



Categoria  
**Projetos de instalações**

**Dispositivo IoT para detecção de monóxido de carbono (CO) e temperatura no ambiente de cocção com uso de GLP ou GN**

## **AUTORES**

### **4M Engenharia**

Cristian Monteiro Macedo, [diretoria@4msengenharia.com](mailto:diretoria@4msengenharia.com), (85) 9 9634-7238

### **MAZALI - *Engineering and Technologies***

Luciana Oliveira Pimentel, [202002177608@alunos.estacio.br](mailto:202002177608@alunos.estacio.br), (85) 3103-0002

Marcos Camargo Lima Filho, [m289354@dac.unicamp.br](mailto:m289354@dac.unicamp.br), (85) 98827-7788

## SUMÁRIO

1. Histórico das empresas.....	03
1.1 4M Engenharia.....	03
1.2 MAZALI - <i>Engineering and Technologies</i> .....	03
2. Oportunidades.....	04
2.1 Objetivos.....	04
2.2 Metas.....	04
2.3 Estratégia.....	04
3. Métodos e Desenvolvimento.....	05
3.1 Métodos.....	05
3.2 Desenvolvimento.....	05
4. Resultados.....	09
5. Conclusão.....	11
5. Referências.....	11

## 1. RESUMO SOBRE AS EMPRESAS / AUTORES

### 1.1 4M Engenharia

Fundada com foco na prestação de serviço de inspeções mecânicas e elétricas, projetos, laudos, atividades de responsabilidade técnica conforme normas NR-10, NR-12, NR-13, NR-18, NR-20 e NR-35, além de manutenções preventivas e corretivas de equipamentos GLP e da construção civil.

Desenvolve projetos e montagens de centrais GLP com recipientes transportáveis abastecidos no local e com tanques estacionários horizontais e verticais, além de equipamentos relacionados.

Opera com locações de equipamentos diversos para construção, execução de montagem de andaimes fachadeiros, andaimes suspensos, montagem de proteções coletivas e Linha de Vida. Conta com um corpo técnico de Engenheiros Mecânicos, Engenheiros Eletricistas, Engenheiros de Segurança do Trabalho, Técnicos e Montadores capacitados e qualificados.

Representada, no evento 2024 do prêmio GLP, pelo Engenheiro Mecânico e de Segurança do Trabalho, Cristian Monteiro Macedo. Possui mais de 10 anos de experiência no ramo industrial com montagens e manutenção, tendo prestado serviço para grandes empresas distribuidoras de GLP.

### 1.2 MAZALI - *Engineering and Technologies*

Startup iniciando no desenvolvimento de soluções para indústria GLP, fundada pelos Eng. Marcos Camargo e a Arquiteta Luciana Pimentel com apoio da 4M Engenharia, essa futura empresa espera trazer soluções de fácil aplicação com baixo custo de investimento e que tratem do desenvolvimento na linha *OpenSource* com colaboração dos especialistas da área. Principal meta é a difusão do conhecimento relacionado a Projeto, instalação e segurança no GLP.

Luciana Pimentel é gestora na área de nutrição hospitalar e arquiteta tendo grande entusiasmo por novas tecnologias e aplicações, vem somar ao time com sua experiência em gestão e na elaboração de projetos.

Marcos Camargo por cerca de 8 anos atuou como profissional ligado diretamente a duas das maiores empresa de distribuição de GLP no Brasil, atuando na área granel com foco em procedimentos, aplicações, projetos, inspeções, montagens, manutenções e treinamentos. Formado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Ceara (UFC), também Engenheiro de Segurança do Trabalho com especialização em Engenharia de Manutenção Industrial e Engenharia de Automação e IoT, mestre em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Ceara (UECE) e atualmente aluno de doutorado pela Universidade de Campinas (Unicamp) no programa de Engenharia Mecânica.

## 2. OPORTUNIDADES

No mercado brasileiro de GLP a granel, ainda é incomum a utilização de sistemas de monitoramento em instalações menores, como as de comércio e serviço, especialmente em cozinhas com grande circulação de pessoas. A baixa adoção desses sistemas se deve à equivocada ausência de obrigatoriedade normativa, diferentemente de outros países, onde detectores de monóxido, gás e outros são exigidos até mesmo em residências. Este projeto oferece a oportunidade de divulgar essa alternativa, com foco em um dispositivo de baixo custo e fácil implementação. A proposta visa melhorar a qualidade das instalações de cocção e aumentar a segurança operacional, em conformidade com os parâmetros do Anexo 11 da NR15.

### 2.1 Objetivos

- Criar um dispositivo IoT (Internet das Coisas ou *Internet of Things*) que permita as instalações de cozinhas que utilizem GLP ou GN como combustível possa ter uma maior segurança;
- Desenvolver um algoritmo que seja capaz de monitorar o ambiente da cozinha com relação ao ppm de monóxido de carbono e temperatura;
- Especificar o conjunto de hardware e software simplificado a ser aplicado no dispositivo;
- Possibilitar a comunicação Wi-Fi do dispositivo com a rede local, eliminando nesse projeto a necessidade de uso de sim card (chip);
- Permitir o monitoramento contínuo sem necessidade de intervenção.

### 2.2 Metas

Atingir de forma positiva os objetivos de melhorar a condição de instalação GLP/GN ofertada pelas distribuidoras aumentando as condições de segurança em cozinhas comerciais e de serviço por meio da implementação de um dispositivo de monitoramento contínuo, capaz de detectar riscos como monóxido de carbono e variações críticas de temperatura. Espera-se reduzir a exposição a condições insalubres, diminuir o risco de acidentes operacionais e elevar o padrão de conformidade com as normas de segurança, proporcionando uma solução acessível e eficiente para o mercado de GLP no Brasil.

### 2.3 Estratégia

O desenvolvimento da proposta de solução IoT de baixo custo visando a facilidade de implementação na integração em cozinhas existentes. O projeto se concentrará na criação do algoritmo de monitoramento em tempo real, com comunicação Wi-Fi, sem a necessidade de intervenções frequentes.

## 3. MÉTODOS E DESENVOLVIMENTO

### 3.1 Métodos

Adotou-se uma abordagem que envolveu a criação de um protótipo piloto, juntamente com a elaboração de um algoritmo em linguagem C++. Esse algoritmo é o responsável pelo processamento dos dados obtidos pelos sensores de monóxido de carbono (CO) e Temperatura (°C).

Conforme estipulado pela NR-15 (Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho), Anexo 11, o limite de tolerância para exposição ao monóxido de carbono (CO) é de 39 ppm, com um valor máximo de 43 ppm, o que significa que esse valor não pode ser ultrapassado em nenhum momento durante a jornada de trabalho. O dispositivo, protótipo IoT, visa o monitoramento de monóxido de carbono sendo projetado para realizar leituras em uma faixa a partir de 10 ppm, buscando uma possibilidade eficaz na identificação de situações de risco e o potencial perigo de operações em ambientes que possam levar à exposição excessiva ao gás CO que é tóxico, conforme previsto na legislação.

### 3.2 Desenvolvimento

O desenvolvimento deste projeto envolve a aplicação de diversas ferramentas eletrônicas, elétricas e mecânicas, que vão desde dispositivos tecnológicos modernos, como notebooks e smartphones, até equipamentos tradicionais, como furadeiras, micro retíficas e multímetros. Também são utilizadas técnicas de soldagem com estanho em componentes eletrônicos, além de instrumentos como ferros de solda, sugadores, sopradores de ar quente. Componentes eletrônicos variados, como módulos, placas, fontes externas, também fazem parte dos recursos que podem ser empregados.

Os softwares desempenham um papel crucial no desenvolvimento, destacando-se o uso da IDE (Ambientes de Desenvolvimento Integrado, em inglês) como o modelo mais conhecido em protótipos IoT que é o Arduino, além de outros softwares como *Rhinoceros 3D* e *Slicerprint* para desenhos, e o *Visual Studio Code* que contribuem significativamente para a funcionalidade desse projeto.

A solução proposta baseia-se em uma comunicação via Wi-Fi integrada à rede local do cliente da distribuidora de GLP, funcionando de forma similar a um dispositivo móvel conectado ao roteador de internet local. No protótipo pode-se utilizar o recurso de impressão 3D com filamentos de PETG e PLA, além de componentes eletrônicos diversos como circuitos integrados, placa controladora e sensores.

O PETG, utilizado na impressão 3D, é obtido pela copolimerização do PET, onde o ciclohexano dimetanol (CHDM) que substitui o etilenoglicol, resultando em uma estrutura molecular mais longa que impede a cristalização durante a aplicação de esforço no material e reduz o ponto de fusão, tornando-o ideal para peças que exigem alta resistência e facilidade de termoformagem ou extrusão. Devido à sua estabilidade térmica e facilidade de extrusão, o PETG e outros derivados do PET estão cada vez mais presentes na impressão 3D, conforme citado no portal <http://pt.insta3dm.com>. Também é comumente utilizado o PLA (Ácido Polilático).

Abaixo o design inicial foi desenvolvido com o auxílio do software Rhinoceros 3D para o dispositivo de monitoramento IoT.



Figura 1 – Protótipo dispositivo IoT em desenho 3D

Para o dispositivo definido como IoT (internet das coisas) que realize o monitoramento do espaço da cozinha, espaços específicos para cocção, se faz necessário determinar os elementos desse conjunto tecnológico.

Sensoriamento	Comunicação	Hardware	Software	Sistema Operacional
Sensor de monóxido de carbono e de temperatura com RH %	Wi-Fi	ESP ou Arduino	Programação em C++	Visualização por App e/ou no navegador por http

Tabela 1 - Elementos do dispositivo

Após a definição dos elementos e elaboração da concepção do conjunto em 3D, realizou-se a impressão 3D por extrusão de filamento, a fim de testar os encaixes e possibilidade de materiais para o modelo de protótipo, sendo confeccionado sensores em PLA premium e PETG.

Buscando obter um dispositivo de baixo custo e que possa ser replicado em qualquer lugar, foram utilizados equipamentos mais simplificados como a impressora 3D de filamento que pode imprimir com qualidade o case para a placa e sensores sendo executado em menos de 45 min de impressão.



Figura 2 – Impressora 3D Ender / Modelo para filamento PLA e PETG

O roteador do estabelecimento conecta-se à internet que abre possibilidade de acesso aos dados pelos usuários do sistema de qualquer lugar via portal Web. Pela praticidade de uso, difusão a nível mundial, tendo baixo custo e Wi-Fi embarcado, optou-se pelo uso da placa controladora ESP8266 da fabricante chinesa Espressif.

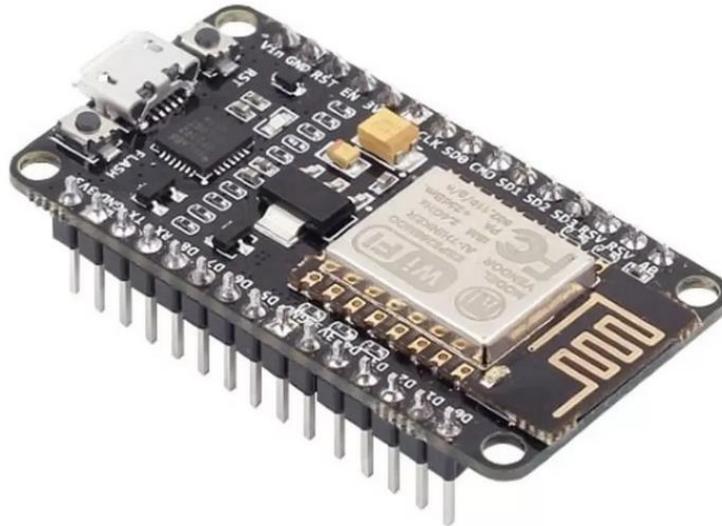


Figura 3 – Dimensões (em mm) do sensor MQ-7

Para detecção de monóxido de carbono foi utilizado, nível de protótipo, o sensor MQ-7 que pode detectar também, em outras proporções, gases inflamáveis.

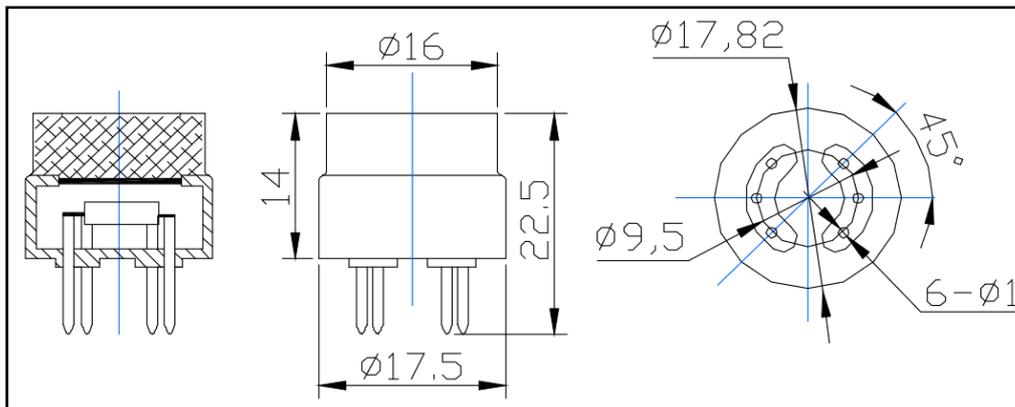


Figura 4 – Dimensões (em mm) do sensor MQ-7

Adicionalmente o sensor de temperatura e umidade modelo DHT11 é um sensor de temperatura e umidade com saída digital, oferecendo alta confiabilidade e estabilidade a longo prazo. Ele utiliza um termistor NTC para medir a temperatura e um sensor HR202 para umidade, comunicando-se com o microcontrolador via sinal serial. Mede umidade na faixa de 20% a 90% UR com precisão de  $\pm 5\%$  UR, e temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$  com precisão de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

## 4. RESULTADOS

Conforme detalhado nas etapas anteriores, foram desenvolvidos o protótipo utilizando o sensor MQ-7 e o DHT11, case em filamento 3D do tipo PLA e placa controladora ESP8266.

Considerando que o sensor MQ-7 detecta monóxido de carbono utilizando o princípio de resistência variável onde a camada sensível, composta de dióxido de estanho ( $\text{SnO}_2$ ), altera sua resistência quando é exposta ao CO. Dessa forma a alteração é “capturada” pelo circuito de medição e pode ser expressa pela equação I (abaixo), onde  $R_s$  é a resistência da superfície,  $R_L$  é a resistência de carga,  $V_c$  é a tensão do circuito, e  $V_{RL}$  é a tensão de saída.

$$R_s = R_L \times \left( \frac{V_c - V_{RL}}{V_{RL}} \right) \quad (\text{Equação I})$$

Esse valor obtido de  $R_s$  é processado pela biblioteca nativa do sensor, que converte o sinal em um parâmetro numérico usado no algoritmo para determinar a faixa de concentração de CO, acionando as ações correspondentes. Que no caso desse protótipo limita-se aos leds indicadores.

```

Início
|
| Inicializar comunicação serial
|   | Configurar pinos dos LEDs e do buzzer
|
| Configurar e calibrar o sensor MQ-7
| Configurar método de regressão e coeficientes do sensor
|
| While = True
|   | Atualizar leituras do sensor
|   | Obter valor de concentração de CO (ppm)
|
|   | If (ppm entre 0 e 15)
|   |   | Acender LED Verde
|   |   | Apagar LED Amarelo e Vermelho
|   |   | Desligar Buzzer
|   | Else If (ppm entre 16 e 32)
|   |   | Acender LED Amarelo
|   |   | Apagar LED Verde e Vermelho
|   |   | Desligar Buzzer
|   | Else If (ppm entre 33 e 40)
|   |   | Acender LED Vermelho
|   |   | Apagar LED Verde e Amarelo
|   |   | Desligar Buzzer
|   | Else If (ppm > 40)
|   |   | Acender LED Vermelho
|   |   | Ligar Buzzer
|   |   | Apagar LED Verde e Amarelo
|   |
|   | Aguardar 5 segundos
| End While
END
  
```

Figura 5 – Pseudocódigo do controle lógico do sensor de CO

O código completo, desenvolvido em C++, pode ser obtido no link do GitHub ([https://github.com/marcosclf/Premio\\_GLP\\_2024](https://github.com/marcosclf/Premio_GLP_2024)). De acesso livre e pode ser baixado e melhorado por qualquer empresa ou pessoa que deseja avançar nesse estudo ou criar um modelo comercial. Apenas cite a origem com base nesse projeto e seus autores nos agradecimentos e *datasheet*.

Por questões de segurança operacional, não foi possível realizar ensaios com protótipo em ambiente controlado para uma validação final, dessa forma fica aberto conforme já citado no trecho do código do programa que esse poderá ser utilizado por terceiros sem qualquer ônus para com os autores de projeto

O protótipo IoT inicial ficou conforme exemplo da figura abaixo, ainda em andamento no desenvolvimento e nos testes que precisaram de suporte de alguma distribuidora ou empresa do ramo para ensaios em ambientes controlados.



Figura 6 – Protótipo IoT versão 01 (40mm x 68mm)

## 5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste projeto apresentou uma solução promissora para o monitoramento contínuo de monóxido de carbono e variações de temperatura em cozinhas comerciais e de serviço que utilizam GLP ou GN.

Neste protótipo IoT, de baixo custo e fácil implementação, foi projetado com sensores adequados e comunicação via Wi-Fi, permitindo uma maior segurança operacional sem a necessidade de intervenções frequentes. Embora testes finais em ambientes totalmente controlados não tenham sido possíveis de ser realizados, o projeto tem como grande contribuição o código do dispositivo que foi disponibilizado para o público em geral através do link do GitHub (citado nos resultados), possibilitando assim as melhorias e comercialização futura.

Como alternativa, este projeto, eficiente e acessível para aumentar a segurança em instalações GLP e GN para cocção, atendendo às exigências normativas e contribuindo para a redução de riscos operacionais.

## 6. REFERÊNCIAS

ESPRESSIF SYSTEMS. ESP8266EX Datasheet. Disponível em: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf). Acesso em: Agosto e setembro de 2024.

RHINO 3D. Disponível em: <https://www.rhino3d.com/>. Acesso em: Agosto de 2024.

SLICERPRINT. Slicerprint 3D Software. Recuperado de <https://download.slicer.org/>. Acesso em: Setembro de 2024.

TECHNICAL DATA SHEET - Spectrum Filaments SILK PLA. Disponível em: [https://www.materialpro3d.cz/user/related\\_files/silk\\_pla\\_tds\\_en.pdf](https://www.materialpro3d.cz/user/related_files/silk_pla_tds_en.pdf). Agosto e setembro de 2024.

ESPRESSIF SYSTEMS. ESP8266EX Datasheet. Disponível em: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf). Acesso em: Agosto e setembro de 2024.

ETC2. DHT11 Datasheet. Recuperado de <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132088/ETC2/DHT11.html>. Acesso em: Agosto de 2024.

HANWEI Electronics Co., Ltd. (s.d.). MQ-7 Gas Sensor [Datasheet]. Recuperado de <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1648922/HANWEI/MQ7.html>. Acesso em: Setembro de 2024.