

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**Departamento de Engenharia Electrotécnica – DELL**

**CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Relatório do Trabalho de Licenciatura**

Tema:

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE SEGURANÇA CONTRA  
VAZAMENTO DE GÁS NUMA RESIDÊNCIA USANDO SENSORES E ALERTA  
VIA SMS.**

**Autor:** Abdul Ismael Ussemane

**Supervisor:** Mestre Joaquim Branco, Eng.

Maputo, Setembro de 2025



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**Departamento de Engenharia Electrotécnica – DELL**

**CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Relatório do Trabalho de Licenciatura**

Tema:

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE SEGURANÇA CONTRA  
VAZAMENTO DE GÁS NUMA RESIDÊNCIA USANDO SENSORES E ALERTA  
VIA SMS.**

**Autor:** Abdul Ismael Ussemane

**Supervisor:** Mestre Joaquim Branco, Eng.

Maputo, Setembro de 2025

ABDUL ISMAEL USSEMANE

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE SEGURANÇA CONTRA  
VAZAMENTO DE GÁS NUMA RESIDÊNCIA USANDO SENSORES E ALERTA  
VIA SMS.**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Electrotécnica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane – como requisito parcial para obtenção de grau em Licenciatura em Engenharia Electrónica

**Supervisor:** Mestre Joaquim Branco, Eng.

**Coordenador:** Doutor Milagre Manhique, Eng.

Maputo, Setembro de 2025



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA**

Declaro que o estudante Abdul Ismael Ussemame entregou no dia \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_  
as \_\_\_ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência:  
2024TLCD01 intitulado: **Desenvolvimento de um sistema de segurança contra  
vazamento de gás numa residência usando sensores e alerta via SMS.**

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2025

A Chefe de Secretaria

---

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Declaro sob compromisso de honra que o presente trabalho é resultado da minha investigação, e que foi concebido para ser submetido apenas para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Electrónica na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, 22 de Setembro de 2025

---

(Abdul Ismael Ussemane)

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Ismael Suadique Ussemame e Luísa Alberto Marelega;

Aos meus irmãos: Rabia, Ibraimo, Momed e Amana;

A todos alunos da Oficina da Ciência Zona Verde;

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a *Allah* (Deus), meu criador e orientador pelo dom da vida, pela sabedoria e coragem que me concedeu, para persistir nos bons e maus momentos que me foram surgindo durante o curso.

Aos meus mestres da vida, meus pais, Ismael Suadique Ussemame e Luísa Alberto Marelega (Faira Abdul Magidi Ussemame), pela educação, motivação, suporte e apoio que sempre disponibilizaram, desde a minha existência. Sou muito abençoado por tê-los em minha vida.

Um agradecimento especial vai para o meu supervisor, Mestre Joaquim Branco, Eng<sup>o</sup>, pelos conselhos, disponibilidade e orientações durante a elaboração deste trabalho, mas fundamentalmente pelas ricas observações e sugestões apresentadas que contribuíram de forma significativa para o enriquecimento do meu trabalho.

Os agradecimentos estendem-se também a todos os docentes do departamento de engenharia electrotécnica, em especial: ao Eng. Ringler Viegas (em memória), ao Eng. Luís Massango, ao Eng. Hélder Baloi, à Enga. Roxan Cadir e ao Eng. Adélio Tembe, por acreditarem e terem ensinado as matérias que hoje tenho orgulho de partilhar com os outros e aplicar para a resolução de eventuais problemas que apoquentam a nossa sociedade e por permitirem que o meu sonho esteja a ser concretizado.

Agradeço igualmente aos meus colegas e amigos: Oldemiro Mutolo, José Catine, Enoque Muchanga, Felisberto Mahanuque, José Maculuve e a uma mulher muito especial, Joana José, pelo suporte, carinho, ajuda, companheirismo, apoio e por terem proporcionado incontáveis momentos felizes, difíceis e inesquecíveis que partilhamos durante a formação.

Agradeço a todos que de forma directa ou indirecta fizeram com que este trabalho fosse uma realidade.

## EPÍGRAFE

*"Dar o exemplo não é a melhor maneira de influenciar os outros. É a única."*

*~Albert Schweitzer*



## RESUMO

No presente trabalho desenvolveu-se um sistema de segurança contra vazamento de gás numa residência usando sensores e alerta via SMS. No protótipo construído usou-se a política de baixo custo e fácil acesso na compra de alguns componentes essenciais tais como: Arduino Uno, Sensor MQ-2, *Protoboard*, Relé 2 *Channel* e Módulo GSM. Este trabalho baseia-se numa pesquisa qualitativa, onde durante 90 minutos foram realizados testes com ajuda de um isqueiro para simular a fonte de vazamento de gás próximo ao sensor MQ-2, para que ocorresse a detenção do gás e analisar o tempo de resposta do sistema em três (3) ambientes diferentes, nomeadamente: ambiente fechado, ambiente parcialmente fechado e ao ar livre. O sistema realizou as funções propostas captando gás no ambiente, quando o nível do vazamento do gás estava entre 30% – 50% no local, foi activado o sistema de ventilação através do *cooler* como forma de evacuar o gás no local e a rede eléctrica funcionou normalmente. Quando o nível do vazamento do gás era acima de 50% o *cooler* e a rede eléctrica foram automaticamente desligados, os LEDs verde, azul e vermelho permaneceram acesos e o sistema enviou uma mensagem de texto aos números cadastrados no programa com o seguinte conteúdo: "Perigo. Evacue o local". Foi realizada uma simulação com o objectivo de testar a capacidade do sistema, levado ao ar livre e submetido ao gás do isqueiro, entretanto, devido às correntes de ar, o nível de gás não ultrapassou o limite de segurança, não ocorrendo assim situação de perigo no vazamento.

**Palavras-chave:** isqueiro, vazamento, gás, sensor MQ-2, alerta via SMS.

## ABSTRACT

*In the present work, a security system against gas in a residence was developed using sensors and alerts via SMS. In the prototype built, a low cost and easy access policy was used when purchasing some essential components such as: Arduino Uno, MQ–2 Sensor, Protoboard, 2 Channel Relay and GSM Module. This work is based on qualitative research, where tests were carried out for 90 minutes using a lighter to simulate the source of gas leakage close to the MQ–2 sensor, in order to detect the gas leakage. After that the system response time was in three (3) different environments, namely: closed environment, partially closed environment and outdoor. The system performed the proposed functions by detecting gas in the environment, when the gas leakage level was between 30% – 50%, the ventilation system was activated through the cooler as a way of evacuating the gas in the location and the electrical network worked normally. When the gas leakage level was above 50%, the cooler and the electrical network were automatically turned off, the green, blue and red LEDs remained on and the system sent a text message to the numbers registered in the program with the following content: "Danger, Evacuate the location". A simulation was carried out with the aim of testing the capacity of the system, taken outdoors and subjected to gas from the lighter, however, due to air currents, the gas level did not exceed the safety limit, thus no dangerous situation occurred due to the leakage.*

**Keywords:** *lighter, leak, gas, MQ–2 sensor, alert via SMS.*

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Arduino Uno .....	9
<b>Figura 2.</b> Sensor de gás MQ – 2 .....	12
<b>Figura 3.</b> Circuito do funcionamento do sensor .....	13
<b>Figura 4.</b> Relação entre níveis de gás .....	13
<b>Figura 5.</b> Relé .....	14
<b>Figura 6.</b> Relé com Optoacoplador .....	15
<b>Figura 7.</b> Esquemático de um LED .....	17
<b>Figura 8.</b> Módulo <i>Shield</i> GSM/GPRS SIM 900 .....	18
<b>Figura 9.</b> Comunicação serial GSM <i>Shield</i> .....	19
<b>Figura 10.</b> Jumpers de cobre .....	20
<b>Figura 11.</b> <i>Cooler</i> .....	21
<b>Figura 12.</b> Diagrama de blocos do protótipo .....	24
<b>Figura 13.</b> Fluxograma geral de programação .....	26
<b>Figura 14.</b> Circuito eléctrico do protótipo .....	28
<b>Figura 15.</b> Montagem do circuito em <i>protoboard</i> .....	29
<b>Figura 16.</b> Alguns componentes usados na montagem do circuito .....	39
<b>Figura 17.</b> Posicionamento dos componentes electrónicos na <i>protoboard</i> .....	40
<b>Figura 18.</b> Apresentação geral do protótipo .....	40
<b>Figura 19.</b> Simulação do protótipo .....	41

## INDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Preço de cada componente .....	27
<b>Tabela 2.</b> Diferentes cenários do funcionamento do protótipo .....	38

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC	<i>Alternating Current</i>
AIM	Agência de Informação de Moçambique
ARM	<i>Advanced Risc Machine</i>
DC	<i>Direct Current</i>
GSM	<i>Global System for Mobile communication</i>
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito
GPRS	<i>General Packet radio Service</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LED	<i>Light Emitter Diode</i>
LP	Liquefeito de Petróleo
NA	Normalmente aberto
NF	Normalmente fechado
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PIN	<i>Personal Indentification Number</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
Ppm	Partes por milhão
RGB	Red Green Blue
SENSAP	Serviço Nacional de Salvação Pública
SMS	<i>Short Message Service</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampere
CFM	Cubic Feet per Minute
dBA	Decibéis
kb	Kilobyte
MHz	MegaHertz
V	Volt
RPM	Rotação por minuto

## ÍNDICE

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	i
DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
EPÍGRAFE .....	iv
RESUMO .....	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	viii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	viii
CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.3. PERGUNTA DE PESQUISA .....	2
1.4. JUSTIFICATIVA .....	3
1.5. OBJECTIVOS .....	3
1.5.1. Objectivo geral.....	3
1.5.2. Objectivos específicos .....	3
1.6. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO.....	4
1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	5
CAPÍTULO II. REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
2.1. Gás Liquefeito de Petróleo.....	7
2.2. Botija de Gás .....	8
2.3. Arduino.....	9
2.3.1. Especificações técnicas do arduino.....	10
2.3.2. Características técnicas do arduino .....	11

2.4. Sensor detector de vazamento de gás .....	11
2.4.1. Especificações técnicas do MQ – 2.....	12
2.4.2. Tratamento de dados.....	13
2.5. Relé .....	14
2.5.1. Relé com Optoacoplador .....	15
2.6. Rede GSM .....	15
2.7. Mensagem de Texto (SMS) .....	16
2.8. Light Emitter Diodes (LEDs).....	17
2.9. <i>Shield</i> GSM/GPRS SIM 900 .....	18
2.9.1. Especificações técnicas.....	18
2.10. <i>Chip</i> de celular .....	20
2.11. Jumpers.....	20
2.12. <i>Cooler</i> (Ventilador).....	21
2.12.1. Especificações Técnicas do <i>Cooler</i> .....	21
2.13. <i>Software</i> PROTEUS VSM.....	22
CAPÍTULO III. DESENVOLVIMENTO E MONTAGEM DO PROTÓTIPO.....	23
3.1. Actividades de preparação da pesquisa no âmbito da metodologia .....	23
3.2. Diagrama de blocos .....	24
3.3. Definição do fluxograma .....	25
3.4. Trabalho de Campo .....	26
3.5. Orçamento do Projecto .....	26
3.6. Montagem do circuito em <i>protoboard</i> .....	28
3.7. Desenvolvimento do código para arduíno.....	29
3.8. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA .....	29
3.9. Passos da montagem do circuito .....	38
CAPÍTULO IV. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	42
4.1. Realização de testes e simulações.....	42

4.2. Dificuldades encontradas.....	43
CAPÍTULO V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	45
5.1. Conclusões .....	45
5.2. Recomendações .....	46
BIBLIOGRAFIA .....	47
Referências Bibliográficas .....	47
Outras Bibliografias Consultadas.....	49
APÊNDICES .....	1
Apêndice 1. Diagrama de blocos do protótipo .....	A1.1
Apêndice 2. Fluxograma geral do sistema .....	A2.2
Apêndice 3. Circuito eléctrico do protótipo .....	A3.3
Apêndice 4. Montagem do circuito em <i>protoboard</i> .....	A4.3
Apêndice 5. Tabela de preço de cada componente e custo total.....	A5.4
Apêndice 6. Apresentação dos componentes do protótipo .....	A6.5
Apêndice 7. Montagem dos componentes na <i>protoboard</i> .....	A7.5
Apêndice 8. Apresentação geral protótipo desenvolvido no trabalho .....	A8.6
Apêndice 9. Testes e resultados do protótipo desenvolvido no trabalho .....	A9.6
Apêndice 10. Algoritmo de detenção do vazamento de gás e envio de SMS ..	A10.7
ANEXOS .....	1
Anexo 2. Pinos do <i>shield</i> GSM mais detalhadamente .....	A1.1
Anexo 2. Tabela de explicação da pinagem do modulo GSM .....	A2.2

## **CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Contextualização**

A utilização do gás para a cocção de alimentos, aquecimento e outras finalidades é comum em residências, porém, o vazamento de gás LP (Liquefeito de Petróleo) é um problema que gera graves acidentes em algumas residências ou empresas. Muitas vezes esses acidentes resultam em queimaduras do 3º grau, perdas de membros do corpo ou até mesmo em mortes. 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.

Navegantes (2017) salienta que, o problema não está em somente acender a luz e sim em apagá-la também, pois, ao ser accionado o interruptor uma pequena centelha pode ser produzida ocasionando o desastre, a energia deve ser cortada em sua fonte. Isso porque quando conecta-se ou desconecta-se um aparelho na tomada; e até mesmo quando você liga ou desliga a luz, o atrito pode acabar gerando pequenas faíscas e, em grandes vazamentos, isso pode ser o suficiente para causar um incêndio ou até mesmo a explosão da botija. Portanto, recomenda-se que se desligue, imediatamente, a chave geral da rede eléctrica.

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 electrónicos de detecção bastante eficientes, que apresentam alta precisão e uma taxa de erro aceitável, como o sensor de gás LP (MQ – 2) com alarme visual e sonoro. Dessa forma, ser capaz de monitorar as concentrações de gás em uma residência e detectar possíveis vazamentos é de vital importância para a segurança daqueles que nela vivem ou trabalham em ambientes que usam o gás LP como fonte de energia.

Foi nesse âmbito que surgiu o presente trabalho, que consiste em desenvolver um sistema de segurança contra vazamento de gás numa residência usando sensores e alerta via SMS. Esse sistema utiliza sensores de gás para detectar possíveis vazamentos e aciona um alerta via SMS, permitindo uma resposta rápida e eficaz.



## 1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Segundo o Inquérito de Orçamento Familiar (2022), apenas 5,8% da população moçambicana têm acesso ao Gás de Petróleo Liquefeito (GPL) que é geralmente conhecido por "gás de cozinha". Apesar de ser um dos maiores produtores de gás na África Austral, Moçambique é um dos países com consumo *per capita*<sup>1</sup> dos mais baixos de Gás de Petróleo Liquefeito (GPL) ou simplesmente "gás de cozinha" na região da África Austral (FUNAE, 2024). Sendo que, o resto da população recorre ao uso da lenha, carvão vegetal, petróleo, energia eléctrica, briquetes e outros meios para confeccionar os seus alimentos.

De acordo com o Serviço Nacional de Salvação Pública (SENSAP, 2019) Moçambique regista anualmente em média 2.787 incêndios causados por diversos factores, tais como: curto – circuito, vazamento de gás, fogo posto, soldadura, vela acesa, entre outros. Importa salientar que, desse número 7% (195) dos incêndios são provocados pelo vazamento de gás, que tem gerado vítimas humanas e danos materiais.

Os acidentes provocados pelos incêndios em residências e estabelecimentos comerciais de confeccionamento de alimentos podem ser causados simplesmente pelo acionamento do circuito de iluminação, ou pelo uso de algum aparelho eléctrico no ambiente contaminado pelo gás que escapa dos reservatórios.

Entretanto, torna-se pertinente frisar que os vários acidentes envolvendo vazamento do gás no seu sistema de canalização, a dificuldade de ser detectado e muitas vezes não saber o que fazer nessa situação constituem um problema de estudo deste projecto muito relevante, que exige a criação de sistemas proteção por parte dos Engenheiros, para garantir segurança dos usuários, funcionários e das famílias.

## 1.3. PERGUNTA DE PESQUISA

- ❖ Como desenvolver um sistema de segurança contra vazamento de gás numa residência usando sensores e alerta via SMS.

---

<sup>1</sup> Quantidade de bem ou serviço consumido por pessoa.

#### 1.4. JUSTIFICATIVA

As novas descobertas de gás nos campos de Pande, Temane e Búzi na Bacia do Rovuma, tornam Moçambique como um dos maiores produtores de gás na África Austral. Segundo a Agência de Informação de Moçambique (AIM, 2024) mais de 15 milhões de moçambicanos (correspondente a 800.000 famílias) vão usar gás de cozinha nas suas residências até 2030 em substituição da lenha e do carvão, num esforço que visa a preservação do ambiente e da saúde pública.

Deste modo, com o aumento da população moçambicana usando gás de cozinha, assim como foi previsto para 2030, o número de acidentes provocado pelo vazamento de gás nas residências também poderá aumentar. Atendendo que, actualmente as formas de detecção de gás são baseadas nos sentidos humanos, apresentando baixa precisão e uma alta taxa de erro, resultando num cenário muito perigoso no que diz respeito à segurança. Portanto, é preciso pensar em formas/estratégias para evitar acidentes provocados por vazamento de gás nas residências, razão pela qual surge a motivação para o desenvolvimento desse projecto, na qual visa desenvolver um sistema de segurança contra vazamento de gás numa residência usando sensores e alerta via SMS.

Dessa forma, será capaz de monitorar as concentrações de gás em uma residência, detectar possíveis vazamentos, alertar os proprietários da residência (ou outros números cadastrados) por SMS e bloquear todo circuito eléctrico deste ambiente como forma de proteger a vida e o património dos residentes, e a utilização de sensores e alerta via SMS representa uma abordagem eficaz e inovadora para lidar com essa questão, garantindo assim, uma resposta rápida e eficiente diante de uma situação de emergência.

#### 1.5. OBJECTIVOS

##### 1.5.1. Objectivo geral

- Desenvolver um sistema de segurança contra vazamento de gás numa residência usando sensores e alerta via SMS.

##### 1.5.2. Objectivos específicos

- Montar o protótipo do dispositivo de detenção de gás usando arduíno.

- Integrar o protótipo ao *Shield* GSM do arduíno para possibilitar o envio de mensagem de texto.
- Adicionar o *Shield* relé para o corte de energia no ambiente
- Criar um algoritmo de detecção do vazamento de gás capaz de emitir um aviso visual, enviar mensagem SMS para o número registado e desligar a energia no circuito de iluminação.

## 1.6. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Em todo tipo de investigação, a metodologia de trabalho é uma ferramenta que indica o caminho a trilhar para a concepção dos resultados da pesquisa.

Metodologia científica é o estudo sistemático e lógico dos métodos empregados nas ciências, seus fundamentos, sua validade e sua relação com as teorias científicas, que tem como objectivo solucionar as questões relativas a classificação de dados, segundo critérios pré-estabelecidos e orientar as pesquisas futuras (Eiterer, 2006).

Tendo em conta o objectivo geral do trabalho que é, desenvolver um sistema de segurança contra vazamento de gás numa residência usando sensores e alerta via SMS, assumiu-se os seguintes tipos de pesquisa:

- Quanto a abordagem a pesquisa usada foi **qualitativa**:

A pesquisa qualitativa responde a questões referentes a um conjunto de fenómenos humanos entendido aqui como parte da realidade social, pois, o ser humano se distingue não só por agir, mas por pensar sobre o que faz e por interpretar suas ações dentro e a partir da realidade vivida e partilhada com seus semelhantes (Minayo, 2009).

O presente trabalho optou por uma pesquisa qualitativa porque o sistema desenvolvido tem como ideia principal, melhorar a segurança dos utilizadores do gás nas suas residência (ou estabelecimentos de confecção de alimentos) e minimizar acidentes nas suas actividades do dia-a-dia.

- Quanto a natureza a pesquisa usada foi **aplicada**:

Para UAB & UFRGS (2009) a pesquisa aplicada objectiva gerar conhecimentos para a aplicação prática, dirigidos a solução de problemas específicos, envolve verdades e interesses locais. Essa pesquisa aplicada pode ser do tipo tecnológica.

- Quanto aos procedimentos a pesquisa usada foi **bibliográfica e experimental**: De acordo com Gil (2002) pesquisa bibliográfica entende-se a leitura, a análise e a interpretação de material impresso. Entre eles podemos citar livros, documentos mimeografados ou fotocopiados, periódicos, imagens, manuscritos, mapas, entre outros. A pesquisa bibliográfica foi útil no âmbito de recolha informação sobre os casos de acidentes ocorridos causados pelo vazamento do gás a nível do país. Além disso, foi útil no estudo das possíveis formas de prevenção de acidentes causadas pelo vazamento de gás e por fim foi aplicada na revisão da literatura para o desenvolvimento de sistema de controle de vazamento do gás.

De acordo com Prodanov & Freitas (2013) a pesquisa experimental caracteriza-se por manipular directamente as variáveis relacionadas com o objecto de estudo, interfere-se directamente na realidade, manipulando a variável independente, a fim de observar o que acontece com a dependente.

Essa técnica de pesquisa foi aplicada na observação do funcionamento do sistema de modo a prevenir interrupções por conta de falhas do sistema durante a realização das simulações. A segunda etapa consistiu na seleção e realização de testes práticos de sensores de gás e do *shield* GSM, a integração de dispositivos de alerta e a realização de testes práticos para validação do sistema.

Para o desenho dos esquemas eléctricos foi usado o *Easy EDA Online*, para o desenho do circuito icónico foi usado o *Fritizing* e o desenho do diagrama de blocos e o fluxograma foi usado o *Corel Draw 2020*.

## 1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é constituído por cinco (5) capítulos, sequencialmente enumerados, e duas (2) secções não numeradas, compostas por bibliografias, apêndices e anexos. A seguir, é apresentada a descrição sucinta de cada uma das partes constituintes deste trabalho.

### Capítulo I. INTRODUÇÃO

Tem a função de esclarecer ao leitor, a relevância dos aspectos abordados no trabalho. Este capítulo é constituído por: contextualização, definição do problema, justificativa, Objectivos (geral e específicos), metodologias usadas para a pesquisa e a questão que o autor usou para conduzir a pesquisa.

## **Capítulo II. REFERENCIAL TEÓRICO**

Tem a função de esclarecer ao leitor, matérias teóricas relevantes para o tema. Este capítulo é estruturado com os fundamentos teóricos e científicos sobre sistema de segurança sobre vazamento de gás, e outros referenciais teóricos que serviram de base para a pesquisa e desenvolvimento da proposta.

## **CAPÍTULO III. DESENVOLVIMENTO E MONTAGEM DO PROTÓTIPO**

Neste capítulo é apresentada a forma como o projecto se desenvolveu, desde seu planejamento até a finalização do protótipo. O processo foi dividido em etapas para facilitar o entendimento nomeadamente: actividades de preparação da pesquisa no âmbito da metodologia; desenhar o diagrama de blocos; definição do fluxograma; elaboração do código para arduíno e montagem do circuito na *protoboard*.

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste capítulo, o autor faz uma análise dos resultados do protótipo desenvolvido, menciona o seu impacto e refere-se ao mérito dos mesmos, para este trabalho em concreto.

## **Capítulo V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Nesta parte, estão apresentadas as conclusões sobre a pesquisa e o trabalho em geral, mas também estão dadas as recomendações sobre aspectos relevantes que os pesquisadores futuros podem considerar, nas suas pesquisas.

### **SECÇÃO DAS BIBLIOGRAFIAS:**

Tratando-se de um trabalho de pesquisa, é importante ter referências. Portanto, é nesta parte do trabalho que estão apresentadas as obras bibliográficas citadas no trabalho, bem como as que não se pude mencionar no corpo do trabalho, porém, foram cruciais para a realização deste trabalho.

### **SECÇÃO DOS APÊNDICES E ANEXOS**

Nesta parte, estão inclusos os digramas de blocos, fluxograma, o desenho do circuito eléctrico no *fritzing*, o programa geral do sistema desenvolvido no arduino e outros elementos que esclarecem o conteúdo do trabalho.

## CAPÍTULO II. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Gás Liquefeito de Petróleo

Segundo Moura (2012) o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é um dos subprodutos resultante do refino do petróleo, sendo predominantemente composto da mistura de dois hidrocarbonetos, Propano ( $C_3H_8$ ) e Butano ( $C_4H_{10}$ ). Quando mantido sob pressão, encontra-se no estado líquido, e é relativamente estável. Isso facilita sua armazenagem e sua utilização em sectores domésticos para a cocção de alimentos.

O GLP é conhecido popularmente como “gás de cozinha”, por causa de sua utilização principal na cocção de alimentos, é uma das frações mais leves do petróleo. A queima desse combustível é limpa, com baixa emissão de poluentes (Petrobrás, 2015).

De acordo Sindigás (2012) existem várias formas de distribuição do GLP disponíveis, a mais utilizada é a embalagem de 11kg a qual representa mais de 65% das vendas totais do produto em Moçambique. O consumo expansivo desse tipo de gás se deve, principalmente, ao seu alto poder calorífero, principalmente se comparado a outros combustíveis no mercado. Um quilograma (1kg) de gás de cozinha tem o poder calorífico de 11.500 kcal, enquanto o rendimento de 1 kg de carvão é equivalente a 5.000kcal. Além disso, o GLP é um combustível pouco poluente, como a maioria dos gases, pois sua queima gera gás carbónico sem resíduos, essencial para a fotossíntese, diferente de combustíveis fósseis como o carvão.

O consumo médio por boca de um fogão convencional, utilizado em ambientes domésticos, pode variar de acordo com o nível de sua chama, a qual pode ser classificada em três (3) diferentes estados: **alta** (acima de  $200^{\circ}C$ ), a qual consome 0,250 kg de gás GLP por hora de uso; **média** (entre  $180^{\circ}C$  e  $200^{\circ}C$ ), a qual consome 0,225kg de gás GLP por hora de uso; **baixa** (abaixo de  $180^{\circ}C$ ), a qual consome 0,200 kg de gás GLP por hora de uso (LIQUIGÁS, 2008).

Com base nesses dados é possível estabelecer uma relação entre a quantidade de gás GLP restante em uma botija e o consumo deste em diferentes tipos de chama.

$$d = \frac{q}{r} \quad (1.0)$$

Onde:

$d$  – Duração do gás restante no botijão em horas.

$q$  – Quantidade restante de gás no botijão em kg.

$r$  – Rendimento de cada boca do fogão nos três tipos de chama.

## **2.2. Botija de Gás**

Os recipientes que armazenam o gás de cozinha são feitos de aço carbono, e é por isso que, não é possível visualizar o seu conteúdo interno devido à opacidade presente nesse tipo de material.

Esse facto gera incerteza para quem é usuário desse produto, fazendo com que muitas vezes o gás acabe em momentos inoportunos, ou ainda, que a botija seja enviado de volta para as empresas distribuidoras sem que todo conteúdo tenha sido consumido. Entretanto, como possui alto poder de combustão, são necessárias medidas de segurança que buscam minimizar a ocorrência de acidentes domésticos, dessa forma, faz-se necessário a odorização do gás GLP para facilitar a detecção de vazamentos (Biocombustíveis, 2015).

De acordo com Biocombustíveis (2015) apesar de não ser venenoso, o GLP é asfixiante. Por ser mais pesado que o ar, quando há vazamento num local fechado, ele acumula-se ao nível do chão e expulsa gradualmente o oxigênio do ambiente, causando asfixia em quem permanecer no local. Sendo assim, é importante buscar estratégias que auxiliem no monitoramento visando minimizar os problemas referentes ao consumo do gás e à segurança de seus usuários.

A sua distribuição e venda ocorre frequentemente através de revendedores autorizados, os quais compram botijas dos fabricantes e fornecem o serviço de venda e troca de botijas nas residências. Normalmente, os distribuidores de gás estão localizados em postos de venda de combustível, em alguns mercados formais e informais e são responsáveis pela venda das botijas na vizinhança.

É importante salientar que, devemos sempre abrir as portas e janelas do ambiente onde está sendo confeccionado os alimentos para garantir o fornecimento adequado do oxigênio. Porque, se a chama estiver azul, indica que está funcionando bem. Isso indica que o gás está devidamente misturado e que a temperatura da chama está em torno de  $1.500^{\circ}\text{C}$  –  $1.700^{\circ}\text{C}$ . Ao passo que, se a chama for vermelha ou laranja, significa que o gás esta misturado com uma dose maior de oxigênio, resultando em uma temperatura de chama baixa, em torno de  $900^{\circ}\text{C}$  –  $1200^{\circ}\text{C}$ . Isso também leva

ao aumento do consumo de gás. A falta de oxigénio pode fazer com que o butano entre em combustão incompleta, produzindo um gás tóxico chamado monóxido de carbono que parece como uma chama laranja ou amarela (Biocombustíveis, 2015).

### 2.3. Arduino

De acordo com McRoberts (2012) arduino é um microcontrolador de placa única e um conjunto de *software* para programá-lo. O *hardware* consiste em um projecto simples de hardware livre para o controlador, com um processador *Atmel AVR* e suporte embutido de entrada/saída. O *software* consiste de uma linguagem de programação padrão e do *bootloader* que roda na placa.

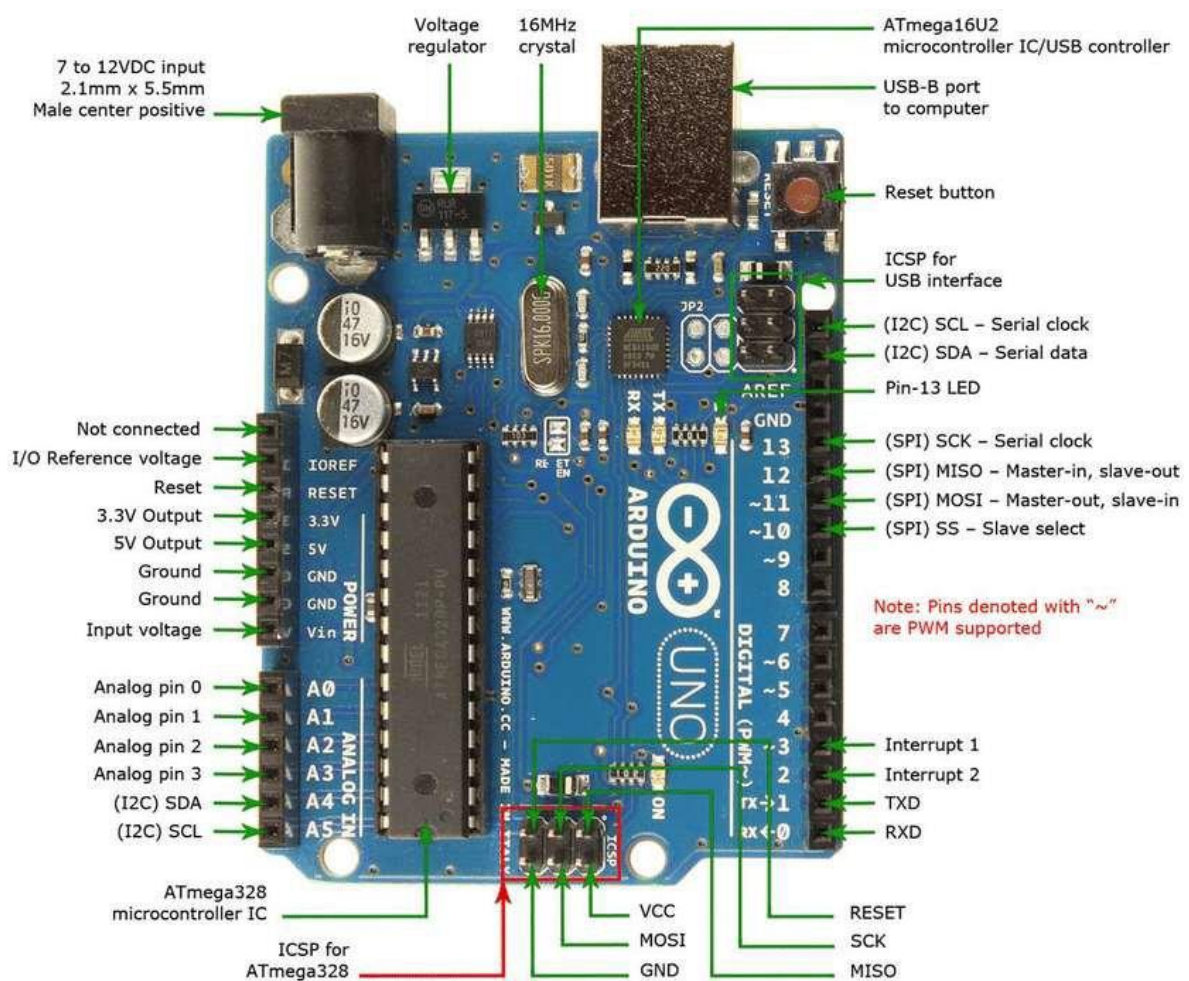


Figura 1. Arduino Uno

Fonte: McRoberts (2012)

O arduino pode ser utilizado para desenvolver objectos interativos independentes, ou pode ser conectado a um computador, a uma rede, ou até mesmo a *Internet* para recuperar e enviar dados do arduino e actuar sobre eles. Ou seja, ele pode enviar um



conjunto de dados recebidos de alguns sensores para um *site*, dados estes que poderão ser exibidos na forma de um gráfico.

O *hardware* e o *software* do arduino são ambos de fonte aberta, o que significa que o código, os esquemas, o projeto etc. podem ser utilizados livremente por qualquer pessoa e com qualquer propósito.

Segundo o McRoberts (2012) o arduino também pode ser estendido utilizando os *shields* (escudos), que são placas de circuito contendo outros dispositivos (receptores GPS, *displays* de LCDs, módulos de *Ethernet* etc.), que podem simplesmente conectar o arduino para obter funcionalidades adicionais. Os *shields* também estendem os pinos até o topo de suas próprias placas de circuito, para que continue a ter acesso a todos eles. Além disso, podemos fazer exactamente o mesmo circuito utilizando uma *protoboard*, *Stripboard*, *Veroboard*, ou criando a PCB (*Printed Circuit Board*).

Neste projecto foi utilizado o microcontrolador arduino UNO, por ter um fácil acesso no mercado, e ter a programação e uso familiar, visto que o autor usou em alguns projectos na cadeira de Electrónica digital II. Além de ser confiável e completamente capaz de suprir as necessidades do projecto em questão. O microcontrolador arduino consiste em uma placa de controle com entradas e saídas, com um cristal oscilador de 16 MHz, um regulador de tensão, plugue de alimentação, pinos conectores, LEDs para indicar modo de funcionamento de gravação, regulador de tensão de 5 Volt e uma porta USB.

### **2.3.1. Especificações técnicas do arduino**

De acordo com McRoberts (2012) as placas do arduino são produzidas utilizando-se diferentes microcontroladores, algumas compostas por microcontroladores da linha *Atmel*, e outras por microcontroladores da linha ARM (Advanced RISC Machine) 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 (*Pulse Width Modulation*). 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 são as seguintes:

### **2.3.2. Características técnicas do arduino**

- Microcontrolador *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

### **2.4. Sensor detector de vazamento de gás**

De acordo com Citisystems (2016) um sensor é um dispositivo que faz a detecção e responde com eficiência a algumas entradas provenientes de um ambiente físico. Quando um sensor recebe uma entrada específica proveniente do ambiente, ele emite uma saída, que geralmente é um sinal capaz de ser convertido e interpretado por outros dispositivos. Em relação aos sistemas eléctricos, ao ser convertido, o sinal pode ser lido por um processador ou ser transmitido electronicamente por uma rede de dados. O sensor utilizado neste projecto para detectar o vazamento de gás é o MQ-2 que apresenta as seguintes características:

- Modelo: MQ – 2
- Detecção de gases inflamáveis: GLP, Metano, Propano, Gás Natural e outros inflamáveis.
- Detecção de fumaça
- Concentração de detecção: 300 – 10.000ppm
- Tensão de operação: 5V
- Sensibilidade ajustável via potenciómetro
- Saída Digital e Analógica
- Fácil instalação
- Comparador LM393
- Led indicador para tensão
- Led indicador para saída digital

- Dimensões: 32×20×15mm



**Figura 2.** Sensor de gás MQ – 2

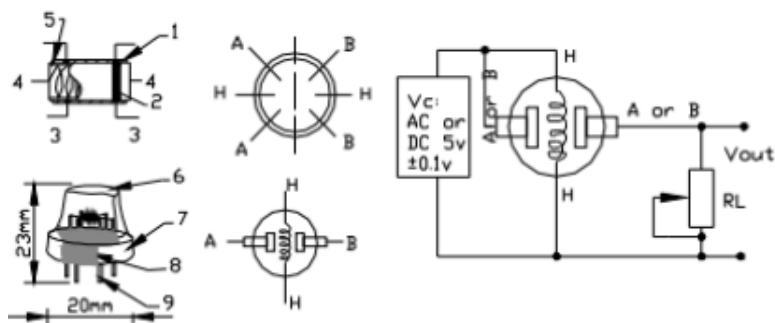
**Fonte:** Citisystems (2016)

#### **2.4.1. Especificações técnicas do MQ – 2**

Segundo Citisystems (2016) este módulo de sensor é composto por um elemento sensível electroquímico, um resistor de proteção e um resistor variável (potenciômetro). O MQ – 2 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 projecto 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 (partes por milhão). 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 do funcionamento do sensor é mostrado na figura 3:



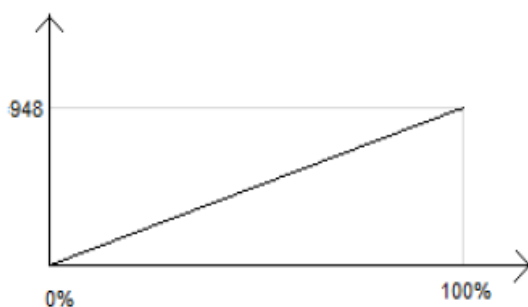
**Figura 3.** Circuito do funcionamento do sensor

**Fonte:** Citisystems (2016)

De acordo com Citisystems (2016) o sensor precisa atingir certa temperatura para começar a funcionar correctamente, que pode chegar a 50°C ou 60°C. 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.

#### 2.4.2. 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 – 2, 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 percentagem de gás LP no ambiente de acordo com este limite superior, como mostrado na figura 4.



**Figura 4.** Relação entre níveis de gás

**Fonte:** Citisystems (2016)

Dessa forma, utilizando da equação (2), 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 percentagens aceitáveis de gás LP.

$$\text{Percentagem LP} = \frac{(100 * \text{Valor\_lido})}{948} = \frac{\text{Valor\_lido}}{9.48} \quad (2)$$

Onde:

**Percentagem LP:** é a percentagem correspondente ao valor de gás LP medido no ambiente;

**Valor\_lido:** é a medida em bits proveniente do pino analógico do arduíno conectado ao sensor.

## 2.5. Relé

Relé tem um funcionamento bem simples, que quando uma corrente circula pela bobina, esta cria um campo magnético que atrai um ou uma série de contactos fechando ou abrindo circuitos, e ao cessar a corrente da bobina o campo magnético também cessa, fazendo com que os contatos voltem para a posição original.

Segundo Santos (2016) os relés podem ter diversas configurações quanto aos seus contatos: podem ter contatos NA (normalmente aberto), NF (normalmente fechado) ou ambos, neste caso com um contato comum ou central (C). Os contatos NA são os que estão abertos, enquanto a bobina não está energizada, e fecham quando a bobina recebe corrente. Os NF abrem-se quando a bobina recebe corrente, ao contrário dos NA. O contato central ou C é o comum, ou seja, quando o contato NA fecha é com o C que se estabelece a condução e o contrário com o NF.



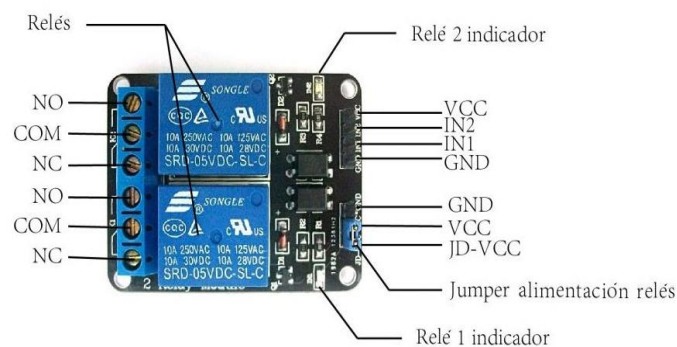
**Figura 5.** Relé

**Fonte:** Santos (2016)

### 2.5.1. Relé com Optoacoplador

Segundo Santos (2016) relé com optoacoplador permite que o arduino controle dispositivos de alta potência, como um ventilador, isolando electricamente os circuitos de baixa e alta potência para maior segurança. O papel do módulo relé neste trabalho é o de cortar a energia no local (ligando/desligando a lâmpada ou ventilação), garantindo que não sejam geradas faíscas que possam ser o gatilho de uma possível explosão em caso de vazamentos de gás.

Um relé semelhante ao utilizado neste trabalho pode ser observado na figura 6, onde são mostrados os contatos NO, COM e NC, e os pinos de conexão do módulo com o arduino.



**Figura 6.** Relé com Optoacoplador

**Fonte:** Santos (2016)

De acordo com o Módulo (2016) com as especificações técnicas mais importantes desse módulo são:

- 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: 51x38x20mm.

### 2.6. 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 que 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 em África (Costa, 2008).

Com o advento das inovações no sector 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.

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 sector, além de larga cobertura e utilização.

## **2.7. Mensagem de Texto (SMS)**

O *Short Message Service* (SMS), 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 (Costa, 2008).

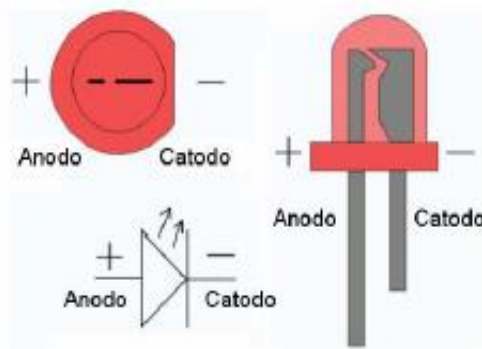
O processo de envio e recebimento de um SMS tornou-se bastante popular devido ao seu baixo custo e facilidade de implantação. Entretanto, Pozzebon (2011) afirma que os aplicativos para celular utilizados na *internet* são um factor que propiciaram a

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.

## 2.8. Light Emitter Diodes (LEDs)

O *Light Emitter Diode* (LED) é um componente eletrônico semiconductor, 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 ânodo e outro chamado cátodo. Por ser um diodo, permite ou não a passagem de corrente elétrica dependendo da forma que for polarizado.

Na figura 7, é possível ver o esquemático de um LED bem como uma representação simbólica contendo as indicações dos terminais ânodo e cátodo:



**Figura 7.** Esquemático de um LED

**Fonte:** Costa (2008)

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, três (3) LEDs RGB (Red Green Blue) foram usados como forma de indicação visual. Quando os níveis de gás estiverem aceitáveis, o LED verde

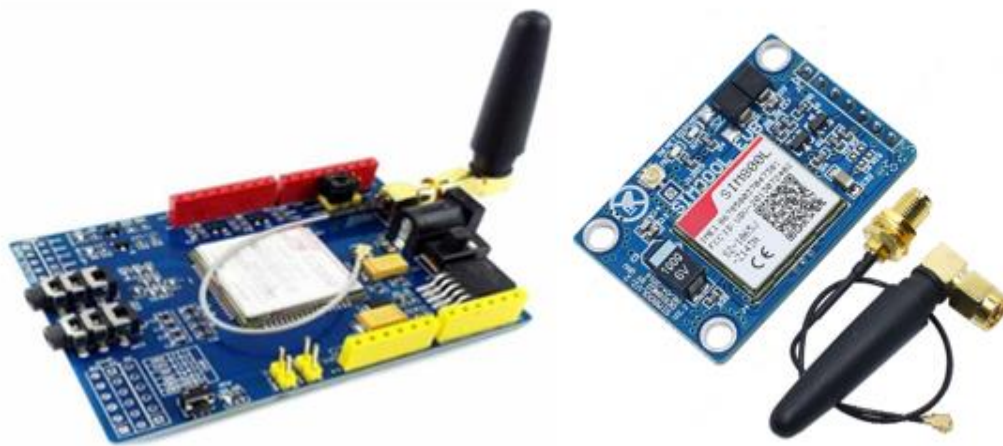


permanecerá aceso. Caso os níveis de gás LP ultrapassem um limite seguro, os três (3) LEDs permanecem acesos indicando sinal de perigo.

## 2.9. *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 Arduíno UNO. Projectado para o mercado global, este módulo permite ao Arduíno conectar-se à internet, enviar e receber mensagens de texto (SMS) e realizar chamadas por voz usando a biblioteca do módulo (Sauter, 2007).

Na figura 8 há um exemplo do módulo *shield* GSM/GPRS SIM 900:



**Figura 8.** Módulo *Shield* GSM/GPRS SIM 900

**Fonte:** Sauter (2007)

De acordo com Sauter (2007) o *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.

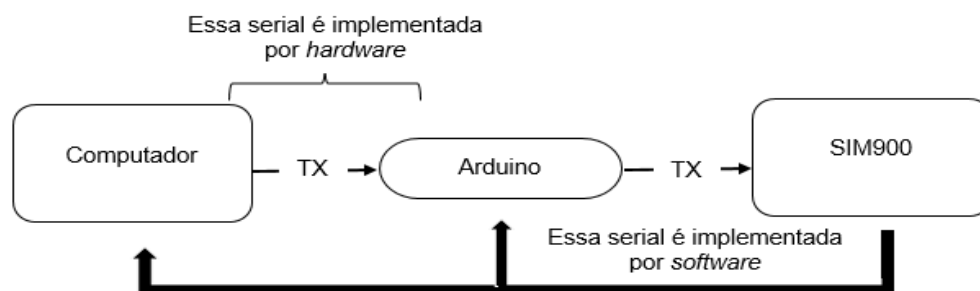
### 2.9.1. Especificações técnicas

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/ 1900MHz
- Controle via comandos AT
- Baixo consumo de energia
- Dimensões: 69mm x 53mm

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 microcontrolador *Atmega328*. Assim, Rodrigues (2013) explica que “dessa forma enviamos uma mensagem serial do computador ao arduino, que interpreta essa leitura e envia para o modulo SIM900, que responde e envia de volta ao Arduino, que por sua vez envia a nossa tela no computador”. É apresentado um esquema simplificado desta comunicação na figura 9:



**Figura 9.** Comunicação serial GSM *Shield*

**Fonte:** Rodrigues (2013)

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 projecto na placa.

## 2.10. 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. 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. 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.

Actualmente 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 25x15mm. O *chip* de celular utilizado neste trabalho foi carregado no plano pré-pago da operadora de celular *Vodacom*, sendo comprado um pacote de 200 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 numa das 3 operadoras nacionais.

## 2.11. Jumpers

Os *jumpers* são cabos flexíveis compostos por fios de cobre, isolados ou não, que permitem a conexão rápida e segura entre pontos distintos de um circuito elétrico. Sua principal característica é a flexibilidade, que facilita a instalação e o ajuste da conexão mesmo em locais de difícil acesso.

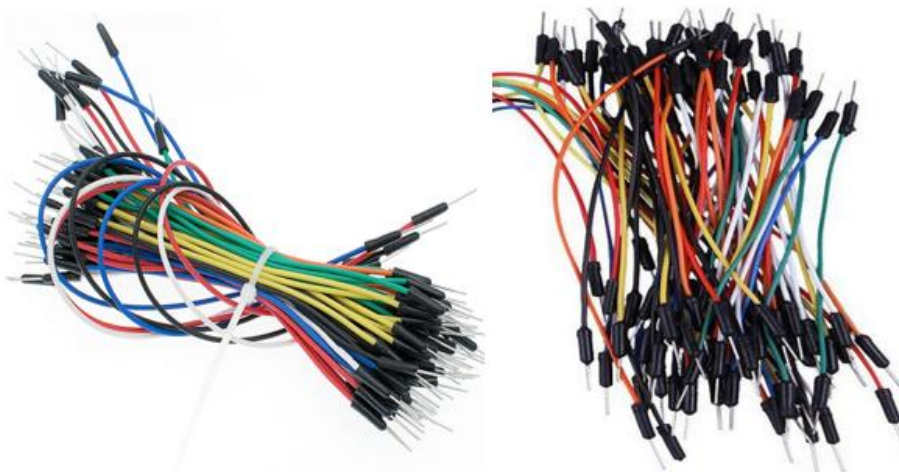


Figura 10. *Jumpers* de cobre

Fonte: [www.recontel.com.br/artigo/o-que-sao-jumpers](http://www.recontel.com.br/artigo/o-que-sao-jumpers) 10 de Março de 2025

## 2.12. Cooler (Ventilador)

Segundo Petrobrás (2015) *cooler* é um sistema de arrefecimento usado em diversos tipos de *hardwares* electrónicos com o objetivo de evitar sobrecarga de calor que estes componentes geram, ou seja, controlam a temperatura e previnem que componentes sejam danificados pelo calor.

Neste projecto o *cooler* ou ventilador é activado pelo relé para ventilar o ambiente quando a concentração de gás atinge o nível de alerta. Ele ajuda a dispersar o gás e a reduzir sua concentração.



Figura 11. Cooler

Fonte: [www.tecnoblog.net/responde/o-que-e-cooler](http://www.tecnoblog.net/responde/o-que-e-cooler) 10 de Março de 2025

### 2.12.1. Especificações Técnicas do Cooler

- Tensão: 12V;
- Corrente: 0,18A  $\pm$ 10%;
- Consumo de energia: 1,32 W $\pm$ 10%;
- Velocidade: 2500  $\pm$ 10% RPM;
- Fluxo de ar: 25,02 CFM;
- Pressão por polegada: 0,08;
- Nível de ruído: <28 dBA;
- Dimensão: 80x80x15mm.

### **2.13. Software PROTEUS VSM**

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

## **CAPÍTULO III. DESENVOLVIMENTO E MONTAGEM DO PROTÓTIPO**

Neste capítulo é apresentada a forma como o projecto se desenvolveu, desde seu planeamento até a finalização do protótipo. O processo foi dividido em cinco (5) etapas para facilitar o entendimento:

- Actividades de preparação da pesquisa no âmbito da metodologia;
- Desenhar o diagrama de blocos;
- Definição do fluxograma;
- Elaboração do código para arduino;
- Montagem do circuito na *protoboard*;

### **3.1. Actividades de preparação da pesquisa no âmbito da metodologia**

As actividades de preparação da pesquisa no âmbito da metodologia foram várias e foram divididas nas seguintes fases:

#### **1ª Fase:**

A primeira fase consistiu na análise dos diferentes tipos de sistemas de segurança contra vazamento de gás existentes, e na revisão da literatura (pesquisas de trabalhos científicos, artigos e em livros envolvendo o assunto). Este dado permitiu ao autor fazer um bom dimensionamento do protótipo, atendendo e considerando o item principal que é a segurança dos usuários. Em seguida, fez-se o levantamento dos componentes essenciais necessários para a construção do protótipo, tais como: Arduino Uno, Sensor MQ – 6, *Protoboard*, Relé 2 *Channel*, Módulo GSM entre outros materiais e no pedido de cotação em diferentes lojas de venda de componentes electrónicos. Estas informações permitiram ao autor analisar as diferentes tabelas de preços e escolher as melhores opções tendo em conta a política do baixo custo e fácil acesso.

#### **2ª Fase:**

A segunda fase foi a elaboração de uma tabela de orçamento, aquisição dos acessórios para a construção do protótipo e importação do Arduino e do Módulo GSM, porque os módulos disponíveis nas lojas visitadas estavam a um preço ligeiramente elevado e a qualidade não era a desejada. Enquanto aguardava reunir todo material necessário para a construção do protótipo, o autor fez a preparação para realização

do trabalho de campo, que consistiu na elaboração do diagrama de blocos, do fluxograma e na elaboração do código para o Arduino.

### 3ª Fase:

Após reunir o material necessário fez-se o trabalho de campo que consistiu na construção, testagem e recolha de dados do protótipo tendo como base os objectivos gerais e específicos do trabalho.

A aquisição dos materiais para a construção do protótipo, ocorreu em estabelecimentos de venda de componentes electrónicos nomeadamente: SB InfoElectrónica, Circuitos de Maputo, Mundo de Circuitos, Circuitos de África, e para importação do Arduino e Módulo GSM usou-se a aplicação *Alibaba*. Importa salientar que, alguns componentes tais como *cooler* e Fonte de alimentação 5V/1A foram reciclados.

### 3.2. Diagrama de blocos

Um diagrama de blocos é uma representação gráfica que visualiza e simplifica a estrutura e o funcionamento de um sistema ou processo, mostrando as etapas e as interações entre elas de forma clara e organizada.

O diagrama de blocos mostra o sensor MQ – 6 fazendo a leitura do nível de gás no ambiente, feito isso, envia essa informação ao microcontrolador (Arduino UNO) que tem a função de processar a informação, e em função do nível do gás no ambiente pode activar o sistema de ventilação ou bloquear a rede eléctrica do sistema.

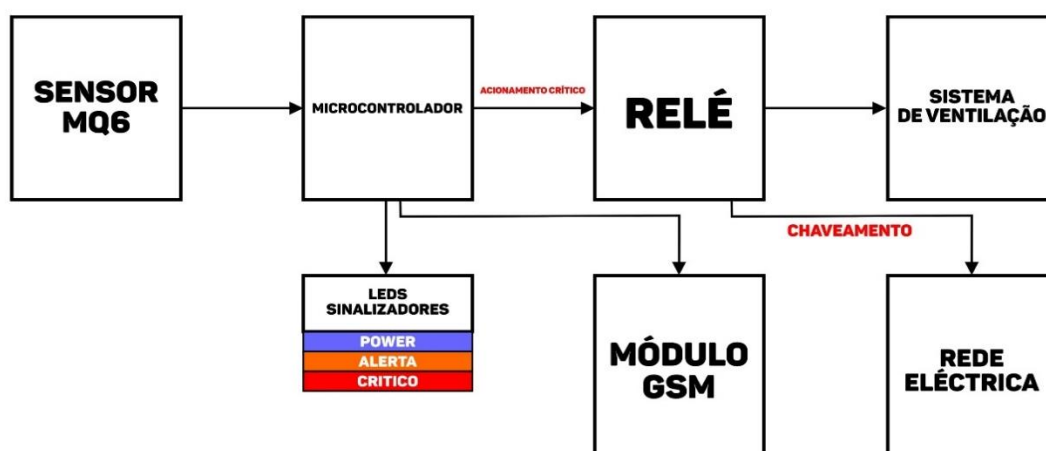


Figura 12. Diagrama de blocos do protótipo

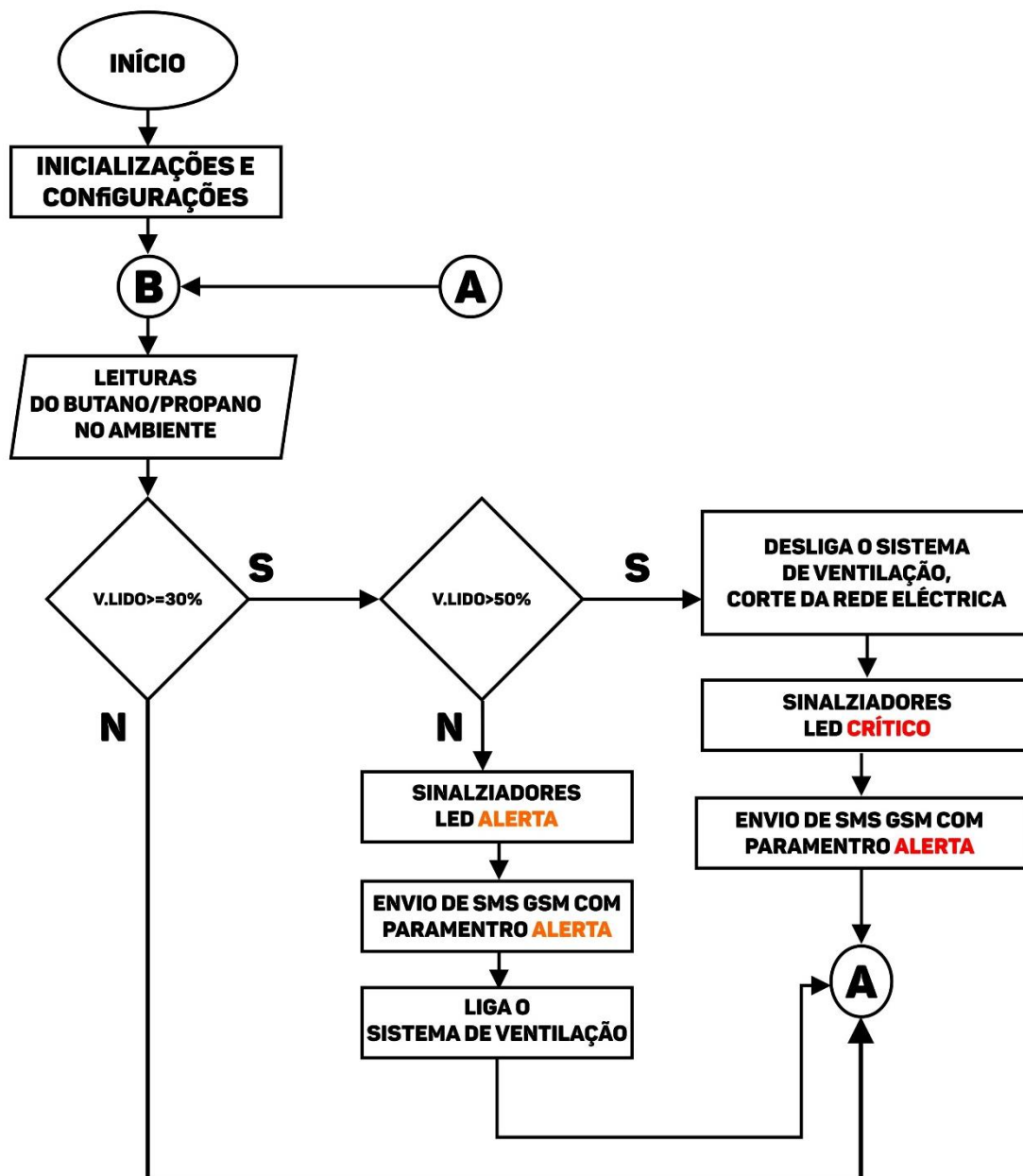
Fonte: O Autor

### 3.3. Definição do fluxograma

Um fluxograma é a representação de um processo, utilizando símbolos gráficos com o objectivo de descrever simplificadaamente cada passo da natureza e fluxo desse processo. Após a finalização do planeamento do trabalho, um fluxograma foi criado a fim de que se torne o mais claro possível as funções que o sistema de segurança contra vazamento de gás numa residência irá desempenhar.

De forma resumida, o circuito funciona da seguinte forma: o sensor de gás MQ – 6 irá captar os níveis de gás LP no ambiente, enviando tais informações ao arduíno. O arduíno, por sua vez, irá realizar uma comparação constante dos dados recebidos com um limite de segurança, caso estes níveis de gás LP ultrapassem os 30% do ambiente, será activado o sistema de ventilação para evacuar o gás para fora. Quando o nível de gás ultrapassa os 50% do ambiente, ou seja, ultrapassa o limite de segurança, o LED vermelho irá acender, o *shield* relé desligará a energia eléctrica no local e o *shield* GSM enviará uma mensagem de texto para um número de celular previamente cadastrado com a seguinte mensagem "Perigo. Evacue o local", alertando sobre o vazamento. Todo este processo é exibido no fluxograma da figura 13 abaixo.





**Figura 13.** Fluxograma geral de programação  
 Fonte: O Autor (desenhado no *Corel Draw 2020*)

### 3.4. Trabalho de Campo

Nesta secção são apresentadas todas as fases que foram desenvolvidas no âmbito do Desenvolvimento do Sistema de Segurança contra Vazamento de Gás numa Residência usando Sensores e Alerta via SMS.

### 3.5. Orçamento do Projecto

A aquisição dos dispositivos constituintes do protótipo foi realizada após extensa busca electrónica e física pelo menor preço e melhor de cada componente. A escolha

dos equipamentos a serem utilizados também levou em conta a melhor relação custo-benefício possível. Abaixo a tabela 1 detalha dos componentes e o seus devidos custos.

**Tabela 1.** Preço de cada componente

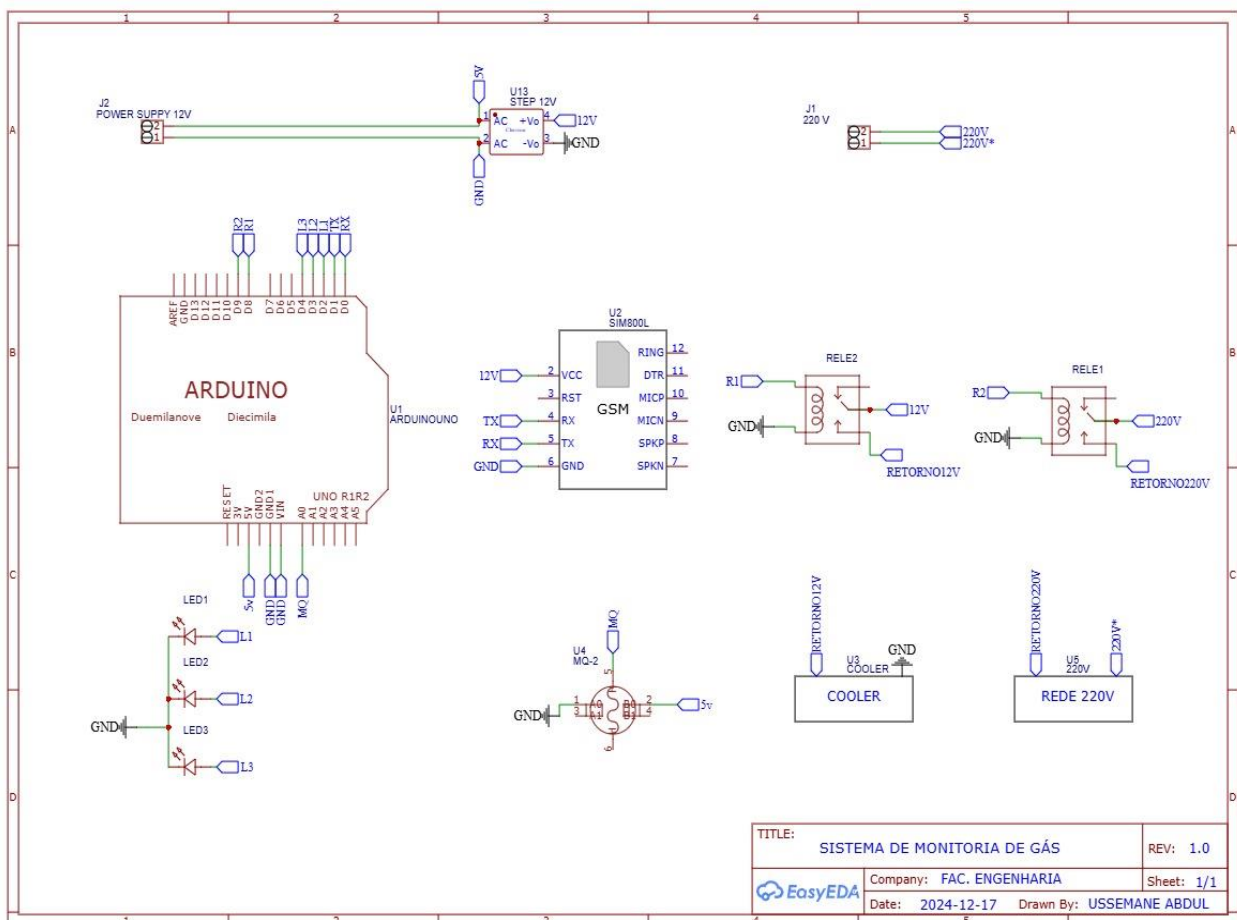
<b>Item</b>	<b>Custo Unitário (Mts)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Total (Mts)</b>
Arduino Uno	1.200,00	1	1.200,00
Sensor MQ – 6	350,00	1	350,00
Protoboard	400,00	1	400,00
Relé 2 Channel	400,00	1	400,00
Módulo GSM	1.100,00	1	1.100,00
Fonte 2 <sup>a</sup>	400,00	1	400,00
Jumper de 10cm MM	30,00	10	300,00
Jumper de 10cm MF	30,00	10	300,00
LED RGB	15,00	3	45,00
Cooler 12V	Reciclado	1	0,00
Fonte de 5V/1 <sup>a</sup>	Reciclado	1	0,00
Relé	350,00	1	350,00
Fonte de 12V	200,00	1	200,00
Bocal	25,00	1	25,00
Lâmpada	40,00	1	40,00
Fio condutor da Lâmpada	50,00	1m	50,00
Tábua de madeira	Reciclado	1	0,00
Fios de conexão	25,00	2	50,00
Pistola de cola quente	450,00	1	450,00
Cola quente	70,00	1	70,00
Tomada	50,00	1	50,00
Isqueiro	200,00	1	200,00
Acabamentos diversos	500,00	—	500,00
<b>TOTAL</b>	—	—	<b>= 6.430,00Mt</b>

**Fonte:** O Autor

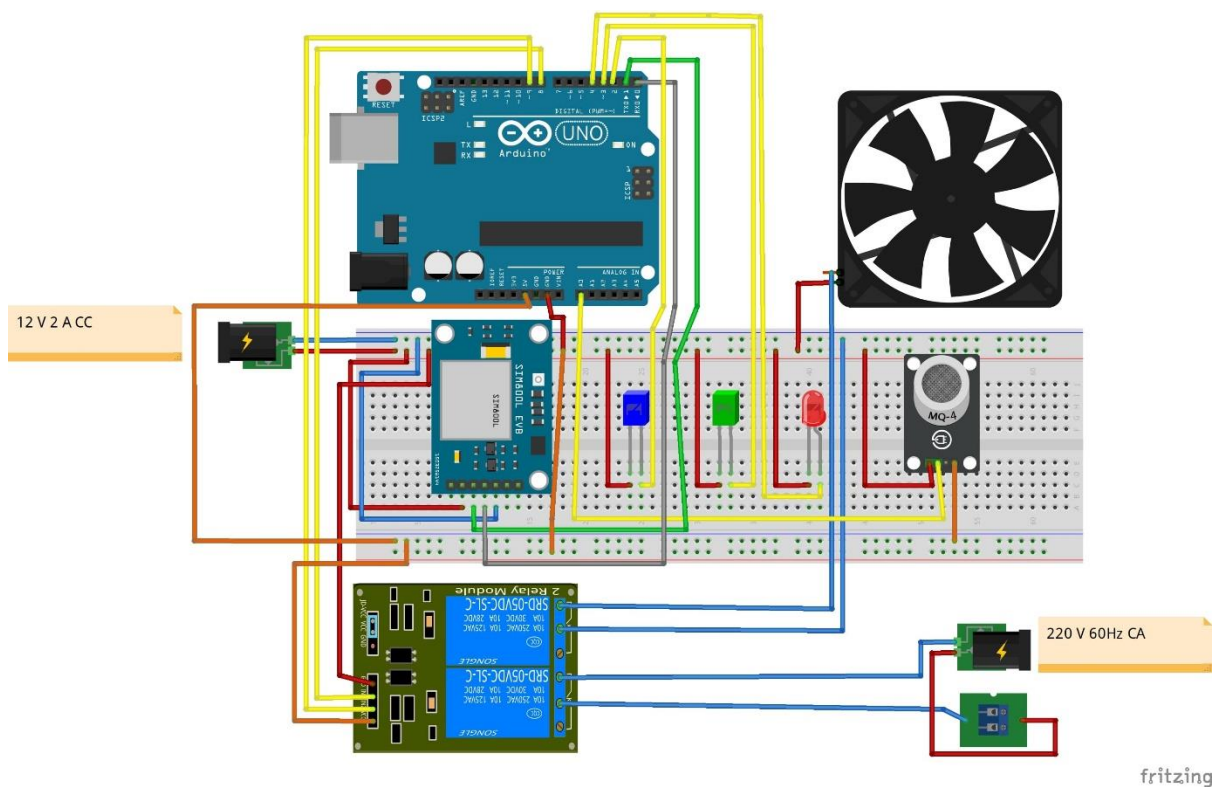
### 3.6. Montagem do circuito em *protoboard*

O circuito foi montado em uma *protoboard* para testar se as ligações entre os componentes que tinham sido escolhidas de facto 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 15.

Todas as ligações estão bem explicitadas no circuito, excepto pela conexão entre o *shield* GSM e o arduíno. O módulo GSM é um *shield* que se adapta completamente ao arduíno UNO, sendo que todas as conexões são de facto feitas no *shield* GSM e depois passadas ao arduíno. O *shield* GSM está presente na imagem para completar a lista de componentes utilizados neste trabalho.



**Figura 14.** Circuito eléctrico do protótipo  
**Fonte:** O Autor (Desenhado por EasyEDA)



**Figura 15.** Montagem do circuito em *protoboard*

**Fonte:** O Autor (Desenhado por *Fritzing*)

### 3.7. Desenvolvimento 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 13. O arduino foi programado utilizando-se o próprio *software* do microcontrolador. Nos próximos parágrafos, cada trecho do código é explicado detalhadamente.

No início do código, foi adicionada a biblioteca referente 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.

### 3.8. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

O algoritmo abaixo mostra detalhadamente linha por linha, o funcionamento do código, onde cada instrução é explicada no início do parágrafo e depois comentada, de forma que qualquer um possa perceber ao mínimo detalhe.

**Inclusão de variáveis e da biblioteca *software serial*:** esse *software* é própria do arduíno e usa o protocolo Uart (Tx – Rx).

```
#include <SoftwareSerial.h>

#define SENSOR_PIN A0

#define RELAY_PIN2 9 //cooler

#define RELAY_PIN 10

#define LED1_PIN 5

#define LED2_PIN 4

#define LED3_PIN 8
```

**Comentário 1:** **A0** – entrar no sensor de gás; **Relay – PIN2** é o cooler; **Relay – PIN** é a lâmpada de 220V; **LED PIN1, PIN2 e PIN3** são os pinos de informações visuais.

- **Declaração de Thresold (limiar):** são os valores de corte da percentagem do nível de gás.

```
#define THRESHOLD_30_PERCENT 307 //Valor de 30% (assumindo 1023(10 Bits)
como 100 %),  $1023 * 0.3 = 307$ 
```

```
#define THRESHOLD_50_PERCENT 512 //Valor de 50% (assumindo 1023 (10 Bits)
como 100 %),  $1023 * 0.5 = 5012$ 
```

- **Declarado um objecto:** esse objecto foi declarado dentro da comunicação software os parâmetros Tx – Rx.

```
SoftwareSerial gsmSerial (2, 3); // RX, TX
```

- **Variáveis para auxiliar o controle do sistema**

```
// Variáveis para evitar envio repetido de SMS, isso é muito Importante
```

```
bool sent30PercentAlert = false;
```

```
bool sent50PercentAlert = false;
```

```

int gasLevel;

//int simulação = -50;

//int simulacao=0;

//int simulação=150; //10% Medio

//int simulação=350; //30% Alerta

int simulação=550; // +50% Perigo

float gasLevelPerc;

void setup() {

    // Configuração dos pinos

```

**Comentário 2:** O ***Void Setup*** são instruções que vão ser executadas uma e única vez para configuração de todo o sistema.

**PinMode:** o PinMode serve para informar ao sistema o pin de entrada ou saída, além disso, deve definir o modo como os pinos vão se comportar e diferenciar a entrada e saída porque quando definimos os pinos não declaramos se era entrada ou saída. Feito isso, define o estado inicial de todos estados dos pinos *outputs* de entrada ou saída (Leds e relés).

```

pinMode (SENSOR_PIN, INPUT);

    pinMode (RELAY_PIN, OUTPUT);

    pinMode (RELAY_PIN2, OUTPUT);

    pinMode (LED1_PIN, OUTPUT);

    pinMode (LED2_PIN, OUTPUT);

    pinMode (LED3_PIN, OUTPUT);

    // Inicializa os LEDs e o relé

```

```

digitalWrite(LED1_PIN, LOW);
digitalWrite(LED2_PIN, LOW);
digitalWrite(LED3_PIN, LOW);
digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
digitalWrite(RELAY_PIN2, HIGH);

// Inicializa a comunicação serial para monitoramento

```

- **Inicialização dos monitores seriais:** onde servem para apresentar na tela do computador todos dados que provém do arduíno, assim define-se uma frequência de apresentação desses dados.

```

Serial.begin(9600);

// Inicializa a comunicação serial para o módulo GSM

gsmSerial.begin(9600);

// Espera o módulo GSM inicializar

delay(1000);

//Nr7

initializeGSM();

Serial.println("SISTEMA DE GÁS");

//sendSMS("SISTEMA DE GAS");

//delay (2000);

}

void loop() {

```

**Comentário 3:** O *Serial begin* – é um monitor genérico de tudo que acontece no arduíno, enquanto que o *GSM Serial begin* retorna os eventos ocorridos no GSM e que forem solicitados para sua apresentação.

- **Configuração:** chama o método initializeGSM para configurar os comandos ATs (conectividade GSM e verificação do SIM embutido no GSM).

```
initializeGSM();
```

```
    Serial.println("SISTEMA DE GÁS");
```

```
    //sendSMS("SISTEMA DE GAS");
```

```
    //delay (2000);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

**Comentário 4: Void loop** – Executa o que realmente o sistema deve fazer de forma cíclica.

- **Leitura e conversão dos dados lidos pelo sensor de gás:** a leitura feita é armazenada no gasLevel (gasLevel = gasLevel\*0,097752).

```
//gasLevel = analogRead(SENSOR_PIN)+simulacao; // Leitura do Gas
```

```
    gasLevel =simulacao;
```

```
    gasLevelPerc=gasLevel*0.097752;
```

```
    Serial.print("Nível de Gás: ");
```

```
    Serial.print(gasLevelPerc); // Mostra no Monitor Serial
```

```
    Serial.println(" %, ");
```

```
    //Serial.println(gasLevel);
```

```
    checkGasLevels(gasLevel); // programa baseado em funções do que um código linear
```

```
    delay(1000); // Atraso de 1 segundo entre leituras
```

```
}
```

```
void checkGasLevels(int gasLevel) {
```

```
    if (gasLevel >= THRESHOLD_50_PERCENT) {
```



```

    handle50PercentScenario();
} else if (gasLevel >= THRESHOLD_30_PERCENT) {
    handle30PercentScenario();
} else if (gasLevel >= 102) { //10%
    digitalWrite(LED3_PIN, HIGH);
    digitalWrite(LED1_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED2_PIN, LOW);
    digitalWrite(RELAY_PIN2, HIGH);
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
    Serial.print("Cenário Médio: ");
}
else {
    handleNormalScenario();
}
}

void handle30PercentScenario() {
    Serial.print("Cenário Alerta: ");
    if (!sent30PercentAlert) {
        digitalWrite(LED3_PIN, HIGH);
        digitalWrite(LED1_PIN, HIGH);
        digitalWrite(LED2_PIN, LOW);
        digitalWrite(RELAY_PIN2, LOW);
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
        sendSMS1("30% de Gas. Ventilacao ON");
    }
}

```

```

delay(5000);

sendSMS2("30% de Gas. Ventilacao ON");

delay(5000);

sendSMS3("30% de Gas. Ventilacao ON");

sent30PercentAlert = true;

sent50PercentAlert = false;

}

}

void handle50PercentScenario() {

    Serial.print("Cenário Crítico: ");

    if (!sent50PercentAlert) {

        digitalWrite(LED3_PIN, HIGH);

        digitalWrite(LED1_PIN, HIGH);

        digitalWrite(LED2_PIN, HIGH);

        digitalWrite(RELAY_PIN2, HIGH);

        digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);

        sendSMS1("Perigo. Evacue o local");

        delay(5000);

        sendSMS2("Perigo. Evacue o local");

        delay(5000);

        sendSMS3("Perigo. Evacue o local");

        sent50PercentAlert = true;

        sent30PercentAlert = false;

    }
}

```

```

}

void handleNormalScenario() {

    digitalWrite(LED3_PIN, LOW);

    digitalWrite(LED1_PIN, LOW);

    digitalWrite(LED2_PIN, LOW);

    digitalWrite(RELAY_PIN2,HIGH);// Cooler

    digitalWrite(RELAY_PIN,LOW);

    Serial.print("Cenário Normal: ");

    sent30PercentAlert = false;

    sent50PercentAlert = false;

}

void initializeGSM() {

    // Inicializa o módulo GSM com comandos AT

    sendATCommand("AT"); // Verifica se o módulo está respondendo

    delay(500);

    sendATCommand("AT+CMGF=1"); // Configura o módulo para modo de texto

    delay(500);

}

void sendSMS1(const char* message) {

    // Envia uma mensagem SMS usando comandos AT

    sendATCommand("AT+CMGS=\"+258865858668\""); // Substitua pelo número
detelefone desejado

    gsmSerial.print(message);

    gsmSerial.write(26); // Envia o caractere Ctrl+Z para enviar a mensagem

}

```

```

void sendSMS2(const char* message) {
    // Envia uma mensagem SMS usando comandos AT

    sendATCommand("AT+CMGS=\"+258865858668\""); // Substitua pelo número
de telefone desejado

    gsmSerial.print(message);

    gsmSerial.write(26); // Envia o caractere Ctrl+Z para enviar a mensagem
}

void sendSMS3(const char* message) {
    // Envia uma mensagem SMS usando comandos AT

    SendATCommand ("AT+CMGS=\"+258840688393\""); // Substitua pelo número
de telefone desejado

    gsmSerial.print(message);

    gsmSerial.write(26); // Envia o caractere Ctrl+Z para enviar a mensagem
}

void sendATCommand (const char* command) {
    // Envia um comando AT ao módulo GSM e espera a resposta

    gsmSerial.println (command);

    delay(100);

    while (gsmSerial.available()) {
        Serial.write(gsmSerial.read());
    }

    Serial.println("MSG ENVIADA");
}

```

**Comentário 5:** O  $G_{LP} = \text{gasLevel} \frac{100\%}{2^n} = \text{gasLevel} \frac{100\%}{2^{10}} = \text{gasLevel} * 0,097752$  (o barramento de entrada tem 10 bits).

Chamamos a função **CheckGasLevel** com o parâmetro `gasLevel`, neste caso, foi enviado o valor não percentual, pois a comparação será feita em valores não percentuais.

Void **CheckGasLevel** – recebe o parâmetro que contém o valor lido e em seguida faz as verificações para cada cenário.

- Cenário 50% (valor lido maior ou igual a 50%);
- Cenário 30% (valor lido maior ou igual a 30%);
- Cenário 10% (valor lido maior ou igual a 10%);
- Cenário normal (valor lido abaixo de 10%);

**Tabela 2.** Diferentes cenários do funcionamento do protótipo

Cenário	Led 1	Led 2	Led 3	Rede eléctrica	Cooler
50%	1	1	1	0	0
30%	1	1	0	1	1
7%	1	0	0	1	0
Normal	0	0	0	1	0

Fonte: O Autor

A função **CheckLevel** em conjunto com a função **handleNormal** é para executar todos cenários previstos na tabela acima.

Nesse programa existem 2 variáveis booleanas para assegurar que o sistema não mande 2 SMS para a ocorrência no mesmo cenário, essas variáveis chamam-se "bool".

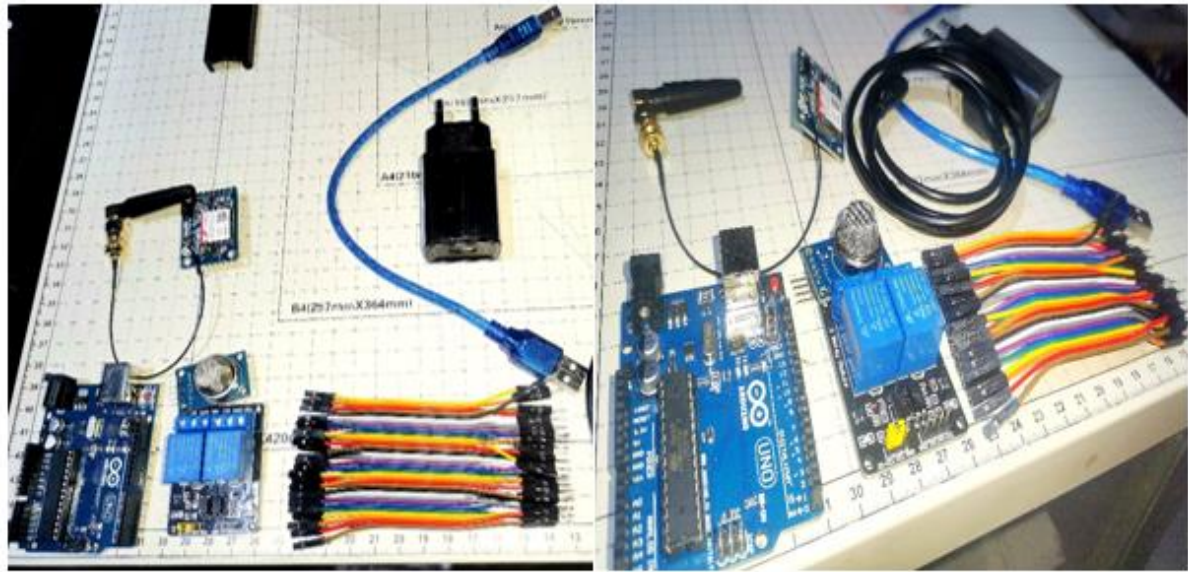
– *sent 50 – PercentAlert e Sent 50 - PercentAlert*". Para o cenário 30% e 50% deve ser enviada uma SMS, para tal usa-se o Void `SendSMS1`, `SendSMS2` e `SendSMS3`, onde cada Void manda para um terminal diferente.

### 3.9. Passos da montagem do circuito

A montagem do circuito do sistema de segurança contra vazamento de gás numa residência usando sensores e alerta via SMS foi feita em uma *proto-board* para testar se as ligações entre os componentes que tinham sido escolhidas funcionariam. E a verificação dos componentes foi realizada numa oficina caseira de reparação de aparelhos electrónicos de uso doméstico e obedeceu os seguintes passos:

### 1º Passo:

O primeiro passo consistiu na apresentação dos componentes, em seguida fez-se o teste de continuidade e a capacidade dos mesmos através do multímetro. Esse dado permitiu verificar se todos os componentes necessários que o circuito exige estavam completos e nas condições desejadas. O conjunto de materiais usados estão apresentados na figura abaixo:

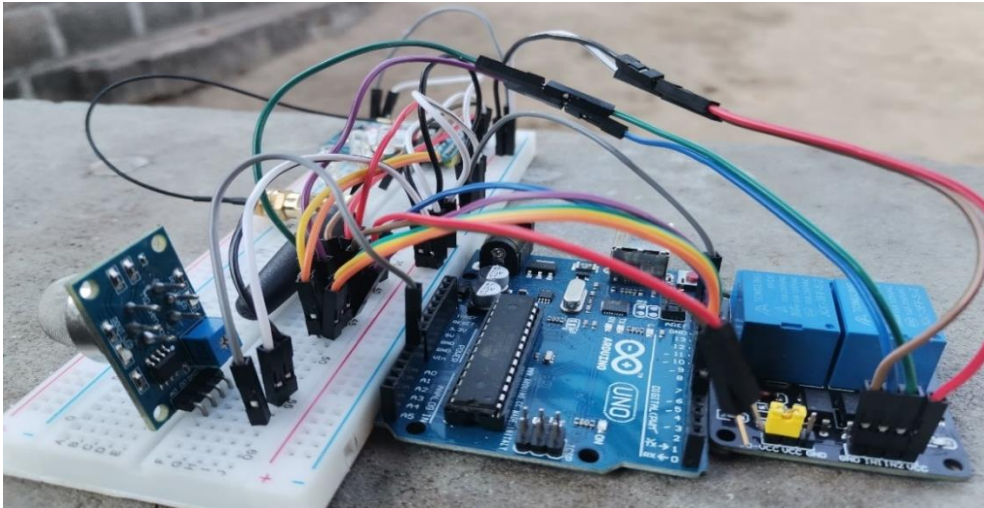


**Figura 16.** Alguns componentes usados na montagem do circuito

**Fonte:** O Autor

### 2º Passo:

No segundo passo foi feito o posicionamento dos componentes electrónicos na *protoboard*. Esse passo permitiu que os componentes estivessem mais próximos, e deste modo evitar usar muitos fios de ligação entre os componentes e assim aproveitar devidamente o espaço na *protoboard*.

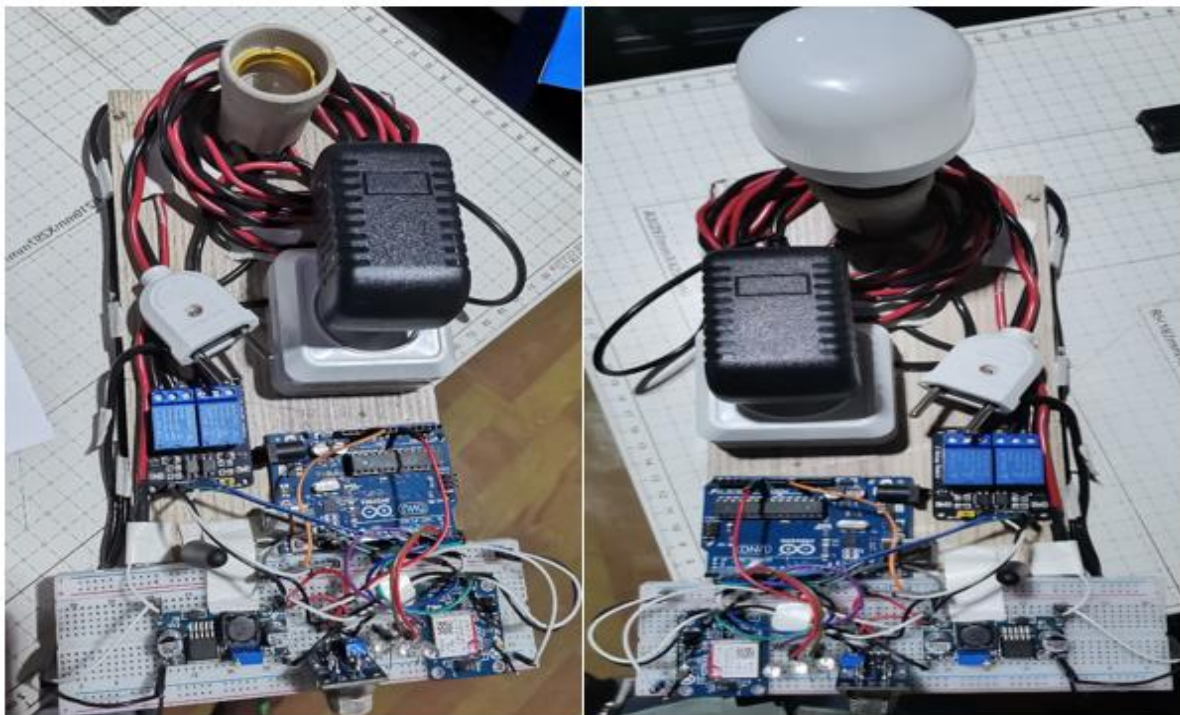


**Figura 17.** Posicionamento dos componentes electrónicos na protoboard

**Fonte:** O Autor

### 3º Passo:

Este passo consistiu na apresentação geral do protótipo, foi ligado ao *shield* relé uma lâmpada incandescente de 60W, para representar o circuito de iluminação a ser desligado em caso que vazamentos de gás ultrapassem o limite de segurança.

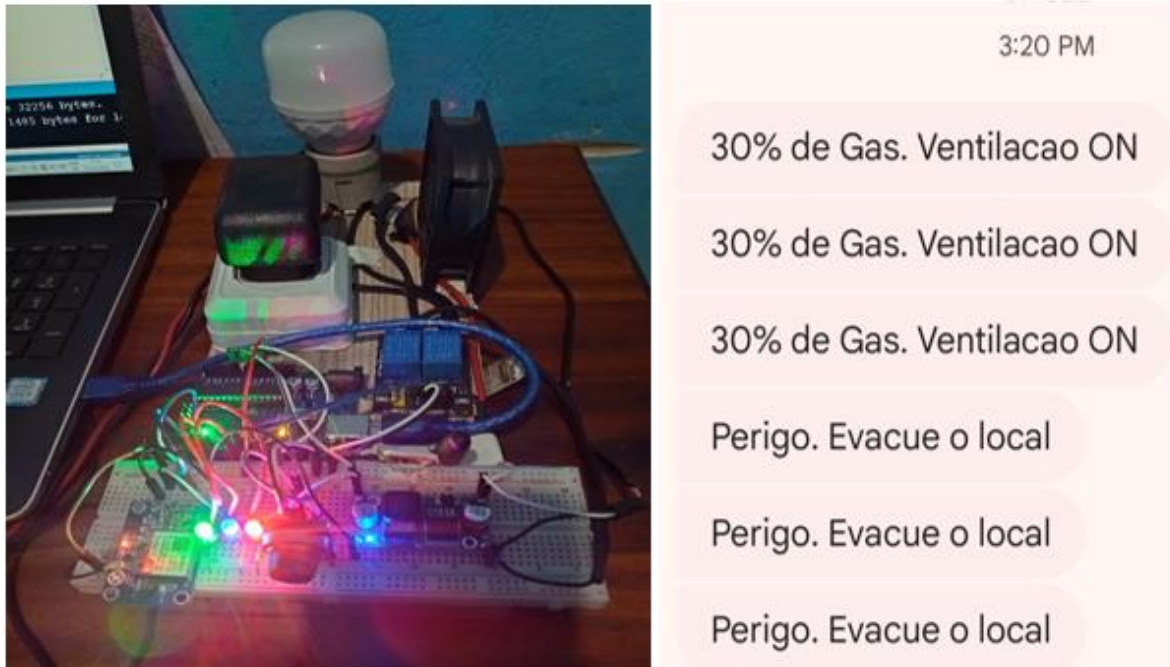


**Figura 18.** Apresentação geral do protótipo

**Fonte:** O Autor

#### 4º Passo:

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



**Figura 19.** Simulação do protótipo

**Fonte:** O Autor



## CAPÍTULO IV. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1. Realização de testes e simulações

Os testes do sistema de segurança contra vazamento de gás numa residência usando sensores e alerta via SMS desenvolvido neste trabalho, foram realizados numa residência na Província de Maputo – Matola, Bairro da Zona Verde, Q.02, casa número 223. Esses testes/simulações tiveram a duração de 90 minutos e foram realizados com a ajuda de um isqueiro para simular a fonte de vazamento próximo ao sensor, para que ocorresse a detecção em três (3) ambientes diferentes, nomeadamente: ambiente fechado; ambiente parcialmente aberto (para permitir a circulação do ar) e ao ar livre (para testar a capacidade do sistema).

O sistema foi capaz de realizar funções propostas captando gás LP no ambiente em quatro (4) cenários diferentes nomeadamente: cenário um (1), é o cenário normal onde os LEDs e o *cooler* ficam desligados enquanto que a rede eléctrica funciona normalmente; no cenário dois (2) quando o nível do vazamento do gás estava entre 7% – 30% no local, deste modo o LED verde acende e a rede eléctrica funciona de maneira normal; no cenário três (3) o nível do vazamento do gás estava entre 30% – 50% no local e, contudo o LED verde e azul acenderam, a rede eléctrica funciona normalmente, porém, foi activado o sistema de ventilação através do *cooler*; no cenário quatro (4) quando o nível do vazamento do gás estava acima de 50% e por conseguinte, o LED verde, azul e vermelho ficaram ligados (como sinal de alerta de perigo), o *cooler* e a rede eléctrica foram automaticamente desligados e, o sistema enviou uma mensagem de texto para os números cadastrados com o seguinte conteúdo, "Perigo. Evacue o local".

Como foi mencionado antes, o sistema foi simulado em três (3) ambientes diferentes, no entanto, no ambiente fechado o sistema funcionou como esperado, desligando a rede eléctrica e enviando o SMS ("Perigo. Evacue o local") quando o nível de gás LP ultrapassou o limite de segurança. Posteriormente, as janelas do local foram abertas, favorecendo a circulação de ar, neste 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.

Para testar a capacidade do sistema, 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.

Para uma rápida detenção do vazamento de gás, o sensor de gás do sistema foi posicionado um pouco acima do nível do solo, porque o gás LP é mais denso que o ar, o que faz com que ele se acumule ao nível do solo e paulatinamente expulse o oxigénio do cômodo.

#### **4.2. Dificuldades encontradas**

Durante a realização do trabalho várias dificuldades foram encontradas nomeadamente:

– O primeiro problema encontrado foi a dificuldade para aquisição dos componentes, daí que alguns componentes foram comprados pela *internet*. O módulo GSM em especial, teve que ser importado da China através da aplicação *Alibaba* devido ao alto custo no mercado nacional, uma vez que o preço nas lojas nacionais chegava a três vezes o preço pago no site Chinês.

– Achar uma fonte estável que entregue uma tensão estável e corrente estável (potência estável) e ao mesmo tempo compacta, ou seja, que não tenha um tamanho muito robusto.

– A *protoboard* costuma ter muitas perdas, por isso, outro problema encontrado foram as conexões dos próprios jumpers, foi necessário testar trilha por trilha em cada conexão porque não entregava os bits de forma correcta. Aliado a esse problema, foi encontrar jumpers com maior fiabilidade, pelo facto de ter comunicação GSM, que precisa de boa estabilidade para evitar erros de bits.

– Outra dificuldade encontrada durante o projecto foi o fraco sinal, e em alguns momentos inexistente. Por isso nos primeiros testes, todos os dispositivos funcionavam bem, mas a mensagem de texto não chegava ao número de 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.

– O GSM usado não consegue executar funções muito próximas, ou seja, não consegue executar funções com alta frequência (ou não executa correctamente) para tal, o autor teve que implementar alguns delays (atrasos) entre as instruções para minimizar essa entrega de dados incorrectos.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **5.1. Conclusões**

Este trabalho propôs desenvolver um sistema de segurança contra vazamento de gás numa residência usando sensores e alertar alguns números cadastrados na base de dados via SMS. Com base nos resultados encontrados no desenvolvimento da pesquisa, pode-se indicar que o objectivo geral proposto foi alcançado, visto que, os testes realizados com ajuda de um isqueiro para simular situações de vazamento de gás de cozinha (butano ou propano) o projecto funcionou conforme o previsto, e por isso, pode ser implementado na detecção de vazamento de gás LP em ambientes domiciliares ou até industriais.

O sensor de gás MQ-2 funcionou como esperado, 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 MQ-2 envia os dados ao arduino, que os processa e determina se haverá ou não actuação sobre a situação. Da mesma forma, o módulo GSM foi bastante importante para a execução do projecto, pois por intermédio dele foi processado todo o sistema, a velocidade de 16 Mhz do seu cristal mostrou-se eficiente, visto que, cumpriu bem seu papel, enviando as mensagens de texto ("Perigo. Evacue o local") em caso de vazamentos de gás acima dos limites pre-estabelecidos que corresponde acima de 50% do ambiente.

Outro aspecto que pode ser considerado ponto importante deste trabalho, é o fraco sinal e em alguns momentos inexistente. Por isso nos primeiros testes, todos os dispositivos funcionavam bem, mas a mensagem de texto "Perigo. Evacue o local" não era recebida aos números de celulares cadastrados, 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.

## 5.2. Recomendações

Apesar da limitação a restrição ao acesso de artigos publicados de forma não pública, os resultados desta pesquisa tem como contribuição social ajudar a reduzir/minimizar incêndios nas residências (o que oferece maior segurança), e dessa forma proteger a saúde e a vida dos usuários de gás nas residências. Tendo em vista uma melhor referência para possíveis projectos futuros, pode-se ter como sugestões para aperfeiçoamento de um protótipo, ou até mesmo a sua real instalação.

- O uso de PCB porque as trilhas da *protoboard* costumam ter muitas perdas, sobretudo na comunicação, ou seja, no instante do transporte ou tentativa de manutenção pode criar algumas anomalias na conexão física dos condutores e usa essa anomalia pode criar uma interferência/ruído na comunicação.
- Colocar o sensor próximo a botija e adicionar um potenciômetro para calibrar a leitura, de modo que o sistema se adapte a qualquer ambiente.
- Uso de buser como forma opcional de sinalizar os usuários em casos de vazamentos/ou não mandar SMS caso outros sinalizadores (sinal luminoso ou SMS) falhem.
- Na testagem tive que poluir o ar para fazer as testagens, o que não é uma acção muito segura pois o gás é inflamável.

## BIBLIOGRAFIA

### Referências Bibliográficas

- [1] Bernal, P. S. M., 2010 *Comunicações Móveis: Tecnologias e Aplicações*. 1ª. Ed. São Paulo.
- [2] Biocombustíveis (2015) *Resolução nº 18, de 31 de agosto de 2004. Resolução Anp n.18 de 2.9.2004*. Brasília.
- [3] *Botija de gás pode ser um perigo invisível na cozinha*. 2024. Disponível em: [www.diariodecanoas.com.br/conteudo/2015/05/noticias/regiao/164594-botijao-de-gas-pode-ser-um-perigo-invisivel-na-cozinha.html](http://www.diariodecanoas.com.br/conteudo/2015/05/noticias/regiao/164594-botijao-de-gas-pode-ser-um-perigo-invisivel-na-cozinha.html). 20 Abril de 2024.
- [4] Caio Arthur & Pinto Vargas. 2016 - *Desenvolvimento de sistema de monitoramento de gás LP com alarme por SMS*. Monografia de Graduação em Engenharia de Controle e Automação. Ouro Preto
- [5] Calente, A. & Menezes, T. 2012 – *Técnicas Preditivas Ligadas à Inspeção*. Disponível em: [www.abraman.org.br/Arquivos/50/50.pdf](http://www.abraman.org.br/Arquivos/50/50.pdf) 08 de Outubro 2024.
- [6] Campos, D. A. L. 2010 – *Sistema de Alarme de Intrusão utilizando o SMS*. Brasília: Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicada, UniCEUB.
- [7] Instituto Nacional de Estatística ,2022 – *Relatório final do Inquérito Sobre Orçamento Familiar – IOF*, Moçambique.
- [8] Liquigás. *Mercado de GLP*. Disponível em: [www.liquigas.com.br/wps/portal](http://www.liquigas.com.br/wps/portal). 22 de Outubro. 2024.
- [9] Marques, A. 2015 *Dúvidas sobre explosão por vazamento de gás*. Disponível em: [www.sindiconet.com.br/Informese/12890/gas-instalacoes/duvidas-sobre-explosao-por-vazamento-de-gas](http://www.sindiconet.com.br/Informese/12890/gas-instalacoes/duvidas-sobre-explosao-por-vazamento-de-gas). Acesso em 05 Fevereiro de 2025.
- [10] Moura, A. C. M. 2012. *Novas Tendências de consumo de GLP – Gás liquefeito de petróleo no Brasil*. 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.

- [11] Mello, G. C. 2011 – *Conhecer o gás GLP ajuda a explicar os acidentes e evitá-los*. Disponível em: [www.segurado.com.br/bloggustavo/?p=454](http://www.segurado.com.br/bloggustavo/?p=454). Acesso em: 20 abr. 2016.
- [12] MQ – 6 Gas Sensor Technical Data. 2016 Disponível em: [www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-6.pdf](http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-6.pdf)> Acesso em: 26 abr. 2016.
- [13] Petrobrás. *Gás liquefeito de Petróleo (GLP)*. Disponível em: [www.petrobras.com.br/pt/produtos-eservicos/produtos/domesticos/gasliquefeito-de-petroleo-glp/](http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-eservicos/produtos/domesticos/gasliquefeito-de-petroleo-glp/). 17 Agosto de 2024.
- [14] Pozzebon, R. 2011 *O que é SMS e como funciona o SMS?* Disponível em: [www.oficinadanet.com.br/artigo/celulares\\_e\\_telefonia/o-que-e-sms-e-como-funciona-o-sms](http://www.oficinadanet.com.br/artigo/celulares_e_telefonia/o-que-e-sms-e-como-funciona-o-sms) >. Acesso em: 02 Abril de 2024.
- [15] Rodrigues, V. 2013 *Arduino GPRS – SIM900*, Introdução. Disponível Em: [www.Microembarcado.Blogspot.Com.Br/2013/09/Arduino-Gprs-Sim900-Introducao-I.Html](http://www.Microembarcado.Blogspot.Com.Br/2013/09/Arduino-Gprs-Sim900-Introducao-I.Html)>. Acesso Em: 17 Abril de 2024.
- [16] Santos, D. M. 2016 *Relé*. Disponível em [www.infoescola.com/electronica/rele/](http://www.infoescola.com/electronica/rele/). 09 de Abril de 2024
- [17] Sindigás A. 2012 *Gás LP no Brasil: Energia para o desenvolvimento e o bem-estar social*. Rio de Janeiro, Vol. 6.
- [18] Vargas, Arthur Caio & Pinto, Caio 2016. *Desenvolvimento De Sistema De Monitoramento De Gás Lp Com Alarme Por SMS*. Escola de Minas – Ouro Preto.
- [19] Zanco, W. da S. 2010. *Microcontroladores PIC com Base no PIC16F877A: Técnicas de Software e Hardware para Projetos de Circuitos Eletrônicos*. 2ª. Ed. São Paulo.

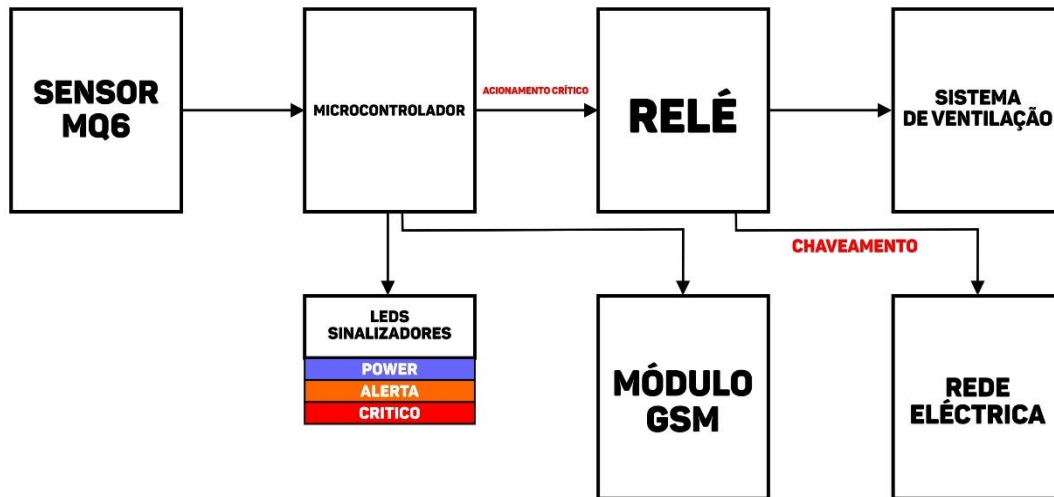
## **Outras Bibliografias Consultadas**

- [1] Assane, Combo. 2017 – *Desenvolvimento de um sistema para gestão de trabalhos de culminação de estudos (caso de estudo: Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane)*, Maputo.
- [2] Bulande, Betuel Luís. 2022 – *Implementação de uma bancada laboratorial para o controlo automático da temperatura e pressão da água monitorada através de uma Interface Homem-Máquina (IHM)*. Universidade Eduardo Mondlane – Faculdade de Engenharia, Maputo.
- [3] GIL, António Carlos. 2007 – *Como elaborar projectos de pesquisa*. 4ª Edição, São Paulo: Atlas.
- [4] Prodanov, C. & Freitas, E. 2013 – *Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho científico*. 2 edição, Rio grande do Sul.
- [5] Nhambiu, J. O. P., 2011 – *Normas para apresentação de trabalhos científicos*, Maputo: Universidade Eduardo Mondlane - Faculdade de Engenharia. FEEVALE.
- [6] [www.circuitstoday.com/lpg-sensor-using-arduino](http://www.circuitstoday.com/lpg-sensor-using-arduino). Acesso em: 21 Dezembro. 2024.



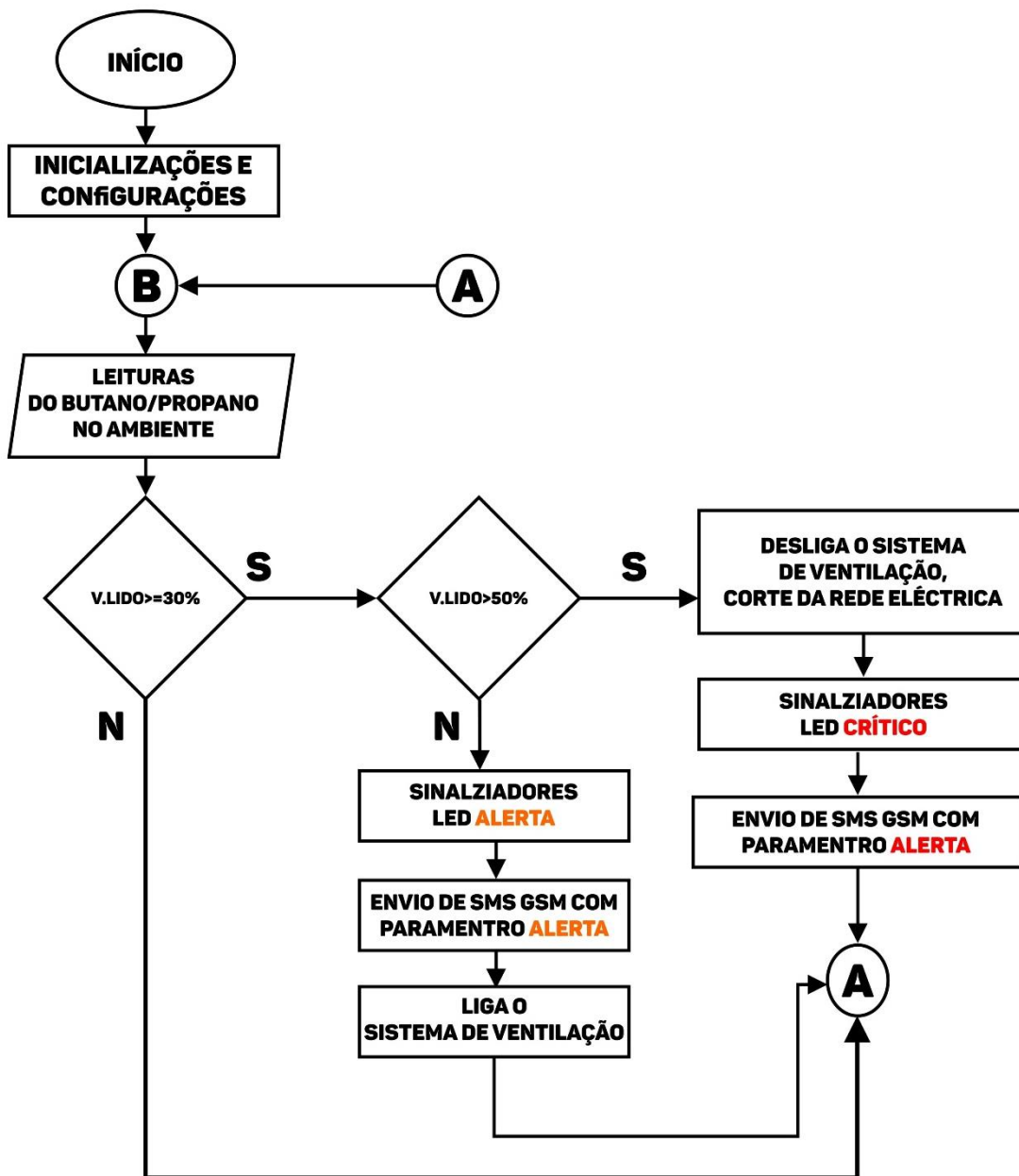
## APÊNDICES

### Apêndice 1. Diagrama de blocos do protótipo



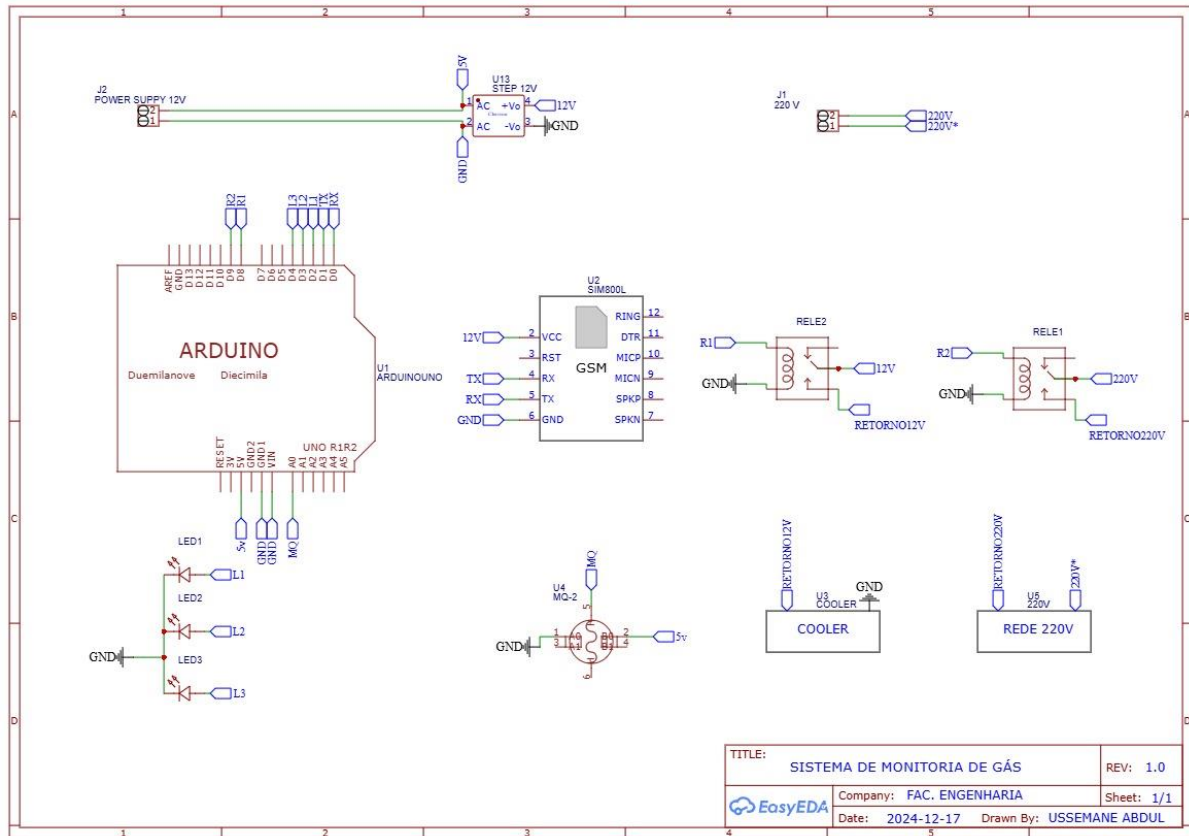
Fonte: O Autor

Apêndice 2. Fluxograma geral do sistema

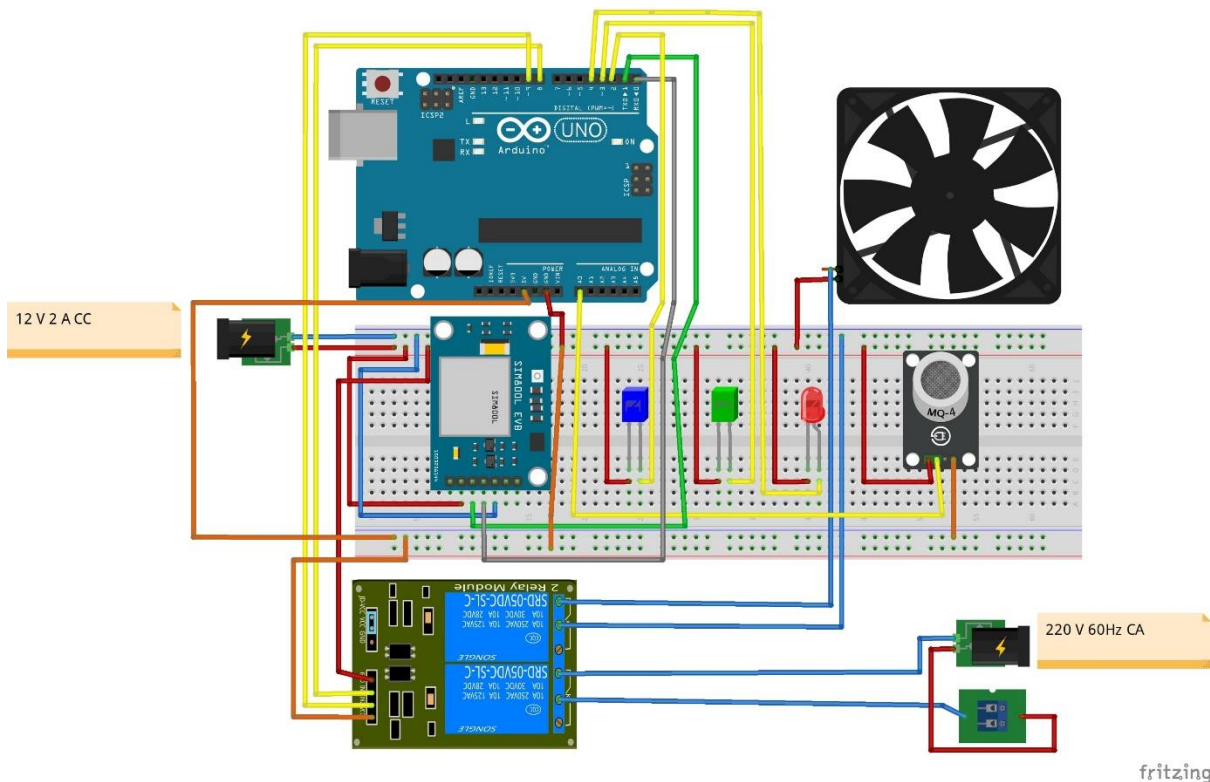


Fonte: O Autor

### Apêndice 3. Circuito eléctrico do protótipo



### Apêndice 4. Montagem do circuito em protoboard



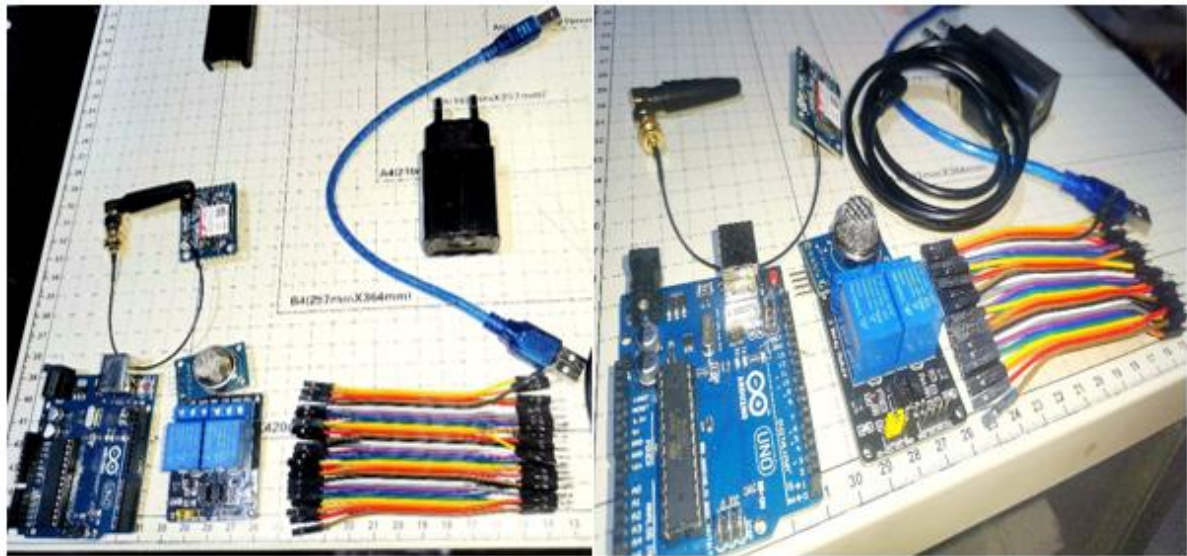
fritzing

**Apêndice 5. Tabela de preço de cada componente e custo total**

<b>Item</b>	<b>Custo Unitário</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Total</b>
Arduino Uno	1.200,00Mt	1	1.200,00Mt
Sensor MQ – 6	350,00Mt	1	350,00Mt
<i>Protoboard</i>	400,00Mt	1	400,00Mt
Relé 2 <i>Channel</i>	400,00Mt	1	400,00Mt
Módulo GSM	1.100,00Mt	1	1.100,00Mt
Fonte 2A	400,00Mt	1	400,00Mt
<i>Jumper</i> de 10cm MM	30,00Mt	10	300,00Mt
<i>Jumper</i> de 10cm MF	30,00Mt	10	300,00Mt
LED RGB	15,00Mt	3	45,00Mt
Cooler 12V	Reciclado	1	0,00Mt
Fonte de 5V/1A	Reciclado	1	0,00Mt
Relé	350,00Mt	1	350,00Mt
Fonte de 12V	200,00Mt	1	200,00Mt
Bocal	25,00Mt	1	25,00Mt
Lâmpada	40,00Mt	1	40,00Mt
Fio condutor da Lâmpada	50,00Mt	1m	50,00Mt
Tábua de madeira	Reciclado	1	0,00Mt
Fios de conexão	25,00Mt	2	50,00Mt
Pistola de cola quente	450,00Mt	1	450,00Mt
Cola quente	70,00Mt	1	70,00Mt
Tomada	50,00Mt	1	50,00Mt
Isqueiro	200,00Mt	1	200,00Mt
Acabamentos diversos	500,00Mt	—	500,00Mt
<b>TOTAL</b>	—	—	<b>= 6.430,00Mt</b>

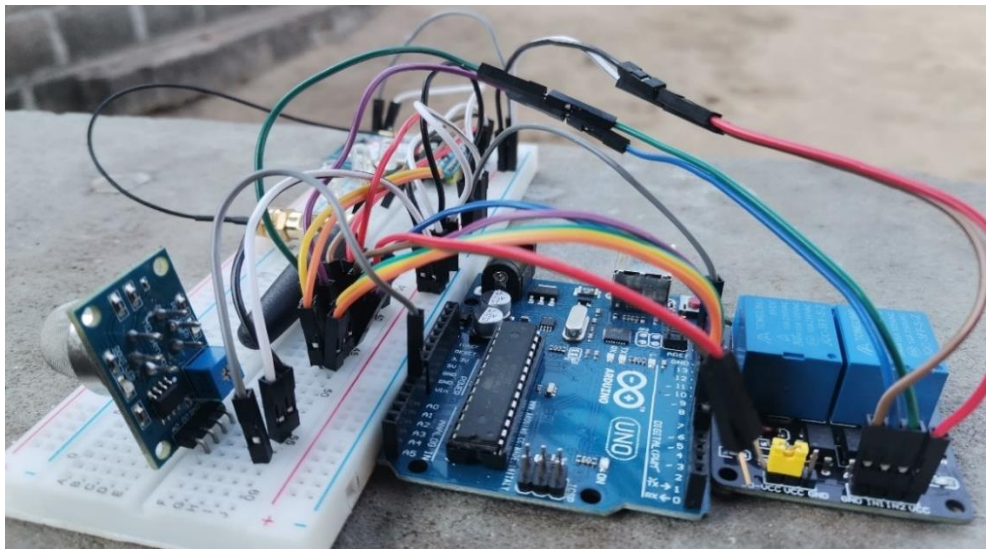
**Fonte:** O Autor

## Apêndice 6. Apresentação dos componentes usados na montagem do protótipo



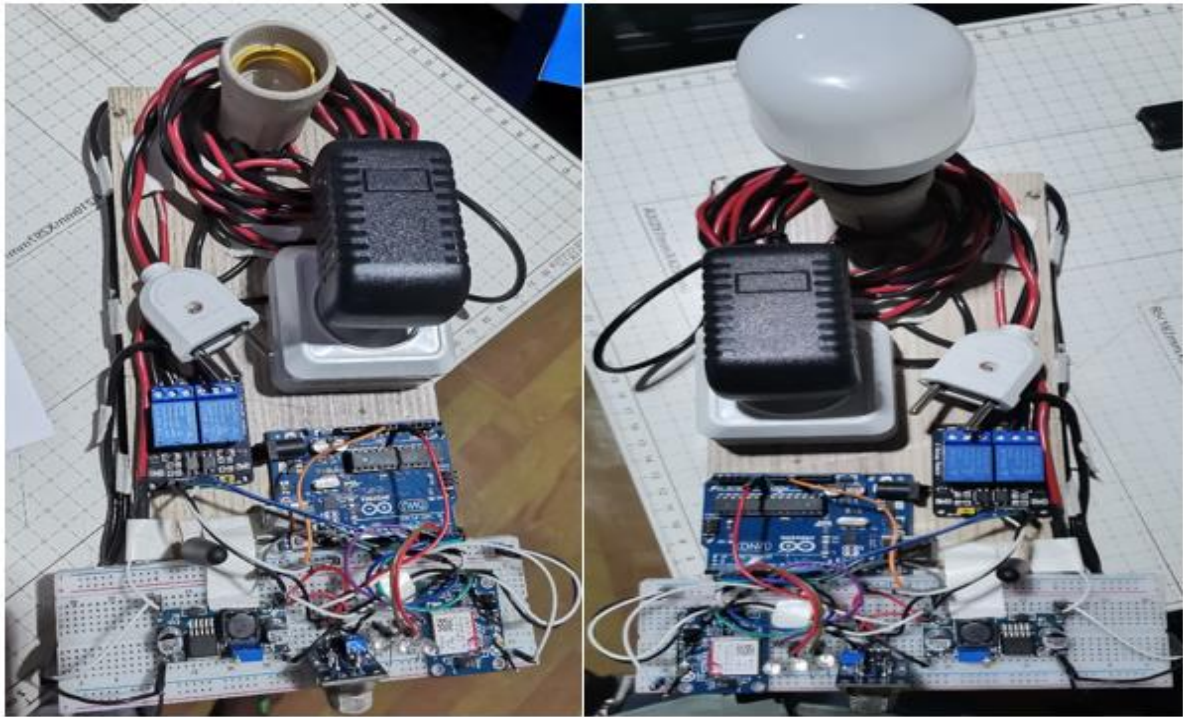
Fonte: O Autor

## Apêndice 7. Montagem dos componentes na *protoboard*



Fonte: O Autor

**Apêndice 8. Apresentação geral protótipo desenvolvido no trabalho**



Fonte: O Autor

**Apêndice 9. Testes/simulações e resultados do protótipo desenvolvido no trabalho**



Fonte: O Autor

## Apêndice 6. Algoritmo de detenção do vazamento de gás e envio de SMS

// Versão v2.1

```
//Nr1
#include <SoftwareSerial.h>
#define SENSOR_PIN A0
#define RELAY_PIN2 9 //cooler
#define RELAY_PIN 10
#define LED1_PIN 5
#define LED2_PIN 4
#define LED3_PIN 8
//Nr2
#define THRESHOLD_30_PERCENT 307 //Valor de 30% (assumindo 1023(10 Bits)
como 100 % ),  $1023 * 0.3 = 307$ 
#define THRESHOLD_50_PERCENT 512 // Valor de 50% (assumindo 1023 (10 Bits)
como 100 % ),  $1023 * 0.5 = 512$ 
//Nr3
SoftwareSerial gsmSerial(2, 3); // RX, TX
//Nr4
// Variáveis para evitar envio repetido de SMS, isso é muito Importante
bool sent30PercentAlert = false;
bool sent50PercentAlert = false;
int gasLevel;
//int simulacao=-50;
//int simulacao=0;
//int simulacao=150; //10% Medio
//int simulacao=350; //30% Alerta
//int simulacao=550; // +50% Perigo
float gasLevelPerc;

void setup() {
  // Configuração dos pinos
  //Nr5
  pinMode(SENSOR_PIN, INPUT);
```

```

pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
pinMode(RELAY_PIN2, OUTPUT);
pinMode(LED1_PIN, OUTPUT);
pinMode(LED2_PIN, OUTPUT);
pinMode(LED3_PIN, OUTPUT);
// Inicializa os LEDs e o relé
digitalWrite(LED1_PIN, LOW);
digitalWrite(LED2_PIN, LOW);
digitalWrite(LED3_PIN, LOW);
digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
digitalWrite(RELAY_PIN2, HIGH);
// Inicializa a comunicação serial para monitoramento
//Nr6
Serial.begin(9600);
// Inicializa a comunicação serial para o módulo GSM
gsmSerial.begin(9600);
// Espera o módulo GSM inicializar
delay(1000);
//Nr7
initializeGSM();
Serial.println("SISTEMA DE GÁS");
//sendSMS("SISTEMA DE GAS");
//delay (2000);
}
void loop() {
//Nr8
//gasLevel = analogRead(SENSOR_PIN)+simulacao; // Leitura do Gas
gasLevel =simulacao;
gasLevelPerc=gasLevel*0.097752;
Serial.print("Nível de Gás: ");
Serial.print(gasLevelPerc); // Mostra no Monitor Serial
Serial.println(" %, ");
//Serial.println(gasLevel);

```



checkGasLevels(gasLevel); // programa baseado em funções do que um código linear

```
    delay(1000); // Atraso de 1 segundo entre leituras
}
void checkGasLevels(int gasLevel) {
    if (gasLevel >= THRESHOLD_50_PERCENT) {
        handle50PercentScenario();
    } else if (gasLevel >= THRESHOLD_30_PERCENT) {
        handle30PercentScenario();
    } else if (gasLevel >= 102) { //10%
        digitalWrite(LED3_PIN, HIGH);
        digitalWrite(LED1_PIN, LOW);
        digitalWrite(LED2_PIN, LOW);
        digitalWrite(RELAY_PIN2, HIGH);
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
        Serial.print("Cenário Médio: ");
    }
    else {
        handleNormalScenario();
    }
}
void handle30PercentScenario() {
    Serial.print("Cenário Alerta: ");
    if (!sent30PercentAlert) {
        digitalWrite(LED3_PIN, HIGH);
        digitalWrite(LED1_PIN, HIGH);
        digitalWrite(LED2_PIN, LOW);
        digitalWrite(RELAY_PIN2, LOW);
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
        sendSMS1("30% de Gas. Ventilacao ON");
        delay(5000);
        sendSMS2("30% de Gas. Ventilacao ON");
        delay(5000);
        sendSMS3("30% de Gas. Ventilacao ON");
    }
}
```

```

    sent30PercentAlert = true;
    sent50PercentAlert = false;
}
}
void handle50PercentScenario() {
    Serial.print("Cenário Crítico: ");
    if (!sent50PercentAlert) {
        digitalWrite(LED3_PIN, HIGH);
        digitalWrite(LED1_PIN, HIGH);
        digitalWrite(LED2_PIN, HIGH);
        digitalWrite(RELAY_PIN2, HIGH);
        digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
        sendSMS1("Perigo. Evacue o local");
        delay(5000);
        sendSMS2("Perigo. Evacue o local");
        delay(5000);
        sendSMS3("Perigo. Evacue o local");
        sent50PercentAlert = true;
        sent30PercentAlert = false;
    }
}
void handleNormalScenario() {
    digitalWrite(LED3_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED1_PIN, LOW);
    digitalWrite(LED2_PIN, LOW);
    digitalWrite(RELAY_PIN2, HIGH); // Cooler
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
    Serial.print("Cenário Normal: ");
    sent30PercentAlert = false;
    sent50PercentAlert = false;
}
void initializeGSM() {
    // Inicializa o módulo GSM com comandos AT
    sendATCommand("AT"); // Verifica se o módulo está respondendo

```

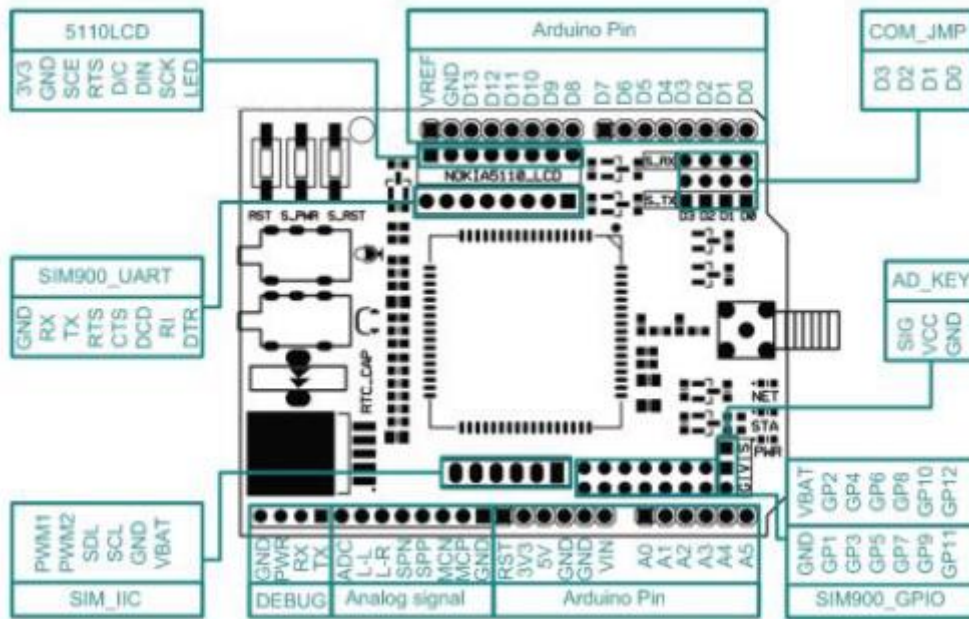
```

delay(500);
sendATCommand("AT+CMGF=1"); // Configura o módulo para modo de texto
delay(500);
}
void sendSMS1(const char* message) {
    // Envia uma mensagem SMS usando comandos AT
    sendATCommand("AT+CMGS=\"+258865858668\""); // Substitua pelo número
detelefone desejado
    gsmSerial.print(message);
    gsmSerial.write(26); // Envia o caractere Ctrl+Z para enviar a mensagem
}
void sendSMS2(const char* message) {
    // Envia uma mensagem SMS usando comandos AT
    sendATCommand("AT+CMGS=\"+258865858668\""); // Substitua pelo número
detelefone desejado
    gsmSerial.print(message);
    gsmSerial.write(26); // Envia o caractere Ctrl+Z para enviar a mensagem
}
void sendSMS3(const char* message) {
    // Envia uma mensagem SMS usando comandos AT
    sendATCommand("AT+CMGS=\"+258840688393\""); // Substitua pelo número
detelefone desejado
    gsmSerial.print(message);
    gsmSerial.write(26); // Envia o caractere Ctrl+Z para enviar a mensagem
}
void sendATCommand(const char* command) {
    // Envia um comando AT ao módulo GSM e espera a resposta
    gsmSerial.println(command);
    delay(100);
    while (gsmSerial.available()) {
        Serial.write(gsmSerial.read());
    }
    Serial.println("MSG ENVIADA");
}
}

```

# ANEXOS

## Anexo 2. Pinos do *shield* GSM mais detalhadamente



Fonte: SIM900 (2016)

**Anexo 2. Tabela de explicação da pinagem do modulo GSM**

TIPO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
<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	—
	A3	—
	A4	—
	A5	AD_KEY Signal
<b>5110LCD</b>	3V3	5110LCD Power Supply
	GND	5110LCD Power Ground
	SCE	5110 Chip enable (Active Low)
	RTS	5110 Chip Reset (Active Low)
	D/C	Data Command selection (Low–Write Comand, H/Write data)
	DIN	5110LCD Serial data input
	SCK	5110LCD Colock input
	LED	5110LCD Back Light (3,3V)
	GND	Power Ground
	RX	SIM900 Serial Port Receive

<b>SIM900 UART</b>	TX	SIM900 Serial Port Transmit
	RTS	SIM900 Request To Send
	CTS	SIM900 Clear To Send
	DCD	SIM900 Data Carrier Detect
	RI	Ring Indicator
	DTR	SIM900 Data Terminal Ready
<b>SIM_IIC</b>	PWM1	SIM900 PWM output
	PWM2	SIM900 PWM output
	SDL	SIM900 IIC Bus Data
	SCL	SIM900 IIC Bus Clock
<b>DEBUG</b>	GND	Power Ground
	PWR	Power Supply
	RX	SIM900 Debug Port Receive. For debugging and uploading firmware
	TX	SIM900 Debug Port Transmit. For debugging and uploading firmware.
<b>Analog Signal</b>	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
	MCN	Differential audio input
	MCP	Differential audio input
	GND	Power Ground

**Fonte:** SIM900 (2016)