

Sistema de Controle e Monitoramento em Tempo Real de Gases para Uso Doméstico com Tecnologia Antivazamento

Handel Emanuel Natividade Peres¹, Victor Araújo de Paiva¹,
Nathan Augusto Zacarias Xavier¹

handelnatividade@usp.br; victorpaiva2002@gmail.com; nathan@teiacoltec.org

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Antônio Carlos, 6627, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

DOI: 10.17013/risti.44.84-99

Resumo: Cotidianamente, o gás liquefeito de petróleo (GLP) e o gás natural são utilizados em residências e empresas. Dentre os diversos usos, destacam-se a queima para aquecimento e refrigeração de ambientes e a preparação de alimentos. O uso dos gases justifica-se pela elevada eficiência calorífica, se comparados aos outros combustíveis tradicionais. Além disso, a inexistência de metais pesados, fuligem ou fumaça, durante a queima, corroboram para sua escolha. Em contrapartida às vantagens apresentadas, a inalação de tais gases pode causar asfixia, tontura, irritação no sistema respiratório e ocasionar explosões, fazendo-se importante a utilização de métodos e equipamentos para prevenção. Este projeto objetivou a criação de um sistema de baixo custo que conseguisse, simultaneamente, monitorar e controlar o uso e vazamento do gás, em fogões residenciais. Segundo implementado, os resultados obtidos atestam que o sistema garante a segurança contra vazamentos em tempo hábil ao identificar a concentração do GLP no ar.

Palavras-chave: Vazamento de gás; Gás liquefeito de petróleo; Sensor de gás; Sensor de chama; Segurança residencial.

Real-Time Control and Monitoring Gases System for Household use with Anti-Leakage Technology

Abstract: Every day, liquefied petroleum gas (LPG) and natural gas are used in houses and enterprises. Among their different uses, the ones that stand out are cooking, heating, and refrigeration. Their usage is due to their high caloric efficiency when compared to other traditional combustibles. Furthermore, the absence of heavy metals, soot, and smoke during their combustion justifies their importance. Despite their advantages, their inhalation can induce asphyxia, dizziness, respiratory irritation, and may cause explosions, becoming important for the use of methods and preventive technologies. This project aimed at the development of a low-cost system that could simultaneously monitor and control gas leakage and

usage in residential stoves. As implemented, the obtained results certify that the system is able to guarantee the safety against gas leakage timely through the LPG concentration.

Keywords: Gas leakage; Liquefied petroleum gas; Gas sensor; Fire sensor; Home safety.

1. Introdução

Atualmente, as principais fontes de energia por combustão utilizadas em residências, comércios, ambientes industriais ou mesmo na agropecuária são materiais vendidos no formato de gases. No Brasil, uma das principais distribuidoras de gases indica que aproximadamente 95% da população utiliza gases para usos gerais, como aquecimento e refrigeração de ambientes, secagem de roupas, modelagem de objetos e preparação de alimentos (Ultragas, 2019). Com similar importância, na Europa considera-se o uso de gases em cerca de 21% de toda a matriz energética (IEA, 2020). Dentre os principais gases utilizados, destacam-se o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), composto por uma mistura de propano e butano, e o gás natural, que representa uma mistura de diversos gases, sendo o principal componente o gás metano, cuja concentração pode variar de 70 a 99% (Petrobrás, 2019).

O amplo uso do GLP e do gás natural se justifica devido a características importantes, como: serem gases inodoros (não possuem cheiro) e incolores (não possuem cor), e também por não serem corrosivos. Além disso, ambos possuem um grande poder calorífico, o que justifica sua utilização em residências, comércios e indústrias. Entretanto, existem também riscos associados à utilização de forma indevida. Sabe-se que os gases são expansivos e, por tal característica, o gás natural tem uma maior capacidade de dissipação no ambiente quando comparado ao GLP, que é mais denso e tende a se acumular em pontos de vazamento, como em fogões, facilitando a formação de misturas explosivas (De Lima et al., 2019). Outra grande preocupação no uso é a capacidade de asfixia e outras complicações de saúde a partir da inalação em grande quantidade desses gases. Por tais características, alguns procedimentos de segurança são necessários para um melhor manuseio desses gases, como a odorização pela inclusão de mercaptano, que introduz os cheiros característicos dos gases, mesmo que em uma pequena concentração (Petrobrás, 2019).

Além dos riscos associados às características intrínsecas dos gases, existem também problemas após a queima, uma vez que a combustão é responsável pela produção de gás carbônico, quando existe o processo de queima completa, ou de monóxido de carbono, na queima incompleta, sendo este último responsável por impedir a circulação de oxigênio no corpo, ao formar a carboxihemoglobina. Tais riscos são importantes de serem observados, uma vez que casos de óbito são noticiados de forma recorrente em todo o mundo.

Para exemplificar tais perigos, o banco de dados do Ministério da Saúde do Brasil constatou que mais de 22 mil pessoas foram intoxicadas de forma acidental entre os anos de 2016 e 2020 por substâncias químicas de uso domiciliar (Datusus, 2021). Considerando também casos internacionais, em 2019, uma família brasileira, que visitava o Chile nas férias, faleceu devido à asfixia pela elevada concentração do

monóxido de carbono, oriundo da queima de gás natural, que havia vazado do sistema de ar condicionado (BBC, 2019). Outros casos são também identificados na comunidade científica como complicações diretamente relacionadas à inalação dos gases, ou mesmo a indicação de falecimento de pessoas (Fukunaga et al., 1996) (Sirdah et al., 2013). Além da inalação, a elevada capacidade explosiva dos gases é também uma grande fonte de preocupação, podendo resultar em destruição e óbitos (G1, 2019) (AM1, 2021). Em fevereiro de 2021, o jornal francês *Le Monde* (2021), destacou a explosão ocorrida no centro de Madri, que resultou em dezenas de desabrigados e 3 mortos. Em Heysham, Inglaterra, um desastre similar acabou por destruir 3 casas e na morte de uma criança de 2 anos em (Hardy, 2012). Já no continente asiático, uma explosão em um complexo residencial em Hubei, na China, resultou na morte de 25 pessoas, além de outros 138 feridos (Daly & Heinrich, 2021).

Tendo em vista os riscos que o uso de tais gases acarreta, observa-se uma grande necessidade de ferramentas que possibilitem um maior controle e segurança. Conforme indicado, a inclusão de um cheiro característico de gás é utilizado como um método de segurança para se detectar vazamentos de gás, todavia tal ação não leva em consideração a característica anestésica e a capacidade de asfixia das pessoas. Desta forma, diversos estudos científicos buscam criar soluções que permitam uma maior segurança no uso de tais gases.

Uma das principais referências bibliográficas, que busca criar ações para aumentar a segurança perante o uso do GLP e do gás natural, propõe a utilização de um microcontrolador do tipo PIC-16F877A para o desenvolvimento de um protótipo capaz de medir tanto o GLP quanto o gás natural em uma residência. O objetivo principal foi monitorar o vazamento destes e criar alarmes sonoros e visuais caso o sistema percebesse a existência de qualquer um destes gases no ar e, principalmente, se estes gases apresentassem uma concentração em níveis críticos à saúde das pessoas (Fraiwan et al., 2011).

Seguindo a proposta de Fraiwan (2011), outras soluções foram criadas mantendo a identificação de vazamento dos gases, mas adicionando a detecção de fumaça no ambiente, visando sempre alertar os usuários. Destas soluções, há diferentes formatos possíveis de comunicação entre o equipamento central e o dispositivo de alarme. Destacam-se na literatura recente a utilização de sinais por radiofrequência (Fraiwan et al., 2011), *wireless* (Nivedhitha et al., 2013), GSM (Banik et al., 2018), envio de SMS (Mahfuz et al., 2020) e o uso de um sistema de exaustão (Anika et al., 2021).

Por outro lado, alguns projetos também buscaram atuar no combate ao vazamento de gás, como o projeto de De Lima *et al.* (2019), inspirado pelo incidente ocorrido na boate Kiss, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, em 2013. A solução proposta pelos autores baseia-se no desenvolvimento de uma sentinela que monitora a quantidade de gás e fumaça, e aciona um alarme e exaustores, que possibilitam a circulação de ar no ambiente. Observa-se, portanto, que os autores criaram um sistema capaz de monitorar e atuar no problema, utilizando dispositivos relativamente simples, como um Arduino e um sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), a partir do desenvolvimento de uma solução de automação e a supervisão do sistema como um todo.

Outro estudo que propõe uma solução também efetiva, introduz um sistema de segurança que evita o centelhamento no sistema elétrico e proporciona uma tecnologia que bloqueia o vazamento do gás. Segundo a pesquisa de Rajapaksha *et al.* (2020), o uso de uma válvula solenoide pode ser capaz de bloquear a passagem de gás de sua fonte, sendo esta utilizada em conjunto de módulos sobre os interruptores com detectores de gás, a fim de evitar que a rede elétrica, ou qualquer outra fonte de energia local, seja acionada quando detectado vazamento. Além disso, os autores desenvolveram uma solução de interface homem-máquina (IHM) que possibilitasse ao usuário entender a situação do sistema.

Além de estudos, são observados também alguns produtos vendidos por empresas especializadas na detecção e combate a incêndios domésticos e comerciais, como a iGuardStove (2021), o FireAvert (2021) e a First Alert (2021). Em geral, os produtos buscam também fazer a detecção e alertar ou atuar sobre os vazamentos de gases de forma rápida e segura. O conhecimento de tais atuações faz-se importante para observância da abordagem e importância dada por empresas. Foram buscadas também soluções próprias de fabricantes de fogões, não sendo encontradas tais implementações.

Diante do estudo exposto, o atual projeto busca desenvolver uma análise do vazamento de gás GLP em tempo real que agregue valor às soluções já estudadas e que seja capaz de criar um recurso extremamente eficiente, confiável e que não demande grandes mudanças no ambiente para ser instalado. Conforme observado, a inclusão de sensores para a detecção do gás é algo amplamente recomendado, ao passo que as formas de mitigação e alerta são diversas, não sendo unânime a melhor solução entre a comunidade. Desta forma, o projeto opta pela utilização de uma válvula para o bloqueio do vazamento, mas introduz uma solução mais dinâmica no desenvolvimento do projeto, a partir da utilização de um detector de chamas, podendo ser aplicado diretamente a um fogão convencional. Entende-se que tal solução evita a dispersão em grande escala dos gases, possibilitando uma atuação mais precoce e segura.

2. Objetivos

Conforme observado, o uso do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e do gás natural representa um risco para a saúde das pessoas, considerando as possibilidades de explosão, asfixia e demais problemas associados quando sua utilização é dada de forma incorreta, sendo acidentes bastante recorrentes. A partir deste entendimento, a seguir são indicados os objetivos para o desenvolvimento de um sistema mais seguro e eficiente, tomando como base um fogão convencional doméstico.

Baseado nos estudos prévios, o primeiro objetivo a ser proposto é alocar os sensores de gás o mais próximo possível das fontes de utilização, possibilitando uma medição em tempo real e evitando, desta forma, que o gás se espalhe pelo ambiente e possa trazer risco à saúde das pessoas. Além disso, sabendo que durante o uso de um fogão é necessário criar um rápido escapamento de gás para que este seja aceso, a inclusão de um sensor de chama auxiliaria na distinção entre um vazamento acidental e uma utilização controlada.

Buscando uma solução que possa também combater o vazamento dos gases, propõe-se a utilização de uma válvula solenoide, seguindo as colocações de Rajapaksha *et al.* (2020).

Entretanto, foi-se observado que, a fim de evitar qualquer tipo de centelhamento, a válvula deveria ser escolhida cuidadosamente. Assim sendo, foi utilizado um modelo cuja atuação natural, ou cujo conceito de *fail-safe*, pudesse impedir a passagem do gás.

Por fim, o projeto desenvolvido buscava apresentar características que pudessem atender a um vasto público alvo, a partir da criação de um sistema de baixo custo e que não demandasse grandes modificações ou atuações no ambiente a ser instalado.

3. Estudo dos dispositivos

Para a criação e implementação do sistema de segurança, buscou-se utilizar dispositivos facilmente encontrados no mercado, que fossem confiáveis e seguros para o uso em ambientes com a presença do gás GLP. Toda a lógica e especificação dos equipamentos são descritas nesta seção.

3.1. Lógica

Para o desenvolvimento do projeto, foi escolhido como microcontrolador o Arduino, o qual representa um dos principais dispositivos para criação de protótipos e projetos de baixo custo. Sendo, portanto, o dispositivo principal do sistema, responsável por armazenar a inteligência do projeto. Buscou-se a criação de uma lógica simples e objetiva, que é apresentada na Figura 1 de forma esquematizada. A primeira e primordial ação do sistema é analisar a existência de gases no ambiente.

Sabendo que é possível haver uma liberação controlada de gás a partir do uso consciente do fogão, após o sensor perceber a presença de gás, o sistema passa a fazer um monitoramento por um curto intervalo de tempo, aguardando que o sensor de chama detecte o acendimento do fogão. Durante o uso do fogão, o sistema permanece analisando a chama, até que esta se apague, terminando o uso normal do fogão.

Por outro lado, o sistema também é capaz de atuar na situação crítica de vazamento de gás. A partir da contagem do tempo, aguardando a existência de uma chama, caso o sensor não perceba a existência de fogo, o sistema desativa a válvula, de modo que esta bloqueie o vazamento de gás, e aciona um alarme aos usuários. Para que o usuário possa novamente utilizar o gás, foi proposta a desativação manual do alarme, o que indica que o usuário tem consciência das suas atitudes, além do sistema novamente medir a quantidade de gás presente no ambiente.

Observa-se que o sistema funciona de forma cíclica, de modo a sempre proporcionar uma segurança aos usuários, além de não introduzir maiores complicações.

3.2. Sensor de Gás MQ-4

O sensor de gás escolhido faz parte da família MQ, um conjunto de sensores eletrônicos voltados a medições de diversos tipos de gases, como: álcool (MQ-3), monóxido de carbono (MQ-7), hidrogênio (MQ-8), entre outros.

Segundo a ficha de dados do MQ-4, as grandezas físicas medidas fazem referência aos compostos do GLP e do gás natural (Hanwei Electronics, 2019). A Figura 2 mostra, com mais detalhes, a sensibilidade baseada na concentração de gás no ar e a relação entre a variação de resistência do sensor e a concentração de gás presente no ambiente.

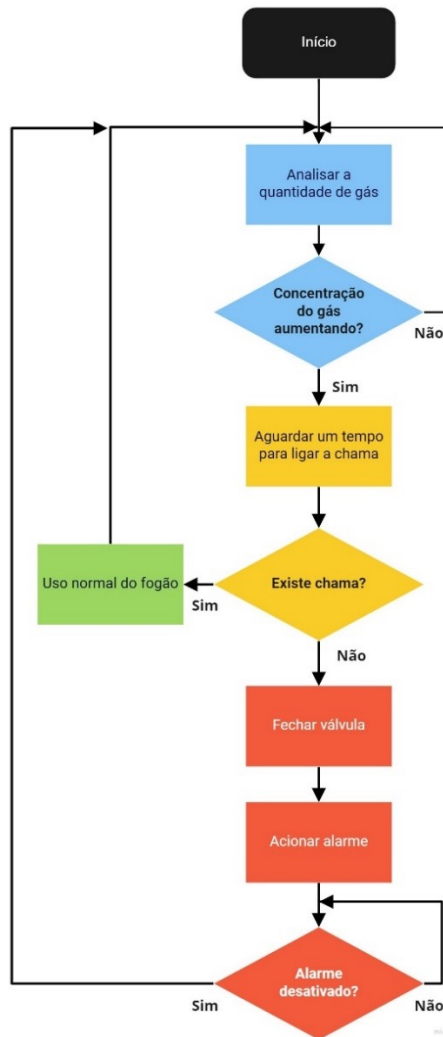


Figura 1 – Esquemático lógico de operação

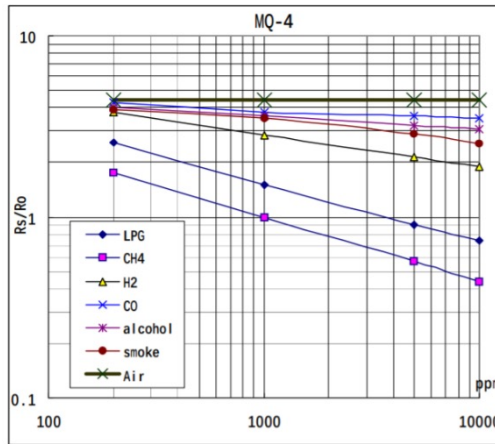


Figura 2 – Perfil de detecção do sensor baseado no tipo de gás

Observa-se que os principais gases detectáveis são o GLP (*Liquefied Petroleum Gas* – LPG) e o metano (CH₄), principal componente do gás natural, uma vez que a variação de resistência apresenta uma inclinação mais destacada. Além do estudo do *datasheet* dos sensores, realizou-se testes temporais com o sistema em funcionamento, buscando observar o comportamento real do sensor perante a presença de gás GLP.

Para melhor apresentar as informações coletadas, foi-se utilizado a indicação de Desvio Relativo (δx), o qual possibilita a visualização das variações dadas pelos sensores a partir da dinâmica das medições. Para o cálculo de Desvio Relativo, considera-se a seguinte equação:

$$\delta x = \frac{|x_i - \bar{x}|}{\bar{x}}$$

sendo \bar{x} o valor médio das x_i amostras coletadas ao longo dos testes.

Na Figura 3 são mostrados os sensores utilizados, localizados de maneira equidistantes à trempe do fogão, e suas respectivas medições. O ambiente de teste permaneceu sem gás por 20 segundos, aguardando a estabilização dos sensores e, após esse período, fez-se um vazamento de gás por mais 20 segundos. Posteriormente, contabilizaram-se outros 20 segundos para análise da dinâmica da simulação.

A partir da análise da Figura 3, nota-se diferentes características e amplitudes dos sensores de gás, dependendo da posição destes, o que indica que tanto a expansão como a saída do gás na trempe não são regulares. Adicionalmente, o valor de Desvio Relativo indica o grau de variação descrito pelo sensor a partir do referencial do ambiente sem gás. Percebe-se que todos os sensores elevam sua leitura em, ao menos, 50% na presença do gás.

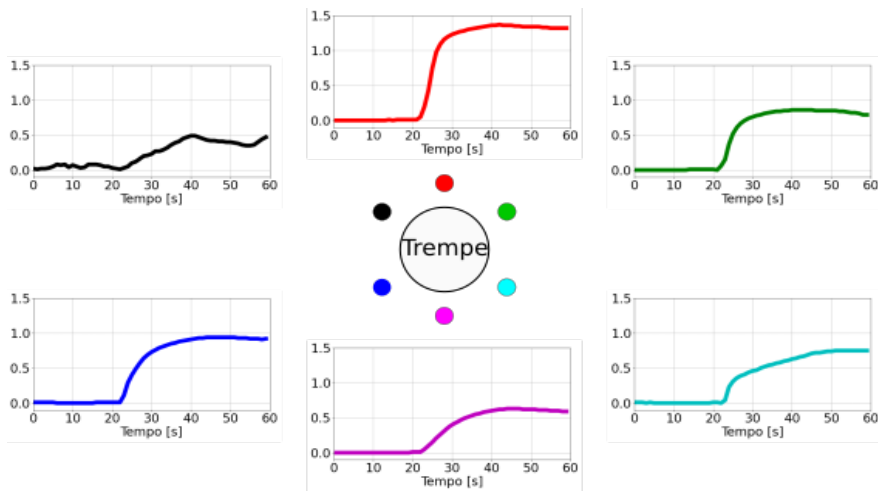


Figura 3 – Perfis de deteção dos sensores de gás por localidade.

3.3. Sensor de Chama

O sensor de chama foi escolhido por se tratar de um dispositivo sensível à radiação emitida por fontes de calor, que devem estar a uma distância relativamente pequena para a sua correta medição. Segundo a *datasheet*, a medição depende de comprimentos de onda com valores próximos de 940nm, o que representa uma grande vantagem, pois, por se tratar do espectro infravermelho, significa que o sensor não apresenta sensibilidade significativa à luz solar ou luz artificial (Sunrom, 2019).

Buscando conhecer o perfil de medição do sensor de chama, realizou-se experimentos, como mostrado na Figura 4, em um teste direcionado à chama do fogão, de modo a analisar os diversos possíveis cenários de utilização do fogão a partir de um uso normal, utilizando também o Desvio Relativo para demonstração.

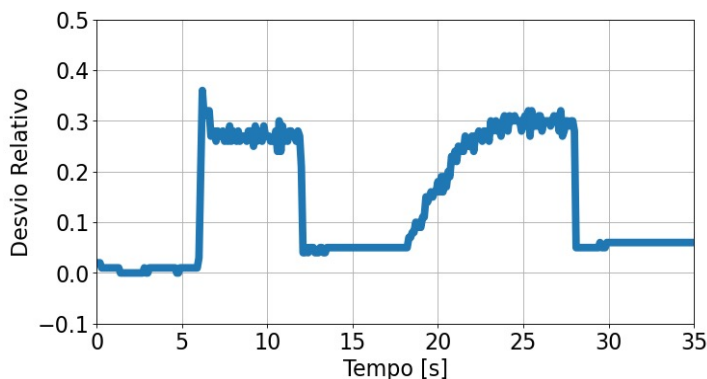


Figura 4 – Perfil de medição do sensor de chama

O teste demonstra, nos primeiros instantes, o sensor estável, indicando a inexistência de chamas. Nos entre os tempos de 7 a 13 segundos, manteve-se a chama na intensidade máxima do fogão, sendo rapidamente indicada pelo sensor e criando um segundo patamar. Logo em seguida, entre os tempos de 13 e 17 segundos, o fogão foi mantido na menor potência possível. Observa-se que, neste patamar, a leitura do sensor se aproxima da situação inicial, sem chama, mas com uma pequena diferença. Em sequência, o sistema foi variado gradativamente entre a menor e a maior intensidades da chama, para verificação da leitura analógica do sensor e, por fim, desligou-se a chama do fogão. Nota-se que o sensor, ao final do processo, passa a detectar a radiação ocasionada pelo aquecimento do local onde outrora havia chama, o que causa a pequena diferença supracitada.

3.4. Válvula solenoide

Por fim, a atuação do sistema para a interrupção do vazamento de gás é realizada através do uso de uma válvula solenoide. Sendo amplamente utilizada, a válvula solenoide é responsável por duas operações únicas: 1) gerar um bloqueio do fluido e 2) liberar a passagem com o mínimo de restrição possível. A Figura 5 mostra esse funcionamento, sendo o fluido representado pela cor azul e, indicado pelas setas, o sentido da vazão.

Para que a válvula funcione, existe uma bobina que fica responsável pelo deslocamento interno de um pistão, objeto este que gera o bloqueio do fluxo do fluido. Apesar de necessitar de energia elétrica para funcionar e estar sendo aplicado em um ambiente com um gás altamente explosivo, a válvula não gera qualquer tipo de risco, pois o deslocamento do pistão é feito através de campo magnético, ou seja, não existe qualquer possibilidade de criação de centelhamento interno, além do fato de o circuito elétrico não ter contato algum com o GLP.

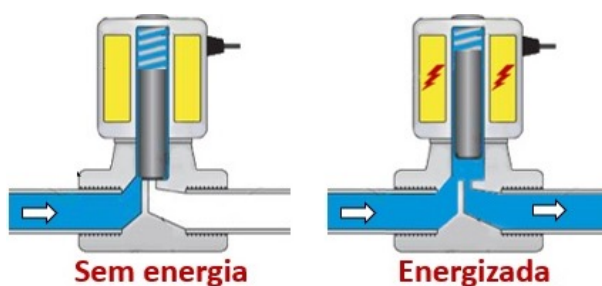


Figura 5 – Operação da válvula solenoide

A escolha da válvula leva em consideração também a possibilidade de falha do sistema, como a falta de energia elétrica. A válvula solenoide é capaz de entrar, mecanicamente, na operação *fail-safe*, ou seja, uma operação de segurança que busca evitar maiores problemas dada a existência de uma falha. No projeto em estudo, essa operação é escolhida de forma a manter a segurança das pessoas, isto é, fechar a saída de gás.

Entende-se, portanto, que o uso do fogão não fica comprometido, podendo ser utilizado sempre que necessário e de forma controlada. Caso ocorra qualquer descuido ou falhas

no sistema, este se mostra inteligente e seguro, impossibilitando o vazamento ou o aumento da concentração do gás GLP e eliminando qualquer risco à vida das pessoas, seja por inalação do gás ou pela possibilidade de explosão.

4. Desenvolvimento

Para o desenvolvimento do projeto, uma vez que envolve a inclusão de componentes não comuns em fogões convencionais, foi-se necessário fazer um estudo mecânico e eletrônico do sistema como um todo. Buscando evitar qualquer tipo de problema com temperaturas ao redor do sistema, além de visar uma maior proteção, elaborou-se um invólucro para os sensores, de modo a conferir uma melhor fixação destes no fogão.

O invólucro foi projetado para ser construído com o material Poliacetal (POM), que suporta temperaturas de até 170°C, tem elevada rigidez, baixa absorção de umidade e também é um eficiente isolante elétrico e químico. As proteções são mostradas na Figura 6 e na Figura 7, sendo-as, respectivamente, para os sensores de chama e de gás.

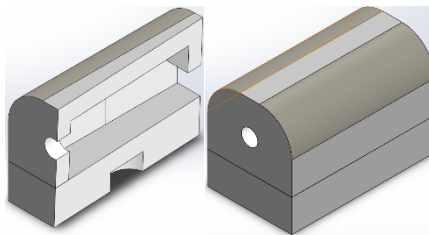


Figura 6 – Vista interna e externa do invólucro do sensor de chama

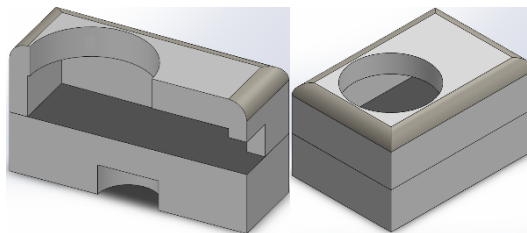


Figura 7 – Vista interna e externa do invólucro do sensor de gás

Além disso, foi projetada para melhor acomodar todos os dispositivos utilizados, conforme mostrado na Figura 8, uma estrutura de interface, a qual apresenta uma abertura frontal, onde é introduzido um display LCD, conexões de comunicação e alguns botões. Os botões são responsáveis pela interação do usuário com o dispositivo, principalmente na operação de desbloqueio do sistema quando ocorre um alarme de vazamento, mas também para demais configurações que possam tornar a experiência do usuário a melhor possível.

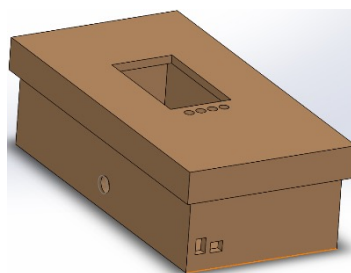


Figura 8 – Estrutura de interface com o usuário

5. Desenvolvimento Prático

A montagem física do sistema de segurança para a análise do vazamento de gás é importante para melhor observar e verificar a dinamicidade dos itens estudados e implementados, sendo crucial para atestar o funcionamento do sistema. A partir dessa necessidade de análise, foi-se desenvolvida a estrutura física do sistema para testes iniciais, conforme mostrado na Figura 9.

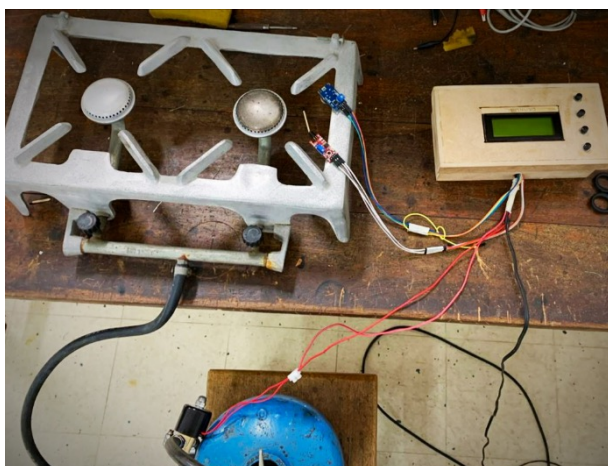


Figura 9 – Construção para testes

Na Figura 10, são demonstradas duas simulações distintas que se mantiveram sem nenhum vazamento por 20 segundos e, após esse tempo, a emissão de gás foi iniciada de forma similar. Na simulação com fogo, a chama foi introduzida em, aproximadamente, 30 segundos de simulação, sendo cessada aos 50 segundos. Já na simulação sem fogo, a válvula é acionada, automaticamente, passados 15 segundos após os sensores indicarem uma elevação média de 40% da quantidade de gás no ambiente.

Segundo esperado, os sensores especificados foram capazes de monitorar as concentrações de gás no ambiente e indicar a presença de chamas no fogão. Além disso,

a atuação da válvula foi capaz de impedir por completo a passagem do gás de cozinha, atuando de forma veloz e demonstrando que a lógica proposta funciona.

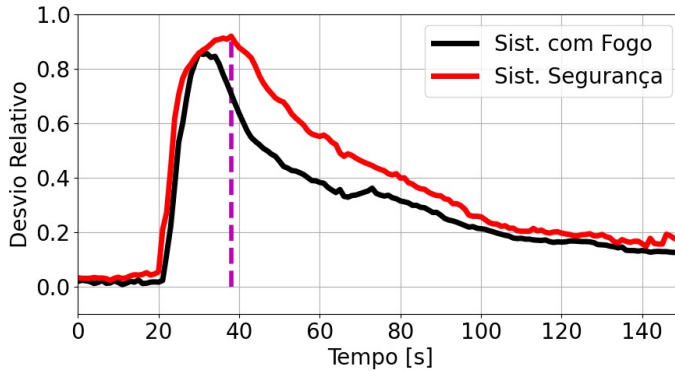


Figura 10 – Resposta do sistema nas duas possíveis atuações

Além dos resultados práticos, a maior acessibilidade para diversos públicos é também um dos focos do projeto, o que se comprova quando analisada a Tabela 1, a qual indica um custo aproximado de R\$170,00 (BRL), correspondente a U\$ 30 (USD) ou 27 € (EUR).

Componentes Eletrônicos	Preço Base	Quantidade
Arduino	R\$25,00	1
Sensor de Gás	R\$15,00	1
Sensor de Chama	R\$7,00	1
Buzzer	R\$2,00	1
Push-Button	R\$3,00	4
Resistores	R\$0,05	12
Válvula solenoide	R\$55,00	1
Display LCD	R\$50,00	1
Potenciômetro	R\$1,30	1
Relé	R\$5,00	1
Total	R\$172,90	

Tabela 1 – Lista de Materiais

Além disso, a Tabela 2 faz um comparativo entre o sistema proposto em contraste aos principais produtos já amplamente comercializados, demonstrando que a solução proposta aproxima-se de outros equipamentos já consolidados no mercado. Observa-se também que o propósito de ser uma solução de baixo custo se mantém, comparado às demais soluções.

Característica	iGuardStove	FireAvert	First Alert	Proposta de Projeto
Gases Detectáveis	GLP	GLP	GLP, Metano, CO, outros	GLP, Metano, CO, outros
Outras Detecções	Temperatura Movimento	-	-	Sensor de Chama
Alerta de Vazamento	Visual	Visual e Sonoro	Visual	Visual e Sonoro
Combate ao Vazamento	-	Válvula Comum	-	Válvula Anti-Vazamento
Preço Comercial	R\$ 4000 U\$ 695 618 €	R\$ 968 U\$ 170 151 €	R\$ 370 U\$ 65 58 €	R\$ 173 U\$ 30 27 €

Tabela 2 – Comparação do projeto a produtos consolidados comercialmente

6. Conclusões

O projeto desenvolvido teve como foco a atuação sobre vazamentos de gases de uso doméstico em geral, sendo utilizado o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) para a validação da proposta. Sabe-se que o GLP, assim como o gás natural, é amplamente utilizado em residências, comércios e indústrias, devido ao elevado poder calorífico, sendo empregado para aquecimento, preparo de comida ou modelagem de materiais. Entretanto, essas mesmas características se apresentam como um risco à vida das pessoas, quando inalado acidentalmente, ou mesmo a partir da sua inflamabilidade.

Perante tal situação, soluções para proporcionar maior segurança são importantes, como a própria inclusão de um cheiro característico de gás, que é um padrão de proteção. Entretanto, essa inclusão química nos botijões não é o suficiente para ser uma proteção completa, principalmente considerando os vazamentos do gás.



Figura 11 – Design conceitual

Desta forma, esse estudo foi responsável por elaborar um sistema capaz de monitorar e combater, de modo eficaz, os possíveis vazamentos de gás, sendo aplicado em fogões de uso doméstico.

Dentre os objetivos propostos para o estudo, destaca-se a necessidade de criação de um sistema confiável, eficaz e de rápida atuação. Além disso, o desenvolvimento de uma solução em tempo real e de baixo custo que proporciona a difusão do equipamento para um maior número de pessoas. Ademais, a solução proposta visa auxiliar o uso dos gases a partir da percepção de um vazamento ou de um uso consciente do mesmo, sendo essa operação concebida a partir da utilização de sensores que fazem a medição da concentração de gás no ambiente e de um sensor que detecta a chama no fogão. Ambos os sensores têm uma conexão com uma válvula solenoide, que cria um bloqueio do vazamento.

A partir dos testes realizados, pode-se observar que a atuação apresentou bons resultados, havendo a correta medição do gás, percepção da chama ou mesmo a desenergização da válvula para que o vazamento fosse bloqueado. O desenvolvimento prático do sistema mostrou que este pode ser aplicado em fogões de uso comum, como mostrado na Figura 11, onde é apresentado um sistema conceitual com todos os equipamentos propostos.

7. Projetos Futuros

Propondo uma continuidade do projeto, devido ao elevado impacto que este pode proporcionar no mundo, a seguir são colocados projetos futuros relacionados:

- Implementação de tecnologia de IoT e Indústria 4.0;
- Interligação da segurança do fogão com outros dispositivos inteligentes;
- Análise detalhada de expansão do gás para definição da melhor localização de fixação do sensor de gás;
- Uso do sensor de chama para o cálculo do consumo de gás.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Pesquisa (PRPq) da Universidade Federal de Minas Gerais por apoiar financeiramente este projeto.

Referências

- Anika, A. M., Akter, M. N., Hasan, M. N., Shoma, J. F., & Sattar, A. (2021). Gas Leakage with Auto Ventilation and Smart Management System Using IoT. International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS), Daca, Bangladesh, 2021, pp. 1411-1415, <https://doi.org/10.1109/ICAIS50930.2021.9395774>.
- AM1 (2021). Após explosão de gás, bloco do condomínio Verona é interditado em Manaus. Portal AM1. <https://amazonas1.com.br/apos-explosao-de-gas-bloco-do-condominio-verona-e-interditado-em-manaus/>
- BBC (2019). Brasileiros mortos no Chile: por que vazamento de gás é tão perigoso e como você pode evitá-lo. BBC News Brasil. <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-48390190>

- Banik, A., Aich, B. & Ghosh, S. (2018). Microcontroller based low cost gas leakage detector with SMS alert. 2018 Emerging Trends in Electronic Devices and Computational Techniques (EDCT), Kolkata, India, 2018, 1-3. <https://doi.org/10.1109/EDCT.2018.8405094>.
- Ministério da Saúde(2021). Intoxicação Exógena - Notificações Registradas No Sinan Net-Brasil. Tabnet DATASUS. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sinannet/cnv/Intoxbr.def>
- De Lima, P. Y. C. C., Correia, A. H. & Marinho, T. (2019). Sistema de Proteção Contra Vazamento de Gás Inflamável e Acúmulo de Fumaça em Ambientes Fechados. Revista Científica Semana Acadêmica.
- FireAvert (2021). FireAvert - Gas Stove Automatic Shut-Off Shark Tank Special. FireAvert for Electric & Gas Stoves. <https://fireavert.com/product/fireavert-gas-stove-automatic-shut-off-shark-tank-special/>
- First Alert (2021). Combination Explosive Gas and Carbon Monoxide Alarm with Backlit Digital Display. First Alert. https://www.firstalert.com/smoke-carbon-monoxide-alarms/carbon-monoxide-alarms/combination-explosive-gas-and-carbon-monoxide-alarm-with-backlit-digital-display/SAP_GCO1CN.html
- Fraïwan, L., Lweesy, L. A., Bani-Salma, A., & Mani, N. A. (2011). Wireless Home Safety Gas Leakage Detection System. 2011 1st Middle East Conference on Biomedical Engineering, Sharjah, United Arab Emirates, 2011, 11-14. <https://doi.org/10.1109/MECBME.2011.5752053>.
- Fukunaga, T., Yamamoto, H., Tanegashima, A., Yamamoto, Y. & Nishi, K. (1996). Liquefied petroleum gas (LPG) poisoning: report of two cases and review of the literature. *Forensic Science International*, 82(3), 193–200. [https://doi.org/10.1016/s0379-0738\(96\)01995-0](https://doi.org/10.1016/s0379-0738(96)01995-0).
- G1 (2019). Vazamento de gás no Hospital de Santa Maria, no DF, assusta pacientes. G1. <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2019/10/26/vazamento-de-gas-no-hospital-de-santa-maria-no-df-assusta-pacientes.ghtml>
- Hanwei Electronics (2019). Technical Data MQ-4 Gas Sensor. Hanwei Electronics. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-4.pdf>
- Hardy, J. (2021). Victim of Lancashire ‘gas explosion’ named as two-year-old. The Telegraph. <https://www.telegraph.co.uk/news/2021/05/16/major-incident-declared-gas-explosion-destroys-terraced-houses/>
- IEA (2020). 2020 Regional Focus: Europe. <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-december-2020/2020-regional-focus-europe>
- iGuardStove (2021). iGuardStove - For Gas Stove. iGuardStove. <https://iguardfire.com/product/for-gas-stoves/>

- Le Monde (2021). Bordeaux: une forte explosion dans un immeuble proche du centre-ville fait un mort et un blessé grave. Le Monde. https://www.lemonde.fr/societe/article/2021/02/06/bordeaux-importante-explosion-dans-un-immeuble-aumoins-trois-blesses-et-deux-disparus_6069015_3224.html
- Mahfuz, N., Karmokar, S., & Rana, M. I. H. (2020). A Smart Approach of LPG Monitoring and Detection System Using IoT. 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), Kharagpur, India, 2020, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT49239.2020.9225293>.
- Nivedhitha, S., Padmavathy, A. P., Susaritha, U. S., & Madhan, M. G. (2013) Development of Multipurpose Gas Leakage and Fire Detector with Alarm System. 2013 Texas Instruments India Educators' Conference, Bangalore, India, 2013, 194-199. <https://doi.org/10.1109/TIIEC.2013.41>.
- Petrobrás (2019). Gás Liquefeito de Petróleo. Informações Técnicas. Petrobrás. <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico-gas-liquefeito-petrobras-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>
- Rajapaksha, R. M. I. U., Perera, P. S. H., Nandasena, P. K. D. M., Gunarathna, P. S. T. K., Gihan Kanishka, P. P. D., Ranaweera, A. L. A. K., & Kalingamudali, S. R. D. (2020). Design of an auto disconnecting regulator and a safety switch to prevent domestic gas leakages. 2020 International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE), Colombo, Sri Lanka, 2020, 57-61. <https://doi.org/10.1109/SCSE49731.2020.9312996>.
- Daly, T. & Heinrich, M. (2021). Death toll in China gas pipe explosion rises to 25 -state media. Reuters. <https://www.reuters.com/world/china/death-toll-china-gas-pipe-explosion-rises-25-state-media-2021-06-14/>
- Sirdah, M. M., Al Laham, N. A., & El Madhoun, R. A (2013). Possible health effects of liquefied petroleum gas on workers at filling and distribution stations of Gaza governorates. Eastern Mediterranean Health Journal, 19(3), 289-294.
- Sunrom (2019). Flame Sensor - 5mm IR Diode - YG1006. Sunrom. <https://www.sunrom.com/m/5533>
- Ultragas (2019). A importância do GLP para a energia do Brasil. Ultragas. <https://www.ultragaz.com.br/residencial/ultradicadas/a-importancia-do-glp-para-a-energia-do-brasil>