

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO
“ADIB MOISÉS DIB”**

ERICKSON ADONAY DE OLIVEIRA
IGOR DE OLIVEIRA VALE
LUCAS BELEM RODRIGUES
THAMIRES REGINA DE SOUSA

MONITORAMENTO INDUSTRIAL UTILIZANDO IoT

São Bernardo do Campo - SP
Junho/2024

**ERICKSON ADONAY DE OLIVEIRA
IGOR DE OLIVEIRA VALE
LUCAS BELEM RODRIGUES
THAMIRES REGINA DE SOUSA**

MONITORAMENTO INDUSTRIAL UTILIZANDO IoT

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moises Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo (a) em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Me. Renan Rodrigues Mendes.

São Bernardo do Campo - SP
Junho/2024

**ERICKSON ADONAY DE OLIVEIRA
IGOR DE OLIVEIRA VALE
LUCAS BELEM RODRIGUES
THAMIRES REGINA DE SOUSA**

MONITORAMENTO INDUSTRIAL UTILIZANDO IoT

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia de São Bernardo do Campo “Adib Moises Dib” como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo (a) em Automação Industrial.

Orientador: Professor Me. Renan Rodrigues Mendes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em: 20/06/2024

Banca Examinadora:

Prof., FATEC SBC - Professor Me. Renan Rodrigues Mendes

Prof., FATEC SBC – Professor Pedro Adolfo Gallani

Prof., FATEC SBC – Professor Josemar Santos

Dedicamos esse trabalho aos nossos familiares, e a todos os professores e colegas que de alguma forma nos ajudaram durante o curso.

Agradecemos ao prof. Renan Rodrigues Mendes pela orientação e apoio durante a elaboração deste trabalho, e aos nossos familiares e colegas pelo apoio durante o curso.

“Onde não há padrão, não pode haver melhoria”

TAIICHI OHNO

RESUMO

Este estudo propõe a implementação da tecnologia IoT em um protótipo de planta industrial para monitorar em tempo real o estado dos sensores instalados. Utiliza o módulo ESP8266 e o protocolo MQTT para a transmissão de dados, com o objetivo de permitir uma melhor manutenção preditiva. A pesquisa demonstra como a IoT facilita a coleta de dados em tempo real para manutenções preventivas. Para isso, foi realizado um levantamento bibliográfico abrangente, abordando conceitos fundamentais. A estrutura do trabalho inclui uma revisão teórica sobre as revoluções industriais, IoT, protocolo MQTT, ESP8266, Node-Red, sensores, atuadores, motor DC, CLP, manutenção IoT e manutenção preditiva. Por fim, são apresentadas as conclusões e os resultados da implementação dos sensores na planta.

Palavras-chave: lot. Manutenção preditiva. Tempo real. Módulo ESP8266.

ABSTRACT

This study proposes the implementation of IoT technology in an industrial plant prototype to monitor the real-time state of installed sensors. It utilizes the ESP8266 module and MQTT protocol for data transmission, aiming to enable better predictive maintenance. The research demonstrates how IoT facilitates real-time data collection for preventive maintenance. To achieve this, a comprehensive literature review was conducted, covering fundamental concepts. The structure of the work includes a theoretical review of industrial revolutions, IoT, MQTT protocol, ESP8266, Node-Red, sensors, actuators, DC motor, PLC, IoT maintenance, and predictive maintenance. Finally, conclusions and results of sensor implementation in the plant are presented.

Keywords: IoT, Predictive Maintenance, Real-time. ESP8266 module.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Trabalhadores na indústria 1.0.....	15
Figura 1.2 – Empresa <i>Browm Boveri</i>	17
Figura 1.3– Automação industrial em uma linha de montagem de veículos.....	18
Figura 1.4 – Quatro revoluções.....	19
Figura 1.5 – Pilares da indústria 4.0.....	20
Figura 1.6 – Pirâmide de automação industrial com implantação de IoT.....	23
Figura 1.7 – Monitoramento e controle de planta industrial utilizando IoT.....	26
Figura 1.8 – Modelo simplificado do uso de aplicação nas nuvens com MQTT.....	28
Figura 1.9 – Conexões Placa ESP8266.....	29
Figura 1.10 – Pinagem ESP8266.....	30
Figura 1.11 – Diagrama de nós Node-Red.....	32
Figura 1.12 – Nós de Node-Red.....	33
Figura 1.13 – Sensores industriais.....	35
Figura 1.14 – Tipos de sensores	36
Figura 1.15 – Tipos de atuadores	38
Figura 1.16 – Válvula direcional eletropneumática.....	39
Figura 1.17 – Atração e repulsão de bobinas e ímãs.....	40
Figura 1.18 – Controlador programável festo	42
Figura 1.19 – Tecnologias habilitadoras para manutenção preditiva	44
Figura 2.1 – Fluxograma funcionamento do CLP sem monitoramento	48
Figura 2.2 – Fluxograma monitoramento.....	49
Figura 2.3 – Arquitetura da planta com sensores instalados.....	50
Figura 2.4 – Arquitetura da planta com sensores instalados.....	50
Figura 2.5 – Projeto de arquitetura utilizando conceitos de IoT.....	51
Figura 2.6 – Cronograma do quinto e sexto semestre.....	54
Figura 3.1 – Projeto finalizado	55
Figura 3.2 – Posto 01 desmontado.....	57
Figura 3.3 – Posto 02 desmontado	58
Figura 3.4 – Posto 03 desmontado	58
Figura 3.5 – Posto 01 montado	59

Figura 3.6 – Posto 02 ontado.....	60
Figura 3.7 – Posto 03 montado	61
Figura 3.8 – CLP e entradas digitais	62
Figura 3.9 – Régua de bornes	63
Figura 3.10 – Software no modo online	64
Figura 3.11 – Sensor do posto 01	66
Figura 3.12 – Sensores do posto 02	67
Figura 3.13 – Sensor do posto 03	67
Figura 3.14 – Relé instalado	68
Figura 3.15 – Flows.....	71
Figura 3.16 – Node – Red.....	72
Figura 3.17 – Tela principal	73
Figura 3.18 – Tela de sensor de temperatura e umidade	74
Figura 3.19 – Tela de produção	74
Figura 3.20 – Tela de dados do motor	75

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	15
1.1 Breve histórico das quatro revoluções industriais	15
1.2 Indústria 4.0	18
1.3 Internet das coisas (IoT)	21
1.3.1 Conceito da IoT	22
1.3.2 Benefícios da IoT	23
1.3.3 Aplicações da IoT na indústria	24
1.4 Protocolo de comunicação MQTT.....	26
1.5 Módulo ESP8266	28
1.5.1 Características do módulo ESP8266 NodeMCU	25
1.6 Node – Red	31
1.7 Sensores	34
1.7.1 Sensores na indústria 4.0 e IoT	35
1.8 Atuadores	36
1.9 Válvulas pneumáticas	38
1.10 Motor DC	40
1.11 CLP	41
1.12 Manutenção preditiva	42
1.13 Manutenção com IoT	43
2 METODOLOGIA.....	45
2.1 O tema proposto com justificativa e descrição do projeto	46
2.2 Etapas teóricas e físicas para elaboração do projeto	51
2.3 Cronograma de elaboração do projeto	53
3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	55

3.1	Montagem estrutural da planta industrial	57
3.2	Montagem eletrônica da planta e programação do CLP	61
3.3	Instalação do relé e dos sensores de IoT e conexão ao ESP8266	66
3.4	Desenvolvimento do MQTT	69
3.5	Desenvolvimento do Node – Red	70
3.6	Elaboração da programação do ESP8266	76
3.7	Análise do funcionamento da planta com os sensores instalados	76
3.8	Identificação de obstáculos e suas respectivas soluções	77
	 CONSIDERAÇÕES FINAIS	 79
	 REFERÊNCIA	 81

INTRODUÇÃO

Com a implementação de uma planta industrial automatizada, equipada com tecnologias de última geração e processos inovadores, surge a imperativa demanda de monitorar esses elementos de forma altamente eficaz, a fim de alcançar resultados alinhados com os objetivos da empresa. O avanço da automação industrial exige a utilização de métodos ágeis e eficientes para o controle e gerenciamento de dados provenientes de máquinas, equipamentos e processos, visando a redução de custos e o aumento da eficiência produtiva.

Por muito tempo, a indústria tem sido gerenciada e monitorada através da utilização de cabos de comunicação conectados a computadores, máquinas e equipamentos. Esse método de interconexão é empregado para o controle e a aquisição de dados, tais como a contagem de peças produzidas, o tempo de parada e até mesmo a coleta de informações provenientes de sensores em equipamentos.

Com o advento da *internet*, surgiu a oportunidade de aprimorar significativamente esse processo, permitindo a coleta, monitoramento e gestão de dados de uma planta industrial em tempo real via *Wireless* (sem fio). Para aprimorar essa conectividade, foi desenvolvido o conceito *IoT* (*internet of things*), cujo propósito central é estabelecer conexões entre dispositivos, redes de comunicação e sistemas de controle via *wireless*, assim facilitando a coleta de dados do ambiente por meio de sensores. Além disso, a IoT oferece a capacidade de armazenar esses dados na nuvem, tornando-os acessíveis e gerenciáveis a qualquer momento.

Com base no que foi apresentado, o presente projeto intitulado "Monitoramento Industrial com Utilização de IoT" tem como finalidade a implementação da tecnologia IoT em uma planta industrial, com o propósito de monitorar em tempo real o estado de máquinas e equipamentos, permitindo a realização de manutenção preditiva.

Para isso, os dados serão transmitidos em tempo real utilizando o módulo ESP8266 e o protocolo MQTT, com a integração da plataforma Node-Red a um banco de dados.

Desta forma, o trabalho é dividido em 3 capítulos.

Capítulo 1 – Fundamentação Teórica: encontram-se as teorias de autores renomados que dão sustentação ao desenvolvimento e construção do projeto;

Capítulo 2 – Metodologia: são descritos métodos, técnicas e procedimentos para percorrer o caminho da pesquisa para a construção do trabalho;

Capítulo 3 – Desenvolvimento do projeto: encontra-se passo a passo a construção e desenvolvimento do projeto relacionando as teorias, metodologia e ilustrando-o com figuras e tabelas;

E finalmente, as Considerações Finais: são explicitados os objetivos propostos e as justificativas, apontamento das relações existentes entre as teorias e os fatos verificados, conquistas alcançadas, pontos fortes e fracos e sugestões para futuros trabalhos.

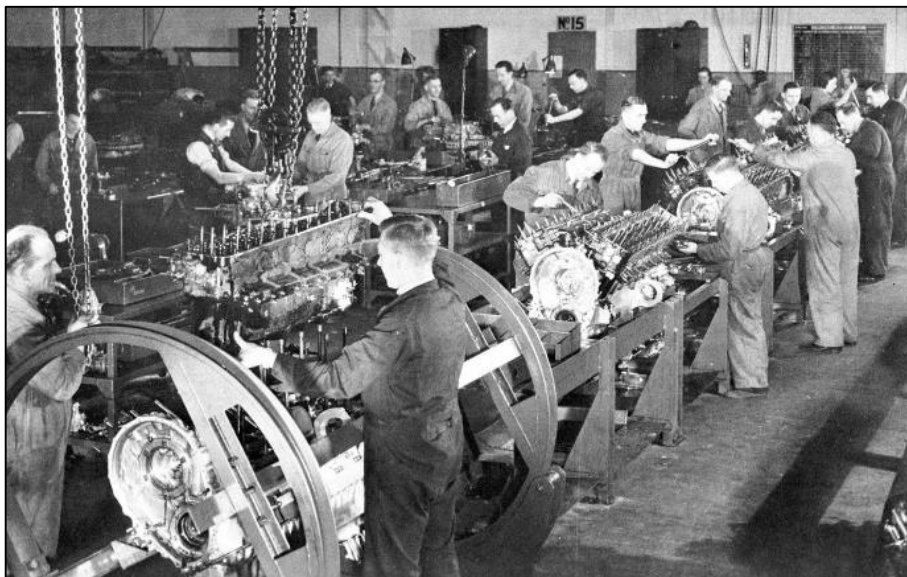
1 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Neste capítulo, são apresentadas as teorias que embasam o desenvolvimento do projeto intitulado “Monitoramento Industrial utilizando IoT”.

1.1 Breve histórico das quatro revoluções industriais

Primeira revolução industrial: No século XVII, na Grã-Bretanha, a primeira revolução industrial teve início com a invenção da máquina a vapor, cerca de 200 anos atrás, conforme mencionado por Sergio, Murilo e Max (2018). Esse evento marcou o fim das manufaturas tradicionais, onde os trabalhadores realizavam tarefas físicas repetitivas e cansativas. As máquinas possibilitaram a produção em massa, inaugurando um novo modelo econômico e impulsionando a produção dos negócios, marcando assim o início de uma era industrial transformadora. Na Figura 1.1 é mostrado os trabalhadores e a mecanização das fabricas.

Figura 1.1 – Trabalhadores na indústria 1.0



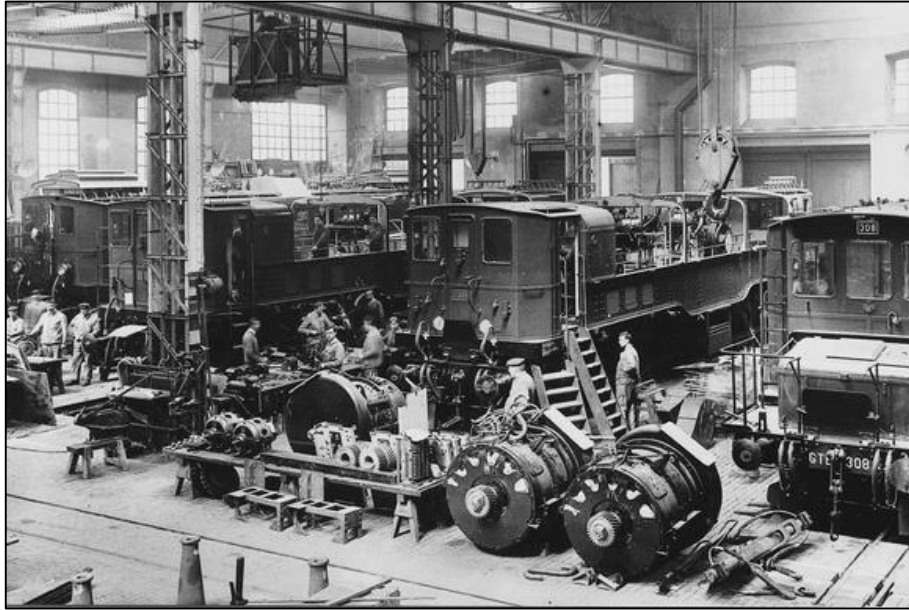
Fonte: Significados.com, 2019

Segundo Sergio, Murilo e Max (2018) no século XVII, a comunicação se limitava ao telégrafo, criado por Samuel Morse em 1837. Essa máquina utilizava pontos e traços para representar letras e símbolos gráficos, permitindo a disseminação de mensagens em escala global.

Segunda Revolução industrial: De acordo com Sergio, Murilo e Max (2018) a segunda revolução iniciou-se na segunda metade do século XIX (1850 – 1870) e terminou durante a segunda guerra mundial (1939-1945). Nesse período, houve uma série de evoluções na indústria elétrica, petroleira e de aço. Com o seguimento das fábricas, o desenvolvimento da produção em massa e conseqüentemente a redução dos preços.

Segundo Sergio, Murilo e Max (2018) o aumento na produção de aço, impulsionado pelos altos-fornos a coque, possibilitou a criação de equipamentos e máquinas mais sofisticadas em comparação com os antigos modelos de madeira, que eram predominantes até então. Além disso, a adoção da energia elétrica para fins industriais acelerou o progresso na manufatura. A Figura 1.2 apresenta um exemplo do funcionamento de uma empresa de locomotivas daquela época.

Figura 1.2 – Empresa Browm Boveri



Fonte: Suissinfo.ch, 2018

Também de acordo com Sergio, Murilo e Max (2018) é plausível argumentar que a segunda revolução industrial trouxe uma série de inovações tecnológicas para o mundo. A eletricidade desempenhou um papel essencial nesses avanços, estimulando a criação de motores e máquinas mais compactas. Além disso, essa revolução teve um impacto significativo em várias áreas da gestão empresarial. O aumento da produtividade exigiu o desenvolvimento de métodos para supervisionar e aprimorar a produção de maneira mais eficaz e ágil.

Terceira revolução industrial: No meio do século XX, surgiu a Terceira Revolução Industrial, marcada pela introdução da eletrônica como impulsionadora da modernização industrial e isso ocorreu após o término da Segunda Guerra Mundial. Nesse período, conhecido como a era da eletrônica, as máquinas começaram a ser controladas por dispositivos chamados controladores lógicos programáveis (Sergio; Murilo; Max, 2018). Na figura 1.3 é exemplificado a automação industrial em uma linha de montagem.

Figura 1.3 - Automação industrial em uma linha de montagem de veículos



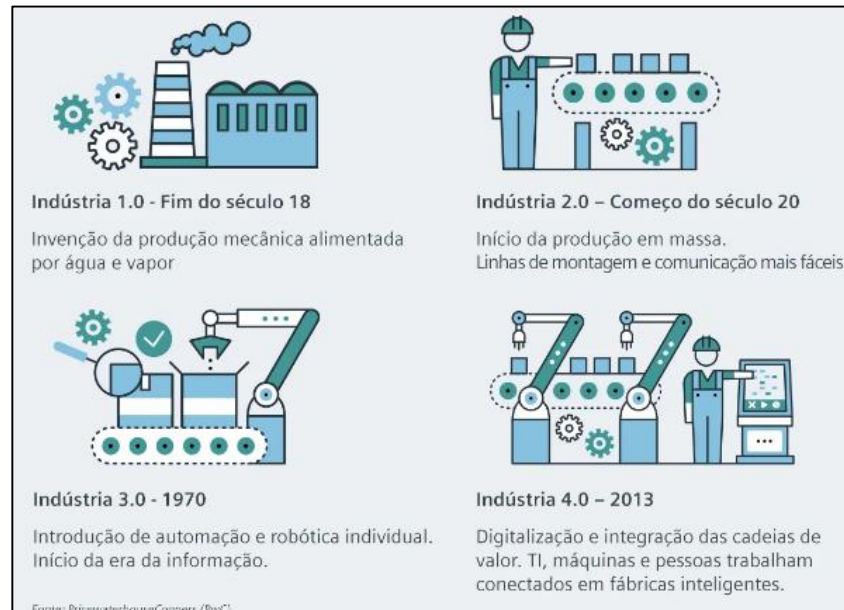
Fonte: Shutterstock.com, 2023

1.2 Indústria 4.0

De acordo com o *site* Siemens (2024), o conceito da Indústria 4.0, mais conhecido como Quarta Revolução Industrial, teve sua origem na Feira de Hannover de 2011. Esse conceito abrange a automação industrial e a integração de tecnologias inovadoras, como inteligência artificial, Internet das coisas, robótica e computação em nuvem.

Nessa nova abordagem operacional das fábricas, empresas de tecnologia, universidades e centros de pesquisa, com o apoio do governo alemão, descreveram a visão de descentralização do controle dos processos produtivos, com dispositivos inteligentes trabalhando colaborativamente. Isso implica na interconexão de toda a cadeia produtiva e logística, com a comunicação máquina a máquina e máquina-humana aproveitando as informações para melhorar a produção por meio de dados. Na figura 1.4 é mostrado as quatro revoluções.

Figura 1.4 – Quatro revoluções



Fonte: neigrando.com ,2016.

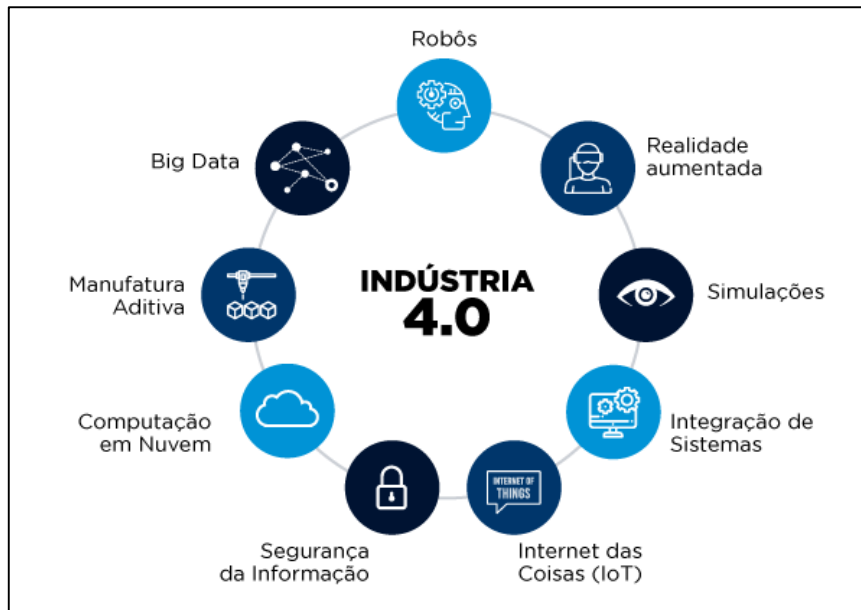
Segundo a Siemens (2024), é notável que com a transição para a indústria 4.0, estamos presenciando o surgimento de novos modelos de negócios que consideram as necessidades específicas de cada cliente. Isso significa que os produtos podem ser personalizados de acordo com o que cada consumidor deseja, graças às fábricas inteligentes. Além disso, graças à capacidade de usar dados e informações de mercado, as empresas podem se manter atualizadas sobre as mudanças nos hábitos de compra e nas demandas dos consumidores.

Na mesma linha, com a quarta revolução industrial, pode-se esperar ver linhas de produção mais avançadas que são capazes de se comunicar entre si e de serem gerenciadas em tempo real. Isso vai resultar em processos mais eficientes, com menos erros, menos desperdício de materiais e, o mais importante, menos tempo perdido. Tudo isso é possível graças ao controle detalhado dos sistemas que trabalham juntos de forma organizada e interligada.

De acordo com Estéves (2016) a indústria 4.0 é composta por 9 pilares, sendo eles: *Big data*, robôs autônomos, simulação, integração, internet das coisas,

cibersegurança, nuvem, fabricação aditiva e realizada aumentada. Diante dos dados mencionados, a Figura 1.5 apresenta de maneira mais clara a representação desses pilares.

Figura 1.5 – Pilares da indústria 4.0



Fonte: Luizchesini.com.br ,2024.

Segundo Machado (2018) o conceito de "*Big Data*" engloba a gigantesca quantidade de dados que está sendo gerada constantemente em todo o mundo. Esse fenômeno está desencadeando uma verdadeira revolução no campo da tecnologia e arquitetura, com o objetivo central de extrair valor desse vasto conjunto de informações. A meta principal é agilizar o processo de captura, descoberta e análise desses dados, transformando-os em insights valiosos que podem ser aplicados na gestão de negócios.

Conforme Pedrosa (2011) destaca, a *Cloud Computing*, ou computação em nuvem, representa um avançado modelo de computação que oferece ao usuário acesso a uma vasta variedade de aplicativos e serviços remotamente,

independentemente da plataforma em uso. Tudo o que se requer é um dispositivo com acesso à internet para se conectar à "nuvem".

Na visão de Taurion (2009) a computação em nuvem na área de tecnologia da informação (TI) envolve a disponibilidade de uma rede completa de computadores para que o usuário possa executar seus programas, sem a necessidade de conhecer os computadores específicos responsáveis pelo trabalho. Em resumo, a computação em nuvem oferece uma forma altamente eficiente de aprimorar e adaptar os recursos de computação. Além disso, um ambiente de nuvem computacional é, por sua própria natureza, construído para ser redundante e resistente a falhas.

Também de acordo com Estéves (2016) a Internet das Coisas é considerada o pilar mais crucial da Indústria 4.0. Isso ocorre devido à capacidade de equipar um número crescente de dispositivos, inclusive em estágios intermediários de produção, com sistemas integrados e conectá-los por meio de tecnologias padronizadas. Essa integração possibilita a comunicação e interação eficaz entre os dispositivos implantados e os sistemas centrais. Além disso, essa abordagem descentralizada agiliza a análise de dados e a tomada de decisões, permitindo respostas em tempo real.

1.3 Internet das coisas (IoT)

Este capítulo trata do conceito, dos benefícios e aplicações da IoT. Trata também da IoT no âmbito indústria.

1.3.1 Conceito da IoT

Mancini (2017) descreve que em 1999 o visionário e pioneiro da tecnologia Kevin Ashton nascido na Inglaterra criou o termo *Internet of Things (IoT)*, imaginando que num futuro próximo todas as coisas como televisores, geladeiras, carros, máquinas e equipamentos industriais entre outras e não apenas computadores e smartphones (esses últimos que ainda não existiam em 1999), estariam conectados à *internet*. Mais só em 2010 a IoT começou a ganhar forma quando surgiram os primeiros produtos conectados à *web*.

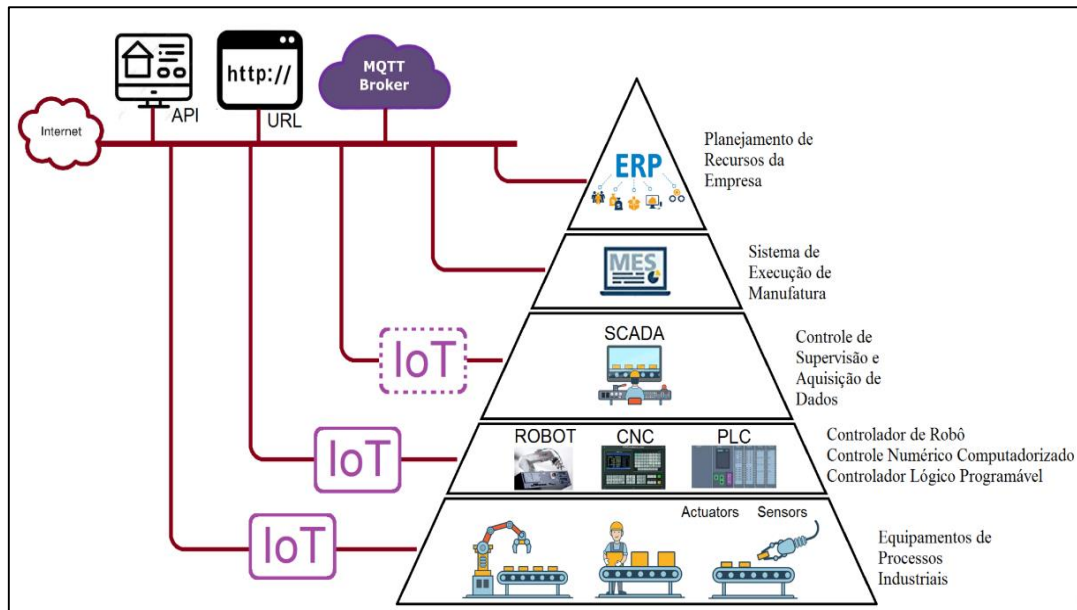
Embora Kevin Ashton tenha sido o primeiro a mencionar o termo IoT, a ideia de conexão entre dispositivos existe desde os anos 70. Porém, o primeiro aparelho conectado à internet, foi uma máquina de Coca-Cola na Universidade Carnegie Mellon no início dos anos 80. Através da *web*, os programadores poderiam monitorar o *status* da máquina e determinar se haveria uma bebida gelada quando eles decidissem ir até a máquina.

Bertoleti (2017) descreve que a IoT é um sistema rodando em servidores *online* (dados em nuvem). A rede IoT tem o objetivo de conectar dispositivos e seres humanos usando a *Internet* como canal de comunicação. Portanto, o conceito IoT tem a função de tratar, processar e moldar uma grande quantidade de dados gerados pelos dispositivos conectados, transformando tudo isso em informações que gerem valor agregado para o ser humano. Gerando valor, temos a geração de lucro, dados para ajudar na tomada de decisões certas, melhoria de processo produtivo, diminuição no desperdício de matéria, facilidades na vida cotidiana das pessoas tanto em casa quanto no trabalho, enfim, tudo aquilo que pode melhorar em qualidade de vida para as pessoas.

Bertoleti (2017) descreve que a internet das coisas na indústria une máquinas e dispositivos inteligentes e análise de dados avançada. Com objetivo de desenvolver sistemas eficientes e ágeis para monitorar, coletar, alterar, analisar e entregar dados

fundamentais para tomada de decisões rápidas e certas. Na Figura 1.6 é mostrado uma pirâmide de automação industrial com implantação de iteração por IoT.

Figura 1.6 - Pirâmide de automação industrial com implantação de IoT.



Fonte: redeindustria40.com.br, 2021

1.3.2 Benefícios da IoT

Santos (2018) descreve alguns dos benefícios da IoT na indústria, listamos a seguir.

Menos custos: com a IoT na indústria tem benefícios como redução de desperdícios, falhas e atrasos, traz melhoria nos processos fabris e provoca redução de custos, além de maior lucro. Também podemos monitorar a condição de máquinas, prevendo futuras manutenções e assim diminuindo o gasto com aquisição de novos equipamentos.

Tomada de decisões fundamentada: com a conectividade de todo o processo fabril, podemos fazer um levantamento de dados relevantes. A partir da análise das informações, com uma visão global do desempenho da indústria podemos tomar melhores decisões.

Menos acidentes: a IoT na indústria possibilita controlar as máquinas à distância, aumentando a segurança dos colaboradores. Com menor exposição ao risco, há menos acidentes. É um dos principais benefícios da IoT na indústria.

Diagnósticos aprimorados: para uma análise mais completa do processo, os sensores instalados nas máquinas possibilitam a detecção e análise de fatores externos e internos da produção.

Controle da produção: a IoT permite a troca de dados entre máquinas e servidor central em tempo real. Isso traz maior controle da produção a partir dos dados fornecidos.

Para entender melhor os benefícios da IoT na indústria, a seguir é mostrado algumas aplicações na prática.

1.3.3 Exemplos de aplicações da IoT na indústria

Segundo Sátyro (2018) o objetivo da automação com internet das coisas e eliminar processos repetitivos, trocando o trabalho braçal dos trabalhadores para máquinas. Esse profissional pode ser treinado para atuar em outras áreas estratégicas. Então, a IoT pode eliminar postos de trabalho que não agregam valor, este é um dos exemplos de IoT no dia a dia da indústria.

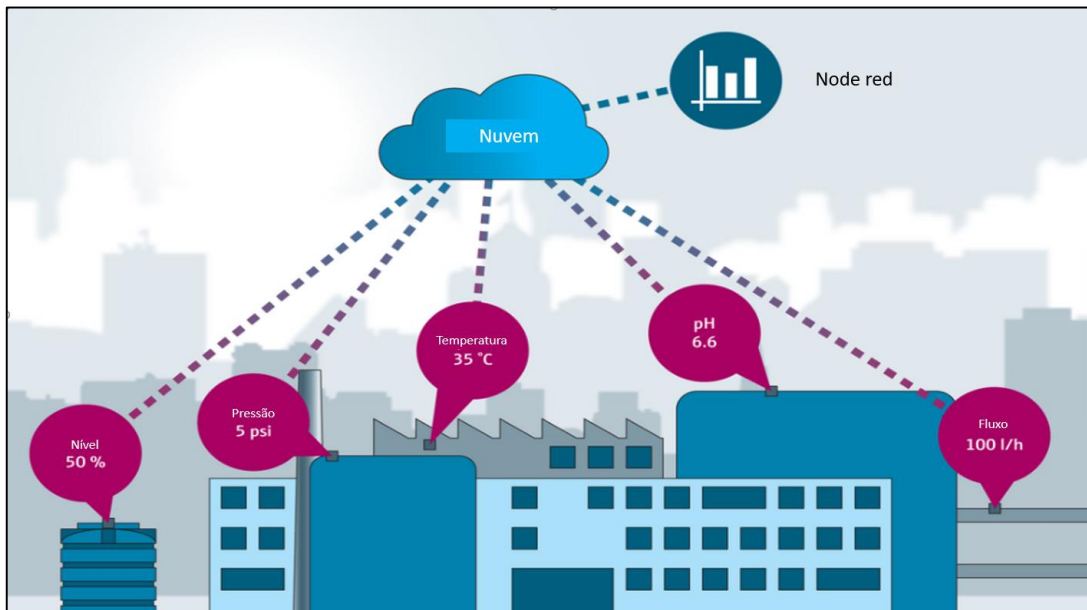
Redução de manutenções corretivas: um dos objetivos principais do nosso trabalho é fazer o controle de manutenção preditiva dos equipamentos. Muitas vezes no chão de fábrica, ocorrem manutenções corretivas por falta de monitoração e planejamento de manutenções. Com a utilização da IoT, um sensor inteligente pode detectar quando deve ser feita uma manutenção preditiva, assim evitando uma parada inesperada do equipamento. Esse é um exemplo que promove a redução de custos nas empresas. Afinal, uma máquina parada interrompe a produção, e com uma manutenção corretiva não planejada pode custar caro.

Monitoramento da produtividade dos equipamentos: a internet das coisas pode contribuir de várias maneiras na indústria, uma delas diz respeito ao aumento da produtividade. Na prática a IoT monitora toda a produção fabril e coleta dados para permitir tomadas de decisões fundamentadas.

Com essas informações de produtividade, o gestor pode fazer o controle de matéria prima e consegue ver, se precisa de mais automação de IoT, mais pessoas no chão de fábrica, ou outras ações para melhorar os processos.

Prevenção de acidentes: um dos focos principais da empresa é prevenir acidentes. Afinal, estamos lidando com a saúde e a segurança dos profissionais, e a IoT pode nos ajudar muito nesse contexto. Com um sensor de presença pode-se impedir o acesso a locais perigosos, ou um sensor de detecção de gás que pode evitar uma explosão. Os sensores de temperatura podem monitorar e mandar comandos para controle da temperatura de um forno evitando um superaquecimento. Na Figura 1.7 é mostrado a aplicação do conceito de internet das coisas para de uma planta industrial.

Figura 1.7 - Monitoração industrial utilizando a IoT.



Fonte: netilion.endress.com, 2024

1.4 Protocolo de Comunicação MQTT

OASIS (2014) descreve que o Protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), é um protocolo de comunicação leve e eficiente, projetado para a troca de mensagens entre dispositivos em redes de baixa largura de banda e alta latência desenvolvido por Dr. Andy Stanford-Clark, da IBM, e Arlen Nipper, da Eurotech, no final dos anos 90 o MQTT é amplamente utilizado em aplicações de Internet das Coisas (IoT), sistemas de monitoramento e automação devido à sua eficiência, escalabilidade, facilidade de uso e baixo consumo de recursos. Sua arquitetura de publicação e assinatura, o tornam uma escolha popular para cenários de IoT e M2M (*Machine-to-Machine*).

De acordo com OASIS (2014) uma das principais características do MQTT é sua arquitetura baseada em publicação e assinatura. Isso significa que os dispositivos se comunicam através de tópicos (*topics*) aos quais podem se inscrever (*subscribe*) para receber mensagens ou aos quais podem publicar (*publish*) mensagens. Essa

abordagem torna o MQTT altamente escalável, permitindo que vários dispositivos se comuniquem de forma assíncrona sem a necessidade de conexões diretas.

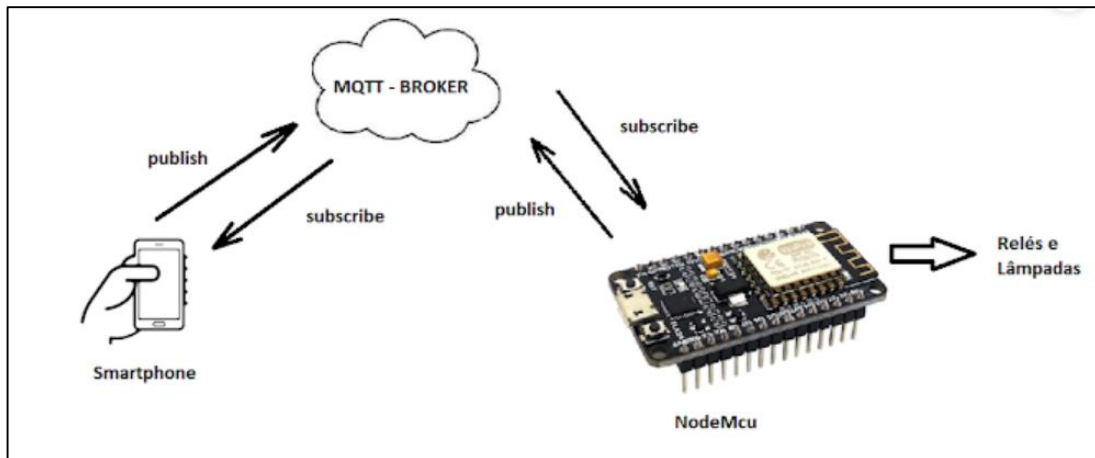
Conforme OASIS (2014) o MQTT também é conhecido por sua eficiência no consumo de energia e largura de banda. Isso ocorre porque o protocolo utiliza um cabeçalho mínimo nas mensagens, reduzindo a sobrecarga de comunicação. Além disso, o MQTT suporta três níveis de qualidade de serviço (QoS), que permitem aos dispositivos decidir o nível de confiabilidade necessário para suas mensagens.

De acordo com OASIS (2014) outra característica importante do MQTT é a retenção de mensagens, que permite que um tópico retenha a última mensagem publicada, garantindo que novos assinantes recebam a mensagem mais recente assim que se inscrevam. Isso é útil em cenários onde a última informação pode ser crítica.

Segundo OASIS (2014) além disso, o MQTT possui uma variedade de bibliotecas e implementações disponíveis em várias linguagens de programação, tornando-o acessível para uma ampla gama de dispositivos e sistemas. Isso promove a interoperabilidade e facilita o desenvolvimento de soluções IoT.

Na Figura 1.8 é dado um exemplo de modelo simplificado do uso de aplicação nas nuvens com MQTT.

Figura 1.8 – Modelo simplificado do uso de aplicação nas nuvens com MQTT



Fonte: microcontroladores-c.blogspot.com, 2018

Neste modelo temos um exemplo simples de uma comunicação utilizando o protocolo MQTT, tendo o propósito de permitir o controle remoto de relés e lâmpadas por meio de um celular.

O funcionamento básico desse simples exemplo se inicia com o celular publicando e recebendo (*publish* e *subscribe*) informações em um tópico específico dentro do broker. O NodeMcu também é capaz de publicar e receber essas informações no mesmo tópico e assim executar ações correspondentes, como ligar ou desligar os relés e lâmpadas, como também enviar informações sobre os status desses dispositivos (ligado/desligado).

1.5 Módulo ESP8266

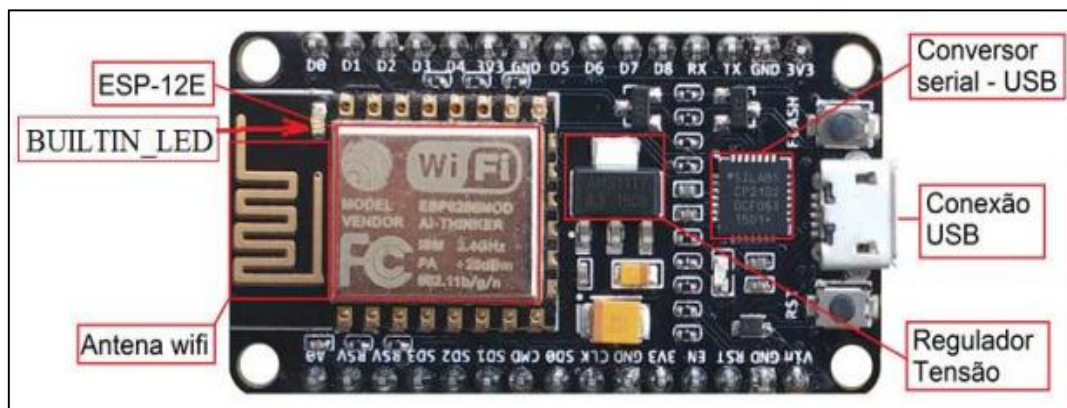
De acordo com Peixoto (2021) a placa de desenvolvimento ESP8266 NodeMCU1 foi criada para servir como um dispositivo programável, com entradas e saídas, que permite a programação, possuindo um módulo de Wi-Fi incorporado, permitindo acesso a rede de internet, elevando o dispositivo para Internet das Coisas

– IoT., o módulo permite que seja utilizada a interface de desenvolvimento do Arduino (Arduino IDE)

1.5.1 Características do módulo ESP8266 NodeMCU

Conforme Peixoto (2021) o módulo ESP8266 NodeMCU consiste em uma placa de circuito impresso, onde são embarcados um conversor serial-USB e o módulo ESP12E, com um *firmware* específico para prover o acesso aos periféricos disponibilizados. Assim, as características do módulo ESP8266 NodeMCU passam a ser as mesmas do módulo ESP12E, nele embarcado, conforme Figura 1.9.

Figura 1.9 – Conexões Placa ESP8266



Fonte: acadêmico.uergs.edu.br, 2021

Peixoto (2021) enfatiza que a alimentação do módulo é realizada pela própria conexão USB, com uma tensão de 5V ou então através do pino Vin, para uma conexão externa. Internamente a tensão de trabalho do módulo é de 3,3V. Isto é provido pelo regulador de tensão AMS1117 (SYSTEMS, 2021). O regulador de tensão fornece 1A, considerando que o consumo do módulo é de aproximadamente 200mA, sobrando 800mA para alimentar periféricos, sendo que se recomenda que nunca ultrapasse os 500mA de consumo por periféricos conectados ao módulo. O conversor serial-USB é

compacto e com desempenho confiável na indústria de Internet das Coisas. Com recursos de rede Wi-Fi completos e independentes, o ESP8266 pode funcionar como um aplicativo independente ou como escravo de um MCU *host*.

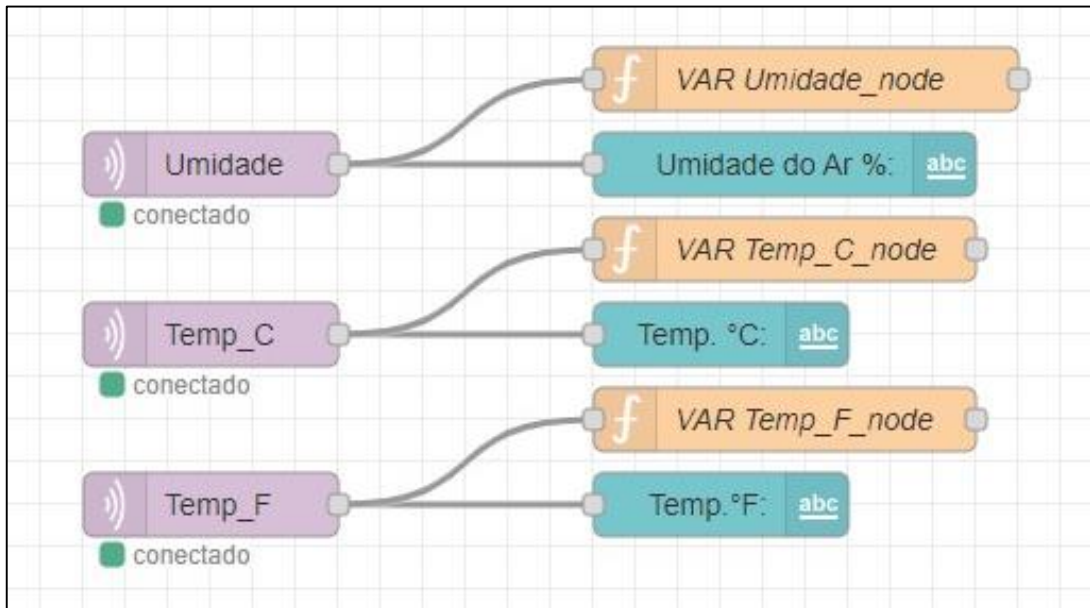
O ESP8266 inicia imediatamente a partir de sua memória *flash*, quando o aplicativo é hospedado. Com o cache integrado de alta velocidade aumenta o desempenho do sistema e otimiza a memória do sistema. Além disso, ESP8266 pode ser aplicado a qualquer projeto de microcontrolador como um adaptador Wi-Fi por meio de interfaces SPI/SDIO ou UART.

O *design* compacto minimiza o tamanho da PCB e requer circuitos externos mínimos. Além das funcionalidades Wi-Fi, o ESP8266 também integra uma versão aprimorada do processador de 32 bits da série L106 Diamond. Ele pode ter interface com sensores externos e outros dispositivos por meio de GPIOs.

1.6 Node – Red

De acordo Lima (2021) o Node-Red é uma ferramenta de programação construída com Node.js, projetada para facilitar a rápida conexão de dispositivos de *hardware*, e serviços *online*. Essa plataforma oferece um editor baseado em navegador que permite criar visualmente fluxo. Esses fluxos podem ser criados e modificados de forma visual e simples. A autora também cita que é possível criar funções JavaScript personalizadas ou reutilizar funções, modelos e fluxos disponíveis na biblioteca integrada. Na Figura 1.11 é dado um exemplo de diagrama de nós do Node – Red.

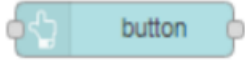
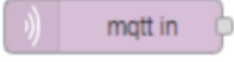

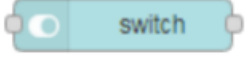
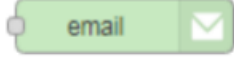
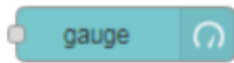
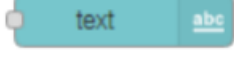
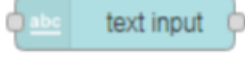
Figura 1.11 – Diagrama de nós Node - Red



Fonte: Autoria própria, 2024

Segundo Passe (2020) o Node-Red possui vários nós com diferentes funcionalidades que podem ser conectados de forma coerente permitindo a passagem do fluxo de informações e criando aplicações. O princípio é simples, cada nó possui uma funcionalidade bem definida e a maioria dos nós abstrai a implementação do programador. A seguir na Figura 1.12 será apresentado algumas funcionalidades de nós.

Figura 1.12 – Nós de Node-Red

Nós	Função
	Adiciona um botão á UI que, ao ser acionado, envia uma mensagem em sua saída.
	Se conecta á um broker MQTT e se torna assinante do tópicos especificado
	Se conecta á um broker MQTT e realiza uma publicação no tópicos especificado
	Adiciona uma chave Liga/desliga á UI
	Envia um email com os dados da entrada
	Adiciona um medidor visual á UI com os valores de entrada
	Exibe um texto não editável na UI
	Adiciona um campo de entrada de texto á UI

Fonte: Autoria própria, 2013

De acordo com Martins (2019) na comunicação MQTT, o Node-Red pode ser instalado no dispositivo que atua como intermediário, como um computador de arquitetura simples ou robusta. Ele facilita a comunicação entre este dispositivo e outros na rede. Além disso, o Node-Red pode criar uma interface gráfica para conectar o usuário ao sistema. Ele é capaz de armazenar e recuperar dados de bancos de dados, criar eventos programados, extrair informações da *web* e oferecer várias outras funcionalidades.

1.7 Sensores

De acordo com (Sátyro, 2018) sensores são dispositivos amplamente utilizados na automação industrial que respondem a estímulos de condições físico-químicas, como temperatura, posição, luminosidade, pressão, aceleração, entre outras, que são transformadas em sinais elétricos que podem ser lidos e processados por sistemas eletrônicos.

Thomazini (2020) descreve que os sensores podem ser digitais ou analógicos, dependendo da sua aplicação. Os sensores digitais emitem uma tensão em seu canal de saída que representa o nível digital a ser medido, assumindo somente dois valores “0 e 1”. Já os sensores analógicos podem assumir qualquer valor em seu sinal de saída, alterando ao longo do tempo, seu sinal de saída pode ser de tensão ou corrente. Veja a seguir alguns exemplos de sensores:

Sensor de presença: detecta qualquer tipo de material sem que haja contato físico com o objeto, são utilizados na industrial para detecção da presença de pessoas, objetos ou medições de densidade e outras aplicações.

Sensor de proximidade: identifica a presença ou ausência de um objeto ou pessoa em uma pequena distância de seu ponto, utilizando campos formados por ondas de rádios ou sonoras. Permitem, por exemplo, que um robô interrompa um movimento a fim evitar um acidente caso uma pessoa invada seu espaço de movimentação.

Sensor de temperatura: tem a capacidade de identificar a variação de temperatura de um local ou ambiente, transformando essa variação em um sinal

elétrico que pode ser usado para o controle de processos químicos, bem como para segurança em diferentes aplicações industriais.

Sensor de pressão: tem a função de medir a variação de pressão em líquido ou de gás em sua superfície, transformando essa medição em sinais elétricos que podem ser usados para monitorar e controlar sistemas pressurizados. Na Figura 1.13 são dados alguns exemplos de sensores usados na indústria.

Figura 1.13 - Sensores industriais



Fonte: energiainteligenteufjf.com.br, 2021

1.7.1 Sensores na Indústria 4.0 e IoT

Em seu livro Oliveira (2017) descreve que os sensores são partes fundamentais na manufatura e ambientes industriais há um longo tempo. Com a chegada da Indústria 4.0 e a IoT, ganharam destaque, em razão das suas capacidades aumentadas, da sua flexibilidade e na diminuição do seu tamanho, tornaram-se inteligentes.

Oliveira (2017) destaca que os sensores são basicamente o coração da Indústria 4.0 e IoT, com papel fundamental na aquisição de dados de forma rápida, eficiente e precisa, na busca da otimização de processos. Com o avanço da Indústria 4.0 e da IoT a tendência é que os sensores se tornem cada vez mais inteligentes, assim podendo fornecer informações cada vez mais confiáveis para os sistemas analíticos e de gestão, auxiliando nas tomadas de decisão e no planejamento de produção e manutenção da fábrica. Na Figura 1.14 é ilustrado vários tipos de sensores.

Figura 1.14 – Tipos de sensores



Fonte: www.blogdaeletronica.com.br, 2024

1.8 Atuadores

Segundo Silva (2017), os atuadores são componentes essenciais em uma ampla gama de sistemas mecânicos e automatizados, desempenhando um papel fundamental na conversão de energia em movimento. A importância dos atuadores reside na sua capacidade de proporcionar controle preciso e eficiente em diversas aplicações industriais, comerciais e até mesmo domésticas.

De acordo com Oliveira (2015), a utilização de atuadores é essencial em setores como automação industrial, robótica, sistemas de controle de processo e muitos outros. Esses dispositivos são responsáveis por gerar o movimento necessário para acionar válvulas, abrir e fechar portas, mover braços robóticos, entre outras funções vitais em sistemas automatizados.

O funcionamento dos atuadores varia de acordo com o tipo de energia que convertem em movimento. Conforme descrito por Carvalho (2018), os atuadores hidráulicos utilizam fluidos sob pressão, como óleo ou água, para gerar movimento linear ou rotativo. Já os atuadores elétricos convertem energia elétrica em movimento, como explicado por Santos (2016), por meio de motores elétricos que acionam sistemas de engrenagens, fusos ou outros mecanismos.

É importante ressaltar que, de acordo com Lima (2019), a escolha do tipo de atuador adequado para uma determinada aplicação depende de diversos fatores, como requisitos de precisão, força, velocidade, ambiente de operação e custo. Portanto, é essencial considerar cuidadosamente esses aspectos durante o processo de seleção e projeto de sistemas que envolvam atuadores. Na Figura 1.15 é ilustrado vários modelos de atuadores.

Figura 1.15 – Tipos de atuadores



Fonte: djpautomacao.com, 2024

1.9 Válvulas pneumáticas

Fialho (2018) explica que as válvulas pneumáticas são dispositivos usados em controle de fluxo de ar comprimido em sistemas pneumáticos. Elas regulam a pressão, faz o controle da direção e vazão do ar comprimido, proporcionando o acionamento de cilindros, atuadores e outros componentes, sendo o seu controle feito de forma mecânica, elétrica, pneumática ou até mesmo associando mais de um meio de controle, dependendo da sua configuração e aplicação, desempenhando um papel fundamental na automação industrial e outras aplicações onde haja necessidade de controle de movimento. São vários os tipos de válvulas trazendo características únicas, a seguir é mostrado os modelos mais comuns.

Válvula direcional: Controla a parada, partida e sentido de deslocamento de um atuador por exemplo.

Válvula reguladora de fluxo: Influencia na vazão do ar comprimido.

Válvula reguladora de pressão: Influencia na pressão do ar comprimido ou são controladas pela pressão de ar.

Válvula de bloqueio: Bloqueia a direção de ar comprimido, podendo liberar ou não, o ar para direção oposta.

Fialho (2018) destaca que para um bom funcionamento e longevidade da válvula é necessário se atentar ao fluído, temos que ter um fluído de qualidade livre de particulados com baixa umidade ou nenhuma, é necessário o controle da pressão de modo que não seja muito baixa e nem exceda o valor nominal da válvula. Para isso é preciso um compressor capaz de alimentar todo o sistema fabril e as unidades de tratamentos para o ar de modo que possa atingir a melhor qualidade possível. Na Figura 1.16 há um exemplo de válvula direcional controlada eletricamente.

Figura1.16 - Válvula direcional eletropneumática



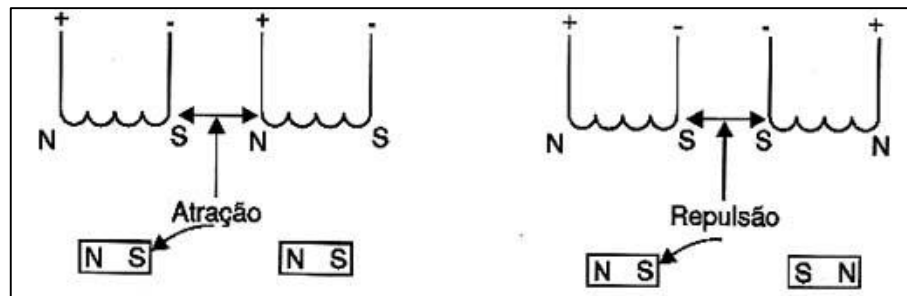
Fonte: www.Festo.com.br, 2023

1.10 Motor DC

Braga (2017) destaca que os motores de corrente contínua apresentam uma variedade de características, incluindo potência, tensão, corrente e tamanhos diferentes. Embora sua aparência possa variar, os princípios fundamentais de funcionamento permanecem consistentes.

Braga (2017) enfatiza que o funcionamento dos motores DC baseia-se na utilização de forças de atração e repulsão de impulsos, geradas por eletroímãs e ímãs permanentes. Quando uma corrente elétrica flui através de duas bobinas próximas, um campo magnético é gerado, criando forças de atração e repulsão entre elas, como ilustrado na Figura 1.17. Essas características são fundamentais para o funcionamento eficaz desses motores.

Figura 1.17 - Atração e repulsão de bobinas e ímãs



Fonte: newtoncbraga.com.br, 2017

Os motores DC são amplamente utilizados em aplicações que necessitam o controle de velocidade e torque, como automóveis, máquinas industriais e eletrônicos. Eles podem operar com diferentes tensões e tamanhos, oferecendo flexibilidade em uma variedade de aplicações destaca (Braga, 2017).

1.11 CLP

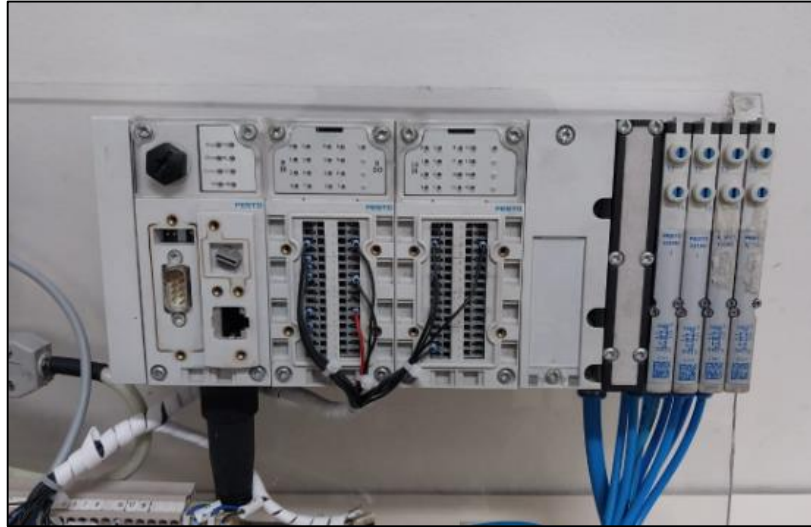
Conforme a Altus (2024), um Controlador Lógico Programável é um dispositivo eletrônico que combina hardware e software projetado exclusivamente para controlar as operações industriais. No fundo, um CLP é fisicamente similar a um computador, sendo configurável para realizar funções preestabelecidas dentro de uma planta industrial.

O CLP apresenta grande flexibilidade operacional, pois cada unidade possui um programa próprio com funcionalidades, comandos e tarefas variáveis adaptáveis para o controle e monitoramento de processos industriais. Os componentes do CLP envolvem processador central, memória, fonte de energia, módulos de entrada e saída e dispositivos de programação.

De acordo com o site da Altus (2024), Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) são sistemas comumente usados em vários processos de automação de operações industriais. Eles são responsáveis por controlar e sequenciar a execução das operações armazenadas. Devido à sua disponibilidade, capacidade de programação

Em relação ao ambiente em que ocorrem, na automação industrial, por exemplo, os CLPs são utilizados em variados cenários, que vão desde as linhas de montagem de veículos, controle de caldeiras em indústrias metalúrgicas, sistemas de extração de óleo em unidades de processamento de grãos e plataformas de exploração petrolífera, além de elevadores, sistemas de tratamento e fluxo de água e empacotadores e processadores de alimentos, etc. Em suma, os CLPs são ferramentas versáteis que apoiam o operador no controle e planejamento de processos específicos. Figura 1.18 é ilustrado um modelo da CLP festo.

Figura 1.18 – Controlador programável festo



Fonte: Autoria própria, 2024

1.12 Manutenção Preditiva

Djalma Castro (2019) destaca a importância da manutenção preditiva como uma estratégia fundamental para prever falhas em equipamentos antes que elas ocorram. Essa abordagem baseia-se na análise de dados e no monitoramento contínuo de indicadores de desempenho dos ativos industriais, como vibração, temperatura e consumo de energia. Ao analisar esses dados é possível identificar tendências e padrões que indicam possíveis falhas iminentes, permitindo intervenções programadas e reduzindo o tempo de inatividade.

Plínio Tomaz (2017) enfatiza que um dos principais benefícios da manutenção preditiva é a redução dos custos operacionais. Ao realizar intervenções apenas quando necessário, evitam-se paradas não programadas e seus consequentes prejuízos financeiros. Além disso, ao adotar a manutenção preditiva como estratégia, é possível aumentar a vida útil dos equipamentos, permitindo a realização de reparos preventivos e a substituição de peças desgastadas antes que causem danos mais graves.

Ricardo Marchiori (2020) ressalta que a manutenção preditiva também pode melhorar a segurança operacional das instalações industriais. Por meio de técnicas como análise de óleo lubrificante e termografia infravermelha, é possível detectar falhas incipientes em componentes críticos, como motores e transformadores. Dessa forma, reduz-se o risco de falhas catastróficas que poderiam resultar em acidentes graves.

Antônio Almeida (2018) salienta que, apesar dos benefícios, a implementação da manutenção preditiva requer investimentos em tecnologia e capacitação de pessoal. É fundamental contar com sistemas de monitoramento adequados e profissionais qualificados para interpretar os dados coletados e tomar decisões assertivas em relação à manutenção dos equipamentos. No entanto, os ganhos em disponibilidade, confiabilidade e segurança tornam esses investimentos altamente vantajosos a longo prazo.

1.13 Manutenção com IoT

Conforme destacado por Gubbi (2013) a IoT se refere à interconexão de dispositivos físicos através da *internet*, permitindo a coleta de dados em tempo real. Isso cria uma oportunidade valiosa para aprimorar a gestão de ativos e a manutenção preventiva.

De acordo com Gubbi (2013) sensores integrados em máquinas e equipamentos coletam informações, como temperatura, vibração e pressão, transmitindo-as para sistemas de análise em tempo real. Essa capacidade de monitoramento contínuo permite a detecção precoce de anomalias e falhas.

Como observado por Gonçalves (2016) a análise dos dados coletados pela IoT, combinada com algoritmos de *machine learning*, permite a previsão de falhas com base em padrões históricos e em tempo real. Isso possibilita o agendamento eficiente de intervenções de manutenção corretiva, reduzindo significativamente o tempo de paralisação e os custos operacionais.

Gonçalves (2016) destaca que a IoT permite o rastreamento em tempo real da localização e condição de ativos industriais. Isso simplifica o planejamento de manutenção, a alocação de recursos e a otimização do ciclo de vida dos ativos, resultando em maior eficiência e redução de custos.

Gonçalves (2016) ressalta que a IoT desempenha um papel transformador na manutenção industrial. Ela oferece monitoramento contínuo, automação, gestão eficaz de ativos e manutenção preditiva. Essas abordagens contribuem para a redução de custos operacionais e a maximização do tempo de atividade dos ativos, fortalecendo a competitividade das organizações no cenário industrial atual. Figura 1.20 representa as tecnologias que podem ser utilizadas na manutenção preditiva.

Figura 1.19 – Tecnologias habilitadoras para manutenção preditiva



Fonte: www.poder360.com.br

2 METODOLOGIA

Neste capítulo encontram-se as etapas que descrevem todo o processo necessário para o desenvolvimento do projeto, a fim de facilitar o entendimento sobre sua construção. Trata-se de uma pesquisa aplicada que é desenvolvida nas dependências da Fatec São Bernardo do Campo e nas residências dos integrantes do grupo.

Dentre os vários autores que descrevem teorias sobre metodologia destacam:

Severino (2017) enfatiza que a metodologia consiste em estudar, compreender e avaliar os métodos disponíveis para a realização da construção e montagem do projeto. Destaca que os métodos usados são procedimentos que produzem o conhecimento científico, enquanto as técnicas são procedimentos mais restritos que preparam os métodos mediante uso de instrumentos adequados.

Prodanov e Freitas (2013) destacam que qualquer pesquisa de natureza científica, nos brinda com um material extremamente rico para o ensino e para a aprendizagem, com sua base em fundamentos teóricos, com pesquisas em livros e sites de autores renomados, fazendo com que a teoria tenha um corpo de conhecimentos renomados.

Carvalho (2021) aponta que a metodologia é a preparação e planejamento de um trabalho científico e que se enquadra em uma sequência de etapas para sua construção, assimilando o tema-problema e justificativa, levantamento bibliográfico, seleção bibliográfica, redação do texto e desenvolvimento da construção do projeto.

O método de construção do trabalho tem como base os conhecimentos adquiridos com as pesquisas bibliográficas sobre o tema proposto e aulas durante no que se refere a automação industrial, programação aplicada, microcontroladores, eletrônica analógica e digital, máquinas elétricas entre outras. A redação o trabalho é fundamentado no Manual de Normalização de TCC-Trabalho de Conclusão de Curso da Fatec São Bernardo do Campo (2023), que se encontra fundamentado nas normas da ABNT. O trabalho é escrito em uma linguagem precisa simples, concisa e objetiva.

Nos procedimentos metodológicos, descrevemos os modelos teóricos que guiaram nossa pesquisa, delineamos as etapas de desenvolvimento, detalhamos o texto e analisamos as previsões econômicas. Na parte da fundamentação teórica, além de explicar a teoria que sustenta o projeto, incluímos figuras para melhor entendimento. Durante uma fase de desenvolvimento, explicamos o processo de montagem e incorporamos imagens para facilitar a compreensão do que está sendo construído.

2.1 O tema proposto com justificativa e descrição do projeto

O projeto denominado "Monitoramento Industrial Utilizando *IoT*" é um esforço dedicado à otimização de um protótipo de uma planta industrial associada à Fatec São Bernardo do Campo. A concepção desse projeto resulta da colaboração entre os membros do grupo.

O principal objetivo deste projeto é implantar um sistema de monitoramento baseado nos princípios da Internet das Coisas (IoT) em uma mini planta industrial fornecida pela Fatec-SBC. Isso inclui a integração de sensores no ambiente e nos equipamentos para a coleta de dados em tempo real. Os dados serão transmitidos para a plataforma *online* Node-Red, onde serão processados para gerar alertas e alarmes pertinentes. Além disso, um e-mail automático será enviado com informações

sobre os sensores, como avisos referentes à temperatura ou vibração do motor e à condição da correia da esteira. O objetivo é viabilizar o monitoramento eficiente e o planejamento da manutenção preditiva dos equipamentos.

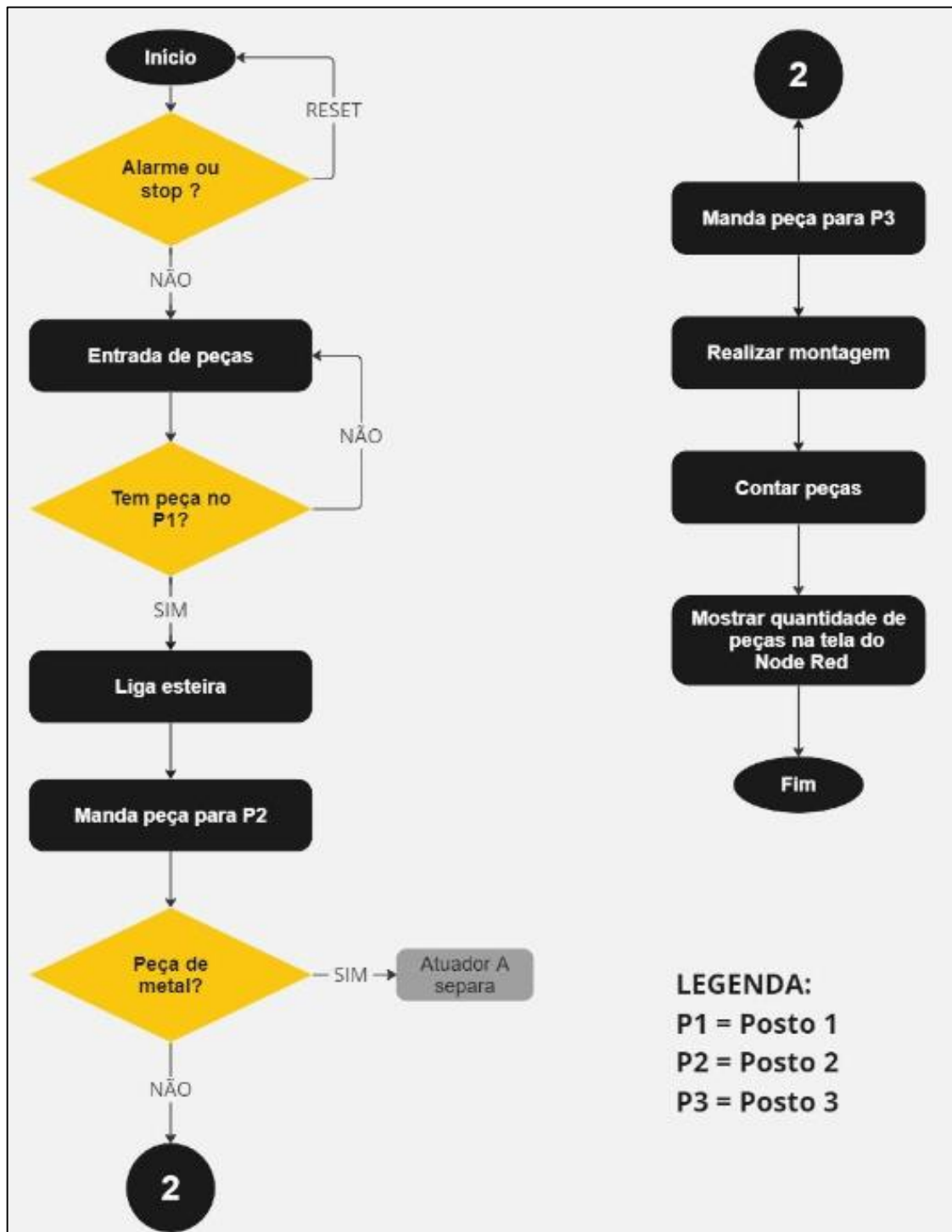
A planta é composta por três estações de trabalho que operam de forma automática. Na primeira estação, ocorre o processo de alimentação das peças, enquanto na segunda estação uma esteira é responsável por classificar as peças por material. Por fim, na terceira estação, as peças são montadas.

Os sensores a serem implementados em cada estação são os seguintes: no posto 1, será instalado um sensor para medição de temperatura e umidade para verificar as condições do ambiente; No posto 2, será adicionado um sensor de vibração e temperatura no motor para monitorar as condições do motor, juntamente com um sensor óptico dedicado à detecção do estado da correia, visando identificar se houve ruptura ou não; Por fim, no último posto, será instalado um sensor para realizar a contagem das peças finalizadas para que possamos ter um monitoramento da produção.

A implementação do monitoramento da planta tem como justificativa permitir o acompanhamento remoto e ágil do processo, além de facilitar o planejamento da manutenção preditiva, visando evitar possíveis interrupções na produção.

Para facilitar a compreensão e visualização do processo de funcionamento do protótipo da planta, foi desenvolvido o fluxograma mostrado na Figura 2.1.

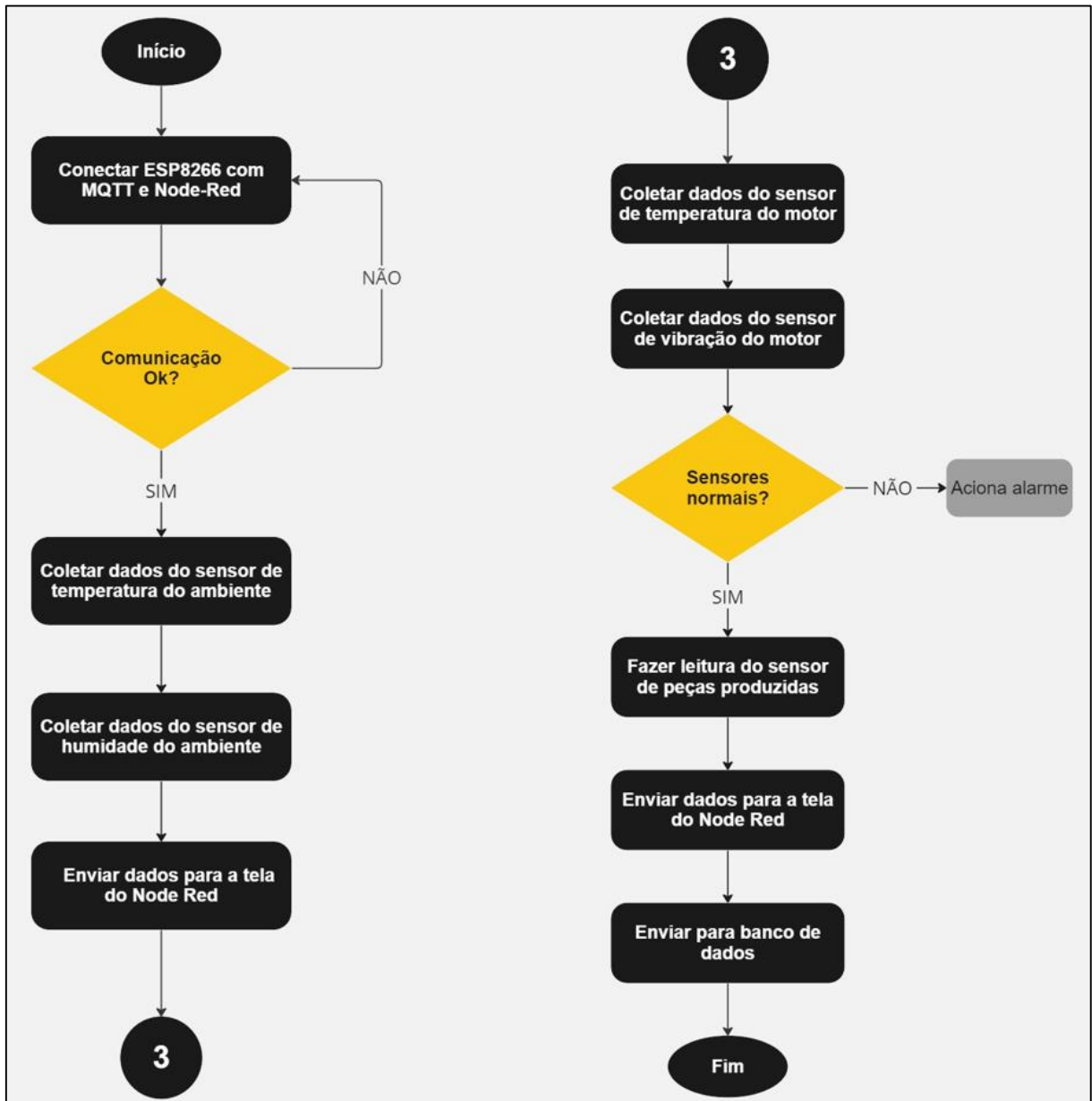
Figura 2.1 – Fluxograma funcionamento do CLP sem monitoramento



Fonte: Autoria própria, 2024

Na Figura 2.2 é mostrado o fluxograma de monitoramento usando os conceitos de IoT.

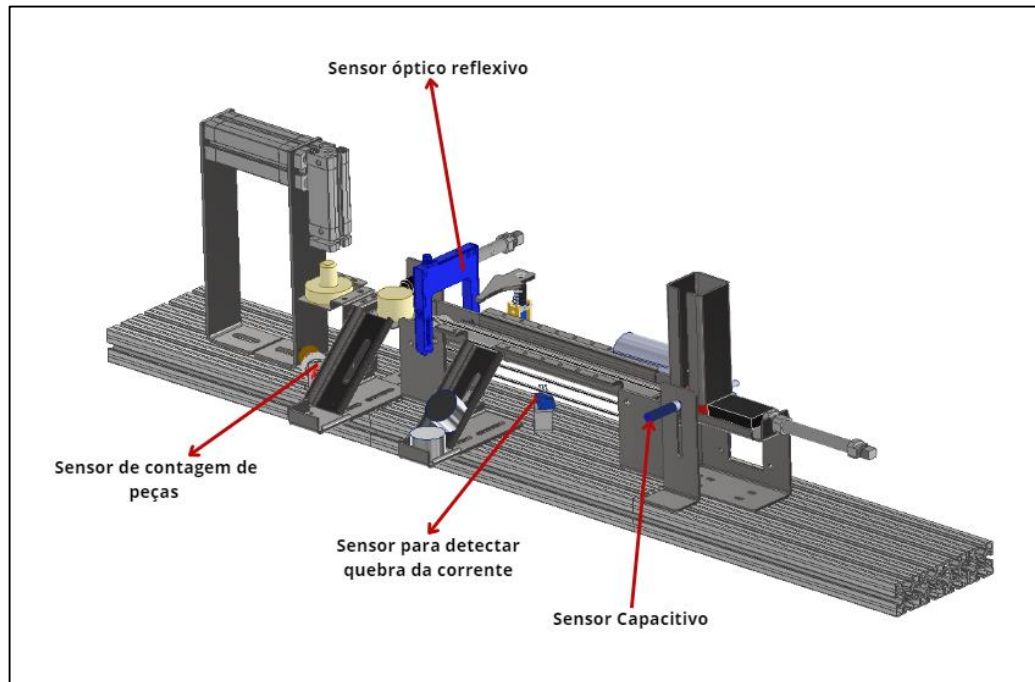
Figura 2.2 – Fluxograma monitoramento



Fonte: Autoria própria, 2024

A Figura 2.3 mostra o projeto da planta, onde é ilustrada em perspectiva, tornando possível ver toda sua arquitetura e onde cada sensor é instalado para monitoramento e controle, sendo conectados ao ESP8266.

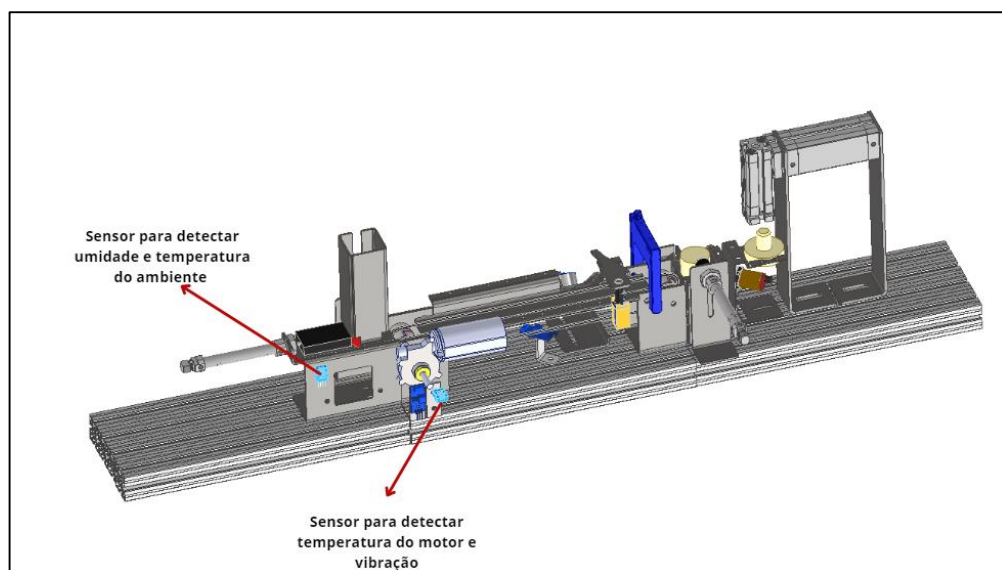
Figura 2.3 – Arquitetura da planta com sensores instalados.



Fonte: Autoria própria, 2024

Na Figura 2.4 também é mostrado a vista da planta em perspectiva, mais desta vez ilustrando a visão oposta, para identificar os sensores que estão instalados na parte de trás da planta.

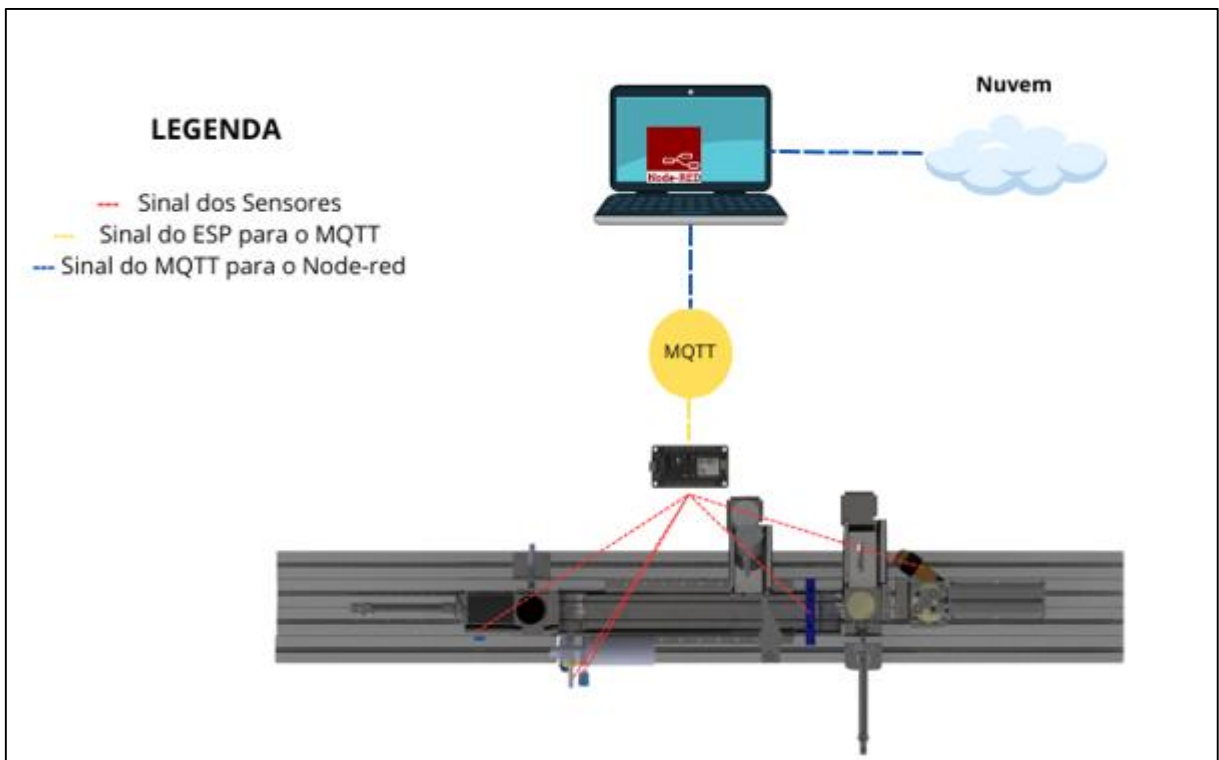
Figura 2.4 – Arquitetura da planta com sensores instalados.



Fonte: Autoria própria, 2024

Na Figura 2.5 é ilustrado o projeto de arquitetura da planta pela vista superior, com sensores instalados sendo ligados no ESP8266 que por sua vez faz a comunicação com o Node-Red através do protocolo de comunicação MQTT, os dados coletados são processados por um dashboard e mandados em seguida para a nuvem, podendo ser acessos a qualquer momento, deixando bem visível os conceitos de IoT.

Figura 2.5 – Projeto de arquitetura utilizando conceitos de IoT.



Fonte: Autoria própria, 2024.

2.2 Etapas teóricas e físicas para elaboração do projeto

Determinando a escolha do tema-problema, justificativa e depois de descrever o projeto através do fluxograma partimos para as etapas teóricas e físicas.

Primeira etapa: Junto ao orientador, os integrantes do grupo se reuniram para desenvolver as diretrizes para a pesquisa teórica. Durante a reunião o orientador nos

direcionou indicando fontes de pesquisa e determinou um dia da semana para que o orientador analisasse o conteúdo e apontasse as possíveis melhorias na pesquisa e neste dia também sanar nossas dúvidas.

Segunda etapa: Na biblioteca da Fatec São Bernardo do Campo, catálogos de empresas, revistas especializadas foram feitas as pesquisas bibliográficas.

Terceira etapa: Foram feitas as leituras das bibliografias selecionadas de acordo com o tema proposto, e foi desenvolvido então o Capítulo 1 – Fundamentação Teórica.

Quarta etapa: Neste momento foi feito o levantamento dos materiais que serão utilizados para a alteração do sistema já existente e iniciou o levantamento dos valores para viabilizar economicamente o projeto.

Tabela 2.1 – Lista de material comprado

Material	Quantidade	Valor
ESP8266	1	R\$ 49,00
Módulo sensor de temperatura DHT11	1	R\$ 22,00
Módulo sensor de vibração SW420	1	R\$ 12,00
Sensor de contagem encoder 5 mm	1	R\$ 16,00
Modulo optoacoplador	1	R\$ 25,00
Relé 3V	1	R\$ 26,90

Fonte: Autoria própria, 2024

Quinta etapa: Organização dos componentes a serem utilizados.

Sexta etapa: Montagem estrutural e eletrônica da planta industrial e programação do CLP, sendo feita a inicialização de operação da planta.

Sétima etapa: Foi feita a instalação dos sensores de IoT, a comunicação com o ESP8266 e o desenvolvimento do MQTT utilizando o *broker* Hivemq.

Oitava etapa: Desenvolvimento da programação do ESP8266 através da plataforma Arduino IDE para leitura dos sensores, ter acesso ao Broker e tornar possível a conexão através de uma rede Wi-Fi

Nona etapa: Criação do *dashboard* na plataforma Node-Red e customização das telas de monitoramento após a leitura dos sensores.

Décima etapa: Análise e testes de funcionamento da planta e da comunicação entre o ESP8266 e o Node-Red.

Décima primeira etapa: Obstáculos e soluções. Após a conclusão do desenvolvimento do projeto, são feitas as Considerações Finais, o Resumo e o Abstract.

2.3 Cronograma de elaboração do projeto

A seguir é apresentado o planejamento para execução de todas as atividades pertinentes ao desenvolvimento e construção do projeto (5º e 6º semestres), conforme ilustra a Figura 2.6.

Figura 2.6 – Cronograma do quinto e sexto semestre

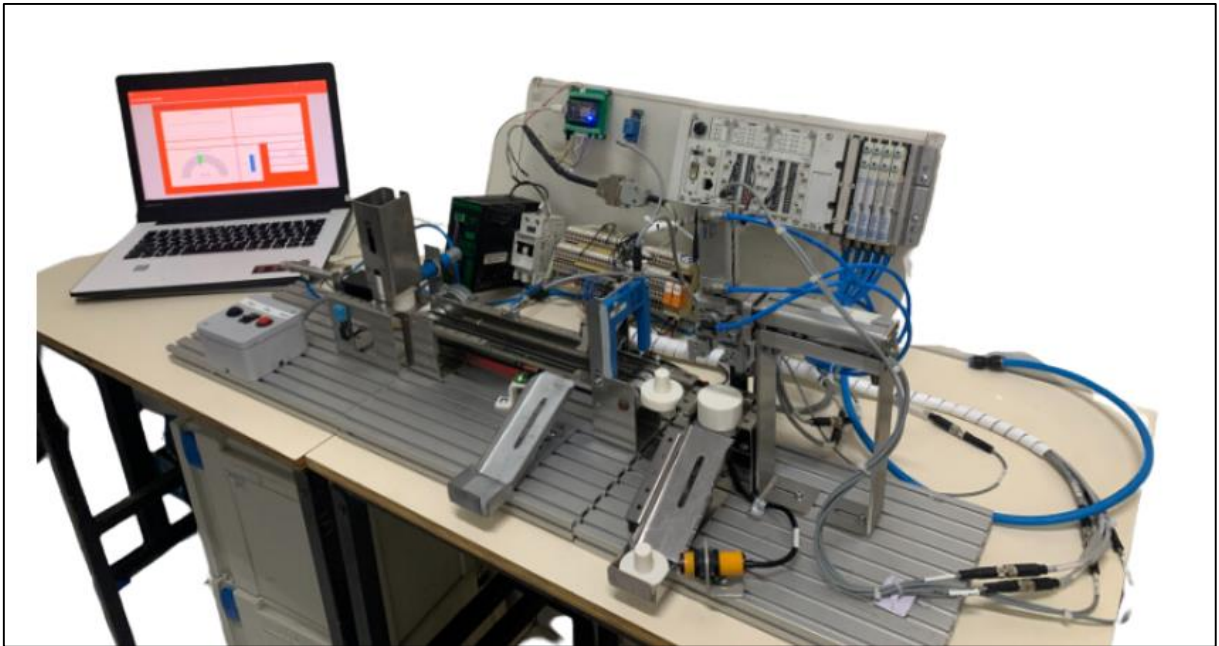
Atividades	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Definição do grupo e estudo do tema											
Escolha do orientador											
Definição do tema do projeto											
Levantamento bibliográfico											
Desenvolvimento da monografia											
Apresentação para a banca examinadora											
Seleção de material para o protótipo											
Construção do projeto											
Programação do projeto											
Análises Testes do protótipo											

Fonte: Autoria própria, 2024

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO:

Neste capítulo encontra-se passo a passo a construção e o desenvolvimento do projeto intitulado como Monitoramento industrial utilizando IoT. Para melhor compreensão do projeto a Figura 3.1 ilustra o finalizado.

Figura 3.1 - Projeto finalizado



Fonte: Autoria própria, 2024.

Para a construção do projeto faz-se uso dos seguintes materiais: três bases de alumínio para fixação dos componentes e separação da planta em três estações, sendo que na primeira estação são fixados uma caixa com três botões e um led, um cilindro pneumático e um magazine para armazenamento de peças e dois sensores, um capacitivo para presença de peça e outro que faz a leitura da temperatura e umidade do ambiente. Na segunda estação temos a esteira com motor elétrico, atuador elétrico, rampa para separação de peça, dois sensores de seleção de material sendo um indutivo e um reflexivo, sensores de vibração e temperatura e sensor óptico. Na terceira estação é feito a fixação de três cilindros pneumáticos e uma garra, dois berços para peças, rampa para separação e sensores de posição dos cilindros e o sensor reflexivo para contagem de peças.

Para o funcionamento operacional do projeto usa o CLP Festo e três botões de comando *start*, *stop* e *reset* onde o usuário faz o controle de operação da planta, dando início no *start*, *stop* caso aconteça algo errado e *reset* após uma ocorrência de falha.

Para realizar o monitoramento, será utilizado o módulo ESP8266, que estará conectado aos sensores. Este módulo permitirá a coleta de dados dos equipamentos e do ambiente da planta. Os dados coletados serão então enviados para uma plataforma online, utilizando o Node-Red. Na plataforma, os dados serão processados e estarão disponíveis para monitoramento pelo usuário.

Adicionalmente, um relé será empregado para gerar um alarme e interromper o processo operacional caso algum sensor detecte uma anomalia no estado dos equipamentos. Esta função de segurança garantirá que quaisquer problemas detectados sejam prontamente identificados e tratados, minimizando o risco de danos ao sistema ou interrupções na produção.

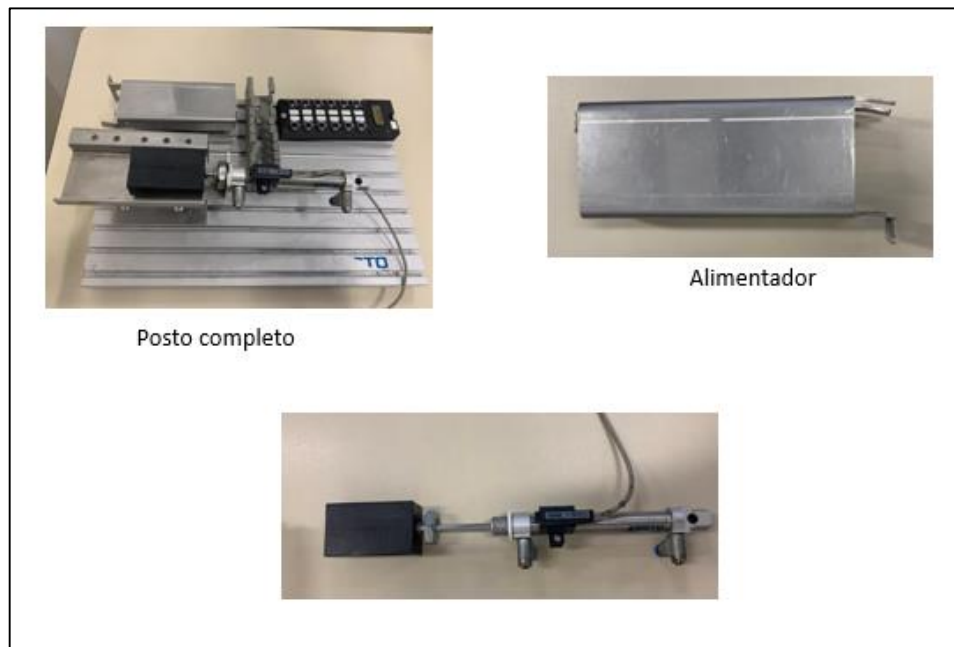
O desenvolvimento e construção do projeto são fundamentados nos seguintes tópicos:

- Montagem estrutural da planta industrial;
- Montagem eletrônica da planta e programação CLP;
- Instalação do relé e dos sensores de lot e conexão ao ESP8266;
- Desenvolvimento do MQTT;
- Desenvolvimento Node-Red;
- Elaboração da programação do ESP8266
- Análise do funcionamento da planta com os sensores instalados;
- Identificação de obstáculos e suas respectivas soluções.

3.1 Montagem estrutural da planta industrial

Para realização do projeto foi utilizado um protótipo de uma planta industrial com 3 estações, que se encontrava desmontada e inutilizada pertencente à Fatec São Bernardo do Campo. A Figura 3.2 ilustra o estado inicial da primeira estação que abordamos.

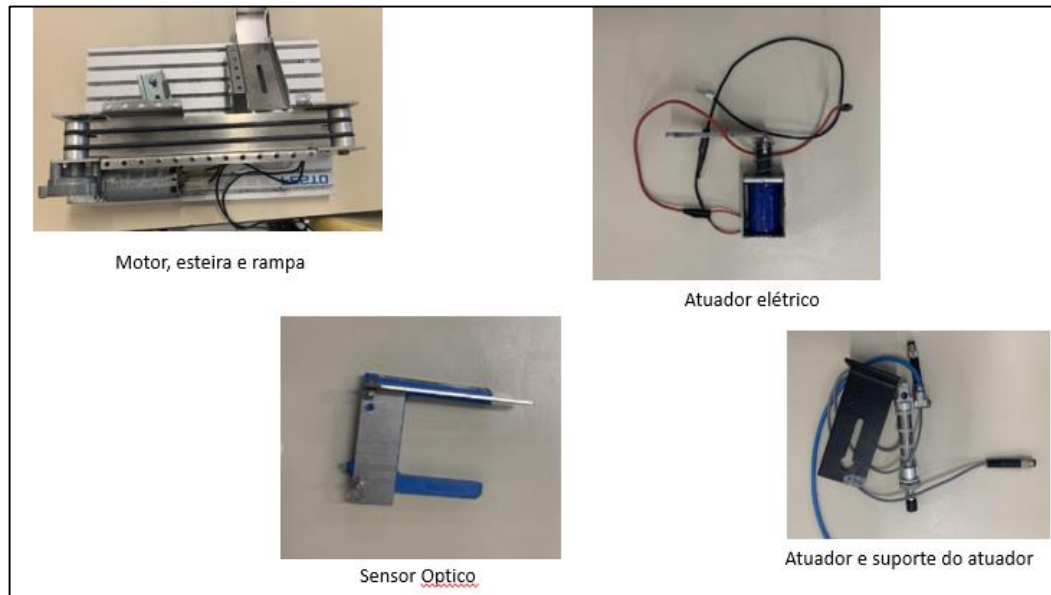
Figura 3.2 – Posto 01 desmontado



Fonte: Autoria própria, 2024.

A Figura 3.3 ilustra o estado da segunda estação antes de qualquer intervenção.

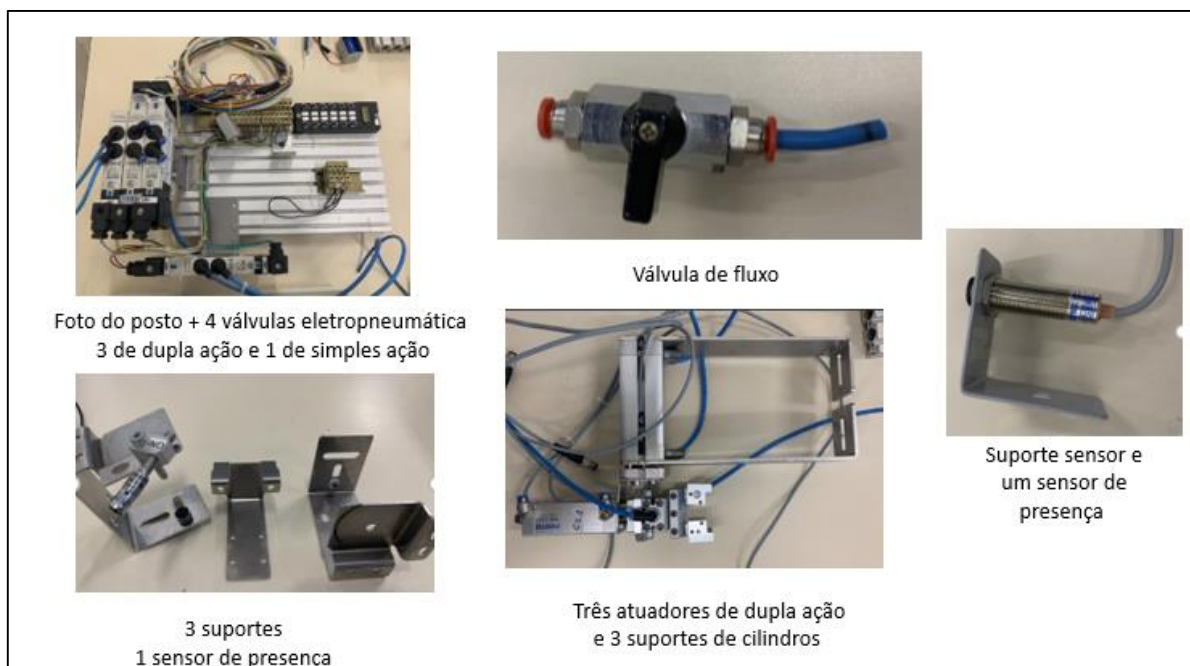
Figura 3.3 – Posto 02 desmontado



Fonte: Autoria própria, 2024.

A Figura 3.4 representa o estado em que se encontrava a última estação quando a adquirimos na Fatec.

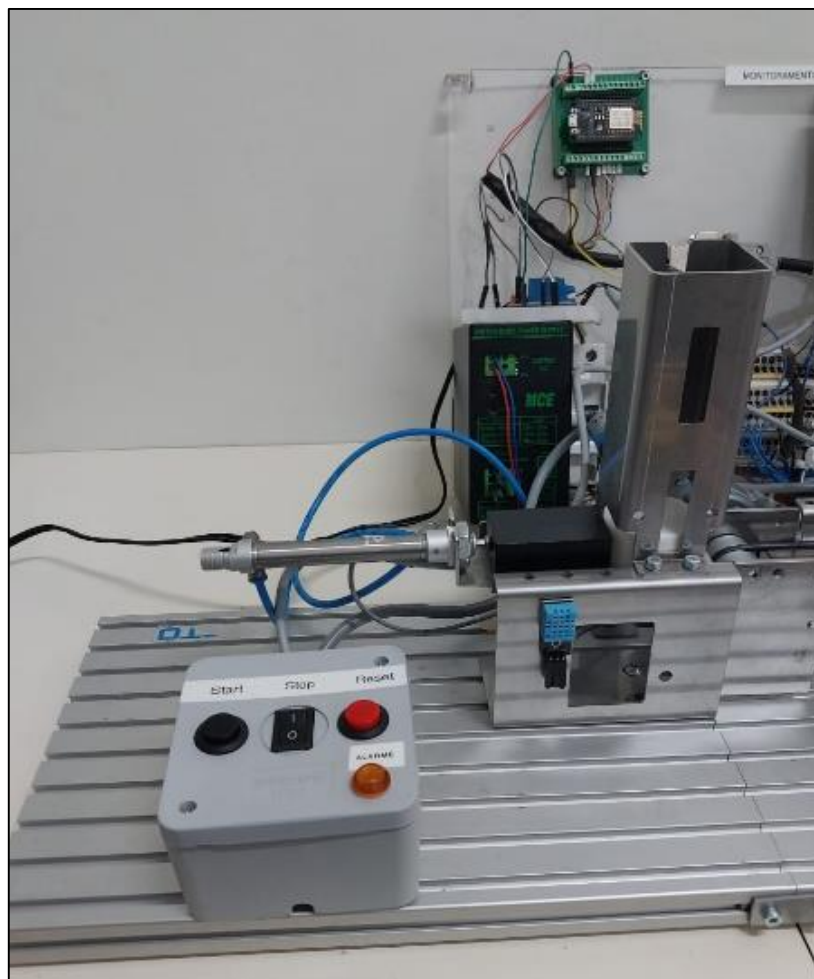
Figura 3.4 – Posto 03 desmontado



Fonte: Autoria própria, 2024.

Iniciamos a montagem da primeira estação, onde instalamos o magazine para empilhamento de peças, o cilindro pneumático e os sensores de posição do cilindro e de presença de peça. Fixamos a caixa contendo os botões de start, stop, reset e um LED laranja, assegurando sua fixação na base da estação por meio de parafusos. O posto 1 está ilustrado na Figura 3.5 abaixo:

Figura 3.5 - Posto 01 montado



Fonte: Autoria própria, 2024

Para segunda estação, parafusamos a esteira transportadora e a rampa na base, instalamos o atuador elétrico, dois sensores de seleção de material sendo um indutivo e um reflexivo, sensores de vibração e temperatura para o motor e sensor óptico para esteira. A Figura 3.6 abaixo mostra o posto 2 já montado:

Figura 3.6 – Posto 02 montado



Fonte: Autoria própria, 2024

Na terceira estação, parafusamos primeiro os suportes dos cilindros e em seguida montamos os cilindros pneumáticos, cada um na sua posição pré-alinhados, instalamos os sensores de posição dos cilindros e fixamos a rampa de separação de peça finalizada. Abaixo está ilustrada a Figura 3.7 do posto 3 montando:

Figura 3.7– Posto 03 montado



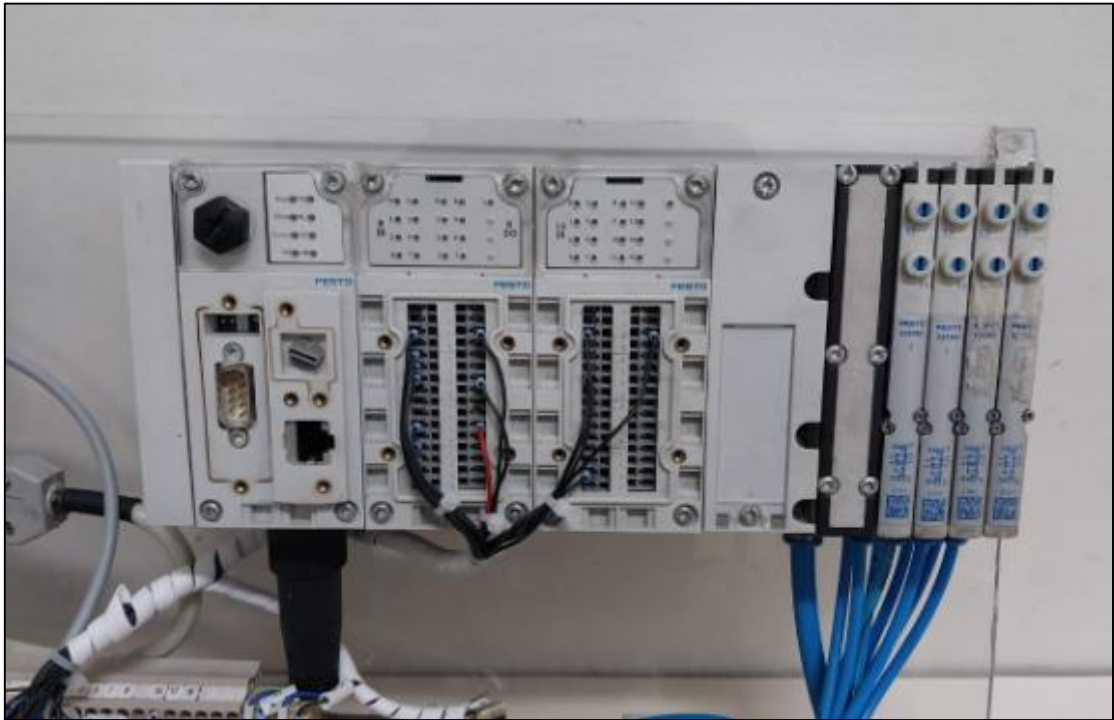
Fonte: Autoria própria, 2024

3.2 Montagem eletrônica da planta e programação do CLP

Para fixação do ESP8266, CLP FESTO CPX-CEC-C1, fonte de 24DC 3A, régua de borne, disjuntor para proteção do circuito e botões de *start* e *stop* foi utilizado uma placa de acrílico como suporte inclinado para melhor visualização do painel de comando.

Fixamos a CPU do CLP com um cartão de 8 entradas digitais e 8 saídas digitais, outro cartão de 16 entradas digitais, modulo de eletrônico de válvulas pneumáticas. Na Figura 3.8 é possível verificar a fixação

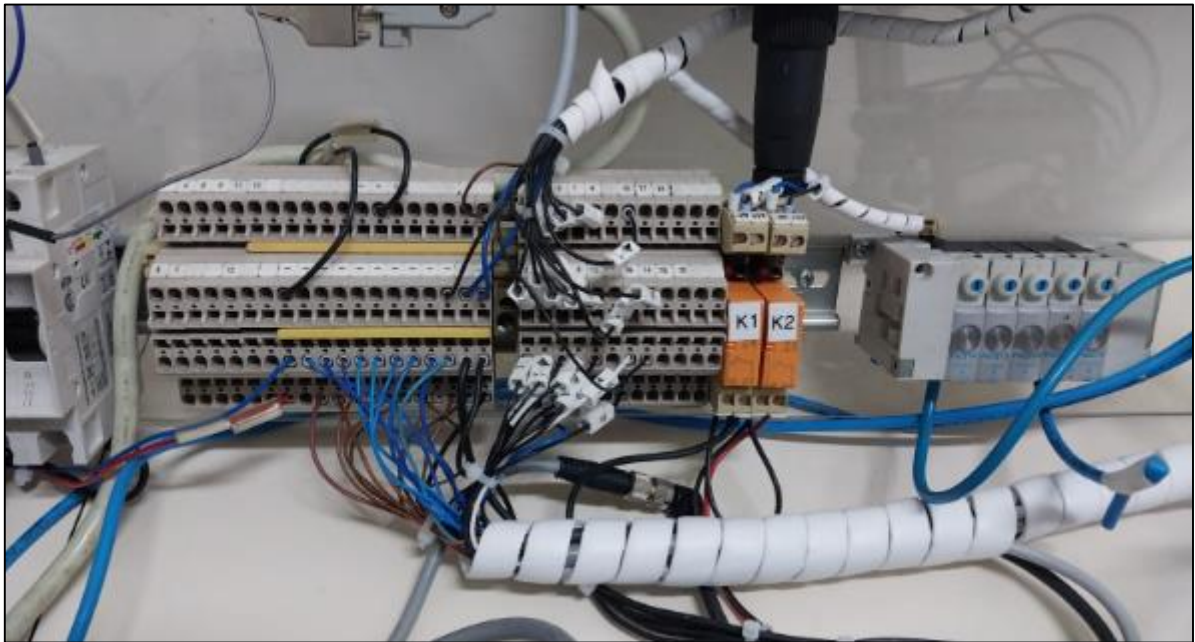
Figura 3.8 – CLP e entradas digitais



Fonte: Autoria própria, 2024

Em seguida, foram fixados os componentes elétricos para alimentação e proteção da instalação: uma fonte de 24DC 3A que alimentou o CLP e os componentes, como motor, solenoides e sensores, uma régua de borne para ligação e melhor identificação de sensores e atuadores, e um disjuntor para proteção do circuito. Na Figura 3.9 é possível verificar a fixação.

Figura 3.9 – Régua de bornes



Fonte: Autoria própria, 2024

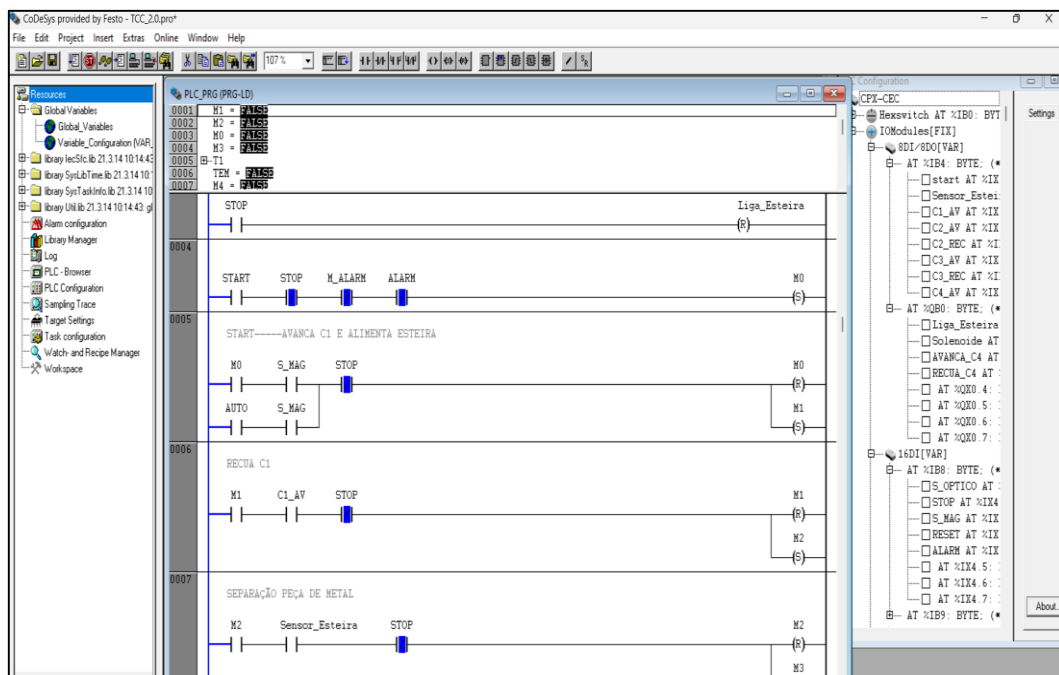
O cabeamento do motor, solenoide e sensores foi confeccionado, utilizando terminais olhais para melhor identificação de todos os cabos. Cabos com conectores foram empregados para os sensores, visando facilitar futuras manutenções e o manuseio do projeto.

Para o funcionamento operacional do projeto utilizamos o CLP Festo CPX-CEC-C1 com um cartão de 8 entradas digitais e 8 saídas digitais, outro cartão de 16 entradas digitais e módulo de eletrônico de válvulas pneumáticas. A programação do CLP é feita na linguagem ladder no *software* Codesys 2.3.

Para iniciar o desenvolvimento é necessário a instalação dos Targets que são aplicativos específicos que devem ser instalados de acordo com o tipo do controlador ou driver que deseja ser programado. Quando instalado, disponibiliza no codesys um conjunto de ferramentas e bibliotecas que correspondem ao dispositivo desejado.

Depois de definir o CLP que será utilizado, se dá início a programação na linguagem ladder, com o programa pronto é necessário fazer a configuração do software para realizar a comunicação do PC com o CLP, assim podendo fazer o download do programa, primeiro e selecionado o modelo do CLP e feito a configuração dos cartões de entrada e saída. Em seguida é feito a declaração das variáveis que serão usadas no programa. Com o programa pronto o software possibilita fazer testes no modo de simulação e monitorar o funcionamento do programa e dos sinais de entrada e saída do CLP no modo *online*. A Figura 3.10 mostra o *software* no modo *online*.

Figura 3.10 – Software no modo online



Fonte: Autoria própria, 2024

Além disso, foi realizado o tabelamento do endereçamento do CLP para identificar a ligação dos sensores e atuadores, permitindo o mapeamento das entradas e saídas do CLP. Abaixo está a tabela desses mapeamentos de saídas e entradas:

Tabela 3.1 – Mapeamento de saídas

INPUTS	CARTÃO 8DI	BORNE	TAGS	DESCRIÇÃO
%IX2.0	X1.2	1	Start	Botão Start
%IX2.2	X3.2	2	C1_AV	Cilindro 1 avançado
%IX2.1	X2.2	8	S_Esteira	Sensor Indutivo
%IX2.3	X4.2	3	C2_AV	Cilindro 2 avançado
%IX2.4	X2.0	4	C2_REC	Cilindro 2 recuado
%IX2.5	X2.1	5	C3_AV	Cilindro 3 avançado
%IX2.6	X4.0	6	C3_REC	Cilindro 3 recuado
%IX2.4	X4.1	7	C4_AV	Cilindro 4 avançado
INPUTS	CARTÃO 16DI	BORNE	TAGS	DESCRIÇÃO
%IX4.0	X1.2	9	S_OPTICO	Sensor Óptico
%IX4.1	X2.2	14	Stop	Botão Stop
%IX4.2	X3.2	10	S_MAG	Sensor Magazine de peças
%IX4.3	X4.2	15	Reset	Botão Reset
%IX4.4	X5.2	16	ALARM	ALARM ESP
OUTPUTS	CARTÃO 8DO	BORNE	TAGS	DESCRIÇÃO
%QX0.0	X5.2	11	Liga_Esteira	Liga esteira
%QX0.1	X6.2	12	Solenoide	Aciona solenoide
%QX0.2	X7.2	13	AVANCA_C4	Avança cilindro 4
%QX0.4	X5.4	18	LED_ALARM	Led alarme
OUTPUTS	MODULO VMPA		TAGS	DESCRIÇÃO
%QX0.0	V1		AVANCA_C1	Avança cilindro 1
%QX0.0	V1		RECUA_C1	Recua cilindro 1
%QX0.0	V2		AVANCA_C2	Avança cilindro 2
%QX0.0	V2		RECUA_C2	Recua cilindro 2
%QX0.0	V3		AVANCA_C3	Avança cilindro 3
%QX0.0	V3		RECUA_C3	Recua cilindro 3
%QX0.0	V4		AB_GARRA	Abrir garra
%QX0.0	V4		FECHA_GARRA	Fechar garra

Fonte: Autoria própria

3.3 Instalação do relé e dos Sensores de IoT e conexão ao ESP8266

Os sensores para monitoramento da planta são fixados em pontos específicos das estações e conectados através de um cabo com conector DB15 para facilitar na movimentação dos componentes, o sensor de temperatura e umidade do ambiente é fixado na primeira estação, esses sensores coletam dados para controle do ambiente de trabalho. A Figura 3.11 abaixo mostra:

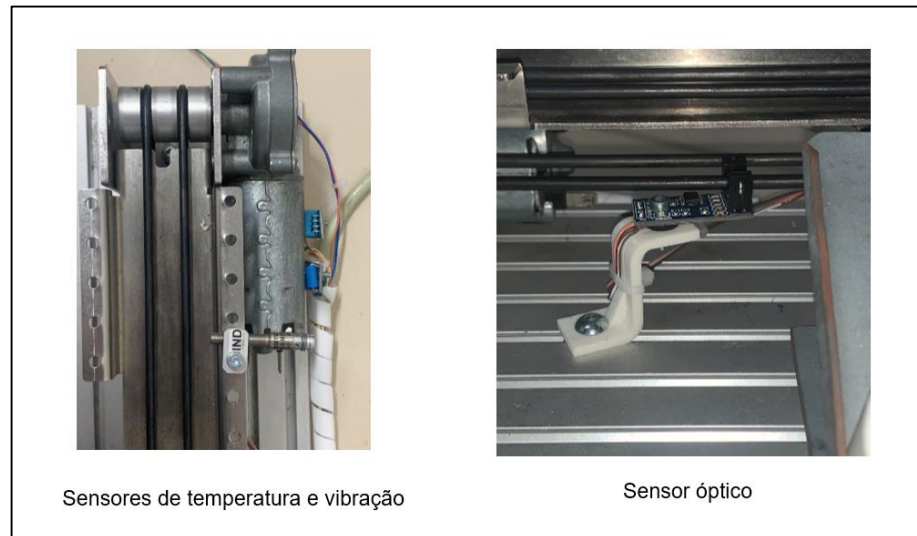
Figura 3.11 – Sensor do posto 01



Fonte: Autoria própria, 2024

Na segunda estação são instalados os sensores de temperatura e vibração na base da planta próximos ao motor da esteira e o sensor óptico para monitoramento da correia da esteira, esses sensores coletam dados para monitorar o estado dos equipamentos. A Figura 3.12 abaixo mostra:

Figura 3.12 – Sensores do posto 02



Fonte: Autoria própria, 2024

O sensor de contagem de peças está instalado na terceira estação, ao lado da rampa onde as peças montadas descem. Ele é responsável por coletar dados essenciais para o controle da produção das peças montadas. Para integrar este sensor ao sistema, foi necessário empregar um optoacoplador para reduzir a tensão de 5V do sinal do sensor para 3V na entrada do ESP. A Figura 3.13 apresenta o sensor utilizado na planta.

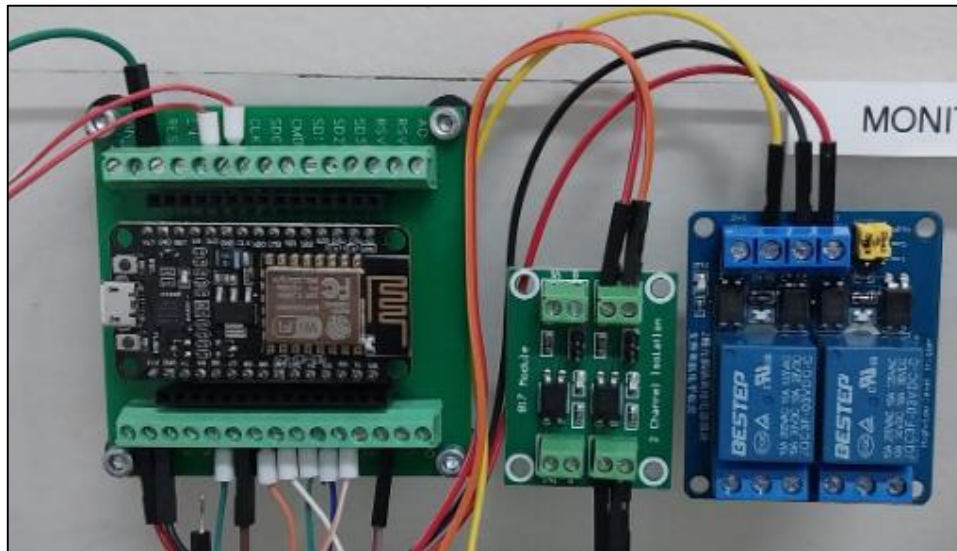
Figura 3.13 – Sensor do posto 03



Fonte: Autoria própria, 2024.

O relé é instalado próximo ao ESP8266. Este relé será ativado quando algum sensor de monitoramento detectar uma falha, como a ruptura da correia. Nesse momento, um sinal é enviado para o CLP, gerando um alarme e interrompendo o funcionamento da planta. Além disso, uma luz laranja será acionada para indicar que o alarme foi acionado. A Figura 3.14 abaixo ilustra este processo.

Figura 3.14 – Relé instalado



Fonte: Autoria própria, 2024.

Para o mapeamento das entradas e saídas do ESP8266 foi feito uma tabela indicando os seus respectivos endereços, cores dos fios de sinal, VCC e GND.

Abaixo está a tabela desse mapeamento de entradas e saídas:

Tabela 3.2 – Mapeamento do ESP8266

Mapeamento				
Porta	Sensor	Sinal	VCC	GND
D2	Contagem de peças	Roxo	Cinza	Preto
D4	Alarme	Marrom	Branco	Preto
D5	Temperatura do motor	Branco	Vermelho	Branco e vermelho
D6	Sensor do ambiente	Laranja	Azul	Verde e branco
D7	Sensor da Correia	Laranja e branco	Marrom	Marrom e Branco
D8	Vibração do motor	Verde	Amarelo	Amarelo e branco

Fonte: Autoria própria, 2024

3.4 Desenvolvimento do MQTT

Para estabelecer a comunicação entre o ESP8266 e o Node-Red, é adotado o protocolo MQTT, conhecido por sua eficiência em trocas de mensagens em redes de dispositivos IoT. Para facilitar essa interação, é utilizado o broker Hivemq, que opera na porta de comunicação 1880.

No ESP8266, configura-se o acesso ao broker através do endereço `broker.hivemq.com`. Todos os dispositivos conectados à plataforma MQTT devem configurar tópicos para acessar e compartilhar dados, utilizando *Subscribe* (inscrever) e *Publisher* (publicar). No caso específico do ESP8266, é empregada a biblioteca `<PubSubClient.h>`, que simplifica o acesso ao *broker* e a execução de comandos para envio e recebimento de dados na plataforma MQTT. Abaixo está a tabela dos tópicos onde o ESP8266 faz publicações e onde ele está inscrito:

Tabela 3.3 – Tópicos do ESP8266

Tópicos ESP8266			
Item	Tópico	Publisher (Publicar)	Subscribe (Inscrito)
1	TCC_1S_2024_LIGA	Não	Sim
2	TCC_1S_2024_Desliga	Não	Sim
3	TCC_1S_2024_Atualizar	Não	Sim
4	TCC_1S_2024_Umidade	Sim	Não
5	TCC_1S_2024_Temp_C	Sim	Não
6	TCC_1S_2024_Temp_F	Sim	Não
7	TCC_1S_2024_UmidadeA	Sim	Não
8	TCC_1S_2024_Temp_CA	Sim	Não
9	TCC_1S_2024_Temp_FA	Sim	Não
10	TCC_1S_2024_CONT_PECA	Sim	Não
11	TCC_1S_2024_Vibracao	Sim	Não
12	TCC_1S_2024_Correia	Sim	Não

Fonte: Autoria própria, 2024

Além disso, para permitir a conexão do ESP8266 à internet por meio de uma rede *Wi-Fi*, utiliza-se a biblioteca `<ESP8266WiFi.h>`. Essa biblioteca facilita a configuração e o gerenciamento da conexão *Wi-Fi* do dispositivo, garantindo sua integração eficaz na rede local ou na *internet*.

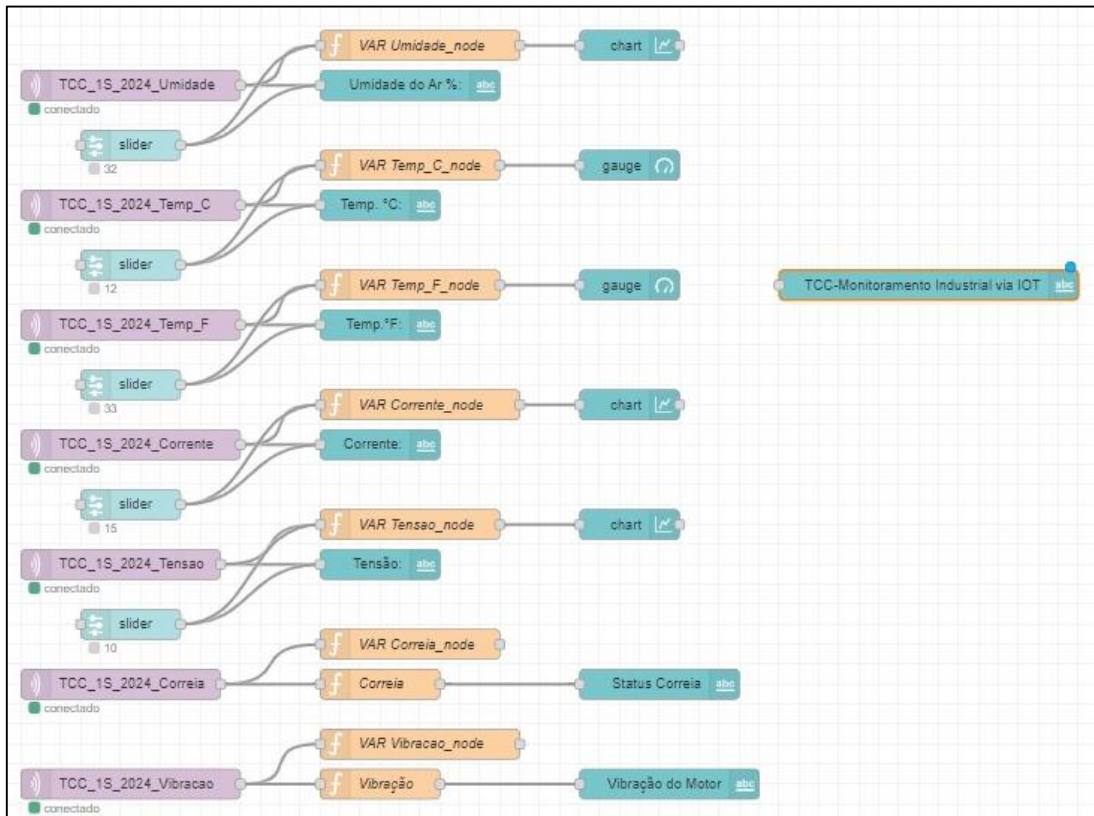
3.5 Desenvolvimento do Node-Red

Para o desenvolvimento do Node-Red é necessário a instalação do Nodejs que é a base sobre qual o Node-Red é construído. Com o Nodejs instalado é feita a instalação do Node-Red executando o comando “npm install -g –unsafe-perm node-red” no prompt de comando do PC. Em seguida é digitado “Node-Red” no prompt de comando, esse comando irá inicializar o Node-Red e fornecer o endereço de acesso ao ambiente de desenvolvimento da plataforma, com um navegador da web aberto é digitado o endereço fornecido “http://127.0.0.1:1880 ou http://localhost:1880”, com a plataforma aberta na *web* são feitas as devidas configurações para comunicação com o ESP8266 através do protocolo MQTT.

No Node-Red são criados os *Flows* que são os programas visuais na interface da plataforma. Um *flow* (fluxo) consiste em uma série de nós (*nodes*) conectados entre si processando os dados recebidos e o envio desses dados para o *broker*.

Para recebimento dos dados dos sensores é criado um nó para cada sensor instalado na planta. Em seguida, esses dados são alocados em variáveis e disponibilizados em uma variedade de ferramentas, como gráficos, medidores ou outras formas de representação visual. A Figura 3.15 ilustra as *flows* utilizadas.

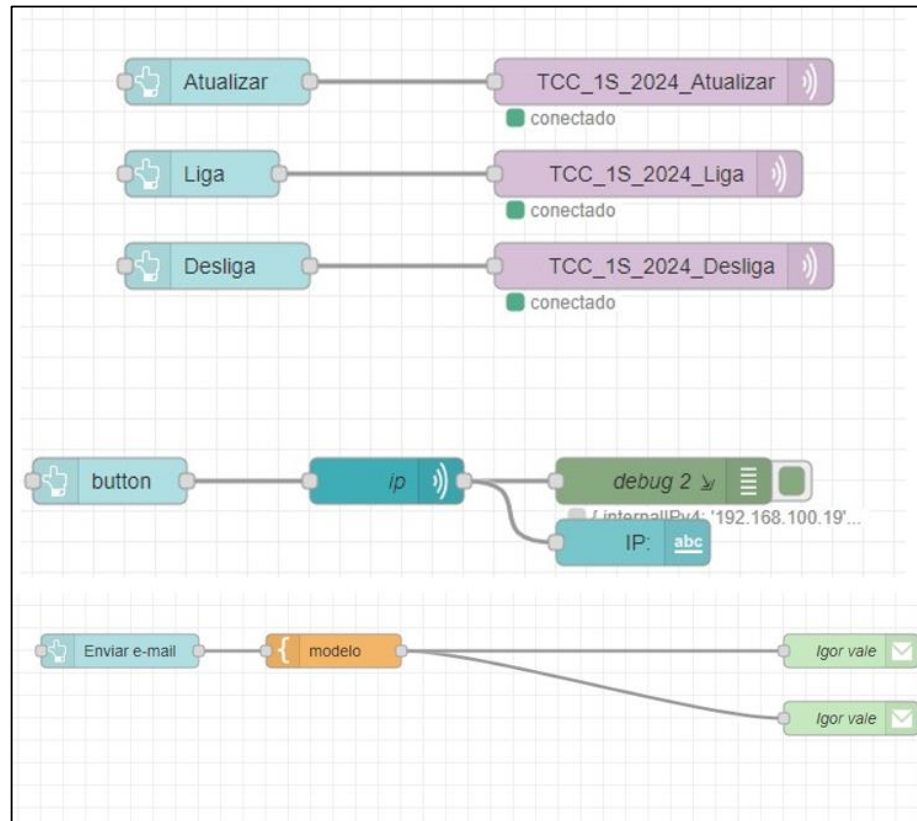
Figura 3.15 – Flows



Fonte: Autoria própria. 2024

Para os comandos de Liga, Desliga, Atualiza e envio de e-mail são criados flows com nós de botões para comando no Node-Red. A Figura 3.16 ilustra esses botões interligados com cada nó e configurado para cada função.

A Figura 3.16 - Node-Red



Fonte: Autoria própria. 2024

Além disso, foi criada uma tabela de tópicos do Node-Red, para identificar em quais tópicos o Node-Red está inscrito e onde ele faz as publicações. Abaixo está a tabela desses tópicos:

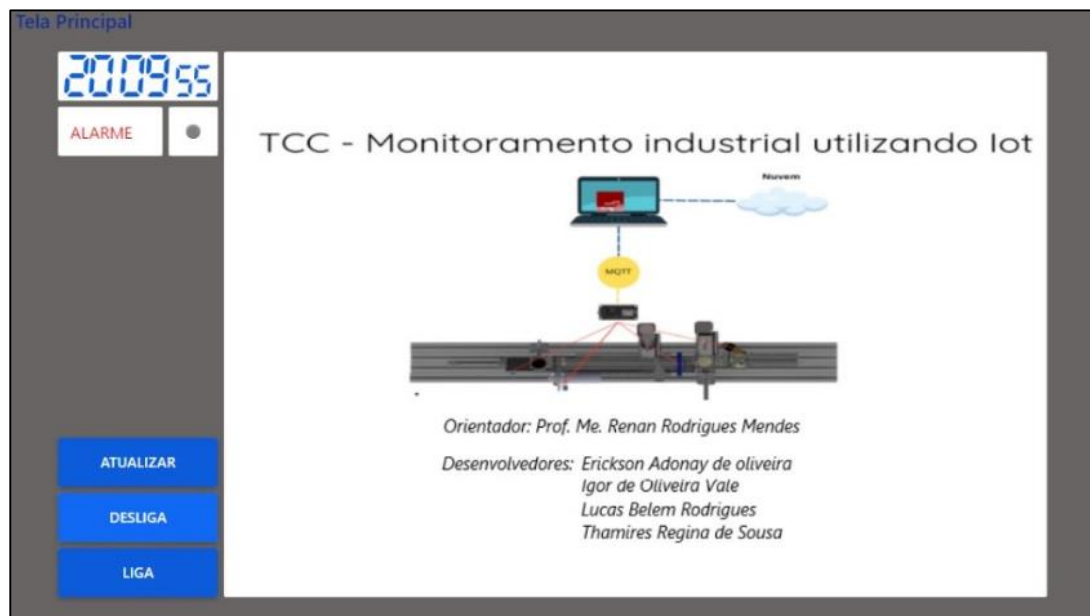
Tabela 3.4 – Tópicos do Node-Red

Tópicos Node-Red			
Item	Tópico	Publisher (Publicar)	Subscribe (Inscrito)
1	TCC_1S_2024_LIGA	Sim	Não
2	TCC_1S_2024_Desliga	Sim	Não
3	TCC_1S_2024_Atualizar	Sim	Não
4	TCC_1S_2024_Umidade	Não	Sim
5	TCC_1S_2024_Temp_C	Não	Sim
6	TCC_1S_2024_Temp_F	Não	Sim
7	TCC_1S_2024_UmidadeA	Não	Sim
8	TCC_1S_2024_Temp_CA	Não	Sim
9	TCC_1S_2024_Temp_FA	Não	Sim
10	TCC_1S_2024_CONT_PECA	Não	Sim
11	TCC_1S_2024_Vibracao	Não	Sim
12	TCC_1S_2024_Correia	Não	Sim

Fonte: Autoria própria. 2024

Em seguida, é criada as telas de *dashboard* no Node-Red, para melhor visualização dos comandos e gráficos claros e intuitivos, com dados dos sensores para monitoramento em tempo real e informações com alertas de alarmes. Na tela principal temos o Menu para navegação na plataforma, botões de comando, nome do projeto e integrantes do grupo. A Figura 3.17 ilustra a tela principal.

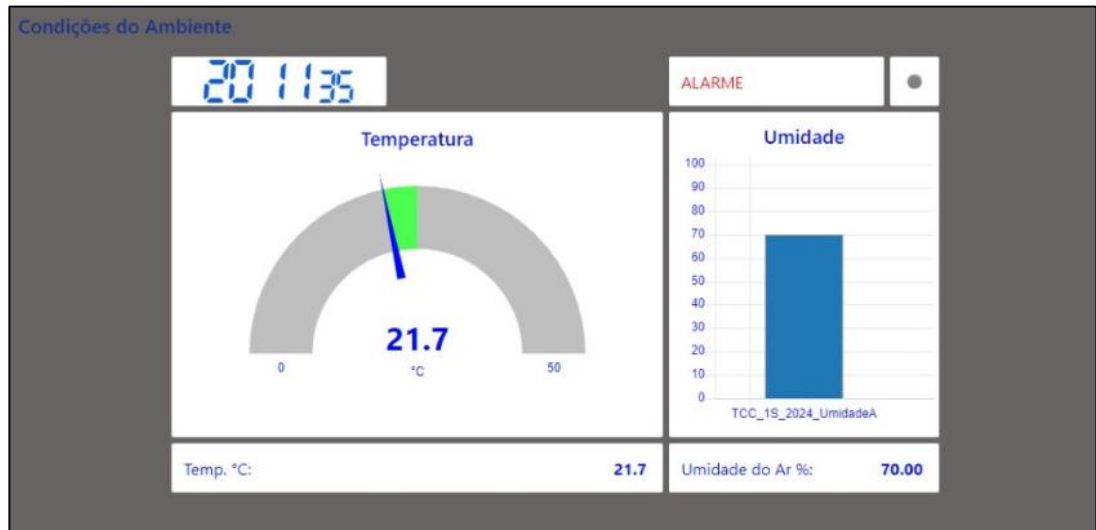
A Figura 3.17 – Tela principal



Fonte: Autoria própria. 2024

Para monitoramento das condições do ambiente da planta é criada uma tela com os dados do sensor de temperatura e umidade. A Figura 3.18 ilustra a tela de condições do ambiente.

Figura 3.18 – Tela de sensor de temperatura e umidade



Fonte: Autoria própria. 2024

Para visualização de dados das condições do motor, correia da esteira, e quantidade de peças produzidas é criado uma tela produção. A Figura 3.19 ilustra a tela produção.

Figura 3.19 – Tela de produção

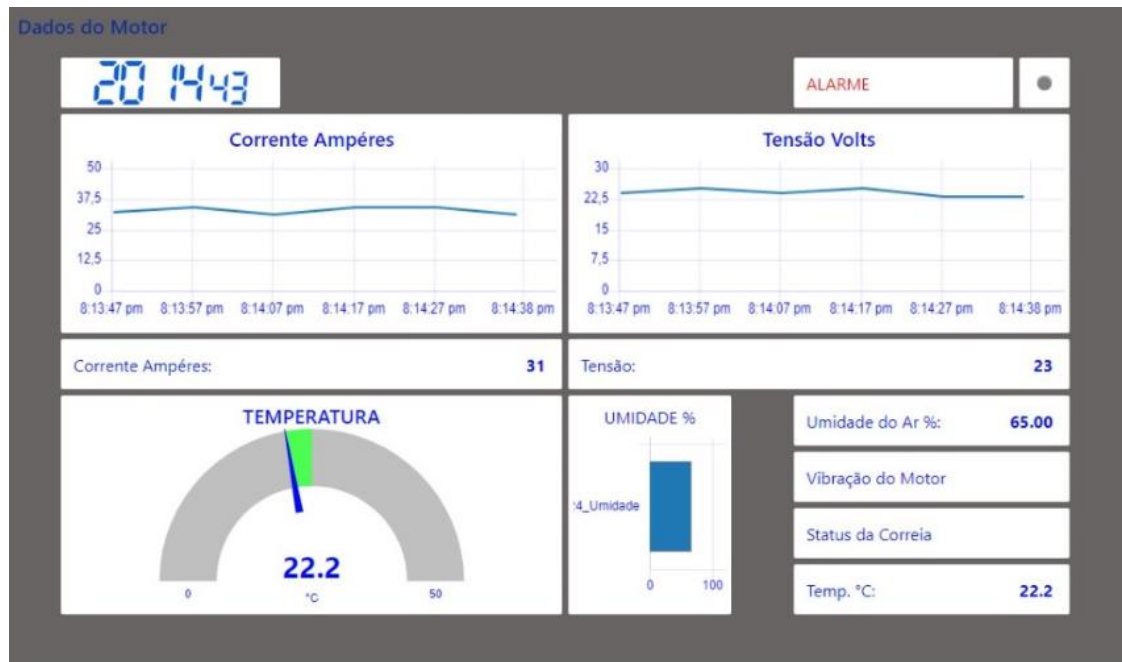


Fonte: Autoria própria. 2024

Para visualizar em tempo real os dados coletados do motor, foi criada uma tela que exibe gráficos de temperatura, corrente e tensão. Vale ressaltar que as

variáveis de corrente e tensão são simuladas graficamente. A Figura 3.20 ilustra essa tela de dados do motor.

Figura 3.20 – Tela de dados do motor



Fonte: Autoria própria. 2024

3.6 Elaboração da programação do ESP8266

Para iniciar o desenvolvimento da programação do ESP8266 utiliza-se a IDE do Arduino, é necessário a instalação dos *drivers* correspondentes na IDE do Arduino. Em seguida é feito a inclusão das bibliotecas “ESP8266wifi.h” para configuração da conexão Wi-Fi, “pubSubCliente.h” para comunicação com o MQTT, “DHT.h” para funcionamento dos sensores.

Definido os nomes e atributos as entradas e saídas para os pinos do ESP8266, os pinos D2, D5, D6, D7, D8 são configurados como entradas, enquanto o pino D4 é definido como saída para acionamento do relé de alarme.

Com o cabo *USB* conectado entre o ESP8266 e o PC, é selecionado a porta correta na IDE do Arduino. Após compilar o programa, é feito o *upload* na placa do ESP8266MCU.

3.7 Análise do funcionamento da planta com os sensores instalados

Com a finalização das montagens mecânica e elétrica, instalação dos sensores de monitoramento, finalização dos programas do CLP e do ESP8266, inicia a integração dos elementos que compõe o projeto.

Primeiramente, são adicionados os dados da rede que será utilizada na programação e feito o upload do sketch do programa da Idea do Arduino para o ESP8266 e realizado teste de conectividade com o MQTT e Node-Red para confirma que os sensores estão conectados.

E feito a revisão de toda a conexão e alinhamento final dos elementos do projeto com sua respectiva montagem. Após, é feito a ligação elétrica da planta para teste de funcionamento operacional e verificação de leitura dos sensores de monitoramento.

Após a integração de todos os elementos, foi realizada uma avaliação abrangente para garantir o pleno funcionamento do projeto. Um teste foi conduzido nas instalações da Fatec SBC, com a supervisão do Professor Orientador Renan Rodrigues, e obteve-se sucesso na execução completa do projeto.

3.8 Identificação de obstáculos e suas respectivas soluções

Ao longo do processo de desenvolvimento e construção do projeto, encontramos desafios que foram superados com base no conhecimento obtido através de pesquisas, na experiência profissional dos membros do grupo e nas orientações fornecidas pelos professores da área.

Obstáculo 1: Dificuldade para conectar dois sensores dht11.

Solução: Após pesquisas realizadas e interpretação da biblioteca do sensor dht11, constatou-se que a melhor abordagem seria desenvolver um algoritmo específico para cada sensor.

Obstáculo 2: Configuração inicial do ESP8266 para se comunicar com o Node-Red via *Wi-Fi*.

Solução: Após análise foi checado que faltava a instalação da biblioteca MQTT no ESP8266 e configuração do *broker* MQTT, que pode ser local ou na nuvem para poder enviar e receber dados entre o ESP e o Node-red.

Obstáculo 3: Identificar o endereço IP do CLP para conexão com o PC.

Solução: Foi necessário a instalação do *software* Festo Field Device Tool que é uma ferramenta para localização de endereços IP dos equipamentos da Festo, depois de identificar o IP do CLP foram feitas as configurações de rede no PC e estabelecido a comunicação entre PC e CLP.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto intitulado Monitoramento industrial utilizando IoT tem como objetivo geral o monitoramento em tempo real de sensores instalados em equipamentos industriais utilizando os princípios da Internet das Coisas (*IoT*). Esse objetivo é justificado pela necessidade de monitoramento de dados reais, viabilizando o planejamento da manutenção preditiva dos equipamentos.

A pesquisa conceitual mostra-se de suma importância para a concretização desse trabalho. O tópico de Internet das coisas (*IoT*) e Protocolo de comunicação MQTT são a base de todo o decorrer do projeto e os métodos e técnicas obtida pela metodologia, fornecendo o suporte necessário para sua organização, direcionamento e o caminho para o seu desenvolvimento. Assim foi possível adotar uma abordagem específica de manutenção preditiva.

O desenvolvimento deu-se nas plataformas de programação do ESP8266 e Node-Red. Entre as fontes pesquisadas necessárias para a execução do projeto, as que mais agregaram conhecimento foram sobre a programação e a configuração de todo o *dashboard*, pois esses tópicos não foram explorados anteriormente em sala de aula, oferecendo aos integrantes do grupo conhecimentos complementares aos já obtidos.

Os desafios encontrados durante a elaboração do projeto foram superados por meio da aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, além do apoio do embasamento bibliográfico e da orientação dos docentes da instituição.

Destacam-se como vantagens o baixo custo dessa tecnologia, a interface intuitiva e fácil de usar, além da possibilidade de personalizar os tipos de variáveis a serem monitorados conforme as necessidades de cada equipamento.

Tendo em vista todo o desenvolvimento, conclui-se que o projeto foi realizado com êxito, proporcionando novos conhecimentos e desafios aos integrantes.

Propõe-se como uma oportunidade de melhoria futura a implementação de um banco de dados robusto. Este banco de dados será projetado para armazenar e organizar grandes volumes de informações de forma estruturada, permitindo fácil acesso, consulta, atualização e análise dos dados relevantes. Além disso, planejamos utilizar os dados coletados, como a quantidade de peças produzidas, para desenvolver um sistema de programação. Este sistema será capaz de determinar a quantidade ideal de peças a serem produzidas e automatizará o processo de parar a produção assim que esse número estabelecido for alcançado. Essas iniciativas visam otimizar o controle do processo produtivo.

REFERÊNCIAS

BRAGA, NEWTON C. Manual de mecatrônica. Editora Newton C. Braga, 2017.

BERTOLETI, PEDRO. **O que são plataformas IOT e quais são as maiores do mercado, 2017.** Disponível em: <https://www.newtoncbraga.com.br/iot/17606-o-que-sao-as-plataformas-iot-e-quais-sao-as-maiores-do-mercado-mic435.html?highlight=WyJpb3QiXQ==>. Acesso em: 12 set. 2023.

BORLIDO, DAVID J. A. **Indústria 4.0 – Aplicação a Sistemas de Manutenção**, 2017. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/>. Acesso em: 17 set. 2023.

BRITO, F. **Sensores e atuadores**. Editora Saraiva Educação SA, 2017.

CARVALHO, MARIA C. **Construindo o Saber: metodologia científica-fundamentos e técnicas**. Editora Papyrus, 2021.

ESTÉVES, RICARDO. **Os 9 pilares da indústria 4.0. Eco inteligencia**, 2016. Disponível em: <https://www.ecointeligencia.com/2016/06/9-pilares-industria-40-1/>. Acesso em: 22 set. 2023.

FIALHO, ARIVELTO B. **Automação Pneumática Projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. Editora Saraiva Educação SA, 2018.

GONÇALVES, JARDIM. **Internet of Things for enterprise systems of modern manufacturing**, 2016. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/>. Acesso em: 05 out. 2023.

GUBBI, JAYAVARDHANA. **Internet of Things (IoT)**, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 12 out. 2023.

INDUSTRIA 4.0 / Manufatura avançada. **IND4.O Manufatura avançada**, 2023. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/23596-iot-temperatura-e-funciona-principais-aplicacoes>. Acesso em: 15 out. 2023.

LIMA, ALICE. **Sistema de solicitação e monitoramento de estoque em tempo real utilizando Node-Red para ensino remoto**, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/>. Acesso em: 22 set. 2023.

LUIZ, S.; OLIVEIRA, M.; MAURO, M. **Industria 4.0: Fundamentos, perspectivas e aplicações**. Ed. São Paulo: Érica, 2018.

MACHADO, FELIPE. **BIG DATA**. Ed. SÃO PAULO: SARAIVA, 2018.

MANCINI, MÔNICA. **Internet das coisas: História, conceitos, aplicações e desafios**, 2017. Disponível em: <http://mmproject.com.br/wp-content/uploads/2020/02/artigo-iot-monicamancini-v1.pdf>. Acesso em: 28 set. 2023.

MANUAL DE NORMALIZAÇÃO DE TCC - Trabalho de conclusão de curso, FATEC SÃO BERNADO DO CAMPO, 2023.

OLIVEIRA, SÉRGIO. **Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry**. Editora Novatec, 2017.

PASSE, FERNANDO F.; **LOCUS UFV**, 2020. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/31010>. Acesso em: 28 out. 2023.

PEDROSA, PAULO H. C. **Computação em Nuvem**, 2011. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/>. Acesso em: 15 set. 2023.

PEIXOTO, JOÃO A. **ESP8266 NodeMCU Do pisca LED á Internet das coisas**. Ed. Porto Alegre: UERGS, 2021.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. Ed. Rio Grande do Sul: Universidade Feevale, 2013.

SACOMANO, JOSÉ B.; CARDOSO, WALTER. **Indústria 4.0: Conceitos e fundamentos**. Ed. São paulo: Edgard Blucher Ltda, 2018.

SANTOS, SANDRO. **Introdução à IoT: Desvendando a Internet das Coisas**. Editora SS Trader, 2018.

SERGIO, L.; MURILO, O.; MAX, M. **Industria 4.0: Fundamentos, perspectivas e aplicações**. Ed. São Paulo: Érica, 2018.

SEVERINO, ANTÔNIO JOAQUIM. **Metodologia do trabalho Científico**. Editora Cortez, 2017.

TAURION, CEZAR. **Computação em nuvem**. Ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

THOMAZINI, D.; BRAGA, P. U. **Sensores industriais: Fundamentos e aplicações**. Ed. São Paulo: Saraiva Educação SA, 2020.

OASIS. **MQTT Version 3.1.1.**, 2014. Disponível em: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1-os.html>. Acesso em: 02 nov. 2023.

Carvalho, J. **Automação Industrial: Conceitos, Métodos e Aplicações**. Editora Érica, 2018.

Lima, M. **Sistemas de Controle e Automação Industrial**. Editora Atlas, 2019.

Oliveira, R. **Robótica Industrial: Fundamentos, Tecnologia e Aplicações**. Editora LTC, 2015

Santos, A. **Acionamentos Elétricos: Motores de Indução, Motores de Passo, Servomotores**. Editora Érica, 2016.

Silva, C. **Máquinas e Dispositivos Eletromecânicos**. Editora LTC, 2017.

Castro, Djalma. **Manutenção Preditiva: um guia prático**. Editora Novatec, 2019.

Tomaz, Plínio. **Manutenção Preditiva em Equipamentos Industriais**. Editora Érica, 2017.

Marchiori, Ricardo. **Técnicas de Manutenção Preditiva: aplicação e benefícios**. Editora Atlas, 2020.

Almeida, Antônio. **Gestão da Manutenção Preditiva: conceitos e práticas**. Editora Senai-SP, 2018.

Altus. (2024). **Controlador Lógico Programável**. Disponível em: <<https://www.altus.com.br/post/400/o-que-e-clp-e-quando-utiliza-lo-3f>>. Acesso em: 26 abr. 2024.