



FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

IOT PARA MONITORAMENTO DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS E ARMAZENAMENTO EM BANCO DE DADOS RELACIONAL

IOT FOR INDUSTRIAL EQUIPMENT MONITORING AND STORAGE IN RELATIONAL DATABASE

Thiago Leite de Almeida^{1, i}
José Roberto dos Santos^{2, ii}
Daniel Otávio Tambasco Bruno^{3, iii}
Daniel Camusso^{4, iv}

RESUMO

Neste artigo, é apresentado as pesquisas e conclusão do projeto para conclusão do curso de pós-graduação em indústria 4.0 da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. Ele procura abordar o projeto sobre o uso de sensores para resolver um problema do mundo real. O problema visto aqui é o de monitoramento de equipamentos em ambientes industriais que não são propícios a esta tarefa, como equipamentos isolados e sem conectividade e locais fechados. A solução proposta se baseia na tecnologia do IoT para monitoramento e realização de cuidados básicos para tal máquina, também serão abordadas questões sobre armazenamento das informações coletadas em um servidor de banco de dados relacional para análise posterior. Serão abordadas a plataforma IoT e componentes utilizados, além do circuito e programa desenvolvidos.

ABSTRACT

In this article, is presented the research and conclusion of the project to complete the postgraduate course in industry 4.0 at SENAI Faculty of Mechatronics Technology. It demand to address the project on the use of sensors to solve a real-world problem. The problem seen here is the monitoring of equipment in industrial environments that are not conducive to this task, as isolated equipment without connectivity and closed places. The proposed solution is based on the IoT technology for monitoring and performing basic care for such a machine. Questions on storage of information collected on a relational database server will also be addressed for further analysis. The IoT platform and components used will be addressed, in addition to the developed circuit and program.

¹ Pós-Graduando na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: thiago.leite@sp.senai.br

² Especialista e Docente na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica E-mail: joseroberto@sp.senai.br

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

⁴ Especialista e Docente na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: daniel.camusso@sp.senai.br

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Sacomano (2018), em 2011, o governo da Alemanha lançou um projeto durante a Feira de Hannover, denominado Plataforma Indústria 4.0. Este conceito tem como base criar processos rápidos, flexíveis e eficientes.

A quarta revolução industrial tem como base nove pilares tecnológicos que a embasam teoricamente, estes pilares são:

1.1 Big Data

De acordo com a empresa Norte Americana Oracle (2021), o Big Data trata da análise e gestão de grandes quantidades de dados em alta velocidade com o objetivo de leitura de cenários e tomadas de decisões mais velozes. É possível, por exemplo, prever os desejos dos clientes baseado em histórico de navegação e buscas, oferecendo assim, produtos e serviços que podem ser do interesse do usuário de maneira personalizada. Um exemplo disso são as sugestões de sites de compras, como a Amazon, e as recomendações de serviços como Netflix e Spotify.

1.2 Robótica

Ao incorporar robôs inteligentes aos processos da Indústria, o setor ganha em desempenho e disponibilidade, deixando a execução de tarefas de produção, logísticas e repetitivas a cargo das máquinas. Além de reduzir os custos, estes robôs representam um importante aumento na produção (SANCHES; CARVALHO; GOMES, 2018).

A indústria 4.0 prevê que máquinas e robôs com inteligência artificial serão capazes de interagir entre si e com as pessoas, tornando-se mais flexíveis e cooperativos.

1.3 Simulação

Para Moreira (2020), Na indústria 4.0, a simulação computacional é utilizada em plantas industriais para análise de dados em tempo real, aproximando o mundo físico e virtual, e no aperfeiçoamento em configurações de máquinas para testar o próximo produto na linha de produção virtual antes de qualquer mudança real, gerando otimização de recursos, melhor performance e mais economia.

1.4 Integração de sistemas

De acordo com Sacomano (2008), todo o sistema precisa estar integrado para permitir o funcionamento da Indústria 4.0 em sua plenitude. Nem sempre essa integração se dá de maneira fácil, o motivo é que vários equipamentos que trabalham com sistemas desenvolvidos por seus fabricantes, na maioria das vezes, não se integram bem com sistemas de outros fabricantes. e este tema está cada vez mais presente em congressos internacionais sobre Indústria 4.0, a grande maioria dos trabalhos de pesquisa versa sobre esta integração.

1.5 Internet das Coisas (IoT)

A internet das coisas consiste na conexão entre rede de objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas por meio de dispositivos eletrônicos embarcados, permitindo uma coleta e troca de informações mais rápida e efetiva. Na indústria de produtos e serviços, a IoT representa a integração de tecnologias que antes não estavam conectadas e que agora estão interligadas por meio de uma rede baseada em IP (*Internet Protocol*).

Segundo Santos (2019), a cada ano veremos um número maior de dispositivos do dia a dia que, de repente, se tornaram inteligentes e conectados do que pessoas no mundo. Analistas estimam que em 2018 existiam 50 bilhões de “coisas” conectadas, enquanto a população do planeta terra era de aproximadamente 7,6 bilhões, segundo a ONU.

1.6 Cibersegurança

A indústria do futuro demanda que todas as áreas da empresa estejam conectadas, tanto as redes corporativas (TI) quanto as de automação e operacionais (TA). Desta forma, é fundamental que as empresas construam sistemas de cibersegurança robustos para proteger sistemas e informações de possíveis ameaças e falhas que podem causar transtornos na produção ou que dados sensíveis do processo fiquem disponíveis a pessoas que não deveriam visualizá-los. (SACOMANO, 2018)

1.7 Cloud computing

O número de tarefas relacionadas à produção de bens e serviços na Indústria tem crescido cada vez mais, demandando o uso de aplicativos e dados compartilhados entre diferentes localidades e sistemas para além dos limites dos servidores de uma empresa. De acordo com a Microsoft (2021), a computação em nuvem fornece recursos que refletem em uma importante redução de custo, tempo e eficiência na execução destas tarefas.

1.8 Manufatura aditiva

Também conhecida como impressão em 3D, essa tecnologia envolve a produção de peças a partir de camadas sobrepostas de material para se obter um modelo 3D. Esta estratégia pode ser utilizada para criar produtos personalizados que oferecem vantagens de construção e desenhos complexos.

A tecnologia não é nova, pois já está no mercado desde meados da década de 80, porém, nos últimos anos se popularizou e teve um grande salto devido evoluções tecnológicas da eletrônica e aos novos materiais usados na construção dos modelos impressos (MARQUES, 2014)

1.9 Realidade aumentada

Utilizando os recursos deste pilar, é possível, por exemplo, enviar instruções de montagem via celular para o desenvolvimento de peças de protótipo e utilizar óculos de realidade aumentada para a gestão e operação de determinadas máquinas, melhorando procedimentos de trabalho.

A tecnologia costuma utilizar um conjunto de hardware, que pode incluir computadores, headphones, óculos, luvas sensíveis a movimento e outros, para dar a sensação de uma realidade que não se encontra no local (STEUER, 2006).

Este trabalho está focado no Pilar de IoT. Apesar de não ser novidade, a IoT, ou Internet of Things, tem revolucionado o nosso dia a dia e nossa forma de interação com tudo que está ao nosso redor. As possibilidades de uso incluem desde situações já exploradas por outras tecnologias quanto as possibilidades que somente podiam ser imaginadas na ficção anteriormente. A ideia desta tecnologia é tornar a comunicação entre as coisas mais barata e acessível, incluindo desde grandes equipamentos industriais até coisas do cotidiano, tornando-se assim uma maneira eficiente de monitorar todo um processo com facilidade. Para as organizações, o IoT fornece um monitoramento em tempo real e de baixo custo onde pode ser acessado remotamente em todo o planeta, permitindo inclusive que estes dados sejam armazenados em bancos de dados para posterior análise

O baixo custo das soluções com IoT permite o monitoramento e controle de variáveis que anteriormente estavam fora do alcance e que são invisíveis a outras tecnologias, por exemplo, coletando informações do ambiente e fornecendo a agricultores (ou até mesmo a regadores inteligentes) que direcionam a quantidade correta de água de acordo com a necessidade em tempo real. Também poderão surgir tratores autônomos mais seguros, que carregam upload de mapas em seus sensores, garantindo maior precisão nas operações não-humanas (COZER, 2019)

2 PROJETO

Nesse trabalho, foi realizado o monitoramento da temperatura de motores usados em robôs instalados em ambiente Indoor. Foi utilizado no experimento um robô Kuka KR6 presente no laboratório de robótica do SENAI São Caetano do Sul (Figura 01) durante o uso intenso em aula. Isso porque esses tipos de ambientes são propícios ao aquecimento dos equipamentos e, visto que são operados por pessoas que ainda não dominam seu controle, podendo resultar em sobrecargas e pequenas colisões. O correto monitoramento da temperatura auxilia no diagnóstico e prevenção de danos ao controlador do robô, pois segundo Filippo (2013) os motores tem sua vida útil degradada pela metade, quando se tem uma variação de temperatura de 10°C acima da especificada pelo fabricante .

Figura 1 - Célula monitorada no projeto



Fonte: O Autor (2021)

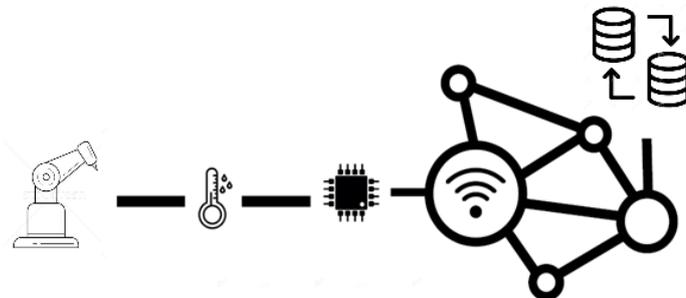
A principal função do projeto é proteger o equipamento e aumentar sua vida útil, dessa forma foi criado um sistema para monitorar e alertar o usuário sobre alterações anormais na temperatura do braço robótico.

Inicialmente, o sistema criado é utilizado para monitorar temperatura, porém, é possível expandir facilmente a quantidade de variáveis monitoradas com pequenas alterações no código e com o uso de novos sensores

Para realizar a tarefa, o sistema será composto por um controlador baseado no microcontrolador ESP32 e um sensor de temperatura LM35. Foi também instalado um serviço de banco de dados MySQL para armazenar e disponibilizar os dados para posterior análise. Com isso será possível não apenas um sistema de monitoramento, como também uma posterior aplicação de *Data Analytics* com a intenção de analisar informações (dados) com um propósito específico. Isto é, pesquisar e responder perguntas com base em dados e com uma metodologia clara para todos (HOPPEN; SANTOS, 2018).

A figura 2 ilustra o sistema a ser implementado, já a tabela 1 demonstra a lista de componentes necessários durante sua implantação

Figura 2 - Imagem ilustrativa do sistema a ser implementado



Fonte: O autor (2021)

Tabela 1 - Tabelas de Materiais e Componentes Principais do Trabalho

Material	Função
ESP32	ESP32 é uma série de microcontroladores de baixo custo e baixo consumo de energia. É um sistema compacto com microcontrolador integrado, WiFi e Bluetooth.
LM35	O sensor LM35 é um sensor de precisão que apresenta uma saída de tensão linear proporcional à temperatura em que ele se encontrar no momento, tendo em sua saída um sinal de 10mV para cada Grau Célsius de temperatura.
Roteador TP Link TL-WR940N	Os roteadores orientam e direcionam os dados da rede, usando pacotes que contêm vários tipos de dados, como arquivos de comunicações e transmissões simples (CISCO, [s. d.])

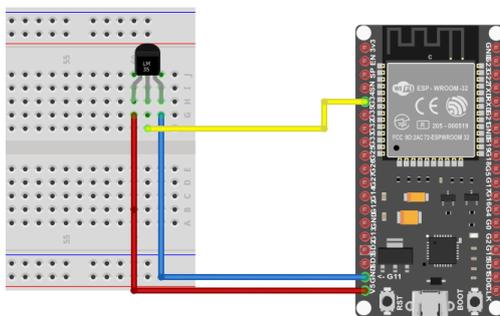
Fonte: O autor (2021)

2 CIRCUITO

Na figura 3 é demonstrada a integração entre os componentes e como foram dispostos para o correto funcionamento do sistema

O circuito abaixo foi desenvolvido software Fritzing, desenvolvido pela Universidade de Ciências aplicadas de Potsdam na Alemanha.

Figura 3 - Circuito para Projeto IoT - Monitoramento de temperatura



Fonte: O Autor (2021)

3 DESENVOLVIMENTO

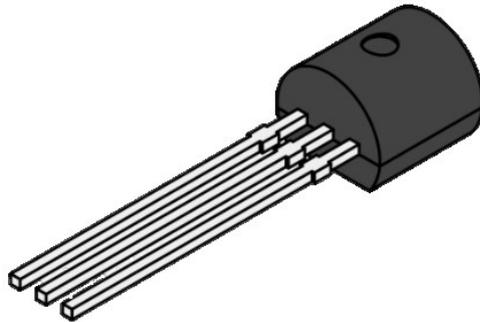
Este capítulo temo como objetivo detalhar as etapas construtivas do projeto, além abordar detalhadamente a funcionalidade dos componentes e sua integração com o banco de dados

3.1 SENSOR LM35

O LM35 é um sensor de temperatura que pode vir em diferentes encapsulamentos, porém, o mais comum é o TO-92, que é geralmente construído em plástico ou epóxi. São esteticamente muito parecidos com os transistores simples

Independente do encapsulamento eles são bem pequenos e medem aproximadamente 5mm X 5mm.

Figura 4 - Sensor LM35 com encapsulamento TO-92



Fonte: Tgselec (2007)

Este sensor é fabricado por diferentes empresas, porém o comportamento dele é sempre igual. De acordo com a temperatura medida, o sensor varia sua tensão em 10mV para cada °C medido.

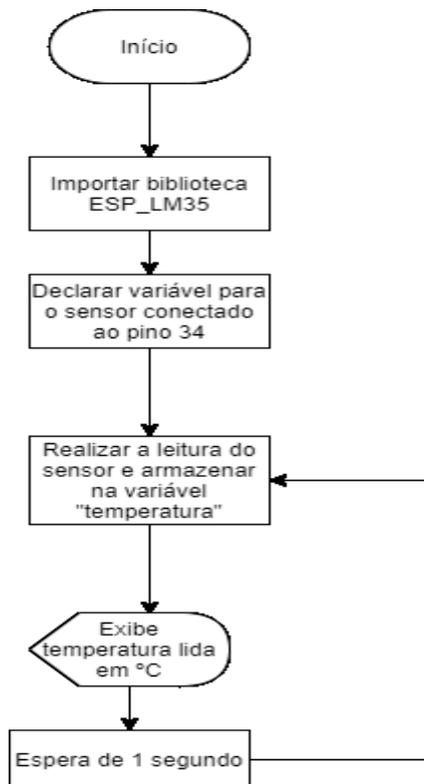
De acordo com a fabricante Texas Instruments (2017) o circuito integrado é capaz de ler temperaturas que variam entre -55 °C até +150 °C e a precisão do sinal produzido pode variar entre ± 0.4 °C até ± 1.5 °C.

Existem outras versões deste sensor, como por exemplo, o LM35A, LM35CA e LM35D. Eles trabalham com parâmetros de tensão e temperaturas diferentes. Para a aplicação aqui descrita foi utilizado o LM35 convencional.

O LM35 consome 60 μ A de corrente, o que o torna muito apropriado para aplicações de IoT, pois conforme Peixoto (2020) as tecnologias que proverem grande alcance e baixo consumo de energia serão essenciais para conectarmos as coisas de qualquer natureza.

Foi criado um programa para testar o sensor e entender o comportamento do mesmo, a figura abaixo ilustra o fluxo do código usado no teste.

Figura 5 – Sequência do programa de teste do sensor LM35



Fonte: O Autor (2021)

O programa completo para teste no microcontrolador está disponível no Apêndice A.

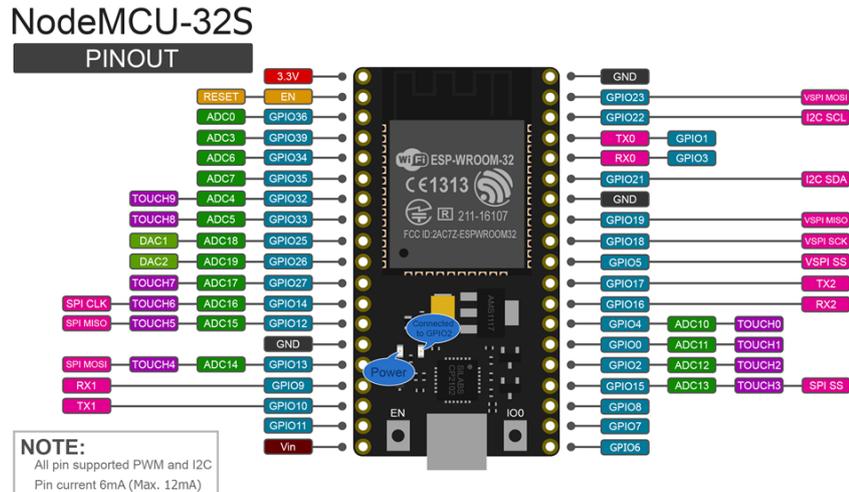
3.2 ESP32

O ESP32 é um hardware muito utilizado para projetos na área de Internet das coisas. O microcontrolador em questão foi desenvolvido pela Espressif e provavelmente será o sucessor do ESP8266, devido ao seu baixo custo e inúmeros recursos.

De acordo com Murta (2018), o ESP32 conta com um processador de dois núcleos, o que melhora muito sua capacidade de processamento devido ao fato de que enquanto um processador controla a comunicação, o outro é responsável pelo controle das entradas e saídas, por exemplo. Esta possibilidade evita alguns problemas de instabilidade que acontecem no seu antecessor ESP8266, onde um único núcleo de processamento é responsável por todas as tarefas, além disso, o ESP32 possui Wifi, Bluetooth, saídas e entradas analógicas integradas.

O mapa de pinos do ESP32 costuma mudar entre as versões. A versão utilizada nesse experimento é a ESP-WROOM-32 DEVKIT V1 e possui o seguinte mapa de pinos conforme figura 6.

Figura 6 - Mapa de pinos do ESP-WROOM-32



3.3 Utilização de banco de dados relacional MySQL

Para o armazenamento dos dados coletados foi utilizado um servidor MySQL rodando em um computador local. Segundo o site especializado DB-Engines (DB-ENGINES, 2021) que cria um ranking mensal dos bancos de dados mais utilizados no mundo. O Mysql é um dos mais importantes sistemas de armazenamento de código aberto da atualidade, por se tratar de um sistema relacional, ele não precisa de uma estrutura de linhas e colunas como é comum em outros modelos mais tradicionais. Os dados podem ser armazenados como pares chave simples, como documento ou como um gráfico.

Ainda segundo o site DB-Engines (2021) que analisou e ranqueou 364 sistemas de bancos de dados em abril de 2021, dos top 10 mais usados no mundo 7 são bancos de dados relacionais e o Mysql é o segundo do ranking, perdendo somente para o sistema de armazenamento da Oracle que não se trata de um sistema de código aberto como o MySQL.

Para a criação do servidor foi utilizado o software multiplataforma XAMPP, que contém pacotes com os principais servidores código aberto do mercado, incluído o MySQL. Neste aplicativo foi possível criar o banco de dados e variáveis necessárias para posterior armazenamento pelo ESP32.

A estrutura criada dentro do Mysql dados consiste em um banco de dados com nome projeto_tcc no qual foi criada uma tabela chamada dados e colunas para armazenamento da Data e hora, nome da máquina, temperatura registrada em tempo real e um ID para cada registro inserido na base de dados, de modo a manter a organização das informações coletadas durante o experimento.

A figura 7 ilustra a estrutura criada e mostra uma amostra dos dados coletados dentro da tabela.

Figura 7 - Estrutura do banco de dados

The screenshot shows the phpMyAdmin interface. On the left, the database structure is visible, including a table named 'dados'. The table structure is as follows:

- Colunas:
 - Nova
 - DATA E HORA (datetime)
 - ID (PRI, int)
 - MAQUINA (text)
 - TEMPERATURA (float)
- Índices:
 - Nova

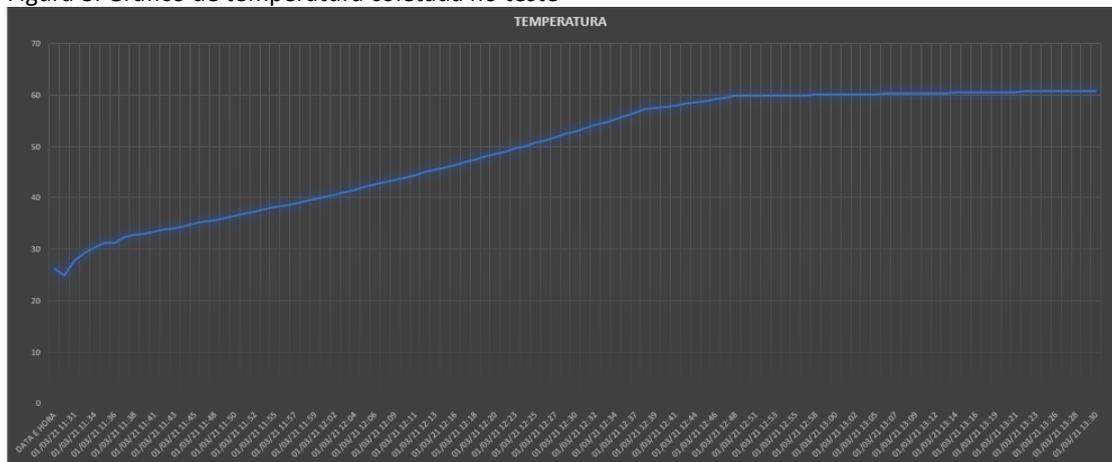
The main area displays a table with 16 rows of data. The columns are ID, DATA E HORA, MAQUINA, and TEMPERATURA. The data shows a steady increase in temperature over time for 'Maquina 1'.

ID	DATA E HORA	MAQUINA	TEMPERATURA
1	2021-03-20 12:30:44	Maquina 1	39.3066
2	2021-03-20 12:31:17	Maquina 1	39.5508
3	2021-03-20 12:31:50	Maquina 1	39.7949
4	2021-03-20 12:32:23	Maquina 1	39.7949
5	2021-03-20 12:32:57	Maquina 1	40.1611
6	2021-03-20 12:33:30	Maquina 1	40.1611
7	2021-03-20 12:34:03	Maquina 1	39.6729
8	2021-03-20 12:34:37	Maquina 1	40.1611
9	2021-03-20 12:35:10	Maquina 1	39.7949
10	2021-03-20 12:35:43	Maquina 1	39.5508
11	2021-03-20 12:36:16	Maquina 1	39.7949
12	2021-03-20 12:36:49	Maquina 1	40.2832
13	2021-03-20 12:37:22	Maquina 1	39.917
14	2021-03-20 12:37:55	Maquina 1	40.2832
15	2021-03-20 12:38:28	Maquina 1	40.4053
16	2021-03-20 12:39:01	Maquina 1	40.5273

Fonte: O Autor (2021)

Como o princípio básico de um banco de dados é armazenar e disponibilizar informações para consultas, também foi possível criar um dashboard simplificado para acompanhar a variação da temperatura por equipamento monitorado. As informações ficam armazenadas e posteriormente são transformadas em gráficos conforme figura 8.

Figura 8: Gráfico de temperatura coletada no teste



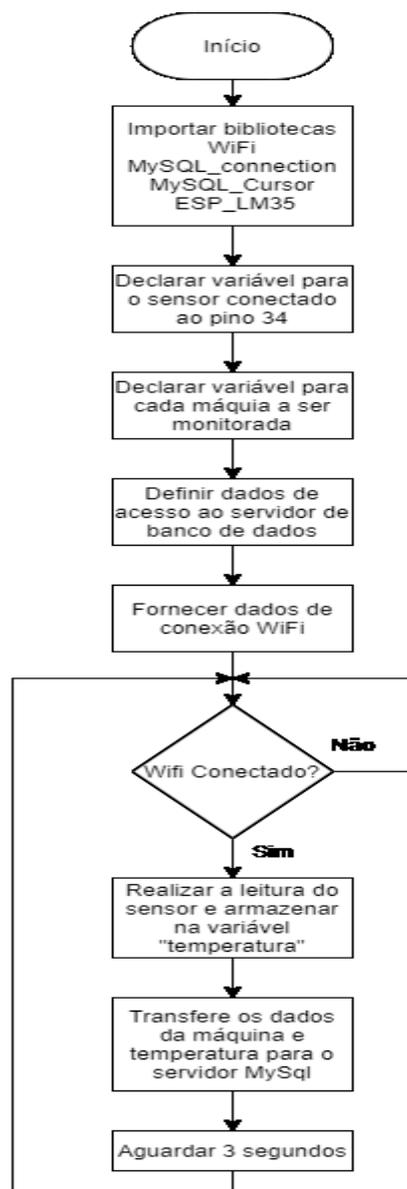
Fonte: O Autor (2021)

3.4 Integração

Após diversos testes no sensor, microcontrolador e servidor Mysql, foi realizado o programa integrando toda a aplicação descrita neste artigo. Salientando que o programa criado já prevê a expansão de quantidade de máquinas e sensores a serem monitorados, facilitando possíveis ampliações futuras.

A imagem abaixo ilustra o funcionamento final do código criado nesta etapa do projeto:

Figura 9: Funcionamento do projeto



Fonte: O Autor (2021)

O programa completo criado nesta etapa pode ser encontrado no Apêndice B

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto, a indústria 4.0 será uma revolução de inteligência e conectividade de diversas tecnologias já existentes. Cada vez mais os profissionais de automação e informática precisam obter conhecimentos multidisciplinares para criar e implementar as novas tecnologias dentro dessa nova etapa de evolução tecnológica

O desenvolvimento de projetos com IoT conseguem resultados muito significativos com custo relativamente baixo e cada vez mais são necessários conhecimentos multidisciplinares para lidar com as inovações. Foi preciso uma pesquisa dedicada para um programa simples de monitoramento de uma máquina, já que esta tarefa engloba desde uso de sensores eletrônicos até mesmo gerenciamento de servidores e estrutura de banco de dados. A área está em grade expansão e é muito importante que os profissionais voltem seus olhares para ela

Este projeto reuniu várias tecnologias simples, porém, quando estão reunidas estas tecnologias são muito poderosas. As informações que anteriormente eram acessíveis somente por especialistas agora estão disponíveis de maneira democrática a todos.

Em um futuro muito próximo, qualquer objeto que não possa ser conectado ou automatizado se tornará extremamente raro

Para trabalhos futuros, acredito que poderia ser implantado um sistema de *front-end* ou uma aplicação com intuitiva para interação com usuários. Dessa forma, a aplicação se tornaria mais rica e poderosa

5 REFERÊNCIAS

COZER, C. Tendências e o futuro da Internet das Coisas. **Whow Tecnologia**. 15 out. 2019. Disponível em: <https://www.whow.com.br/global-trends/tendencias-e-o-futuro-da-internet-das-coisas/>. Acesso em: 11 mar. 2021.

DB-ENGINES. **DB-Engines Ranking**. 2021. Disponível em: <https://db-engines.com/en/ranking>. Acesso em: 18 abr. 2021.

FILIPPO, G. **Motor de indução**. 2. ed. São Paulo: Editora Érica, 2013.

HOPPEN, J.; SANTOS, M. **O que é data analytics**. 26 mar. 2018. Disponível em: <https://www.aquare.la/o-que-e-data-analytics/>. Acesso em: 16 mar. 2021.

KOYANAGI, F. **ESP32: Detalhes internos e pinagem**. 2018. Disponível em: <https://www.fernandok.com/2018/03/esp32-detahes-internos-e-pinagem.html>. Acesso em: 29 ago. 2021.

MARQUES, K. **Manufatura aditiva: o futuro do mercado industrial de fabricação e inovação**. 17 out. 2014. Disponível em: https://eesc.usp.br/noticias/posts_s.php?guid=7556&termid=not_gerais. Acesso em: 28 ago. 2021.

MICROSOFT. **O que é computação em nuvem?**. 2021. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-cloud-computing/#benefits>. Acesso em: 28 ago. 2021.

MOREIRA, J. G. **Indústria 4.0: a Quarta Revolução Industrial**. Nova Friburgo: RfidBrasil, 2020.

MURTA, J. G. A. **Conhecendo o ESP32**. 3 nov. 2018. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/conhecendo-o-esp32-introducao-1/>. Acesso em: 25 ago. 2021.

ORACLE. **O que é Big Data?**. 2021. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/big-data/what-is-big-data/>. Acesso em: 28 ago. 2021.

PEIXOTO, I. **IoT como potencializador da Internet das Coisas**. 09 out. 2020. Disponível em: <https://www.virtueyes.com.br/post/34-nb-iot-como-potencializador-da-internet-das-coisas>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SACOMANO, J. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2018.

SANCHES, B. C.; CARVALHO, E. S.; GOMES, F. F. B. A Indústria 4.0 e suas contribuições à sustentabilidade. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada - UNG**, v2, n. 1, p. 48, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.33947/2595-6264-v2n1-3673>

SANTOS, S. **Introdução à IoT: desvendando a internet das coisas**. 1ª ed. Carolina do Sul, EUA: CreateSpace, 2019.

STEUER, J. Defining virtual reality: dimensions determining telepresence. **Journal of Communication**, v. 42, n. 4, p. 3–4, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00809.x>

TEXAS INSTRUMENTS. **LM35 - Product details**. 2017. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/gpn/lm35>. Acesso em: 28 ago. 2021.

TGSELEC. **LM35 Datasheet**. 2007. Disponível em: <https://www.alldatasheet.net/datasheet-pdf/pdf/1188696/TGS/LM35.html>. Acesso em: 23 maio. 2021.

6 AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus.

Agradeço ao meu orientador Esp. José Roberto dos Santos por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa e me auxiliar sempre que as dúvidas surgiam, não somente neste momento final, mas também durante os semestres que passaram durante o curso.

A todos os meus professores do curso de pós-graduação em indústria 4.0 da Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica pela excelência da qualidade técnica de cada um, as quais levarei como exemplo para minha carreira.

Aos meus pais Maria e Francisco que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

À minha esposa Thamires pela compreensão e paciência demonstrada durante o período do projeto.

Sobre os autores:

ⁱ **THIAGO LEITE DE ALMEIDA** (Aluno)



Possui graduação em Tecnologia Mecatrônica pela Faculdade Anhanguera de São Caetano do Sul (2012), cursando atualmente a Pós-graduação em Indústria 4.0 pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2021). Tem experiência na área de Automação, redes industriais, robótica, Sistemas e Controles Eletrônicos. É Instrutor de formação profissional na empresa Senai Armando de Arruda Pereira onde leciona disciplinas relativas à automação e controle em geral. CV: <http://lattes.cnpq.br/3807055152348797>

ⁱⁱ **JOSÉ ROBERTO DOS SANTOS** (Orientador)



Atualmente ministra aulas na pós-graduação de Indústria 4.0 e na graduação em Tecnologia em Mecatrônica na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, que fica no SENAI Armando de Arruda Pereira. Assessora também o Instituto SENAI de Tecnologia Metalmeccânica em projetos industriais com foco na Indústria 4.0. Durante 9 anos ministrou aulas pelo SENAI-SP, nos cursos de técnico em eletroeletrônica, cursos de aprendizagem industrial eletricitista de manutenção e mecânico de usinagem, além de Formação Inicial e Continuada (FIC) com cursos voltados a área de redes de computadores e programação, possui treinamento de Linux, cisco e Microsoft. Possui Pós-graduação na área de segurança da informação pela Uninove (2016), graduação em tecnologia da informação e bacharel em sistema da informação (2009), além de superior em Automação industrial. Tem experiência na área de Segurança da informação, administração de ambientes de redes Windows e Linux, automação indústria. CV: <http://lattes.cnpq.br/2495692420793433>

ⁱⁱⁱ **DANIEL OTÁVIO TAMBASCO BRUNO** (Banca)



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

iv DANIEL CAMUSSO (Banca)

Mestrando Profissional pela Universidade de Taubaté - UNITAU (previsão de término 2021). Pós-Graduado em Industria 4.0 pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (previsão de término 2021). Pós-Graduado em Engenharia Automobilística pela Faculdade de Engenharia Industrial - FEI (2000). Aperfeiçoamento em CAD/CAM/CAE pela Dassault Systemes em Paris - França. Graduado em Engenharia Mecânica Plena pela FEI (1996). Atualmente é docente no curso Técnico em Mecatrônica pela Escola SENAI Armando de Arruda Pereira. Foi docente do curso Superior "Tecnologia Mecatrônica Industrial" pela Faculdade SENAI e do curso de "Pós-Graduação em Projetos, Manufatura e Análise de Engenharia. Também docente do curso de especialização de CAD/CAE para Engenheiros de Países da América Latina (Convênio Brasil JICA Japan International Cooperation Agency). Participação no projeto Bleriot, um trabalho colaborativo entre Brasil, França e Índia e apresentado em 2009 na Feira Internacional de Aviação em Le Borget (França). Possui experiência como engenheiro na área de desenvolvimento de novos projetos para a indústria automobilística, utilizando o software CATIA e NX.

APÊNDICE A – Programa para Teste do sensor LM35

```
/*
 * Programa para testar sensor LM35 no ESP-32
 * Programa criado para artigo de conclusão de curso da Pós-graduação Indústria 4.0 Senai
 Armando Arruda Pereira
 * Criado por Thiago Leite de Almeida
 */

//inclusão de biblioteca para leitura do sensor
#include <ESP_LM35.h>

// declara o sensor no pino 34 do ESP32
ESP_LM35 sensor(34);

//Início do código
void setup
{

}

void loop()
{
  float temperatura;
  // comando que realiza a leitura do sensor em celsius e armazena na variável float
  temperatura
  temperatura = sensor.tempC();

  // exibe a temperatura no monitor serial da ide do arduino
  Serial.print("A temperatura atual na máquina é ");
  Serial.print(temperatura);
  Serial.println(" °C");
  Serial.println();

  delay(1000);
}
```

APÊNDICE B – Programa final da integração

```

/*
 * Programa para ESP-32
 * Para programa criado para artigo de conclusão de curso Pós-graduação Indústria 4.0 Senai
 Armando Arruda Pereira
 * Criado por Thiago Leite de Almeida
 */

//inclusão das bibliotecas
#include <WiFi.h>
#include <MySQL_Connection.h>
#include <MySQL_Cursor.h>
#include <ESP_LM35.h>

//declara o sensor no pino 34 do esp-32
ESP_LM35 sensor(34);

//Nome da máquina a ser monitorado sem qualquer acentuação, abraçado por aspas duplas
e simples EX. ""Maquina 1""
char MAQUINA[] = ""Maquina 1"";

IPAddress server_addr(192,168,0,12); // O IP DO SERVIDOR
char user[] = "esp32"; // Usuario configurado no servidor MySQL
char password[] = "esp32"; // Senha do servidor MySQL

char ssid[] = "Nome_rede"; // Nome de rede Wifi
char pass[] = "Senha_rede"; // Senha Wi-Fi

// caminho para inserção de dados no servidor
char INSERT_DATA[] = "INSERT INTO projeto_tcc.dados (MAQUINA, TEMPERATURA) VALUES
(%S,%f)";
// EXEMPLO ACIMA: "INSERT INTO nomedobanco.nometabela (coluna1, coluna2) VALUES
(%d,%d)";

WiFiClient client;
MySQL_Connection conn(&client);
MySQL_Cursor* cursor;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  VerificaWiFi();
}

void loop()
{

```

```

float temperatura;

temperatura = sensor.tempC(); // realiza a leitura da temperatura em °C e armazena na
variável
// exibe no monitor serial do arduino a temperatura lida
Serial.print("A temperatura atual na máquina é ");
Serial.print(temperatura);
Serial.println(" °C");

delay(100);

EnviaDados(temperatura); // chama a sub-rotina que envia dos dados para o servidor sql
delay(30000);
Serial.println(); // pula uma linha no monitor serial somente por questões estéticas
}
void EnviaDados(float temp) {

char query[128];
char temperatura[10];
VerificaWiFi(); //chama a rotina que conecta no wifi e aguarda a o sinal de conexão ok

delay(1000);

if (conn.connect(server_addr, 3306, user, password)) // se a conexão como servidor estiver
ok começa o envio dos dados
{

delay(1000);
MySQL_Cursor *cur_mem = new MySQL_Cursor(&conn);
dtostrf(temp, 1, 1, temperatura);
sprintf(query, INSERT_DATA, MAQUINA , temp);
// Executa o envio
cur_mem->execute(query);

delete cur_mem;
Serial.println(); Serial.println("Dados gravados no BD."); // dá um retorno que os dados
foram enviados
delay(100);
}
else
{
Serial.println(); Serial.println("Envio de dados Falhou."); // se der erro no envio avisa o
usuário
conn.close();
}
}

```

```
}  
  
void VerificaWiFi() // rotina que conecta e testa o wifi  
{  
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)  
  {  
    Serial.println("Sem conexão"); //  
    WiFi.disconnect();  
    delay(1000);  
    WiFi.begin(ssid, pass);  
    Serial.println("Conectando ao WiFi."); //  
  
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)  
    {  
      delay(1000);  
    }  
    Serial.println("Conectado a rede!"); //  
    Serial.print("O IP do ESP na rede local é ");  
    Serial.println(WiFi.localIP()); //  
  
    delay(500);  
  }  
}
```