



SÃO PAULO

FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA
REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA

SISTEMA REMOTO DE MONITORAMENTO DE VEÍCULOS AUTO GUIADOS

MONITORING AUTOMATED GUIDED VEHICLE SYSTEM

Luis Fernando Ferreira da Silva^{1, i}
Thiago Tadeu Amici^{2, ii}
Daniel Otávio Tambasco Bruno^{3, iii}
Claudio Luis Magalhães Fernandes^{4, iv}

Data de submissão: (11/03/2022) Data de aprovação: (24/06/2022)

RESUMO

Com o aumento e popularização da automação e sistemas automatizados dentro das fábricas, cada vez mais as atividades manuais estão sendo substituídas por algum dispositivo ou sistema que torne o serviço mais ágil e, em alguns casos, mais seguros para os colaboradores. Este aumento dos sistemas automatizados faz com que seja necessário um sistema para controle e supervisão deles. Em nossa fábrica, o abastecimento da linha de produção foi totalmente automatizado. O trabalho que era feito por operadores em carrinhos elétricos ou empilhadeiras a gás, foi substituído por alguns *Automated Guided Vehicles* (AGVs). Neste artigo será relatado o desenvolvimento do sistema para supervisão dos dispositivos AGVs utilizados no abastecimento da linha de produção. O objetivo foi tornar cada AGV um dispositivo de Internet das Coisas Industrial (IIoT), e assim, integrá-los em uma rede. A partir deste ponto, foi possível obter as principais informações relevantes ao processo, possibilitando a atuação mais rápida do operador na solução das interferências ocorridas durante a sua movimentação. Para visualização das informações em qualquer dispositivo, sem demandar nenhum sistema supervisor ou aplicativo instalado previamente, foi desenvolvida uma página *web* utilizando as linguagens HTML, CSS, Angular 8 e JavaScript, onde através do *browser* de qualquer dispositivo, o usuário cadastrado no sistema poderá acompanhar o fluxo dos AGVs na fábrica e consultar informações básicas do processo, necessitando apenas de uma conexão com a Internet.

¹ Tecnólogo em Automação Industrial e Pós-graduando em Indústria 4.0 na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: luis.silva1102@gmail.com

² Mestre em Automação e Controle de Processos e professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: thiago.amici@sp.senai.br

³ Mestre em Engenharia da Informação. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: daniel.bruno@sp.senai.br

⁴ Mestre em Engenharia Mecânica e Diretor Acadêmico do Ensino Superior no SENAI-SP.
E-mail: claudio.fernandes@sp.senai.br

ABSTRACT

With the increase and popularization of automation and automated systems within factories, more and more manual activities are being replaced by some device or system that makes the service more agile and, in some cases, safer for employees. This increase in automated systems makes a system necessary to control and supervise them. In our factory, the supply of the production line was fully automated. The work that was done by operators on electric carts or gas forklifts has been replaced by some Automated Guided Vehicles (AGVs). In this article, the development of the system for supervision of AGVs devices used in supplying the production line will be reported. The goal was to make each AGV an Industrial Internet of Things (IIoT) device, and thus integrate them into a network. From this point, it was possible to obtain the main information relevant to the process, enabling the operator to act more quickly in solving the interferences that occurred during its movement. To view the information on any device, without requiring any supervisory system or previously installed application, a web page was developed using HTML, CSS, Angular 8, and JavaScript languages, where, through the browser of any device, the user registered in the system can follow the AGVs flow at the factory and consult basic process information, requiring only an Internet connection.

1 INTRODUÇÃO

As revoluções industriais são caracterizadas por grandes mudanças de paradigmas dos sistemas de produção. A primeira revolução industrial ocorreu entre os séculos 18 e 19, e foi marcada pela introdução das máquinas e motores a vapor no processo produtivo, determinando o fim do trabalho artesanal. A primeira revolução industrial foi marcada pela mecanização da indústria têxtil, proporcionada pela invenção da máquina a vapor. A segunda revolução industrial teve a introdução da eletricidade e o petróleo, que começou a ser utilizado em motores de combustão interna. Outro marco da segunda revolução industrial, foi a organização do trabalho, que mudaria significativamente os processos de produção com a criação da linha de montagem por Henry Ford.

A introdução de sistemas computadorizados e microprocessadores marcaram a terceira revolução industrial, com a atribuição de tarefas da linha de produção aos robôs, possibilitando maior velocidade e menor número de erros. Passados dois séculos da introdução das primeiras máquinas nos processos industriais, o mundo está vivendo um novo período revolucionário, envolvendo as principais inovações nos campos de tecnologia da automação, tecnologia da informação e manufatura avançada.

Esta fase tem como principal característica a conectividade. Destacando-se as tecnologias habilitadoras como Internet das Coisas (IoT), sistemas ciber-físicos e, *Big Data* e *Analytics*. Na figura 1, é possível exemplificar estas fases da revolução industrial.

Figura 1 – Revoluções industriais



Fonte: Souza (2019).

O termo Indústria 4.0 foi utilizado pela primeira vez em um dos maiores eventos direcionados ao setor industrial, a Feira de Hannover (Alemanha) no ano de 2011. O principal objetivo da implementação da Indústria 4.0 é a construção de fábricas inteligentes, que serão capazes de produzir produtos customizados em grande escala sem a necessidade de estoques. As máquinas serão capazes de se comunicar, avaliar cenários e tomar decisões autônomas, visando garantir a qualidade e a produtividade.

Com o avanço e popularização das novas tecnologias, o acesso foi facilitado, permitindo uma grande inserção de componentes e dispositivos dentro da indústria. A implementação de dispositivos cada vez mais inteligentes e autônomos no chão de fábrica, necessita de um sistema para supervisão dos dispositivos, acompanhamento dos sinais e armazenamento dos dados. Conforme Ramamurthy, Bhargavi e Shashikumar (2010), o monitoramento remoto, controle e manutenção inteligente é um dos principais critérios para maximizar a produção e a disponibilidade da planta de processo.

Logo, este artigo relata o desenvolvimento de um sistema para monitoramento dos veículos autoguiados (AGVs) utilizados para abastecimento de linha de produção em uma indústria automotiva. O trabalho consiste em disponibilizar os dados e informações dos AGVs, que fazem o abastecimento da linha. Estes AGVs serão incorporados na rede, tornando-se dispositivos IIoT, que disponibilizarão os dados do processo em tempo real, permitindo o acompanhamento e interação mais rápida em caso de alarmes ou falhas.

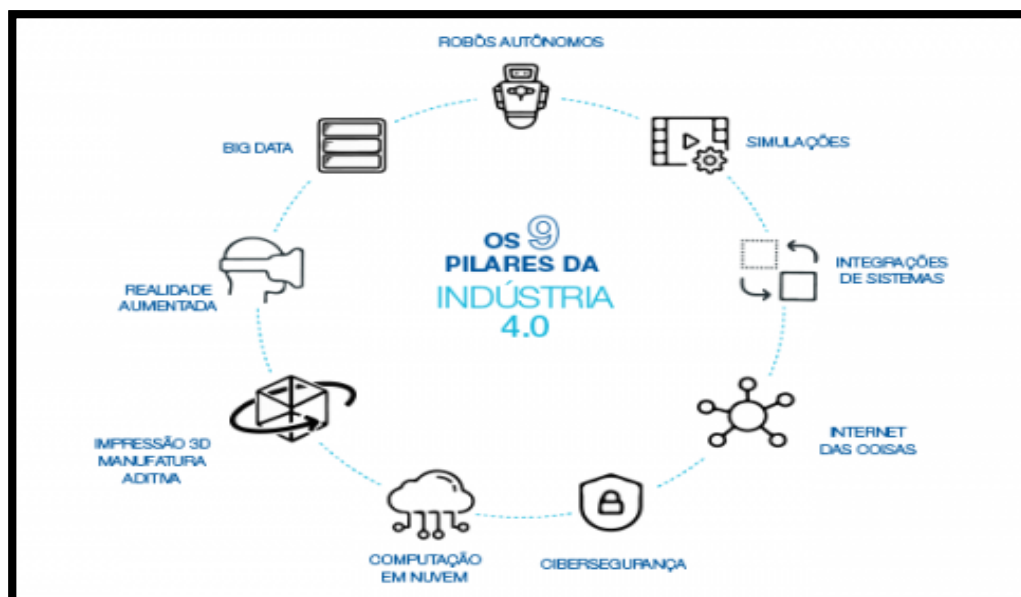
Os dados disponibilizados serão armazenados e organizados para posteriormente serem analisados e ajudarem a prever tendências e comportamentos do processo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tecnologias habilitadoras

As principais características da Indústria 4.0 são a interconexão de dados, a integração e a inovação. Na figura 2, são mostradas as nove tecnologias habilitadoras que sustentam a Indústria 4.0.

Figura 2 – Tecnologias Habilitadoras



Fonte: WEG (2021).

Tratando-se de robótica autônoma, há muito tempo os robôs já vêm sendo utilizados na indústria, porém eles tendem a ser mais autônomos com a aplicação de Inteligência Artificial (IA), mais baratos e ter maior capacidade, podendo trabalhar de forma colaborativa ao lado dos humanos de forma segura.

A simulação ajudará nas tomadas de decisões, simulando condições a partir de informações obtidas em tempo real. Os modelos virtuais auxiliarão em testes e otimização de parâmetros.

Os sistemas estarão mais integrados tanto horizontalmente quanto verticalmente, até mesmo em redes privadas entre companhias, o que vai possibilitar maior automação, mais agilidade na tomada de decisões e garantir a transparência da informação.

A IoT explora as tecnologias subjacentes dos objetos para transformá-los de tradicionais em mais inteligentes, tal como protocolos de Internet, aplicativos, dispositivos incorporados e tecnologias de comunicação (YASSEIN et al., 2017).

Com a maior conectividade e armazenamento de dados em nuvem, será necessária uma melhor proteção contra os ataques cibernéticos, e isso demandará construção de novas tecnologias para estes sistemas de proteção, que estão em cibersegurança.

O armazenamento em nuvem consiste em armazenar dados e informações em servidores remotos interligados com a infraestrutura da Internet. Este armazenamento evita a necessidade de investimento em grandes computadores e servidores locais, além de disponibilizar os dados para acesso por qualquer dispositivo conectado à Internet, a qualquer momento.

Segundo Gorni (2007), a manufatura aditiva, é um processo de fabricação baseado na adição de material em camadas planas diretamente a partir de fonte de dados, gerados por sistemas de projeto auxiliado por computador (CAD). Logo, a manufatura aditiva consiste na utilização de impressoras 3D para fabricação direta de dispositivos e produtos para o mercado.

A realidade aumentada é uma tecnologia que utiliza inserção de objetos virtuais no ambiente físico com o auxílio de um dispositivo, mostrando ao usuário essa sobreposição em tempo real.

E *Big Data* e *Analytics* é uma tecnologia utilizada para coletar, armazenar e processar grandes quantidades de dados, com o objetivo de analisá-los e transformá-los em informações úteis e estratégicas.

Conforme Silva et al. (2015), a Indústria 4.0 prevê a integração entre humanos e máquinas, mesmo que em posições geográficas distantes, formando grandes redes e fornecendo produtos e serviços de forma autônoma.

2.2 Sistemas Supervisório

A sigla SCADA significa *Supervisory Control And Data Acquisition*, e como o nome indica, não é um sistema de controle completo, mas sim se concentra no nível de supervisão.

Segundo Daneels e Salter (1999), os sistemas SCADA são usados não apenas na maioria dos processos indústrias como fabricação de aço, geração de energia (convencional e nuclear) e distribuição, química, mas também em algumas instalações experimentais, como fusão nuclear. O tamanho dessas plantas varia, e são utilizados de 1000 até 10 mil canais de entradas/saídas (I/Os). No entanto, os sistemas SCADA evoluem rapidamente e agora estão penetrando no mercado com vários canais de I/O, em torno de 100 mil. Sabe-se de dois casos em desenvolvimento de aproximadamente 1 milhão de canais I/O utilizados.

A função de um sistema supervisório é capturar, armazenar e disponibilizar informações sobre um determinado processo industrial.

Os sistemas supervisórios recebem dados enviados pelos dispositivos de campo, como sensores e atuadores, e armazenam estes dados em um banco de dados. Posteriormente, fazem o processamento dos dados armazenados e apresentam os resultados em telas customizadas.

2.3 Veículo guiado automaticamente (AGV)

O veículo guiado automaticamente (AGV) foi desenvolvido a partir do trator tripulado, que era um veículo normal com direção, um motorista e recursos de segurança. Seu tamanho era determinado pelas tarefas que deveria realizar. Com o motorista removido, uma combinação de inteligência mecânica, elétrica e eletrônica assumiria seu papel. A percepção humana, os olhos do motorista, foi então substituída por tecnologia sensorial. A fim de garantir a segurança nas operações de trabalho, não apenas a instalação teve que ser protegida, mas os próprios funcionários (ULLRICH, 2014).

Os veículos AGVs são um tipo de robô móvel industrial, normalmente utilizados para manipulação e transferência de cargas em um ambiente. Logo, o AGV é um veículo com um grau de autonomia, capaz de se mover por uma rota pré-determinada marcada no solo para realizar tarefas específicas.

Sistemas de AGVs tornaram-se um componente chave de intralogística de hoje. O padrão tecnológico e o nível atual de experiência com esta tecnologia de automação levaram os AGVs a serem introduzidos em quase todos os ramos da indústria e áreas de produção. A história dos AGVs começou a cerca de sessenta anos atrás, no lar de tantas inovações de hoje, na América (ULLRICH, 2014).

O primeiro AGV implementado na indústria, foi criado no ano de 1953 e, no final da década de 50, muitos AGVs estavam operando em fábricas. A indústria que mais utiliza os AGVs é a indústria de automóveis, além das indústrias de distribuição, papel, têxtil e metal.

2.4 Internet das Coisas Industriais (IIoT)

A IoT consiste em instalar sensores (RFID, IR, GPS, scanners a laser etc.) para tudo e conectá-los à Internet por meio de protocolos específicos para troca de informações e comunicações, a fim de obter reconhecimento inteligente, localização, rastreamento, monitoramento e gestão (KIM; RAMOS; MOHAMMED, 2017).

Logo, o IIoT é a aplicação do IoT na indústria. Isto permite que os dispositivos de campo se comuniquem e interajam entre si, e com controladores mais centralizados, conectando equipamentos com processamento embarcado. Além disto, permite a descentralização das análises e tomadas de decisões, possibilitando respostas em tempo real.

3 METODOLOGIA

3.1 Estudo de caso SCANIA

Com a ampliação dos métodos de abastecimento “*Just in time*” na linha de produção, o fluxo de rebocadores e empilhadeiras aumentou consideravelmente nos corredores internos da fábrica.

Para garantir a segurança dos colaboradores e se adequar as normas de segurança da fábrica, o uso de rebocadores e empilhadeiras a gás conduzidos por humanos, foi reduzido ao mínimo possível, mantendo este tipo de equipamento só para operações essenciais, onde a substituição por um AGV não foi possível.

Com o aumento do fluxo de AGVs na fábrica, foi necessário um grande estudo para formulação das rotas, criação de pontos de cruzamento e definição de prioridades de passagem em trechos compartilhados. Para o acompanhamento destes AGVs na linha, foi designado um colaborador que fica responsável por:

- a) reposicioná-los, caso saiam das linhas de referência no solo;
- b) refazer trechos das linhas de referência danificados;
- c) administrar colisões e bloqueios dos AGVs causados por caixas de peças mal posicionadas na linha de produção e em alguns casos, peças que caem no chão e causam o bloqueio das rodas dos AGVs;
- d) liberar os AGVs em casos que algum operador acione o botão de emergência.

Conforme o número de AGVs foi crescendo dentro da fábrica, foi se tornando humanamente impossível a gestão de todos os AGVs por apenas um operador, fazendo-se necessário o aumento de operadores gerindo o fluxo de AGVs na fábrica.

Para auxiliar no trabalho destes operadores e minimizar os desperdícios, foi criado um sistema supervisor para monitoramento dos AGVs da fábrica. Este sistema possui uma interface onde o operador pode acompanhar todo o fluxo dos AGVs, tendo disponível as principais informações do processo e alertas de acordo com alguns parâmetros pré-cadastrados, como por exemplo:

- a) Nível de bateria;
- b) Acionamento de emergência;
- c) Perca de referência;
- d) Acionamento do scanner de área;
- e) Entre outros.

Estes alertas são enviados para o operador responsável por gerenciar o fluxo de AGVs na fábrica através do software Microsoft Teams, que é a plataforma utilizada pela empresa para comunicação interna.

Com isso, a atuação do operador se tornou mais precisa, evitando o deslocamento desnecessário para acompanhamento do fluxo, além de possibilitar o armazenamento de dados para análises futuras. Isto possibilitou o desenvolvimento de rotinas autônomas, análises de performance e um sistema de manutenção preventiva e preditiva mais assertivo, baseando-se nos históricos de falhas e desgastes das peças.

Atualmente, o operador trabalha com um *tablet*, acompanhando todo o fluxo de AGVs da fábrica atuando em tempo real, diminuindo o tempo de parada de linha por conta de desvios no processo de abastecimento.

Com os AGVs conectados à Internet, é possível acompanhá-los no trajeto entre as fábricas e o prédio logístico. Com isso, foi possível reduzir o número de caixas que ficavam posicionadas nas bordas da linha, tornando o sistema de abastecimento dinâmico, e aproximando ao máximo o momento de utilização da peça na linha montagem, além da baixa das peças no sistema logístico.

Para melhor compreensão deste *case*, através dos tópicos abaixo, será mostrada as etapas da implementação do projeto.

3.2 Avaliação dos modelos de sistema supervisório

Para definição do tipo de sistema supervisório que seria usado, foram avaliados dois modelos diferentes.

O primeiro avaliado foi um sistema desenvolvido pela SIEMENS, chamado WinCC. Este é um sistema conceituado no mercado e utilizado em muitas empresas.

O segundo, utilizado na comparação, foi um sistema de supervisão desenvolvido pela própria empresa. O sistema seria construído em uma *web page* e assim poderia ser acessado facilmente de qualquer dispositivo com acesso à Internet.

O WinCC é uma ferramenta completa e com diversos recursos, porém para atender as necessidades da aplicação que a empresa busca, o sistema desenvolvido internamente se mostrou mais vantajoso e cumpre as necessidades exigidas.

A partir desta comparação e da avaliação de custos com a implementação, a empresa optou por desenvolver a solução internamente. Assim, essa solução além de financeiramente vantajosa, teria uma aplicação totalmente personalizada e à disposição para alterações de forma, adaptando-se as necessidades dos usuários.

Foram listados alguns itens na comparação entre os sistemas supervisórios, conforme mostra a figura 3.

Figura 3 – Comparativo entre propostas

	CURRENT SOLUTION (WINCC SIEMENS)	PROPOSING (AWS)
HARDWARE	LOCAL INDUSTRIAL PC	CLOUD ★
LICENSE	1 RUNTIME + 1 FOR EACH CLIENT	FREE ★
APPLICATION PLATFORM	WINCC SCADA	AWS, NODE-RED ★
CLIENT	LIMITED	UNLIMITED ★
NETWORK	LOCAL	GLOBAL ★
SCANIA IT SUPPORT	NO	YES ★
APPLICATION LANGUAGE	VB, C	HTML, CSS, JAVA SCRIPT, PYTHON ★
ACCESSIBILITY	LOCAL NETWORK	GLOBAL NETWORK ★
KNOWLEDGE	KNOWN ★	LEARNING

Fonte: Elaborado pelo autor.

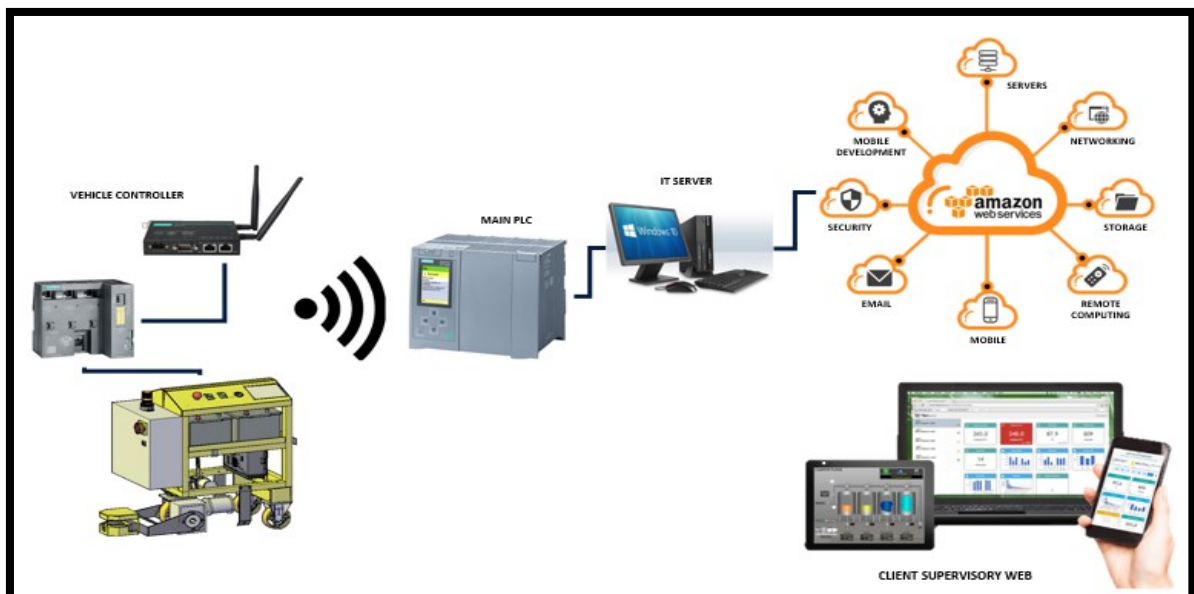
3.3 Desenvolvimento do software

Para o desenvolvimento do software de controle dos AGVs, foi utilizada a plataforma da SIEMENS *Totally Integrated Automation Portal* (TIA) 15. Cada AGV tem seu sistema de controle próprio, realizado por um Controlador Programável (CP) da Siemens, onde são administrados os controles de velocidade, curvas, prioridades nos cruzamentos e sistema de segurança. O sistema possui ainda um “CP principal”, cuja tradução para inglês é *Main PLC*, onde são concentradas as informações de todos os AGVs. É este controlador que disponibiliza as informações para o sistema supervisorio, utilizando o protocolo *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT).

Estas informações disponibilizadas pelo *Main PLC* são armazenadas diretamente na nuvem da AWS através de um Broker MQTT, e ficam disponíveis para serem consumidas pelas aplicações através de um *web service*.

A figura 4 representa de forma gráfica a arquitetura do projeto.

Figura 4 – Arquitetura do projeto



Fonte: Elaborado pelo Autor.

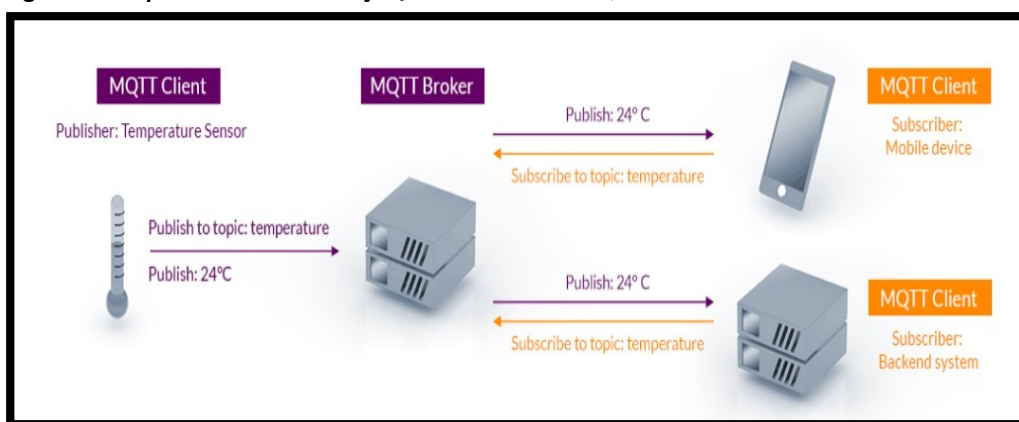
3.3.1 Protocolo MQTT

O MQTT é um protocolo de mensagens padrão OASIS para a Internet das Coisas (IoT). Ele foi projetado como um transporte de mensagens de publicação/assinatura extremamente leve, ideal para conectar dispositivos remotos.

Conforme Rocha et al. (2019), o modelo de publicação/assinatura é um dos paradigmas mais populares na Indústria 4.0. Logo, hoje é usado em uma ampla variedade de indústrias, como automotiva, manufatura, telecomunicações, petróleo e gás etc.

O modelo de publicação/assinatura foi introduzido para facilitar a comunicação entre dois ou mais dispositivos. O intercâmbio dos dados é organizado de acordo com 'tópicos', conforme mostra a figura 6.

Figura 6 - Arquitetura de Publicação/Assinatura do MQTT



Fonte: MQTT (2020).

3.3.2 Bloco MQTT SIEMENS

As informações vindas dos AGVs da fábrica ficam organizadas em uma *Data Base* (DB) dentro do *Main PLC*. Posteriormente, a DB com as informações dos AGVs é publicada na nuvem da AWS através do bloco MQTT.

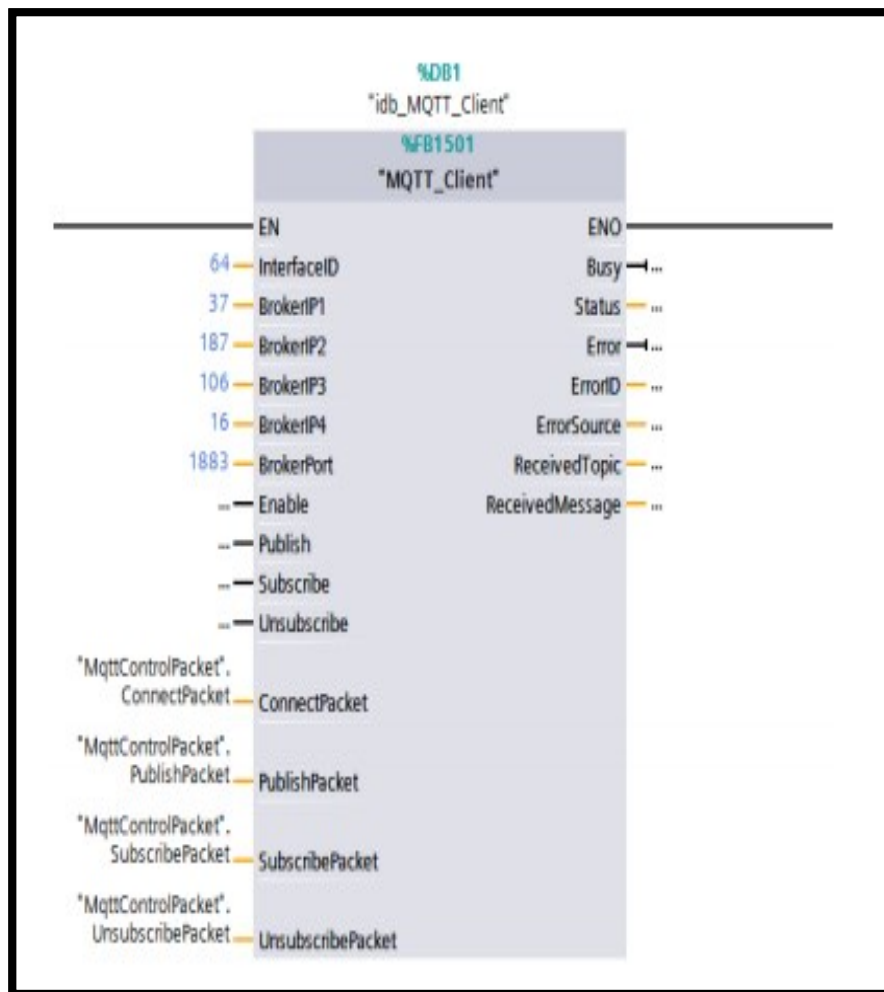
Esta DB contém as seguintes informações:

- Número do AGV;
- Rota Atual;
- Parada atual;
- Nível de bateria;
- Status do botão de emergência;
- Status do sensor de segurança.

A comunicação pelo protocolo MQTT, se fez mais eficaz em relação ao OPC, quando é levado em conta o tamanho das mensagens e a velocidade de atualização. Para utilização da nuvem, o tamanho das mensagens deve ser levado em consideração, pois os valores são calculados de acordo com a quantidade de informação trafegada.

A figura 7 mostra um bloco específico dentro do TIA Portal V15, que faz a comunicação através do protocolo MQTT com a nuvem da AWS, onde serão armazenados os valores de cada variável.

Figura 7 – Bloco MQTT SIEMENS



Fonte: Tang (2018).

A figura 8 apresenta as informações para parametrização das entradas do bloco MQTT.

Figura 8 – Parâmetros de entrada do bloco MQTT SIEMENS

Input parameters		
Parameter	Data type	Function
InterfaceID	UInt	Hardware identifier of the PROFINET interface of the CPU.
BrokerIP1	Byte	IP_v4 address of the broker.
BrokerIP2	Byte	
BrokerIP3	Byte	
BrokerIP4	Byte	
BrokerPort	UInt	Port address of the broker.
Enable	Bool	Positive edge, initialize TCP connection and send MQTT CONNECT control packet to the broker. Negative edge, send MQTT DISCONNECT control packet to the broker and disconnect TCP & MQTT connections.
Publish	Bool	Positive edge, send MQTT PUBLISH control packet to the broker. Automatically set back to "false" once completed the publishing.
Subscribe	Bool	Positive edge, send MQTT SUBSCRIBE control packet to the broker. Automatically set back to "false" once completed the subscription.
Unsubscribe	Bool	Positive edge, send MQTT UNSUBSCRIBE control packet to the broker. Automatically set back to "false" once completed the unsubscription.
ConnectPacket	"MqttConnectPacket"	Data area of CONNECT packet.
PublishPacket	"MqttPublishPacket"	Data area of PUBLISH packet.
SubscribePacket	"MqttSubscribePacket"	Data area of SUBSCRIBE packet.
UnsubscribePacket	"MqttUnsubscribePacket"	Data area of UNSUBSCRIBE packet.

Fonte: Tang (2018).

A figura 9 apresenta as informações para parametrização das saídas do bloco MQTT.

Figura 9 – Parâmetros de saída do bloco MQTT SIEMENS

Output parameters		
Parameter	Data type	Function
Busy	Bool	True, while a MQTT control packet is being sent to the broker.
Status	Byte	Status of MQTT client: Bit 0: TCP connected Bit 1: MQTT connected Bit 2: Published successfully Bit 3: Subscribed successfully Bit 4: Unsubscribed successfully Bit 5: Ping responded Bit 6: DISCONNECT packet sent Bit 7: Message received from the broker
Error	Bool	True, if error is present.
ErrorID	Word	Cause of the errors, see the ErrorID table below
ErrorSource	Byte	Source of the errors, see the ErrorSource table below.
ReceivedTopic	Array[0..9] of String	Data buffer where the incoming published topic names from the broker are stored (expandable).
ReceivedMessage	Array[0..9] of String	Data buffer where the incoming messages from the broker are stored (expandable).

Fonte: Tang (2018).

O bloco Front End é responsável pela interface da *web page* com o usuário, onde o este poderá visualizar a aplicação, acompanhando o fluxo dos AGVs e consultando informações sobre o processo. No desenvolvimento do Front End, foram utilizadas as linguagens HTML, CSS, Node.js, Angular 8, TypeScript, JavaScript e o conceito Binding (MVVM). O software utilizado para o desenvolvimento do Front End foi o Visual Studio 2019.

O bloco Back End é o responsável por executar os *scripts* e realizar o processamento das informações contidas no banco de dados e disponibilizá-las para que sejam apresentadas ao usuário. Para o desenvolvimento do Back End também utilizamos o software Visual Studio 2019, trabalhando com os protocolos *Model View Controller* (MVC) que facilita a troca de informações entre a interface do usuário e o banco de dados. Foi utilizado também o *Application Programming Interface* (API), que funcionam como “tradutores”, com a função de conectar diferentes sistemas, softwares e aplicativos.

A biblioteca SignalR também foi utilizada, já que possibilita criar aplicações *web* permitindo a interatividade em tempo real. Combinando uma biblioteca ASP .NET no lado do servidor, e uma biblioteca JavaScript do lado do cliente, para manter uma comunicação cliente/servidor sempre aberta, foi possível detectar quando um novo cliente se conectou e se desconectou, enviar e receber mensagens dos clientes etc. O método de requisição utilizado para troca de dados com o banco foi o http request.

No bloco AWS, estão representados os serviços utilizados da *Amazon Web Services* (AWS). Estes serviços foram, o IoT Core Broker que realiza a integração e troca de informações com o *Main PLC* através do protocolo *MQTT*. O serviço Lambda, que é um serviço de computação orientado a eventos e permite executar códigos para praticamente qualquer tipo de aplicação ou serviço de *backend*. E para fazer a comunicação de forma assíncrona, enviando mensagens para um tópico pré-definido, foi utilizado o serviço *Amazon SNS*.

Com a publicação dos dados do *Main PLC* na nuvem, o consumo deles por outros sistemas foi facilitado. Além do serviço que consumia as informações do Broker e as apresentavam no site, foi desenvolvida outra aplicação utilizando o serviço *Amazon SNS*.

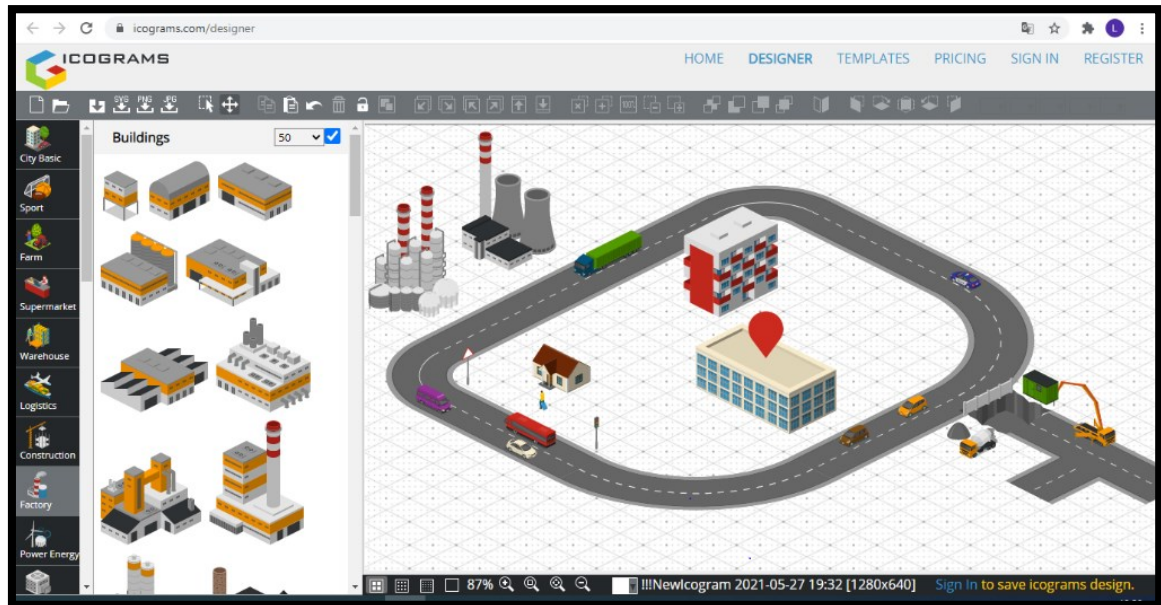
O Amazon Simple Notification Service (Amazon SNS) é um serviço gerenciado que fornece entrega de mensagens de editores para assinantes, também conhecido como Produtores e Consumidores (AWS, 2021). De acordo com alguns parâmetros pré-definidos pelos usuários, este serviço envia mensagens via Microsoft Teams, e aqueles que as recebem, podem atuar em tempo real na solução de desvios no fluxo de trabalho dos AGVs.

Para o desenvolvimento da DB do *Main PLC* com as informações que seriam expostas no site, foram reunidos alguns usuários e consultados quais parâmetros seriam mais relevantes para serem acompanhados durante o processo. Após esta reunião, a DB foi definida e então foi criada a conexão para que estas informações fossem acessadas pelo serviço criado para o site através dos blocos Lambda e Back End.

3.5 Elaboração da página *web*

Para a ilustração da página *web*, foi utilizado o site *Icograms*, que está representado na figura 11. O site *Icograms* é uma plataforma gratuita e possui muitas opções de ícones e figuras utilizados para desenhar uma planta industrial.

Figura 11 – Site IcoGrams



Fonte: IcoGrams (2021).

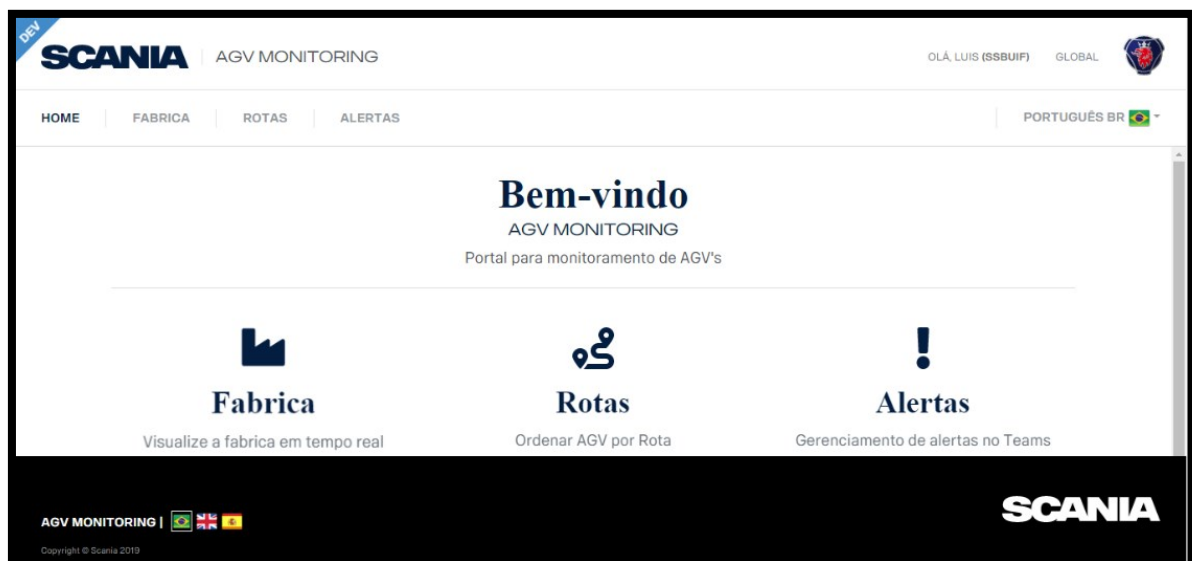
Depois de elaborado o layout, foram adicionados os pontos de marcação para referência dos objetos e incluído os botões de navegação.

O site foi desenvolvido de forma básica, contendo apenas as informações mais relevantes para o processo. Conforme os operadores forem utilizando e notarem mais algumas necessidades, o time da SCANIA poderá incluí-las em uma próxima fase do projeto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Abaixo serão mostradas algumas imagens do site, contendo as páginas *web* realizadas pelo pessoal de TI. Na figura 12, é mostrada a página inicial do site, com informações da fábrica, rotas dos AGVs e alertas do Microsoft Teams.

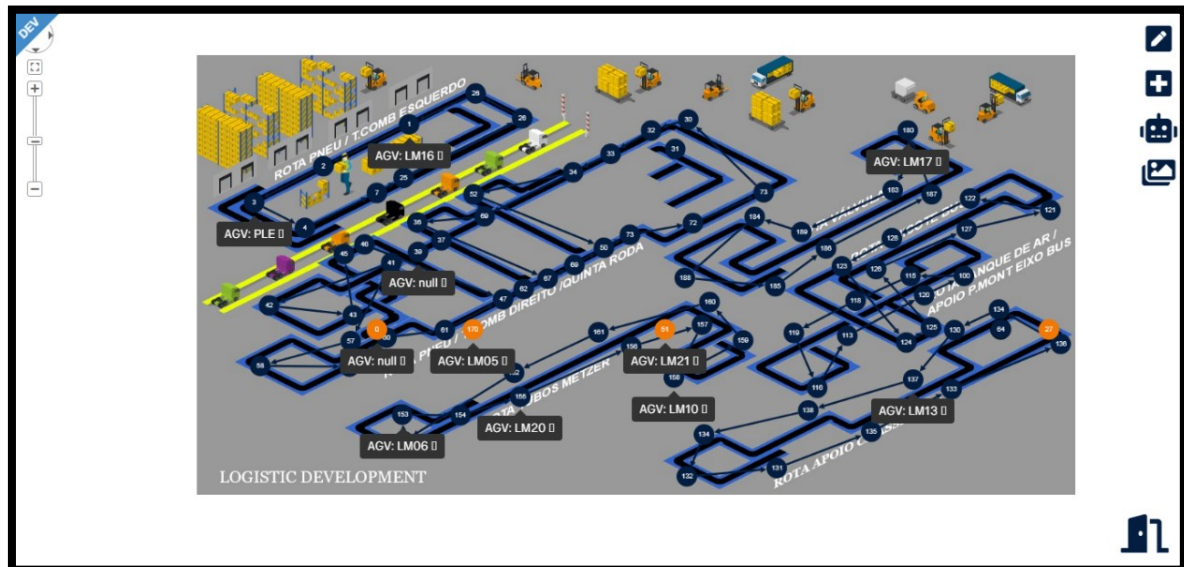
Figura 12 – Página inicial do site



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na figura 13, é mostrada o sinótico do sistema de monitoramento dos AGVs na fábrica.

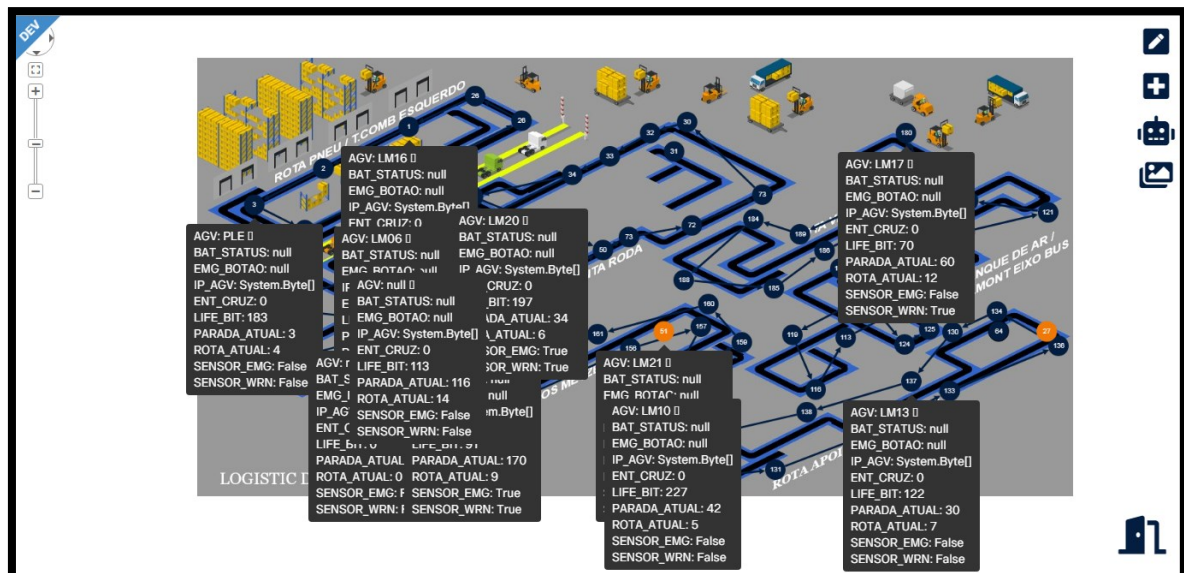
Figura 13 – Sinótico do sistema de monitoramento dos AGVs



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na figura 14, são mostradas as informações expandidas relativas aos AGVs no sinótico do sistema de monitoramento.

Figura 14 – Sinótico com as informações expandidas



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Através dos botões de navegação pode-se expandir as informações sobre os AGVs e acompanhar com mais detalhes os parâmetros selecionados pelos usuários.

As tags utilizadas na linha para referência dos pontos de parada e dos pontos de decisão dos AGVs, são cadastradas no site e, sempre que um AGV passar por elas, as informações referentes a este AGV ficam expostas no site. Com isso, consegue-se a rastreabilidade dos AGVs dentro de sua rota.

5 CONCLUSÃO

O sistema ainda está em fase de testes e ajustes finais para os usuários iniciarem a utilização. Porém, já é possível observar que a personalização do sistema foi algo positivo, pois a ferramenta pode se adaptar as necessidades dos diferentes processos da empresa.

Outra vantagem relevante, é a possibilidade de vários usuários acessarem ao mesmo tempo, sem um limite de conexões simultâneas, o que irá economizar o dinheiro gasto na aquisição de licenças.

A utilização da rede corporativa para acesso ao site, possibilitou o uso da aplicação em todas as áreas da empresa, tanto dentro das fábricas como nos corredores externos. Esse ponto foi fundamental para a ampliação do uso da aplicação.

Para supervisão dos equipamentos relacionados diretamente a produção, a plataforma WinCC da SIEMENS se faz mais eficaz, devido à robustez e grande opção de ferramentas disponíveis já parametrizadas para conexões com o PLC. Um sistema independente de acesso à Internet, também garante a rastreabilidade dos produtos e permite maior segurança para efetuar comandos nos equipamentos.

Logo, o sistema de supervisão dos AGVs foi desenvolvido apenas para o acompanhamento, impossibilitando o envio de comandos de forma remota. Assim, qualquer usuário cadastrado na aplicação, estando dentro ou fora da empresa, consegue acompanhar o fluxo dos AGVs e consultar informações sobre o status de cada dispositivo.

REFERÊNCIAS

AWS (AMAZON WEB SERVICES). **O que é o Amazon SNS?** 2021. Disponível em: https://docs.aws.amazon.com/pt_br/sns/latest/dg/welcome.html. Acesso em: 10 jun. 2021.

DANEELS, Axel; SALTER, Wayne. "What is SCADA". **International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems**. Trieste, Itália, 1999. Disponível em: <https://accelconf.web.cern.ch/ica99/papers/mc1i01.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

GORNI, A. Augusto. **Introdução à prototipagem rápida e seus processos**. 2003. Disponível em: <http://www.gorni.eng.br/protrap.html>. Acesso em: 12 dez. 2020.

ICOGRAMS. **Icograms designer**: create beautiful 3D looking maps, infographics, and isometric illustrations within minutes. 2021. Disponível em: <https://icograms.com/>. Acesso em: 16 jan. 2021.

KIM, Tai-hoon; RAMOS, Carlos; MOHAMMED, Sabah. **Smart City and IoT**. Future Generation Computer Systems, v. 76, 2017, pp. 159-162. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X17305253>. Acesso em: 09 fev. 2021.

MQTT Org. **MQTT**: the standard for IoT messaging. 2020. Disponível em: <http://mqtt.org>. Acesso em: 23 dez. 2020.

RAMAMURTHY, B.; BHARGAVI, S.; SHASHIKUMAR, R. Development of a low-cost GSM SMS-Based humidity remote monitoring and control system for industrial applications.

International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), v. 1, n. 4, out. 2010. Disponível em:

<https://thesai.org/Publications/ViewPaper?Volume=1&Issue=4&Code=IJACSA&SerialNo=3>.

Acesso em: 25 nov. 2020.

ROCHA, Murilo Silveira; SESTITO, Guilherme Serpa; DIAS, Andre Luis; TURCATO, Afonso Celso; BRANDÃO, Dennis; FERRARI, Paolo. On the performance of OPC UA and MQTT for data exchange between industrial plants and cloud servers. **Acta IMEKO**, v. 8, n. 2, article 11, 2019. Disponível em:

<https://acta.imeko.org/index.php/acta-imeko/article/view/IMEKO-ACTA-08%20%282019%29-02-11/pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.

SOUZA, Bernardo de Azevedo. **Entenda o que é a Quarta Revolução Industrial e como ela afeta o trabalho dos advogados**. 2019. Disponível em:

<https://bernardodeazevedo.com/conteudos/entenda-o-que-e-a-quarta-revolucao-industrial-e-como-ela-afeta-os-advogados/>. Acesso em: 08 set. 2021.

SILVA, R. M. da; SANTOS FILHO, D. J.; MIYAGI, P. E. **Modelagem de sistema de controle da Indústria 4.0 baseada em holon, agente, rede de petri e arquitetura orientada a serviços**.

XII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. Natal, 2015. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Robson-Silva-9/publication/309565284_SBAI_2015_submission_317/links/581792dd08aeffbed6c33b4d/SBAI-2015-submission-317.pdf. Acesso em: 16 out. 2020.

TANG, Yu-wen. **MQTT client application example for SIMATIC S7-1500**. 2018. Disponível em:

<https://support.industry.siemens.com/tf/WW/en/posts/mqtt-client-application-example-for-simatic-s7-1500/188465?page=0&pageSize=10>. Acesso em: 13 dez. 2020.

ULLRICH, G. **The history of automated guided vehicle systems**. Automated Guided Vehicle Systems, pp 1–14, 2014.

WEG. **As fábricas inteligentes da Indústria 4.0**. 2021. Disponível em:

<https://www.weg.net/institutional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/as-fabricas-inteligentes-da-industria-4-0>. Acesso em: 10 jan. 2021.

YASSEIN, Muneer Bani; SHATNAWI, Mohammed Q.; ALJWARNEH, Shadi; AL-HATMI, Razan. Internet of Things: survey and open issues of MQTT protocol. **International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)**, pp. 1-6, 2017. Disponível em:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8273112>. Acesso em: 10 out. 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço sempre primeiramente a Deus, por estar bem e por ter uma família sempre ao meu lado.

Agradeço a SCANIA, por me dar a oportunidade de cursar esta pós-graduação, com tema tão relevante no momento em que estamos.

Agradeço aos professores do SENAI, que além de nos ensinar as matérias didáticas, nos ensinam muito sobre o dia a dia nas indústrias, com seus relatos de experiências vividas.

Agradeço à minha família, pela compreensão e pelo apoio nos momentos em que precisei me ausentar para me dedicar ao estudo.

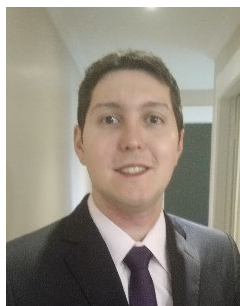
Sobre os autores:

i LUIS FERNANDO FERREIRA DA SILVA



Possui graduação em Tecnólogo em Automação Industrial pela Fatec-SBC – Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo (2012). Cursando atualmente a Pós-graduação em Indústria 4.0 pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2020). Tem experiência na área de Automação Industrial, com ênfase em Programação de PLC e desenvolvimento de dispositivos Poka Yokes. É Técnico em Automação na empresa SCANIA LATIN AMERICA atuando na fábrica de CHASSIS

ii THIAGO TADEU AMICI



Atualmente ministra aulas na pós-graduação de Indústria 4.0 e na graduação em Tecnologia em Mecatrônica na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. Assessora também o Instituto SENAI de Tecnologia Metalmeccânica em projetos industriais com foco na Indústria 4.0. Durante 7 anos ministrou aulas pelo SENAI-SP, nos cursos de técnicos de Mecatrônica, Automação Industrial, Eletrônica e Eletroeletrônica, além de Formação Inicial e Continuada (FIC) com cursos voltados ao CLP da Siemens. Possui mestrado em Automação e Controle e Processos pelo Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de SP (IFSP - 2018), graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia São Paulo (2012), graduação em Tecnologia em Automação Industrial pelo IFSP (2009) e ensino profissionalizante em Eletrônica pela Instituição Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo (2002). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, Automação Industrial, Mecatrônica, Robótica e Indústria 4.0. Participou do desenvolvimento do projeto, programação, montagem e apresentação da Linha de Manufatura Avançada Industrial 4.0 realizada em parceria entre o SENAI-SP e a ABIMAQ, que foi exposta na FEIMEC 2018. CV: <http://lattes.cnpq.br/9165856219131658>

iii DANIEL OTÁVIO TAMBASCO BRUNO



Doutorando em Engenharia da Informação na Universidade Federal do ABC (2016), Mestre em Engenharia da Informação pela Universidade Federal do ABC (2013), Especialista em Banco de Dados pela Universidade de Ribeirão Preto (2007) e Especialista em Educação à Distância pela Universidade Paulista (2012). Possui graduação em Análise de Sistemas pela Universidade Paulista (2003). Revisor do Periódico IEEE Transactions on Medical Imaging. Co-editor, editor de área e revisor da Revista Brasileira de Mecatrônica. É Revisor do periódico ForScience do Instituto Federal de Minas Gerais. Atualmente é Técnico em Manufatura Digital e professor da Escola Senai "Eng. Octávio Marcondes Ferraz" e Professor de ensino superior na Universidade Paulista. Tem experiência na área de Inteligência Artificial, Desenvolvimento de Sistemas de Informação, Processamento de imagens, Implantação e Administração de sistemas Product Lifecycle Management (PLM), Segurança de redes e Internet das Coisas. Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/3491851270517427>

iv CLÁUDIO LUÍS MAGALHÃES FERNANDES



Possui graduação em Engenharia Elétrica Modalidade Eletrônica com Ênfase em Computação pela Universidade Santa Cecília (2006), Pós-graduação Lato Sensu em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2010), Pós-Graduação Lato Sensu em Docência na Educação Profissional, pelo SENAI CETIQT (2015) e Mestrado Profissionalizante em Engenharia Mecânica pela Universidade Santa Cecília (2012). Atualmente é Diretor Acadêmico do Ensino Superior do SENAI-SP, Professor da Faculdade de Tecnologia São Vicente dos cursos Tecnólogo em Automação Industrial, Bacharelado em Sistemas de Informação, Engenharia Elétrica. Atua na Universidade Santa Cecília - UNISANTA como docente e pesquisador de técnicas de Inteligência Artificial que fazem uso dos conceitos das Lógicas Não-Clássicas, com ênfase na LPA2V (Lógica Paraconsistente Anotada de dois Valores) e Lógica Fuzzy, aplicadas a sistemas Robóticos e no Controle de Processos Industriais.