



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE**  
**CONTROLE E AUTOMAÇÃO – CEC AU**



**ARTHUR CAIO VARGAS E PINTO**

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO DE GÁS LP**  
**COM ALARME POR SMS**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E**  
**AUTOMAÇÃO**

**Ouro Preto**  
**Julho/2016**

# **DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO DE GÁS LP COM ALARME POR SMS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis

Ouro Preto  
Escola de Minas - UFOP  
Julho/2016

V297d Vargas e Pinto, Arthur Caio.  
Desenvolvimento de sistema de monitoramento de gás LP com alarme por SMS [manuscrito] / Arthur Caio Vargas e Pinto. - 2016.  
56f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Colegiado do Curso de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas fundamentais.

Área de concentração: Engenharia de Controle e Automação.

1. Automação Residencial. 2. Gás LP. 3. Segurança. 4. Alarme por SMS.  
I. José da Rocha Reis, Agnaldo . II. Universidade Federal de Ouro Preto.  
III. Título.

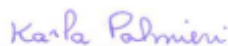
CDU: 681.5

Fonte de catalogação: [bibem@sisbin.ufop.br](mailto:bibem@sisbin.ufop.br)

Monografia defendida e aprovada, em 19 de julho de 2016, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis - Orientador



Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri – Professora Convidada



Profa. MSc. Adrielle de Carvalho Santana – Professora Convidada

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar a oportunidade de estudar em uma ótima Universidade Federal, e por me guiar durante os tempos difíceis de minha graduação.

Aos meus pais, Lécia e Ademar, que me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade, tendo sempre paciência e diálogo como pilares de nossa relação.

Aos meus irmãos Thomás e Matheus, pelo companheirismo e amizade acima de tudo.

À minha namorada Lourena, que foi meu porto seguro em diversos momentos de dúvida.

Aos amigos de Ouro Preto, agradeço pelas memórias que criamos e aos amigos de Ponte Nova, sou grato por termos sido capazes de manter nossa amizade forte mesmo distantes.

À minha família, pelo apoio incondicional e, em especial à minha avó Júlia, que sempre torceu pelo meu sucesso.

Aos professores pela paciência e empenho, em especial à professora Karla, que tanto me auxiliou ao longo do curso.

À UFOP e à equipes Rodetas, pelo aprendizado adquirido e pelas amizades conquistadas.

A todos os que fizeram parte dessa conquista, um muito obrigado!

## RESUMO

Este trabalho tem como propósito fazer um estudo a respeito dos perigos e vantagens de se monitorar os níveis de gás LP em um ambiente domiciliar, sobretudo por meio do estudo de exemplos de acidentes que ocorreram na atualidade e do que poderia ter sido feito para evitá-los. Após revisão bibliográfica e um estudo mais detalhado sobre o assunto, é proposto um sistema de monitoramento que, em caso de vazamento, seja capaz de alertar os moradores da residência mesmo estes não estando no domicílio. Esse sistema contribui significativamente para a segurança dos domicílios e edificações em geral, uma vez que oferece uma oportunidade de identificar e sanar possíveis vazamentos de gás que possam ocorrer. O sistema conta com um sensor de gás que fica a cargo da medição do nível de gás presente no ambiente, e de um microcontrolador Arduino que realiza a comparação dos níveis de gás com os níveis aceitáveis e envia uma mensagem de alerta para um número de telefone cadastrado. Um relé desliga a energia caso um vazamento seja detectado. Com base no levantamento de custos do projeto, análise de desempenho e detalhamento do sistema, são feitas sugestões para auxiliar em trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** Automação residencial, gás LP, segurança, alarme por SMS.

## **ABSTRACT**

This work consists of a study about the dangers and advantages of monitoring the LP gas levels in an environment, showing among other reasons, previous cases of gas leakage accidents and what could have been done to prevent them. After some theoretical basis is built on the subject, it is proposed a monitoring system that is able to warn people about a gas leakage that might be occurring in their residence, even if it is empty, increasing chances of identifying and solving possible leakages that could cause accidents. The system is composed by a gas sensor responsible for measuring the gas levels on the environment and by an Arduino microcontroller that does the comparison between the values sent by the sensor and acceptable values set previously, sending an SMS message to a registered cellphone number if necessary. A relay is used to cut off energy in case a gas leakage is detected. According to the project's cost relation, performance analysis and system detailing, some suggestions are made to aid in future studies on this subject.

**Keywords:** Home automation, LP gas, safety, text message warning.

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

AC – *Alternating Current* - Corrente Alternada.

DC – *Direct Current* - Corrente Contínua.

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo.

GPRS – *General Packet Radio Service* – Serviços Gerais de Pacotes por Rádio.

GSM – *Global System for Mobile Communication* – Sistema global para comunicação móvel.

IDE – *Integrated Development Environment* – Ambiente de Desenvolvimento Integrado.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia .

kg – Quilograma (Unidade de massa).

kPa – Quilo-Pascoal (Unidade de pressão).

LCD – *Liquid Crystal Display* – Display de Cristal Líquido.

LED – *Light Emitting Diode* – Diodo Emissor de Luz.

MQ-6 – Sensor de gás LP.

NA – Normalmente Aberto.

NF – Normalmente Fechado.

PPM – Partes por milhão.

SMS – *Short Message Service* – Serviço de Mensagens Curtas.

USB – *Universal Serial Bus* – Barramento Serial Universal.



## **LISTA DE TABELAS**

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| TABELA 6.1 – ORÇAMENTO DO PROJETO ..... | 47 |
|-----------------------------------------|----|

## LISTA DE FIGURAS

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 2.1 – ESQUEMA GERAL DE PRODUÇÃO DE GÁS LP.....  | 13 |
| FIGURA 2.2 – NORMAS TÉCNICAS PARA BOTIJÕES DE GÁS..... | 17 |
| FIGURA 3.1 - ARDUINO UNO.....                          | 19 |
| FIGURA 4.1 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS ARDUINO UNO.....  | 23 |
| FIGURA 4.2– PINAGEM DO ARDUINO .....                   | 25 |
| FIGURA 4.3 - SENSOR DE GÁS LP MQ-6 .....               | 25 |
| FIGURA 4.4– PINAGEM DO MQ-6 .....                      | 26 |
| FIGURA 4.5- RELAÇÃO ENTRE NÍVEIS DE GÁS .....          | 27 |
| FIGURA 4.6– SHIELD GSM .....                           | 28 |
| FIGURA 4.7 - COMUNICAÇÃO SERIAL GSM SHIELD .....       | 29 |
| FIGURA 4.8– PINAGEM DO SHIELD GSM .....                | 29 |
| FIGURA 4.9- EXPLICAÇÃO DA PINAGEM DO MODULO GSM .....  | 30 |
| FIGURA 4.10 – BUZZER.....                              | 32 |
| FIGURA 4.11– ESQUEMÁTICO DE UM LED.....                | 33 |
| FIGURA 4.12– LIGAÇÕES DO SHIELD RELÉ .....             | 34 |
| FIGURA 4.13– DISPLAY LCD.....                          | 35 |
| FIGURA 4.14- PINAGEM DISPLAY LCD.....                  | 35 |
| FIGURA 5.1– FLUXOGRAMA GERAL DO PROJETO .....          | 37 |
| FIGURA 5.2– ESQUEMÁTICO DO PROJETO .....               | 38 |
| FIGURA 5.3 – MONTAGEM DO CIRCUITO EM PROTOBOARD .....  | 38 |
| FIGURA 5.4– INCLUSÃO DE BIBLIOTECAS.....               | 39 |
| FIGURA 5.5- DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS .....              | 39 |
| FIGURA 5.6– DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS II .....           | 40 |
| FIGURA 5.7 - DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS III.....          | 40 |
| FIGURA 5.8– FUNÇÃO SETUP .....                         | 41 |
| FIGURA 5.9– FUNÇÃO LOOP.....                           | 42 |
| FIGURA 5.10– VERIFICAÇÃO DE VAZAMENTO.....             | 43 |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| FIGURA 5.11 – IMPRESSÃO EM DISPLAY LCD .....   | 43 |
| FIGURA 5.12– ENVIO DE MENSAGEM DE TEXTO .....  | 44 |
| FIGURA 5.13– CONDIÇÕES NORMAIS.....            | 44 |
| FIGURA 5.14- ESQUEMÁTICO NO PROTEUS ISIS ..... | 45 |

# SUMÁRIO

|       |                                       |    |
|-------|---------------------------------------|----|
| 1     | INTRODUÇÃO .....                      | 14 |
| 1.1   | Introdução ao tema.....               | 14 |
| 1.2   | Objetivo .....                        | 11 |
| 1.3   | Motivação.....                        | 11 |
| 1.4   | Estrutura da Monografia .....         | 12 |
| 2     | APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA .....        | 13 |
| 2.1   | Origem do gás LP.....                 | 13 |
| 2.2   | Composição do gás LP .....            | 13 |
| 2.3   | Principais aplicações.....            | 14 |
| 2.4   | Perigos do gás LP.....                | 15 |
| 2.5   | Exemplos de Acidentes .....           | 15 |
| 2.6   | Medidas de segurança .....            | 16 |
| 2.7   | Formas de detecção de vazamentos..... | 17 |
| 3     | REFERENCIAL TEÓRICO.....              | 19 |
| 3.1   | A Plataforma Arduino.....             | 19 |
| 3.2   | Sensor de gás.....                    | 20 |
| 3.3   | Rede GSM.....                         | 20 |
| 3.4   | Mensagem de Texto (SMS) .....         | 21 |
| 3.5   | Software PROTEUS VSM.....             | 22 |
| 3.6   | Esquema Geral do Projeto .....        | 22 |
| 4     | HARDWARE E SOFTWARE UTILIZADOS .....  | 23 |
| 4.1   | Arduino UNO .....                     | 23 |
| 4.1.1 | Especificações Técnicas.....          | 23 |
| 4.1.2 | Programação .....                     | 24 |
| 4.1.3 | Pinagem da placa .....                | 24 |
| 4.2   | Sensor de gás MQ-6 .....              | 25 |
| 4.2.1 | Especificações Técnicas.....          | 25 |
| 4.2.2 | Tratamento de dados.....              | 26 |
| 4.3   | Shield GSM/GPRS SIM 900 .....         | 27 |
| 4.3.1 | Especificações Técnicas.....          | 28 |
| 4.3.2 | Pinagem do módulo .....               | 29 |
| 4.3.3 | Chip de celular.....                  | 31 |
| 4.4   | Buzzer .....                          | 31 |
| 4.5   | Light Emitter Diodes (LEDs) .....     | 32 |
| 4.6   | O Shield Relé .....                   | 33 |

|       |                                                |    |
|-------|------------------------------------------------|----|
| 4.7   | Display LCD .....                              | 35 |
| 5     | DESENVOLVIMENTO E ELABORAÇÃO DO PROTÓTIPO..... | 36 |
| 5.1   | Definição do fluxograma .....                  | 36 |
| 5.2   | Montagem do circuito em protoboard .....       | 37 |
| 5.3   | Elaboração do código para arduino .....        | 39 |
| 5.3.1 | PROTEUS ISIS .....                             | 45 |
| 6     | RESULTADOS .....                               | 46 |
| 6.1   | Testes e simulações.....                       | 46 |
| 6.2   | Problemas encontrados .....                    | 46 |
| 6.3   | Orçamento .....                                | 47 |
| 7     | CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                      | 48 |
| 7.1   | Conclusões.....                                | 48 |
| 7.2   | Propostas para trabalhos futuros.....          | 48 |
|       | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....               | 50 |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Introdução ao tema

O vazamento de gás LP (Gás Liquefeito de Petróleo) atualmente é um problema que gera graves acidentes em residências e empresas, muitas vezes com vítimas fatais. Basta uma rápida procura nos meios de comunicação para se perceber que constantemente ocorre um vazamento de gás que gera um acidente em alguma parte do mundo. Dessa forma, ser capaz de monitorar as concentrações de gás em uma localidade e detectar possíveis vazamentos é de vital importância para a segurança daqueles que nela vivem ou trabalham.

Inicialmente as formas de detecção de gás eram baseadas nos sentidos humanos, apresentando baixa precisão e uma alta taxa de erro, configurando um perigoso cenário no que diz respeito à segurança. Felizmente, devido ao avanço tecnológico ocorrido em praticamente todas as áreas da sociedade, o uso dos sentidos humanos na detecção de gases foi minimizado, hoje existindo métodos eletrônicos de detecção bastante eficientes, que apresentam alta precisão e uma taxa de erro aceitável, como o sensor de gás LP com alarme visual e sonoro.

Entretanto deve-se ter em mente que apenas a instalação dos sensores não torna um ambiente seguro. Este tipo de sensores tem por objetivo apenas alertar, e não agir sobre a situação ou sanar o problema. A concepção de um ambiente seguro, portanto parte do princípio que se tenha alguma forma de detecção da variável em questão; um meio de comunicar às pessoas presentes no local e longe dele; uma forma de interromper o fluxo e consequente aumento da concentração de tal variável e por fim alguma maneira de eliminar esta concentração exagerada da variável.

Os diferentes tipos de sensores de gás existentes atualmente utilizam variadas formas de estabelecer a concentração de determinado gás em um ambiente. Em geral, para o gás LP tais sensores monitoram os níveis do gás e emitem um alerta caso tais níveis ultrapassem um limite pré-estabelecido. Este alerta é dado de forma visual, usando-se LEDs ou lâmpadas, e de forma sonora, com o objetivo de alertar pessoas que possam estar numa área onde esteja ocorrendo um vazamento de gás.

Apesar de ser um eficiente instrumento de segurança, sensores desse tipo perdem sua utilidade caso não haja nenhuma pessoa no ambiente onde o vazamento estiver acontecendo, uma vez que o alarme não será percebido por ninguém e o gás continuará

vazando. Dessa forma, mostra-se necessária a criação de alguma forma de alertar pessoas que estiverem longe do local do vazamento e de uma maneira de evitar possíveis acidentes impedindo que faíscas sejam geradas no local.

## 1.2 Objetivo

Assim sendo, a finalidade deste trabalho é a criação de um sistema de monitoramento de gás LP com alarme por SMS em caso de detecção de vazamento, utilizando componentes eletrônicos de fácil aquisição. Além disso, propõe-se que a energia do circuito de iluminação seja cortada como uma forma de impossibilitar a ocorrência de acidentes devido a faíscas geradas por interruptores. Basicamente, de acordo com o avanço do projeto os objetivos serão alcançados e possivelmente novos serão definidos, seguindo teoricamente esta ordem:

- Montagem do protótipo do dispositivo de detecção de gás;
- Integrar este dispositivo ao *shield* GSM do arduino para possibilitar o envio de mensagens de texto;
- Adicionar o *shield* Relé para corte de energia no ambiente;
- Criar o algoritmo que, caso detectado vazamento, será capaz de emitir um aviso sonoro, um aviso visual, enviar uma mensagem SMS para algum número registrado e desligar a energia no circuito de iluminação;
- Testar o sistema para que ele trabalhe na melhor escala de segurança possível;
- Procurar maneiras de aprimorar o dispositivo.

## 1.3 Motivação

Vazamentos de gás atualmente são um grave problema que não recebe a devida atenção das autoridades competentes, e por esse motivo ano após ano milhares de pessoas morrem no mundo inteiro vítimas de acidentes causados por estes vazamentos. Os equipamentos de medição e alarme contra vazamentos existentes cumprem seu papel de forma eficiente, mas pecam ao não fornecer uma maneira de sanar o vazamento quando este ocorre. Outra deficiência destes equipamentos é a não possibilidade de se alertar pessoas que estejam longe do local do vazamento, característica vital nos dias hoje.

Por conta disso, o sistema de monitoramento proposto neste trabalho atua na forma de que detectado o vazamento, o sistema irá emitir um som, acenderá uma luz de aviso e enviará uma mensagem SMS para um número de celular predefinido, alertando

a pessoa a respeito do vazamento. Além disso, o sistema cortará automaticamente o fornecimento de energia para a residência, com o intuito de evitar faíscas que possam ser o gatilho de uma possível explosão.

#### **1.4 Estrutura da Monografia**

O presente trabalho é composto, além da introdução, por seis capítulos, começando pela apresentação do problema e finalizando com a apresentação dos resultados e conclusões obtidas.

No segundo capítulo, apresentação do problema, descreve-se a origem, composição e aplicações do gás de cozinha, bem como seus perigos e formas de detecção. Alguns exemplos de acidentes são discutidos, como forma de motivação para a proposta deste trabalho.

No terceiro capítulo, referencial teórico, é realizada uma pesquisa bibliográfica acerca dos instrumentos e equipamentos que serão utilizados neste trabalho. Além disso, são apresentados os programas de computador usados e outros conhecimentos específicos necessários à conclusão deste projeto, como noções de rede GSM, entre outros.

No quarto capítulo, descrição de componentes, cada instrumento utilizado neste trabalho é detalhado, incluindo especificações técnicas e linguagens de programação. Os sensores usados são explicados, as ligações do circuito são definidas e as configurações de cada dispositivo são detalhadas.

No quinto capítulo, desenvolvimento e elaboração do protótipo, são apresentadas as etapas de construção do sistema de detecção de vazamentos de gás. Há a definição do fluxograma de funcionamento, a montagem do circuito em *protoboard* e a explicação do código do microcontrolador responsável pelo controle do sistema.

No sexto capítulo, Resultados, comentam-se os testes realizados com o sistema, bem como os problemas encontrados durante o desenvolvimento do projeto. O orçamento geral deste trabalho também é apresentado.

No sétimo capítulo, Considerações Finais, conclui-se o trabalho e são feitas algumas sugestões para trabalhos futuros que queiram aprimorar os resultados obtidos neste projeto.



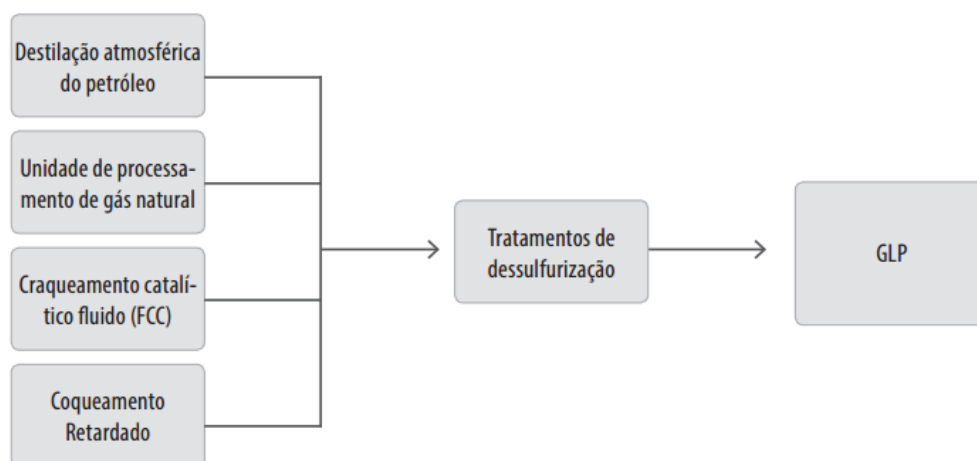
## 2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

### 2.1 Origem do gás LP

De acordo com Energia Excepcional ([201?]), o gás LP tem duas origens: 60% são recuperados da extração de gás natural e óleo da terra, e os 40% restantes são produzidos durante o refino do petróleo cru. O gás LP é assim um subproduto que ocorre naturalmente. Antigamente este gás era desperdiçado e eliminado sem utilidade, até que se descobriu seu potencial como fonte de energia.

Quando o gás natural é extraído do subsolo, a maior parte deste é metano, misturado a outros gases. É por meio do fracionamento do gás natural que o gás LP é gerado como subproduto.

De forma análoga, quando petróleo cru é extraído do subsolo, este passa por um complexo processo de refino, passando por processos como destilação atmosférica e craqueamento, entre outros. Os gases constituintes do gás LP são extraídos durante estas etapas. É apresentado um esquema básico de produção de gás LP na figura 2.1.



**Figura 2.1 – Esquema geral de produção de gás LP**  
**Fonte: PETROBRAS, 2013**

Em questões de demanda, Moura (2012) destaca que “O Brasil é o quinto maior mercado consumidor de gás LP do mundo, atrás somente de EUA, Japão, China e México, com um consumo anual em 2010 de 7 milhões de toneladas”.

### 2.2 Composição do gás LP

O gás LP é primariamente uma combinação de moléculas de propano e butano junto com pequenas quantidades de outros compostos, como o propano, propeno, isobutano, n-butano e buteno. Dentre esses gases, os principais gases são o propano e o butano. O propano é um gás mais leve que o butano e é responsável pela chama azul característica. Já o butano é mais pesado e é o último a queimar, apresentando uma cor

amarelada ou alaranjada. Tais gases não apresentam cheiro, fator esse que dificulta sua detecção em casos de vazamentos. Por esse motivo, uma pequena quantidade de um composto à base de enxofre é adicionada ao gás LP a fim de lhe conferir odor facilmente identificável, para o caso de uma eventual situação de vazamento (PETROBRAS, 2013).

O gás LP é popularmente utilizado em todo o país, acondicionado em botijões de capacidades entre 2kg e 90kg. Cada tipo de botijão é regulamentado por uma Norma Regulamentadora (NR) e possui diferentes utilizações, desde o uso doméstico para cozimento de alimentos até o uso industrial. O gás LP, que se apresenta em estado gasoso à temperatura normal, dentro dos botijões é mantido a pressões entre 392 kPa e 686 kPa, assumindo a forma líquida. Como um líquido, é mais fácil de ser transportado e armazenado. A utilização do gás LP na forma líquida foi proposta por Walter Snelling no ano de 1911, quando este conseguiu produzir propano e butano liquefeitos e viu o potencial de transporte e utilização que essa nova forma de acondicionamento dos gases poderia proporcionar. A primeira produção comercial do gás LP não ocorreu antes de 1920, enquanto a primeira comercialização regional aconteceu em 1950. A utilização maciça do gás LP não se desenvolveu de 1940 até o fim de 1960 (ENERGIA EXCEPCIONAL, [201?]).

O gás LP pode ser transportado e armazenado como líquido e quando liberado, é vaporizado e queimado como gás. O gás LP pode ser facilmente levado do estado líquido para o estado gasoso e vice-versa. Esta característica faz do gás LP um combustível único (PETROBRAS, 2013).

### **2.3 Principais aplicações**

Boa parte do gás LP produzido mundialmente é utilizado no cozimento de alimentos. O gás LP é uma fonte de energia confiável e flexível, sendo amplamente empregado na culinária, uma vez que já fornece um aquecimento imediato na ignição, não necessitando de um tempo inicial de aquecimento, como acontece com outras formas de suprimento de energia.

O gás LP também encontra demanda no aquecimento domiciliar, sendo bastante utilizado como uma fonte de energia confiável para uma variedade de aplicações residenciais, incluindo aquecimento central, aquecimento de água e ar condicionado. Além disso, o gás LP também possui utilidade em diversos segmentos, desde o comercial à agropecuária. Devido à sua facilidade de transporte em estado líquido, trata-

se de uma fonte confiável de energia também para populações afastadas dos grandes centros urbanos.

No Brasil, o uso de gás LP é proibido para uso em motores de qualquer espécie, saunas, caldeiras e aquecimento de piscinas, ou para fins automotivos, permitido apenas em empilhadeiras.

## **2.4 Perigos do gás LP**

Vazamentos de gás são extremamente perigosos, já que o gás LP é invisível, inflamável e pode causar fortes explosões. Até mesmo uma pequena centelha gerada ao se acender a luz em um cômodo pode servir como ignição da explosão do gás. Acidentes envolvendo gás LP geralmente ocasionam vítimas fatais, devido à força das explosões e ao intenso calor gerado nesses eventos.

Além do risco de explosões, a exposição ao gás é bastante prejudicial à saúde. O gás não é venenoso, mas é asfixiante. “Por ser mais pesado que o ar, quando há vazamento de gás LP em um ambiente fechado, este vai se acumulando ao nível do chão e expulsa gradativamente o oxigênio, causando asfixia em quem permanecer”. (BOTIJÃO..., 2015). Mesmo a exposição ao gás por pequenos intervalos de tempo pode causar náusea, tontura, dor de cabeça e desmaios. Além disso, o contato com o gás liquefeito pode causar queimaduras e a pele pode tornar-se branca ou amarelada.

## **2.5 Exemplos de Acidentes**

Quando ocorre uma explosão de gás, o que realmente acontece é um vazamento de gás, devido a alguma falha humana ou técnica, fazendo com que o gás se espalhe por todo o ambiente. Quando uma pessoa chega ao cômodo e não percebe o vazamento, qualquer ação que produza faísca será responsável por gerar a explosão. Uma faísca não se trata somente de fogo, podendo ser gerada por equipamentos elétricos ou a brasa de cigarros. Mesmo o simples ato de se ligar um interruptor é capaz de gerar a faísca que ocasionará a explosão. Ao explodir, o gás causa um deslocamento de ar, destruindo tudo de material no raio de explosão.

Acidentes por explosão de gás figuram entre a principal causa dos acidentes domésticos no Brasil e no mundo. Várias medidas de segurança são adotadas a fim de se evitar tais acidentes, mas quando estes ocorrem, geralmente ocasionam muita destruição e dezenas de vítimas fatais devido à força da explosão. Entre os inúmeros casos de explosão de gás, alguns se destacam pela quantidade de pessoas feridas ou pelas condições em que ocorreram, deixando sempre o lembrete de que as

possibilidades de uma explosão nunca devem ser ignoradas, uma vez que as consequências são severas.

Um exemplo de acidente de explosão de gás ocorreu na Índia em 2015, na cidade de *Petlawad*, deixando oitenta e cinco mortos e mais de cem pessoas feridas. A fatalidade ocorreu em um restaurante que estava lotado no horário, sendo que um vazamento proveniente de um cilindro de gás gerou a explosão que além de causar as mortes, causou o desabamento de dois prédios na área (EXPLOSÃO..., 2015).

De forma semelhante, o Brasil também é frequentemente palco de acidentes de explosão de gás. Entre estes, um exemplo mais recente é o acidente ocorrido no Rio de Janeiro em abril de 2016, deixando cinco mortos e nove feridos. A explosão aconteceu em um condomínio na Zona Norte do Rio de Janeiro, causada por um vazamento na tubulação de fornecimento de gás natural, destruindo vários apartamentos no local. Moradores relataram que sentiam forte cheiro de gás e que vários pedidos de inspeção foram feitos à prefeitura, sem retorno (EXPLOSÃO..., 2016). Claro exemplo de descaso quanto às medidas de segurança na questão referente ao manejo do gás.

## **2.6 Medidas de segurança**

Devido à alta periculosidade do gás LP, o uso e manuseio do gás devem ser acompanhados por algumas medidas de segurança visando a máxima proteção das pessoas que se encontram no ambiente de utilização do gás.

Primeiramente, deve-se ter em mente que a maioria dos condomínios foi construída há muitos anos, logo, com um projeto de sistema de encanamento de gás obsoleto, subdimensionado para os tempos atuais e, algumas vezes, com material de má qualidade ou que perdeu sua eficiência ao longo dos anos (MARQUES, 2015). Com o avanço da tecnologia, hoje existem mais equipamentos que utilizam gás como fonte de energia, fazendo com que a demanda aumente cada vez mais. A não atualização da rede para a nova demanda de gás pode gerar problemas de distribuição que levariam à ocorrência de vazamentos, favorecendo uma possível explosão. A NBR13932 regulamenta as instalações internas de gás LP em residências brasileiras e contém todas as especificações técnicas necessárias para uma rede interna de gás segura e confiável.

Para as residências onde o gás não é canalizado, o uso do botijão é a melhor alternativa para essas pessoas. Entretanto, a atenção a alguns detalhes é imprescindível para garantir a segurança:

- Nunca instalar botijões em compartimentos fechados e sem ventilação;

- Não deixar os botijões expostos ao sol nem à chuva;
- Comprar botijões sempre de empresas credenciadas;
- Instalar o botijão de gás o mais afastado possível do fogão;
- Utilizar somente mangueiras certificadas pelo Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO).

O regulador de gás, popularmente conhecido como click, é a peça que se usa para abrir e fechar a passagem do gás de cozinha e que conecta a mangueira ao botijão. Como o gás LP é inserido sob alta pressão no botijão, a válvula reguladora de gás é essencial para reduzir a pressão da chama, gerando uma chama constante e uniforme. De acordo com Mello (2011), o regulador de pressão para botijões de até 13kg é normatizado pela NBR 8614, já o P45 exige um regulador mais potente sendo normatizado pela NBR 13794.

Neste contexto, a legislação brasileira define as seguintes normas mostradas na figura 2.2 como aplicáveis à distribuição e armazenamento de botijões de gás LP:

| <b>Norma</b> | <b>Assunto</b>                                                                                                           | <b>Ano</b> |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| NBR 15526    | Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais - Projeto e execução 2009 |            |
| NBR 8473     | Regulador de baixa pressão para GLP com capacidade até 4 kg/H                                                            | 2001       |
| NBR 8613     | Mangueiras de PVC para instalações domésticas de GLP                                                                     | 1999       |
| NBR 8614     | Válvulas automáticas para recipientes transportáveis para 2 kg, 5 kg e 13 kg de GLP                                      | 1999       |
| NBR 14536    | Registros para recipientes transportáveis para 20 kg de GLP                                                              | 2000       |
| NBR 13794    | Registro para recipientes transportáveis para 45 kg e 90 kg de GLP                                                       | 1997       |

**Figura 2.2 – Normas Técnicas para botijões de gás**  
**Fonte: BOTIJÃO...,2016**

## **2.7 Formas de detecção de vazamentos**

Vazamentos de gás podem ocorrer devido a falhas humanas ou técnicas. Quando da ocorrência de um vazamento, existem formas de se identificar esta situação a fim de se tomar ações com o objetivo de saná-la.

O próprio gás LP já possui em sua composição um composto à base de enxofre que confere ao gás seu cheiro característico. Como os gases constituintes do gás LP são inodoros, tal composto possibilita a fácil e rápida detecção do gás em caso de vazamento. Outra maneira de se detectar eventuais vazamentos consiste na aplicação de uma esponja com detergente na base do registro do botijão de gás. Se algumas bolhas se formarem, é porque há vazamento. É recomendado que este procedimento seja executado sempre após a instalação de um novo botijão de gás.

Como alternativa, existem hoje no mercado equipamentos capazes de detectar a presença e concentração do gás LP em um ambiente, emitindo um alarme sonoro e

visual em caso de vazamento de gás, podendo ser utilizados tanto em residências como em indústrias e comércios.

Embora a prática do uso de detectores de gás LP já esteja bem difundida nos países desenvolvidos, no Brasil ainda não é comum o uso de tais equipamentos como dispositivo de segurança nas residências e edificações. Isso se verifica pela constante ocorrência de acidentes envolvendo vazamentos de gás no Brasil, incidentes estes que talvez pudessem ter sido evitados caso detectores de gás estivessem instalados.

Além destes métodos e dispositivos de detecção de vazamentos, a manutenção preventiva e corretiva dos dispositivos de gás é imprescindível para seu efetivo funcionamento, devendo ser realizada uma vistoria constante das instalações de gás e equipamentos de segurança da residência ou indústria, incluindo detectores de gás, hidrantes, extintores, e tubulações.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados os conceitos e conhecimentos básicos necessários ao completo entendimento do projeto. Serão apresentados de forma sucinta os elementos que compõem este trabalho, bem como sua determinada função no desenvolvimento do sistema como um todo.

#### 3.1 A Plataforma Arduino

O Arduino é uma placa projetada na Itália que surgiu para ser utilizada como forma de prototipagem eletrônica, com o objetivo de tornar a robótica mais acessível à população em geral. Criado por Massimo Banzi e David Cuartielles em 2005, a placa surgiu como uma forma mais barata de estudar eletrônica e programação, além de ser uma excelente ferramenta introdutória ao mundo das linguagens de programação, tornando o aprendizado de engenharia e robótica muito menos maçante e difícil. Desde sua criação, cada versão lançada do Arduino se mostrava mais simples, mais barata e mais fácil de ser usada.

O projeto serve como uma boa forma de se iniciar os estudos na área de eletrônica, uma vez que não é necessário ter conhecimentos prévios nem em eletrônica ou em linguagens de programação para se utilizar a plataforma Arduino, sendo esta indicada tanto para profissionais quanto amadores. O Arduino permite a criação de projetos de diferentes tamanhos e dificuldades, desde simples programas que acendem LEDs a sistemas de captação de dados provenientes de uma infinidade de sensores que possuem compatibilidade com o Arduino.

Outra característica essencial do Arduino é que todo o material, incluindo bibliotecas, *hardware* e o próprio *software*, é *open-source*, ou seja, pode ser reproduzido e usado por qualquer pessoa sem a necessidade do pagamento de royalties ou direitos autorais a seus criadores.

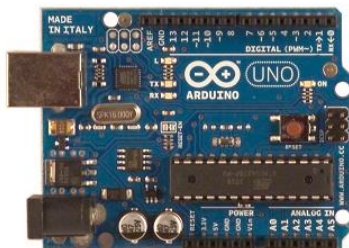


Figura 3.1 - Arduino UNO  
Fonte: FILHO, 2012

Como explica Soares (2013), cada placa Arduino é constituída por um “controlador [...], pinos digitais e analógicos de entrada e saída, entrada USB – o que permite conexão com computadores – ou serial e possui código aberto”. A potencialidade de aplicações do Arduino ainda pode ser aumentada usando-se extensões de *hardware* chamadas *shields*, cada um com uma finalidade e função diferente.

### 3.2 Sensor de gás

Um sensor é basicamente um dispositivo que responde a um estímulo físico ou químico, sendo capaz de converter este estímulo em uma tensão analógica que pode ser mensurada e interpretada posteriormente. Os sensores fornecem um sinal que deve ser devidamente condicionado antes de ser exibido ao usuário ou utilizado em alguma operação. Geralmente um amplificador é utilizado para amplificar o sinal medido para escalas utilizáveis, além de que este sinal passa por alguns filtros a fim de se eliminar ruídos e outras informações desnecessárias. Como exemplos de sensores destacam-se os sensores de luz, como o fotodiodo; os sensores de movimento, como o tacógrafo; e os sensores pressão, como o barômetro.

Dessa forma, o sensor de gás é um equipamento de segurança capaz de detectar a concentração de determinado gás em um ambiente, por meio de reações químicas que ocorrem no interior do sensor. De acordo com a concentração, um sinal é enviado pelo sensor ao microcontrolador utilizado no projeto para agir de acordo com essa informação recebida.

### 3.3 Rede GSM

A constante evolução dos equipamentos eletrônicos leva à pesquisa de formas mais eficientes e capazes de possibilitar essa evolução. Com os telefones celulares isso não é diferente. O rápido desenvolvimento deste ramo das telecomunicações criou a necessidade de se melhorar os sistemas que já existiam, a fim de que pudessem suportar as inovações que estavam sendo desenvolvidas. Identificação de chamadas, mensagens de texto e acesso à internet foram aprimoramentos que os celulares receberam, gerando a necessidade de que novas arquiteturas tivessem de ser criadas e as já existentes tivessem de ser otimizadas.

A primeira geração dos sistemas celulares era analógica, possuía baixa capacidade de tráfego e altíssimo custo de implantação. A facilidade de se poderem realizar chamadas telefônicas longe de casa e em movimento, apesar de excitante, de início foi recebida com desconfiança quanto à sua real necessidade e funcionamento.



Vários padrões surgiram pelo mundo, cada um operando em uma faixa de frequência diferente, o que levou a uma falta de padronização dos sistemas entre países. Ao final, enquanto se usava um padrão na Europa, outro era utilizado nos Estados Unidos e Brasil.

Com o advento das inovações no setor de telecomunicações e no esforço de se uniformizar os padrões utilizados, surgiu o *Global System for Mobile Communications* (GSM), tornando-se este o principal padrão representante da segunda geração. De acordo com Costa (2008), ao conseguir atingir uma larga parcela da sociedade, diversos investimentos voltaram-se para esse sistema, ampliando a escala de produção, o que atraiu mais investimentos, e assim por diante, até que o mundo todo pudesse ter acesso a essa tecnologia.

O sistema GSM realiza a transmissão de forma digital, possibilitando, por exemplo, a troca de mensagens de texto, serviços de e-mail, serviços de dados, entre outros. Em 1999, foi introduzido à rede o sistema *General Packet radio Service* (GPRS) de transmissão de dados em alta velocidade, dando início à terceira geração dos sistemas celulares. Todas essas características conferem inúmeros benefícios aos usuários da rede GSM, como a possibilidade de circular por diferentes países que possuem a rede, evolução constante do setor, além de larga cobertura e utilização.

### **3.4 Mensagem de Texto (SMS)**

O *Short Message Service* (SMS), mais conhecido no Brasil como torpedo, surgiu em 1991 na Europa, junto com o padrão GSM, como uma alternativa aos *paggers* alfanuméricos, largamente utilizados na época como uma forma de comunicação entre as pessoas.

Hoje, o SMS é uma ferramenta de comunicação de baixo custo, tornando-se uma alternativa às chamadas telefônicas em casos de conversas rápidas. Uma mensagem de texto pode conter até 160 caracteres, sendo 140 livres para uso do usuário e os outros 20 para operações de controle da operadora. Os torpedos atualmente não enviam apenas palavras, mas também são capazes de transmitir imagens e em alguns casos até pequenos vídeos, dependendo da capacidade da rede da operadora.

O processo de envio e recebimento de um SMS tornou-se bastante popular devido ao seu baixo custo e facilidade de implantação. Entretanto, Pozzebon (2011) afirma que os aplicativos para celular utilizados na internet são um fator que propiciaram a desvalorização dos envios de mensagens de texto, bem como a perda do

interesse por parte das operadoras de celular. Nestes aplicativos, existe a possibilidade de se enviar e receber diversos tipos de conteúdo, além de que não existe limite para o tamanho das mensagens enviadas ou recebidas.

### 3.5 Software PROTEUS VSM

O PROTEUS VSM é um *software* para criação, design e simulação de circuitos eletrônicos, além de também possuir a funcionalidade de criação de placas de circuito impresso (PCB).

Criado pela empresa LabCenter, o programa combina simulação SPICE, componentes animados e vários tipos de microprocessadores para facilitar a criação de circuitos.

O *software* PROTEUS VSM inclui duas ferramentas básicas:

- *ISIS Schematic Capture*: Criação de circuitos, testes e simulações de funcionamento;
- *ARES PCB Layout*: Alocação dos componentes e desenvolvimento da placa de circuito impresso.

O *software* é atualmente considerado uma ferramenta essencial para estudantes e profissionais da área de engenharia e computação que trabalham com eletrônica.

### 3.6 Esquema Geral do Projeto

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sensor de gás que monitore os níveis de gás LP em um ambiente, enviando uma mensagem de celular para um número cadastrado em caso de detecção de vazamento. Além disso, um alarme sonoro e um visual serão disparados, juntamente com o acionamento de um relé para cortar a energia do lugar.

Basicamente o sistema é composto por um Arduino Uno, um *shield* GSM para Arduino, um *display* LCD, um sensor de gás MQ-6, um *shield* contendo dois relés, um *buzzer*, dois LEDs e outros equipamentos eletrônicos.

O funcionamento do sistema ocorrerá na seguinte ordem:

- 1) Sensor envia os valores para o Arduino.
- 2) Caso haja perigo, Arduino exibe mensagem no LCD, aciona *buzzer*, liga LED vermelho e envia mensagem SMS.
- 3) Relé desliga a energia no local.

Os detalhes a respeito do desenvolvimento e funcionamento do sistema serão exibidos nos capítulos 4 e 5 deste trabalho.

## 4 HARDWARE E SOFTWARE UTILIZADOS

### 4.1 Arduino UNO

#### 4.1.1 Especificações Técnicas

O microcontrolador utilizado neste trabalho é o Arduino UNO. Este equipamento é o responsável por realizar todo o controle, monitoramento e atuação do sistema, recebendo dados do sensor e enviando comandos aos atuadores quando necessário.

As placas Arduino atualmente são produzidas utilizando-se diferentes microcontroladores, algumas compostas por microcontroladores da linha Atmel, e outras por microcontroladores da linha ARM ou até mesmo fabricados pela Intel. No caso do UNO, o microcontrolador é um ATmega328. A placa possui 14 pinos digitais de entrada e saída, sendo que seis destes podem ser usados como saídas PWM. Possui também seis entradas analógicas, conexão USB e um conector de alimentação, podendo então ser alimentado via USB, baterias ou adaptadores DC ou AC. As especificações técnicas do Arduino UNO podem ser observadas na figura 4.1:

#### Caraterísticas técnicas

- Micro controlador: ATmega328
- Tensão de operação: 5V
- Tensão de entrada (recomendada): 7-12V
- Tensão de entrada (limite): 6-20V
- Entradas/Saídas: 14 (6 pins PWM)
- Pins Analógicos (Entrada): 6
- Memória Flash: 32 KB (ATmega328), 0.5kb usado pelo bootloader
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidade do Clock: 16 MHz

**Figura 4.1 - Especificações Técnicas Arduino UNO**  
**Fonte: ARDUINO UNO, 2016**

A alimentação externa da placa é possível graças a um conector *jack* presente no Arduino UNO. Como visto na figura 4.1, a tensão de entrada recomendada para a placa é de 7 a 12 volts, com limites de tensão inferiores e superiores de 6 e 20 volts respectivamente.

Além das portas digitais e analógicas, o Arduino UNO possui pinos de energia para alimentar *shields* e equipamento eletrônicos externos eventualmente utilizados junto com o Arduino. São eles: (ARDUINO UNO, 2016).

- IOREF – Fornece uma tensão de referência para que *shields* possam selecionar o tipo de interface apropriada, dessa forma *shields* que funcionam com a placas Arduino que são alimentadas com 3,3V podem se adaptar para ser utilizados em 5V e vice-versa;
- RESET – pino conectado a pino de RESET do microcontrolador. Pode ser utilizado para um reset externo da placa Arduino;
- 3,3 V – Fornece tensão de 3,3V para alimentação de *shields* e módulos externos. Corrente máxima de 50 mA;
- 5 V – Fornece tensão de 5 V para alimentação de *shields* e circuitos externos.
- GND – pinos de referência, terra;
- VIN – pino para alimentar a placa utilizando-se *shield* ou bateria externa. Quando o arduino é alimentado pelo do conector Jack, a tensão da fonte estará nesse pino.

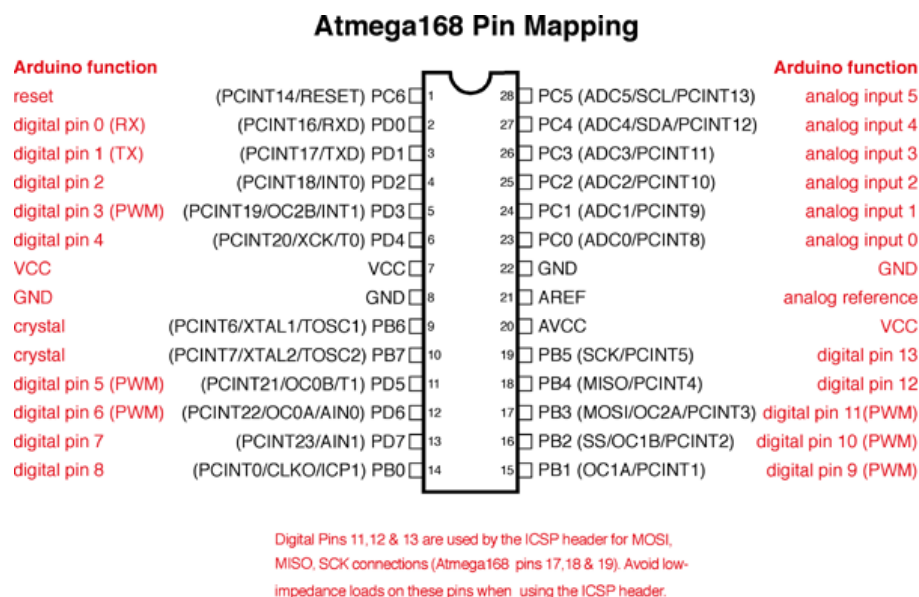
O Arduino possui dispositivos que permitem a comunicação da placa com um computador, outra placa Arduino ou mesmo outros microcontroladores. O microcontrolador Atmega328 presente no Arduino Uno permite comunicação serial, que está disponível nos pinos digitais 0 (RX) e 1 (TX). Outro microcontrolador, Atmega16U2, é responsável pela comunicação com o computador, possibilitando o upload do código binário pelo programador e a entrada automática no modo *bootloader* quando o botão de upload é pressionado na IDE.

#### **4.1.2 Programação**

O Arduino UNO pode ser programado utilizando-se a IDE específica para Arduino, sendo possível escolher a placa que se está utilizando, além de contar com diversas bibliotecas e exemplos de utilização para programadores iniciantes. A programação é feita por meio da comunicação serial, uma vez que existe um *bootloader* no microcontrolador Atmega16U2. Assim, não é necessária a utilização de um kit de gravação para efetuar a gravação do código binário na placa.

#### **4.1.3 Pinagem da placa**

Na figura 4.2, é mostrado o mapeamento de conexões entre os pinos do Arduino e as portas do microcontrolador Atmega168. O mapeamento para o microcontrolador Atmega328 (utilizado no Arduino UNO) é idêntico.



**Figura 4.2– Pinagem do Arduino**

Fonte: ARDUINO UNO, 2016

## 4.2 Sensor de gás MQ-6

O sensor de gás é um dos dispositivos mais importantes deste trabalho. Ele é o responsável por obter os níveis de gás LP no ambiente, dados esses que serão recebidos pelo Arduino, que atuará de acordo com a situação. O sensor de gás utilizado neste projeto foi o MQ-6, mostrado na figura 4.3.



**Figura 4.3 - Sensor de gás LP MQ-6**

Fonte: SENSOR..., 2016

### 4.2.1 Especificações Técnicas

Este módulo de sensor é composto por um elemento sensível eletroquímico, um resistor de proteção e um resistor variável (potenciômetro). O MQ-6 é altamente sensível a gás LP, propano e butano e também é capaz de detectar concentrações de álcool e fumaça. Quando utilizado para detectar gás LP, deve-se evitar o ruído nas

leituras causado pela presença de álcool ou fumaça no ambiente. A resistência do elemento sensível varia à medida que a concentração do gás sendo analisado varia. Este tipo de sensor foi escolhido para este projeto por se tratar um módulo de resposta rápida, compatível com a placa Arduino UNO utilizada e por possuir longa vida útil e estabilidade.

O módulo opera a uma tensão de 5V e sua sensibilidade pode ser ajustada por meio do potenciômetro. Além de ser de fácil instalação, possui uma saída digital e outra analógica, e é capaz de detectar concentrações de gases entre 200 e 10000 ppm. O pino de 5V serve como uma fonte de aquecimento para o sensor, fornecendo as condições necessárias de trabalho para o elemento sensível que compõe o sensor. Internamente, é composto por um tubo cerâmico de óxido de alumínio ( $AL_2O_3$ ) e uma camada de óxido de estanho ( $SnO_2$ ), sendo estes os componentes do elemento sensível.

O circuito de funcionamento do sensor é mostrado na figura 4.4:

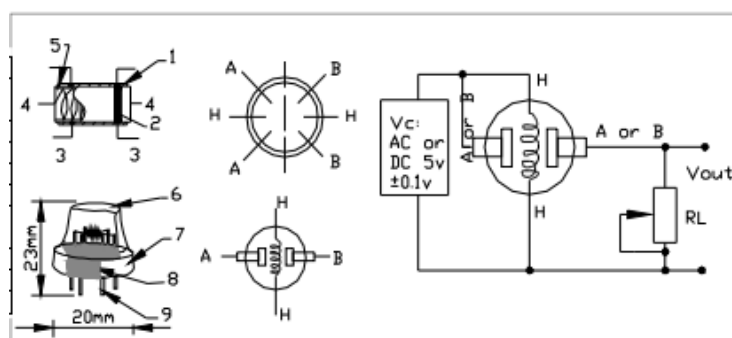


Figura 4.4—Pinagem do MQ-6

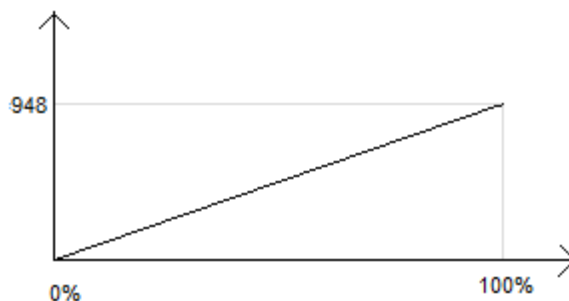
Fonte: MQ-6..., 2016

Como dito anteriormente, o sensor precisa atingir certa temperatura para começar a funcionar corretamente, que pode chegar a 50 ou 60 graus Celsius. Por isso é necessário que ao se ligar o arduino, o sistema seja deixado sem uso por cerca de cinco minutos, tempo suficiente para que o sensor alcance a temperatura de trabalho e as medições se tornem estáveis.

#### 4.2.2 Tratamento de dados

Para se trabalhar com os dados vindos do sensor, são necessários alguns cálculos matemáticos a fim de se tratar as informações recebidas e transforma-las em dados utilizáveis. Segundo LPG... (2014), o sensor de gás MQ-6, quando totalmente imerso em gás LP, possui uma queda de tensão em sua resistência interna de cerca 4.62V. Como o conversor analógico-digital do arduino possui resolução de 10 bits, o equivalente digital desta tensão seria 948 bits. Considerando-se então esse valor de 948

bits como o máximo que o sensor pode “sentir” e entregar ao arduino, é possível definir-se uma relação de porcentagem de gás LP no ambiente de acordo com este limite superior, como mostrado na figura 4.5:



**Figura 4.5- Relação entre níveis de gás**

**Fonte: LPG..., 2016**

Dessa forma, utilizando da equação 4.1, é possível obter-se uma medida de gás LP no ambiente de mais fácil entendimento para o usuário, além de possibilitar definir-se com mais precisão limites de segurança para as porcentagens aceitáveis de gás LP.

$$PorcentagemLP = \frac{(100 * valor\_lido)}{948} = \frac{valor\_lido}{9.48} \quad (4.1)$$

Em que:

- PorcentagemLP: Porcentagem correspondente ao valor de gás LP medido no ambiente;
- Valor\_lido: Medida em bits proveniente do pino analógico do arduino conectado ao sensor.

### 4.3 Shield GSM/GPRS SIM 900

Este dispositivo trata-se de um módulo sem fio compacto, compatível com todas as placas que possuem uma pinagem semelhante à do Arduino UNO. Projetado para o mercado global, este módulo permite ao Arduino conectar-se à internet, enviar e receber mensagens de texto (SMS) e realizar chamadas por voz usando a biblioteca do módulo. Na figura 4.6 há um exemplo do módulo:



**Figura 4.6– Shield GSM**  
**Fonte: ACIONE..., 2015**

Como explicado no item 3.3 deste trabalho, *Global System for Mobile Communications* (GSM) é um padrão internacional de comunicação para telefones celulares, e é comumente chamado de 2G, por se tratar da segunda geração de redes para celulares. A tecnologia de *General Packet Radio Service* (GPRS) surgiu há alguns anos e proporcionou a transmissão de dados em alta de velocidade pela rede GSM, alcançando taxas entre 56 e 114 kbits por segundo.

#### **4.3.1 Especificações Técnicas**

Este *shield* para Arduino é baseado no módulo SIM900 *Quad-Band* GSM/GPRS. O módulo é capaz de enviar serviços GSM/GPRS em *Quad-Band* (850/900/1800/1900MHz) como SMS, voz (ligações), dados via Internet e fax em uma placa muito pequena e com baixo consumo de energia.

Resumidamente, o *shield* apresenta as seguintes especificações:

- Tensão de operação: 5V;
- Alimentação externa de 6V a 12V;
- Total compatibilidade com Arduino UNO;
- Porta serial selecionável;
- Suporte para fone de ouvido, alto falante e microfone;
- Botões de “Ligar” e “Reset” na placa;
- Quad-Band: 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz;
- Controle via comandos AT;
- Baixo consumo de energia;
- Dimensões: 69 mm x 53 mm.

A comunicação entre o Arduino, computador e módulo é feita serialmente. O Arduino já possui porta serial implementada via *hardware*, que são os pinos 0 (RX) e 1 (TX), que também funcionam como entrada e saída digitais, tudo isso graças ao





| TYPE                 | SYMBOL | DESCRIPTION                                                      |
|----------------------|--------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Arduino Pin</b>   | D0     | Selectable communication pin, it can be selected as RX or TX     |
|                      | D1     | Selectable communication pin, it can be set as RX or TX          |
|                      | D2     | Selectable communication pin, it can be selected as RX or TX     |
|                      | D3     | Selectable communication pin, it can be selected as RX or TX     |
|                      | D4     | Connect to SIM900 UART Bus RI                                    |
|                      | D5     | Soft controlled Reset SIM900                                     |
|                      | D6     | Soft controlled Power on/off SIM900                              |
|                      | D7     | -                                                                |
|                      | D8     | -                                                                |
|                      | D9     | Connect to 5110LCD Clock                                         |
|                      | D10    | Connect to 5110LCD Data                                          |
|                      | D11    | Connect to 5110LCD Data or Command selection                     |
|                      | D12    | Connect to 5110LCD Reset                                         |
|                      | D13    | Connect to 5110LCD SCE                                           |
|                      | A0     | -                                                                |
|                      | A1     | -                                                                |
|                      | A2     | -                                                                |
| <b>5110LCD</b>       | A3     | -                                                                |
|                      | A4     | -                                                                |
|                      | A5     | AD_KEY Signal                                                    |
|                      | 3V3    | 5110LCD Power Supply                                             |
|                      | GND    | 5110LCD Power Ground                                             |
|                      | SCE    | 5110LCD Chip enable (Active Low)                                 |
|                      | RTS    | 5110LCD Reset (Active Low)                                       |
|                      | D/C    | Data or Command selection(Low-Write Command, High Write data)    |
| <b>SIM900_UART</b>   | DIN    | 5110LCD Serial data input                                        |
|                      | SCK    | 5110LCD Colock input                                             |
|                      | LED    | 5110LCD Back Light (3.3V)                                        |
|                      | GND    | Power Ground                                                     |
|                      | RX     | SIM900 Serial Port Receive                                       |
|                      | TX     | SIM900 Serial Port Transmit                                      |
|                      | RTS    | SIM900 Request To Send                                           |
|                      | CTS    | SIM900 Clear To Send                                             |
| <b>SIM_IIC</b>       | DCD    | SIM900 Data Carrier Detect                                       |
|                      | RI     | Ring Indicator                                                   |
|                      | DTR    | SIM900 Data Terminal Ready                                       |
|                      | PWM1   | SIM900 PWM output                                                |
| <b>DEBUG</b>         | PWM2   | SIM900 PWM output                                                |
|                      | SDL    | SIM900 IIC Bus Data                                              |
|                      | SCL    | SIM900 IIC Bus Clock                                             |
|                      | GND    | Power Ground                                                     |
| <b>Analog signal</b> | PWR    | Power Supply                                                     |
|                      | RX     | SIM900 Debug Port Recevie. For debugging and uploading firmware  |
|                      | TX     | SIM900 Debug Port Transmit. For debugging and uploading firmware |
|                      | ADC    | Analog signal input                                              |
|                      | L-L    | Line-in input Left Channel                                       |
|                      | L-R    | Line-in input Right Channel                                      |
|                      | SPN    | Differential audio output                                        |
|                      | SPP    | Differential audio output                                        |
| <b>ANALOG</b>        | MCN    | Differential audio input                                         |
|                      | MCP    | Differential audio input                                         |
|                      | GND    | Power Ground                                                     |

Figura 4.9- Explicação da pinagem do módulo GSM  
Fonte: SIM900..., 2016

A comunicação com o arduino é feita de forma serial, podendo ser executada utilizando a porta serial implementada por *hardware* ou criada via *software*. O arduino possui uma porta serial implementada por *hardware* contida nos pinos 0 (RX) e 1 (TX), mas também é possível utilizar-se a biblioteca “SoftwareSerial” que simula a porta serial em outros pinos do arduino, facilitando assim o arranjo dos dispositivos do projeto na placa.

Foram utilizados os pinos 2 e 3 para a comunicação serial entre o arduino e o *shield* GSM, deixando os pinos 0 e 1 para a comunicação serial do arduino com o computador, durante o período de testes. Após a finalização do código, o pino 0 foi atribuído ao *shield* relé e o pino 1 foi atribuído ao *display* LCD.

#### **4.3.3 Chip de celular**

Para utilizar o módulo GSM SIM900, é necessário um chip de celular válido. Este chip representa o contrato de serviços entre o usuário e a companhia telefônica. Grande parte dos chips é protegida por uma senha chamada de número PIN. É necessário que se guarde este número uma vez que ele é necessário para se conectar à rede da operadora. Entretanto, recomenda-se que se desative a opção “bloqueio de PIN” do chip de celular, liberando seu uso e eliminando a necessidade de se fornecer o número PIN a cada utilização do chip. Portanto, deve-se primeiramente ativar o chip de celular para habilitá-lo ao uso no módulo. O *shield* não será capaz de realizar nenhuma função caso o chip de celular esteja bloqueado. Atualmente existem três tamanhos diferentes de chips para celular: o *Mini-SIM*, o *Micro-SIM* e o *Nano-SIM*. O *shield* GSM SIM900 aceita apenas o tamanho *mini-SIM*, que possui dimensões de aproximadamente 25 mm x 15 mm.

O chip de celular utilizado neste trabalho foi carregado no plano pré-pago da operadora de celular, sendo comprado um pacote de 100 mensagens válidas por um mês. Para o uso contínuo do sistema de monitoramento proposto neste trabalho, seria necessária a adesão a algum plano de mensagens de alguma operadora que opere na área de atuação do sistema.

#### **4.4 Buzzer**

Transdutores são dispositivos que convertem uma forma de energia em outra. Existe um tipo de transdutor que se chama transdutor piezoelétrico. De acordo com Piezoeletricidade (2016), “piezoeletricidade é a capacidade de alguns cristais gerarem

tensão elétrica em resposta a uma pressão mecânica”. Dessa forma, alguns materiais são capazes de gerar tensão elétrica quando submetidos a uma força. O fluxo contrário também acontece, uma vez que aplicando tensão elétrica sobre o elemento, este transforma energia elétrica em energia mecânica, mexendo-se.

O som é a propagação de uma vibração acústica em algum meio. Essa vibração movimenta as partículas presentes neste meio, ocorrendo assim a transmissão da vibração e consequentemente gerando som. Nesse sentido, o aparelho auditivo humano é capaz de ouvir sons de frequência de aproximadamente 20Hz a 20.000Hz.

Assim sendo, pode-se usar esse comportamento do transdutor piezoelétrico se mexer ao se aplicar tensão elétrica para gerar sons. Como afirma Mota (2015), “podemos colocar uma onda de tensão na faixa de frequência audível, assim o transdutor vibrará na mesma frequência, emitindo um som audível”.

Portanto, um *buzzer* trata-se de um dispositivo de sinalização sonora, que é comumente utilizado em aplicações eletrônicas em geral que necessitam de alguma forma de aviso sonoro. De acordo com a frequência do sinal aplicado ao *buzzer*, uma nota musical diferente será tocada, ou seja, as notas variam de acordo com a frequência utilizada. Entretanto, o *buzzer* utilizado neste trabalho possui um oscilador interno, sendo necessário apenas alimentá-lo com tensão contínua para que emita som audível, sendo que este som apresenta sempre o mesmo tom.

O *buzzer* será ligado caso os níveis de gás LP ultrapassem o limite de segurança, sendo parte importante do sistema de alerta do sistema sendo desenvolvido. Na figura 4.10, é mostrado um exemplo de *buzzer* semelhante ao utilizado neste projeto.



**Figura 4.10 – Buzzer**

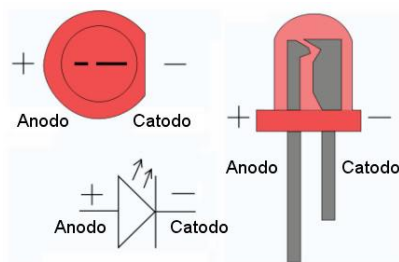
**Fonte: MOTA, 2015**

#### **4.5 Light Emitter Diodes (LEDs)**

O *Light Emitter Diode* (LED) é um componente eletrônico semicondutor, que se trata de um diodo emissor de luz, capaz de transformar energia elétrica em energia luminosa.

O LED é composto por um terminal chamado anodo e outro chamado catodo. Por ser um diodo, permite ou não a passagem de corrente elétrica dependendo da forma

que for polarizado. Na figura 4.11, é possível ver o esquemático de um LED bem como uma representação simbólica contendo as indicações dos terminais anodo e catodo:



**Figura 4.11– Esquemático de um LED**

**Fonte: NICOLETI, 2011**

Os LEDs são bastante utilizados em toda a área de engenharia e eletrônica, por seu baixo custo e efetividade de funcionamento. Trata-se de uma excelente forma de sinalização visual em aplicações eletrônicas. É recomendado que todo LED em um circuito eletrônico seja acompanhado por uma resistência de proteção, evitando dano ao mesmo. Um correto dimensionamento dessa resistência deve ser feito, pois um superdimensionamento pode prejudicar a luminosidade do LED, ao passo que um subdimensionamento não cumprirá o papel de proteger o LED.

Neste trabalho, dois LEDs são usados como forma de indicação visual. Quando os níveis de gás estiverem aceitáveis, o LED verde permanecerá aceso. Caso os níveis de gás LP ultrapassem um limite seguro, o LED vermelho se acenderá indicando perigo.

#### **4.6 O Shield Relé**

O relé é um dispositivo eletromecânico, que funciona como uma espécie de interruptor, alternando entre os estados de ligado e desligado de acordo com a presença ou não de energia elétrica. O relé é basicamente formado por:

- Eletroímã constituído por fio de cobre em torno de um núcleo de ferro maciço;
- Armadura de ferro móvel;
- Conjuntos de contatos;
- Mola de rearme;
- Terminais de conexão.

Como explica Santos (2016), “quando uma corrente circula pela bobina, esta cria um campo magnético que atrai um ou uma série de contatos fechando ou abrindo circuitos”. Quando esta corrente é interrompida, o campo magnético desaparece, retornando os contatos á sua posição inicial. Os relés geralmente têm contatos NA, NF e

C (comum). Os contatos NA (normalmente abertos) ficam abertos na ausência de corrente elétrica, e se fecham em sua presença. Os contatos NF (normalmente fechados) operam de forma contrária, ficando fechados e se abrindo na presença de corrente. O contato C (comum) é o contato partilhado por NA e NF para fecharem ou abrirem o circuito.

A grande vantagem de se utilizar relés é a possibilidade de se utilizar uma pequena quantidade de energia para se energizar uma armadura que suporte uma quantidade de energia bem maior. Nesse sentido, existem os *shields* relé, largamente utilizados com o Arduino como uma forma de realizar o acionamento de cargas de até 200V AC, como lâmpadas ou equipamento eletrônicos. Este módulo é equipado com dispositivos eletrônicos responsáveis por conferir segurança e confiabilidade ao funcionamento do relé, como diodos, capacitores, entre outros. As especificações técnicas mais importantes desse módulo são (MÓDULO, 2016):

- Tensão de operação: 5V DC;
- Permite controlar cargas de até 200V AC;
- LED indicador de status;
- Tensão de saída: 30V DC a 10A ou 250V AC a 10A;
- Dimensões: 51 x 38 x 20mm.

Um relé semelhante ao utilizado neste trabalho pode ser observado na figura 4.12, onde são mostrados os contatos NA, C e NF, e os pinos de conexão do módulo com o arduino.



Figura 4.12– Ligações do shield relé

Fonte: THOMSEN, 2013

O papel do módulo relé neste trabalho é o de cortar a energia no local, garantindo que não sejam geradas faíscas que possam ser o gatilho de uma possível explosão em caso de vazamentos de gás.

#### 4.7 Display LCD

*Displays* LCD são dispositivos de comunicação visual largamente utilizados numa infinidade de aparelhos eletrônicos existentes. Encontram-se em aparelhos domésticos, automóveis, etc. Por ser uma tecnologia altamente padronizada, seu custo é baixo. O módulo de *display* LCD utilizado neste trabalho é capaz de exibir caracteres alfanuméricos. Possui duas linhas e 16 colunas disponíveis para representação gráfica, além de cor de fundo azul e cor de escrita branca. Possui o controlador HD44780 como sabe de interface. Um potenciômetro é utilizado em conjunto com o *display* LCD para ajustar o brilho do mesmo (PUHLMANN, 2015).



**Figura 4.13– Display LCD**

**Fonte: FRITZEN, 2016**

A interface com o Arduino é feita por meio de 16 pinos presentes no LCD, sendo que quatro destes pinos não são utilizados (DB0,DB1,DB2,DB3), utilizando-se assim apenas quatro bits de dados para comunicação (DB4,DB5,DB6,DB7). Na figura 4.14 estão descritos os pinos do *display* LCD:

| PIN CONNECTIONS |        |       |                               |
|-----------------|--------|-------|-------------------------------|
| PIN             | Symbol | Level | Function                      |
| 1               | GND    | —     | GND(0V)                       |
| 2               | VDD    | —     | Supply Voltage for Logic(+5V) |
| 3               | V0     | —     | Power supply for LCD          |
| 4               | RS     | H/L   | H: Data; L: Instruction Code  |
| 5               | R/W    | H/L   | H: Read; L: Write             |
| 6               | E      | H/L   | Enable Signal                 |
| 7               | DB0    | H/L   | Data Bus Line                 |
| 8               | DB1    | H/L   |                               |
| 9               | DB2    | H/L   |                               |
| 10              | DB3    | H/L   |                               |
| 11              | DB4    | H/L   |                               |
| 12              | DB5    | H/L   |                               |
| 13              | DB6    | H/L   |                               |
| 14              | DB7    | H/L   |                               |
| 15              | BL1    | —     | Backlight Power(+5V)          |
| 16              | BL2    | —     | Backlight Power(0V)           |
|                 |        |       |                               |
|                 |        |       |                               |
|                 |        |       |                               |
|                 |        |       |                               |

**Figura 4.14- Pinagem Display LCD**

**Fonte: SPECIFICATIONS..., 2008**

## 5 DESENVOLVIMENTO E ELABORAÇÃO DO PROTÓTIPO

Neste capítulo é apresentada a forma como o projeto se desenvolveu, desde seu planejamento até a finalização do protótipo. O processo foi dividido em etapas para facilitar o entendimento:

- Definição do fluxograma;
- Montagem do circuito em *protoboard*;
- Elaboração do código para arduino;
- Realização de testes;
- Análise de resultados.

### 5.1 Definição do fluxograma

Um fluxograma é a representação de um processo, utilizando símbolos gráficos com o objetivo de descrever simplificadaamente cada passo da natureza e fluxo desse processo. Após a finalização do planejamento do trabalho, um fluxograma foi criado a fim de que se torne o mais claro possível as funções que o sistema de monitoramento irá desempenhar.

De forma resumida, o sensor de gás irá captar os níveis de gás LP no ambiente, enviando tais informações ao Arduino. O arduino, por sua vez, irá realizar uma comparação constante dos dados recebidos com um limite de segurança. Caso este níveis de gás LP ultrapassem o limite de segurança, o LED vermelho se acenderá, o *buzzer* será ligado, o *shield* relé desligará a energia no local e o *shield* GSM enviará uma mensagem de texto para um número de celular previamente cadastrado alertando sobre o vazamento. Todo este processo é exibido no fluxograma da figura 5.1.



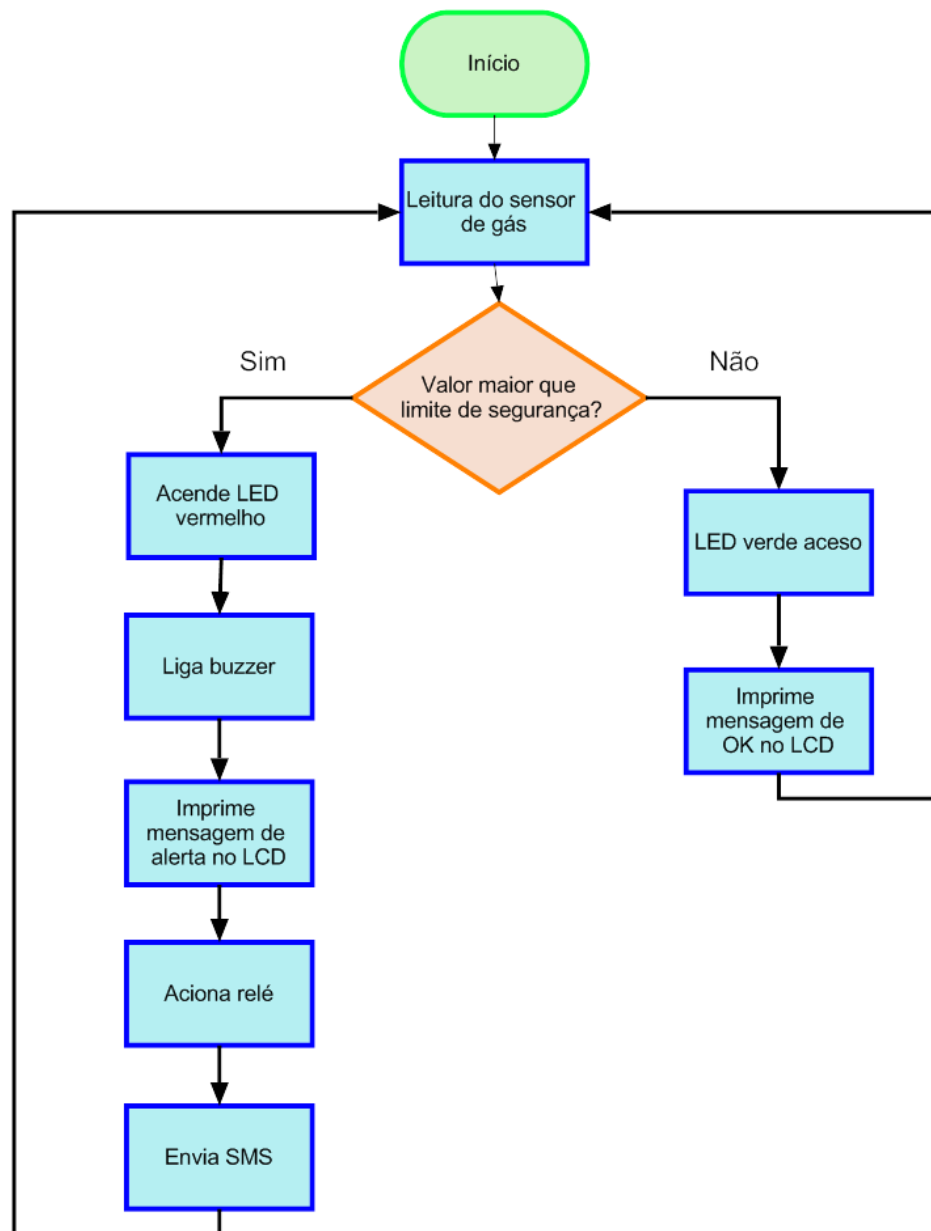


Figura 5.1– Fluxograma geral do projeto

## 5.2 Montagem do circuito em protoboard

O circuito foi montado em uma *protoboard* para testar se as ligações entre os componentes que tinham sido escolhidas de fato funcionariam. Um problema encontrado durante esta etapa foi a demanda de energia do *shield* GSM para realizar sua função de enviar a mensagem de texto. O módulo constantemente se desligava durante a execução do código. Para resolver este problema, foi necessária a utilização de uma fonte de 9V que fornecia 1A de corrente. O esquemático do circuito final é mostrado na figura 5.2. Todas as ligações estão bem explicitadas no circuito, exceto pela conexão entre o *shield* GSM e o arduino. O módulo GSM é um *shield* que se adapta

completamente ao arduino UNO, sendo que todas as conexões são de fato feitas no *shield* GSM e depois passadas ao arduino. O *shield* GSM está presente na imagem para completar a lista de componentes utilizados neste trabalho.

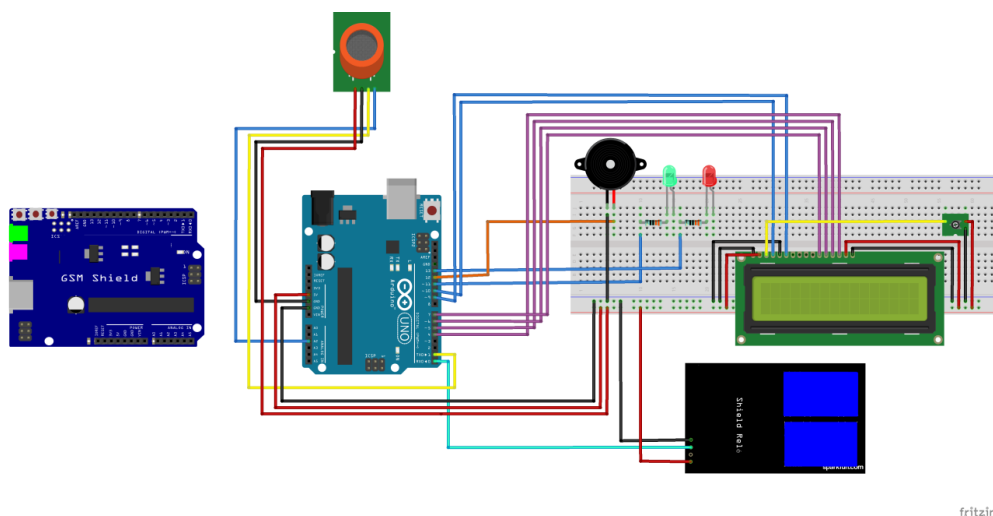


Figura 5.2– Esquemático do projeto

Foi ligado ao *shield* relé uma lâmpada incandescente de 60W, para representar o circuito de iluminação a ser desligado em caso de vazamentos de gás. Na figura 5.3 é mostrada a montagem final do circuito em *protoboard*:

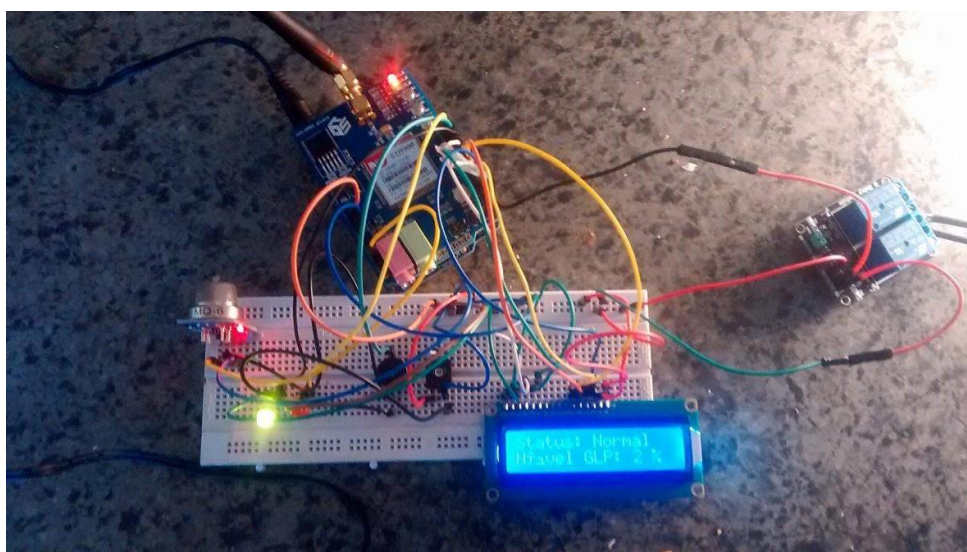


Figura 5.3 – Montagem do circuito em protoboard

Nesta configuração, o sistema de monitoramento foi capaz de detectar efetivamente quando os níveis de gás LP ultrapassavam o limite de segurança, e nessas ocasiões, todos os componentes do sistema funcionaram como esperado.

### 5.3 Elaboração do código para arduino

Foi elaborado um código para o arduino que fosse capaz de realizar as etapas do funcionamento do sistema descritas no fluxograma apresentado na figura 5.1. O arduino foi programado utilizando-se o próprio *software* do microcontrolador. Nos próximos parágrafos, cada trecho do código é explicado detalhadamente.

No começo do código, como exibido na figura 5.4, foram adicionadas as bibliotecas referentes ao *display* LCD e ao módulo GSM. A biblioteca “SoftwareSerial” é utilizada nesse caso para que a comunicação serial entre o módulo e o arduino possa ocorrer, sem interferir na comunicação serial já existente entre o computador e o arduino. Além disso, as variáveis necessárias para o funcionamento do sistema foram declaradas.

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include "sms.h"
#include "SIM900.h"

SMSGSM sms;

int numdata;
boolean started = false;
char smsbuffer[160];
char sms_position;
```

Figura 5.4– Inclusão de bibliotecas

Seguindo as linhas do código, na figura 5.5, foi declarada uma variável chamada “contador” que tinha o objetivo de controlar o número de mensagens de texto enviadas pelo *shield* GSM, evitando que em caso de vazamento de gás, o programa iniciasse um envio contínuo de mensagens enquanto os níveis de gás LP estivessem altos. Tal situação seria indesejada tanto economicamente (consumo de mensagens do plano contratado) quanto em questão de eficiência, pois o envio contínuo atrapalharia a pessoa recebendo as mensagens.

```
int contador=1; //Variável para controle de quantidade de mensagens enviadas
char numero["+5531988182465"]; //Número para onde será enviada a mensagem
char message[150]="Vazamento de gas detectado em residencia situada na Rua Jose Barbosa Silva. Verificar urgentemente!";
```

Figura 5.5- Declaração de Variáveis

Ainda na figura 5.5, foram declarados dois vetores de strings contendo o número de celular para o qual a mensagem seria enviada e a mensagem de alerta a ser enviada.

Cada dispositivo do sistema possui uma variável associada no código, como pode ser visto na figura 5.6:

```
// Definição do pino do relé
int rele = 0;

// Definições dos pinos dos leds
int pin_led_verm = 13;
int pin_led_verde = 11;
// Definição do pino do buzzer
int pin_buzzer = 12;

// Definição do pino analógico ligado ao sensor de gás
int pino_analogico = A2;

//Variável que armazenará o valor medido pelo sensor de gás
int valor_analogico;

int nivel_sensor = 30; //Limite para ativar o alarme de gás

// Inicializa a biblioteca do LCD com os pinos ligados ao arduino
LiquidCrystal lcd(10, 1, 7, 6, 5, 4);
```

Figura 5.6– Declaração de Variáveis II

Como dito anteriormente, o programa é capaz de detectar a porcentagem de gás LP no ambiente de acordo com um limite superior para a concentração do gás. Após pesquisa bibliográfica, foi estipulado como perigosa qualquer concentração que ultrapassasse o valor de 30% de gás LP. Assim, este valor foi estabelecido como o limite de segurança deste sistema de monitoramento. Por fim, as ligações do *display* LCD são declaradas no programa.

Logo após, as variáveis mostradas na figura 5.7 são declaradas para auxiliarem no processo de medição realizado pelo sensor de gás MQ-6.

```
int i; //Contador de loop for
float amostras[150]; // Vetor para eliminar erro de medição
int porcentagem; //Porcentagem de GLP no ambiente
```

Figura 5.7 - Declaração de Variáveis III

Após esta etapa, entra-se na função “setup”, que consiste em uma função de configuração, sendo executada apenas uma vez e contendo as definições padrão de cada dispositivo. Os LEDs, *buzzer* e *shield* relé são declarados como saída e o sensor de gás é declarado como entrada. Além disso, define-se o *display* LCD como contendo 16 colunas e 2 linhas de exibição. Por fim, é inicializada a comunicação serial entre o

arduino e o módulo GSM, e após alguns segundos, o chip de celular é autenticado pela rede GSM e está pronto para ser usado.

```
void setup(){
  // Define o n. de linhas e colunas do LCD:
  lcd.begin(16, 2);
  // Imprime a mensagem inicial no LCD
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Sensor de gas");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Status: Normal");

  //Inicializa a comunicacao com o shield GSM
  if (gsm.begin(9600))
  {
    started=true;
  }
  // Define o pino de leitura do sensor como entrada
  pinMode(pino_analogico, INPUT);

  // Define os pinos dos leds, buzzer e relé como saida
  pinMode(pin_led_verm, OUTPUT);
  pinMode(pin_led_verde, OUTPUT);
  pinMode(pin_buzzer, OUTPUT);
  pinMode(rele, OUTPUT);
  //Define o estado inicial do relé, que é NF:
  digitalWrite(rele,HIGH);
}
```

**Figura 5.8– Função SETUP**

Ao sair da função “setup”, o código entra na função chamada “loop” que será executada indefinidamente enquanto o arduino estiver sendo energizado. Nesta função estão todas as ações de coleta de dados, comparação e atuação sobre eles.

Na figura 5.9 pode-se observar o início da função “loop”, onde a primeira ação é a leitura do nível de gás LP no ambiente pelo sensor de gás. As medições realizadas pelo sensor precisam passar por alguma forma de amenização do erro contido nelas, por isso, utiliza-se o método da média dos valores para diminuir a influência dos erros de medição. Como mostrado no código da figura 5.9, são executadas 10 medições do nível de gás LP e posteriormente divide-se o valor desse somatório por 10, obtendo-se a média dos valores.

```

void loop()
{
    // Le os dados do pino analogico A2 do sensor
    // Realiza 10 medições de gás, depois tira a média
    // Para que se obtenha a medida mais precisa possível

    for(i = 0;i < 10;i++){
        amostras[i]=analogRead(pino_analogico);
        valor_analogico=valor_analogico + amostras[i];
        delay(150);
    }
    valor_analogico = valor_analogico/10;

    /* A tensão varia de 0 a 4.62V
    Como a resolução do ADC do arduino é de 8 bits
    0 a 4.62V equivalem a 0 a 948 bits
    Tomando 948 bits como 100%, pode-se encontrar
    a porcentagem de GLP no ambiente através
    da medida do ADC

            948 bits - 100%
            valor_lido - X%

            X=(100*valor_lido)/948;                */

    porcentagem = valor_analogico/9.48;

```

**Figura 5.9– Função LOOP**

De posse do valor de gás LP medido, é necessário um tratamento desse valor para convertê-lo em uma unidade de fácil entendimento ao usuário. Utilizando a equação apresentada no item 4.2.2 deste trabalho, é possível obter-se a porcentagem de gás LP presente no ambiente.

Logo após esta etapa, é realizada a comparação do valor lido com o valor de segurança definido anteriormente, existindo assim duas situações possíveis: caso o valor seja maior que 30%, o programa executará um código. Caso este valor seja inferior ao limite de segurança, outro código será executado.

1) Valor lido maior que 30% (vazamento detectado)

```
// Verifica se o nível de gás detectado é aceitável
if (porcentagem > nivel_sensor)
{
    //Aciona o relé para desligar a energia, passando de NF para NA:
    digitalWrite(rele,LOW);    //OBS: Relé é acionado em LOW

    // Liga o buzzer e o LED vermelho
    digitalWrite(pin_led_verm, HIGH);
    digitalWrite(pin_buzzer, HIGH);

    // Desliga o LED verde
    digitalWrite(pin_led_verde, LOW);
}
```

Figura 5.10– Verificação de vazamento

No caso da figura 5.10, quando a porcentagem de gás LP é superior a 30%, o LED verde se apaga, o LED vermelho se acende, o *buzzer* é ligado e o relé é ativado (cortando a energia).

Além disso, o *display* LCD exibe uma mensagem de alerta e mostra o nível de gás LP no ambiente. O código desta etapa é mostrado na figura 5.11.

```
//Exibe mensagem de alerta no LCD

if(porcentagem < 10) // Para evitar que fiquem
{
    //números errados sendo mostrados pelo LCD
    lcd.clear();
}
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Status: Perigo!");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Nível GLP: ");
lcd.setCursor(12, 1);
lcd.print(porcentagem);
lcd.setCursor(14, 1);
lcd.print("%");
```

Figura 5.11 – Impressão em display LCD

Como última medida de alarme, a mensagem de texto é enviada para o número registrado no começo do código. Como dito anteriormente, a variável chamada “contador” controla o envio da mensagem, fazendo com que a mensagem seja enviada apenas uma vez, impedindo seu envio contínuo. O trecho do código contendo o envio da mensagem de texto é apresentado na figura 5.12.

```

//Envia SMS para o número cadastrado
if(contador == 1){
    if(started) {
        //Envia um SMS para o numero selecionado
        //Formato sms.SendSMS(<numero>,<mensagem>)
        if (sms.SendSMS(numero, message))
            contador = 2;
    }
    delay(2000);
}
}

```

Figura 5.12– Envio de mensagem de texto

## 2) Valor lido menor que 30% (vazamento não detectado)

Durante a execução do programa, este trecho do código será a parte mais executada. O trecho explicado acima apenas será executado em caso de detecção de vazamento, situação que não ocorrerá com frequência. Sendo assim, esta parte do programa trata apenas de manter estáveis os dispositivos do sistema, definindo o LED verde como ligado, e desligando o *buzzer*, o *shield* relé e o LED vermelho. O *display* LCD exibirá os níveis de gás e uma mensagem mostrando que a situação está dentro das condições consideradas normais. Este trecho pode ser visualizado na figura 5.13.

```

//Define o estado normal do relé, que é NF:
digitalWrite(rele,HIGH); // OBS: Relé é acionado em LOW

// Desliga o buzzer
digitalWrite(pin_buzzer, LOW);
//Desliga o LED vermelho
digitalWrite(pin_led_verm, LOW);
//Liga o LED verde
digitalWrite(pin_led_verde, HIGH);

//Exibe mensagem de alerta no LCD

if(valor_analogico < 100) // Para evitar que
{
    //fiquem números errados sendo mostrados pelo LCD
    lcd.clear();
}
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Status: Normal");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Nível GLP: ");
lcd.setCursor(12, 1);
lcd.print(valor_analogico);

```

Figura 5.13– Condições Normais



### 5.3.1 PROTEUS ISIS

Como o projeto estava funcionando corretamente e as ligações do circuito foram validadas, foi criado um esboço no *software* PROTEUS ISIS. O esquemático do circuito no ISIS é mostrado na figura 5.14:

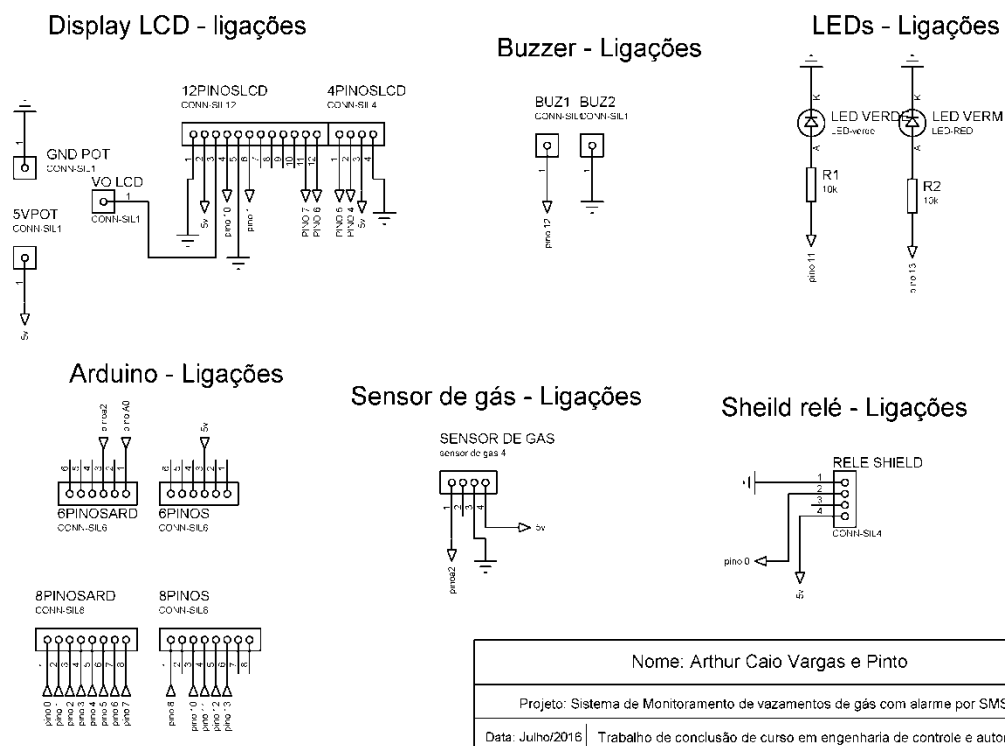


Figura 5.14- Esquemático no PROTEUS ISIS

## **6 RESULTADOS**

### **6.1 Testes e simulações**

Para a realização dos testes, um isqueiro foi usado para simular a fonte de vazamento de gás no ambiente, liberando o gás LP presente no isqueiro próximo ao sensor, para que ocorresse a detecção. O sensor de gás apresentava leituras normais de gás LP, com valores do gás entre 3% e 5%. Quando se aproximava o isqueiro do sensor, as leituras subiam até atingirem o limite de segurança estabelecido pelo código no arduino. Ao chegar a este valor de gás LP sentido pelo sensor, o sistema entrava em ação e a mensagem de texto era enviada.

O sistema foi testado em diversas situações utilizando-se o isqueiro como fonte de gás LP. Primeiro, em ambiente fechado, o sistema de alarme funcionou como esperado, enviando o SMS quando o nível de gás LP ultrapassou o limite de segurança. Posteriormente, as janelas do local foram abertas, favorecendo a circulação de ar. Nesse novo cenário o tempo de resposta do sensor foi um pouco mais demorado em relação ao teste anterior, mas o limite de segurança também foi alcançado e o SMS enviado.

Foi realizada uma simulação final, com o objetivo de testar a capacidade do sistema. Este foi levado ao ar livre e submetido ao gás do isqueiro. Entretanto, devido às correntes de ar, o nível de gás LP não ultrapassou o limite de segurança, não ocorrendo assim situação de perigo no vazamento.

Como explicado anteriormente, o gás LP é mais denso que o ar, o que faz com que ele se acumule ao nível do solo e gradativamente expulse o oxigênio do cômodo. Por esta razão, é recomendado que, quando utilizado em residências, o protótipo seja posicionado pouco acima do nível do solo, para uma rápida detecção do vazamento.

### **6.2 Problemas encontrados**

Um dos problemas encontrados no desenvolvimento deste sistema foi a disponibilidade da rede móvel no local onde os testes estavam sendo realizados. É conhecido que em algumas residências o sinal de celular é mais fraco e em alguns momentos inexistente. Por isso nos primeiros testes, todos os dispositivos funcionavam bem, mas a mensagem de texto não chegava ao celular cadastrado. Entretanto após alguns minutos, a mensagem chegava. Após criteriosa análise do código e das ligações do circuito, chegou-se à conclusão que esse atraso era referente à baixa força do sinal

oferecido pela operadora naquele local. Dessa forma, a qualidade do sinal de celular torna-se uma variável a ser analisada no local de implantação deste sistema.

Outra dificuldade encontrada durante o projeto foi a aquisição dos componentes. A maioria teve que ser comprada pela internet, por não haver loja especializada no ramo de eletrônica em Ouro Preto. O módulo GSM, em especial, teve que ser importado da China devido ao seu alto custo no mercado brasileiro, uma vez que o preço nos sites brasileiros chegava a ser três vezes o preço pago no site chinês.

### 6.3 Orçamento

A aquisição dos dispositivos constituintes do protótipo foi realizada após extensa busca eletrônica e física pelo menor preço de cada componente. A escolha dos equipamentos a serem utilizados também levou em conta a melhor relação custo-benefício possível. Na tabela 6.1 é apresentada uma relação dos principais dispositivos utilizados:

| <b>Orçamento do projeto</b>    |                       |                   |                    |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| <b>Item</b>                    | <b>Valor unitário</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Valor total</b> |
| Arduino UNO                    | R\$ 68,30             | 1                 | R\$ 68,30          |
| Sensor de gás MQ-6             | R\$ 24,90             | 1                 | R\$ 24,90          |
| Shield GSM/GPRS SIM900+ Antena | R\$ 108,53            | 1                 | R\$ 108,53         |
| Buzzer 5V                      | R\$ 1,90              | 1                 | R\$ 1,90           |
| LED Vermelho 5mm               | R\$ 0,79              | 1                 | R\$ 0,79           |
| LED verde 5mm                  | R\$ 0,79              | 1                 | R\$ 0,79           |
| Resistor 330 ohms              | R\$ 0,60              | 2                 | R\$ 1,20           |
| Potenciômetro                  | R\$ 1,25              | 1                 | R\$ 1,25           |
| Shield relé 5V 2 canais        | R\$ 19,90             | 1                 | R\$ 19,90          |
| Protoboard 170 pinos           | R\$ 5,90              | 1                 | R\$ 5,90           |
| Fonte 9V/1A                    | R\$ 25,00             | 1                 | R\$ 25,00          |
| Recarga de celular             | R\$ 10,00             | 2                 | R\$ 20,00          |
| Display LCD                    | R\$ 25,90             | 1                 | R\$ 25,90          |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>-</b>              | <b>-</b>          | <b>R\$ 304,36</b>  |

Tabela 6.1 – Orçamento do projeto

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **7.1 Conclusões**

O sistema desenvolvido foi capaz de atender aos objetivos para ele estabelecidos, conseguindo detectar os níveis de gás LP em um ambiente, e em caso de vazamento, atuar sobre este vazamento alertando às pessoas e evitando acidentes desligando a energia no local. Esta tecnologia por sinal oferece uma segurança maior à residências e comércios, garantindo que nenhum vazamento de gás passe por despercebido e devidas medidas preventivas e corretivas possam ser tomadas para sanar tal problema.

O sensor de gás funcionou bem, obtendo os níveis e gás LP no ambiente e fornecendo essa informação de forma constante e precisa. Por sua vez, o arduino cumpriu sua função em ser a central de processamento de dados do sistema. O sensor de gás envia os dados ao arduino, que os processa e determina se haverá ou não atuação sobre a situação. Da mesma forma, o módulo GSM cumpriu bem seu papel, enviando as mensagens de texto em caso de vazamentos de gás.

Cabe salientar que este trabalho visou a construção de apenas um protótipo de um sistema de monitoramento de gás. O Objetivo foi alcançado, mas ainda há bastante espaço para melhorias e aprimoramentos ao projeto.

### **7.2 Propostas para trabalhos futuros**

O principal objetivo deste trabalho era mostrar que um sistema de monitoramento de vazamentos de gás com alarme por SMS era possível de ser criado, provando sua eficiência e atestando sua importância na segurança de uma residência ou comércio. Entretanto, este trabalho ainda pode ser aprimorado para alcançar um funcionamento ainda melhor na detecção de gás LP e alarme por SMS.

Uma sugestão é o armazenamento dos dispositivos que compõem o sistema em algum tipo de caixa ou embalagem. Esta caixa deveria ser vedada para que o gás LP não entre em contato com os dispositivos eletrônicos e estes não produzam a faísca que poderá gerar a explosão. Além de mais apresentável, o sistema de monitoramento se tornaria mais seguro, evitando que ele mesmo cause o acidente que tenta evitar.

Outra ideia é a expansão das funcionalidades do sistema produzido nesse trabalho, uma vez que os dispositivos utilizados neste projeto possuem inúmeras outras

aplicações e funcionalidades não exploradas. O arduino, por exemplo, poderia ser utilizado para monitorar outros elementos, através de sensores conectados a ele, como umidade ou temperatura, criando assim uma central de monitoramento dentro da residência. De mesmo modo, o *shield* GSM poderia ser usado para acessar a internet, e fornecer informações online a respeito dos níveis de gás LP no ambiente quando o usuário solicitasse. Pequenas mudanças no projeto que iriam aumentar sua eficácia e ampliar suas funcionalidades.

Outra forma de se melhorar este trabalho seria a adição de um mecanismo que fechasse o fluxo de gás assim que o vazamento fosse detectado. Somente desta forma haveria a certeza de que o gás não iria se concentrar mais. Deve-se entretanto escolher com cuidado a forma de atuação desse mecanismo, evitando circuitos elétricos que possam gerar a faísca causadora da explosão de gás.

Pequenas alterações que aumentariam a eficiência do protótipo, levando a um sistema final mais competente e eficaz.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIONE porta do Arduino por SMS e realize chamadas telefônicas com o shield GSM SIM 900. 2015. Disponível em: <<http://www.arduinoecia.com.br/2015/09/arduino-gsm-shield-sim900-efcom.html>> Acesso em: 26 abr. 2016.

ARDUINO UNO. 2016. Disponível em: <<http://www.arduinoportugal.pt/arduino-uno/>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

BOTIJÃO de gás pode ser um perigo invisível na cozinha. 2015. Disponível em: <<http://www.diariodecanoas.com.br/conteudo/2015/05/noticias/registro/164594-botijao-de-gas-pode-ser-um-perigo-invisivel-na-cozinha.html>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

BOTIJÃO de gás. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Botij%C3%A3o\\_de\\_g%C3%A1s#N%C3%B3rmas\\_aplicadas](https://pt.wikipedia.org/wiki/Botij%C3%A3o_de_g%C3%A1s#N%C3%B3rmas_aplicadas)>. Acesso em: 02 jun. 2016.

COSTA, L. H. **Redes GSM, GPRS EDGE e UMTS**. 2008. Disponível em: [http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos\\_vf\\_2008\\_2/ricardo/1\\_2.html](http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/1_2.html). Acesso em: 25 abr. 2016.

ENERGIA EXCEPCIONAL. **Gás LP**. [201?]. 9 p. Disponível em: <<http://www.wlpga.org/wp-content/uploads/2015/10/WLPGA-EE-PDF-BR.V1.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

EXPLOÇÃO de gás mata dezenas em restaurante na Índia. Publicado em 12 de nov. 2015. Disponível em < <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2015/09/explosao-de-gas-deixa-ao-menos-35-mortos-e-75-feridos-na-india.html> >. Acesso em: 02 jun. 2016.

EXPLOÇÃO em condomínio no Rio deixa cinco mortos e nove feridos. Publicado em 06 de abr. 2016. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2016/04/05/explosao-em-condominio-no-rio-deixa-cinco-mortos-e-nove-feridos.htm>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

FILHO, D. B. **O que afinal é o arduino?** 2012. Disponível em: [http://www.robotizando.com.br/curso\\_arduino\\_o\\_que\\_e\\_arduino\\_pg1.php](http://www.robotizando.com.br/curso_arduino_o_que_e_arduino_pg1.php). Acesso em: 02 jun. 2016.

FRITZEN, C. **Como ligar um display LCD 16X2 com arduino**. 2016. Disponível em: <<http://www.fritzenlab.com.br/2016/01/como-ligar-um-display-lcd-16x2-com.html>>.

Acesso em: 01 jun. 2016.

LPG Sensor using Arduino. 2014. Disponível em: <<http://www.circuitstoday.com/lpg-sensor-using-arduino>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

MARQUES, A. **Dúvidas sobre explosão por vazamento de gás**. 2015. Disponível em: <<http://www.sindiconet.com.br/Informese/12890/gas-instalacoes/duvidas-sobre-explosao-por-vazamento-de-gas>>. Acesso em: 05 fev. 2016.

MELLO, G. C. **Conhecer o gás GLP ajuda a explicar os acidentes e evita-los**. 2011. Disponível em: < <http://www.segurado.com.br/bloggustavo/?p=454>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

MÓDULO Relé 5V 2 canais. 2016. Disponível em: < <http://www.filipeflop.com/pd-6b84a-modulo-rele-5v-2-canais.html>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

MOTA, A. **Usando o buzzer com arduino – Transdutor piezo elétrico**. 2015. Disponível em: <<http://blog.vidadesilicio.com.br/arduino/basico/usando-o-buzzer-com-arduino-transdutor-piezo-eletrico/>> Acesso em: 15 abr. 2016.

MOURA, A. C. M. **Novas Tendências de consumo de GLP – Gás liquefeito de petróleo no Brasil**. 2012. 47 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia e Negócios de Gás e Petróleo), Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2012.

MQ-6 Gas Sensor Technical Data. 2016 Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-6.pdf>> Acesso em: 26 abr. 2016.

NICOLETI, T. **Um pouco sobre LED's e cálculos de resistores**. 2011. Disponível em: <<http://thalesnicoleti.blogspot.com.br/2011/01/um-pouco-sobre-leds-e-calculosde.html>> . Acesso em: 15 abr. 2016.

PETROBRAS. **Gás Liquefeito de Petróleo – Informações Técnicas**. 2013. versão 1.2. 11 p. Disponível em: < <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico-gas-liquefeito-petrobras-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

PIEZOELETRICIDADE. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation. 2016. Disponível em: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Piezoeletricidade>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

POZZEBON, R. **O que é SMS e como funciona o SMS?** 2011. Disponível em: <[https://www.oficinadanet.com.br/artigo/celulares\\_e\\_telefonia/o-que-e-sms-e-como-funciona-o-sms](https://www.oficinadanet.com.br/artigo/celulares_e_telefonia/o-que-e-sms-e-como-funciona-o-sms)>. Acesso em: 02 abr. 2016.

PUHLMANN, H. **Módulo de display LCD.** 2015. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/modulo-de-display-lcd/>>. Acesso em: 09 abr. 2016

RODRIGUES, V. **Arduino GPRS – SIM900, Introdução.** 2013. Disponível em: <<http://microembarcado.blogspot.com.br/2013/09/arduino-gprs-sim900-introducao-i.html>>. Acesso em: 17 abr. 2016.

SANTOS, D. M. **Relê.** 2016. Disponível em <http://www.infoescola.com/electronica/rele/>. Acesso em: 09 abr. 2016.

SENSOR de gás Mq-6 – Glp, metano, propano – Arduino – PIC. 2016. Disponível em: <[http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-693764480-sensor-de-gas-mq-6-glp-metano-propano-arduino-pic-\\_JM](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-693764480-sensor-de-gas-mq-6-glp-metano-propano-arduino-pic-_JM)>. Acesso em: 10 abr. 2016.

SIM900 Hardware Design. 2016. Disponível em: <[http://www.amuroboclub.in/downloads/ebooks/GSM\\_MANUAL\\_SIM900\\_Hardware%20Design\\_V2.00.pdf](http://www.amuroboclub.in/downloads/ebooks/GSM_MANUAL_SIM900_Hardware%20Design_V2.00.pdf)> . Acesso em: 26 abr. 2016.

SOARES, K. **O que é um Arduino e o que pode ser feito com ele?** 2013. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/o-que-e-um-arduino-e-o-que-pode-ser-feito-com-ele.html>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

SPECIFICATIONS of LCD Module. 2008. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/ADM1602K-NSW-FBS-3.3v.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2016.

THOMSEN, A. **Controlando lâmpadas com módulo relé e arduino.** 2013. Disponível em: <<http://blog.filipeflop.com/modulos/controle-modulo-rele-arduino.html>>. Acesso em: 15 abr. 2016.