



**INSTITUTO HARDWARE BR**  
**PROGRAMA EMBARCATECH**  
**RESIDÊNCIA EM SISTEMAS EMBARCADOS**

**JORGE WILKER MAMEDE DE ANDRADE**

**MAURICIO GONÇALES**

**ROGER DE LIMA ARAUJO DE MELO**

**GUILHERME ALVES DOS SANTOS**

**Monitoramento da Concentração de Ozônio em Clínicas de Ozonioterapia com  
Sistema de baixo custo IoT.**

**CAMPINAS**

**2025**

## INTRODUÇÃO

A ozonioterapia é uma prática terapêutica que utiliza o ozônio como agente principal. Apesar de seus benefícios potenciais, o ozônio, em altas concentrações, é um gás tóxico que pode causar problemas respiratórios. Mesmo em concentrações baixas, sua inalação por períodos superiores a 8 horas pode ser prejudicial à saúde.

*Figura 1 -Vapor de ozônio sendo aplicado sem proteção adequadas*



Fonte: <https://enfermagemestetica.com.br/tratamento-capilar-ozonioterapia/>

Nas clínicas que utilizam geradores de ozônio e tratamento utilizando bags o vazamento é notado pelo cheiro característico do ozônio, expondo tanto pacientes quanto profissionais de saúde. Mas como esse gás não causa grande impacto em pequenas quantidades durante um breve período, não há uma certa preocupação com a saúde respiratória. Esse risco é agravado pela ausência de monitoramento contínuo e em tempo real, que deixa de informar a gravidade aos seus utilizadores.

*Figura 2 - Ozônio aplicado em bags não vedadas corretamente.*



Fonte: <https://www.crf-ro.org.br/ozonioterapia-aprovada-nova-especialidade-parafarmaceuticos/>

A falta de controle adequado é acompanhada por um cenário de disseminação inadequada de informações. No YouTube, por exemplo, é comum encontrar vídeos de professores demonstrando procedimentos supostamente corretos, perpetuando práticas errôneas entre novos profissionais, como se estivessem presos em um ciclo vicioso.

*Figura 3 – Procedimentos incorretos na ozonioterapia.*



Fonte: Youtube - [Link de um exemplo de vídeo](#)

Para pacientes que se submetem a sessões breves, com duração de cerca de 15 minutos, realizadas uma vez por semana, o risco de exposição é relativamente baixo. Contudo, para profissionais que permanecem na mesma sala durante diversos atendimentos, o cenário é mais preocupante.

As normas regulamentadoras, como a NR 15 no Brasil, estabelecem limites seguros para a exposição ao ozônio no ambiente de trabalho. No anexo 11 os limites são de 0,08 ppm (partes por milhão) para jornadas de 8 horas semanais. Exposições prolongadas a concentrações superiores (0,05–0,1 ppm) podem causar tosse, falta de ar e irritação respiratória. Nesse contexto, sensores de monitoramento contínuo são indispensáveis para garantir a salubridade do ambiente e a segurança de todos.

Tabela 1 - Sintomas observados por nível de concentração de ozônio.

SINTOMAS OBSERVADOS	NÍVEL DE CONCENTRAÇÃO
Limite de exposição média máxima de 8 horas	0.1ppm
Irritação menor nos olhos, nariz e garganta, dor de cabeça, falta de ar	>0.1ppm
Tosse, redução do consumo de oxigênio, irritação pulmonar, fadiga severa, dor torácica, tosse seca	0,5-1,0ppm
Dor de cabeça, irritação respiratória e possível coma	1,0-10ppm
Imediatamente perigoso para a vida e a saúde	10-15ppm

Fonte: <https://myozone.com.br/dosagens-seguras-de-ozonio-em-ambientes-de-trabalho/>

Observando as clínicas, vídeos e até mesmo alguns tutoriais sobre a ozonioterapia vemos que não existem soluções para o controle de ozônio em ambientes fechados e em como as más práticas se perpetuam entre os profissionais da área.

Tendo isso em mente, um dispositivo capaz de monitorar os níveis de ozônio numa sala de consulta, poderia acelerar a busca por boas práticas e mitigar danos a saúde dos profissionais a longo prazo.

## SOLUÇÃO PROPOSTA

Visando mitigar os efeitos da exposição prolongada a ozônio, o grupo propõe a criação de um dispositivo capaz de interagir com o ambiente e medir os níveis de  $O_3$  no consultório dos profissionais de ozonioterapia. Abaixo a lista de materiais e como cada um desses irá funcionar na solução:

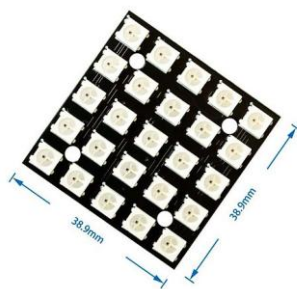
- **Sensor de Ozônio:** Utilização de dois sensores eletroquímicos de ozônio ( $O_3$ ) modelo O3, capaz de detectar a concentração de ozônio no ambiente;

*Figura 4 - Sensor de Ozônio O3.*



- **Matriz de Leds 5x5:** Será usada para indicar visualmente o nível de ozônio monitorado. Será usada uma escala de cores do azul (bom nível  $< 0.08\text{ppm}$ ) ao vermelho (níveis de  $O_3$  acima de  $0.1\text{ppm}$ ), tendo como cores intermediárias verde, amarelo e laranja;

*Figura 5 - Matriz de Leds 5x5.*



- **Buzzer:** Será utilizado para enviar um aviso sonoro quando os níveis de ozônio detectados estiverem muito altos;

*Figura 6 - Buzzer.*



- **Microcontrolador:** Modelo escolhido é o Raspberry Pi Pico W RP2040. Foi escolhido devido à sua capacidade de processamento, conectividade integrada, e baixo custo;

*Figura 7 - Raspberry Pi Pico W RP2040.*



- **Alimentação:** 5v por cabo USB inicialmente;
- **Sistema de Alerta:** Um sistema de alerta enviará notificações via aplicativo móvel e na plataforma de nuvem quando a concentração de ozônio exceder um limite de segurança predefinido. Ativará o buzzer e a matriz de leds vermelha indicando que o nível de ozônio está inadequado.

## ARQUITETURA DO SISTEMA

Para a arquitetura do sistema pensamos em segmentar pelas seguintes tarefas:

1. **Aquisição de Dados:** O sensor de ozônio é utilizado para verificar a concentração de ozônio continuamente;
2. **Processamento Local:** Após a aquisição dos dados, os dados são processados localmente;
3. **Transmissão de Dados:** Dados relevantes são transmitidos via Bluetooth para o Broker;
4. **Gerenciador de Tarefas:** Coordena prioridades do sistema, determinando o momento de processar dados, armazenar dados e acionar atuadores, baseado em RTOS;
5. **Armazenamento de Dados:** Dados brutos e processados são armazenados localmente para redundância, histórico ou análise offline;
6. **Indicações Visuais e Sonoras:** Display OLED, matriz de LED e Buzzer;
7. **Atuadores:** Elementos que executam ações físicas (ligar ventiladores, abrir janelas);
8. **Publicação Nuvem:** O Broker MQTT envia os dados dos clientes e os distribui conforme assinaturas dos tópicos, os dados são armazenados para uma aplicação em nuvem;
9. **Tratamento de Dados:** filtrar, consolidar e resumir, desencadeando automações ou relatórios;
10. **Exibição dos Dados:** Dashboards visualizam as informações recebidas, permitindo análise histórica, acompanhamento em tempo real

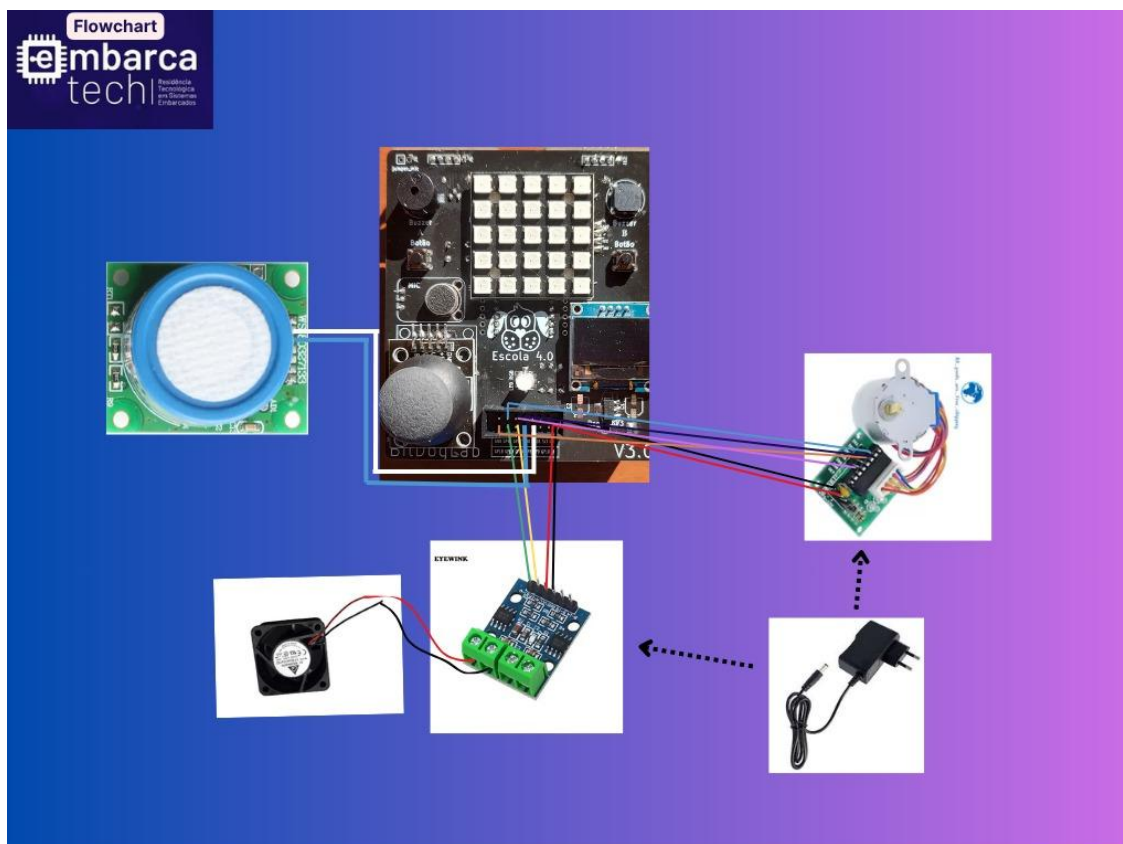
Figura 7 - Arquitetura do sistema projetado.





## DIAGRAMA DE HARDWARE

Figura 8 – Diagrama de hardware.



## BLOCOS FUNCIONAIS

**Aquisição de Dados:** Sensores enviam informações ao MCU de coleta.

**Processamento local:** O MCU de coleta é responsável por coletar as informações do sensor e enviar ao MCU central.

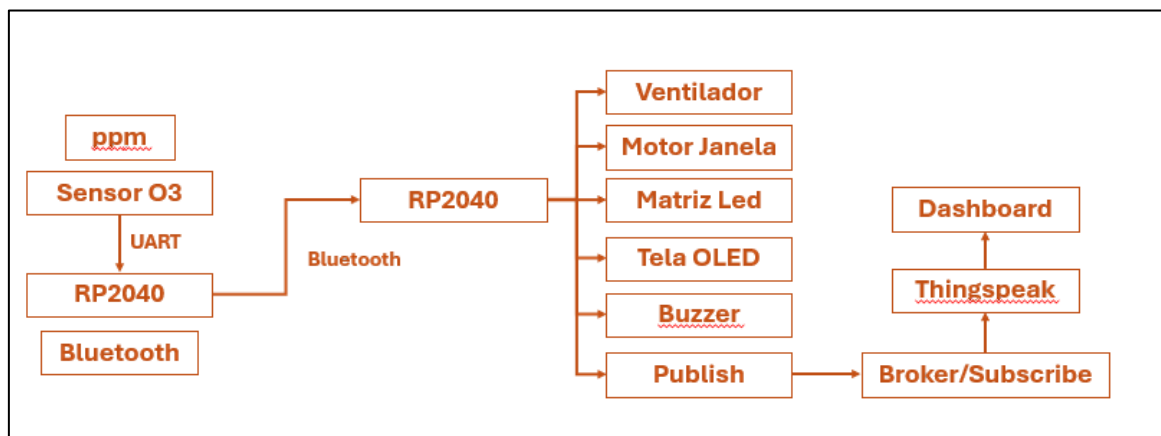
**Processamento:** MCU define níveis de alerta, armazena dados, aciona atuadores.

**Feedback ao Usuário:** Notificações visuais (LEDs/OLED), auditivas buzzer.

**Transmissão de Dados:** Dados são enviados à nuvem via Bluetooth/MQTT.

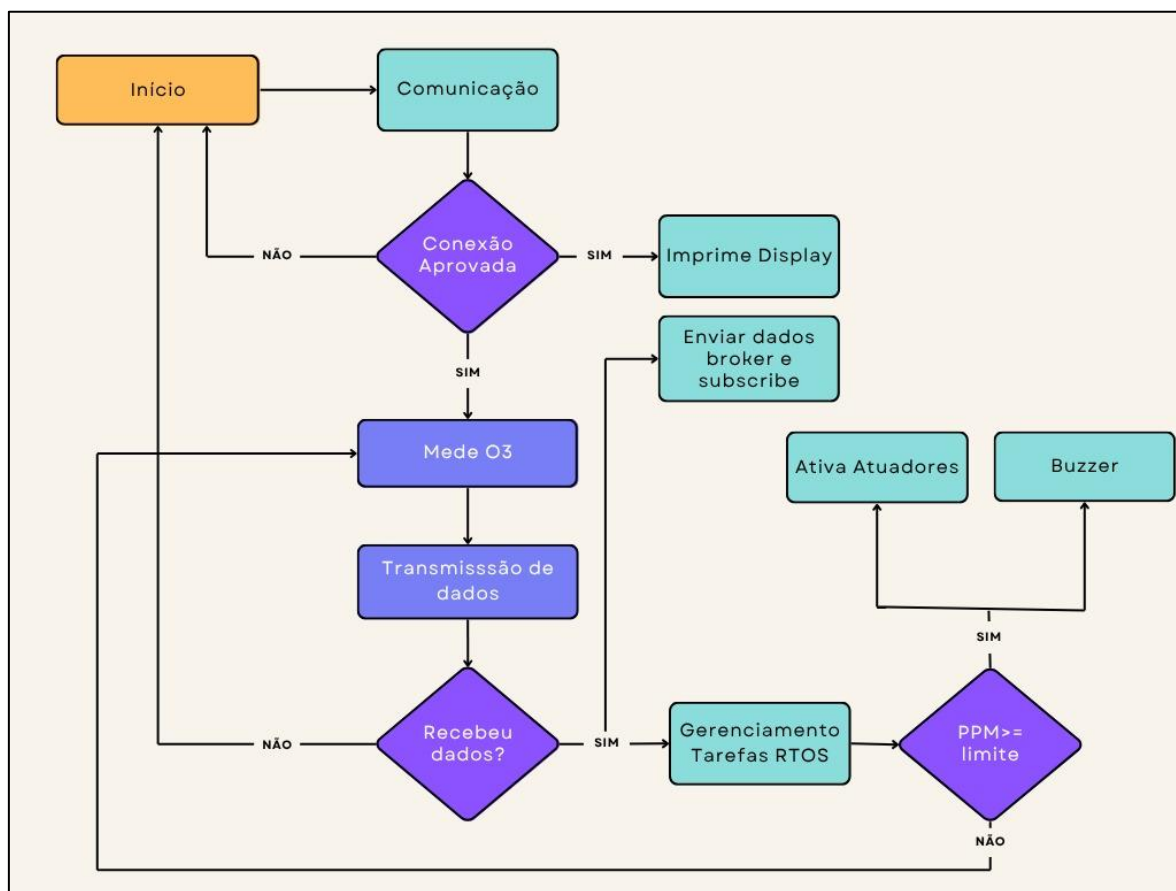
**Armazenamento:** Dados salvos local e remotamente, com possibilidade de resumos automáticos.

*Figura 9 – Blocos Funcionais.*



## FLUXOGRAMA DO SOFTWARE

Figura 10 – Fluxograma do software.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-15-anexo-11.pdf>

<https://myozone.com.br/dosagens-seguras-de-ozonio-em-ambientes-de-trabalho/>

<https://www.crf-ro.org.br/ozonioterapia-aprovada-nova-especialidade-para-farmaceuticos/>

[https://www.robocore.net/wifi/esp32-oled-bateria-18650?srsId=AfmBOoaDCcKa1R\\_ZXunQyHMRh3l3m7wT2Y0ggEaezFkkl\\_w9nqxuxuX](https://www.robocore.net/wifi/esp32-oled-bateria-18650?srsId=AfmBOoaDCcKa1R_ZXunQyHMRh3l3m7wT2Y0ggEaezFkkl_w9nqxuxuX)