

Volume Zero

Relatório Técnico

Equipe:

Adriano José (LDS/IFCE),

Luan Vinícius (LDS/IFCE),

Hobson Nascimento (LDS/IFCE)

Data: 20 / 05 / 2025

1. Apresentação

O **Volume Zero** é um sistema embarcado projetado para ambientes que exigem silêncio, como bibliotecas e salas de estudo. Seu objetivo é detectar automaticamente infrações por ruído e alertar os usuários em tempo real, promovendo um ambiente mais confortável e disciplinado.

A ideia surgiu da observação de que mesmo em locais destinados ao estudo, é comum a quebra das normas de silêncio. Ao utilizar microfones sensíveis e displays individuais nas mesas, o **Volume Zero** atua como uma ferramenta educativa e corretiva sem necessidade de intervenção humana direta.

O grande diferencial do sistema está em sua **resposta gamificada às infrações**: quando um usuário ultrapassa o limite de ruído, o sistema ativa o **modo desafio**, no qual o acesso ao equipamento da mesa é temporariamente bloqueado até que o usuário complete uma fase de um minijogo embarcado. Essa abordagem lúdica transforma a correção de comportamento em uma experiência interativa, reforçando o aprendizado e incentivando a colaboração para manter o ambiente silencioso.

- O vídeo de apresentação do projeto em pleno funcionamento, pode ser encontrado no YouTube, através do link: <https://youtu.be/GoL908Qruz8>.
- O código final do projeto pode ser acessado no GitHub através do link: <https://github.com/luanmenezesdev/volume-zero>.

2. Objetivos

*Desenvolver um sistema embarcado capaz de **monitorar níveis sonoros** em ambientes que exigem silêncio, como bibliotecas, garantindo a manutenção do silêncio por meio da detecção de sons acima de um limite predefinido e da aplicação de um mecanismo interativo para penalizar e educar o usuário em caso de infração.*

- *Implementar um sensor de som que monitore continuamente o nível de ruído ambiente e identifique infrações sonoras com base em parâmetros configuráveis (limiar de volume e janela de tempo);*
- *Desenvolver a comunicação entre o dispositivo embarcado e um servidor via **protocolo MQTT** para registro e monitoramento remoto das infrações;*
- *Criar um minijogo embarcado que entre em modo desafio automaticamente após uma infração, exigindo que o usuário complete uma fase para desbloquear o sistema;*
- *Garantir a integração eficiente entre a detecção sonora, comunicação e modo desafio, proporcionando uma experiência interativa que incentive o respeito às normas de silêncio no ambiente monitorado;*

3. Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais do sistema **Volume Zero** são:

- **RF01 – Detecção de Som:** O sistema deve captar continuamente o nível de som ambiente por meio de um **microfone** integrado.
- **RF02 – Configuração de Limiares:** O sistema deve permitir a configuração do limite máximo de volume (threshold) e da janela de tempo para a avaliação da infração sonora.
- **RF03 – Identificação de Infração:** O sistema deve identificar uma infração sonora quando o som ultrapassar o limite configurado dentro da janela de tempo estabelecida.
- **RF04 – Comunicação com Servidor:** Ao detectar uma infração, o sistema deve enviar uma mensagem ao servidor utilizando o **protocolo MQTT**, contendo informações da infração.
- **RF05 – Ativação do Modo Desafio:** O sistema deve entrar automaticamente no modo desafio após a detecção de uma infração sonora.
- **RF06 – Minijogo Embarcado:** O sistema deve disponibilizar um minijogo embarcado que o usuário deve completar para desbloquear o sistema.
- **RF07 – Desbloqueio do Sistema:** O sistema deve permanecer bloqueado até que o usuário complete a fase do minijogo, momento em que o desbloqueio é liberado.
- **RF08 – Feedback ao Usuário:** O sistema deve fornecer feedback visual ou sonoro indicando a ativação do modo desafio e o status do minijogo.

4. Arquitetura de Hardware

A arquitetura de hardware do sistema **Volume Zero** foi construída com foco na simplicidade, baixo custo e integração de funcionalidades essenciais para um protótipo funcional de controle de ruído. Os principais componentes utilizados são:

- **Microcontrolador – Raspberry Pi Pico W (2022):** Equipado com processador dual-core ARM Cortex-M0+ e **conectividade Wi-Fi integrada (CYW43)**, foi utilizado como unidade central de controle. Sua escolha se deu pelo bom equilíbrio entre desempenho, suporte à programação em **C/C++** e conectividade com redes sem fio via **protocolo MQTT**.
- **Microfone Analógico (via ADC):** Utilizado para capturar o nível de som ambiente. Os sinais de áudio são amostrados pela entrada analógica do Pico W e avaliados continuamente para detecção de infrações com base em limiares configurados.
- **Display OLED via I2C:** Responsável por exibir mensagens simples ao usuário, como notificações de infração, status do sistema e instruções durante o modo desafio. A comunicação é feita por barramento I2C.
- **Matriz de LEDs 5x5:** Utilizada para renderizar o minijogo embarcado que é ativado quando o sistema detecta uma infração sonora. Permite uma interação visual direta com o usuário.
- **Joystick Analógico e Botão Físico:** O joystick é usado como controle principal durante o minijogo, enquanto o botão serve como entrada adicional, tornando a experiência interativa.
- **Alimentação via USB:** O sistema é alimentado diretamente por cabo USB, simplificando a operação durante a fase de prototipagem e testes.

5. Arquitetura do Firmware

O firmware do sistema **Volume Zero** foi desenvolvido em linguagem C, utilizando o **Raspberry Pi Pico SDK (pico-sdk)**. O projeto roda no microcontrolador **Raspberry Pi Pico W**, que oferece conectividade Wi-Fi integrada por meio do chip **CYW43**.

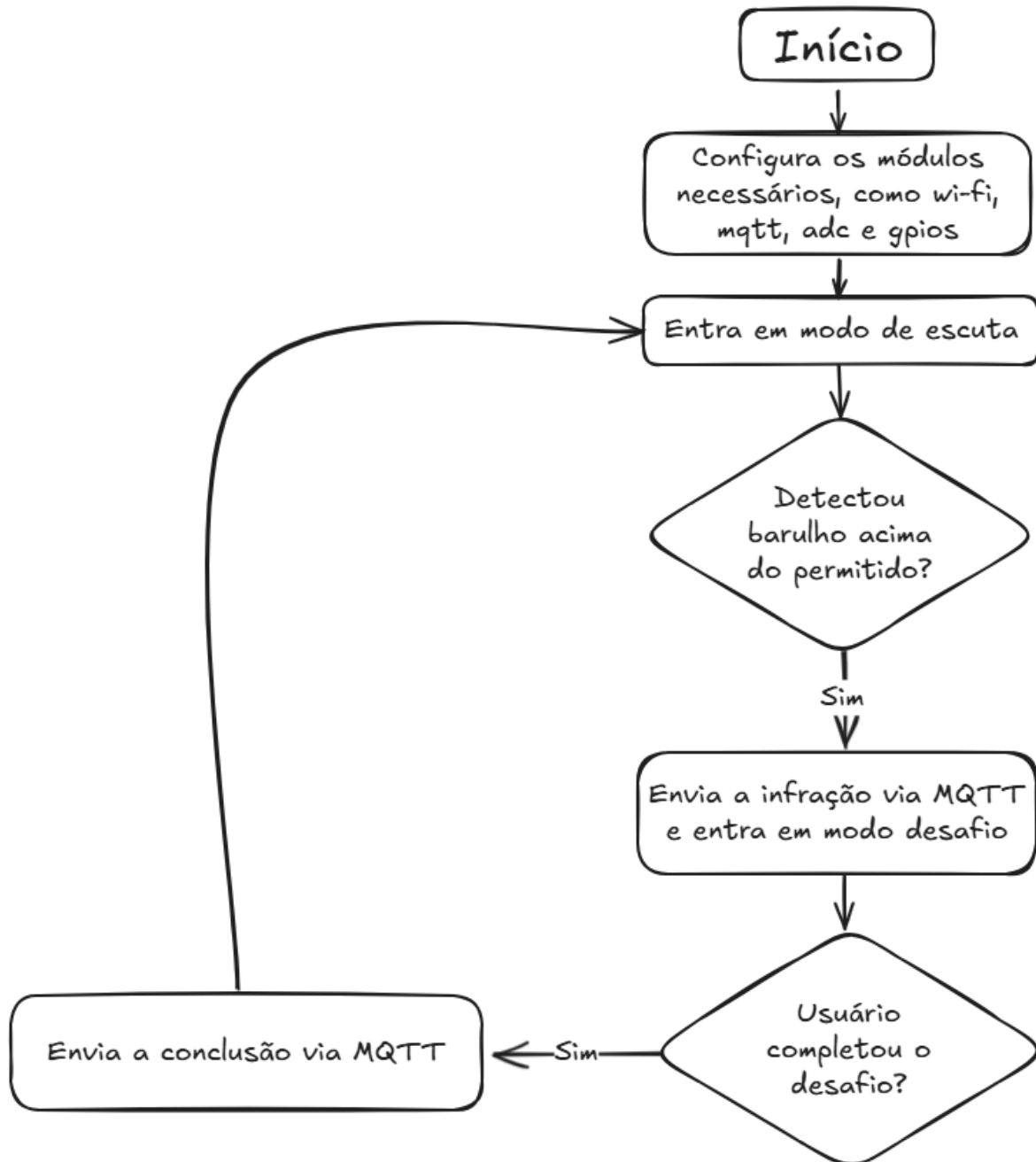
A arquitetura é composta por módulos simples e funcionais, com foco em confiabilidade e baixo uso de recursos. Os principais componentes são:

- **Captura de Áudio:** O microfone capta continuamente o som ambiente, e os dados são processados em tempo real. Um valor médio de volume (nível de som) é calculado periodicamente para determinar se há uma possível infração.
- **Deteção de Infração Sonora:** O sistema verifica se o nível de som ultrapassa um limiar pré-definido durante uma janela de tempo específica. Caso uma infração seja detectada, o sistema é bloqueado e uma notificação é enviada.
- **Comunicação via MQTT:** A comunicação com o servidor é feita via protocolo MQTT, utilizando a biblioteca `pico_lwip_mqtt`. O sistema publica mensagens ao detectar uma infração, permitindo o monitoramento remoto em tempo real.
- **Minijogo e Modo Desafio:** Quando uma infração é identificada, o sistema entra em um "modo desafio". O usuário precisa completar uma fase de um minijogo simples embarcado na própria placa para que o sistema seja desbloqueado.
- **Interface com o Usuário:** A interface física do sistema inclui uma **matriz de LEDs 5x5**, utilizada para exibir o minijogo, além de um **display OLED via I2C**, que apresenta mensagens informativas como "Infração detectada", "Modo desafio" e instruções de uso. O **joystick** e o **botão físico** são os principais meios de interação com o sistema, proporcionando uma navegação intuitiva durante o desafio.

Essa estrutura garante robustez, baixo consumo de energia e possibilidade de integração com arquiteturas de IoT em nuvem ou em edge computing, promovendo um sistema inteligente e conectado para controle de silêncio em ambientes como bibliotecas, salas de leitura e espaços de estudo.



6. Fluxograma



7. Indicação do uso de IA

Durante o desenvolvimento do projeto Volume Zero, técnicas de Inteligência Artificial foram utilizadas de forma auxiliar para acelerar e qualificar o processo de construção do sistema. As principais aplicações de IA ocorreram nas seguintes frentes:

- **Apoio ao Desenvolvimento de Firmware e Código de Interface:** O modelo GPT foi amplamente utilizado como assistente de programação, contribuindo para a estruturação do firmware em **C/C++**, resolução de bugs, organização do código e implementação de boas práticas. Também foi usado no desenvolvimento do exemplo de interface web (frontend), facilitando a prototipação e integração com o sistema **MQTT**.
- **Geração de Texto e Documentação:** O GPT também foi utilizado para auxiliar na redação de partes deste relatório, ajudando na clareza técnica e na estruturação das seções, garantindo coerência e fluidez na apresentação dos resultados.
- **DeepSeek (DPSeek):** Ferramenta de IA empregada pontualmente na correção de erros e sugestões de código, além de apoio na escrita de trechos específicos da documentação técnica. Seu uso foi complementar ao GPT.

Embora o sistema embarcado final não execute modelos de IA embarcados nem realize inferência local, o uso de inteligência artificial durante o processo de desenvolvimento foi essencial para otimizar tempo, melhorar a qualidade do código e refinar a documentação técnica do projeto.

8. Conclusão

O projeto **Volume Zero** alcançou seu principal objetivo ao desenvolver um sistema funcional de monitoramento e controle de ruídos em ambientes que exigem silêncio, como bibliotecas e salas de estudo. Utilizando o microcontrolador **Raspberry Pi Pico W (2022)**, com firmware escrito em **C/C++**, o sistema foi capaz de detectar infrações sonoras por meio de microfone, comunicar eventos via **protocolo MQTT** e fornecer feedback direto ao usuário por meio de um **display OLED** e de um minijogo embarcado.

A estrutura do sistema, embora simples, mostrou-se eficaz ao integrar funcionalidades essenciais como detecção de ruído por limiar, comunicação em tempo real e uma interface interativa para o usuário infrator. O modo desafio, com minijogo controlado por **joystick** e **matriz de LEDs**, adicionou um elemento lúdico e educativo à experiência, incentivando a conscientização sobre o silêncio no ambiente.

Com esses resultados, o **Volume Zero** se apresenta como uma base sólida para futuras melhorias e expansões, podendo evoluir para uma solução mais completa e escalável em contextos reais de aplicação.

9. Referências

Repositório de projetos da BitDogLab em C. GitHub - BitDogLab. Disponível em: <https://github.com/BitDogLab/BitDogLab-C>. Acesso em: 19 de maio de 2025.

Artigo no blog “Embarcados”, sobre a BitDogLab. Disponível em: <https://embarcados.com.br/bitdoglab-uma-jornada-educativa-com-eletronica-embarcados-e-i>. Acesso em: 19 de maio de 2025