024).

Além das tecnologias digitais, o estudo aborda o hidrojetamento com ultra pressão (UHP), processo que atinge até 2800 bar, eficaz na limpeza industrial sem uso de químicos. Contudo, envolve riscos críticos, como perfurações, projeção de detritos e falhas de componentes. Assim, normas de segurança e uso de EPI certificados são indispensáveis (ABDI, 2021).

3 METODOLOGIA

O processo priorizou confiabilidade, escalabilidade e segurança, sendo validado em ambiente controlado para garantir reprodutibilidade dos resultados.

A arquitetura em camadas envolveu:

Aquisição de dados: sensores de pressão (0–25 bar e até 4000 bar), temperatura (–50 °C a 150 °C) e horímetro, conectados ao CLP;

Controle local: o CLP integra sensores, inversor de frequência e IHM, que também atua como cliente MQTT;

Transmissão MQTT: envio em tempo real com tópicos hierárquicos, usando porta 8883 (TLS) para criptografia e autenticação de usuário/senha, hospedado em broker HiveMQ;

Processamento em Node-RED: parsing dos dados, filtragem, cálculo de indicadores (tempo útil, eficiência), formatação em JSON e lógica de alarmes;

Armazenamento em InfluxDB: registros em séries temporais com timestamp e tags para consultas históricas;

Visualização em Grafana: dashboards com gráficos de pressão/temperatura, indicadores de status e métricas de eficiência.

A proteção dos dados envolveu múltiplas camadas: uso exclusivo da porta 8883/TLS, autenticação com credenciais específicas e certificados digitais, além de organização hierárquica dos tópicos MQTT (ex.: LEMASA/AREATESTES/PAINEL550CV/TEMPAG), garantindo controle de acesso e

O Node-RED foi configurado para:

Relatórios diários automáticos em CSV, enviados via SMTP seguro (porta 465, SSL);

Alertas em tempo real quando parâmetros ultrapassaram limites críticos (ex.: pressão > 3100 bar, óleo > 85 °C). As mensagens contêm tipo de evento, data, valor registrado, permitindo ação imediata da equipe responsável.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

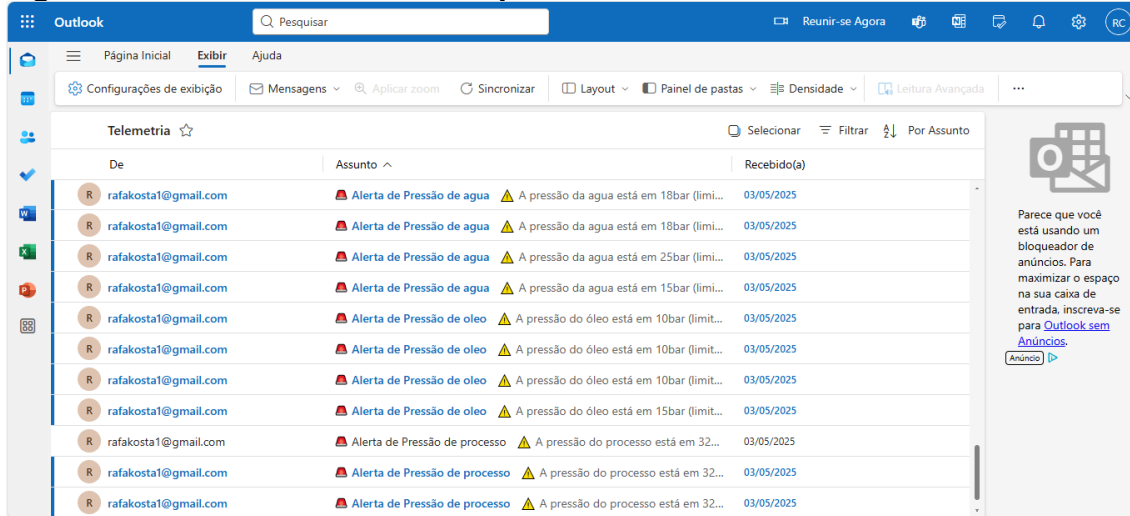
Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos com a implementação do sistema de telemetria proposto.

Figura 1 – Dashboard Grafana-máquina ligada



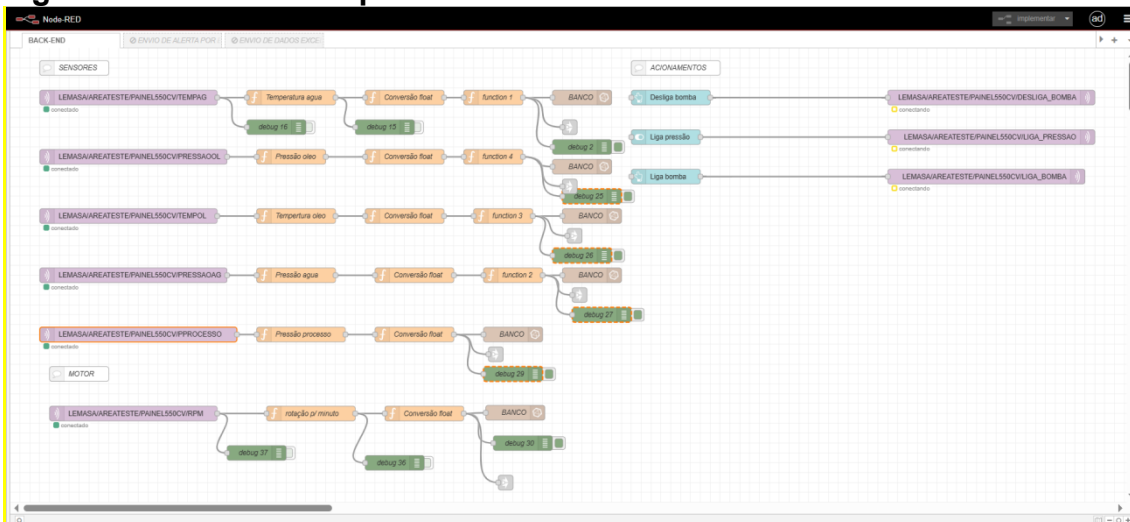
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 2 – Evidências de alertas por e-mail



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3 – Variáveis de processo trabalhadas com Node-red



Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÃO

O trabalho comprovou a viabilidade de um sistema de telemetria para máquina de ultra pressão, unindo MQTT, Node-RED, InfluxDB e Grafana. A solução é modular, escalável e adequada a ambientes industriais, fortalecendo manutenção preditiva e confiabilidade operacional. Confirma-se que ferramentas low-code contribuem para a digitalização e maior eficiência produtiva, alinhadas à Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

- **ABDI**, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. *Indústria 4.0*. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021, p.19. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivo-camara-industria/iniciativas/ci_nt_nicho_tec_nac.pdf>. Acesso em: 16 maio 2025.

- **BNDES**, Banco Nacional do Desenvolvimento. *Autenticação mútua TLS para acesso seguro ao BNDES Online*. Rio de Janeiro, 2021, p.4. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/sbn/BNDES_online/Arquivos/BNDES-Online-Autenticacao-Mutua-TLS.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2025.
- **CLOUDFLARE**. *O que é SMTP?* 2024. Disponível em: <<https://www.cloudflare.com/pt-br/learning/email-security/what-is-smtp/>>. Acesso em: 20 maio 2025.
- **GRAFANA** Labs. *Grafana Cloud Documentation*. 2024. Disponível em: <<https://grafana.com/docs/grafana-cloud/>>. Acesso em: 21 maio 2025.
- **HIVEMQ**. *MQTT vs CoAP: Which one is the best for IoT?* 2021. Disponível em: <<https://www.hivemq.com/blog/mqtt-vs-coap-for-iot/>>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- **LIMA**, Alessandro Gomes de; **PINTO**, Gilmar Soares. *Indústria 4.0: um novo paradigma para a indústria*. *Revista Interface Tecnológica*, v. 16, n. 2. 2019, p.299–311. Disponível em: <<https://doi.org/10.31510/infa.v16i2.642>>. Acesso em: 11 mar. 2025.
- **NODE-RED**. *Node-RED: Flow-based programming for the Internet of Things*. 2024. Disponível em: <<https://nodered.org>>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- **OLIVEIRA, A.; SILVA, L. J.; FERNANDES, M. M.** *Admirável mundo novo na perspectiva da tríade: Internet das Coisas, pessoas e mercados*. 2021, p.15, *Revista Pensamento Contemporâneo em Inovação*. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pci/a/XcYP8sxPzF4q3y4bkPx9nBt/?format=pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- **SANTOS, R.; CRUZ, F.** *InfluxDB: Banco de Dados de Séries Temporais de Código Aberto*. *Blog Jadilson Barros*, 2022. Disponível em: <<https://jadilsonbarros.com/influxdb/>>. Acesso em: 19 maio 2025.
- **VIEIRA**, Emanuel de Franceschi et al. *Análise de Desempenho e Eficiência Energética dos Protocolos MQTT e CoAP no contexto de IoT*. In: *Anais Estendidos do XXIV Simpósio Brasileiro de Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais (SBSEG)*, 2024, p. 321–327. São José dos Campos/SP. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024.
- **WEG**. *Bibliotecas MQTT Client SL JSON Utilities SL PLC500: Nota de Aplicação*. Jaraguá do Sul: WEG, 2021. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h66/h41/WEG-PLCx-MQTT-application-note-10012146401-pt.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2025.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força e sabedoria concedidas. Aos meus orientadores, professores, colegas, esposa e familiares, pelo apoio fundamental nesta jornada. A todos, meu muito obrigado.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

i **RAFAEL DE SOUZA COSTA**

Foto Graduado em Engenharia de Produção pela Faculdade CEUNSP - Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio, cursando atualmente a Pós-Graduação em Automação e Controle de Processos industriais pela Faculdade SENAI de Tecnologia. Tem experiência na área de Engenharia, com ênfase em Projetos Mecatrônicos. Atualmente, é Projetista Pleno na empresa LEMASA/COMET.

ii **MICHEL DE MOURA CHAPARRO**

Foto Professor Mestrando em Automação - Eng^a Mecânica, Especialista em Engenharia de Controle e Automação Industrial e Mecatrônica, Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange”

iii **HUGO SAKAI IDAGAWA**

Foto Professor Mestre em Engenharia mecânica, Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange”.

iv **JOSÉ NEVES BEZERRA JUNIOR**

Foto Professor Mestrando em Automação - Eng^a Mecânica, Especialista em Automação Industrial e Controle de Processos Industriais. Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange”.

v **Carlos Augusto de Araújo Melo**

Foto Professor Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange”