



**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL
DEP. ARY DE CAMARGO PEDROSO
Técnico em Automação Industrial**

Luiz Henrique De Araujo

Maicon Luis Costa

Ruan Pablo Santos

Tiago Da Silva Rodrigues

Wilia Oliveira Santana

CONTROLE DE VAZAMENTO DE GÁS

Piracicaba

2025

Luiz Henrique De Araujo

Maicon Luis Costa

Ruan Pablo Santos

Tiago Da Silva Rodrigues

Wilia Oliveira Santana

CONTROLE DE VAZAMENTO DE GÁS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Automação Industrial da Etec Dep. Ary de
Camargo Pedroso, orientado pela Prof^a
Milene da Silva como requisito para
obtenção do título de técnico em
Automação Industrial.

Piracicaba

2025

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo de segurança automatizado destinado a prevenir acidentes domésticos relacionados ao gás GLP, com ênfase na detecção de vazamentos e na verificação da presença de pessoas em ambientes residenciais. O sistema é equipado com um sensor de gás altamente sensível, que realiza o monitoramento contínuo da atmosfera. Em caso de detecção de vazamento ou na ausência de pessoas por um período pré-determinado, o dispositivo aciona automaticamente uma válvula solenoide, interrompendo o fornecimento de gás e, assim, mitigando o risco de incêndios ou explosões. Além disso, o sistema permite ao usuário configurar o tempo de espera para o fechamento da válvula, adaptando-se às necessidades específicas de cada residência. O aparelho conta com um botão RESET, que possibilita a reinicialização segura do sistema, e um sensor de movimento PIR, que verifica a presença de indivíduos no ambiente. Os testes realizados demonstraram que o sistema opera conforme o esperado, apresentando respostas rápidas na detecção de gás na ausência de pessoas e contribuindo para a economia de gás ao interromper o fornecimento quando não há ninguém presente. Para otimizar ainda mais o consumo de energia, recomenda-se a utilização de válvulas solenoides normalmente fechados. Futuras melhorias podem incluir a implementação de notificações móveis e a adição de sensores complementares, como sensores de curto-circuito em instalações elétricas, visando aumentar a segurança do sistema.

Palavras-Chave: Dispositivo de segurança automatizado, Gás GLP, Presença de pessoas, Sensor de gás, Prevenção de acidentes domésticos.

ABSTRACT

This work presents the development of an automated security device aimed at preventing domestic accidents related to LPG gas, with an emphasis on leak detection and the verification of the presence of individuals in residential environments. The system is equipped with a highly sensitive gas sensor that continuously monitors the atmosphere. In the event of a leak detection or the absence of individuals for a predetermined period, the device automatically activates a solenoid valve, interrupting the gas supply and thereby mitigating the risk of fires or explosions. Additionally, the system allows the user to configure the waiting time for the valve to close, adapting to the specific needs of each residence. The device features a RESET button, which enables the safe rebooting of the system, and a PIR motion sensor that checks for the presence of individuals in the environment. The tests conducted demonstrated that the system operates as expected, providing quick responses in gas detection during the absence of individuals and contributing to gas savings by interrupting the supply when no one is present. To further optimize energy consumption, the use of normally closed solenoid valves is recommended. Future improvements may include the implementation of mobile notifications and the addition of complementary sensors, such as short-circuit sensors in electrical installations, aimed at increasing the system's safety.

Key-Words: Automated security device, LPG gas, Presence of individuals, Gas sensor, Prevention of domestic accidents.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
1.1. Contexto e Justificativa	5
2. OBJETIVOS	6
2.1.1. Objetivo geral	6
2.1.2. Objetivos Específicos	6
3. REFERENCIAL TEÓRICO	6
3.1. Gás liquefeito de petróleo (GLP)	7
4. MATERIAIS	9
4.1. Arduino Nano	9
5. FUNÇÕES	15
5.1. Detecção de Vazamento de Gás	15
5.2. Detecção de Ausência de Presença	15
5.3. Controle Automatizado	15
5.4. Destravamento da Válvula	15
6. COMPORTAMENTO	16
6.1. Descrição Operacional de Funcionamento do Dispositivo	16
6.2. Detecção de Vazamento de Gás	16
6.3. Verificação de Presença no Ambiente	17
6.4. Timer	17
6.5. Modo de configuração	18
6.6. Destravamento da Válvula	18
7. IMPLEMENTAÇÃO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	19
7.1. Projeto Elétrico	19
7.2. Desenvolvimento de Código	19
7.2.1. Programação e ambiente de desenvolvimento	19
7.2.2. Bibliotecas	19
7.3. Considerações de segurança	20
7.3.1. Análise de riscos relacionados ao uso do produto	20
7.3.2. Conformidade com regulamentações e normas relevantes	21
8. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
9. CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto e Justificativa

O vazamento de gás em ambientes residenciais, comerciais e industriais representa uma séria ameaça à segurança dos usuários, podendo resultar em acidentes graves, incêndios, explosões e intoxicações. Segundo o Corpo de Bombeiros do Ceará, no ano de 2023, houve uma média de 876 ocorrências relacionadas a gases (CBMCE, 2023).

Na manhã de quarta-feira, 09 de abril de 2025, um apartamento na Vila Jesus, em Presidente Prudente (SP), teve um princípio de incêndio após o morador esquecer uma panela no fogo. O morador iniciou o combate ao incêndio com um extintor, e os bombeiros controlaram as chamas utilizando o hidrante do prédio. O fogo atingiu uma área de cerca de 6 m², danificando teto e paredes. Ninguém se feriu, e o fornecimento de gás foi desligado como precaução (G1, 2025).

A maioria desses incidentes ocorre devido a vazamentos não detectados ou atrasos na identificação e resposta ao problema. Além disso, a falta de medidas preventivas adequadas aumenta significativamente os riscos associados aos vazamentos de gás. Esses acidentes são frequentemente atribuídos a vazamentos de gás provenientes de sistemas de gás natural, GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) ou outros gases inflamáveis. As consequências desses acidentes podem ser devastadoras, resultando em perdas de vidas, danos à propriedade e impactos socioeconômicos significativos.

Diante desse contexto alarmante, torna-se evidente a necessidade de um dispositivo de detecção de vazamento de gás eficiente e confiável, capaz de identificar prontamente qualquer indício de vazamento e interromper o fluxo de gás de maneira rápida e segura. Este trabalho também se justifica por um acontecimento familiar de um membro do grupo.

2. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivo geral

Garantir a segurança dos usuários e prevenir acidentes relacionados ao vazamento de gases inflamáveis ou tóxicos no ambiente. O dispositivo foi projetado para oferecer uma solução eficaz e confiável que interrompe automaticamente a distribuição de gás em caso de detecção de vazamento ou quando não há presença detectada no ambiente do fogão após um tempo pré-estabelecido.

2.1.2. Objetivos Específicos

- Detectar a presença de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) no ambiente por meio de monitoramento contínuo da atmosfera;
- Interromper automaticamente o fornecimento de gás em caso de detecção de possível vazamento;
- Programar o tempo desejado para desligar automaticamente na ausência de pessoas no ambiente.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Em situações graves de escape de gás, a exposição prolongada pode causar intoxicação. O monóxido de carbono (CO) é um subproduto da queima de gás e, quando inalado em grandes quantidades, pode levar a sérios problemas de saúde e até mesmo à morte. O CO é invisível e inodoro, tornando difícil a detecção sem equipamentos apropriados (SESP, 2025).

Deve-se evitar permanecer em locais com acúmulos de gás, devido ao perigo de asfixia e explosões. Atualmente, a tecnologia permite automatizar essas medidas com sensores e atuadores que detectam vazamentos, bloqueiam válvulas, cortam energia e enviam alertas, tudo isso com baixo custo e garantindo uma segurança ampliada (Cândido, 2017).

3.1. Gás liquefeito de petróleo (GLP)

Os gases propano e butano são os principais componentes do gás de cozinha, sendo altamente inflamáveis, inodoros e incolores. Contudo, se eles não possuem cheiro, por que se sente um odor característico quando o gás de cozinha está vazando? (Fogaça, 202?).

Na verdade, esse cheiro não é do propano nem do butano, mas sim de substâncias de enxofre (tiocompostos ou compostos sulfurados), mais especificamente do grupo dos tióis, também chamados de mercaptanas. Essas substâncias, adicionadas ao gás de cozinha, possuem um odor extremamente desagradável e podem ser detectadas prontamente pelo consumidor, mesmo em baixas concentrações (Fogaça, 202?).

Esse gás é considerado uma fonte de energia limpa, pois apresenta baixo teor de poluentes, queima eficiente e alto rendimento térmico, sem liberar grandes quantidades de partículas no ar. Seu uso mais comum é no ambiente doméstico, como gás de cozinha, mas também é utilizado em aquecedores, churrasqueiras, estabelecimentos comerciais e pequenas indústrias, graças ao seu custo acessível e eficiência energética (Fogaça, 202?).

No setor industrial, o GLP serve como combustível para empilhadeiras, fornos, secadores e processos de esterilização. Embora seu uso em veículos não seja permitido no Brasil, em países como Coreia do Sul, Japão e Itália, ele é aceito como alternativa energética automotiva (Fogaça, 202?).

A produção do GLP ocorre em refinarias, como subproduto da destilação do petróleo bruto ou do processamento do gás natural. Durante o refino, ele integra a fração média, ao lado de produtos como gasolina, diesel e querosene (Fogaça, 202?).

A distribuição do GLP se adapta às diferentes demandas. O botijão de 13 kg é o mais utilizado nas residências, enquanto os de 45 kg são mais comuns em estabelecimentos comerciais e industriais. Em condomínios e locais com

maior consumo, é comum o uso de sistemas centralizados com abastecimento por caminhões (Fogaça, 202?).

Por ser manuseado frequentemente por pessoas sem capacitação técnica, é fundamental compreender seus perigos e formas corretas de utilização. A inalação em grandes quantidades pode causar efeitos anestésicos e levar à asfixia, já que o GLP desloca o oxigênio do ambiente. Além disso, o transporte pressurizado do gás exige cuidados específicos, pois representa um risco potencial (Fogaça, 202?).

Uma atmosfera explosiva forma-se quando ocorre a mistura entre o ar ambiente e substâncias inflamáveis - no caso, gases e vapores - em uma proporção tal que, diante da existência de uma fonte de ignição, ocorrerá a combustão e a propagação de chamas (Fogaça, 202?).

O Limite Inferior de Explosividade (LIE) varia conforme o gás, mas para a maioria dos gases inflamáveis é inferior a 5% em volume. Isso significa que é necessária uma concentração relativamente baixa de gás ou vapor para produzir um risco elevado de explosão (CROWCON, 2024).

Para que ocorra uma explosão, é necessário que estejam presentes três elementos: o gás combustível, o ar e uma fonte de ignição. Além disso, o combustível deve estar presente na concentração correta. Para além do LIE, abaixo do qual a mistura gás/ar é demasiado pobre para arder, existe também um Limite Superior de Explosão (LSE), acima do qual a mistura é demasiado rica (CROWCON, 2024).

4. MATERIAIS

4.1. Arduino Nano

O Arduino Nano é uma plataforma compacta baseada no ATmega328, ideal para projetos embarcados devido ao seu tamanho reduzido e versatilidade de E/S digitais e analógicas. Possui 14 pinos digitais (6 com PWM), 8 entradas analógicas e comunicação serial via USB.

No projeto, é responsável por processar dados sobre presença de gás e movimento, acionando o relé e controlando o display de 7 segmentos.

- Tensão nominal: 5V
- Faixa de alimentação: 6-20V
- Corrente operacional: 19mA

Figura 1 – Arduino Nano



Fonte: ARDUINO LLC. Arduino Nano technical specifications. Disponível em: <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano>.

4.2. Sensor de Presença PIR HC-SR501

O Sensor de Presença PIR HC-SR501 detecta movimentos humanos através de radiação infravermelha passiva. Quando um corpo atravessa o campo de medição do sensor, os elementos piroelétricos detectam uma mudança no nível de radiação infravermelha e geram um sinal correspondente. Este sinal é tratado para gerar o pulso de saída do sensor.

No projeto, é responsável por captar a presença por movimento e enviar sinal para o Arduino Nano.

- Tensão operacional: 5-20V DC
- Ângulo de detecção: $\leq 100^\circ$
- Distância máxima: 7 metros
- Tempo de atraso ajustável: 5-300s

Figura 2 – Sensor de Presença PIR HC-SR501



Fonte: Módulo Eletrônica. Disponível em: <https://blog.moduloeletronica.com.br/detector-de-presenca-com-sensor-pir-hc-sr501/>

4.3. Sensor Externo de Gás H24B Gas Detector Minulight

O Detector de Vazamento de Gás GLP-GN detecta a concentração de gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural (GN). Ao detectar a concentração de gás, emite um sinal sonoro e um sinal visual. O detector possui uma saída auxiliar que pode ser conectada a uma sirene externa, exaustor ou central de monitoramento.

No projeto, é responsável por captar a presença de gás nas proximidades e enviar informações para o Arduino Nano.

- Tensão nominal: 12V
- Tensão de alimentação (limites): 12V-20V
- Corrente nominal: 40-45mA (repouso) e 70-80mA (alarme)

Figura 3 – Detector de Gás H24B



Fonte: Minulight. Disponível em: <https://www.minulight.com.br/produto/detector-de-vazamento-de-gas-glp-gn/>.

4.4. Módulo Relé 1 Canal 5V

O Módulo Relé - 1 Canal 5V, apresentado na Figura 4, é um interruptor automatizado amplamente empregado em circuitos de controle automático, destinado a gerenciar correntes elevadas mediante um sinal de corrente baixa (Raisa, 2023). No projeto, o módulo aciona a válvula quando as condições de travamento são confirmadas.

- Tensão nominal: 5V DC
- Tensão de alimentação (limites): 5V
- Corrente nominal: 15-20mA

Figura 4 – Módulo Relé 1 Canal 5V



Fonte: Raisa. Módulo de relé 5V: o que é, funcionamento e suas aplicações. Disponível em: <https://blog.raisa.com.br/modulo-de-rele-5v-o-que-e-funcionamento-e-suas-aplicacoes/>.

4.5. Módulo Display de 7 Segmentos TM1637

O Módulo Display de 7 Segmentos TM1637, apresentado na Figura 5, é comumente utilizado em eletrônica e projetos como objeto de exposição para

informações alfanuméricas (Usinainfo, 202?). No projeto, ele é responsável por exibir o tempo relacionado à presença de movimento e ao travamento ou destravamento da válvula solenóide.

- Tensão nominal: 5V
- Tensão de alimentação (limites): 3,3V a 5V

Figura 5 – Módulo Display de 7 Segmentos TM1637



Fonte: Usina Info. Módulo display TM1637 7 segmentos 4 dígitos vermelho. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/display-arduino/modulo-display-tm1637-7-segmentos-4-digitos-vermelho-2943.html>.

4.6. Encoder Decoder Rotacional KY-040

O Encoder, apresentado na Figura 6, é uma ferramenta amplamente utilizada para a conversão de movimentos rotativos em impulsos elétricos de onda quadrada, gerando uma quantidade exata de impulsos por volta. Este encoder realiza 20 impulsos por revolução, permitindo calcular o deslocamento e determinar a posição e direção pelo código Gray. Possui um botão (push button) que conecta o pino (SW) ao GND quando o eixo é pressionado (Bit Maker, 202?). No projeto, ele é responsável por ser uma interface para definir o tempo máximo em que o ambiente pode ficar sem a presença de alguém; além disso, seu botão permite destravar a válvula solenóide.

- Tensão nominal: 5V
- Tensão de alimentação (limites): 5V

Figura 6 – Encoder Decoder Rotacional KY-040



Fonte: Bit Maker. Encoder decoder KY-040 rotacional. Disponível em: <https://www.bitmaker.com.br/encoder-decoder-ky-040-rotacional/>. Acesso em:

4.7. Conversor de Tensão DC/DC 3A Ajustável

O Módulo Regulador de Tensão LM2596, apresentado na Figura 7, funciona como um conversor DC-DC no modo Step Down, sendo capaz de reduzir uma carga de até 3A com ótima eficiência. A tensão de saída pode ser ajustada entre 1,5V e 35V, tendo como entrada 3,2V a 40V. Possui uma velocidade de comutação de 150KHz e pode ser aplicado em circuitos onde a saída de um sensor é superior a 5V, que é a tensão de entrada máxima em um Arduino ou PIC (Eletrogate, 202?). No projeto, ele é responsável por receber 12V de alimentação da placa e abaixar para 5V, que alimentará outros componentes.

- Tensão nominal: 12V
- Tensão de alimentação (limites): 3,2V

Figura 7 – Conversor de Tensão DC/DC 3A Ajustável



Fonte: Eletrogate. Módulo regulador de tensão step down LM2596. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/modulo-regulador-de-tensao-step-down-lm2596/>.

4.8. Válvula Solenoide para Bloqueio de Gás

A Válvula Solenoide, apresentada na Figura 8, é responsável por interromper a passagem de gás para o fogão. Sempre que houver energização da bobina, como no disparo de um detector de vazamento, a válvula terá seu mecanismo de passagem do gás bloqueado. Para desbloqueá-la, deve-se remover a tampinha transparente que envolve o êmbolo vermelho e puxar tal acessório para cima. Esse processo não pode ser efetuado remotamente, pois o propósito do sistema shut-off é garantir a inspeção humana em caso de alarme (Comercial Eletron SP, 202?).

- Tensão nominal: 12V
- Pressão mínima de trabalho: 0
- Pressão máxima de trabalho: 50 kPa
- Temperatura de operação: -10 a +50°C

Figura 8 – Válvula Solenoide para Bloqueio de Gás



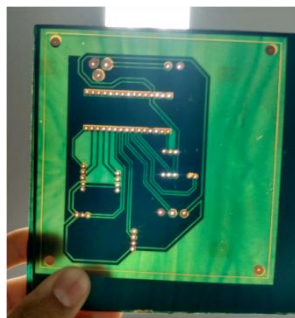
Fonte: Comercial Eletron SP. Válvula solenoide de controle, corte e bloqueio de gás de cozinha. Disponível em: <https://www.comercialeletronsp.com.br/valvula-solenoide-de-controle-corte-e-bloqueio-de-gas-de-cozinha/>.

4.9. Placa de Circuito Impresso

A Placa de Circuito Impresso, apresentada na Figura 9, é responsável por integrar o Arduino e os outros componentes, como sensores e atuadores, sem a necessidade de jumpers entre eles.

- Tensão nominal: 12V
- Tensão de alimentação (limites): 12V

Figura 9 – Placa de Circuito Impresso



Fonte: Acervo do autor.

5. FUNÇÕES

5.1. Detecção de Vazamento de Gás

O produto é equipado com um sensor de gás externo altamente sensível, capaz de detectar vazamentos de forma rápida e precisa. O dispositivo monitora continuamente a presença de gás no ambiente por meio desse sensor. Quando um vazamento de gás é detectado, um sinal de alarme é enviado ao microcontrolador para acionar as ações apropriadas. O sistema garante uma resposta rápida e confiável à detecção de vazamento de gás.

5.2. Detecção de Ausência de Presença

Quando nenhum vazamento de gás é detectado, o sistema verifica a presença de pessoas no ambiente utilizando sensores de movimento PIR. Caso nenhuma presença seja detectada, um timer é iniciado. O tempo do timer é configurável, adequado às necessidades do cliente.

5.3. Controle Automatizado

Após a detecção de um vazamento de gás ou a ausência de presença exceder o tempo determinado, o microcontrolador aciona o relé conectado à válvula solenoide de gás. A válvula solenoide é capaz de interromper o fornecimento de gás de forma rápida e segura. O sistema garante que a válvula seja acionada somente quando um vazamento de gás é detectado.

5.4. Destravamento da Válvula

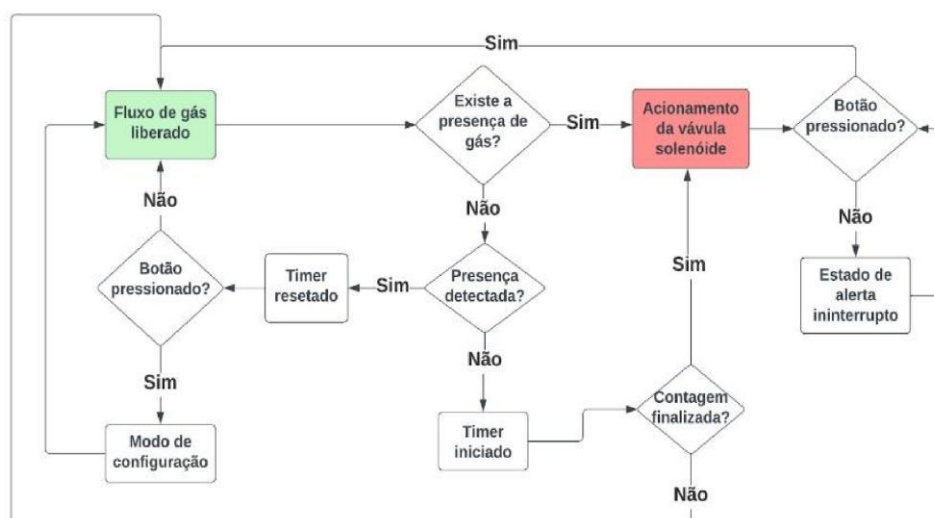
O dispositivo destrava a válvula solenoide através de um botão. Esse destravamento reinicia o sistema para seu funcionamento padrão.

6. COMPORTAMENTO

6.1. Descrição Operacional de Funcionamento do Dispositivo

A Figura 10 apresenta o fluxograma de funcionamento do projeto.

Figura 10 - Fluxo



Fonte: Elaborado pelo Autor.

6.2. Detecção de Vazamento de Gás

O equipamento deve ser instalado estrategicamente em locais próximos a possíveis pontos de vazamento de gases inflamáveis. Para isso, é necessário posicionar o sensor externo de gás de modo que ele possa analisar continuamente o ambiente e identificar a presença de gases nocivos. O sistema processará os sinais coletados pelo sensor e determinará qual situação está ocorrendo.

Caso haja detecção de gases, o sensor emitirá alertas sonoros e o equipamento apresentará efeitos visuais no display para notificar o usuário sobre a emergência. Além disso, o sistema realizará o travamento da válvula solenoide conectada ao botijão de gás, interrompendo automaticamente o fornecimento de

gás. O equipamento também entrará em modo de alerta e permanecerá travado até que o botão de reset seja pressionado, indicando que a emergência foi solucionada.

Por outro lado, caso não haja detecção de gases, o sistema passará a analisar a presença de movimento para determinar se deve ser acionado o travamento de precaução da válvula ou se o sistema deve continuar a se atualizar a todo momento para obter novas informações.

6.3. Verificação de Presença no Ambiente

Quando o equipamento for iniciado, o sensor de movimento realizará, de forma constante, uma análise do ambiente para detectar a presença de indivíduos nas proximidades. Caso haja detecção de presença, o sistema não iniciará a contagem regressiva do display e continuará a coletar informações para se manter atualizado.

Entretanto, se o dispositivo não detectar presença, a contagem regressiva será iniciada no display, com um valor padrão ou previamente ajustado pelo modo de configuração. Durante esse processo, o equipamento continuará a verificar se há presença de pessoas no ambiente. Caso a detecção ocorra, a contagem será interrompida e reiniciada, voltando para o valor configurado, e todo o processo se repetirá.

Porém, se a contagem regressiva for concluída sem interrupções, a válvula solenoide será acionada, bloqueando o fornecimento de gás para evitar possíveis acidentes e garantir economia. Nesse momento, um sinal visual será emitido no display para indicar a situação, e o sistema só poderá voltar a funcionar normalmente mediante acionamento do botão RESET, seguindo o mesmo procedimento adotado em casos de detecção de gás.

6.4. Timer

Quando não há detecção de presença no ambiente após uma verificação inicial, um timer é iniciado. Seu tempo é configurável pelo cliente e define o período em que o fornecimento de gás pode ser mantido sem ninguém presente no ambiente. Caso o tempo limite seja alcançado sem a detecção de movimento, o dispositivo assume que o ambiente está desocupado e toma medidas adicionais para garantir a segurança. É importante ressaltar que, enquanto o tempo estiver sendo decrementado, o sistema continua monitorando o vazamento de gás. A configuração do tempo limite é feita através do botão que fica ao lado do display.

Após a expiração do tempo definido pelo timer, sem a detecção de presença no ambiente, o dispositivo aciona o fechamento da válvula. Isso garante que o fluxo de gás seja interrompido em caso de ausência prolongada, minimizando os riscos de vazamento de gás.

6.5. Modo de configuração

O tempo que será cronometrado pelo dispositivo pode ser configurado pelo usuário a qualquer momento, exceto no caso em que o estado de emergência esteja ativo, sendo necessário pressionar o botão para acionar a função de RESET e normalizar a situação. Para realizar a configuração do cronômetro, é necessário manter pressionado o botão por dois segundos, até que o display pisque duas vezes, indicando que o dispositivo entrou no modo de configuração. Em seguida, os valores de tempo podem ser ajustados girando o botão nos sentidos anti-horário e horário. Primeiro ajusta-se os minutos e depois os segundos. Uma vez decidido o valor a ser utilizado, basta pressionar o botão novamente para avançar na configuração. Caso a configuração tenha sido realizada corretamente, o dispositivo retornará ao modo de operação.

6.6. Destravamento da Válvula

O destravamento da válvula é realizado por meio de um botão. Após o travamento, o display ficará piscando até que o botão seja pressionado. Não é necessário manter o botão pressionado. Essa funcionalidade é importante para garantir a segurança do usuário e evitar acidentes, além de permitir que o dispositivo seja reiniciado rapidamente e retome seu funcionamento normal.

7. IMPLEMENTAÇÃO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

7.1. Projeto Elétrico

Consumo de Energia

- Tensão de operação: 12 V
- Corrente típica: 0,4 A
- Corrente máxima: 1,47 A
- Potência típica: 3,6 W
- Potência máxima: 17,64 W

Vale ressaltar que o consumo máximo é considerado quando a válvula está acionada, ou seja, interrompendo o fluxo de gás. Em situações normais, onde o fluxo não é interrompido, considera-se o consumo de energia típico.

7.2. Desenvolvimento de Código

7.2.1. Programação e ambiente de desenvolvimento

O dispositivo em questão foi desenvolvido utilizando a placa microcontroladora Arduino Nano. Para a programação neste sistema embarcado, utilizou-se a linguagem C++, que é uma linguagem de programação *open source* de nível médio.

7.2.2. Bibliotecas

A utilização de bibliotecas no processo de desenvolvimento permite trabalhar de maneira mais eficiente e segura com os módulos empregados no dispositivo.

- a) **SimpleRotary**: relevante para a leitura precisa de módulos encoders, como o que foi utilizado no projeto para navegação no modo de configuração.
- b) **TM1637**: permite configurar diversos aspectos da visualização externa, como a ativação dos "dois pontos" e o ajuste de brilho desejado no display.

7.3. Considerações de segurança

7.3.1. Análise de riscos relacionados ao uso do produto

É fundamental realizar uma análise abrangente dos possíveis riscos associados ao uso do dispositivo de detecção de vazamento de gás, a fim de garantir a segurança e mitigar eventuais problemas que possam surgir durante sua utilização. Abaixo estão alguns cenários potenciais que podem representar riscos e possíveis soluções para essas situações:

- **Falha na detecção de vazamento**: Embora o dispositivo seja projetado para detectar vazamentos de gás, existe a possibilidade de falhas na detecção em determinadas circunstâncias. Para mitigar esse risco, é essencial realizar testes regulares no sensor de gás e garantir que esteja em pleno funcionamento. Além disso, é recomendável seguir as boas práticas de manutenção e substituir o sensor conforme a orientação do fabricante.
- **Interrupção do fluxo de gás em situações não relacionadas a vazamentos**: O dispositivo pode interromper o fluxo de gás se o tempo pré-estabelecido acabar, mesmo em situações em que não haja um vazamento real. Isso pode causar inconvenientes para os usuários. Para evitar interrupções indesejadas, é importante revisar e ajustar adequadamente as configurações de tempo conforme as necessidades específicas de cada ambiente.
- **Falha na comunicação ou operação do display e encoder**: Caso o display ou o botão rotativo não funcionem corretamente, a interface do usuário pode ser comprometida, dificultando a configuração do tempo ou

o destravamento da válvula. Para mitigar esse risco, é recomendável realizar testes de funcionamento do display e do encoder antes da instalação e substituir qualquer componente com falhas ou mau funcionamento.

- **Faíscas devido a curto-circuitos em instalações elétricas irregulares:** Um curto-circuito na instalação elétrica do ambiente pode gerar faíscas que podem ser perigosas se houver gás inflamável presente. Para mitigar esse problema, é importante realizar manutenções e vistorias periódicas nas instalações elétricas.

7.3.2. Conformidade com regulamentações e normas relevantes

É importante destacar que o dispositivo de detecção de vazamento de gás, composto por todos os componentes citados neste trabalho, não foi submetido a testes ou certificações por órgãos competentes brasileiros, como o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia). Por conta disso, não é garantida a conformidade com todas as regulamentações específicas que um dispositivo com essas características deveria atender. Apesar disso, cada componente, em sua individualidade, possui certificações e testes que garantem sua comercialização.

O projeto entregue é um protótipo de um produto, com a intenção de validar sua ideia e funcionamento, para que, em cima do protótipo desenvolvido, sejam feitos testes e ajustes para a transformação em um produto comercial. Recomendações para validação:

- **Procurar Certificação e Avaliação:** Para garantir a segurança e a conformidade do dispositivo, é altamente recomendado submetê-lo a testes e avaliações por órgãos competentes. No Brasil, o INMETRO é o órgão responsável por realizar a certificação de produtos em diversos segmentos. Ao buscar a certificação do dispositivo junto ao INMETRO, é possível comprovar que o produto atende a requisitos de segurança, desempenho e qualidade.

- **Atender às Normas Técnicas:** É essencial que o dispositivo esteja em conformidade com as normas técnicas pertinentes ao seu segmento. No caso de equipamentos relacionados a gás, a NBR 15358-1 (Instalação de Aparelhos a Gás para Uso Residencial - Parte 1: Requisitos de Segurança) é uma norma importante que estabelece requisitos para a segurança de equipamentos a gás em ambientes residenciais. Outras normas específicas podem ser aplicáveis, dependendo das características e do uso do dispositivo.
- **Consultar Órgãos Reguladores:** Além do INMETRO, outros órgãos reguladores podem ser consultados para obter informações sobre as regulamentações aplicáveis ao dispositivo em questão. A Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) são exemplos de órgãos reguladores no Brasil que podem fornecer orientações e requisitos específicos para dispositivos relacionados a gás e energia.
- **Procedimentos de Homologação:** Em casos em que o dispositivo precise ser conectado à rede de distribuição de gás natural ou energia elétrica, é importante observar os procedimentos de homologação estabelecidos pelas concessionárias locais. Esses procedimentos garantem a conformidade do dispositivo com as normas técnicas e a segurança da instalação.

É fundamental ressaltar que a conformidade com as regulamentações e normas relevantes é um aspecto crucial para garantir a segurança do dispositivo, a proteção dos usuários e a aceitação no mercado. Recomenda-se buscar orientação e apoio de especialistas em certificação, consultorias técnicas e dos órgãos reguladores mencionados para obter as diretrizes adequadas e realizar os procedimentos necessários para validar a comercialização do dispositivo no mercado brasileiro.

8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o processo de desenvolvimento do dispositivo de detecção de vazamento de gás e interrupção de fluxo, foram alcançados resultados

significativos que atendem aos objetivos iniciais estabelecidos. O sistema desenvolvido demonstrou eficácia na detecção de vazamentos, com o sensor respondendo rapidamente às situações de risco. A válvula de interrupção funcionou conforme o esperado, fechando automaticamente em casos de vazamento ou na ausência de pessoas no ambiente, o que contribui para a segurança domiciliar. A Figura 11 apresenta o protótipo funcional desenvolvido.

Figura 11 – Protótipo funcional desenvolvido



Fonte: Acervo do Autor.

Recomenda-se, para melhorias futuras, uma maior ênfase na validação e conformidade do produto com as regulamentações e normas relevantes. A busca por certificações junto a órgãos competentes, como o INMETRO, é fundamental para garantir a segurança e a confiabilidade do dispositivo, bem como a aceitação no mercado. Em relação aos componentes do aparelho eletrônico, sugere-se o uso de válvulas solenoides N.F. (Normalmente Fechadas), de 12V, pois estas garantem que a válvula seja aberta apenas quando houver necessidade de uso do gás, reduzindo o consumo de energia elétrica. Além disso, recomenda-se a utilização de sensores de presença mais precisos e com rápida resposta.

Quanto aos próximos passos, sugere-se a realização de testes adicionais, incluindo testes de longa duração e testes de campo, para avaliar o desempenho e a durabilidade do produto em diferentes condições de operação. Melhorias na

interface do usuário também podem ser consideradas, visando proporcionar uma experiência ainda mais intuitiva e amigável.

9. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi possível criar um sistema que ajuda a proteger as residências contra incêndios causados por vazamentos de gás, um problema que pode resultar em acidentes graves. O dispositivo desenvolvido não apenas detecta vazamentos, mas também identifica a presença de pessoas no ambiente, fechando a válvula automaticamente quando necessário. O sistema demonstrou um funcionamento eficaz durante os testes, com o sensor detectando o gás rapidamente e a válvula respondendo de forma adequada.

Adicionalmente, o projeto permite que o usuário ajuste o tempo que o sistema espera antes de fechar a válvula, personalizando a experiência de acordo com as necessidades de cada família. Um botão especial para reabertura da válvula garante que a segurança seja priorizada antes de qualquer reativação.

Este projeto ilustra como a tecnologia pode ser simples e acessível, ao mesmo tempo em que oferece uma solução útil para proteger as pessoas e evitar acidentes que podem ser fatais ou causar sequelas permanentes. A expectativa é que esse sistema contribua para a segurança e tranquilidade dos usuários. Para o futuro, seria interessante explorar formas de notificação ao morador via celular em caso de incidentes, além de considerar a adaptação do sistema para incluir outros tipos de sensores, como os de curto-circuito nas instalações elétricas da residência, aumentando ainda mais a segurança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CBMCE. **Corpo de Bombeiros atendeu 876 ocorrências com gases em 2023**. Disponível em: <<https://www.bombeiros.ce.gov.br/2023/06/13/corpo-de-bombeiros-atendeu-876-ocorrencias-com-gases-em-2023/>>.

CANDIDO, G. **Sensor de Gás MQ-135 e Família de sensores MQ - Portal Vida de Silício**. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-gas-mq-135>>. Acesso em: 23 maio. 2025.

G1. **Ao suspeitar ter esquecido panela ligada, morador aciona Corpo de Bombeiros e apartamento pega fogo na Vila Jesus, em Presidente Prudente**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/google/amp/sp/presidente-prudente-regiao/noticia/2025/04/09/ao-suspeitar-ter-esquecido-panela-ligada-morador-aciona-corpo-de-bombeiros-e-apartamento-pegafogo-na-vila-jesus-em-presidente-prudente.ghtml>>.

CROWCON. **O que é o LEL?** Disponível em: <<https://www.crowcon.com/pt/article/what-is-lel/>>. Acesso em: 23 maio. 2025.

MOREIRA, A. M. **SEGURANÇA NA UTILIZAÇÃO DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO** UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Disponível em: <https://ambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/seguranca_na_utilizacao_de_gas_liquefeito_de_petroleo_-_alessandro_marcio_moreira.pdf>. Acesso em: 23 maio. 2025.

RAUSCH, I. **Gases e vapores oriundos de substâncias inflamáveis constituem um grande risco à segurança. Prevenção exige cuidados especiais das empresas, a começar pelo Estudo de Classificação de Áreas**. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/%C3%A1reas-classificadas-por-gases-e-vapores-perigo-ar-ivo-rausch>>. Acesso em 06 Maio 2025.

SESP. **Sentiu cheiro de gás? Bombeiros orientam sobre cuidados em caso de vazamento**. Disponível em: <<https://www.sesp.mt.gov.br/-/sentiu->

cheiro-de-g%C3%A1s-bombeiros-orientam-sobre-cuidados-em-caso-de-vazamento>. Acesso em: 26 maio. 2025.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **"Composição do gás de cozinha"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/composicao-gas-cozinha.htm>. Acesso em 20 de junho de 2025.