



Gestão Inteligente de Estoque com IoT: Projeto e prática

Ynhaam Jameil Mazloun, Leandro Carlos Fernandes, André Luis de Oliveira

Faculdade de Computação e Informática
Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) – São Paulo, SP – Brazil

10408449@mackenzista.com.br

Abstract. *This work addresses the challenge of inadequate inventory management in commercial systems, focusing on businesses in the food sector, where we use IoT technology to optimize this process. This project proposes a solution to monitor stock levels in real-time and forecast demand based on sales history. The methodology employed was a bibliographic research combined with the development of a prototype using ultrasonic distance sensors, controlled by an EPS32, and integrated with a data analysis system. This project demonstrated that it is possible to enhance the inventory replenishment process while simultaneously contributing to sustainability.*

Resumo. *Este trabalho aborda o desafio da gestão inadequada de estoque nos sistemas comerciais, com foco nos comércios do setor alimentício, onde utilizamos o uso de tecnologia IoT para otimizar esse processo. Este projeto propõe uma solução para monitorar os níveis de estoque em tempo real e prever demandas com base no histórico de vendas. A metodologia utilizada foi a de pesquisa bibliográfica junto com o desenvolvimento de um protótipo utilizando sensores de distância ultrassônico, controlados por um EPS32, e integrados com um sistema de análise de dados. Este projeto demonstrou que é possível aprimorar o processo de reposição de estoque e contribuir para a sustentabilidade simultaneamente.*

1. Introdução

O gerenciamento inadequado de estoques é um problema frequente em diversos setores, resultando em acúmulos excessivos de produtos armazenados ou escassez de mercadorias em momentos críticos. Essas situações não apenas acarretam prejuízos financeiros significativos, mas também pode prejudicar toda uma cadeia produtiva, pois ao analisarmos o sistema como um todo, tanto o excesso quanto a falta geram danos irreversíveis para a economia e o planeta.

Historicamente, o controle de estoque era feito por sistemas de registros simples ou manualmente, o que resultava em uma visão limitada da demanda real e da necessidade de recursos disponíveis. Com o avanço das tecnologias, surgiram sistemas mais automatizados, mas a introdução da *IoT* trouxe uma nova dimensão, possibilitando um monitoramento em tempo real, com acompanhamento imediato e, também, a integração de dados em plataformas inteligentes.

Nos últimos anos, algumas soluções baseadas em *IoT* foram propostas para monitorar estoques em tempo real. O trabalho mais recente é “Gestão de estoque inteligente em mercados e supermercados”, abril de 2024, que está sendo desenvolvido pela *ASUS IoT* e integrados pela *Macnica DHW*. Esse trabalho tem o mesmo objetivo que o nosso, mas com foco na gestão de estoque de perecíveis, buscando fazer toda a detecção com câmeras para que o sistema seja mais eficiente. Apesar do trabalho deles ser mais preciso em relação a dados, o nosso foco é realizar o projeto com custo mais acessível, buscando atingir mercados locais para que consigam alavancar seus negócios e evitando assim que tenham prejuízos. De forma geral, essas soluções ainda enfrentam desafios e, podemos citar que o maior impacto é a falta de profissionais capacitados, juntamente com a adequação necessária na infraestrutura, custo geral do projeto e a falta de informações acerca dos dispositivos *IoT*.

As soluções atuais ainda não conseguem lidar de forma eficiente quando se trata de antecipar problemas logísticos. É importante destacar que, monitorar diariamente não é suficiente, também precisamos considerar o que devemos fazer com esses dados. Podemos mapear todo o histórico daquele comércio, localizando produtos com menor e maior procura, e se há aumento nas compras em períodos específicos, como estações do ano e feriados locais.

Este projeto propõe uma solução acessível e expansível baseada em *IoT*, que monitora não apenas os níveis de estoque em tempo real, mas também utiliza métodos de previsão de demandas para melhorar o processo de reabastecimento de forma proativa, contribuindo para um sistema logístico mais eficiente, sustentável e com uma industrialização inclusiva.

2. Materiais e métodos

Esse capítulo tem por finalidade descrever os materiais e métodos utilizados e aplicados nesse trabalho.

2.1. ESP32-WROOM-32

A ESP32 é um equipamento de baixo custo e baixo consumo de energia dentro de uma série de chips de microcontroladores com *Wi-Fi* e recursos *bluetooth*, e uma estrutura altamente integradora em um único microprocessador, para uma ampla variedade de aplicações. (ESPRESSIF, 2019).

O ESP32 foi projetado especificamente para aplicações de *IoT*, sendo capaz de operar em modo de baixo consumo de energia, ativando-se apenas em intervalos ou sob condições predefinidas. A série ESP32 utiliza o microprocessador *Tensilica Xtensa LX6*, disponível em versões *dual-core* e *single-core*, e vem equipada com componentes como antena integrada, *balun* de RF, amplificador de potência, receptor com amplificação de baixo ruído, filtros e gerenciamento de energia. (ESPRESSIF, 2019).

NodeMCU-32S

PINOUT

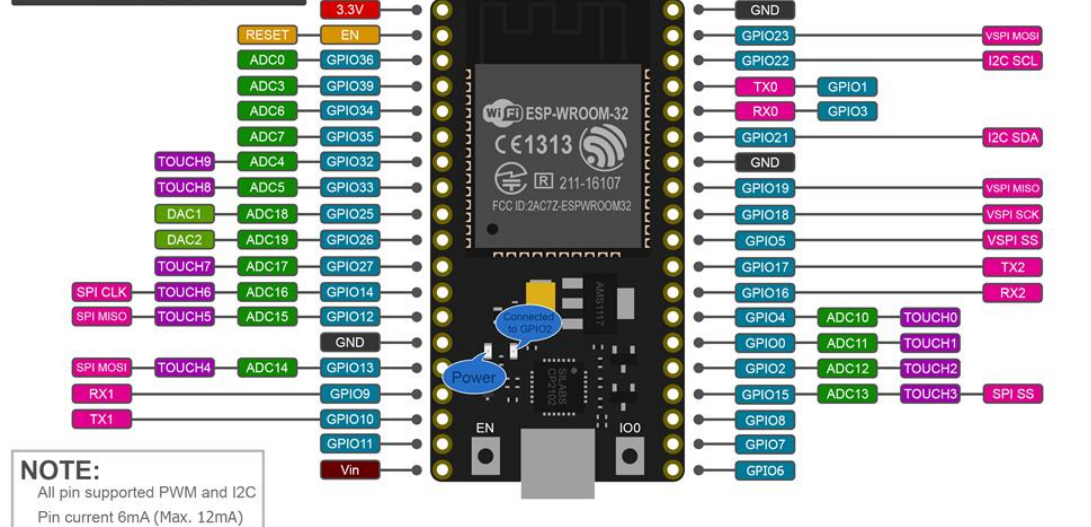


Figura 1 - ESP32-WROOM-32.

Fonte: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

A justificativa de escolha para o projeto se deve ao fato do ESP32 oferecer conectividade sem fio e suporte a MQTT, essencial para a comunicação IoT, e seu baixíssimo consumo de energia e valor do módulo no mercado.

2.2. Módulo Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04

Um sensor é um dispositivo capaz de detectar alterações em grandezas físicas, como luz, calor ou movimento, convertendo essas variações em informações mensuráveis, como temperatura, pressão, velocidade, corrente, entre outras.

Um sensor de distância ultrassônico é um dispositivo eletrônico utilizado para medir distâncias com precisão. Ele funciona emitindo ondas ultrassônicas e medindo o tempo que leva para essas ondas refletirem de volta após atingir um objeto.

Em nosso projeto, buscamos um que fizesse sentido com aquilo proposto, e o sensor ultrassônico é exatamente o que buscamos, mas precisamente, o sensor HC-SR04, pois além de ser um dispositivo para medição ultrassônica bastante utilizado em equipamentos eletromecânicos, ele tem um valor acessível, respeitando um dos objetivos do projeto. Além disso, ele consegue detectar o nível de estoque, enviando informações em tempo real.

O Sensor Ultrassônico de Distância HC-SR04 permite medir distâncias que variam de 2 cm a 4 metros com boa precisão e a um custo acessível. Esse módulo já vem com um circuito integrado que inclui emissor e receptor, além de possuir quatro pinos (*VCC*, *Trigger*, *ECHO* e *GND*) para realizar as medições. Para seu funcionamento, é preciso fornecer energia ao módulo e colocar o pino *Trigger* em nível alto por mais de 10 microsegundos. O sensor emitirá uma onda sonora, que refletirá ao encontrar um obstáculo e retornará ao receptor. Durante esse intervalo de tempo, o pino *ECHO*

permanecerá em nível alto, possibilitando o cálculo da distância com base no tempo que o pino *ECHO* ficou em nível alto após o acionamento do *Trigger*.

$$\text{Distância} = [\text{Tempo ECHO em nível alto} * \text{Velocidade do Som}] / 2$$

A velocidade do som poder ser considerada idealmente igual a 340 m/s, logo o resultado é obtido em metros se considerado o tempo em segundos. Na fórmula, a divisão por 2 deve-se ao fato de que a onda é enviada e rebatida, ou seja, ela percorre 2 vezes a distância procurada.



Figura 2 - Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04.

Fonte: <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/1132204/ETC2/HCSR04/110/1/HCSR04.html>



Figura 3 - Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04.

Fonte: <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/1132204/ETC2/HCSR04/110/1/HCSR04.html>

2.3. Módulo Led 8mm tipo Semáforo

O LED (*Light Emitting Diode* - Diodo Emissor de Luz), é um dispositivo eletrônico capaz de emitir luz visível através da transformação da energia elétrica em energia luminosa. Os LEDs estão disponíveis em todos os tipos de cores e níveis de luminosidade, incluindo até mesmo ultravioleta e infravermelho. O LED será o atuador do nosso projeto.

O terminal mais comprido é o ânodo (positivo) e deve ser conectado à alimentação positiva e o terminal chanfrado é o cátodo (negativo) e deve ser ligado ao terra.



Figura 4 – LEDs.

Fonte: <https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/esp32/conhecendo-a-placa-wifi-lora-esp32-433mhz-868mhz-915mhz>

O LED será o atuador do nosso projeto, com o objetivo de notificar visualmente a necessidade de verificação do estoque. Além do aplicativo, que será de fácil utilização para os funcionários, utilizaremos o LED para proporcionar uma indicação visual clara da situação do estoque.

Para o projeto, optamos pelo uso do Módulo LED 8mm Tipo Semáforo, que é composto por três LEDs nas cores verde, amarela e vermelha. A disposição dos LEDs no módulo simula um semáforo, o que permite criar soluções visuais práticas e intuitivas. Cada cor terá uma função específica: o verde indicará que o estoque está em um nível adequado, o amarelo avisará que o estoque chegou à metade e requer atenção, e o vermelho sinalizará urgência, indicando a necessidade imediata de reposição.

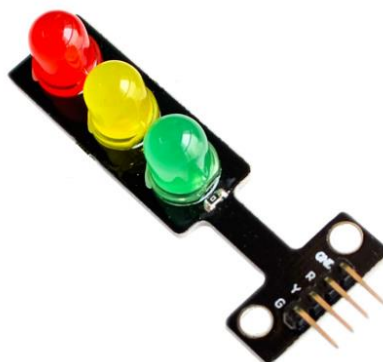


Figura 5 - LED Tipo Semáforo

Fonte: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-modulo-led-8mm-tipo-semaforo>

A escolha desse atuador foi motivada por vários fatores. Embora seu custo seja um pouco mais elevado em comparação à compra de três LEDs individuais, ele simplifica o projeto, substituindo várias conexões e reduzindo a quantidade de fios. Isso facilita a montagem, melhora a estética do sistema e oferece uma solução mais minimalista e organizada.

2.4. Protocolo de Comunicação: MQTT

O MQTT (do inglês: *Message Queue Telemetry Transport*) é um protocolo projetado para dispositivos extremamente limitados e utiliza a estratégia de publish/subscribe para transferir mensagens (SANTOS et al., 2016). O objetivo do MQTT é minimizar o uso de largura de banda da rede e recursos dos dispositivos. Além disso, o MQTT provê mecanismos para a garantia de entrega de mensagens utilizando a rede da arquitetura TCP/IP (SANTOS et al., 2016).

O cabeçalho do protocolo MQTT pode ter tamanho fixo (dois *bytes*) ou variável. O protocolo tem três componentes básicos: o *subscriber*, o *publisher* e o *broker*, em que inicialmente os dispositivos (*subscriber*) se registram no *broker*, que avisa para eles, caso algum outro dispositivo (*publishers*) publique informações naquela subscrição. Neste caso os objetos inteligentes são os dispositivos que publicam informação (*publishers*), e o *broker* transmite essa informação para qualquer outro dispositivo que esteja como *subscriber*. Observamos isso na Figura 4.

O MQTT será utilizado para enviar os dados coletados pelo sensor, que está conectado ao ESP32, para um servidor local da mesma rede WiFi. Esse protocolo é eficiente e leve, tornando-o ideal para aplicações *IoT* que operam em ambientes com limitações de recursos ou redes instáveis. O ESP32 vai transmitir as informações do sensor em intervalos regulares ou quando certas condições forem atingidas. Como o MQTT tem baixa latência, ele permite o envio dos dados em tempo real, garantindo um monitoramento rápido e constante.

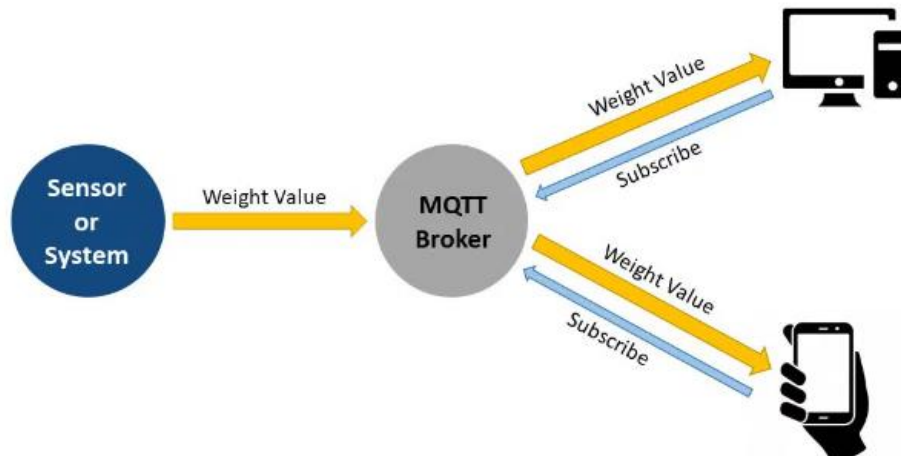


Figura 6 – MQTT

Fonte: <https://www.systecnet.com/en/products/software/mqtt.html>

2.5. Node-RED

O Node-RED é uma ferramenta para a criação de aplicações IoT. Sua abordagem, baseada em programação baseada em fluxo, simplifica o desenvolvimento das aplicações “ligando” blocos de código para executar tarefas.

Além disso, é uma ferramenta de programação, uma plataforma de execução criada sobre o Node.JS. Utilizamos o editor de fluxos (*flow* editor) para criar aplicações que se comunicam com dispositivos para IoT, webservices, serviços em nuvem e muitas outras aplicações.

Para o nosso projeto, ele é essencial para receber as informações e trabalharmos com dados, onde podemos transformá-los em *dashboards* gerados pela própria ferramenta.

2.6. Plataforma de Prototipagem Eletrônica

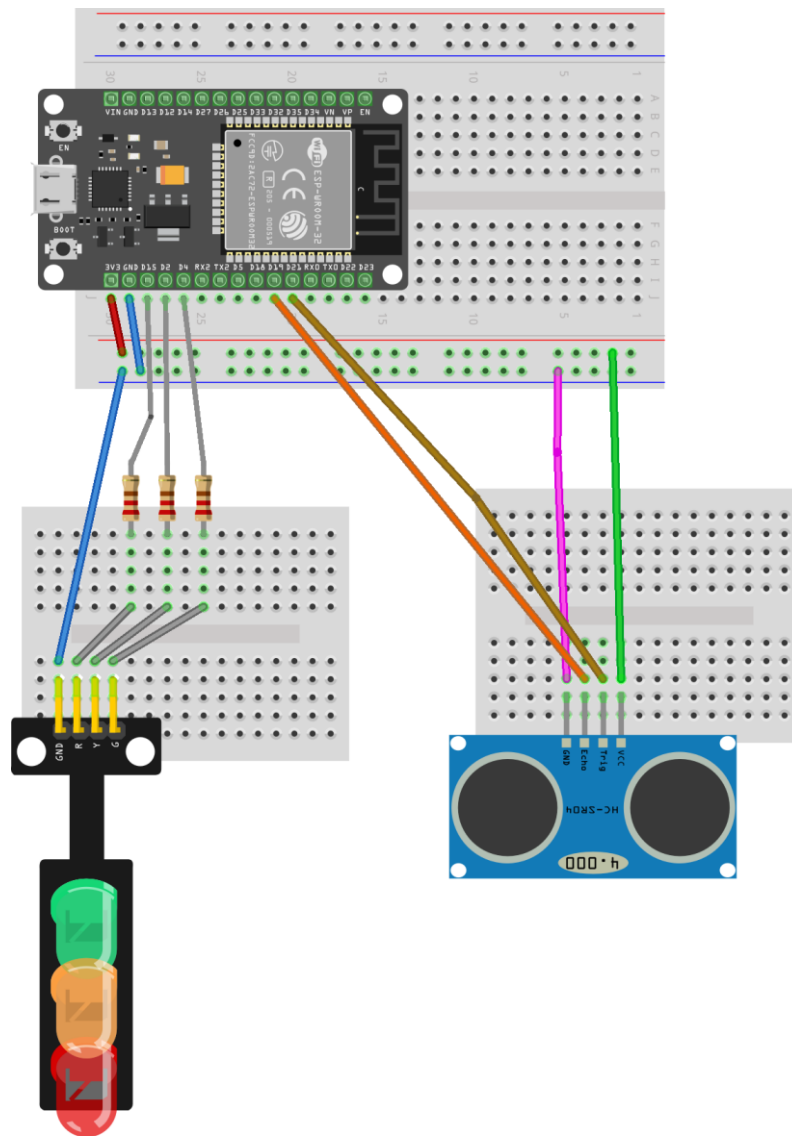
A plataforma escolhida para este projeto é o Arduino (modelos Uno, Mega ou Nano), disponível em: <https://www.arduino.cc/>, juntamente com o protocolo Firmata ESP32, disponível no repositório principal deste projeto. Optamos pela IDE do Arduino devido à recomendação do professor e ao material de apoio fornecido na disciplina, além da praticidade que a plataforma oferece. Outro fator decisivo foi a facilidade para baixar drivers e gerenciadores de placas, tornando o desenvolvimento mais ágil e acessível.

2.7. Funcionamento

O projeto é um sistema de monitoramento de estoque que utiliza um sensor, HC-SR04, para detectar o nível de estoque em tempo real. Os dados coletados pelo sensor são processados pela placa ESP32, que com base nos valores obtidos, ativa os LEDs de diferentes cores para indicar o status atual do estoque. Cada LED tem uma representação conforme os valores lidos, onde: verde indica que o estoque está em um nível adequado, amarelo sinaliza que o estoque está na metade e requer atenção, e vermelho indica que o estoque está baixo e a reposição é necessária. Além disso, a ESP32 envia essas informações para um aplicativo que permite o monitoramento remoto.

- A. Leitura do sensor: O HC-SR04 mede o nível de estoque continuamente ou em intervalos programados. Isso, quem decidirá, será o próprio usuário do sistema, onde poderão decidir de acordo com o fluxo do estabelecimento. Como ele é um sensor ultrassônico, ele calculará a distância até o topo do estoque para determinar a quantidade restante.
- B. Processamento pela ESP32: A placa ESP32 recebe os dados do sensor e analisa os níveis para determinar o status do estoque.
- C. Ativação dos LEDs: Com base no valor lido pelo sensor, a ESP32 aciona os LEDs:
 - Verde: indica que o estoque está em um nível adequado, acima de 50%.
 - Amarelo: sinaliza que o estoque está na metade e requer atenção, entre 49% a 21%.
 - Vermelho: indica que o estoque está baixo e a reposição é necessária, abaixo de -20%.

- D. Envio de dados para o aplicativo: Os dados de *status* do estoque são transmitidos pela ESP32 via protocolo MQTT para um servidor, que os encaminha para o aplicativo de monitoramento.
- E. Visualização no aplicativo: No aplicativo, o usuário pode visualizar o status do estoque em tempo real e receber alertas caso o nível de estoque esteja crítico.



fritzing

Figura 7 – Protótipo do Projeto.
Fonte: Elaborado pela autora.

2.8. Fluxograma

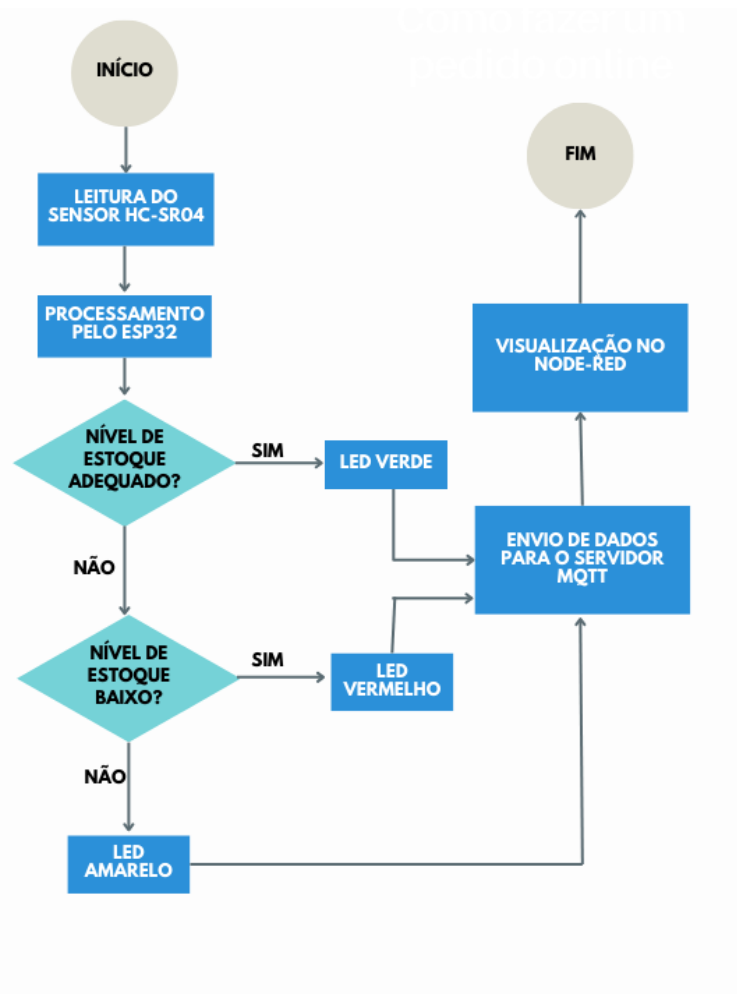


Figura 8 – Fluxograma feito pelo Canva.
Fonte: Elaborado pela autora.

3. Resultados

O protótipo desenvolvido foi capaz de monitorar o nível de estoque em tempo real, utilizando o sensor de distância ultrassônico HC-SR04 integrado ao ESP32. As informações coletadas pelo sensor foram processadas e utilizadas para acionar os LEDs (verde, amarelo e vermelho) com base nos limites pré-definidos para o estoque.

3.1. Integração com o Node-RED

Os dados processados pelo ESP32 foram transmitidos via protocolo MQTT para a ferramenta Node-RED, que exibiu as notificações em tempo real. O sistema foi testado em diferentes condições e demonstrou eficácia em manter os usuários informados sobre o nível do estoque.

3.2. Eficiência no Controle de Estoque

O uso do LED tipo semáforo simplificou a montagem e melhorou a clareza visual, deixando o ambiente mais limpo. Durante os testes, foi possível verificar que o sistema notificou corretamente os níveis de estoque.

Sobre o sensor ultrassônico, demonstrou grande firmeza nos dados, realizando todo o controle de nível do estoque. Porém, acredito que seria importante adicionar mais de um sensor para ter informações mais precisas.

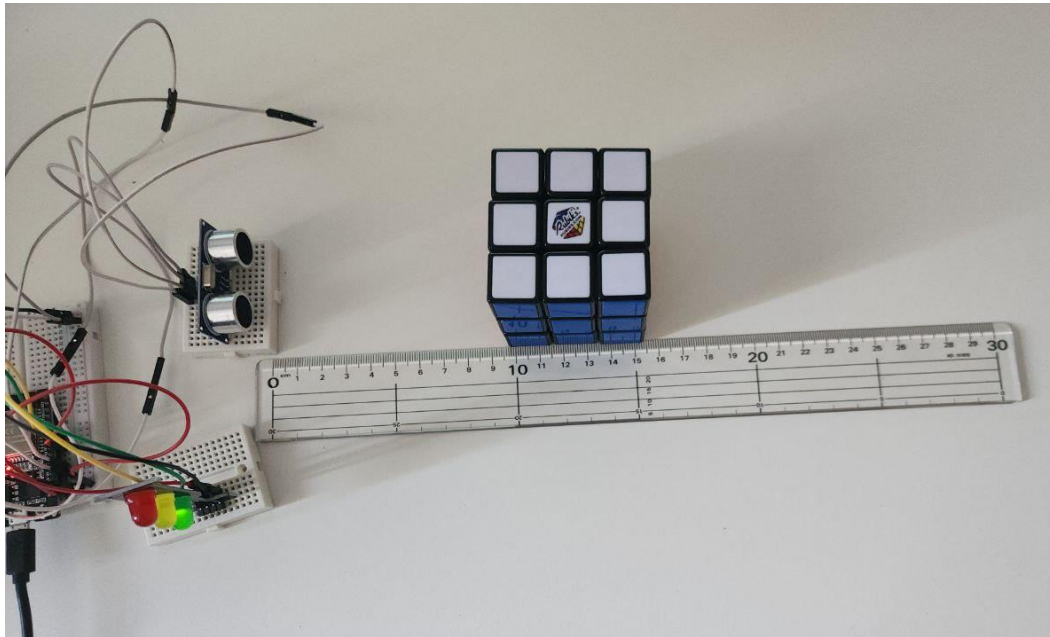


Figura 9 – Mostragem do sensor funcionando para LED Verde.
Fonte: Elaborado pela autora.

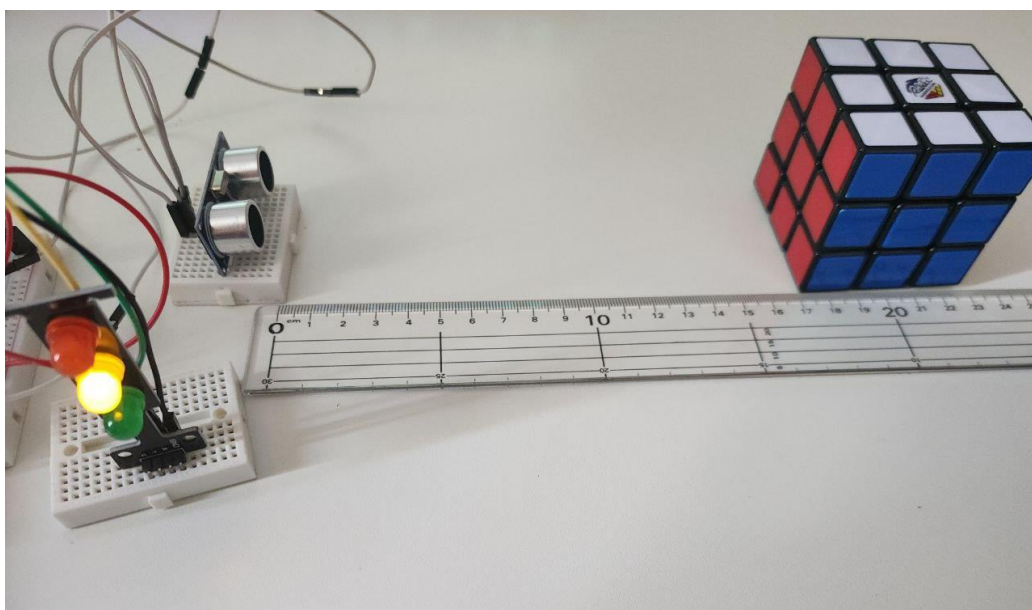


Figura 10 - Mostragem do sensor funcionando para LED Amarelo.
Fonte: Elaborado pela autora.



Figura 11 - Mostragem do sensor funcionando para LED Vermelho.
Fonte: Elaborado pela autora.

3.3. Principais Problemas Enfrentados

Durante o desenvolvimento do protótipo, alguns desafios surgiram, exigindo adaptações. Em uma das etapas iniciais, um resistor foi danificado devido à falta de atenção durante a montagem do circuito. Por conta disso, optei realizar o protótipo sem o resistor. Outra questão, é que durante os testes, notei que o uso de apenas um sensor ultrassônico apresentava limitações em situações de estoques irregulares ou superfícies inclinadas. Isso gerava leituras inconsistentes, dificultando a avaliação precisa do nível de estoque. Desse modo, acabei utilizando nos exemplos livros, para mostrar o objetivo central do projeto.

3.4. Tabela Tempo de Resposta

Antes de começar os testes, o valor estava em 75% e o LED está verde. Observa-se na tabela abaixo que todos se aproximam da média de um segundo, pois é o que programei como tempo de frequência de atualização.

Núm. Medida	Sensor/atuador	Tempo de resposta
1	63%/LED Verde	0,9 segundos
2	15%/LED Vermelho	1,5 segundos
3	47%/Led Amarelo	1 segundo
4	4%/LED Vermelho	0,6 segundos

3.5. Vídeo-demonstração e Repositório

Para o vídeo-demonstração, utilizei livros físicos para maior precisão, conforme dito no tópico “3.3 Principais Problemas Enfrentados”.

Link para o vídeo: <https://youtu.be/eSdkJ8W7bvk>

Link para o repositório: <https://github.com/ynhaam/objetosinteligentes/tree/main>

4. Conclusão

Os objetivos propostos no início deste projeto foram, em grande parte, alcançados com sucesso. O sistema desenvolvido conseguiu monitorar de forma eficiente o nível de estoque em tempo real, utilizando sensor ultrassônico integrado à ESP32 para coletar dados e acionando os LEDs com base nos níveis identificados. A comunicação com a ferramenta Node-RED via protocolo MQTT também foi implementada, proporcionando uma solução prática e acessível para otimizar a gestão de estoques.

Entre os benefícios do sistema, o que mais se destacou, foi a facilidade de seu uso, eficiência na apuração de dados na necessidade de reposição de estoque e o baixo custo comparado a outras soluções disponíveis no mercado. Além disso, a utilização de LEDs coloridos como atuadores oferece uma resposta visual de forma imediata, facilitando a interpretação de todos os usuários do sistema.

No entanto, algumas desvantagens foram identificadas durante o decorrer do projeto. O fato de ter um único sensor no início do projeto, mostrou que pode não ser o suficiente em determinadas condições. Embora isso não tenha afetado o resultado final, pois ainda realizei o projeto de forma a obter o resultado esperado e com sucesso, ainda existem possíveis desafios relacionados à dificuldade de processar um lugar maior, como em estoques mais complexos.

Para um projeto futuro, penso em criar um aplicativo de fácil acesso a funcionários, com uma interface dinâmica e com relatórios mais precisos. Afinal, o que mais é consumido em épocas específicas? Ou o que sempre é consumido independente do momento? Esse tipo de banco poderá auxiliar o funcionamento de estoque para pequenos empreendedores. E, penso também, em utilizar uma bateria externa ou um carregador portátil para manter o funcionamento do projeto, visto que em falta de energia, o sistema não funcionaria.

Em resumo, o projeto apresentou uma solução funcional para o problema, mas também revelou oportunidades para expansão e melhoramentos. O aprendizado adquirido durante o desenvolvimento foi valioso!

5. Referências

BARRÍA, C. 'Nunca vi algo assim': a escassez global de produtos que ameaça o mundo e o seu bolso. BBC News Brasil. São Paulo, 16 ago. 2021. Disponível em:. Acesso em: 05 set. 2024.

BETHÔNICO, T. Estoques estão lotados pelo mundo e viram problema diante da demanda fraca. *Folha de São Paulo*. São Paulo, 16 jul. 2022. Disponível em:

- <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/07/estoques-estao-lotados-pelo-mundo-e-viram-problema-diante-da-demanda-fraca.shtml>. Acesso em: 05 set. 2024.
- SINCLAIR, Bruce. Como usar a internet das coisas para alavancar seus negócios. Grupo Autêntica, 2018.
- MIRANDA, C. Gestão de estoque inteligente em mercados e supermercados. *Macnica DHW*. São Paulo, 15 abr. 2024. Disponível em:
<https://blog.macnicadhw.com.br/iot/gestao-estoque-supermercados-solucao-inteligente/>. Acesso em: 06 set. 2024.
- NOVAES, A. G. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação. Campus, Ed. 3a. Rio de Janeiro, 2007.
- MAIER, A.; SHARP, A.; VAGAPOV, Y. Comparative analysis and practical implementation of the esp32 microcontroller module for the internet of things. *IEEE. Internet Technologies and Applications (ITA)*., 2017.
- ESPRESSIF, Datasheet ESP32. Disponível em: https://octopart.com/pt/datasheet/esp32-wroom-32u-espressif+systems-89180214?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwxsm3BhDrARIsAMtVz6O9v7rRFQOsxWEQf6iENINcaPRcE6Jo7FLF--oYgmuzWI7ToNQU6IQaAuUdEALw_wcB. Acesso em: 23 set. 2024.
- BASSO, L. H. Utilização da energia solar em sistemas de aquecimento de água residencial. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Paraná, 2008. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/2751/1/LUIZ%20HENRIQUE%20BASSO.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.
- NAKATANI A.; GUIMARAES A.; NETO V. Medicação com sensor ultrassônico HC-SR04. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, 2013. Acesso em: 23 set. 2024.
- MORERIA F.; NASCIMENTO G. Proposta de um Sistema Controlador de Demanda Industrial Obaseado em IoT. Disponível em: https://biblioteca.inatel.br/cict/acervo%20publico/sumarios/Artigos%20de%20TCC/TCC_Gradua%C3%A7%C3%A3o/Engenharia%20de%20Controle%20e%20Automa%C3%A7%C3%A3o/2020/TCC_Proposta%20de%20um%20Sistema%20Controlador%20de%20Demanda.pdf. Acesso em: 24 set. 2024.
- FERREIRA T. MQTT com ESP32. Crescer Indústria de Automoção. São Paulo, 28 ago. 2023. Disponível em: <https://www.crescerengenharia.com/post/mqtt-esp32>. Acesso em: 24 set. 2024.
- OLIVEIRA, E. Como usar com Arduino – Módulo LED 8mm Tipo Semáforo. Master Wlaker Shop. São Paulo, 20 set. 2021. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-modulo-led-8mm-tipo-semaforo>. Acesso em: 14 out. 2024.
- TOLEDO, H.; MACHADO R.; RAMOS L. Tutorial Conhecendo o Fritzing (parte 1). EADuino. Disponível em: <https://www.eaduino.com.br/wp-content/uploads/downloads/2013/07/2013-Conhecendo-o-Fritzing-parte-I.pdf>. Acesso em: 22 out. 2024.

DOCUMENTATION: Node-RED. OpenJS Foundation, [s.d.]. Disponível em: <https://nodered.org/docs/>. Acesso em: 17 nov. 2024.

FRAMEWORK ARDUINO FIRMATA: Arduino_FirmataProgramando o ESP32 para receber comandos via serial. Disponível em: <https://rubyembarcados.netlify.app/connectionesp32>. Acesso em: 18 nov.

CANVA. Ferramenta utilizada para montar o Fluxograma (Figura 8). Disponível em: <https://www.canva.com/>. Acesso em: 19 nov. 2024.

CAPCUT. Ferramenta para edição de vídeo. Disponível em: <https://www.capcut.com/pt-br/>