



Automação industrial usando protocolo MQTT e Node-RED com controlador lógico programável

Industrial automation using MQTT and Node-RED protocol with programmable logic controller

Camila Biazeto de Souza¹, Rodrigo da Ponte Caun²,
Willian Ricardo Bispo Murbak Nunes³

RESUMO

A humanidade possui a habilidade criativa de propor soluções inovadoras no âmbito de processos, produtos e serviços, visando alcançar melhores índices de eficiência, bem como propor qualidade de vida e transformação social. E neste contexto, a automação industrial tem sido um agente de transformação na história mais recente da vida humana. O controlador lógico programável (CLP) é o elemento central na arquitetura da automação, intermediando as informações de sensores e atuadores do processo, mas também estabelecendo interface com sistemas de gerenciamento e supervisão de dados alocados em nuvem. A adoção da automação em um processo industrial assegura algumas vantagens para empresa, tais como: redução do erro humano na fabricação, uniformidade no produto, minimização dos casos de lesões por esforço repetitivo, monitoramento por gráficos das variáveis de interesse, entre outros. Este trabalho apresenta uma proposta de automação de coleta e visualização de dados utilizando protocolo MQTT e Node-RED. Os resultados experimentais com CLP Altus Nexto Xpress em uma bancada didática demonstraram o funcionamento da abordagem proposta.

PALAVRAS-CHAVE: internet da coisas industrial; protocolos de comunicação; revolução industrial.

ABSTRACT

Humanity has the creative ability to propose innovative solutions in processes, products and services, aiming to achieve better efficiency rates, as well as propose quality of life and social transformation. In this context, industrial automation has been an agent of transformation in the most recent history of human life. The Programmable Logic Controller (PLC) is the core element in the automation architecture, intermediating information from process sensors and actuators, but also interfacing with cloud-allocated data management and supervision systems. The adoption of automation in an industrial process ensures some advantages for the company, such as reduction of human error in manufacturing, uniformity in the product, minimization of injuries by repetitive effort, and monitoring by graphs of variables of interest, among others. This work presents a proposal for the automation of data collection and visualization using MQTT and Node-RED protocol. The experimental results with Altus Nexto Xpress PLC in a didactic bench demonstrated the operation of the proposed approach.

KEYWORDS: industrial internet of things; communication protocols; industrial revolution.

¹ Bolsista PIVIC. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: souzac@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 8377312345879995.

² Docente no curso de Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: rodrigocaun@utfpr.edu.br. ID Lattes: 3945379729001649.

³ Docente no curso de Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Apucarana, Paraná, Brasil. E-mail: willianr@utfpr.edu.br. ID Lattes: 4889618956920630.



INTRODUÇÃO

A quarta revolução industrial está atualmente em ascensão em todo o mundo, impulsionada pela crescente adoção de novas tecnologias e conceitos, tais como a internet das coisas industrial, a análise de dados em larga escala (*big data*) e outros avanços tecnológicos. No Brasil, essa onda de industrialização está avançando gradualmente, enfrentando uma série de desafios significativos que exigem abordagens criativas e estratégias bem planejadas. Entre esses desafios, destacam-se a necessidade de investimentos substanciais, infraestrutura e fornecedores com defasagens, a transformação da cultura organizacional e a carência de mão de obra altamente especializada.

A evolução da revolução industrial evoluiu da mecanização para a linha de produção no início do século XX, seguindo para a técnica científica após 1970 e atualmente está sendo desenvolvido a indústria 4.0, ou também conhecida pela *cyber-physical system* (HORVATH; SZABO, 2019).

Através de incentivo do governo alemão, em 2011, com a intenção de promover uma produção avançada e aumentar a produtividade, surgiu o termo indústria 4.0, conectando tecnologias emergentes à agregação de valor em todo ciclo do produto. Sendo que tal movimento ocorreu em outros países desenvolvidos, como EUA, impactando diretamente nas esferas econômica, política e social. Em geral, a indústria 4.0 é baseada na digitalização, inteligência dos sistemas de produção e integração com a internet (BAIO JUNIOR; CARRER, 2022).

A indústria 4.0 tem como princípio as fábricas serem autossuficientes na programação de manutenções e antecipação de falhas às mudanças ocasionais (YAMADA; MARTINS, 2019). Segundo (SANTOS et al., 2018), os elementos-chaves definidos para esta nova industrialização são: a interação homem-máquina, a digitalização, os serviços que agregam valor, a comunicação de dados, a customização e a otimização da produção, a automação e a adaptação. Conforme destaca (HORVATH; SZABO, 2019), para suportar tal capacidade é necessário um conjunto de tecnologias da informação e de engenharia, conhecido como os pilares da indústria 4.0, que são: *big data*; simulação; integração horizontal e vertical dos sistemas; *industrial internet of things* (IIoT); *cloud computing*; manufatura aditiva; robôs autônomos; realidade aumentada; *cybersecurity*.

O termo IIoT (do inglês, *industrial internet of things*) refere-se a ampla conectividade de rede com mínima interferência humana para a troca e consumo de dados. Assim, definido por (BOYES et al., 2018), a IIoT é composta por objetos inteligentes em rede, associação de tecnologias da informação, plataformas de computação em nuvem que permite a aquisição, acesso, análise, troca de informações entre processos e produtos, em tempo real e autônomo. A união destes fatores no meio industrial gera valor, otimizando a produção.

Associado diretamente com o IIoT, um dos protocolos a serem utilizados neste trabalho será o MQTT (do inglês, *Message Queuing Telemetry Transport*), desenvolvido em 1999 pela IBM e padronizado pela ISO/IEC PRF 20922, possui funcionalidades atraentes para a comunicação em nuvem, através da flexibilidade e comunicação assíncrona no sistema, permitindo interrupções na comunicação com poucas perdas de dados. No geral, é formado pelo cliente, um dispositivo conectado à internet, e o intermediador (*broker*), um servidor em nuvem que recebe e envia as mensagens entre os clientes (PIMENTEL; MUNARO, 2022).

Nesse contexto desafiador, este trabalho desempenha um papel crucial, contribuindo para



a disseminação de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades essenciais na formação de profissionais altamente especializados no campo da automação industrial. Isso é alcançado através de uma proposta de solução para uma situação-problema, que incorpora a comunicação de IIoT sob o protocolo MQTT por meio de CLP e uma *dashboard* desenvolvida com Node-RED.

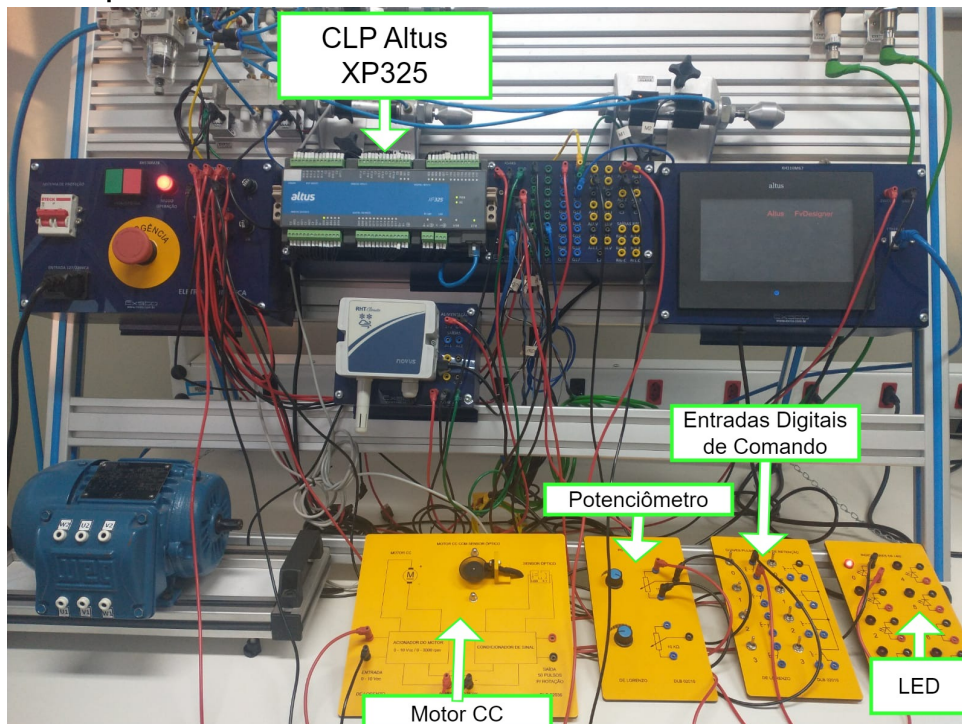
MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho adota o *software* Mastertool IEC XE, que é o ambiente de programação para controladores lógico programáveis (CLPs) da empresa Altus. Além disto, foi utilizado também o Node-RED, que é uma plataforma de código aberto, desenvolvido pela IBM Emerging Technology, para a criação de fluxos de automação e integração de sistemas, especialmente voltada para IoT e automação industrial. E para implementar um *broker* IoT de mensagens entre os dispositivos da rede foi utilizado o Eclipse Mosquitto, que é *open source* e adota o modelo *publilsher/subscriber* por meio do protocolo MQTT .

O CLP utilizado para validação experimental foi o modelo XP325, que possui 16 entradas digitais, 16 saídas digitais a transistor, uma porta Ethernet, um canal Serial padrão RS-485, uma porta CAN, uma interface USB. 2 entradas analógicas RTD de dois e três fios, 5 entradas analógicas e 4 saídas analógicas para tensão e corrente.

Para os ensaios de validação experimental com CLP foi utilizado uma bancada didática Exsto. Na entrada analógica foi adotado um potenciômetro e para a entrada digital um *push-button*. E a saída analógica foi ligada um motor CC e a saída digital em um LED, conforme indicado na Figura 1.

Figura 1 – Bancada didática utilizada para validação experimental do protocolo MQTT, a programação do CLP, *broker* Mosquitto e a interface Node-RED.



Fonte: Autores.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

A execução deste estudo consiste no gerenciamento de quatro frentes: camada de *software* - via MasterTool - do CLP, adaptação da bancada didática com IOs definidas, configurações no sistema Node-RED e Eclipse Mosquitto.

A aplicação do CLP Altus XP325 com protocolo MQTT ocorre com o uso da biblioteca LibMQTT. Nesta biblioteca é possível configurar a quantidade máxima de *publisher* e *subscribers*, assim como as funções específicas destes. É necessário entender que a relação de *publisher* e *subscriber* é referente ao *broker*, neste caso, o Eclipse Mosquitto. De forma que o MasterTools realiza a interface entre o CLP e o *broker*, onde há tratamento dos dados obtidos pelo CLP e realiza uma leitura ou uma publicação no *broker*, relacionados respectivamente às *outputs* e *inputs* do CLP. Sendo que as informações são transmitidas em formato de *payload*.

Os principais pontos de programação no MasterTool IEC XE consiste em configurar a conexão, publicação e assinatura. Na conexão é anexado o *Hostname* (IP da máquina ou servidor) e porta MQTT (usualmente 1883), contém a estrutura da camada de segurança por meio de *username* e *password*, os indicadores de status da conexão e habilita o bloco MQTT. Tanto para publicação quanto assinatura a variável de acesso é caracterizada como um tópico, deste modo, toda operação é necessário especificar o tópico em questão. Na publicação para o *broker* há opção de sempre enviar a informação ou apenas quando há algum tipo de alteração. Considerando a sobrecarga do *broker*, escolheu-se a segunda.

A estrutura de *publisher* apresentada na Figura 2, caracteriza o número do *publisher*, habilita o tópico para publicação, a *input* relacionada, o nome do tópico, endereço do *payload* e o tamanho do mesmo, esta estrutura deve repetir para cada tópico existente. Já no *subscriber*, exemplificado na Figura 2, caracteriza o número do *subscriber*, qual tópico está assinado, o endereço para recolher as informações e o tamanho da mensagem. Para aplicação das mensagens do *subscriber* deve ser considerada a natureza do *output* (digital ou analógico). No tópico com saída digital é necessário realizar uma conversão ASCII para booleano e no analógico a conversão é de *string* para inteiro, além de considerar as conversões internas do CLP.

Figura 2 – Código MasterTools *publisher* e *subscriber*.

| Publish | Subscribe |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <pre>N_Pub := 3; PUBS[N_Pub].bEnablePublish := NOT MQTT_Start.Publish_Status[N_Pub]; PubMessage[N_Pub] := INT_TO_STRING(AI0); PUBS[N_Pub].sPublishTopic := 'Altus2/AI0'; PUBS[N_Pub].pbPublishPayload := ADR(PubMessage[N_Pub]); PUBS[N_Pub].uiPublishPayloadSize := LEN(PubMessage[N_Pub]);</pre> | <pre>N_Sub := 2; SUBS[N_Sub].sSubscribeTopic := 'Altus2/A00'; SUBS[N_Sub].pbPayloadBuffer := ADR(RcvMsg2); SUBS[N_Sub].uiMaxPayloadSize := SIZEOF(RcvMsg2); A00 := 300*(STRING_TO_INT(RcvMsg2));</pre> |

Fonte: Autores.

O Node-RED pode ser aplicado em diversos meios como o Docker, Android, AWS ou Azure. Nos ensaios, utilizou-se a máquina local. Após todas as instalações necessárias indicadas no tutorial do próprio fabricante, gera-se um *prompt* de controle “Node.js”. O comando “node-red” deve ser executado neste *prompt* para inicializar o servidor e gerar um HTTP. Ao acessar o HTTP é possível programar toda a interface por meio de blocos funcionais de rede e *dashboard* e configurar a conexão com o *broker* através do IP do servidor.



A configuração principal do *broker* envolve o *download* do programa Eclipse Mosquitto. Após instalação é necessário ativá-lo por meio do *prompt* com o comando “mosquitto -v -c mosquitto.conf”. Quando a conexão é estabilizada as relações de *subscribe* e *publish* começam a referenciar no *broker*, onde a cada comunicação é registrado.

Neste ensaio de bancada, as interações do CLP e Node-RED com o *broker* foram possíveis de analisar via *logs* do *broker*, conforme a Figura 3, via bancada - circuito interativo - e via *Dashboard*, conforme a Figura 4.

Figura 3 – Logs do broker.

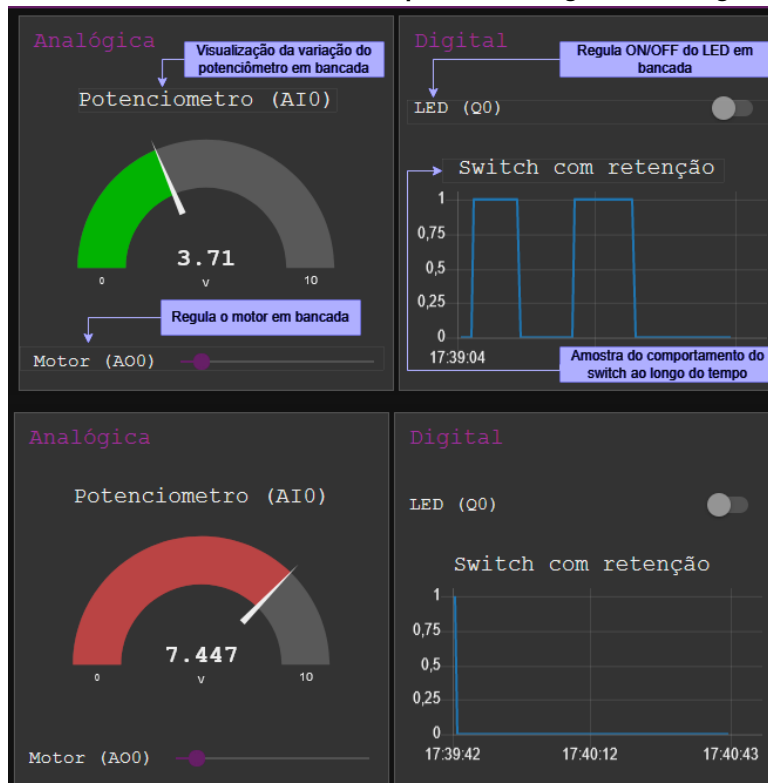
```

Novo cliente
1694987182: New client connected from 127.0.0.1:61704 as auto-1F4788FE-5137-E9BC-86B0-CE0DD24C1428 (p2, c1, k60).
1694987182: No will message specified.
1694987182: Sending CONNACK to auto-1F4788FE-5137-E9BC-86B0-CE0DD24C1428 (0, 0)
1694987182: Received SUBSCRIBE from auto-1F4788FE-5137-E9BC-86B0-CE0DD24C1428
1694987182: Altus2/Q0 (QoS 0)
1694987182: auto-1F4788FE-5137-E9BC-86B0-CE0DD24C1428 0 Altus2/Q0
1694987182: Sending SUBACK to auto-1F4788FE-5137-E9BC-86B0-CE0DD24C1428
1694987214: Received PUBLISH from nodered_1ace2297cba4e5d2 (d0, q0, r0, m0, 'Altus2/Q0', ... (4 bytes))
1694987214: Sending PUBLISH to auto-1F4788FE-5137-E9BC-86B0-CE0DD24C1428 (d0, q0, r0, m0, 'Altus2/Q0', ... (4 bytes))
1694987255: Client auto-1F4788FE-5137-E9BC-86B0-CE0DD24C1428 closed its connection.
1694987274: Received PINGREQ from nodered_1ace2297cba4e5d2
1694987274: Sending PINGRESP to nodered_1ace2297cba4e5d2
1694987334: Received PINGREQ from nodered_1ace2297cba4e5d2

1695069345: Received PUBLISH from mosq/>G1C<ZjPcR@qcTtK*8 (d0, q0, r0, m0, 'Altus/I00', ... (5 bytes))
1695069345: Received PUBLISH from mosq/>G1C<ZjPcR@qcTtK*8 (d0, q0, r0, m0, 'Altus/AI0', ... (3 bytes))
1695069346: Received PUBLISH from mosq/>G1C<ZjPcR@qcTtK*8 (d0, q0, r0, m0, 'Altus2/I0', ... (8 bytes))
1695069346: Sending PUBLISH to nodered_41abed03b9ece5b8 (d0, q0, r0, m0, 'Altus2/I0', ... (8 bytes))
1695069346: Received PUBLISH from mosq/>G1C<ZjPcR@qcTtK*8 (d0, q0, r0, m0, 'Altus2/I0', ... (8 bytes))
1695069346: Received PUBLISH from mosq/>G1C<ZjPcR@qcTtK*8 (d0, q0, r0, m0, 'Altus2/I0', ... (8 bytes))
1695069346: Received PUBLISH from mosq/>G1C<ZjPcR@qcTtK*8 (d0, q0, r0, m0, 'Altus2/I0', ... (8 bytes))
    
```

Fonte: Autores.

Figura 4 – Dashboard Node-RED desenvolvida para os IOs digitais e analógicas da bancada.



Fonte: Autores.



CONCLUSÃO

As aplicações da automação industrial buscam pela melhoria contínua e a IIoT tem sido uma grande alinhada, visto seus benefícios de sua usabilidade, como uma gestão abrangente de seus serviços através da alta obtenção de dados e um controle remoto da produção.

Este estudo enfatizou a aplicabilidade do MQTT para a indústria, visto que simultaneamente os dados obtidos no chão de fábrica atingem o *broker*, possibilitando o armazenamento em nuvem, monitoramento constante mesmo fora da rede do CLP e como porta de entrada de outros serviços como a AWS.

Para trabalhos futuros, sugere-se avaliar a latência para uma quantidade massiva de dados.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PROPPG, COELT-AP e DIRPPG-AP pelo suporte financeiro para realização da pesquisa.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

- BAIO JUNIOR, Antonio Arnaldo; CARRER, Marcelo José. Adoption of Industry 4.0 technologies: an analysis of small and medium-sized companies in the state of São Paulo, Brazil. **Gestão & Produção**, SciELO Brasil, v. 29, 2022.
- BOYES, Hugh et al. The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. **Computers in Industry**, v. 101, p. 1–12, 2018. ISSN 0166-3615. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015>. Disponível em: [↗](#).
- HORVATH, Dora; SZABO, Roland Zs. Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 146, p. 119–132, 2019. ISSN 0040-1625. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>. Disponível em: [↗](#).
- PIMENTEL, Matheus Rangel; MUNARO, Celso Jose. Sistema baseado em nuvem para o monitoramento de uma planta industrial, 2022. Disponível em: [↗](#).
- SANTOS, Beatrice Paiva et al. Industry 4.0: challenges and opportunities. **Revista Produção e Desenvolvimento**, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2018.
- YAMADA, Viviane Yukari; MARTINS, Luís Marcelo. Indústria 4.0: um comparativo da indústria brasileira perante o mundo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, esp., p. 95–109, 2019.