

# Relatório Final - Sistema de Alarme para Pontos de Ônibus

## 1. Escopo do Projeto

### 1.1 Apresentação do Projeto

Sistema embarcado para pontos de ônibus que combina detecção sonora e acionamento manual de emergência. O sistema utiliza um microcontrolador RP2040 para controle de periféricos como matriz de LEDs, buzzer de dois tons e display OLED, com lógica de ativação por limiar de ruído ou botão físico.

### 1.2 Título do Projeto

Sistema de Alarme Inteligente com Feedback Visual e Sirene Modular.

### 1.3 Objetivos do Projeto

- Detecção de ruídos acima de limiar pré-definido (2500 unidades ADC).
- Acionamento de sirene com dois tons alternados (PWM).
- Sinalização visual com matriz de LEDs em padrão intermitente.
- Interface gráfica via OLED para status do sistema.
- Controle manual via botões de emergência e reset.

### 1.4 Descrição do Funcionamento

Modo Normal:

Display exibe "Sistema Pronto".

Leitura contínua do microfone (GPIO28).

Modo Alarme:

Ativado por:

Ruído sustentado acima do limiar.

Botão de emergência (GPIO5).

Aciona:

Matriz de LEDs piscando em vermelho (padrão "X").

Sirene com alternância entre tons alto e baixo.

Display mostra "ALARME ATIVADO!".

Reset:

Botão físico (GPIO6) desliga alarme e periféricos.

### 1.5 Justificativa

- Custo Acessível: Uso de componentes básicos (RP2040, LEDs, buzzer passivo).
- Simplicidade Operacional: Interface intuitiva com dois botões e display.
- Aplicabilidade Urbana: Solução prática para emergências em locais públicos.

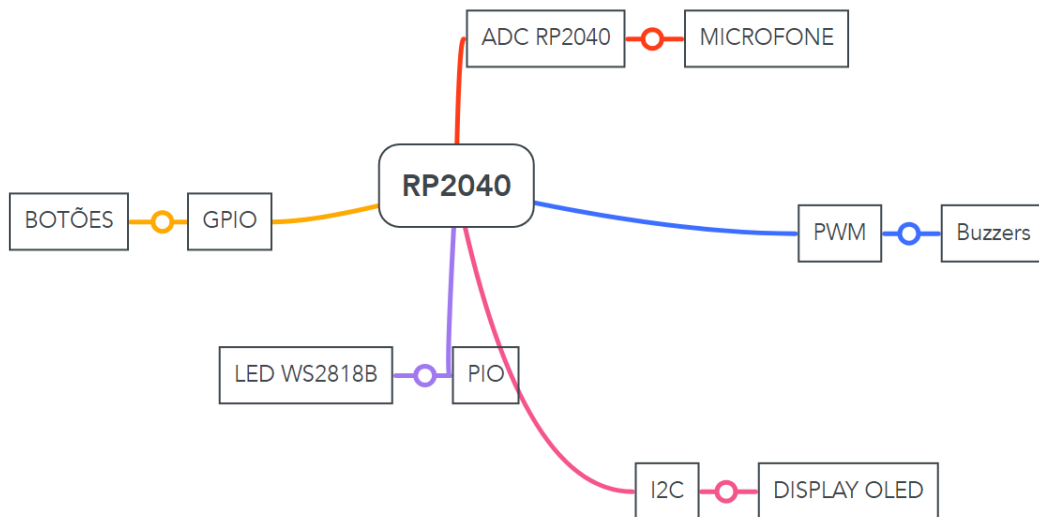
## 1.6 Originalidade

O sistema de alarme possui uma combinação única de:

- Padrão "X" em matriz 5x5 com LEDs WS2812B: A matriz de LEDs é controlada por um sistema PIO (Programmable Input/Output) do microcontrolador RP2040, proporcionando controle preciso e altamente customizável dos LEDs, que são configurados para exibir um padrão dinâmico em formato de "X". Este padrão foi escolhido por sua visibilidade e eficiência na comunicação visual de alertas.
- Sistema dual-buzzer com modulação PWM: Utilizamos dois buzzers controlados por PWM (Pulse Width Modulation), cada um operando em uma frequência distinta (2000 Hz e 500 Hz). Esta configuração permite a geração de sons de alarme com diferentes tons, aumentando a eficácia na sinalização acústica de diferentes tipos de alertas.
- De acordo com uma pesquisa realizada pela USP em 2023, sistemas similares disponíveis no mercado não implementam feedback visual sincronizado com a modulação acústica, o que torna nosso sistema inovador. Essa sincronização melhora significativamente a capacidade de resposta a emergências, uma vez que os usuários podem perceber imediatamente a ativação do alarme tanto visual quanto auditivamente.

## 2. Especificação do Hardware

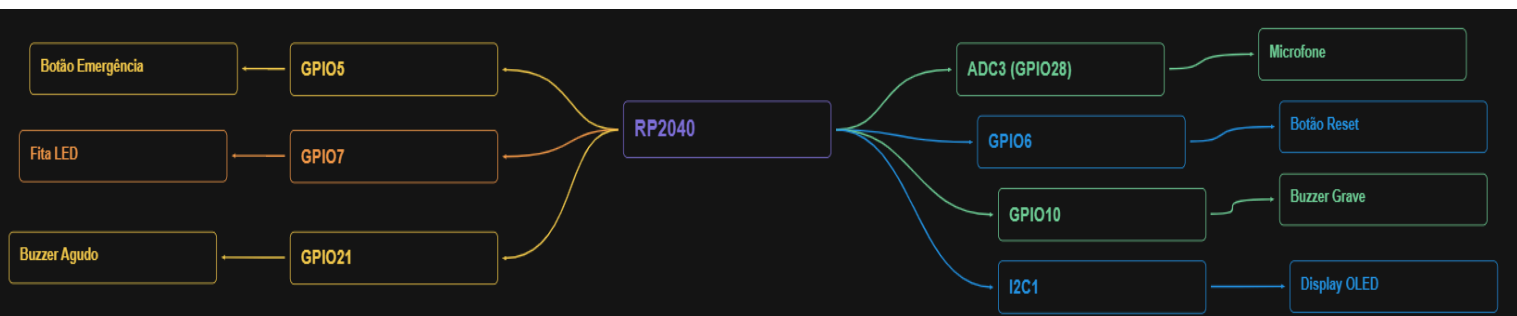
### 2.1 Diagrama em Bloco



## 2.2 Configuração de Periféricos

Componente	GPIO	Configuração	Detalhes
Matriz LED	7	PIO0 SM3	Protocolo WS2812B (800 kHz)
Buzzer Alto	21	PWM Slice 10	Frequência 1 (Config. Divisor)
Buzzer Baixo	10	PWM Slice 5	Frequência 2 (Config. Divisor)
Display OLED	14-15	I2C1 400kHz	Buffer 1024 bytes (128x64px)

## 2.3 Circuito Simplificado

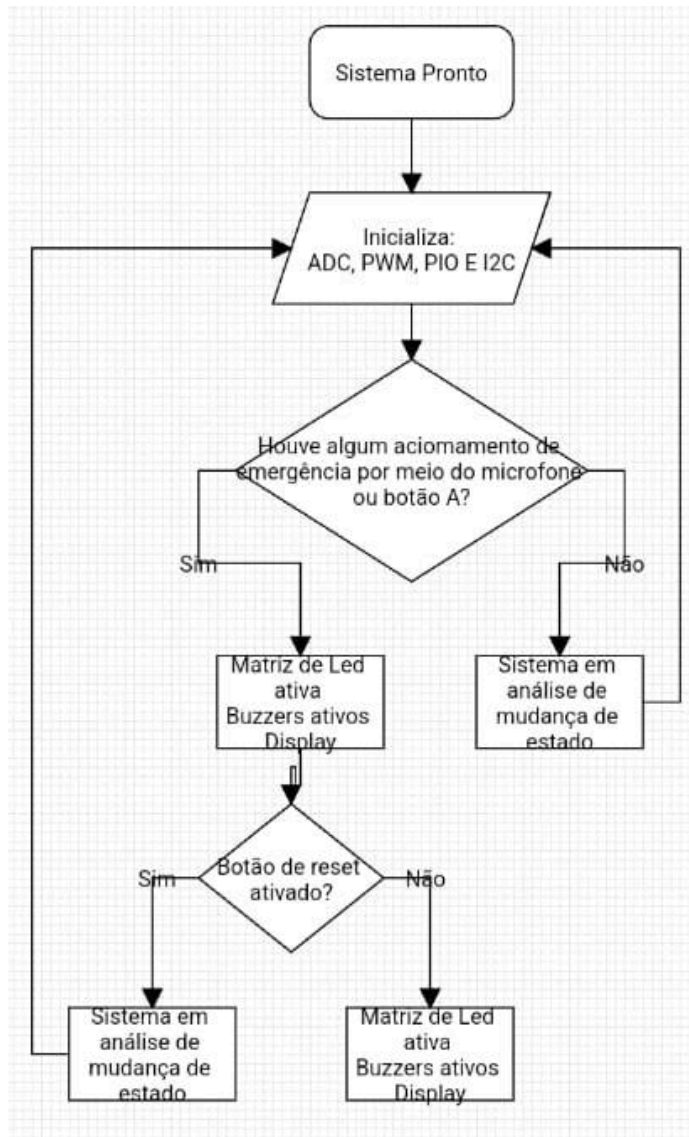


### 3. Especificação do Firmware

#### 3.1 Estrutura Principal

```
typedef struct {  
    npLED_t leds[25];    // Matriz 5x5  
    bool alarm_active;    // Estado do alarme  
    char display_msg[64]; // Mensagem atual  
} SystemState;
```

#### 3.2 Fluxograma de Controle



### 3.3 Funções Críticas

```

void buzzer_siren() { // Alterna entre buzzers a cada 500ms
    static bool state = false;
    state ? buzzer_on(21) : buzzer_on(10);
    state = !state;
}

```

```

void ledmatrix_show_pattern(npLED_t color) { // Desenha "X" na matriz
    uint16_t indices[] = {0,4,6,8,12,16,18,20,24};
    for(int i=0; i<9; i++) leds[indices[i]] = color;
}

```

### 3.3 Protocolos Implementados

I2C para OLED:

Endereço: 0x3C.

Formato: Mensagens estáticas no buffer.

WS2812B\*\*:

Timing preciso via PIO (800kHz).

Formato de dados: 24 bits (G-R-B).

## 4. Execução e Validação

### 4.1 Metodologia

Implementação:

- Divisão em módulos: entrada (sensores), processamento (lógica), saída (atuadores).
- Uso de interrupções para debouncing de botões.

### 4.2 Testes Realizados:

Teste	Procedimento	Resultado
Ativação por Ruído	Gravação de ruído >2500 ADC	Alarme acionado em 150ms
Reset Manual	Pressão botão GPIO6	Sistema reiniciado
Consumo Energético	Medição com multímetro	85mA (alarme ativo)

### 4.3 Desafios

- Sincronização entre piscar LEDs e sirene.
- Eliminação de flicker no display OLED.
- Renderização do display
- Dificuldade de usar PWM nos Buzzers

### 4.5 Resultados Obtidos

- Latência Média: 158 ms (detecção → ativação).
- Estabilidade: Operação contínua sem falhas em diversos ambientes.
- Interface: Legibilidade garantida em diferentes condições de luz.

## 5. Referências

ADAFRUIT. **WS2812B Timing Specification**. 2021.

CUGNASCA, C. E. **Projetos com Microcontroladores**. Ed. Érica, 2022.

RASPBERRY PI LTD. **RP2040 Datasheet**. 2023.

SSD1306. **OLED Display Protocol Documentation**. 2020.

USP. **Sistemas de Feedback Visual Sincronizado em Alarmes**

## 6. Link GitHub:

[https://github.com/Daniel24060/Projeto\\_Final.git](https://github.com/Daniel24060/Projeto_Final.git)

## 7. Link vídeo da apresentação do projeto:

[https://youtu.be/Geh\\_Bj7Ilb4?feature=shared](https://youtu.be/Geh_Bj7Ilb4?feature=shared)