

**CENTRO PAULA SOUZA  
ETEC PROF. ADHEMAR BATISTA HEMÉRITAS  
Técnico em Eletrônica**

**Ketleen Dorigon dos Santos**

**Manuella Alissa Silva**

**Maria Clara Plínio Caroba**

**Rhyann Akira Ota Stolfi**

**Stella do Nascimento Riva**

**ESTUDO DE CASO: SISTEMA AUTOMATIZADO PARA PORTAS DE  
EMERGÊNCIA**

**São Paulo**

**2025**

**Ketleen Dorigon dos Santos**

**Manuella Alissa Silva**

**Maria Clara Plinio Caroba**

**Rhyann Akira Ota Stolfi**

**Stella do Nascimento Riva**

**ESTUDO DE CASO: SISTEMA AUTOMATIZADO PARA PORTAS DE  
EMERGÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso Técnico em eletrônica da Etec Prof.  
Adhemar Batista Hemeritas, orientado pelo  
Prof. Daniel Falcari, como requisito parcial  
para obtenção do título de técnico em  
eletrônica.

**São Paulo**

**2025**

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares que sempre nos apoiaram até este grande e importante momento das nossas vidas!

"Antes de mais nada, a preparação é a chave para o sucesso."

-Alexander Graham Bell

## **RESUMO**

Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma maquete de uma porta de emergência automatizada utilizando o microcontrolador ESP32, outros componentes da eletrônica e os sensores MQ-2 e MQ-7. O principal objetivo da maquete é demonstrar a eficiência do sistema automatizado, devido as condições das portas de emergência em unidades escolares, que permanecem trancadas durante o dia, estando em desacordo com as Normas Regulamentadoras. A fechadura eletromagnética da porta irá se abrir em três casos de emergência, se o alarme de incêndio for acionado, se houver queda de energia ou se for detectada a presença de fumaça. O desenvolvimento da maquete visa um baixo custo, já que a implementação desse projeto na unidade escolar demanda um alto valor e permissões legais. Juntamente com o projeto um estudo de caso será feito para demonstrar como essa tecnologia pode ser aplicada à realidade. O projeto contribui para a conscientização sobre novas tecnologias de segurança.

**Palavras-chave:** Emergência; ESP32; MQ-2; MQ-7; maquete

## **ABSTRACT**

This work proposes the development a model of an automated emergency exit door using the ESP32 microcontroller, other electronic components, and the MQ-2 and MQ-7 sensors. The main objective of the model is to demonstrate the efficiency of the automated system, addressing the reality of emergency doors in school units, which often remain locked during the day, contravening regulatory standards. The door's electromagnetic lock will open in three emergency scenarios: if the fire alarm is activated, if there is a power failure, or if smoke presence is detected. The model was developed with a focus on low cost, as the implementation of a full-scale project in a school unit requires high investment and legal permissions. Alongside the project, a case study will be conducted to demonstrate how this technology can be applied to real-world situations. The project contributes to raising awareness about new security technologies.

**Keywords:** Emergency; ESP32; MQ-2; MQ-7; model.

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	7
1.1	Objetivo Geral .....	8
1.2	Objetivos Específicos .....	9
2	JUSTIFICATIVA .....	9
3	REFERENCIAL TEÓRICO .....	9
3.1	NR23 – Proteção Contra Incêndios .....	10
3.2	NR10 – Segurança em Instalações e Serviços Elétricos .....	10
3.3	NBR17240 – Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio ....	11
3.4	Central de Alarme .....	12
3.4.1	Centrais de Alarme Convencionais .....	13
3.4.2	Centrais de Alarme Endereçáveis .....	14
3.5	Fechadura Eletromagnética .....	15
3.6	Sensores de Fumaça .....	15
3.6.1	MQ-2 .....	16
3.6.2	MQ-7 .....	19
3.7	ESP32 .....	22
3.8	Módulo Relé .....	23
4	METODOLOGIA.....	24
5	Funcionamento do Primeiro Caso – Detecção dos Sensores .....	28
6	Funcionamento do Segundo Caso – Acionamento de Emergência	29
7	Funcionamento do Terceiro caso – Simulação Queda de Energia.	29
8	Requisitos Funcionais .....	29
8.1	Requisitos Não-funcionais.....	30
9	Escolhas de Hardware .....	30
9.1	Escolhas de software .....	31
10	Diagramas Esquemáticos.....	31
10.1	Implementações e testes .....	32
11	Estudo de caso.....	33

11.1	AVCB – Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros.....	36
12	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	37
13	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	38
14	REFERENCIAS.....	39
15	APÊNDICE A – Código da Maquete.....	43
16	ANEXO A – Datasheet Central CIE 1250 Intelbras .....	45

## 1 INTRODUÇÃO

Em locais com grande circulação de pessoas a segurança é muito importante, mais do que isso, conseguir agir de forma rápida em situações de emergência é sempre necessário para que vidas sejam salvas. Em muitos ambientes escolares às saídas de emergência permanecem trancadas, em desacordo com a Norma Regulamentadora nº 23 (BRASIL, 2022), necessitando da ação humana para que possam ser abertas. O tempo de resposta para essa ação pode ser demorado, ou até mesmo impossibilitado de acontecer, comprometendo assim a vida das pessoas que frequentam esse ambiente no dia a dia.

Um exemplo da necessidade de saídas de emergência eficazes, é o incidente ocorrido em Santa Maria, Rio Grande do sul, na boate Kiss no dia 27/01/2013. Causando a morte de 237 pessoas devido a um incêndio causado por uso de artefatos pirotécnicos, como aponta a matéria do (G1, 2013). Entre as causas identificadas, a obstrução e a inadequação das saídas de emergência foi uma das principais causas para as mortes durante o incidente.

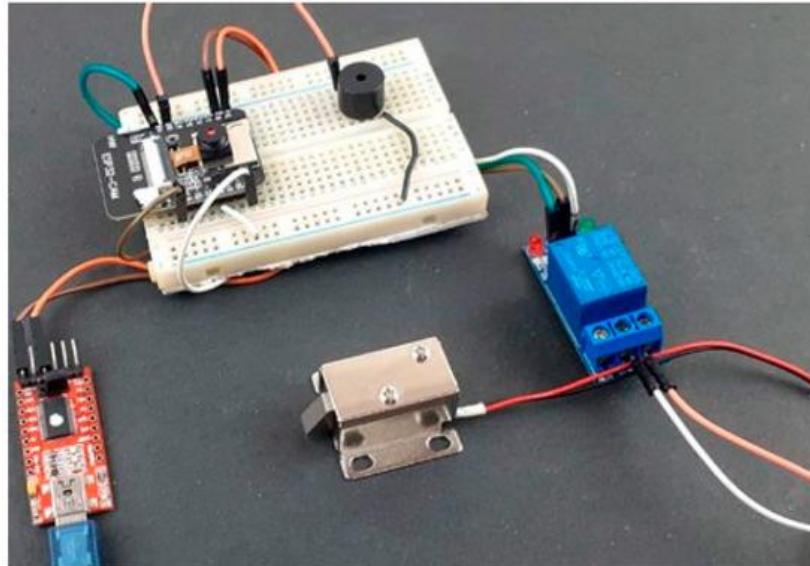
Diante desse problema, a automatização de portas de emergência se torna uma solução, já que não será mais necessário depender de uma pessoa com uma chave, que pode muitas vezes ser perdida, para que o acesso a saída mais rápida e segura seja acessada.

Nesse contexto, este trabalho apresenta a maquete de uma porta de emergência automatizada utilizando o microcontrolador ESP32, para controlar uma fechadura eletromagnética, que irá se abrir automaticamente em três cenários: quando o alarme de incêndio for acionado, quando houver queda de energia e quando for detectada a presença de fumaça, por meio dos sensores de gases, MQ-2 e MQ-7, gases inflamáveis e monóxido de carbono.

Considerando o foco em baixo custo, o ESP32 se apresenta como melhor alternativa, como destaca o projeto de (Damaceno, 2024), que demonstrou a utilização desse microcontrolador para automatização de uma casa. Também se destaca como exemplo da eficiência do microcontrolador ESP32, a pesquisa de (Sonamoni, 2024) que desenvolveu uma porta inteligente baseada na internet

das coisas (IoT), utilizando uma ESP32-CAM, sendo possível controlar uma fechadura remotamente por um aplicativo Android conectado à internet. A figura 1 mostra o projeto de (Sonamoni, 2024).

Figura 1 – ESP32-CAM conectado a fechadura.



Fonte: SONAMONI (2024).

Por fim, a implementação desse projeto em escala real demandaria muito custo e exigiria permissões legais. Portanto, esse trabalho será desenvolvido por meio de uma maquete para demonstrar a eficiência do ESP32 junto com o funcionamento da fechadura eletromagnética nos casos de emergência. Juntamente com isso, será apresentado um estudo de caso, para demonstrar como essa tecnologia pode ser aplicada à realidade, contribuindo para um melhor sistema de segurança nas instituições.

## 1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma maquete funcional de uma porta de emergência com uma fechadura eletromagnética utilizando o microcontrolador ESP32 e sensores eletrônicos, com o objetivo de simular a abertura automática em situações críticas como alarme de incêndio, queda de energia e detecção de fumaça.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Simular o funcionamento de uma porta de emergência automatizada com acionamento eletrônico em diferentes cenários de risco.
- Implementar um sistema utilizando o microcontrolador ESP32 integrado a sensores de fumaça, alarme e queda de energia.
- Realizar um estudo de caso demonstrando a aplicabilidade prática do sistema em unidades escolares ou ambientes semelhantes.
- Demonstrar a viabilidade técnica do projeto por meio de uma maquete com recursos de baixo custo.

## 2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho tem como justificativa as condições inadequadas das portas de emergência em muitas unidades escolares. As saídas de incêndio, que deveriam ser vias de fácil acesso para uma rápida evacuação, se encontram trancadas necessitando de ação humana para serem usadas. Diante desse problema, a proposta é apresentar uma maquete demonstrativa de um sistema de automação simples e de baixo custo capaz de destravar automaticamente as portas em casos de alarme de incêndio, queda de energia ou detecção de fumaça.

A maquete será desenvolvida como uma alternativa viável devido ao alto custo para a implementação desse sistema na unidade escolar e a necessidade de autorizações. Além da maquete, será realizado um estudo de caso que demonstra como essa tecnologia pode ser aplicada à realidade, contribuindo assim para a segurança de alunos e funcionários.

## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente referencial teórico aborda a importância das normas regulamentadoras, inicialmente apresentando a NR23 (Proteção contra Incêndios) que detalha as diretrizes para a proteção contra incêndios. Em seguida, a NR10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade) que define os requisitos para instalação e serviços com eletricidade.

Complementando as normas de segurança, a NBR17240 (Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio) foi apresentada especificando os requisitos para sistemas de detecção e alarme de incêndio.

Posteriormente, apresenta o funcionamento de centrais de alarme e os seus tipos, as convencionais e endereçáveis, junto com suas particularidades. As fechaduras eletromagnéticas se mostraram eficientes para ambientes onde há um grande fluxo de pessoas. Em seguida, os sensores de fumaça foram abordados, o MQ-2 e o MQ-7, que identificam fumaça e outros gases.

Por fim, o microcontrolador ESP32 foi destacado para ser usado como a central de alarme da maquete, por sua eficiência em lógica de detecção múltipla, ele atuará em conjunto com o módulo relé duplo, sendo responsável por comandar o destravamento da fechadura e o acionamento da buzina.

A compreensão desses conceitos é essencial para o desenvolvimento desse trabalho.

### **3.1 NR23 – Proteção Contra Incêndios**

As Normas Regulamentadoras (NR), regulamentam e fornecem orientações sobre as obrigações, direitos e deveres relacionados à saúde e segurança do trabalhador, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes no local de trabalho.

De acordo com a Norma regulamentadora número 23, que estabelece as medidas necessárias para a prevenção de incêndios, as saídas de emergência devem ser mantidas livres de obstáculos, nunca se deve colocar objetos, caixas ou equipamentos que possam obstruir portas, corredores ou escadas, as rotas de fuga devem ser identificadas e sinalizadas e durante o horário de trabalho. As portas podem ter travas especiais (como a barra antipânico), porém devem permitir que a porta seja aberta facilmente pelo lado de dentro, para que todos possam escapar rapidamente (BRASIL, 2022).

### **3.2 NR10 – Segurança em Instalações e Serviços Elétricos**

A Norma regulamentadora número 10, Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, é a norma regulamentadora que estabelece os

requisitos e as condições mínimas para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem com instalações elétricas e serviços com eletricidade.

Os principais requisitos da NR10 abordam as medidas de controle de riscos elétricos, diagramas unifilares das instalações elétricas atualizados, medidas de proteção coletiva e uso de equipamentos de proteção individual (EPI), e afirma que, todas as instalações elétricas devem ser construídas, montadas, operadas e inspecionadas de forma que garanta a segurança dos trabalhadores e usuários. Dessa forma, qualquer projeto que envolva interação direta ou indireta com eletricidade deve estar regulamentado pela norma, de forma que todas as suas etapas sejam realizadas com devida atenção à segurança (BRASIL, 2019).

### **3.3 NBR17240 – Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio**

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a Norma Brasileira Regulamentadora número 17240 estabelece os requisitos para a instalação de sistemas de alarme de incêndio em edificações, incluindo desde a escolha dos detectores até os procedimentos de teste e manutenção, garantindo a segurança.

A NBR17240 especifica os requisitos para a central de alarme, que deve monitorar os detectores, acionar alarmes e fornecer informações sobre a localização do incêndio para a evacuação, também exigindo fontes de alimentação para garantir o funcionamento do sistema mesmo em caso de falha de energia (ABNT NBR, 2010).

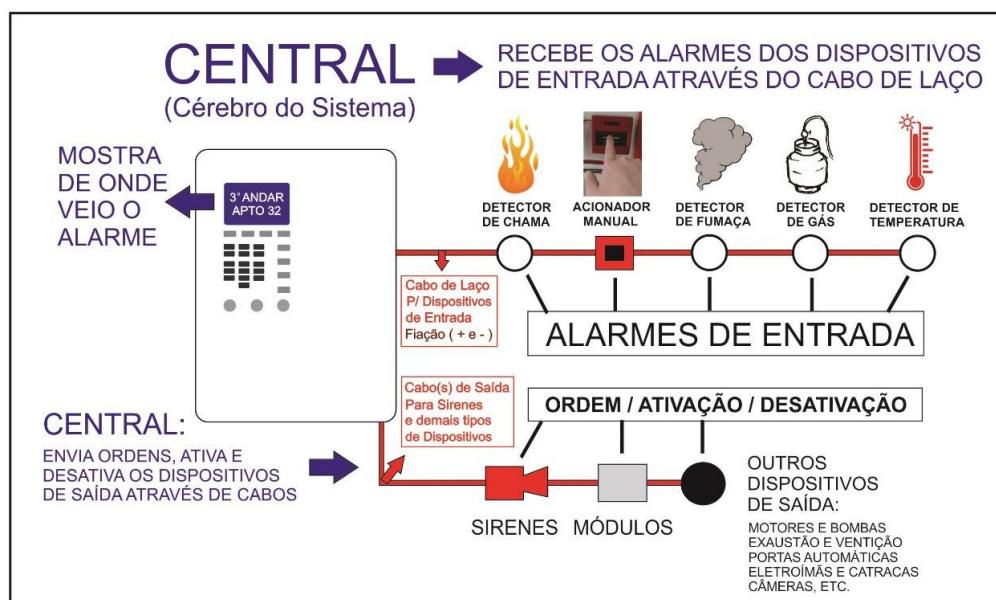
Seguir conforme a NBR17240 é fundamental para a aprovação do Corpo de Bombeiros e para a obtenção do Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros (AVCB). A norma se aplica a uma ampla variedade de edificações, incluindo escolas e também exige manutenção periódica dos sistemas de alarme de incêndio, incluindo testes de sensores, sirenes, baterias e painéis de controle (ABNT NBR, 2010).

### 3.4 Central de Alarme

Uma central de alarme é o componente central de um sistema de detecção de incêndio, sua principal função é monitorar os dispositivos instalados no ambiente, como acionamentos manuais, sensores de fumaça e outros detectores, e assim, executar ações apropriadas nas situações de emergência.

O sistema de alarme geralmente envolve sensores posicionados em pontos estratégicos, que quando detectam alguma anormalidade, como fumaça, calor ou movimento, enviam um sinal para a central que processa essa informação, e dependendo do sinal, dispara sirenes ou realiza outras ações programadas. No caso de incêndio, a central de alarme recebe os sinais dos sensores de fumaça ou dos acionadores manuais, e ao receber o sinal de alerta a central ativa os dispositivos de notificação, como sirenes e alarmes visuais, alertando as pessoas presentes no local sobre a emergência e permitindo que se iniciem os procedimentos de evacuação. Além disso, centrais de alarme mais avançadas podem oferecer funcionalidades como a identificação da zona onde o alarme foi disparado e a integração com outros sistemas de segurança. A figura 2 apresenta um esquema com cada item que pertence ao sistema de uma central de alarme de incêndio e os dispositivos de entrada e saída.

Figura 2 - Central de Alarme e seus dispositivos de entrada e saída



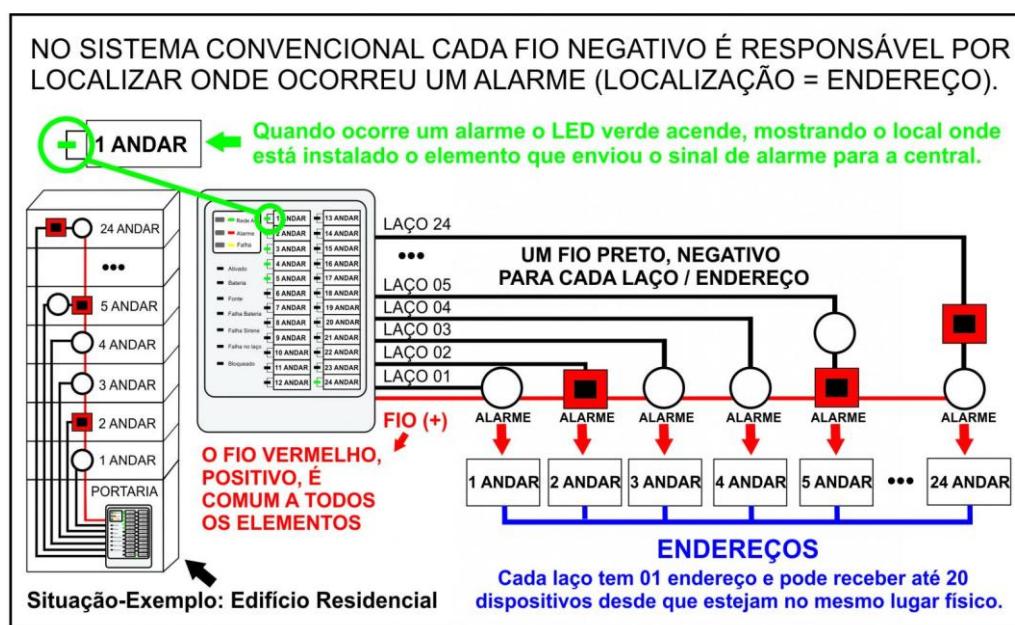
Fonte: ABAFIRE (2025).

### 3.4.1 Centrais de Alarme Convencionais

Sistemas de alarme convencionais, são separados em setores que estão ligadas a um ou mais dispositivos e conectadas a central. Quando um dispositivo em um determinado setor é ativado, a central indica que houve um alarme naquela área, mas não especifica qual dispositivo individualmente foi acionado.

Segundo (Reis, 2022), esse tipo de sistema é mais comum em edificações menores. A principal limitação acontece em caso de alarme, pois, há apenas conhecimento da área onde ocorreu a emergência, exigindo uma inspeção para identificar o dispositivo específico. A figura 3 exibe um esquema de funcionamento de uma central de alarme convencional.

Figura 3 - Esquema de fiação e funcionamento do sistema de alarme convencional



Fonte: ABAFIRE (2025).

### 3.4.2 Centrais de Alarme Endereçáveis

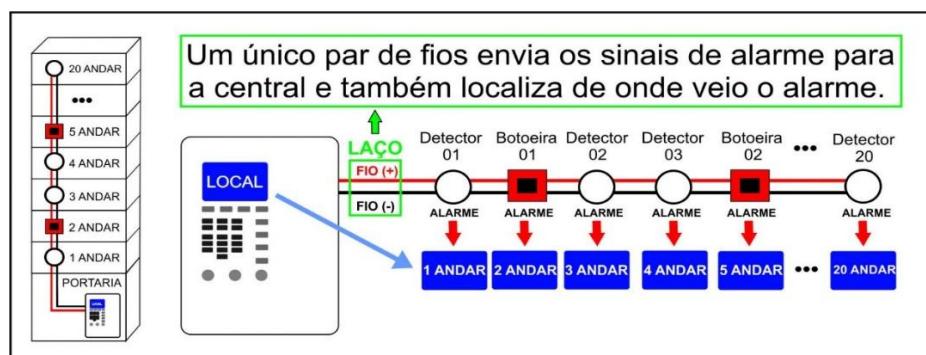
Os sistemas endereçáveis permitem que cada dispositivo de detecção tenha um endereço único, dessa forma, a central de alarme consegue identificar com precisão qual dispositivo foi acionado e sua localização exata, facilitando a identificação da origem do alarme.

Os sistemas endereçáveis podem ser subdivididos em classes quanto a forma de comunicação com a central, sendo elas A e B.

- **Classe A:** Possuem uma fiação de retorno conectada a central, criando um círculo. Se a conexão for rompida, a comunicação até a central pode ser feita pelo outro ponto da ligação, não causando danos a emissão de dados.
- **Classe B:** Não possuem fiação de retorno, sendo assim, se houver rompimento da fiação, os dispositivos podem perder a conexão total ou parcial com a central.

De acordo com (Damasceno, 2019), os sistemas endereçáveis são mais adequados para edificações maiores e com maior circulação de pessoas, onde a precisão na identificação do alarme é fundamental. Além disso, centrais endereçáveis geralmente oferecem mais funcionalidades, como informações sobre o estado de cada dispositivo ligado à central. A figura 4 exibe um esquema de funcionamento de uma central de alarme endereçável.

Figura 4 - Esquema de fiação e funcionamento do sistema de alarme endereçável



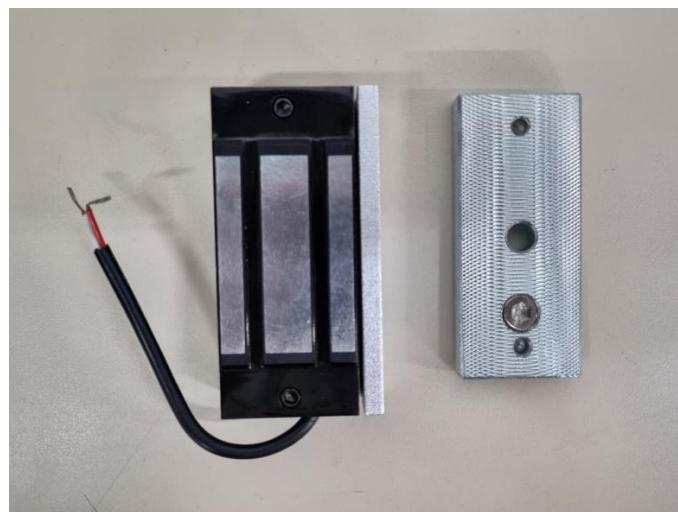
Fonte: ABAFIRE (2025).

### 3.5 Fechadura Eletromagnética

As fechaduras eletromagnéticas, são dispositivos de travamento que utilizam o princípio do eletromagnetismo para manter uma porta fechada. Elas consistem em um eletroímã instalado no batente da porta e uma placa de aço fixada na porta. Quando uma corrente elétrica passa pelo eletroímã, ele gera um forte campo magnético que atrai e mantém a placa de aço firmemente aderida, travando a porta.

As fechaduras eletromagnéticas apresentam diversas vantagens e oferecem um alto nível de segurança, devido à sua força quando acionadas e o princípio de "falha segura" ("fail-safe"), isso significa que, na ausência de energia elétrica o campo magnético desaparece e a porta é automaticamente destravada. Além disso, possuem fácil instalação e integração com outros sistemas de segurança, como alarmes de incêndio. A figura 5 mostra a imagem de uma fechadura eletromagnética.

Figura 5 – Fechadura Eletromagnética



Fonte: OS AUTORES (2025).

### 3.6 Sensores de Fumaça

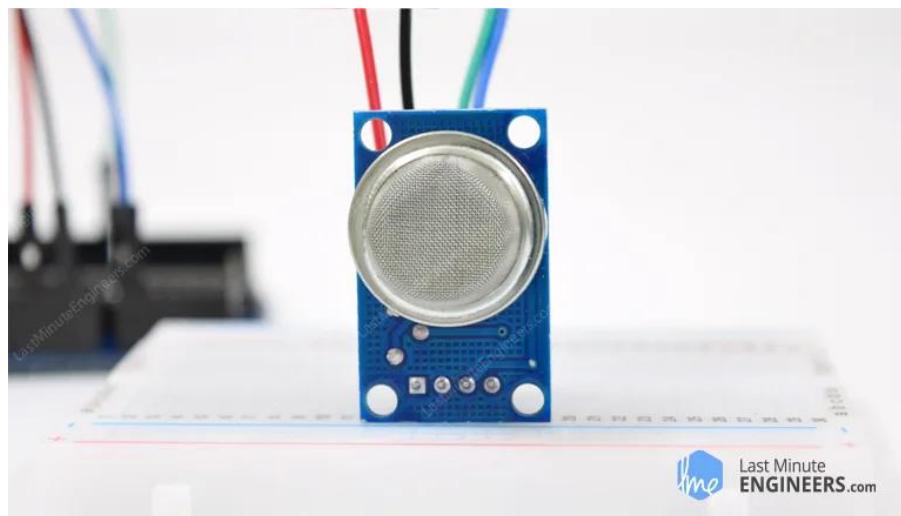
Os sensores de fumaça são dispositivos essenciais em sistemas de controle de incêndio, eles monitoram continuamente o ar e ao detectarem a presença de fumaça disparam um alarme de emergência.

Existem diferentes tipos de sensores de fumaça, sendo os mais comuns os fotoelétricos e os iônicos. Os sensores fotoelétricos detectam fumaça através da dispersão da luz, enquanto os iônicos detectam alterações na corrente elétrica causada pela presença de fumaça.

### 3.6.1 MQ-2

O sensor de gás inflamável e fumaça MQ-2 é responsável por detectar gases como: GLP (Gás de cozinha), metano, propano, butano, hidrogênio, álcool e gás natural, podendo detectar esses gases quando suas concentrações estão entre 200 e 10.000 partes por milhão (ppm). Funciona com 5 volts de corrente contínua e consome cerca de 800 miliwatts de energia. Sendo compatível com microcontroladores, como o ESP32, o que facilita sua integração em projetos de sistemas embarcados. A figura 6 mostra uma imagem do sensor MQ-2.

Figura 6 – Sensor MQ-2



Fonte: LAST MINUTE ENGINEERS (2025).

O MQ2 é um sensor acionado por aquecedor, o que significa que utiliza calor para detectar gases. Possui duas camadas de malha de aço inoxidável, chamadas "rede antiexplosão", impedindo que o aquecedor pegue fogo na presença de gases inflamáveis. Além disso, a malha é mantida firmemente no lugar por um anel revestido de cobre que se conecta ao restante do corpo do sensor, assim ela bloqueia entrada de poeira e partículas sólidas, permitindo

somente a passagem dos gases. A figura 7 mostra a malha do sensor, em inglês “anti explosion network” e o anel revestido de cobre, em inglês “clamp ring”.

Figura 7 – Malha e anel do sensor MQ-2



Fonte: LAST MINUTE ENGINEERS (2025).

A parte interna possui um elemento sensor preso a seis terminais de metal, dispostas em padrão estrela, que se projetam de uma base redonda feita de baquelite (um tipo de plástico rígido).

Dois dos terminais, identificados como H, são responsáveis por aquecer o elemento do sensor, conectados a uma bobina feita de liga de níquel-cromo. Uma liga metálica de boa condução elétrica e resistividade a altas temperaturas.

Os outros quatro terminais, identificados como A e B, são responsáveis por transportar os sinais elétricos para outro componente elétrico ligado ao sensor, eletrônica externa. Esses terminais são conectados ao elemento sensor por meio de fios de platina. A figura 8 mostra a parte interna do sensor e seus seis terminais.

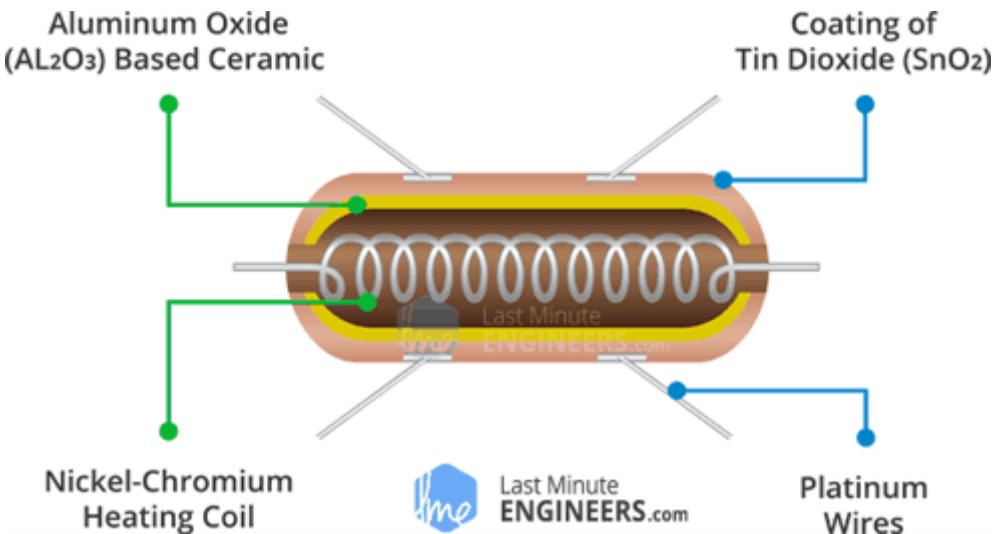
Figura 8 – Parte interna do sensor MQ-2 e seus terminais



Fonte: LAST MINUTE ENGINEERS (2025).

O elemento sensor é feito de cerâmica de óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) com uma fina camada de dióxido de estanho ( $\text{SnO}_2$ ). O dióxido reage quimicamente com gases inflamáveis (combustíveis), causando alterações na resistência que o sensor pode medir. A base de cerâmica garante a distribuição uniforme do calor e mantém o sensor na temperatura operacional adequada. A figura 9 mostra o elemento sensor do MQ-2.

Figura 9 – Sensor do MQ-2



Fonte: LAST MINUTE ENGINEERS (2025).

Ao ligar o sensor MQ-2, a parte feita de dióxido de estanho começa a aquecer. Quando esse material está quente, ele atrai as moléculas de oxigênio do ar e o oxigênio se fixa na superfície, atraindo os elétrons do dióxido de estanho, o tornando um material isolante e dificultando a passagem de eletricidade. Esse é o estado de "repouso" do sensor, quando não há perigo.

Quando gases perigosos ou fumaça surgem no ambiente e alcançam o sensor, eles reagem com o oxigênio que está preso no material. Essa reação libera os elétrons que haviam sido atraídos pelo oxigênio, fazendo com que voltem para o dióxido de estanho. Com o retorno dos elétrons, o material deixa de ser um isolante e se torna um condutor de eletricidade novamente. O sensor MQ-2 funciona detectando mudanças na resistência elétrica.

O sensor de gás MQ2 fornece saída digital, que indica se há gases presentes. E saída analógica, que mostra a concentração de gás no ar. A figura 10 apresenta os pinos do sensor.

Figura 10 – Pinos do MQ-2



Fonte: LAST MINUTE ENGINEERS (2025).

### 3.6.2 MQ-7

O sensor MQ-7 é responsável por identificar a presença do gás Monóxido de Carbono (CO) no ar em concentrações que variam de 10 a 10.000 partes por milhão (ppm). A figura 11 apresenta uma imagem do sensor.

Figura 11 – Sensor MQ-7



Fonte: THE ENGINEERING PROJECTS (2024).

Esse sensor possui uma malha dupla de aço inoxidável, permitindo apenas a passagem de gases e protegendo sua estrutura interna. A figura 12 mostra a parte do sensor que contém a malha.

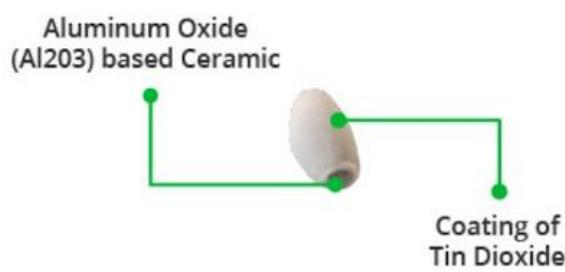
Figura 12 – Malha do sensor MQ-7



Fonte: THE ENGINEERING PROJECTS (2024).

A parte interna do sensor MQ-7 é a mesma do MQ-2, com os dois pinos A e os outros dois B, responsáveis por transportar os sinais elétricos. E os quatro pinos H, responsáveis por aquecer o elemento do sensor, feito de cerâmica de óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) com uma fina camada de dióxido de estanho ( $\text{SnO}_2$ ), que possui a função de absorver o CO. Os pinos do MQ-7 também são conectados ao elemento do sensor por uma ligação em estrela. A figura 13 mostra o elemento sensível do sensor.

Figura 13 – Elemento sensível sensor MQ-7



Fonte: THE ENGINEERING PROJECTS (2024).

Da mesma forma que o MQ-2, o elemento sensível do MQ-7, feito de dióxido de estanho, começa a aquecer atraindo as moléculas de oxigênio do ar, que se fixa na superfície do sensor, atraindo os elétrons do dióxido de estanho, o tornado um material isolante.

Quando o monóxido de carbono está presente no ar, ele reage com o oxigênio, essa reação devolve os elétrons de volta ao dióxido de estanho, que passa a ser um material condutor novamente, então o sensor converte essa variação de resistência em uma medida proporcional a presença de monóxido de carbono.

O diferencial do MQ-7 é que ele não opera em uma voltagem constante, esse processo é chamado de ciclo de aquecimento. E funciona em dois estados.

- **Estado de alta temperatura (5V):** Durante um período de tempo, geralmente 60 segundos, os pinos responsáveis por aquecer o sensor recebem 5V. Isso eleva a temperatura do sensor para que ele elimine outros gases que possam ter se fixado no material, garantindo que ele esteja "limpo" para a próxima medição.
- **Estado de baixa temperatura (1.5V):** Os pinos H recebem 1,5V por um período mais longo, geralmente 90 segundos. Nesse momento, o sensor é mais sensível ao monóxido de carbono e a leitura é feita.

O ciclo do aquecimento precisa ser feito continuamente, para que o sensor possa detectar mais precisamente o monóxido de carbono. A alternância de temperatura ajuda a ignorar outros gases, que poderiam causar leituras falsas, tornando a detecção de CO mais precisa.

O sensor MQ-7 possui pino analógico, que indica a concentração do monóxido de carbono, proporcional ao sinal de tensão. E pino digital, que indica se há ou não CO. A figura 14 apresenta os pinos do sensor.

Figura 14 – Pinos do sensor MQ-7



Fonte: THE ENGINEERING PROJECTS (2024).

O MQ-7 precisa de um período de aquecimento, geralmente 24 a 48 horas para calibração completa. Para uso básico, são necessários 20 a 30 minutos, assim, estabilizando suas leituras. Antes de sua aplicação, é recomendável deixar o sensor ligado por pelo menos 20 minutos, tornando suas medições mais confiáveis.

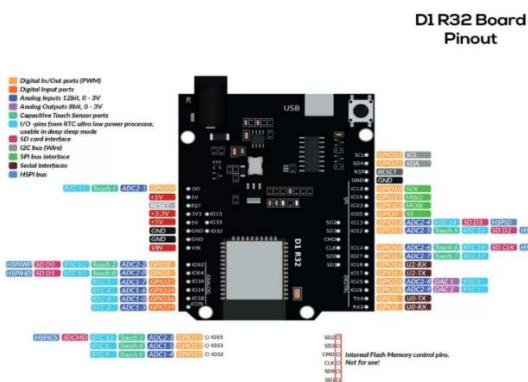
## 3.7 ESP32

O microcontrolador ESP32 desenvolvido pela Espressif Systems, se diferencia de controladores mais básicos por conter conectividade com Wi-Fi e Bluetooth, o que o torna uma boa opção para aplicações voltadas para a Internet das Coisa (IoT).

Conforme apontado por (Mello, 2023), o ESP32 é composto por um ou dois núcleos de processamento Tensilica Xtensa LX6, o que permite que o usuário execute tarefas complexas em paralelos, cada núcleo pode operar em uma frequência de até 240MHz, o que torna esse controlador capaz de processar uma ccc, além das muitas linguagens de programação que podem ser usadas como C, C++, MicroPython, Lua e JavaScript. Além de possuir memória RAM e Flash, juntamente com interfaces periféricas, como GPIOs, I2C, SPI e UART, o que expande significativamente suas aplicações.

No contexto do presente projeto, o ESP32 assume a função da central de alarme. A figura 15 mostra o ESP32 modelo D1 R32, que será utilizado na maquete e seus pinos.

Figura 15 – ESP32 D1 R32 e pinos.

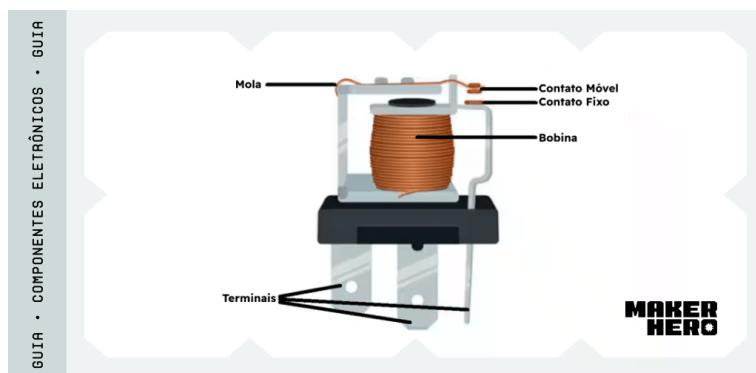


Fonte: DATASHEET (2025).

### 3.8 Módulo Relé

O módulo relé é um componente que atua como um interruptor, sua principal função é permitir que circuitos de baixa potência controlem circuitos de alta potência, garantindo segurança e isolamento. O relé utiliza um eletroímã para abrir e fechar um conjunto de contatos elétricos, isolando o circuito de controle do circuito de carga. Quando a bobina interna é energizada ela cria um campo magnético que abre ou fecha os contatos dos terminais, NA (normalmente aberto) e NC (normalmente fechado). A figura 16 mostra como funciona um relé internamente.

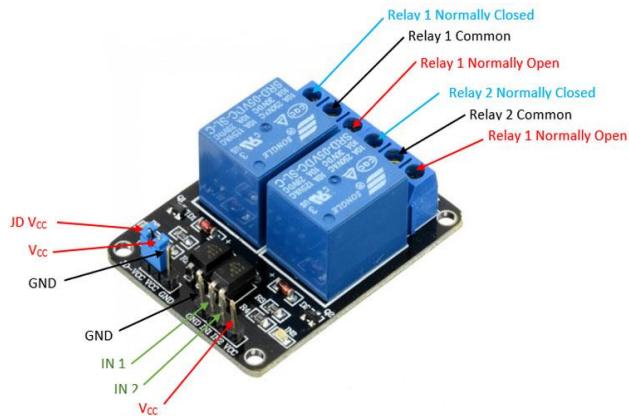
Figura 16 – Funcionamento do relé



Fonte: MAKHERO (2024).

Existem módulos relés com mais de um canal, um conjunto que é utilizado de forma simples e que cada módulo pode ser usado de forma independente. Para o projeto da maquete será aplicado um módulo com dois relés, um para a fechadura eletromagnética e um para a buzina, que funcionam com altas tensões e serão controladas pelo ESP32, que atua em tensões baixas. A figura 17 mostra um módulo relé de dois canais e seus contatos.

Figura 17 – Módulo Relé Duplo.

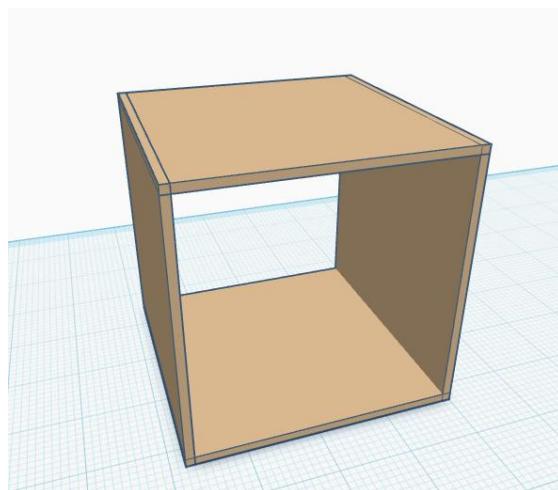


Fonte: COMPONENTS101 (2023).

#### 4 METODOLOGIA

A maquete foi construída para representar o ambiente das saídas emergência de forma reduzida e permitir a visualização clara dos componentes eletrônicos. Sua estrutura foi construída utilizando placas de MDF, com dimensões de 38x38 cm, formando um cubo que contém apenas o teto, o chão e as paredes frontal e traseira. As paredes laterais são vazadas para proporcionar melhor visibilidade dos componentes eletrônicos internos e facilitar a demonstração do fluxo do sistema. A Figura 18 apresenta o modelo 3D da estrutura da maquete, desenvolvido utilizando o simulador Tinkercad.

Figura 18 – Modelo da maquete.



Fonte: OS AUTORES (2025).

Na parte frontal da maquete foi recortada a porta de emergência e junto a ela, mais dois espaços foram recortados para a instalação do botão de emergência (B1) e o botão chave (B2), que simula a queda de energia. A Figura 19 mostra a vista frontal da maquete.

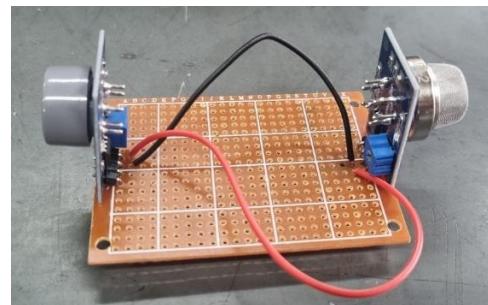
Figura 19 – Parte frontal da maquete.



Fonte: OS AUTORES (2025).

Os sensores foram soldados em uma placa de cobre para serem instalados no teto da maquete. Um fio vermelho foi usado para unir os sensores em um positivo comum com uma ponta de jumper macho para conectar ao ESP32, um mesmo fio preto foi utilizado para conectar os sensores em um GND comum. A figura 20 mostra os sensores soldados na placa.

Figura 20 – Sensores MQ na placa.



Fonte: OS AUTORES (2025).

Depois de pintar e juntar as paredes da maquete, a porta foi instalada com a chapa metálica da fechadura e as dobradiças, a buzina foi colada no teto da maquete com fita dupla face. A figura 21 mostra a maquete montada, pintada e com a porta instalada.

Figura 21 – Estrutura da Maquete Montada e Pintada.



Fonte: OS AUTORES (2025).

Logo após, as seguintes ligações foram feitas, os módulos relé foram conectados a fechadura, com o botão de simulação da queda de energia (B2) entre eles, e o segundo relé a buzina. Todos os componentes que serão conectados ao ESP32 foram soldados com fios de ponta jumper macho.

As ligações elétricas da maquete são da seguinte forma:

- Fonte 12V ligada ao relé para acionar alarme (NA) e fechadura (NC).
- Negativos da buzina e fechadura ligados ao negativo da fonte.
- Relé alimentado pelo ESP32 (5V e GND).
- Relé acionado por GPIOs do ESP32.
- Sensores MQ-2 e MQ-7 ligados em 5V e GND comuns.
- Saídas analógicas dos sensores conectadas aos GPIOs.

A outra parte da fechadura eletromagnética foi instalada em frente a chapa metálica utilizando dobradiças em L e presas com parafusos no teto da maquete. A figura 22 mostra o eletroímã instalado em frente a chapa metálica.

Figura 22 – Eletroímã instalado



Fonte: OS AUTORES (2025).

Em seguida a instalação do botão de emergência foi feita, o pino 1 foi ligado ao GPIO do ESP32, o 2 ao GND e colocado em seu lugar na maquete. A figura 23 mostra o botão de emergência instalado na maquete.

Figura 23 – Botão de Emergência



Fonte: OS AUTORES (2025).

Com isso a finalização da estrutura da maquete foi feita, A figura 24 mostra a maquete finalizada.

Figura 24 – Maquete do Sistema Automatizado para Portas de Emergência



Fonte: OS AUTORES (2025).

## 5 Funcionamento do Primeiro Caso – Detecção dos Sensores

O primeiro funcionamento da maquete começa pelos sensores MQ, que geram um sinal de tensão referente a concentração de gás ou fumaça detectada no ambiente. Essa tensão que varia de 0V a 5V será capturada por um pino GPIO, entrada analógica do ESP32 que converterá essa tensão contínua em um valor digital. No código em C++ essa tensão lida é monitorada continuamente e o microcontrolador executa a lógica se o valor fornecido do MQ-2 ou MQ-7 for maior que seu limite de segurança.

Em uma emergência o pino do ESP32, conectado ao relé envia um sinal de nível alto (HIGH) ao contato NC, para abri-lo, e interromper a passagem de tensão 12V que alimenta a fechadura. O segundo relé que atua na buzina também recebe um sinal de nível alto (HIGH), mas esse sinal vai para o contato NA, para fecha-lo, e permitir a passagem de tensão 12V para a buzina, fazendo com que haja o alarme sonoro.

Sem emergência o ESP32 envia um sinal de baixa tensão (LOW) a bobina do relé e o contato NC permanece fechado, permitindo que a tensão 12V chegue à fechadura e a mantenha trancada. E no caso da buzina, deixando aberto o

contato NA e interrompendo a passagem da tensão, fazendo com que ela permaneça desligada.

## 6 Funcionamento do Segundo Caso – Acionamento de Emergência

O segundo funcionamento da maquete acontece ao pressionar o botão de emergência (B1), ele envia um sinal ao pino GPIO, entrada analógica, do ESP32 que monitora o estado do botão e detecta a mudança de estado de nível baixo (LOW), quando não é ativado, para nível alto (HIGH), quando é ativado. Quando o microcontrolador detecta a emergência acionada pelo botão, ele envia o sinal para os módulos relé. Abrindo o contato NC, interrompendo a tensão da fechadura e fechando o contato NA, permitindo tensão a buzina.

## 7 Funcionamento do Terceiro caso – Simulação Queda de Energia

O terceiro funcionamento da maquete é feito pelo botão de simulação da queda de energia (B2), esse botão não existe na aplicação em escala real, ele apenas simula a interrupção do fornecimento de energia na instituição, demonstrando assim o funcionamento de falha-segura da fechadura eletromagnética, que irá se abrir automaticamente nesse caso.

O botão B2 não está conectado a nenhum pino do ESP32, sua ligação é em série entre o módulo relé e a fechadura, atuando como uma chave no circuito. Quando acionado sua posição passa a ser aberta e a tensão que o relé fornece a fechadura é interrompido, destravando assim a porta. Se estiver na posição fechada, ou seja, não houver acionamento, a tensão continua sendo fornecida a fechadura, mantendo a porta fechada.

## 8 Requisitos Funcionais

- Detectar a presença de gases inflamáveis por meio do sensor MQ-2.
- Detectar a presença de monóxido de carbono (CO) por meio do sensor MQ-7.
- Receber acionamento manual por meio de um botão de emergência.
- Destrarvar a fechadura eletromagnética nas situações de risco.

- Acionar a buzina no destravamento da porta.
- Utilizar o ESP32 como central de alarme para processar os sinais e executar as ações.

### **8.1 Requisitos Não-funcionais**

- Garantir tempo de resposta imediato.
- Assegurar a confiabilidade na comunicação entre sensores, botão e ESP32.
- Demonstrar a viabilidade do sistema em uma maquete
- Apresentar a possibilidade de adaptação do projeto em escala real.

## **9 Escolhas de Hardware**

A seleção dos componentes de hardware foi determinada pela busca de um sistema funcional, de baixo custo e que simulasse com precisão as condições de emergência. O ESP32, que irá atuar como a central de alarme da maquete, foi escolhido devido sua capacidade de processamento, conectividade, custo-benefício e o grande número de pinos de Entrada/Saída (I/O) que facilitam a conexão de múltiplos sensores e atuadores.

Para o travamento da porta de emergência, a fechadura eletromagnética é a mais adequada, devido ao seu princípio de funcionamento "fail-safe", ou seja, falha segura, que exige energia para permanecer trancada, caso ocorra uma queda de energia, a ausência de corrente libera a porta automaticamente.

O funcionamento da fechadura é gerenciado pelo módulo relé, que fornece corrente necessária para a operação da fechadura, já que o ESP32 opera com baixa tensão, e também, garante isolamento entre o circuito de controle do ESP32 e o circuito de potência da fechadura, protegendo o microcontrolador.

Os sensores MQ-2 e MQ-7, foram escolhidos por suas respostas rápidas de detecção. O MQ-2 identifica fumaça, gás de cozinha (GLP), metano, propano, butano, hidrogênio, álcool e gás natural. O MQ-7 é responsável pela detecção de monóxido de carbono (CO). A detecção imediata permite o destravamento da porta antes que o perigo se agrave.

Por fim, os dois botões foram incluídos na maquete para teste e simulação. O primeiro é um botão de emergência, que aciona o destravamento da fechadura e ativa uma buzina de alerta sonoro. O segundo botão, simula a queda de energia atuando como uma chave no circuito, interrompendo a passagem de corrente para a fechadura, destrancando assim, a porta emergência.

## 9.1 Escolhas de software

A seleção da linguagem C++ para o desenvolvimento no microcontrolador ESP32 é justificada por sua superioridade técnica em relação a desempenho, eficiência e integração com o projeto. Por ser uma linguagem compilada ela garante que o código seja executado na máxima velocidade, essencial para sistemas de segurança que exigem respostas imediatas para os acionamentos. Outra razão para essa escolha é a familiaridade e domínio, permitindo que o foco seja direcionado para a lógica da segurança do sistema em vez de aprendizado de uma nova linguagem.

O C++ permite um controle mais direto e eficiente sobre o hardware do ESP32, incluindo a manipulação dos pinos de I/O, a leitura precisa dos sensores e o controle rápido do módulo relé. Além disso, possui o uso da biblioteca padrão, que reúne uma coleção de classes, funções e variáveis escritas na própria linguagem, o que facilita sua utilização.

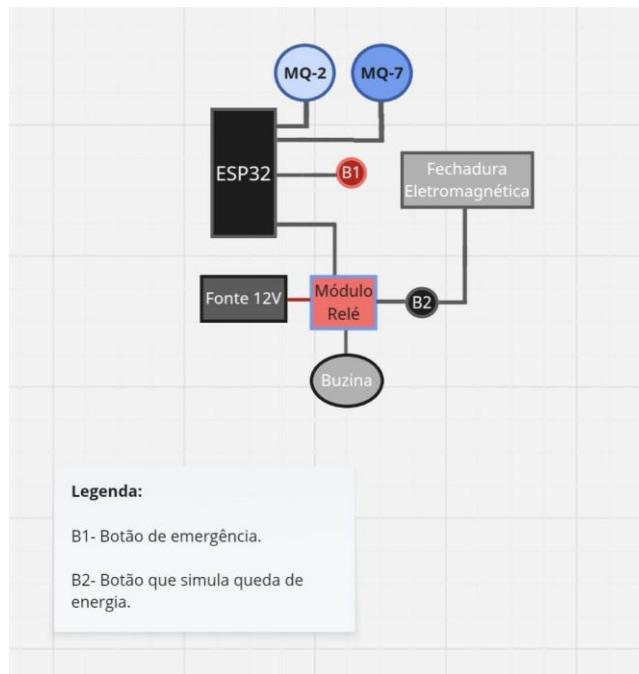
## 10 Diagramas Esquemáticos

A comunicação entre os componentes da maquete começa com o ESP32, que atua como a central de alarme, responsável por receber e processar os sinais dos sensores, MQ-2 e MQ-7, e também receber o sinal digital do botão de emergência (B1), que simula o acionamento manual do alarme. Sempre que o ESP32 receber o sinal de detecção dos sensores ou o botão B1 foi pressionado, ele enviará um sinal para o módulo relé, que deixa de fornecer corrente elétrica para a fechadura, abrindo a porta, e também, acionando a buzina como alerta sonoro. O módulo relé isola o circuito de baixa tensão do ESP32 e de alta tensão da fechadura eletromagnética e buzina, sendo responsável por fornecer a

corrente necessária, vinda da fonte 12V, para operar a fechadura e garantir seu destravamento com o comando do microcontrolador.

Por fim, o botão de simulação da queda de energia (B2), que atua entre o relé e a fechadura, não é controlado pelo ESP32. Ao ser acionado, o B2 interrompe o fornecimento de energia para a fechadura, simulando uma falha elétrica. A figura 25 apresenta um diagrama de blocos que explica o funcionamento da maquete.

Figura 25 – Diagrama de blocos da maquete.



Fonte: OS AUTORES (2025).

## 10.1 Implementações e testes

Para os testes de funcionamento do código em C++ com a interação do módulo relé e os sensores, foi feita a montagem de um circuito pelo simulador Wokwi, no caso da simulação foi utilizado apenas o MQ-2, pois o MQ-7 não é disponibilizado pela plataforma.

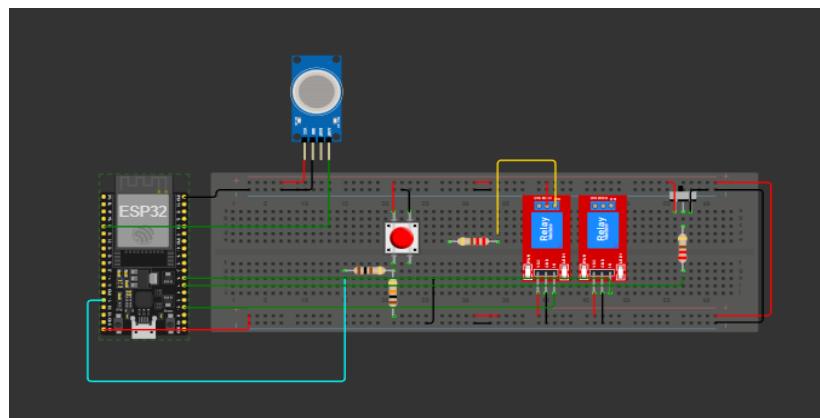
Para a primeira simulação um LED vermelho foi adicionado para representar a fechadura. Quando o LED está apagado (LOW), a porta está aberta e quando está aceso (HIGH), a porta está fechada. Se houver

identificação de fumaça pelo MQ-2, o ESP32 irá executar as ações de segurança.

A segunda simulação usa o botão vermelho, de emergência, seu acionamento resulta na abertura da porta (com o LED vermelho apagado).

Por fim, o botão deslizante não está inserido no código e também não é ligado ao ESP32, funcionando como a chave entre o módulo relé e o LED (fechadura), simulando a queda de energia e abrindo a porta. A figura 26 mostra o circuito feito pelo simulador Wokwi.

Figura 26 – Circuito de Teste



Fonte: OS AUTORES (2025).

## 11 Estudo de caso

Para a aplicação do projeto em escala real na ETEC Professor Adhemar Batista Heméritas é necessário adicionar uma nova central alarme a instituição, pois a que está instalada na mesma, não funciona e não é a correta, por ser uma central convencional. A figura 27 mostra a central de alarme presente na ETEC.

Figura 27 – Central de alarme da ETEC Professor Adhemar Batista  
Heméritas



Fonte: OS AUTORES (2025).

A substituição dos dispositivos em escala real foi selecionada de acordo com as necessidades da instituição, dessa forma, um novo sistema de alarme de incêndio foi montado, atendendo os três casos simulados na maquete, detecção pelos sensores, acionamento de emergência e queda de energia.

A central de alarme selecionada para o sistema é a CIE 1250, que oferece 250 endereços, quantidade suficiente para acomodar todos os sensores, acionadores manuais, módulos intermediários e sirenes endereçáveis previstos no projeto. Suas especificações técnicas podem ser consultadas no Anexo A.

Para a cozinha, foi escolhido o Detector de Gás + Fumaça Compacto, por se tratar de um ambiente sujeito a ocorrências repentinas envolvendo gases combustíveis e fumaça. Sua dupla detecção é ideal para esse tipo de área, que costuma apresentar sempre os mesmos riscos.

Os acionadores manuais IP20 foram especificados em três unidades por pavimento, posicionados estratégicamente, um ao centro e dois nas extremidades de cada andar. Essa distribuição facilita o acionamento rápido em caso de emergência.

Cada porta corta-fogo será equipada com a fechadura eletromagnética FE 20150, que mantém a porta fechada em condições normais de operação e libera automaticamente em situações de alarme. Por ser um dispositivo fail-safe, a fechadura também se abre na ausência de energia, garantindo evacuação segura e desobstruída.

O Detector de Gás GLP/GN Convencional Segurimax AVCB foi escolhido por sua alta sensibilidade aos gases mais comuns em edificações — GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) e GN (Gás Natural) — e por oferecer total compatibilidade com a central de alarme.

O DTE 520 é um detector de temperatura baseado na variação térmica do ambiente. Ele aciona quando identifica aumento brusco de temperatura, sendo particularmente adequado para locais com poeira, vapor ou presença de gases, onde um detector de fumaça isolado poderia não ser suficiente. Assim, atua como uma camada adicional de proteção.

O DFE 521 é um detector de fumaça endereçável de alta precisão, projetado para operar em sistemas inteligentes de detecção de incêndio. Não se trata de um sensor fotoelétrico comum, mas de um dispositivo avançado que integra de forma robusta com a linha CIE da Intelbras, adotada neste projeto.

O MDI 521 desempenha a função de interface inteligente para dispositivos convencionais operados por contato seco. Ele atribui um endereço digital aos eventos de campo e conecta simultaneamente o DFE 521, o DTE 520 e o Detector de Gás GLP/GN Segurimax, permitindo que a central CIE 1250 identifique com precisão o local exato de qualquer ocorrência. A instalação da interface e dos sensores deve ser feita em cada sala e laboratório presente na unidade.

A sirene endereçável SAV2-E é essencial para a notificação eficiente em sistemas de detecção de incêndio. Ela combina alarme sonoro e sinal visual estroboscópico, garantindo acessibilidade e atendendo às normas de segurança, especialmente para pessoas com deficiência auditiva ou em ambientes ruidosos. Além disso, sua capacidade de acionamento individual permite alertar apenas áreas específicas, evitando pânico generalizado quando a situação estiver restrita ou sob controle.

A análise orçamentária para a implementação do sistema na Etec foi feita com base em pesquisa de mercado e utilizando a média de preço de cada componente. O valor total estimado de R\$ 53.762,26 se refere apenas ao custo dos equipamentos, excluindo custos adicionais relacionados à mão de obra, instalação (cabeamento, infraestrutura) ou manutenção periódica do sistema.

O custo se justifica por ser um sistema de segurança eficiente contra incêndio, que resolve o dilema entre controle de acesso e segurança, garantindo o cumprimento das normas. A figura 28 apresenta a tabela de análise orçamentária feita para a implementação do sistema de alarme de incêndio.

Figura 28 – Tabela de Análise orçamentária

Componente	Modelo Industrial	Maquete	Preço Médio	Qtd. Estimada	Custo Total
Central de Alarme	CIE 1250 Intelbras (Endereçável)	ESP32 D1 R32	R\$ 3.239,51	1	R\$ 3.239,51
Módulos de Entrada (Sala/Laboratório)	MDI 521 Intelbras (Endereçável)	Pinos GPIO do ESP32	R\$ 215,28	55 (1 por sala)	R\$ 11.840,40
Detector de Fumaça (Sala/Laboratório)	DFE 521 Intelbras (Endereçável)	Sensor MQ-2	R\$ 125,56	55 (1 por sala)	R\$ 6.905,80
Detector de Temperatura (Sala/Laboratório)	DTE 520 Intelbras (Endereçável)	Sensor MQ-7	R\$ 143,13	55 (1 por sala)	R\$ 7.872,15
Detector de Gás (Sala/Laboratório)	Convencional Segurimax (GLP/GN)	Sensor MQ-7	R\$ 290,60	55 (1 por sala)	R\$ 15.983,00
Detector de Gás (Cozinha)	Detector de Gás + Fumaça Compacto	Sensor MQ-2	R\$ 230,00	1	R\$ 230,00
Acionador Manual	Acionador Manual Endereçável IP20	Botão de Emergência (B1)	R\$ 155,70	9 (3 por andar)	R\$ 1.401,30
Fechadura Eletromagnética	FE 20150 Intelbras (150 kgf)	Fechadura Eletromagnética Jfl-fe60	R\$ 320,10	3 (1 por saída)	R\$ 960,30
Sirene Áudio/Visual	SAV2-E (Endereçável)	Buzina 12V e Módulo Relé	R\$ 266,49	20 (Pontos Estratégicos)	R\$ 5.329,80
Subtotal de Detecção	-	-	-	-	R\$ 30.760,95
<b>Custo Total de Equipamentos (Aproximado)</b>					<b>R\$ 53.762,26</b>

Fonte: OS AUTORES (2025).

## 11.1 AVCB – Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros

O Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros (AVCB), ou o Certificado de Licença do Corpo de Bombeiros (CLCB), é o documento formal emitido pelo Corpo de Bombeiros Militar da respectiva jurisdição estadual.

Este certificado atesta se a edificação inspecionada possui as condições de segurança contra incêndio e pânico (CSIP) estabelecidas pela legislação, regulamentos e normas. Sua emissão ocorre depois vistoria técnica, onde é verificado o correto dimensionamento, instalação, manutenção e funcionalidade dos seguintes elementos:

- **Medidas de Proteção Ativas:** Sistemas de alarme, hidrantes, sprinklers, extintores e iluminação de emergência.
- **Medidas de Proteção Passivas:** Compartimentação, controle de materiais de acabamento, estrutura e rotas de fuga.

A obtenção do AVCB/CLCB configura um requisito legal para a regularização e o funcionamento de diversas categorias de ocupação.

## 12 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A maquete cumpriu todos os requisitos funcionais que foram estabelecidos pelo sistema de funcionamento.

- **Detectar a presença de gases inflamáveis pelo MQ-2 e monóxido de carbono MQ-7:** A leitura foi efetuada com eficiência pelo ESP32, que executou a lógica de segurança quando o valor digital lido ultrapassou o limite de segurança.
- **Receber acionamento manual por meio de um botão de emergência:** O estado botão de emergência (B1) foi monitorado corretamente pelo ESP32, que reconheceu seu acionamento e destravou porta.
- **Destrarvar a fechadura eletromagnética nas situações de risco:** O destravamento da porta foi efetuado pelo modulo relé instantaneamente nos três casos. O ESP32 ao detectar o risco, enviou um sinal de nível alto (HIGH) para o relé, que abriu o contato NC conectado a fechadura e liberando a porta pelo princípio fail-safe.
- **Acionar a buzina no destravamento da porta:** O acionamento foi feito pelo segundo módulo relé junto com destravamento da porta. O ESP32 fechou o contato NA conectado a buzina nos casos de emergência, fornecendo o alerta sonoro.
- **Utilizar o ESP32 como central de alarme para processar os sinais e executar as ações:** O ESP32 funcionou como central de alarme do sistema. Efetuando a leitura dos sensores, buzina e executando o destravamento da porta pelo modulo relé.

O projeto confirma os comprimentos dos requisitos não funcionais.

- **Garantir tempo de resposta imediato:** A fechadura eletromagnética junto ao ESP32 garante resposta imediata, eliminando qualquer tempo de atraso associado à intervenção

humana de busca por chaves, garantindo que a ação de destravamento seja instantânea após a detecção do risco.

- **Assegurar a confiabilidade na comunicação entre sensores, botão e ESP32:** A comunicação do ESP32 com os sensores e botão foi assegurada com o código. O botão de queda de energia funcionou isoladamente representando a interrupção do fornecimento de energia.
- **Demonstrar a viabilidade do sistema em uma maquete:** A maquete cumpriu seu papel em comprovar a eficiência do sistema de alarme de incêndio com uma porta automatizada em menor escala.
- **Apresentar a possibilidade de adaptação do projeto em escala real:** O estudo de caso confirmou essa possibilidade da aplicação do projeto em escala real. O projeto se provou totalmente adaptável a uma arquitetura de instituições.

## **13 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente Trabalho de Conclusão de Curso alcançou seus objetivos ao desenvolver e validar um protótipo de um Sistema Automatizado para Portas de Emergência com o uso do microcontrolador ESP32.

O projeto demonstrou ser uma solução viável para resolver o problema enfrentado por instituições, que mantêm as portas de emergência trancadas devido ao acesso indevido pelos alunos, uma forma irresponsável de resolver o problema, já que as rotas de fuga devem ser vias de fácil acesso.

A principal contribuição do projeto foi a validação da lógica fail-safe com a utilização da fechadura eletromagnética, comprovado que o sistema destrava a porta automaticamente nos casos de emergência, contribuindo para uma rápida evacuação e eliminando a dependência da intervenção humana com chaves.

O estudo de caso comprovou a possibilidade de adaptação da maquete para uma escala real, que está de acordo com as exigências de segurança e garantindo o Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros (AVCB).

Conclui-se que o sistema automatizado é uma solução indispensável para resolver o problema das saídas de emergência de muitas instituições, oferecendo uma alternativa tecnológica e legalmente adequada para proteger a vida humana em situações de emergência.

Uma sugestão para dar continuidade ao projeto é a integração de rede, que desenvolve a comunicação via Wi-Fi do ESP32 para notificação remota dos alarmes e monitoramento de status por um aplicativo móvel.

## 14 REFERENCIAS

ASSOSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17240**: Sistemas de detecção e alarme de incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 54 p. Disponível em: <https://doceru.com/doc/nx8e808> Acesso em: 24 maio 2025.

AVCB: o que é o auto de vistoria e como obter. 2024. Blog Produttivo. Disponível em: <https://www.produttivo.com.br/blog/avcb-auto-de-vistoria-do-corpo-de-bombeiros/> Acesso em: 22 nov. 2025.

BRASIL. Constituição (1978). **Norma Regulamentadora nº 10**, de 30 de julho de 2019. Nr 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. 598. ed. Brasil: Portaria Mtb N.<sup>o</sup> 3.214, 08 jun. 1978. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf> Acesso em: 08 jun. 2025.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 23, de 05 de setembro de 2022. **Nr 23 - Proteção Contra Incêndios**. 2769. ed. Brasil: Portaria Mtb Nº 3.214, 08 jun. 1978. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-23-atualizada-2022.pdf> Acesso em: 22 maio 2025.

**COMO funciona o sensor de gás/fumaça MQ2?** E como ele interage com o Arduino. [20--]. Last Minute Engineers. Disponível em: <https://lastminuteengineers.com/mq2-gas-senser-arduino-tutorial/> Acesso em: 11 ago. 2025.

DAMACENO, Donizeti; FUNG, Charles Way Hun; SARTORI, Rodrigo Vinicius. **Central de automação residencial de baixo custo com ESP32.** 2024. Caderno Progressus. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/progressus/article/view/2689> Acesso em: 03 maio 2025.

DAMASCENO, Paulo Augusto C. **Sistema de Alarme de Incêndio Convencional e Endereçável:** você sabe a diferença? 2019. MI Fire. Disponível em: <https://www.mifire.com.br/2019/09/12/sistema-de-alarme-de-incendio-convencional-e-enderecavel-voce-s> Acesso em: 24 maio 2025.

DATASHEET FE 20150. 2022. Intelbras. Disponível em: [https://backend.intelbras.com/sites/default/files/202204/Datasheet%20FE%2020150\\_1.pdf](https://backend.intelbras.com/sites/default/files/202204/Datasheet%20FE%2020150_1.pdf) Acesso em: 22 nov. 2025.

DATASHEET\_ CIE\_1250. 2022. Intelbras. Disponível em: <https://share.google/dEFkZLpYZZTX7CXwA> Acesso em: 22 nov. 2025.

DETECTOR De Vazamento De Gás + Detector de Fumaça Compacto. [20--]. Burnetools. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1YHfpR4AAvNdFWL6np-1caEPIgLGf-6j7/view> Acesso em: 22 nov. 2025.

FT\_42961\_-\_DETECTOR\_DE\_G\_S\_GLP\_GN\_12V\_24V\_CONVENCIONAL. [20--]. Segurimax. Disponível em: [https://www.segurimax.com.br/media/catalog/product/attachments/FT\\_42961\\_-\\_Detector\\_de\\_G\\_s\\_GLP\\_GN\\_12V\\_24V\\_CONVENCIONAL.pdf](https://www.segurimax.com.br/media/catalog/product/attachments/FT_42961_-_Detector_de_G_s_GLP_GN_12V_24V_CONVENCIONAL.pdf) Acesso em: 22 nov. 2025.

GUSE, Rosana. **O que é um relé?** funcionamento, tipos e como testar. Funcionamento, tipos e como testar. 2024. Maker Hero. Disponível em: <https://www.makerhero.com/guia/componentes-eletronicos/rele/> Acesso em: 21 nov. 2025.

ID, Equipe Control. **Fechadura eletroímã**: o que é e como funciona. o que é e como funciona. 2021. Control Id. Disponível em: <https://www.controlid.com.br/blog/controle-de-acesso/fechadura-eletroima-como-funciona/> Acesso em: 25 maio 2025.

MANUAL-DO-USUARIO-DFE-520-DTE-520-V2.PDF. 2020. Intelbras. Disponível em: <https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2020-09/Manual-do-usuario-DFE-520-DTE-520-v2.pdf> Acesso em: 22 nov. 2025.

MANUAL-DO-USUARIO-MDI-521-MIO-521-MDZ-521-IDL-521-PT.PDF. 2021. Intelbras. Disponível em: <https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2021-08/manual-do-usuario-mdi-521-mio-521-mdz-521-idl-521-pt.pdf> Acesso em: 22 nov. 2025.

MANUAL-DO-USUARIO-MDI-521-MIO-521-MDZ-521-IDL-521-PT.PDF. 2021. Intelbras. Disponível em: <https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2021-08/manual-do-usuario-mdi-521-mio-521-mdz-521-idl-521-pt.pdf> Acesso em: 22 nov. 2025.

MANUAL\_DO\_USUARIO\_AM\_E520. [20--]. Intelbras. Disponível em: [https://backend.intelbras.com/sites/default/files/integration/manual\\_do\\_usuario\\_ame\\_520\\_portugues\\_01-17\\_site.pdf](https://backend.intelbras.com/sites/default/files/integration/manual_do_usuario_ame_520_portugues_01-17_site.pdf) Acesso em: 22 nov. 2025.

MANUAL\_SAV 521E\_02-23\_site (1).pdf. 2024. Intelbras. Disponível em: [https://backend.intelbras.com/sites/default/files/202403/Manual\\_SAV%20521E\\_02-23\\_site%20%281%29.pdf](https://backend.intelbras.com/sites/default/files/202403/Manual_SAV%20521E_02-23_site%20%281%29.pdf) Acesso em: 22 nov. 2025.

MELLO, Marcio. **Placa ESP32**: descubra o que é, para que serve e muito mais. Descubra o que é, para que serve e muito mais. 2023. Victor Vision. Disponível em: <https://victorvision.com.br/blog/placa-esp32/> Acesso em: 08 jun. 2025.

MÓDULO de relé de canal duplo de 5 V. 2021. Components101. Disponível em: <https://components101.com/switches/5v-dual-channel-relay-module-pinout-features-applications-working-datasheet> Acesso em: 21 nov. 2025.

MURTA, José Gustavo Abreu. **Conhecendo o ESP32:** introdução (1). Introdução (1). 2018. Blog Eletrogate. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/conhecendo-o-esp32-introducao-1/> Acesso em: 14 ago. 2025.

REIS, Pedro. **Como funciona um sistema de alarme de incêndio convencional.** 2022. Chave Digital. Disponível em: <https://www.chavedigital.com.br/blogs/chave-digital-blog/como-funciona-alarme-incendio-convencional> Acesso em: 24 maio 2025.

**RÉPLICA da boate Kiss é construída e erros são apontados por engenheiro:** Simulação mostra ambiente com lotação permitida e com 1.000 clientes. Grades deveriam ser retiradas. Simulação mostra ambiente com lotação permitida e com 1.000 clientes. Grades deveriam ser retiradas. **G1.** Rio Grande do Sul, p. 1-1. 04 fev. 2013. Disponível em: <https://glo.bo/YNP8ac> Acesso em: 03 nov. 2025.

SANTOS, Leonardo. **Você sabe qual a diferença entre o Sistema de Alarme de Incêndio Convencional e o Sistema de Alarme de Incêndio Endereçável?** 2017. Abafire. Disponível em: <https://abafire.com.br/alarme-incendio-diferenca-convencional-enderecavel/> Acesso em: 11 ago. 2025.

SONAMONI, Jakia Sultana et al. **Sistema de monitoramento e fechadura remota inteligente baseado em IoT usando um aplicativo Android.** 2024. Apresentado na 1ª Conferência Internacional sobre Engenharia Industrial, de Manufatura e de Processos (ICIMP-2024), Regina, Canadá, de 27 a 29 de junho de 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-4591/76/1/85> Acesso em: 03 maio 2025.

XEOHACKER. **Sensor de monóxido de carbono MQ-7:** folha de dados, pinagem e funcionamento. folha de dados, pinagem e funcionamento. 2024. The Engineering Project. Disponível em: <https://www.theengineeringprojects.com/2024/02/mq-7-carbon-monoxide-sensor-datasheet-pinout-working.html> Acesso em: 07 set. 2025.

## 15 APÊNDICE A – Código da Maquete

Este apêndice contém parte do código programado em C++ executado pelo ESP32 para o desenvolvimento do projeto. O código a seguir apresenta as definições dos pinos, a função para o cálculo dos sensores MQ, seção void setup e a lógica para acionamento dos relés.

```
// Definição de pinos GPIOs e constantes de segurança.

#define MQ2_AOUT 34 // Entrada Analógica para o MQ-2
#define EMERGENCIA 14 // Pino para o Botão de Emergência NC
#define releBZN 25 // Pino para o Relé da Buzina (HIGH para Ativar)
#define relePRT 26 // Pino para o Relé da Porta (LOW para Abrir)
#define MQ7_HEATER_PIN 23 // GPIO para o controle PWM do aquecedor do
MQ-7 (MOSFET Gate)

#define MQ7_AOUT 36 // Entrada Analógica para o MQ-7 (AOUT - via Divisor
de Tensão)

const int DUTY_CYCLE_5V = 1023; // 100% de duty cycle (Fase de
Aquecimento/Limpeza)

const int DUTY_CYCLE_1V4 = 287; // Aprox. 1.4V (Fase de Leitura)

// Função para cálculo da média móvel dos sensores MQ

void atualizarMediaMovel_MQ2(int novaLeitura) {
    static int indice_MQ2 = 0; // Índice estático para o MQ-2
    soma_MQ2 = soma_MQ2 - leituras_MQ2[indice_MQ2];
    leituras_MQ2[indice_MQ2] = novaLeitura;
    soma_MQ2 = soma_MQ2 + leituras_MQ2[indice_MQ2];
    indice_MQ2 = (indice_MQ2 + 1) % NUM_MEDIAS;
    media_MQ2 = soma_MQ2 / NUM_MEDIAS;
}

// Seção void setup

void setup() {
    // --- CONFIGURAÇÃO DE PINOS ---
    pinMode(EMERGENCIA, INPUT_PULLUP);
    pinMode(releBZN, OUTPUT);
    pinMode(relePRT, OUTPUT);
```

```
// --- ESTADO INICIAL (SEM ALERTA) ---
digitalWrite(releBZN, LOW); // Buzina: Desligada
digitalWrite(relePRT, HIGH); // Porta: Fechada (Relé ATIVO/HIGH)
// Inicializa leituras com zero (MQ-2 e MQ-7)
for (int i = 0; i < NUM_MEDIAS; i++) {
    leituras_MQ2[i] = 0;
    leituras_MQ7[i] = 0;
}

// Lógica de acionamento dos relés
// Abrir Porta (relePRT)
digitalWrite(relePRT, LOW);
} else {
    // AÇÃO DE ESTADO NORMAL (SEM ALERTA)
    // Desativar Buzina (releBZN) -> LOW
    digitalWrite(releBZN, LOW);
    // Fechar Porta (relePRT) -> HIGH (Ativa o relé NC)
    digitalWrite(relePRT, HIGH);
}
// Tempo de espera
delay(100);
}
```

## 16 ANEXO A – Datasheet Central CIE 1250 Intelbras

Este anexo apresenta o Datasheet da central de alarme de incêndio endereçável CIE 1250 da Intelbras, citado no estudo de caso e referências bibliográficas. O documento comprova o estudo para possibilidade de implementação da central, substituindo o ESP32, aplicando o projeto em escala real. A figura 29 mostra as especificações técnicas da central.

Figura 29 – Datasheet Central CIE 1250 Intelbras

Tensão de alimentação	100 a 240 Vac
Tensão de operação	24 Vdc
Consumo máximo em alarme	51,4 W
Consumo em supervisão	9 W
Endereçamento	1 laço com até 250 dispositivos
Número de laços	1
Número de pontos por laço	250
Topologia	Classe A ou B
Mecanismo de alarme	Leitura do estado do dispositivo
Umidade	< 95% (sem condensação)
Temperatura de operação	-10 a 60 °C
Filtro	Proteção contra surtos nos laços, na saída de sirene e na fonte de alimentação
Conexão com repetidoras	Permite a conexão com até 4 repetidoras
Interligação entre centrais	Permite interligação com até 16 centrais na linha CIE
Peso	3,1 kg
Dimensão	240 x 290 x 100 mm

Fonte: DATASHEET (2022).