



## **Internet das coisas e automação: solução prática para integração de sistemas legados nas plantas industriais do Brasil**

**Anna Caroline Soares Pimenta**  
**Fábio Leandro de Almeida Silva**  
**Filipe Porfirio dos Santos**  
**Henrique Pedroso de Souza**  
**Matheus Loiola de Santana**  
**Társis Deleon de Sousa Neres**  
**Vitor Dos Santos Rio**  
(annacarolpimenta02@gmail.com)  
(flalmeida@terra.com.br)  
Filipeporfirio10@hotmail.com  
(hpsouzaa@hotmail.com)  
(matheus.loiolasantana@gmail.com)  
(tarsisdeleoon@hotmail.com)  
(vitor@seitminas.com.br)

Professor orientador: Lucas Filipak

Coordenação de curso de Engenharia de Controle e Automação

### **Resumo**

A Internet das Coisas (IoT) tem revolucionado a interação com a tecnologia, permitindo a conectividade entre diversos dispositivos e a realização de operações mais eficientes, especialmente na indústria. Entretanto, muitas plantas industriais no Brasil ainda utilizam sistemas legados que limitam a adoção plena da IoT, resultando em perda de competitividade. Este trabalho analisa como integrar a IoT com sistemas existentes e apresenta a comunicação entre Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) utilizando o protocolo MQTT. A pesquisa destaca a importância dessa integração para modernizar as operações, possibilitando coleta de dados em tempo real e automação inteligente. Além de oferecer uma solução prática, o estudo busca fomentar discussões sobre os benefícios da adoção da IoT nas indústrias brasileiras, transformando desafios em oportunidades de inovação.

Palavras-chave: Internet das Coisas, Automação, Sistemas Legados, CLPs, Indústria 4.0.

## **1. INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, a Internet das Coisas (IoT) emergiu como uma força transformadora, revolucionando a maneira como interagimos com o mundo tecnológico ao nosso redor. O conceito de IoT, que traduzido do inglês significa "Internet das Coisas", remete à ideia de que a internet pode estar integrada a diversos objetos e dispositivos, permitindo uma comunicação fluida e constante entre eles. Essa conectividade não apenas simplifica o cotidiano, mas também propicia ganhos significativos em eficiência, produtividade e sustentabilidade, especialmente nas operações industriais.

No Brasil, no entanto, ainda observamos uma realidade em que muitas plantas industriais operam com sistemas de automação legados. Estas infraestruturas, apesar de funcionais, muitas vezes não estão aptas a tirar proveito das inovações oferecidas pela IoT. A falta de integração entre novos dispositivos conectados e etapas de processos mais antigos pode limitar o potencial das indústrias, resultando em perda de competitividade em um mercado global cada vez mais exigente e tecnológico.

## **1.1 Retrofit**

A palavra vem do inglês onde “retro” significa algo velho ou desatualizado e “fit” significa ajustar ou adaptar. O termo se tornou popular na década de 90 nos Estados Unidos e na Europa, para informar a atualização de aeronaves, adaptando-as aos novos equipamentos disponíveis no mercado. Nesta perspectiva, retrofit industrial é o processo de atualização das máquinas industriais, substituindo peças e softwares por modelos com versões mais recentes. O objetivo é implementar correções e novas atividades a partir de características do produto (BIERMANS, 2005).

## **1.2 Conceito de Indústria 4.0**

Conforme Klaus Schwab em 2016, o conceito da indústria 4.0 é a utilização de tecnologias avançadas existentes no dia a dia, que ainda não foram implantadas nos processos de fabricação das empresas. O objetivo da Indústria 4.0 é criar fábricas inteligentes, que permitam que a tecnologia desempenhe funções repetitivas, enquanto o capital humano se concentra em funções mais estratégicas (ANEEL, 2021). A indústria 4.0 busca reinventar as maneiras pelas quais as empresas fazem negócios, envolvem seus clientes e interagem com eles.

## **1.3 Integração de sistemas**

A integração de sistemas é o processo de conectar diferentes sistemas e aplicativos de software para que possam compartilhar dados e funcionar juntos de maneira eficiente.

Muitas empresas e organizações usam uma variedade de sistemas e aplicativos para gerenciar suas operações, desde softwares de contabilidade e recursos humanos até sistemas de gerenciamento de estoque e vendas. A integração de sistemas visa aumentar a eficiência operacional ao eliminar silos de dados e garantir a comunicação. Há vários métodos para integrar sistemas, abaixo, tipos de integração de sistemas:

- Ponto a ponto: é ideal para pequenas redes, pois conecta individualmente os sistemas, mas conforme o crescimento do sistema a complexidade de integração aumenta;
- Hub-and spoke: Utiliza um gerenciador de conexões ou "hub" para conectar tudo em um ponto central, muito útil sem sistemas complexos, mas é sucessivo a falhas em pontos únicos;
- ESB (Enterprise Service Bus): Sendo uma arquitetura de barramento, ele facilita a comunicação entre sistemas por meio de um software que Middleware, que se encontra entre o sistema operacional e os aplicativos nele executados, flexibilizando o projeto de produtos digitais e facilitando a escalabilidade;
- Application Programming Interfaces (APIs): São usadas para integrar sistemas modernos. o modelo permite a comunicação entre diversos aplicativos, melhorando a troca de dados e funcionalidades (Seyffert, 2024).

## 1.4 O protocolo MQTT

A comunicação clara e bem estruturada é um dos pilares fundamentais para o desenvolvimento de relacionamentos saudáveis e produtivos entre indivíduos de qualquer grupo. Esse princípio se aplica de maneira especial nas redes de automação, onde a eficiência e a precisão são essenciais para o funcionamento adequado dos sistemas industriais. Um sistema de comunicação entre dispositivos de automação que para operar de forma eficiente requer não apenas recursos de tecnologia avançada, mas exige padrões na forma como a comunicação é organizada, configurada e executada.

De acordo com Tripathy e Anuradha (2018), é fundamental estabelecer padrões para garantir a segurança e proteção dos dispositivos no ambiente de Internet das Coisas (IoT). Nesse contexto, são implementados protocolos que asseguram uma comunicação segura entre diferentes softwares, desenvolvedores e soluções. Isso também ajuda a evitar a fragmentação dos recursos de tecnologia da informação, o que reduz o risco de ameaças à segurança. Essa fragmentação pode ocorrer devido à diversidade das tecnologias utilizadas na IoT, que está ligada ao grande número de fornecedores e aos variados padrões de desenvolvimento dos dispositivos, resultando em cada um adotando seu próprio protocolo para atender às suas necessidades.

Para Maschietto (2021) um protocolo de comunicação, nesse sentido, significa um conjunto de informações, decisões, normas e regras definidas para gerenciar ações que envolvam o funcionamento de algo no mundo real e tecnológico. Pode-se entender que tais ações são comandos e troca de dados entre dispositivos e campo, sistemas de supervisão centrais e unidades de processamento e armazenamento de dados.

No cenário da internet, existem protocolos desenvolvidos para cada camada de atuação, os quais definem regras e formatos para o bom funcionamento da comunicação. Em redes IoT, as pilhas de protocolos também estão associadas às camadas de rede para garantia de transferência de dados entre os dispositivos envolvidos nas mais diversas soluções (Maschietto, 2021).

Um protocolo de comunicação pode ser entendido como um conjunto de regras e diretrizes que orientam a troca de dados entre máquinas e sistemas de automação. Ele funciona como um guia, assegurando que as "conversas" entre esses dispositivos sejam claras e eficientes, evitando mal-entendidos e perdas de informações.

Em um ambiente de automação, é imprescindível que haja uma estrutura de comunicação bem definida, capaz de facilitar o intercâmbio de informações entre as diversas partes envolvidas.

Para alcançar essa efetividade, é necessário estabelecer padrões básicos de diálogo que regulamentem como as mensagens são trocadas. Esses padrões garantem que todos os participantes compreendam claramente as instruções, comandos e dados que estão sendo transmitidos, evitando confusões e mal-entendidos que podem comprometer a eficiência do sistema.

No contexto da automação, esses padrões de comunicação são representados por protocolos digitais, que são conjuntos de regras que definem como os dados devem ser formatados e transmitidos. Entre os diversos protocolos existentes, o MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) se destaca por sua popularidade e eficácia.

Segundo Torres, Rocha e Souza (2016), por estar em rápida evolução, a IoT possibilita que diversos protocolos sejam apresentados com o objetivo de se tornarem candidatos a um padrão de mercado. Em relação a esses vários protocolos existentes, é possível citar o MQTT, no qual é utilizada a comunicação máquina a máquina (machine-to-machine — M2M).

De acordo com Maschietto (2021) o protocolo MQTT funciona na camada de aplicação do modelo OSI, trabalhando a conexão de dispositivos e roteamento de pacotes de dados. O protocolo de Transporte de Telemetria da Fila de Mensagens (MQTT) – é um protocolo leve e o mais popular para enviar fluxos de dados simples de sensores para aplicativos e middleware.

O MQTT é especialmente projetado para funcionar em ambientes com recursos limitados e para aplicações que requerem comunicação em tempo real, como as de Internet das Coisas (IoT). Esse protocolo é leve, o que permite uma troca rápida e eficaz de informações entre dispositivos, assegurando que dados cruciais sejam transmitidos sem atrasos.

O principal objetivo do protocolo MQTT é facilitar a comunicação entre dispositivos da IoT e estabelecer as funções de cada um a partir de um modelo operacional. Algumas das operações essenciais incluem a definição das funções dos dispositivos, a sequência de envio das mensagens e o formato dessas mensagens. O MQTT foi desenvolvido para ser utilizado em dispositivos que possuem baixa largura de banda, poder computacional limitado e que não têm garantia de conectividade (MENEZES et al., 2017). De acordo com Yum (2017), sua aplicação inicial se concentrava em sensores em dutos, como aqueles usados em satélites e na extração de petróleo.

A adoção de um protocolo como o MQTT em sistemas de automação não apenas melhora a comunicação, mas também aumenta a confiabilidade e a escalabilidade das operações. Quando os dispositivos são capazes de se comunicar de forma eficiente, os sistemas tornam-se mais responsivos, permitindo ajustes rápidos às condições em mudança e melhorando a tomada de decisão.

O MQTT é utilizável em diversas soluções de IoT, incluindo o gerenciamento de equipamentos elétricos em indústrias, o monitoramento de dispositivos de segurança, além do controle de sistemas eólicos e fotovoltaicos, entre outras aplicações (CONCEIÇÃO; COSTA, 2019).

O protocolo MQTT utiliza um componente para a troca de mensagens conhecido como Broker, que atua como um servidor de aplicação. O papel do Broker é funcionar como um intermediário nas comunicações entre dispositivos. A *Figura 1* demonstra a publicação de mensagens em um servidor MQTT Broker por vários dispositivos com diferentes propósitos em várias partes do mundo.

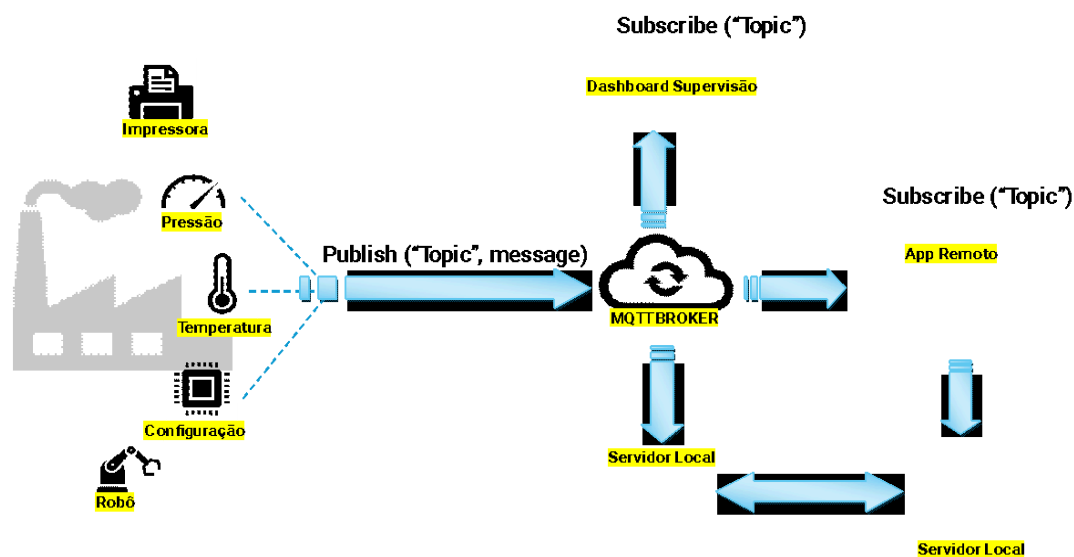


Figura 1 - Publicação de mensagem no MQTT BROKER  
 Fonte: Adaptado de Maschietto (2021)

Observa-se na Figura 1 que a comunicação padrão desse protocolo IoT, se pela troca de mensagens, publicação e subscrição de tópicos num servidor denominado Broker. O dispositivo inteligente no campo, por exemplo, um termômetro conectado à rede local com acesso a internet, publica uma mensagem no broker com o tópico Temperatura, e o valor medido. Após o envio dessa mensagem na rede para o banco de dados do servidor, a informação é publicada, portanto, e todos os dispositivos subscritos no tópico de mensagens “temperatura” receberam essa informação a partir do Broker. Portanto pode-se verificar que é uma comunicação no estilo Cliente-Servidor.

#### 1.4.1 Integrando sistema legados de automação usando um clp como gateway IoT.

Um CLP moderno, com recursos de comunicação via protocolo MQTT embarcados pode ser usado como um gateway de conversão para integrar um sistema de automação antigo, porém funcional, à IoT e permitir que se obtenha coleta e tratamento de dados de máquinas, equipamentos, sistemas embarcados e quaisquer dispositivos inteligentes disponíveis a planta. Na Figura 2, tem-se um esquema básico dessa funcionalidade.

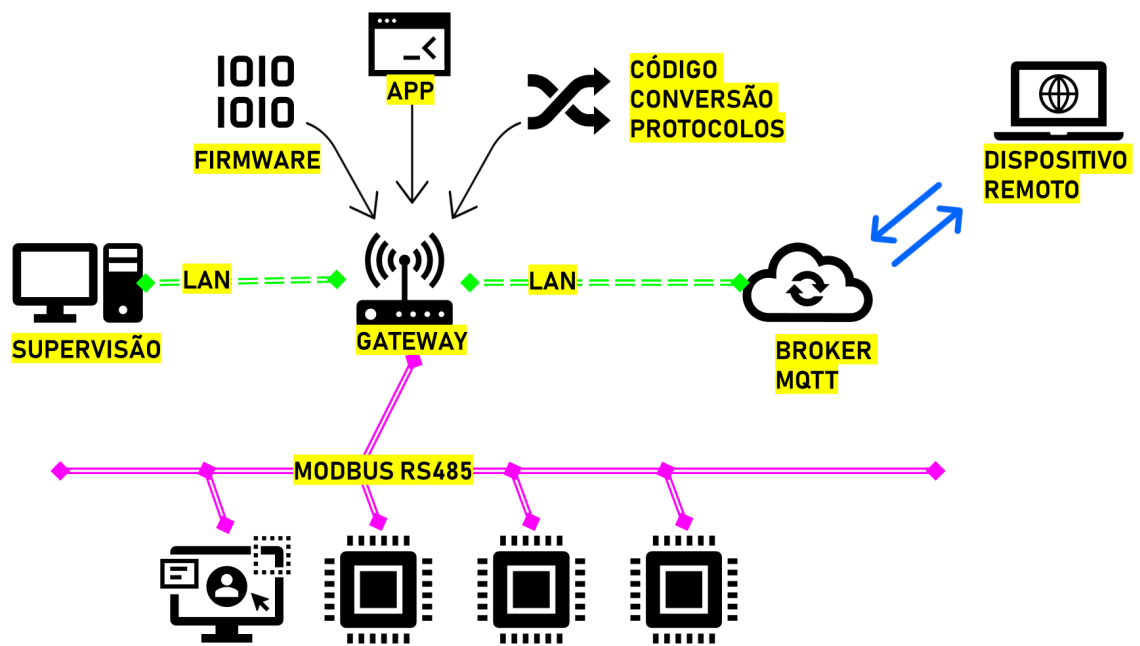


Figura 2 - CLP como gateway conversor de protocolos  
Fonte: criação própria

Distingue-se a partir da Figura 2 que um clp pode ser usado como dispositivo conversor de protocolos de comunicação. No exemplo, uma rede de dispositivos de campo interconectados via o meio físico RS485 e protocolo legado Modbus RTU fornecem dados para um CLP configurado para executar um código de programa de conversão de protocolos – de MODBUS RTU para MQTT.

Em suma, a estruturação da comunicação nas redes de automação é um aspecto vital que não pode ser negligenciado. Protocolos como o MQTT são essenciais para garantir uma troca de mensagens eficiente e clara, promovendo um ambiente colaborativo que favorece o bom relacionamento entre todos os envolvidos. Dessa forma, investir em uma comunicação bem estruturada é um passo fundamental para o sucesso de qualquer sistema industrial, refletindo diretamente na produtividade e na eficiência das operações.

Entre os recursos que o MQTT oferece estão a capacidade de utilizar diversos endereços diferentes e diferentes topologias de rede, baixa largura de banda, baixo consumo de energia, redes eficientes e escaláveis, mobilidade, confiabilidade e longos períodos de hibernação, se necessário (Maschietto, 2021).

## 2. DESENVOLVIMENTO

A Indústria 4.0, também conhecida como a Quarta Revolução Industrial, é caracterizada pela fusão das tecnologias digitais, físicas e biológicas. Ao todo são 9 pilares tecnológicos.

Robôs autônomos - programados para serem capazes de sentir o ambiente a sua volta e realizar tarefas que exijam força e precisão por longas horas sem uma supervisão direta de seres humanos. São capazes de se auto programar e aprender novas funções (MARCELO, 2016).

Simulação - a virtualização do chão de fábrica tem se tornado uma ferramenta importante, permitindo a criação de cópias mais próximas da realidade das linhas produtivas, possibilitando testar, configurar o maquinário, medir e implementar antes de qualquer alteração no projeto físico (CRT, 2022).

Integração de sistemas - é a unificação dos sistemas de gerenciamento de modo a conectar o processo com o corporativo. Com a junção pretende-se aumentar a competitividade, reduzir custos e aumentar a flexibilização da produção. Essa integração dos sistemas unifica o espaço físico com a cadeia logística, fornecedores, fabricantes e consumidores, gerando possibilidades de novos negócios (CRT, 2022).

IoT (Internet das coisas) - Por trás da internet das coisas vem o objetivo de conectar mundialmente computadores, estabelecendo a união dos humanos com as redes de objetos ligados a internet (CRT, 2022).

Cyber segurança - como a Indústria 4.0 promete a conexão entre vários processos, sendo interligações fundamentais para garantir o gerenciamento e o acompanhamento da produção, a segurança cibernética se torna essencial para o funcionamento sem riscos de violações no sistema de comunicação (CRT, 2022).

Computação na nuvem - refere-se à possibilidade de acesso aos serviços de TI através da internet. Com somente a conexão a uma rede e um dispositivo (computador, tablet ou smartphone) é possível o acesso a arquivos ou aplicativos de qualquer lugar (CRT, 2022).

Manufatura aditiva - explora novas oportunidades de negócios, oferecendo produtos customizados aos clientes, possibilitando atender uma variedade de consumidores, permitindo a personalização de diversas camadas do produto (CRT, 2022).

Realidade aumentada - A realidade virtual permitirá a capacitação de funcionários, sem comprometer equipamentos físicos, auxiliando também na supervisão das equipes de trabalho (CRT, 2022).

Big Data - é o processo de extrair informações de qualidade a partir de um grande volume de dados, que podem ajudar na tomada de decisões e no planejamento estratégico das empresas (CRT, 2022). A Indústria 4.0 tende a mudar a organização do sistema de produção.

## **2.1 Revolução Industrial**

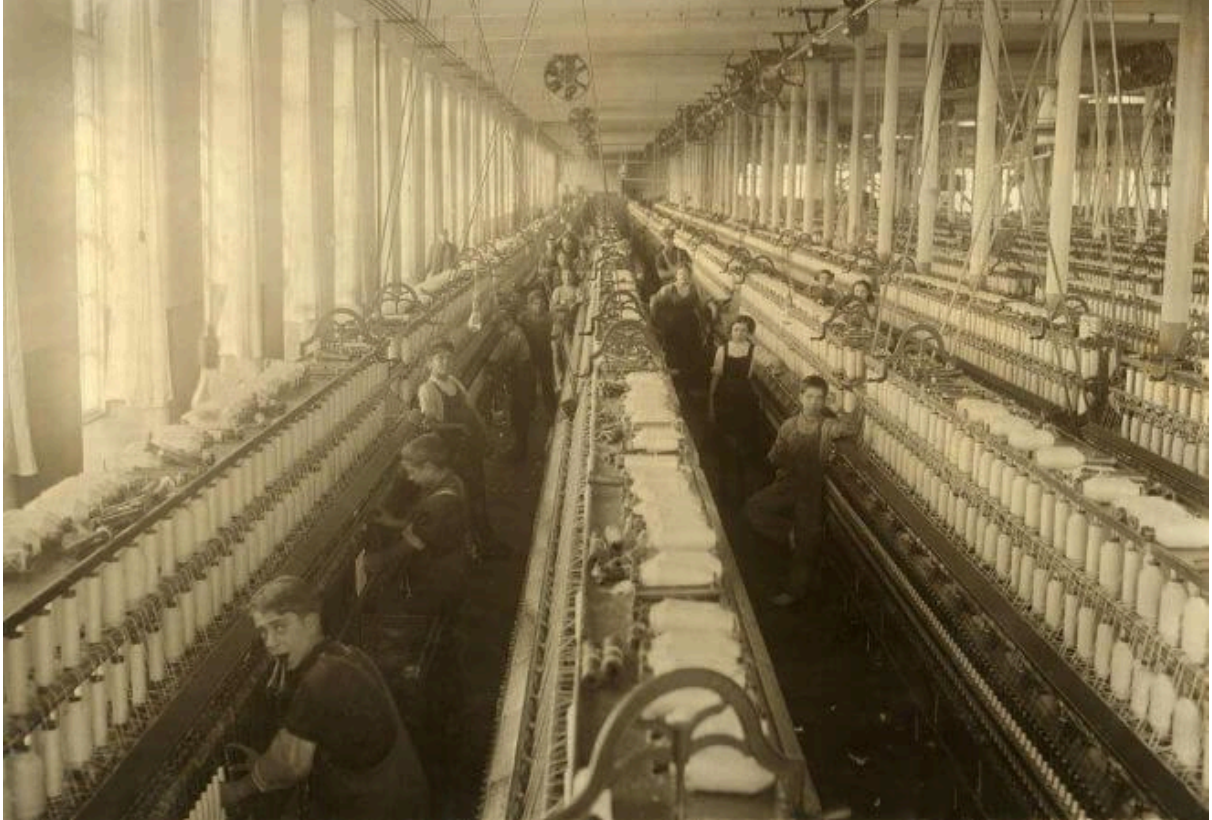
Em 1760 na Inglaterra, começou a integração de maquinários para auxiliar na produção nas indústrias conhecida como revolução industrial, ela ficou marcada por várias inovações (IGLÉSIAS, 1984).

O início da Revolução ocorreu pelo desenvolvimento da máquina a vapor que aproveita o vapor da água aquecida pelo carvão para produzir energia e revertê-la em força para mover máquinas (DANIEL, 2014)

No início do século XVIII começou a segunda revolução industrial, marcada pela criação de novas fontes de energia, motores a combustão e elétricos, responsável pelo desenvolvimento

nas áreas da indústria química e bélica (SOUSA, 2016). Esse período representou avanços não só tecnológicos, mas também geográficos, representando o momento em que a revolução deixou de limitar a Inglaterra e surgiu em outros países, como Estados Unidos, Japão e França (RAFAELA, 2014)

**Figura 3 - Crianças trabalhando em uma fábrica têxtil dos Estados Unidos**



Fonte: (MUNDOEDUCACAO, 2014).

Na terceira revolução, foi introduzido na metade do século XX, na área industrial, avanços na área da robótica, biotecnologia, eletrônica e etc., transformaram não só a produção, como também as relações sociais (DANIEL, 2014).

Esse período de grande desenvolvimento tecnológico e científico teve início após a segunda guerra mundial. Foi marcada por invenções como computadores, televisores, robôs, satélites, criação da internet e etc. (MARCELO, 2016)

A Quarta Revolução Industrial ou INDÚSTRIA 4.0, tende a mudar a organização do sistema de produção, todos os equipamentos do processo estarão interligados, trocando informações que permitirão mudanças em sua programação de acordo com eventos internos e externos do ambiente industrial (MARCELO, 2016)

### **3. METODOLOGIA**

Realizando uma pesquisa sobre a integração da indústria 4.0 em um sistema legado ou retrofit em uma empresa brasileira, embora as tecnologias da quarta revolução industrial esteja

fazendo a diferença no mundo, no Brasil muitos empresários ainda relutam em adotá-las (DJP, 2020)

A integração pode ser feita como uma reforma com o intuito de implementar a tecnologia e acrescentar itens, ou aproveitamento de manutenção na linha para o equipamento receber os novos recursos (DJP, 2020).

A relevância desse problema está na sua influência direta sobre a competitividade das indústrias no mercado global, onde a Indústria 4.0 já é uma realidade consolidada. Abordar essa questão é crucial para posicionar o Brasil como um competidor estratégico, garantindo a modernização da sua base industrial e promovendo práticas mais sustentáveis e eficientes.

Com base nisso, identificou-se através de artigos de empresas de instalações de Indústria 4.0 o método de Integração da nova tecnologia ao processo.

A incorporação da tecnologia da indústria 4.0 através do retrofit tem alguns desafios:

- Avaliar a tecnologia;
- Investimento em tecnologia;
- Treinamento e capacitação;  
Integração de sistemas;
- Cibersegurança;
- Investimento em equipes estratégicas;
- Monitoramento.

O primeiro passo é avaliar a infraestrutura e a operação de modo geral, identificando áreas nas quais tecnologias da indústria 4.0 podem ser aplicadas para obter melhorias significativas (RIO-TECH, 2023).

Investimento em tecnologia é necessário que aloque recursos para adquirir e implementar novas tecnologias à produção, como sensores, sistemas de automação, análise de dados e soluções de Inteligência Artificial (RIO-TECH, 2023).

Treinamento e capacitação é fundamental para implementar atualizações e melhorias constantes na força do trabalho. Oferecer treinamento a equipe não só ensina a operação da nova tecnologia, mas também o desenvolvimento de novas habilidades (Rio-Tech, 2023).

Integração busca garantir que todos os dispositivos e sistemas estejam interligados para coleta e compartilhamento de dados, sendo mais eficaz trabalhando em conjunto (RIO-TECH, 2023).

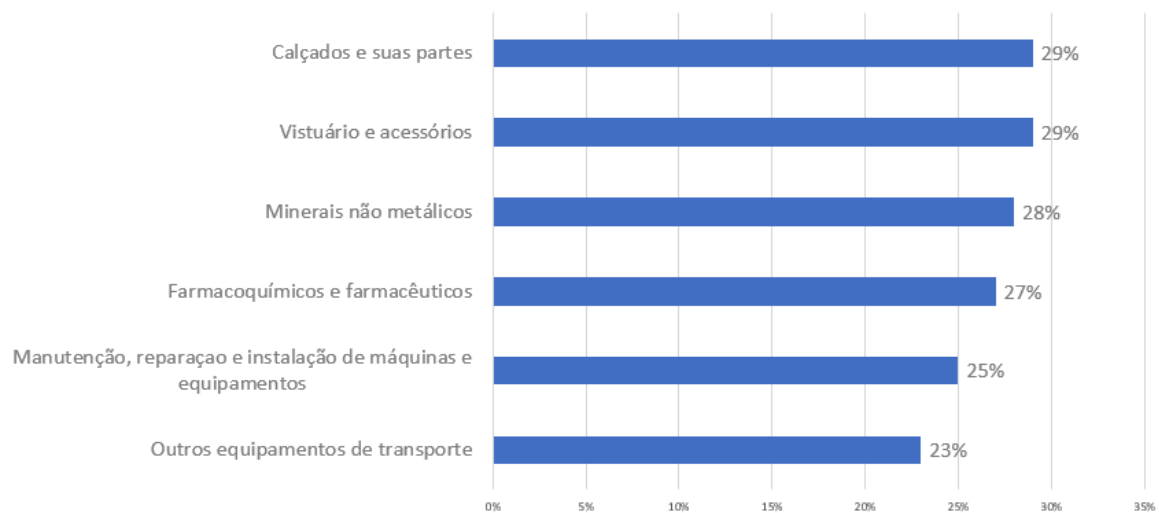
Com os dispositivos conectados, é necessário investimento na segurança desses dados, uma vez que a conectividade expandida traz riscos aos dados compartilhados.

A parceria com empresas especializadas para orientação ou investir em uma equipe interna de suporte é estratégica para auxílio no funcionamento da nova tecnologia.

Um dos pontos mais importantes da estrutura tecnológica e automatizada em qualquer ambiente é o monitoramento. Portanto, implementar um ciclo de monitoramento, garante que as operações estejam sempre otimizadas para identificar falhas (RIO-TECH, 2023).

Parte do artigo que compreende a descrição dos recursos técnicos utilizados na pesquisa, permitindo ao leitor compreender como os dados foram obtidos. Caso a pesquisa envolva amostra, deve-se descrever qual método de amostragem foi utilizado, quais foram os critérios de inclusão e exclusão, bem como que população foi utilizada.

Figura 2 – Gráfico de setores no Brasil que menos usam Indústria 4.0  
Setores que Menos Usam



Fonte: (Jhonata, 2017)

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apontam que o sistema precisa de um preparo no orçamento, sistema a ser modernizado e na equipe operacional. A seguir temos alguns dos impactos da modernização do processo:

- 1) O aumento da eficiência ocorre devido a automação e a análise de dados que permitem uma produção mais eficiente, reduzindo custos e aumentando a produtividade das máquinas e dos trabalhadores.
- 2) Reduz os erros humanos, trazendo resultados com menos esforço, menos descartes e melhorando a qualidade do produto.
- 3) A manutenção preditiva de equipamentos envolve o uso de técnicas de monitoramento e medição com o intuito de fazer a previsão de falhas e a coleta de dados sobre o estado dos equipamentos. Essa manutenção pode ser feita com muito mais eficiência e qualidade usando tecnologia.

- 4) Manufatura aditiva ou customização, possibilita a criação de produtos personalizados em larga escala, atendendo às demandas dos clientes de maneira mais precisa.
- 5) A comunicação entre máquinas (M2M), aliada à colaboração entre sistemas de produção e logística, melhora a eficiência e a flexibilidade das operações em todos os tipos de fábricas.
- 6) A redução de resíduos e a otimização dos recursos de energia contribuem para um processo mais sustentável, com menor consumo energético.

As pesquisas mostram que a implementação pode reduzir custos com manutenção entre 10% a 40%; diminuir o consumo de energia entre 10% a 20% e a eficiência do trabalho entre 10% a 25% (SEBRAE, 2022)

Os dados demonstram que a integração da IoT com sistemas legados em plantas industriais no Brasil é um desafio, mas também uma oportunidade. A pesquisa evidencia que a modernização através do retrofit pode resultar em melhorias significativas em eficiência, produtividade e sustentabilidade. Esses resultados são consistentes com as expectativas, já que a introdução de novas tecnologias em sistemas existentes tende a otimizar operações.

Os resultados confirmam a hipótese de que a adoção da IoT em indústrias brasileiras, mesmo com sistemas legados, pode trazer benefícios significativos. A coleta de dados em tempo real e a automação inteligente, que facilita a comunicação entre Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). A pesquisa também destaca que, embora existam desafios, como investimento inicial e treinamento, os benefícios superam as dificuldades.

Os resultados se alinham com o paradigma atual de que a Indústria 4.0 é fundamental para a modernização industrial e a competitividade global. A necessidade de integração de tecnologias emergentes com sistemas legados é um tema recorrente na literatura, ressaltando que a inovação não precisa substituir completamente as infraestruturas existentes, mas sim complementá-las e melhorá-las. O paradigma atual sugere que a indústria que não adotar essas tecnologias estará em desvantagem competitiva.

#### **4.1 Discussão**

A análise dos dados e a comparação com outros estudos indicam que a adoção da IoT e a modernização das plantas industriais através do retrofit são passos essenciais para as indústrias brasileiras se manterem competitivas. Embora existam desafios, como o investimento inicial e a necessidade de treinamento, os benefícios, como a automação inteligente, a coleta de dados em tempo real e a melhoria na eficiência e na sustentabilidade, são claros.

Os dados discutidos no texto ressaltam a importância da cibersegurança, da computação na nuvem e da integração de sistemas para maximizar os benefícios da Indústria 4.0. As indústrias que adotarem essas tecnologias estarão melhor posicionadas para enfrentar os desafios do mercado global e aproveitar as oportunidades de inovação e crescimento.

Do ponto de vista prático, os resultados deste estudo sugerem que as empresas devem investir em projetos-piloto para testar e validar tecnologias antes de sua aplicação em larga escala. Essa abordagem permite identificar problemas potenciais e ajustar as soluções conforme necessário. Além disso, o desenvolvimento de parcerias com universidades e fornecedores de tecnologia pode acelerar o processo de adoção e reduzir os custos

## CONCLUSÕES

A pesquisa confirma que a integração da Internet das Coisas (IoT) em sistemas legados é não apenas viável, mas essencial para a modernização das plantas industriais brasileiras. Os resultados indicam que a adoção da IoT, mesmo em um ambiente de infraestrutura desatualizada, pode gerar ganhos substanciais em eficiência operacional, redução de custos e aumento de competitividade. A implementação de tecnologias de monitoramento em tempo real, como sensores inteligentes e sistemas de manutenção preditiva, demonstrou ser eficaz na melhoria da produtividade e na sustentabilidade das operações.

Entretanto, para garantir o sucesso desta transição, é necessário enfrentar desafios significativos, como os custos iniciais de adaptação, a resistência à mudança e a necessidade de capacitação das equipes operacionais. A compatibilidade entre sistemas antigos e novas tecnologias também se mostrou um obstáculo, reforçando a importância do retrofit como uma estratégia prática e eficaz.

Para que as indústrias brasileiras possam competir em um mercado global cada vez mais tecnológico e exigente, é fundamental adotar uma estratégia de modernização contínua e adaptar-se às inovações trazidas pela Indústria 4.0. A pesquisa reforça que, apesar dos desafios, as vantagens da adoção da IoT superam as dificuldades, tornando-a uma ferramenta indispensável para o futuro da indústria no Brasil.

## 2 AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por ser o sustento em todos os dias. Aos colegas pela paciência durante esses meses e aos professores orientadores pelos ensinamentos que foi o diferencial nessa etapa. Deixamos registrados nesse trabalho, a nossa gratidão!

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTOMAÇÃO, D. J. P. **Faça o retrofit e torne-se uma indústria 4.0** - DJP Automação. Disponível em: <<https://djpaotomacao.com/retrofit-e-industria-40/>>. Acesso em: 10 dez. 2024.

CRT-, C. 9 **pilares da Indústria 4.0** - CRT 4a Região -Paraná e Santa Catarina. Disponível em: <<https://www.crt04.org.br/9-pilares-da-industria-4-0/>>. Acesso em: 10 dez. 2024.

PERASSO, V. **O que é a 4a revolução industrial - e como ela deve afetar nossas vidas**. BBC, 22 out. 2016.

RIO-TECH; PROJETOS, E. E. E. **Indústria 4.0 e os impactos nas fábricas**. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/ind%C3%BAstria-40-e-os-impactos-nas-f%C3%A1bricas-r io-tech/>>. Acesso em: 10 dez. 2024.

SEYFFERT, P. **Integração de sistemas: entenda como implementar essa peça-chave para a transformação digital**. Disponível em: <<https://softdesign.com.br/blog/integracao-de-sistemas/>>. Acesso em: 10 dez. 2024.

TELES, J. **Indústria 4.0 – Tudo que você precisa saber sobre a Quarta Revolução Industrial**. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 10 dez. 2024.

VITOR ZANATA DE SOUZA, J.; BONETTE, L. R. **Impactos da indústria 4.0 e sua autonomia operacional em processos de automação, através da internet das coisas**. Revista Gestão Industrial, 2019.

Disponível <[https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17086/1/CT\\_CEAUT\\_2015\\_08.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17086/1/CT_CEAUT_2015_08.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2024.

Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/historiageral/revolucao-industrial-2.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2024.

Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/quando-surgiu-a-industria-40>>. Acesso em: 10 dez. 2024

MASCHIETTO, Luís G.; VIEIRA, Anderson L N.; TORRES, Fernando E.; et al. **Arquitetura e Infraestrutura de IoT**. Porto Alegre: SAGAH, 2021. *E-book*. p.73. ISBN 9786556901947. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786556901947/>>. Acesso em: 11 dez. 2024.

TRIPATHY, B. K.; ANURADHA, J. **Internet of things (IoT): technologies, applications, challenges, and solutions**. Boca Raton: CRC Press, 2018.

TORRES, A. B. B.; ROCHA, A. R.; SOUZA, J. N. Análise de desempenho de brokers MQTT em sistema de baixo custo. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPU-TAÇÃO, 36.; WORKSHOP EM DESEMPENHO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS E DE COMUNICAÇÃO, 15., 2016. Anais eletrônicos... [S. l.: SBC], 2016. p. 47–58. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wperformance/article/download/9727/9623>>. Acesso em: 11 set. 2024.

Marcelo de Oliveira Cardoso. **Industria 4.0: a quarta revolução industrial** Disponível em: <[https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17086/1/CT\\_CEAUT\\_2015\\_08.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17086/1/CT_CEAUT_2015_08.pdf)> Acessado em: 02 dez. 2024