

## **SISTEMA DE DETECÇÃO DE GÁS PARA ÁREAS DE RISCOS (SDGRL)**

Antonio Vizeu da Costa Lima Neto<sup>1</sup>, Matheus Duarte Martins<sup>1</sup>, Wagner Perini Teixeira<sup>1</sup>

Daniel Carletti<sup>2</sup>

1 – Acadêmicos dos cursos de Engenharia Elétrica

2 – Mestre em Engenharia Elétrica – Professor Multivix - Serra

### **RESUMO**

O projeto apresentado nesse artigo visa viabilizar um sistema de detecção, sinalização e adoção de medidas mitigadoras em ambientes residenciais, comerciais ou industriais de pequeno porte quanto ao risco decorrente de vazamento para atmosfera de gás liquefeito de petróleo, conhecido como gás de cozinha. O protótipo deve analisar sistemas de detecção, principais riscos envolvidos e propor uma forma automatizada de sinalização e medidas emergenciais de controle de forma que se minimize o risco de um incidente de vazamento e concentração de gás se torne um acidente de grande potencial. A filosofia de segurança aplicada ao protótipo deverá se aproximar às previstas em norma para aplicação em áreas com potencial risco de presença de gás inflamável, tanto no sentido tentar se prever o deslocamento do gás, implementação de medidas de contenção do vazamento até formas de se evitar uma potencial ignição. Também estão previstas formas eficazes de alarme e comunicação aos responsáveis sobre o incidente.

Palavras Chaves: Detecção de gás, prevenção contra incêndios, segurança residencial, projetos com Arduino, automação residencial.

### **1. INTRODUÇÃO**

Em ambientes industriais onde há o risco de se formar uma atmosfera explosiva, as áreas são classificadas de acordo com a possibilidade de contaminação do ambiente através de gases inflamáveis. Para essas regiões, existe monitoramento e segurança, além de equipamentos próprios para o uso em atmosferas explosivas. Entretanto, a maioria das residências possuem um sistema de gás, encanado ou armazenado em bujões, que oferecem o mesmo risco que na indústria sem, no entanto, haver eletrodomésticos próprios para o uso em atmosfera explosiva e nem o monitoramento constante do ambiente (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2020).

Mesmo em ambientes industriais, onde os cuidados devem ser maiores em razão das consequências potenciais de um incidente, a administração do risco é realizada de forma a não inviabilizar a própria produção industrial. Dessa forma deve-se entender que

os riscos inerentes nunca serão extintos, mas sim, reduzidos, monitorados e com planos de ações eficientes para casos onde o controle não foi suficiente (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2020).

Igualmente, em residências e comércios, ou mesmo pequenas indústrias, apesar de existirem técnicas para eliminar os riscos de vazamento de gás e manter a casa em total segurança mesmo em um evento de criação de atmosfera explosiva, com equipamentos elétricos intrinsecamente seguros, essas soluções não são viáveis nem acessíveis em termos econômicos (CANDIDO, 2017).

Assim, um sistema de proteção contra vazamentos de gás de pequeno porte deve atender a alguns requisitos como custo, simplicidade de uso, pequena manutenção e respostas práticas e eficientes em caso de qualquer incidente. Existem diversos sistemas de prototipagem e de automação residencial disponíveis no mercado. Para esse projeto será utilizado a plataforma Arduino assim como equipamentos e sistemas a ele compatíveis (CANDIDO, 2017).

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

Formulado principalmente pelos gases butano e propano, extremamente inflamáveis, o gás liquefeito de petróleo (GLP) ou gás de cozinha como é conhecido está presente na imensa maioria das residências no Brasil. Seu principal uso é na cocção de alimentos, sendo também utilizado de outras formas, como aquecimento de água ou aquecimento de interiores (FOGAÇA, 2020).

O GLP, como seus principais componentes, não possui cor nem odor, não podendo ser facilmente identificado na atmosfera. Por ser um gás inflamável e asfixiante, sua presença insuspeita em um ambiente, principalmente fechado, é extremamente perigoso. Como forma de mitigar esse risco, os fabricantes desse gás misturam a sua composição substâncias a base de enxofre, como etanotiol ou butan-1-tiol, que possuem odores característicos, podendo denunciar a presença de um vazamento desse produto (FOGAÇA, 2020).

Na prática então, quando ocorre um vazamento doméstico de gás natural, esse só é identificado na presença de uma pessoa no local do vazamento, cabendo a ela todas as ações para localizar e sanar o problema. Durante esse evento, esse responsável está em posição de risco de explosão, incêndio ou asfixia. Caso não haja ninguém próximo o vazamento, o gás continuará a se espalhar, ampliando a área afetada (FOGAÇA, 2020).

## **1.2 OBJETIVO**

Sugerir um sistema que identifique os vazamentos de gás em ambientes domésticos, avise sobre a situação ao responsáveis e tome as primeiras ações para reduzir os riscos inerente ao escape.

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Projetar um sistema de monitoramento de atmosfera explosiva e atuação em caso de anormalidade.

### **1.2.2 Objetivo Específico**

O sistema projetado e sugerido deverá ser capaz de realizar, pelo menos:

- Monitorar a atmosfera de forma a identificar a presença de GLP na atmosfera;
- Uma vez identificado um potencial vazamento de gás, realizar o isolamento da fonte de alimentação do mesmo;
- Desligar o fornecimento elétrico até que a atmosfera esteja livre do hidrocarboneto;
- Comunicar aos responsáveis pelo local, através de mensagem de SMS, sobre o problema identificado;

## **1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA**

A melhoria nas condições de segurança em relação a vazamento de gás se dará exclusivamente pela instalação de um sistema de supervisão e controle. Deverá ser considerado que as instalações sigam as normas de segurança, e não deverá ser proposto soluções que inviabilizem o uso do gás nas residências.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

As orientações para um evento de vazamento de gás de cozinha sempre passam por três pontos principais. Interromper o fluxo de gás, desligar equipamentos elétricos e arejar o ambiente até que o gás se dissipe. Outras ações como busca do ponto de falha e correção definitiva do problema entre outros, só podem ser tomadas quando a segurança tiver sido restabelecida. Caso não se obtenha sucesso na primeira ação, apoio externo deve ser acionado imediatamente, como Corpo de Bombeiros e a companhia distribuidora do gás, quando cabível (INCRIVEL.CLUB, 2020).

Não se deve em hipótese nenhuma permanecer em uma área contaminada com gás. Além do risco de asfixia, essa região é a mais impactada em caso de explosões.

Entretanto, a tecnologia já permite hoje que parte dessas ações sejam tomadas automaticamente, enquanto não há ninguém disponível para tomar as primeiras medidas. Sem que haja um custo elevado, é possível manter um sistema de monitoramento constante dos potenciais ambientes onde possa haver acúmulo de gás, além de sejam capazes de manipular válvulas, abrirem circuitos elétricos e ainda avisar aos responsáveis sobre a ocorrência de um evento indesejado (CANDIDO, 2017).

Para tanto esse estudo vai se aprofundar nas partes integrantes desse sistema e na aplicação dele.

### **2.1 GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO**

O GLP é uma mistura de primordialmente dois gases derivados do petróleo, o propano e o butano, podendo possuir também outros hidrocarbonetos. Suas características principais são a inflamabilidade e a capacidade de liquefação em temperaturas ambientes quando submetidas a baixa pressões. Assim o GLP é um combustível estocado e transportado em estado líquido, com a pressão entre 6 a 8 atmosferas, para ser utilizado em estado gasoso quando exposto à pressão atmosférica. O combustível é incolor, portanto, adiciona-se compostos a base de enxofre para que possa se tornar perceptível ao olfato humano (FOGAÇA, 2020).

Entre outras vantagens do GLP estão o baixo nível de emissões atmosféricas, a baixa concentração de enxofre, a realização de queima completa praticamente não emitindo particulados e o alto poder calorífico (MOREIRA, 2015).

Hoje o GLP é utilizado principalmente em residências, como gás de cozinha. Em alguns lugares são utilizados também como aquecedores de água, sendo bem mais econômico que o aquecimento elétrico e churrasqueiras, substituindo a necessidade do carvão. Sendo utilizado também para esses fins em comércio e pequenas indústrias (MOREIRA, 2015).

Além disso o GLP é utilizado na indústria como combustível para empilhadeiras industriais, fornos, secadores e esterilização. No Brasil não é permitido o uso de GLP como combustível automotivo, usa-se o gás natural, porém em outros países como Coreia do Sul, Japão e Itália, seu uso é permitido (MOREIRA, 2015).

É produzido nas refinarias como subproduto da destilação do petróleo por dois processos: o processamento de gás natural e o refino do petróleo. Dentro de um processo de separação de hidrocarboneto em uma refinaria o GLP é considerado uma parcela da porção média do refino, onde também estão inseridos a nafta, a gasolina, querosene e o óleo diesel (MOREIRA, 2015).

No mercado, para entregar o gás ao consumidor final, são disponibilizados diversos tipos de embalagens para acondicionamento do produto, sendo que para o uso doméstico o mais utilizado é o cilindro de 13Kg. Para o uso comercial ou industrial onde o volume de uso é maior, ainda são disponibilizados cilindros de 45Kg. É comum ainda a distribuição de gás em caminhões que alimentam cilindros de grande porte para entregar as unidades consumidoras, dentro de condomínios como gás encanado (MOREIRA, 2015).

É por ser tão comumente utilizado e, portanto, manuseado, inclusive por pessoas não habilitadas para trabalhos com produtos inflamáveis, que se torna fundamental conhecer e identificar as características e os perigos do GLP assim como criar medidas de segurança que devem ser adotadas durante o uso do produto.

Como gás, caso seja inalado em grande quantidade, o GLP produz efeito anestésico podendo levar a morte por asfixia, visto que a presença dele ocupa o lugar do oxigênio da atmosfera. Vale lembrar também a condição de transporte do gás pressurizado em sim também já representa risco.

Entretanto dos riscos inerentes ao GLP o mais evidente é a sua inflamabilidade visto que uma vez misturado ao ar, e com isso ao oxigênio, cria facilmente a chamada atmosfera explosiva, que tem como característica uma rápida ignição caso entre em contato com uma fonte de calor ou faísca.

Para entender o que é uma atmosfera explosiva é importante se conhecer o conceito de inflamabilidade. Ao contrário do que senso comum, apesar de conter um produto inflamável em seu interior, o recipiente ou tubulações de GLP não são capazes de inflamar, mesmo na presença de calor. Uma ignição inicia-se na presença de combustível (como GLP), o comburente (o oxigênio) e uma fonte de calor. Não tendo oxigênio dentro de um cilindro de gás o risco de ignição é zero (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2020).

Entretanto para que se ocorra uma ignição, deve-se haver uma proporção de combustível em relação a atmosfera dentro de uma faixa, conhecida como Limite Inferior de Explosividade (LIE) e Limite Superior de Explosividade (LSE). Uma proporção de combustível abaixo do LIE não é suficiente de manter uma reação em cadeia autossustentável caracterizada pelo fogo, sendo chamado de mistura pobre, assim como uma quantidade de combustível acima do LSE fica sem oxigênio suficiente para manter essa reação, sendo chamado de mistura rica (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2020).

O GLP possui um LIE de aproximadamente 1,8% e um LSE de aproximadamente 9,0%, assim um botijão comum residencial é capaz de formar uma mistura explosiva de até 200 m<sup>3</sup>. Sendo o GLP nas condições normais de pressão e temperatura mais pesado que o ar tem uma lenta dispersão atmosférica além de tender a ficar mais concentrado nas partes inferiores do ambiente (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2020).

## 2.2 ÁREA CLASSIFICADA

De acordo com a NR 10, área classificada é o local com potencialidade de ocorrência de atmosfera explosiva. Na indústria, as identificações dessas áreas são utilizadas para se planejar medidas especiais para a construção, instalação e utilização de equipamentos elétricos (BRASIL, 2016).

De acordo com (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2020) as áreas classificadas são divididas em zonas, de acordo com a possibilidade de presença de atmosfera explosiva além do tipo de combustível à que essa área está exposta. No caso do GLP as zonas são divididas em:

- Zona 0: Local onde a formação de atmosfera explosiva é contínua e existe por longos períodos;
- Zona 1: Local onde a formação de atmosfera explosiva é provável de acontecer em condições normais de operação do equipamento de processo;
- Zona 2: Local onde a formação de uma atmosfera explosiva é pouco provável de acontecer e se acontecer é por curtos períodos, estando ainda associada à operação anormal do equipamento de processo;

Em linhas gerais, dado um sistema contendo um fluido combustível, seja líquido ou gás, a zona 0 está localizado no interior dos contentores que o mantém confinado, seja eles tanques fechados, vasos ou tubulações. Essas zonas geralmente são mantidas seguras pela ausência de oxigênio, mantendo toda a região com uma mistura rica, incapaz de inflamar-se (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2020).

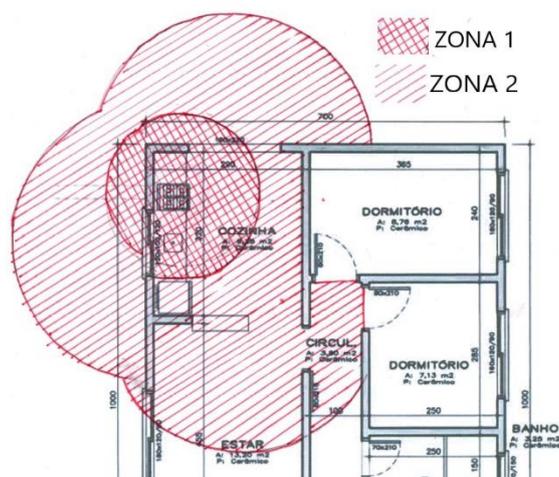
Nas bocas de visitas desses sistemas, que eventualmente são abertas, em pontos de amostragem, pontos de abastecimento ou em qualquer outro ponto onde a liberação do combustível é realizada de forma controlada durante a operação do equipamento são classificadas como zona 1. Nesses pontos são inevitáveis a presença de atmosfera explosiva, na mistura ideal, durante um período de tempo geralmente curto. Essas áreas, na indústria, são dotadas de equipamentos e procedimentos próprios para operação em áreas classificadas e são monitoradas por sensores de presenças de combustíveis (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2020).

A região no entorno do sistema é classificada de Zona 2. Em operação normal não deve haver atmosfera explosiva nessas áreas. Porém, caso haja um evento de perda de contenção, seja vazamentos em tubulação, abertura indevida de válvulas ou rompimentos de selos em bombas, essas regiões potencialmente irão ser atingidas pelo combustível, estando nesse momento sujeito a explosões. A distância e geometria da zona 2, em relação ao sistema, depende da capacidade de dispersão do combustível, pressão de operação, anteparas, ventilação, entre outros. Geralmente essas áreas são definidas em estudos específicos como análises de riscos, classificação de áreas, dispersões de gases, entre outros. Também para essas regiões, existem equipamentos próprios para operação com segurança e são monitoradas continuamente por sensores (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2020).

As regras que definem uma área classificada são aplicadas nas indústrias, em especial as que trabalham com produtos inflamáveis, sejam eles produtos ou matérias primas. Em comércios, as avaliações de riscos, projetos e planejamento de manutenções são definidas por engenheiros e avaliada pelo corpo de bombeiros ou defesa civil de uma região. Em residências, os projetos construtivos em geral não se aprofundam quanto ao risco de formação de atmosfera explosiva. As normas existentes não obrigam inspeções, treinamento de trabalho em área classificada ou uso de equipamentos certificados para essas áreas. A aplicação pura e simples da norma industrial às residências seria inviável do ponto de vista técnico e econômico (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2020).

Entretanto, se aplicarmos a norma de classificação de área industrial em uma residência, em especial na área da cozinha, percebe-se que existe uma região de vulnerabilidade colocando em risco pessoas e patrimônio, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Exemplo de delimitação de Área Classificada em uma residência simples sem escala



Fonte: PRODUZIDA PELO AUTOR

Assim sendo, seguindo as mesmas normas aplicadas às indústrias, dentro de cozinhas e áreas adjacentes, com risco de formação de atmosfera explosiva, dever-se-ia utilizar equipamentos a prova de explosão, liquidificadores, micro-ondas, geladeiras, etc., o que não viável do ponto de vista econômico e nem estético. Outra ação mitigadora de riscos, seria o monitoramento permanente do ambiente, com um sistema capaz de tomar as primeiras medidas emergenciais em caso de vazamento de gás, a saber: isolamento da alimentação de gás (eliminando o combustível), corte da rede elétrica (eliminando possíveis fontes de ignição) e aviso para que os responsáveis possam sanar definitivamente o problema (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2020).

### 2.3 DETECTOR DE GÁS MQ-135

Existem diversos tipos de detectores de gás como os eletroquímicos, catalíticos, infravermelhos, etc. A escolha do equipamento deve levar em conta o desempenho, o tipo de gases, as concentrações, as condições de operação e o custo. Dentre as alternativas disponíveis no mercado, o sensor MQ-135 ilustrado na Figura 2, mostra adequado para a aplicação prevista neste projeto. Trata-se de um sensor relativamente barato, de fácil utilização, compatível com a plataforma Arduino e com resultados confiáveis. De fato, esse sensor é o utilizado em alguns detectores vendidos comercialmente como o DNI 6918 da Key West (TECHINICAL DATA, 2020).

Figura 2 - Sensor de gás MQ-135

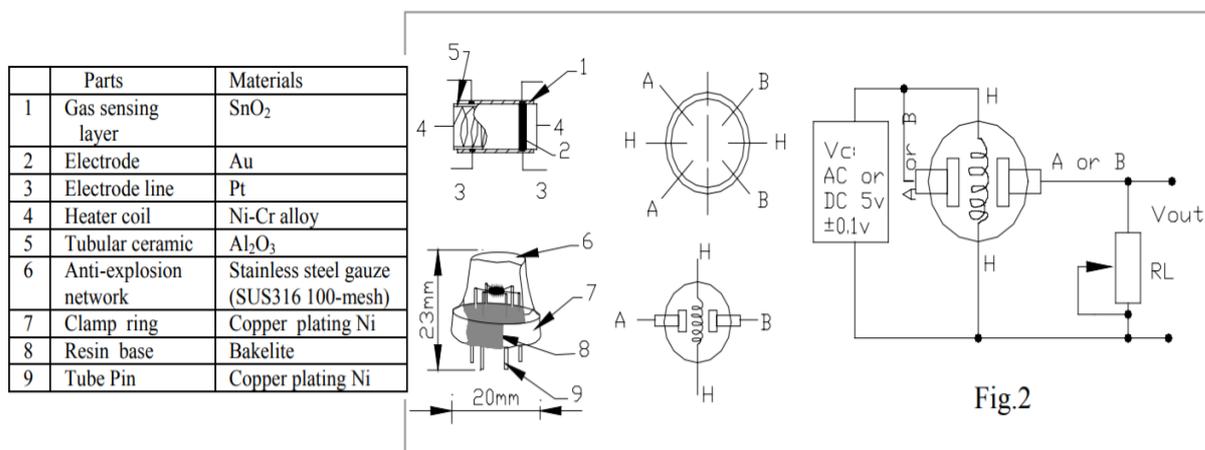


Fonte: TECHNICAL DATA

Como todos da família de sensores MQ's, o MQ-135 é um sensor do tipo eletrocatalítico, feito com uma bobina de platina aquecido eletricamente, coberto com uma camada a base de cerâmica a base de alumina e uma segunda camada de um catalizador a base de dióxido de estanho e fixado com uma camada de proteção de plástico a aço inoxidável (CANDIDO, 2017).

De acordo com (TECHNICAL DATA, 2020) o sensor é apresentado em forma encapsulada com seis pinos, sendo quatro de sinais e dois para alimentação elétrica e aquecimento, como mostrado no esquemático da Figura 3. Para facilitar a utilização do equipamento, ele pode ser adquirido já conectado à uma placa de circuito necessário para o pronto funcionamento que possui um circuito comparador enviando sinal de 0 a 5V, adequados também para a leitura no Arduino.

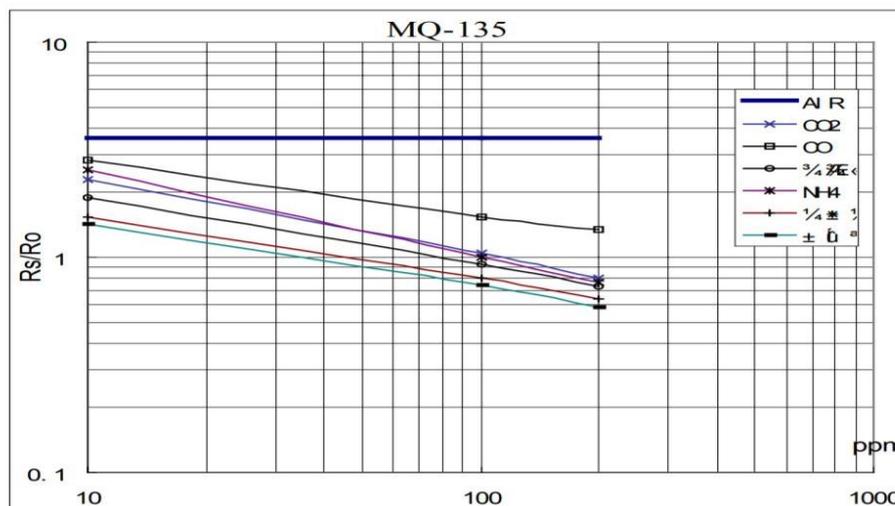
Figura 3 - Estrutura e configuração do circuito básico de medição do MQ-135



Fonte: TECHNICAL DATA

Internamente, o MQ-135 possui uma resistência alimentada em corrente contínua a 5V através dos pinos H, sendo um ponto de alimentação e o outro no GND (0V). A medição ocorre nos pinos A e B, possuindo dois de cada, através da medição de resistência entre eles, que não são ligados fisicamente. Quanto maior for a concentração de poluente, menor é a resistência entre os dois pontos o que acarretará em uma maior tensão sobre o resistor RL. A medição da tensão Vout será uma proporção da quantidade de gás presente na atmosfera. A Figura 4 apresenta uma curva que relaciona a sensibilidade do elemento sensor em relação à concentração de contaminante no ar (TECHINICAL DATA, 2020).

Figura 4 - Curva de sensibilidade e concentração do contaminante na atmosfera pelo MQ-135



Fonte: TECHNICAL DATA

O módulo MQ-135 é capaz também de detectar fumaça e outros gases tóxicos, tornando possível o uso do mesmo também para monitoramento de incêndios, o que faz dele um equipamento de excelente custo benefício. O sensor opera em uma faixa de temperatura de -10°C a 70°C, com uma faixa de medição de 10 a 1.000 ppm, enviando um sinal que varia de 0 a 5V para o controlado (TECHINICAL DATA, 2020).

## 2.4 MÓDULO DE CONTROLE ARDUINO

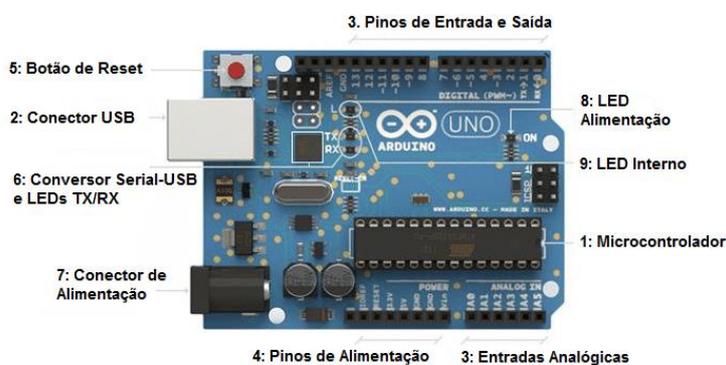
O módulo de controle Arduino é uma plataforma de prototipagem aberta, criado em 2005 na Itália por estudantes de Design de Interação com o objetivo de tornar mais acessível, tanto em custo quanto em facilidade de operação, um sistema de controle que

tornasse possível a criação de projetos que envolvesse algum nível de automação (MOTA, 2017).

A plataforma Arduino por hardware e software acessíveis, flexíveis e fáceis de usar. O modelo Uno ilustrado na Figura 5, primeiro modelo da categoria, vem com um microcontrolador Atmel Atmega328P, quatorze pinos digitais de entrada e saída, seis entradas analógicas, cristal de quartzo de 16 MHz, conexão USB, uma entrada para alimentação, um cabeçalho ICSP (In-Circuit Serial Programming) e um botão de reset (MOTA, 2017).

Entretanto, por ser um hardware aberto, qualquer pessoa pode incluir, melhorar, fabricar e distribuir o sistema. Assim, através de uma ampla rede colaborativa outros modelos foram lançados como o modelo Mega, Leonardo, Nano, entre outros. As variações de configuração entre essas placas vão desde o microcontrolador, o cristal ressonante e o número de entradas e saídas digitais ou analógicas, como também à inclusão de novas funcionalidades como memória flash, conexão via Bluetooth, micro USB, entre outras melhorias (MOTA, 2017).

Figura 5 - Placa Arduino UNO



Fonte: VIDA DE SILÍCIO

Outra grande vantagem na plataforma Arduino foi desenvolvimento de diversas placas auxiliares, chamada de Shields, que visam a expansão das possibilidades de utilização da plataforma. A junção da placa principal com esses Shields permite a fácil construção de sofisticados sistemas dotados de slot para comunicação wireless, GSM, GPS, Bluetooth. Além disso é possível adquirir acessórios, não exclusivos da plataforma, mas compatível com ela, que visam dar funcionalidade do sistema como sensores, teclados, telas, motores, entre outros (MOTA, 2017).

Além do hardware, faz parte da plataforma um software de para que seja possível a inserção dos comandos necessários ao funcionamento do sistema projetado, o IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado, sigla em inglês) Arduino. Uma aplicação multiplataforma desenvolvida em Java com recursos que facilitam a escrita dos comandos, sendo capaz de compilar e carregar o programa escrito para a placa e ainda interagir com ela (MOTA, 2017).

A programação no IDE Arduino usa uma linguagem baseada no C/C++, que é uma linguagem com uma estrutura simples e bem estabelecida. Assim, mesmo profissionais com pouca habilidade em programação, com algum estudo, conseguem facilmente elaborar programas.

## **2.5 ELEMENTOS FINAIS DE CONTROLE**

Toda malha de controle possui normalmente três componentes, o elemento primário, o controlador e o elemento final. O elemento final de controle é o que liga o sistema de controle ao processo em si, recebendo o comando do primeiro e atuando diretamente sobre o segundo. Podem ser de diversos tipos como válvulas, bombas ou atuadores. Grande parte atua sobre a vazão de algum fluido, bloqueando, direcionando ou restringindo a vazão de entrada ou saída de um equipamento, com objetivo de alcançar os parâmetros desejados de uma variável de processo. Outros exemplos de elementos, que não atuam diretamente sobre vazão de fluido, são: resistências, inversores de frequência ou disjuntores, todos esses atuam sobre a corrente elétrica, com os objetivos semelhantes às das válvulas (MOTA, 2017).

Outra característica que deve ser planejada aos elementos finais de controle é a sua forma de atuação, em relação a sua função no processo, podendo ser se bloqueio, retenção, alívio ou controle, ou seja, em linhas gerais, se suas funções são discretas ou regulatório. Quando o projeto tem relação com segurança, normalmente os equipamentos escolhidos tem a função discreta, de abrir ou fechar uma ou mais válvulas, abrir ou fechar circuitos elétricos, dependendo da condição de segurança atribuída ao equipamento (SILVA, 2016).

No caso desse projeto, por trabalhar em prevenção de incêndios, os processos manipulados serão aqueles atribuídos à ignição e a manutenção do fogo, a saber alimentação elétrica e alimentação de GLP. Por filosofia de segurança, caso os valores de

concentração de gás subam a ponto de se aproximarem do limite inferior de explosividade é disparado o comando atuação do sistema de segurança, deve-se imediatamente fechar a válvula de alimentação de GLP até que o problema seja identificado e corrigido, e deve-se cortar a alimentação elétrica até que a atmosfera explosiva se dissipe (SILVA, 2016).

A expectativa é que uma vez cortado a alimentação de gás, dado algum momento, dependendo das condições de ventilação do ambiente, a concentração do gás caia e a energia elétrica pode ser reestabelecida. Portanto o monitoramento da atmosfera deve permanecer mesmo após o evento, para indicar a normalização e embasar a decisão de fechamento ou não do circuito elétrico. Entretanto, dado que o sinistro ocorreu provavelmente por uma falha no sistema de distribuição de gás, podendo ser nos equipamentos, nas mangueiras de distribuição ou mesmo na tubulação (quando cabível) ou no reservatório (botijão de gás), o sistema deve ser avisado da resolução do problema antes de ser reestabelecido, como um comando de reset (JORDÃO, 2015).

Outro cuidado a ser tomado em relação aos elementos finais de controle é que eles mesmos não se tornem fonte de ignição. Para isso deve-se utilizar equipamentos especificados para não gerarem faíscas expostas durante a atuação (segurança a prova de explosão) ou sem energia suficiente para ignizar o gás (segurança intrínseca). Outra solução possível, é manter esses atuadores esteja localizado em um local onde a atmosfera explosiva não alcance (SILVA, 2016).

O protótipo desenvolvido por esse projeto prevê uma simulação na qual uma unidade residencial alimentada por gás encanado. Assim a localização da válvula de segurança de gás é a mais próxima possível da rede principal de alimentação, a jusante do medidor de consumo, localizado na área externa do imóvel, aumentando assim a área protegida. Assim como o corte da alimentação elétrica também ocorrerá no exterior do imóvel, desligando por completo toda a alimentação elétrica do mesmo. Para o desenvolvimento do protótipo será utilizado os elementos finais de controle: válvula solenoide 12 Vcc 1/2" para 1/2" e o módulo relé 1 canal 5 Vcc com acoplador óptico (PATSKO, 2006).

### 2.5.1 Módulo Relé

Relés são chaves eletromagnéticas usadas para o acionamento de cargas de alta tensão e/ou alta corrente a partir de um circuito de baixa tensão, conforme as características do relé usado (PATSKO, 2006). O funcionamento se baseia em uma bobina eletromagnética que abre ou fecha um contato elétrico através da geração de um campo eletromagnético. No interior de um relé há um contato elétrico que se movimenta de modo a abrir ou fechar o circuito. O relé pode ser utilizado no estado de contato normalmente aberto (NA), onde sem campo magnético fornecido pela bobina o circuito não permite a circulação de corrente elétrica, e uma para o estado de normalmente fechado (NF), onde a ausência do campo elétrico fecha o circuito. Há ainda a possibilidade de utilizar o NA e o NF simultaneamente para cargas diferentes, sendo assim chamado de comutadores.

A vantagem no uso do relé está na possibilidade de atuação remota de equipamentos ou sistemas de alta potência comandando através de sinais eletrônicos de baixa corrente e baixa tensão. Entretanto, dependendo da potência para o qual esse o relé está projetado trabalhar, a corrente fornecida pelo sinal elétrico não é suficiente para que a bobina gere um campo elétrico capaz de movimentar os contatos elétricos. Para que seja possível essa atuação, o sinal do comando elétrico vai até um transistor que fecha o circuito alimentando a bobina com a corrente amplificada. Por isso mesmo, normalmente o relé é encontrado anexado a uma placa de circuito eletrônico. Ao conjunto todo mostrado na Figura 6 costuma-se chamar de módulo relé (PATSKO, 2006).

Figura 6 - Módulo Relé



Fonte: VIDA DE SILÍCIO

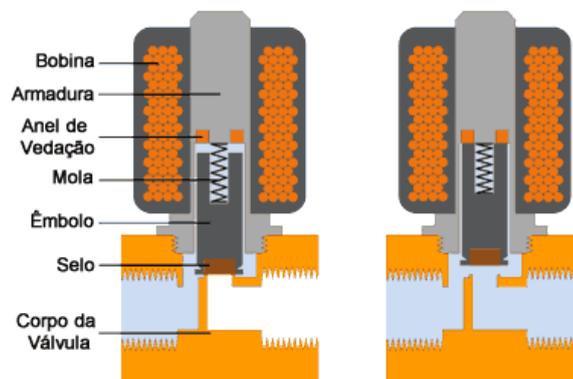
Dentro do projeto há dois relés previstos. O primeiro tem a função principal de corte na alimentação elétrica da residência. O segundo tem a função de alimentar ou, quando necessário, cortar a alimentação do solenoide da válvula de alimentação de gás. Ambos os módulos deverão ter o modo de atuação normalmente aberta (NA). Assim, na falta de sinal elétrico deve abrir o circuito de fornecimento elétrico da residência e fechar a válvula de gás, desenergizando a solenoide (PATSKO, 2006).

### 2.5.2 Válvula Solenoide

Válvula solenoide é uma válvula eletromecânica acionada a fim de controlar o fluxo de líquidos e gases (SILVEIRA, 2018). Assim podemos definir esse equipamento como a junção de dois sistemas, um solenoide, que tem a função de movimentar o atuador do segundo sistema que é uma válvula, que tem a função de restringir o permitir passagem de um fluído, seja líquido ou gás.

De acordo com (SILVEIRA, 2018) o componente principal do equipamento é a solenoide, uma bobina elétrica com um núcleo ferro magnético móvel no centro, o êmbolo. Em uma posição de repouso, onde não haja a passagem de corrente elétrica, o embolo permanece em uma posição tal que impede a passagem do fluído pela válvula, através da obstrução de um orifício que se localiza entre a entrada e a saída da mesma. A ser induzido uma corrente elétrica no solenoide, ela circula através de uma bobina no interior da mesma, gerando um campo magnético que exerce uma força sobre o embolo. Este é atraído ao centro da bobina, liberando o orifício entre a entrada e a saída, fazendo com que a válvula fique aberta, como mostrado na Figura 7.

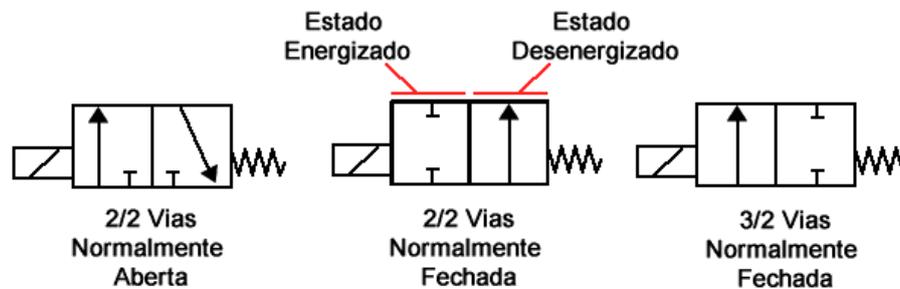
Figura 7 - Esquema de uma válvula solenoide de duas vias normalmente fechada



Fonte: CITISYSTEMS

A válvula solenoide é um dos equipamentos mais utilizados em circuitos de líquido e gás das indústrias. Sua aplicação é bem ampla, podendo ser utilizado em diversos projetos como sistemas de aquecimento, irrigação, eletrodomésticos, e diversos sistemas automatizados que requeiram o controle de abertura e fechamento de fluídos do processo. Sobre a forma de operação, as válvulas solenoides podem se dividir entre especificidades do equipamento como o número de entradas e saídas (uma entrada e uma saída, duas entradas e uma saída, uma entrada e duas saídas, entre outros), quantidade de posições possíveis (aberta e fechada, válvula de três vias) e a condição de segurança de válvula (normalmente aberta ou normalmente fechada). A Figura 8 apresenta os tipos de circuitos para válvulas solenoides (SILVEIRA, 2018).

Figura 8 - Tipos de circuitos de válvulas solenoide



Fonte: CITISYSTEMS

Para a realização do projeto, considerando que o protótipo será montado com linhas flexíveis de meia polegada, foi escolhido o modelo de ação direta, que possui o princípio mais simples de funcionamento, com apenas duas posições (aberto e fechado). A válvula adotada está ilustrada na Figura 9. A válvula será do tipo normalmente fechada. O comando do solenoide será com uma alimentação de 12 Vcc para permitir o acionamento da válvula na ausência de energia elétrica na rede com o uso de uma bateria (SILVEIRA, 2018).

Figura 1 - Válvula solenoide 12 Vcc ½' para ½''



Fonte: VIDA DE SILÍCIO

## 2.6 SHIELD GSM ARDUINO 2

Além dos intertravamentos previstos em caso de identificação de atmosfera explosiva, o projeto prevê uma comunicação entre sistema e usuário, via mensagens de texto (SMS) sobre a condição ambiental, assim como sobre os comandos enviados aos elementos finais de controle. Além disso, o projeto prevê uma comunicação em duas vias, ou seja, o usuário também poderá configurar o sistema através de mensagens de texto, facilitando o uso do mesmo. Para que essa comunicação seja possível será utilizado um módulo eletrônico anexo à placa de controle Arduino, essa placa é uma Shield, ou seja, uma expansão do módulo de controle. O modelo a ser utilizado será o Shield GSM Arduino 2, como mostrado na Figura 10 (Arduino, 2020).

Figura 2 - Shield GSM 2 para Arduino



Fonte: VIDA DE SILÍCIO

A Shield GSM Arduino 2 é capaz de se comunicar com a rede de telefonia móvel pelo sistema GSM (Sistema Global de Comunicação Moveis, sigla em inglês), também conhecido como 2G. O GSM é capaz de suportar chamadas de voz, dados e realizar comunicação via Sistema de Mensagens de Texto (SMS). Quando ligado a placa Arduino a enxerga como um modem, já para a operadora de telefonia essa placa é enxergada como um celular. Então, para que a mesma seja operacional, é necessário ter um cartão SIM (Subscriber Identity Mobile) de operadora de celular ativado e com um número de telefone válido (Arduino, 2020).

A comunicação entre o sistema e o usuário será via SMS, um serviço de mensagens curtas que permite a troca de informações entre celulares. Cada mensagem pode ter até cento e sessenta caracteres, entre letras, números e especiais, entretanto para evitar erros no sistema as mensagens enviadas e recebidas pelo sistema serão curtas, pré-definidas e utilizando apenas letras ou números (Arduino, 2020).

### 3. METODOLOGIA

Foi constatado que não será viável realizar o experimento em uma residência real por causa dos inúmeros problemas que podem ser acarretados para suprir esse problema. O teste será feito em menor escala utilizando uma maquete representando a casa. A planta utilizada será um aquário com 35 cm de largura, 18 cm de altura e 16 cm de comprimento, além disso será usada uma tampa para que não deixe o gás se dispersar. Será colocado um detector de gás DNI 6918 e também LEDs simbolizando a energia presente na casa. A eletrônica do detector de gás será conectada ao Arduino que por sua vez será ligado ao relé, o relé será ligado aos LEDs.

Para realizar o experimento, será necessário ejetar um pouco de gás próximo ao detector, onde é esperado que após o acionamento do detector, comece a emitir um alarme sonoro e os LEDs que foram conectados ao relé seja desligado automaticamente. O Arduino vai atuar em conjunto com o detector de gás, o mesmo terá a função de enviar um SMS para o número que foi adicionado ao programa, para que o Arduino consiga efetuar essa função será necessário o uso do seu acessório chamado de Arduino GSM SHIELD, como medida preventiva para que não ocorra a possibilidade do SMS não ser enviado por causa de falta de sinal será utilizado uma antena no acessório (FREIRE, 2015).

Assim como código base utilizado para programar o Arduino será usado um presente em sua biblioteca, onde será necessário ser feita algumas alterações para se adequar as necessidades do trabalho, sendo algumas delas, o número que vai receber e mandar o SMS e a mensagem que será enviado para esse número. Será necessário que o Arduino envie uma mensagem informando a situação que a residência se encontra, dizendo que ocorreu um vazamento de gás e que a energia da residência foi desligada. E, previsto que, logo após o gás ser dispersado o detector de gás vai parar de emitir o alarme sonoro e os LEDs vão ser acessos representando a volta de energia na casa, no mesmo momento o Arduino vai agir enviando um SMS informando a nova situação da residência, dizendo que o gás foi dissipado e que a energia na residência foi restaurada (FREIRE, 2015).

Uma limitação do estudo apresentado é possuir uma característica puramente bibliográfica, pois seu desenvolvimento ainda não avançou ao estágio de construção do protótipo para realização de testes e obtenção de dados reais. Futuramente, esse projeto está limitado a um protótipo de pequeno porte, sendo possível, apenas a realização do teste em uma maquete. Como aluno não será possível ocorrer o teste real em uma residência, tendo em vista a possibilidade de ocorrer uma explosão, o custo para o teste em uma residência e o material necessário para que ocorra esse teste (FREIRE, 2015).

De acordo com a forma que foi abordada em todo o andamento do relatório, foi concluído que a pesquisa foi realizada de forma qualitativa, pois é focado em passar informações adquiridas de acordo com a experiência de autores presente nos artigos científicos.

#### **4. RESULTADO**

A seguir serão mostrados os elementos utilizados na construção do protótipo e sua maquete para a realização de algumas simulações e testes de funcionamento da lógica e do sistema em geral. Temos a placa do Arduino utilizada, mostrada na Figura 11, que executa o código lógico, recebe o sinal de saída do sensor e envia os sinais à placa GSM SHIELD, para o envio das mensagens SMS específicas sobre o monitoramento de vazamento de gás em que se encontra a casa. As Figuras 12 e 13 apresentam uma construção da maquete para testes do sistema, enquanto a Figura 14 mostra uma captura da tela do celular que tem o número cadastrado no código lógico para exibição de mensagens de alerta.

Após a montagem do protótipo realizamos inúmeros testes, os resultados obtidos foram satisfatórios:

- Baixo custo de investimento versus eficácia: o protótipo teve sua eficiência comprovada e satisfatória mesmo utilizando dispositivos de baixo custo em sua construção.
- Eficácia do código: foi observado que após a iniciação do sistema, a comunicação é ininterrupta e precisa, e o tempo de resposta de acionamento dos alarmes e interrupção da alimentação de energia é imediato após identificar o vazamento de gás.

Figura 3 - GSM Shield ligada ao Arduino UNO



Fonte: PRODUZIDA PELO AUTOR

Figura 5 - Foto superior da Maquete com o sistema instalado



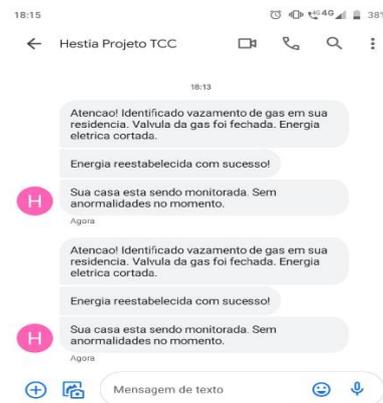
Fonte: PRODUZIDA PELO AUTOR

Figura 4 - Maquete sem o sistema instalado



Fonte: PRODUZIDA PELO AUTOR

Figura 6 - Print da tela do celular cadastrado no sistema recebendo as mensagens de texto



Fonte: PRODUZIDA PELO AUTOR

Foram identificadas durante os testes algumas limitações no projeto:

- **Longo tempo de inicialização:** O sistema possui um longo tempo de espera para iniciar devido dois fatores, um destes fatores são as limitações de recursos do Arduino UNO, que por sua vez apresenta baixo poder de processamento para rodar o código extenso que é utilizado no sistema. E o outro fator limitante é o tempo de início de detecção do sensor de gás empregado no protótipo, que varia entre 2 a 5 minutos dependendo das condições do local instalado.
- **Demora na comunicação com o sistema via SMS:** foi observado durante os testes que em algumas ocasiões havia um longo tempo de espera para receber a notificação de vazamento de gás via SMS, e ao investigar a causa deste problema, constou-se esta falha ocorre devido à baixa intensidade do sinal da operadora, e que a placa GSM Shield empregada não possui adaptação para uma antena externa que permita ampliar a captação de sinal da operadora telefônica. Portanto a cobertura da operadora telefônica é uma limitação na escolha do local de instalação do protótipo.

## 5. CONCLUSÃO

Ao analisar os resultados obtidos nos testes, foi possível concluir que apesar do baixo orçamento investido no projeto, o mesmo operou de forma funcional e eficiente possuindo um tempo de resposta satisfatório levando apenas poucos segundos para proteger a residência de um possível sinistro causado por um vazamento de gás.

Contudo, foi identificado muitas possibilidades de otimização para este projeto. Dentre as melhorias, observou-se a possibilidade de reduzir tempo de espera na inicialização do sistema, tal limitação pode ser solucionada ao empregar um Arduino MEGA, que possui um poder de processamento mais eficiente. Quanto ao longo tempo de calibração do sensor de gás, a forma encontrada de modo a evitar gastos desnecessários, é realizar uma minuciosa pesquisa de mercado buscando dispositivos com as características que melhor atenda ao projeto conforme as condições do local de instalação do equipamento. Uma alternativa economicamente viável para solucionar o problema da baixa intensidade do sinal da operadora telefônica, é utilizar no projeto, placas GSM SHIELD de modelos mais antigos que possuem adaptação para uma antena externa capaz de ampliar a captação de sinal, pois as placas encontradas atualmente no mercado não possuem a possibilidade de pôr uma antena externa.

A realização deste projeto de trabalho de conclusão de curso, possibilitou aplicar e desenvolver muitas habilidades que serão um diferencial na carreira de engenheiro, pois criar otimizar sistemas de automação visando o melhor custo e benefício para o processo é um dos princípios mais importantes do curso de engenharia de controle e automação.

## 6 REFERÊNCIAS

ARDUINO. Introdução ao Arduino GSM Shield. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoGSMShield>. Acesso em 29 de abril de 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidades**, 2016. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>. Acesso em: 22 abril 2020.

CANDIDO, Gradimilo. **Sensor de gás MQ-135 e a família de sensores MQ.** Vida de Silício. 28 de setembro de 2017. Disponível em <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-gas-mq-135/>. Acesso em 23 de abril de 2020.

FREIRE, Waldir Rodrigues e outros. **A melhor aplicação.** Cover Page, Revista Controle & Automação, São Paulo, n. 206, p. 38 a 41, 2015.

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 abril de 2020.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (HSE). **ALARP “at a glance”.** Disponível em <https://www.hse.gov.uk/risk/theory/alarplance.htm#>. Acesso em 20 de abril de 2020

INCRIVEL.CLUB. **O que fazer no caso de um vazamento de gás.** Disponível em <https://incrivel.club/inspiracao-dicas/o-que-fazer-no-caso-de-um-vazamento-de-gas-171260/>. Acesso em 21 de abril de 2020

JORDÃO, Dácil de Miranda. **Pequeno manual de instalações elétricas em atmosferas potencialmente explosivas.** 2. ed. São Paulo: Ed. Blucher, 2015.

MOREIRA, Alessandro Márcio. **Segurança na Utilização do Gás Liquefeito de Petróleo.** Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Engenharia de Campo) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

MOTA, Allan. **O que é Arduino e como funciona.** Vida de Silício. 17 de maio de 2017. Disponível em <https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-arduino-e-como-funciona/>. Acesso em 24 de abril de 2020.

PATSKO, Luís Fernando. **Tutorial Controle de Reles.** Maxwell Bohr Instrumentação Eletrônica. 13 de março de 2006. Disponível em [https://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000\\_kdr5000/tutorial\\_eletronica\\_-\\_rele.pdf](https://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_rele.pdf). Acesso em 27 de abril de 2010.

SILVA, Genivaldo Carlos. **Dispositivo eletrônico paraconsistente de alerta de vazamento de gás liquefeito de petróleo para instalações residenciais e pequenos comércios**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Paulista, São Paulo, 2016.

SILVEIRA, Cristiano Bertolucci. **Como funciona a válvula solenoide, e quais os tipos existentes**. CITISYSTEMS, 2018. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/valvula-solenoide/>. Acesso em 28 de abril de 2020.

TECHINICAL DATA. **MQ-135 GAS SENSOR**. Disponível em <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>. Acesso em 23 de abril de 2020.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA. **Apostila áreas classificadas – Instrumentista Reparador**. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/camaral/instrumentacao-industrial/15%20-%20Apostila%20areas%20classificadas%20-%20instrumentista%20reparador.pdf>  
Acesso em: 23 de abril 2020.