

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS BOMBEIRO MILITAR

**SARAH RAQUEL PINTO ALVES
THIAGO DUTRA MENDONÇA**

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO ROBÓTICO MÓVEL PARA
MONITORAMENTO GASOSO EM OCORRÊNCIAS DO TIPO “VAZAMENTO DE
GLP”**

São Luís
2018

**SARAH RAQUEL PINTO ALVES
THIAGO DUTRA MENDONÇA**

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO ROBÓTICO MÓVEL PARA
MONITORAMENTO GASOSO EM OCORRÊNCIAS DO TIPO “VAZAMENTO DE
GLP”**

Monografia apresentada ao Curso de Formação de Oficiais da Universidade Estadual do Maranhão, em cumprimento das exigências para obtenção do grau de Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho.

Orientador: Prof. Ms. Abraão Ramos da Silva

São Luís
2018

Mendonça, Thiago Dutra.

Desenvolvimento de protótipo robótico móvel para monitoramento gasoso em ocorrências do tipo “vazamento de GLP” / Thiago Dutra Mendonça, Sarah Raquel Pinto Alves. – São Luís, 2018.
57f.

Monografia (Graduação) – Curso de Formação de Oficiais BM-MA, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

Orientador: Prof. Me. Abraão Ramos da Silva.

1. Protótipo. 2. Bombeiro. 3. GLP. I. Alves, Sarah Raquel Pinto. II. Título.

CDU 355.23:696.2

Dedicamos este trabalho a Deus e a nossa família, pelo incentivo e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por nos conceder condições físicas e emocionais e por colocar pessoas certas em momentos certos de nossas vidas, nos proporcionando conhecimentos e experiências gratificantes.

Aos nossos pais Ivaldo e Marinalva; Ana Lourdes e Raimundo (in *memorian*); pelo amor infinito e apoio incondicional durante o curso e em todas nossas vidas.

Aos nossos queridos irmãos Raquel e Thalyson por aturarem nossos momentos de stress e no final sempre estavam lá para nos ajudar.

Aos amigos e companheiros da 10^o Turma do Curso de Formação de Oficiais Bombeiro Militar pelas discussões, pelos risos e troca de conhecimentos.

Ao nosso orientador Abrãao Ramos, por ter orientado e acreditado na elaboração deste trabalho.

Ao nosso mestre Péricles Mendes por sempre nos ajudar não importando a hora das nossas ligações.

Ao nosso braço direito Leandro que fez possível a materialização desse projeto e não mediu esforços para que tudo desse certo.

Ao Senai, na pessoa do Igor que nos deu apoio técnico para elaboração do projeto.

A todos amigos que nos cercam que torceram e acompanharam a realização deste sonho.

OBRIGADO.

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin

RESUMO

O Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão possui dentre suas diversas atribuições estabelecidas em legislação mitigar e solucionar as consequências de acidentes envolvendo gás liquefeito de petróleo (gás de cozinha). Neste tipo de ocorrência é comum a equipe de serviço adentrar as residências, retirar o botijão de gás com vazamento, fechar a válvula, abrir portas e janelas. A utilização de novas tecnologias tem evoluído as técnicas de salvamento, regaste e combate a serem utilizadas pelo CBMMA, a fim de expulsar o gás do ambiente confinado e reduzir ou eliminar eventuais sinistros. Pode-se observar uma constância no total de ocorrências atendidas pelo CBMMA, todavia as ocorrências envolvendo GLP estão aumentando nos últimos 3 anos cerca de 1,13%/ano e tem representado uma média de $7,5 \pm 0,9\%$, o que vem a reforçar ainda mais o uso de novas tecnologias. Desta forma, este trabalho objetivou desenvolver e testar um protótipo controlado via *bluetooth* que possui sensores do modelo MQ acoplados a placas microeletrônicas, a fim de captar informações sobre o nível de concentração de gás gerando assim melhor confiabilidade e segurança durante as ocorrências. O ROBOMBEIRO é um protótipo que nos testes foi verificado sua eficácia e funcionalidade durante um vazamento e ao mesmo tempo há necessidade de melhoria futuras que irão garantir melhor desempenho.

Palavras-chave: Bombeiro, monitoramento gasoso, robótica móvel

ABSTRACT

The Maranhão Military Fire Brigade has included in its assignments established by mitigate legislation solve the consequences of accidents involving liquefied petroleum gas (cooking gas). In this type of occurrence, it is common that the service team enters the residences, remove the leaking gas canister, close the valve, open the doors and windows. The use of new technologies has evolved the saving techniques, rescue and combat to be used by CBMMA, in order to expel the gas from the confined environment and reduce and eliminate eventual accidents. A constancy in the total number of occurrences attended by the CBMMA can be observed, however, the occurrences involving LPG have been increasing in the last 3 years about 1,13% / year and have represented an average of $7,5 \pm 0,9\%$, which further enhances the use of new technologies. In this way, this work aimed to develop and test a prototype controlled by bluetooth that has sensors of the MQ model coupled to microelectronic plates, in order to capture information about the level of gas concentration, thus generating better reliability and safety during occurrences. The *ROBOMBEIRO* is a prototype that had its effectiveness and functionality during a leak verified during tests and, at the same time, there is the necessity for future improvement that will guarantee a better performance.

Keywords: Firefighter, gaseous monitoring, mobile robotics

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Sensor MQ06	19
Figura 2	- Faixa de Sensibilidade do sensor MQ06	19
Figura 3	- Placa Arduino Uno	22
Figura 4	- Total de ocorrências registradas pelo CIOPS	24
Figura 5	- Registro de ocorrências de vazamento de GLP	25
Figura 6	- Fluxograma da confecção do protótipo	28
Figura 7	- Montagem das peças para elaboração do protótipo	29
Figura 8	- Passo a passo da construção disponível no Instructables	30
Figura 9	- Layout do sistema eletrônico	31
Figura 10	- Esquema geral do sistema	31
Figura 11	- Ambiente controle de testes	33
Figura 12	- Válvula e Mangueira\ utilizadas na instalação do gás de cozinha	34
Figura 13	- ROBOMBEIRO	35
Figura 14	- Layout do aplicativo	37
Figura 15	- Curva de detecção do sensor MQ - 06 nos testes	39
Figura 16	- Modelo "Hélice Tríplice"	41
Figura 17	- Parâmetros de controle de exposição concentração de GLP	43

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3D	-	3 dimensões
A.B.S	-	Acrilonitrila Butodieno Estireno
ABMJM	-	Academia de Bombeiros Militar “Josué Montello”
ABT	-	Auto Bomba Tanque
ANP	-	Agência Nacional de Petróleo
App	-	Aplicativo
Botijão P13	-	Botijão de 13kg
C.I.O.P.S	-	Centro Integrado de Polícia e Segurança
CBMMA:	-	Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão
CO ₂	-	Dióxido de Carbono
FISPQ	-	Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos
Gás LP	-	Gás Liquefeito do Petróleo
GLP	-	Gás Liquefeito do Petróleo
ICSP	-	<i>In Circuit Serial Programming</i>
Kcal/Kg	-	Quilocalorias por quilograma
Kg/m ³	-	Quilograma por metro cúbico
Kpa	-	Quilo pascal
m ³	-	Metros cúbicos
MQ	-	Sensores de gases (<i>quality monitoring</i>)
N.I.T	-	Núcleo de Inovação Tecnológica
Ppm	-	Partículas por milhão
S	-	Segundos
SD	-	<i>Security Digital Card</i>
SENAI:	-	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
UEMA	-	Universidade Estadual do Maranhão
UPNG's	-	Unidades de Processamento de Gás Natural
USB	-	<i>Universal Serial Bus</i>
V	-	Volts

SÚMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	15
1.1.1	Geral	15
1.1.2	Específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Gás liquefeito de petróleo	16
2.2	Sensores	17
2.3	Arduino	20
2.4	Protótipo	23
3	MARANHÃO E AS OCORRENCIA DE VAZAMENTO DE GLP	24
4	METODOLOGIA	26
4.1	Montagem do protótipo e do sistema de monitoramento sensorial	27
4.1.1	Montagem do robô	28
4.1.2	Confecção da plataforma sensorial	30
4.1.3	Adaptação da programação para arduino	32
4.2	Ambiente teste	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5.1	Teste de sensibilidade dos sensores e da atuação do protótipo no ambiente controle	38
5.2	Vantagens implantação da proposta	41
6	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE A - IMAGEM DO TESTE DO PROTÓTIPO EM AMBIENTE CONTROLADO	52
	APÊNDICE B - IMAGENS DO TESTE DO PROTÓTIPO EM AMBIENTE SIMILAR AO REAL	53
	APÊNDICE C - LEITURA DO SENSOR NO APLICATIVO	54
	APÊNDICE D - CÓDIGO DA PROGRAMAÇÃO DO APLICATIVO	55

1 INTRODUÇÃO

Correntes científicas acreditam que o homem do paleolítico passou a viver sob a proteção das cavernas em virtude das baixas temperaturas do planeta e uma das mais importantes descobertas dessa época foi o fogo e com esse poderoso instrumento, o homem pré-histórico alcançou melhores condições de sobrevivência mediante às severas condições climáticas. Além disso, o domínio do fogo modificou os hábitos alimentares humanos, com a introdução da caça e vegetais cozidos, tornando assim a utilização dessa forma energética de forma rotineira.

Assim não seria estranho que, como ser altamente adaptável, o homem pudesse controlar esse recurso valioso. Dessa forma, segundo Seito (2008, p. 35) explica que no Triângulo do Fogo pode-se extinguir o fogo pela retirada do combustível, ou do comburente ou do calor. Assim, com a interpretação desta tríade: os três elementos que compõem cada lado do triângulo – combustível, comburente e calor – devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha, o que possibilitou, assim, ao ser humano o poder de manusear, bem como transportar e outras atividades fins o elemento fogo.

O combustível mais utilizado em meados do século XII era a madeira em seguida com a revolução industrial, adveio também o carvão vegetal, e no século XVIII o carvão mineral. Com surgimento de mais cidades no século XIX e seu acelerado crescimento teve-se a necessidade de buscar fontes alternativas para suprir as necessidades da poluição. Dentre outras fontes de energia neste contexto passou-se a utilizar GLP como forma de energia de grande rentabilidade e praticidade.

Atualmente, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é uma das mais importantes fontes energéticas utilizadas. Este derivado de petróleo é adquirido através de complexos processos de refino e deixou de ser um elemento cuja aplicação encontra-se apenas nos fogões e fornos da população. Sua versatilidade, associada a uma inúmera gama de benefícios provenientes de sua composição, permite que seu uso se torne imprescindível em uma série de processos (SANTOS, 2016).

O GLP possui como benefícios e é utilizado em todo território nacional devido à facilidade de transporte. É envasado em diferentes recipientes podendo ser comercializado dependendo da necessidade do consumidor (MOURA, 2012).

O GLP é distribuído em todos os 5.570 municípios brasileiros e encontra-se presente em cerca de 53 milhões de lares, aproximadamente 95% dos domicílios nacionais. Nota-se sua presença tanto nas metrópoles como as mais isoladas regiões do País, lugares onde a luz elétrica não alcança, o telefone não toca e a água encanada não chega (SINDIGÁS,2013).

Mesmo com todos os dispositivos que acompanharam a evolução do engarrafamento do gás, seja para aumentar sua capacidade bem como garantir uma maior segurança, é inevitável a ocorrência de acidentes, afinal, como trata o princípio do sistema de operação de incidentes: não há sistema isento de falhas. Devido a essas características e com a grande utilização do GLP em residências, evidencia-se que a cada ano aumentam as ocorrências envolvendo o vazamento desse gás em ambientes residenciais. No Estado de Goiás, as ocorrências entre os anos de 2009 e 2010 subiram de 8 para 47, segundo Oliveira (2011), o que justifica ainda mais a atuação do Corpo de Bombeiros Militar para a população.

Não obstante, o Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão (CBMMA) possui, entre outras, as seguintes atribuições, previstas no artigo 116, da Constituição Estadual de 2014, o qual estabelece as ações de defesa civil, prevenção, o combate a incêndios e a situações de pânico como competência deste. Ainda, tem seu conceito e atividades definidas por intermédio da LEI ESTADUAL Nº 10.230, DE 23 DE ABRIL DE 2015, a qual dispõe sobre a estrutura organizacional e competências do CBMMA. No intuito de mitigar e solucionar as consequências dessas falhas oriundas de diversos fatores do engarrafamento de GLP, como por exemplo a degradação normal de qualquer material perante o tempo, o Corpo de Bombeiro Militar surge como solução imediata.

Assim, evidencia-se a necessidade de se ter uma corporação consolidada e paramentada, dinâmica e bem preparada para corresponder às atribuições legais, principalmente no que diz respeito à prevenção e combate a incêndio. A fim de aumentar a eficiência no exercício bombeiro militar, tecnologias foram criadas e adotadas por essa instituição, a exemplo temos: uso de drones para patrulhamento da orla marítima, equipamentos de respiração autônoma, roupas mais resistentes ao fogo ao mesmo tempo mais leves e flexíveis.

De tal modo, torna-se viável a implantação de utilização de equipamentos que tornem mais eficiente o serviço bombeiro militar frente a essas eventualidades, e

em especial, ocorrências envolvendo a liberação de GLP. Neste tipo de ocorrência é comum a equipe de serviço adentrar as residências, retirar o botijão de gás com vazamento, fechar a válvula, abrir portas e janelas, a fim de expulsar o gás do ambiente confinado e reduzir ou eliminar eventuais contratemplos. A utilização de novas tecnologias tem evoluído as técnicas de salvamento, regaste e combate do Corpo de Bombeiros.

Nesta situação que reside o problema, pois o bombeiro militar desconhece o nível de concentração do gás no ambiente, ou seja, se ele está ou não em uma concentração propícia de inflamabilidade, o que pode acarretar o início de um grave incidente e complicações maiores para os cidadãos e militares naquela cena.

A partir de todos os motivos que resultaram no desenvolvimento deste trabalho, se faz o questionamento: a implementação do dispositivo robótico com sensores promoveria uma operação mais eficiente do Corpo de Bombeiro Militar diante de ocorrências envolvendo vazamento de GLP, garantindo a incolumidade da vida e bens dos cidadãos?

Perante essa situação, foi desenvolvido um protótipo de um robô móvel com uma placa Arduino, embarcado com sensores para gases inflamáveis para ser utilizado no Corpo de Bombeiros do Maranhão, objetivando assessorar a atuação do bombeiro militar frente a esse tipo de ocorrência, uma vez que o gás por ser incolor (invisível) e naturalmente inodoro (sem cheiro) o torna uma eventualidade de difícil combate. A ideia é que esse dispositivo possibilite, além de atuar com mais segurança, a obtenção dos dados exatos do ambiente, o que proporciona a transmissão de informação sobre a cena do sinistro com mais exatidão.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Desenvolver um protótipo de robótica móvel baseado em sensoriamento gasoso para ocorrências do tipo “vazamento de GLP” no âmbito do Corpo de Bombeiros do Maranhão.

1.1.2 Específicos

- Construir uma estrutura móvel baseada em esteira rolante que possua dispositivo de acionamento remoto;
- Embarcar sobre a estrutura móvel uma central de sensoriamento gasoso;
- Estabelecer comunicação remota através de aparelho celular tipo *smartphone* entre a estrutura móvel e a central de sensoriamento gasoso.
- Realizar testes de otimização do protótipo simulando situações de ocorrências do tipo “vazamento de GLP”

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gás Liquefeito de Petróleo

O Gás LP - Gás Liquefeito de Petróleo – é um produto oriundo das Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN's) ou de diversos processos de refino (petróleo, coque, etc), sendo um combustível limpo, de alto poder calorífico. No Brasil, ficou conhecido como gás de cozinha, por ser majoritariamente utilizado nas cozinhas dos brasileiros (SINDIGÁS, 2013).

O GLP é inodoro e incolor, ou seja: não tem cheiro e é invisível. Por ser naturalmente inodoro, recebe um composto a base de enxofre para caracterizar seu odor, a fim de garantir segurança na hora de detectar eventuais vazamentos, por exemplo (ULTRAGAZ, 2013), ao gás é adicionado em concentrações suficientes para lhe dar um odor marcante (MELO, 2005).

Este fato respeita o Art. 6º da resolução n º18 de 2004 da Agência Nacional do Petróleo, que relata que os Gases Liquefeitos de Petróleo (GLP) foram odorizados pelo Produtor ou Importador, de forma a tornar detectável qualquer vazamento, sempre que sua concentração na atmosfera atingir 20% do limite inferior de inflamabilidade” (ANP, 2004).

A ANP classifica o GLP como o conjunto de hidrocarbonetos com três ou quatro átomos de carbono (propano, propeno, butano e buteno), podendo apresentar-se isoladamente ou em mistura entre si e com pequenas frações de outros hidrocarbonetos. A densidade média do GLP é de 522 kg/ m³, seu poder calorífico é de 11.300 kcal/kg e ao se comparar ao petróleo tem-se 4,487 barris equivalentes por m³ (ANP, 2004a).

Em 2016, as reservas provadas de petróleo no mundo atingiram a marca de 1,7 trilhão de barris. A produção nacional de petróleo apresentou crescimento pelo terceiro ano consecutivo, de 3,2% na comparação anual, atingindo 918,7 milhões de barris (média de 2,5 milhões de barris/dia ante a produção média de 2,4 milhões de barris/dia em 2015, foram perfurados 259 poços em 2016, sendo 179 (69,1% do total) em terra e 80 no mar (BRASIL ANP, 2017).

De acordo com a Liquigás (2011) na sua Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico (FISPQ), algumas medidas devem ser tomadas no caso de incêndio com a presença do GLP como combustível. Para incêndios com GLP

a utilização dos meios de extinção apropriados, que no caso é a neblina d'água, extintores de pó químico e bloqueio do fluxo de gás (caso seja possível sem risco), nunca se deve usar extintores de CO₂.

Em termos de perigo específicos esse gás é extremamente inflamável e pode entrar em combustão com calor, fagulhas ou chamas. Os vapores podem deslocar-se até uma fonte de ignição e provocar retrocesso de chamas;

Métodos específicos devem ser usados como: manter-se longe dos tanques. Se possível, combater a favor do vento. Não extinguir o fogo antes de estancar o vazamento. Em caso de fogo intenso em área de carga, usar mangueiras com suporte manejadas à distância ou canhão monitor. Se isso não for possível, abandonar a área e deixar queimar. Os bombeiros devem estar sempre, devidamente, equipados em ambientes fechados e usar equipamento de resgate com suprimento de ar.

A exposição ao gás através do vazamento pode ser prejudicial à saúde. O gás pode levar a explosões e representar riscos graves para a saúde que às vezes são até mesmo fatais. Quando há vazamentos, vai se acumulando a partir do piso, expulsando o oxigênio e preenchendo todo o ambiente. Ele não é tóxico, mas tem efeito anestésico. Dependendo da quantidade e do local onde ocorrer o vazamento, pode levar à asfixia. O gás quando está sobre pressão no botijão e ocorre vazamento, há absorção do calor na vaporização do gás e o contato com o GLP nesta fase pode causar queimaduras (SANTOS, 2012).

2.2 Sensores

O termo sensor é empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Os sensores, que são componentes elétricos, funcionam como dispositivos de entrada para detecção da presença de algum gás. De modo mais abstrato, os sensores podem ser classificados como um componente que serve para medir um estímulo externo ao sistema em que ele estiver (KARVINEN e KARVINEN, 2014).

Os sensores devem indicar de forma qualitativa e quantitativa a presença de gases no ar e, apesar de não serem totalmente seletivos a um único gás, para aumentar a eficácia deve-se utilizar técnicas analíticas para a correta identificação.

Esse dispositivo detecta moléculas dos gases e produz um sinal elétrico compatível com a concentração dos mesmos no ambiente (CHOU, 2000).

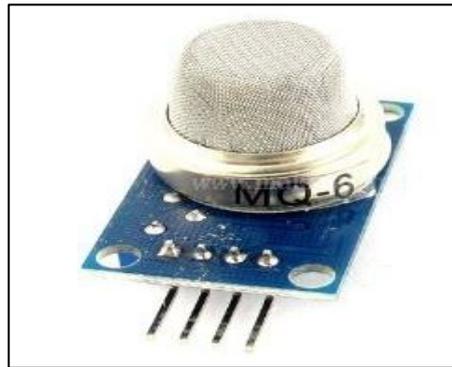
Existe uma série de sensores de gases (Tabela 1) que são conhecidos como *quality monitoring* (MQ) onde é utilizado um pequeno aquecedor por dentro com um sensor eletroquímico tornando-o sensível aos gases à temperatura ambiente e são compatíveis com a plataforma Arduino.

Tabela 1- Tipos e Funções da família dos sensores

TIPO DO SENSOR	FUNÇÃO
MQ-02	Sensível para metano, butano, GLP, fumaça
MQ-03	Sensível para Álcool, Etanol, Fumaça
MQ-04	Sensível para Metano, Gás CNG
MQ-05	Sensível para gás natural, GLP
MQ-06	Sensível para GLP, gás butano
MQ-07	Sensível para monóxido de carbono
MQ-08	Sensível para gás hidrogênio
MQ-09	Sensível para monóxido de carbono, gases inflamáveis.
MQ-131	Sensível ao Ozônio
MQ-135	Para a qualidade do ar
	sensível para o benzeno, álcool, fumo
MQ-136	Sensível para o gás de sulfeto de hidrogênio
MQ-137	Sensível para amônia.
MQ-138	Sensível para Benzeno, Tolueno, Álcool, Acetona, Propano, Formaldeído gasoso, Hidrogênio gasoso

Fonte: Autor (2018)

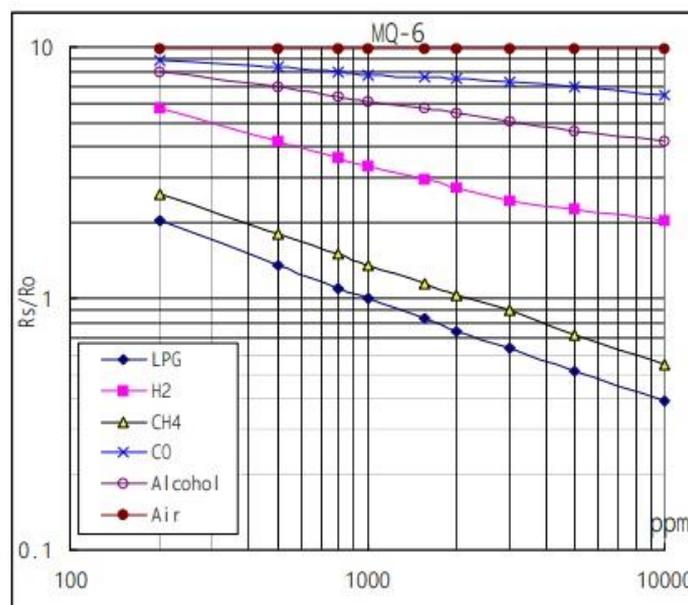
O Sensor de Gás MQ- 6 (figura 1) consiste em um dispositivo com a função de analisar a presença de gás GLP (Gás de Cozinha), Propano, Isobutano e Gás Natural Liquefeito no local que for destinado e, após isso, o mesmo sinaliza para o sistema micro controlador da presença ou não daquilo que analisou (CANDIDO, 2017).

Figura 1- Sensor MQ06

Fonte: Makinah (2016)

Para funcionamento, o sensor trabalha com tensão DC de 5V, possuindo duas saídas de sinal (uma analógica e uma digital) e uma bobina de fio de platina aquecido eletricamente, coberto primeiro com uma base de cerâmica, tais como alumina e, em seguida, com um revestimento final exterior do catalisador de paládio ou ródio disperso em um substrato de tório (CANDIDO, 2017).

O sensor MQ-06 possui uma faixa de sensibilidade ideal que varia de 100 ppm a 10000 ppm onde é possível captar a concentração em vários níveis no ambiente de diferentes gases. A sensibilidade do MQ-06 possui um comportamento em que a mesma diminui com o aumento de saturação do gás no ambiente como mostra a Figura 2 extraída do próprio *datasheets* do sensor.

Figura 2- Faixa de Sensibilidade do sensor MQ06

Fonte: Hanwei Sensors (2018)

O gás de cozinha contém uma mistura de gases que em uma concentração, aproximadamente, de 1000 ppm torna o ambiente asfíxiante. (FISPQ,2014). Conforme manual de combate a incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2009) os limites de inflamabilidade inferior e superior do GLP são 2,1% e 9%, respectivamente, expressos em porcentagem de volume de um vapor ou gás na atmosfera ambiente.

2.3 Arduino

A Robótica Educacional se tornou uma importante ferramenta para ensinar conceitos de algoritmos, matemática, física, entre outras disciplinas, a alunos de diferentes níveis de ensino. Como estes conceitos podem ser vistos de maneira prática, através de um objeto animado, a robótica pode trazer uma grande motivação aos estudantes envolvidos (FAGUNDES *et al.* 2005; RIBEIRO *et al.* 2011; SOUSA *et al.* 2011). Muitas pesquisas e atividades têm sido realizadas com o intuito de melhorar a aplicação da robótica em sala de aula, porém, este esforço, geralmente, tem apenas considerado a utilização de kits de robótica comercializados por algum fabricante (FAGUNDES *et al.* 2005).

A utilização da plataforma Arduino pode tornar o acesso à robótica muito mais amplo, uma vez que os preços são muito inferiores se comparados aos kits de robótica disponíveis no mercado (VEIGA *et al.* 2011). Além da vantagem do preço, a plataforma Arduino oferece a adaptação com vários componentes dentre os quais podemos citar os sensores, que podem ser facilmente acoplados ao robô (MCROBERT, 2011).

Tratando-se de uma plataforma *open source* (código aberto) as placas Arduino são fabricadas em diferentes lugares do mundo, porém recebem nomes diferentes com a condição de levar o nome "ino" no final. Devido a sua facilidade de uso e por ser uma plataforma aberta, há diversos fóruns e tutoriais que ajudam em seu manuseio e aprendizado (IWAMOTO, 2011).

Este equipamento é uma plataforma de computação física sendo possível que sistemas digitais ligados a sensores e atuadores permitam construir sistemas que percebam a realidade e respondam com alterações físicas (MC ROBERTS, 2015). O Arduino é baseado em uma placa microcontrolada, com acessos de Entrada/Saída

(I/O), sobre a qual foi desenvolvida uma biblioteca de funções que simplifica a sua programação, por meio de uma sintaxe similar a das linguagens C e C++.

A maior vantagem do Arduino sobre outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a facilidade de sua utilização, ou seja, pessoas que não são da área técnica podem, rapidamente, aprender o básico e criar seus próprios projetos em um intervalo de tempo relativamente curto. Artistas, mais especificamente, parecem considerá-los a forma perfeita de criar obras de arte interativas rápidas sem conhecimento especializado em eletrônica (MC ROBERTS, 2011).

As principais diferenças do Arduino para outras plataformas são (BANZI, 2011):

- a) A portabilidade para uso em diversos sistemas operacionais (multiplataforma), podendo ser executado em sistemas Linux, Windows e Macintosh;
- b) A IDE PROPRIA: é simples e fácil de utilizar;
- c) Pode ser programado e gravado através de uma conexão USB;
- d) Hardware e o software são de fonte aberta (*open source*) ou licença liberada;
- e) O custo do hardware dos modelos é baixo.

Segundo McRoberts (2011), o Arduino pode ser utilizado para desenvolver objetos interativos independentes, ou pode ser conectado a um computador, a uma rede, ou até mesmo à Internet para recuperar e enviar dados do Arduino e atuar sobre eles. Em outras palavras, ele pode enviar um conjunto de dados recebidos de alguns sensores para um site, dados estes que poderão, assim, ser exibidos na forma de um gráfico.

De forma geral, segundo Di Renna (2013), o Arduino é um kit de desenvolvimento que pode ser visto como uma unidade de processamento capaz de manipular variáveis do ambiente externo, transformadas em um sinal elétrico correspondente, através de sensores ligados aos seus terminais de entrada.

Assim, como um dos equipamentos associados a placa Arduino para desempenharmos uma função e utilidade temos os sensores que são dispositivos que surgiram para auxiliar na automação de máquinas, equipamentos e processos,

substituindo as chaves de acionamento mecânico dando maior versatilidade e durabilidade às aplicações (JESUS, 2015).

No entanto é relevante entender, primeiramente, que sensor pode ser definido como um transdutor que altera a sua característica física interna devido a um fenômeno físico externo. Este muda seu comportamento sob a ação de uma grandeza física, que pode fornecer direta ou indiretamente um sinal que indica essa grandeza e converte em dado desejado (JESUS,2015).

Diante do alerta do sensor acoplado, o Arduino tomará as providências para as quais estiver programado, seja enviando sinais sonoros e/ou luminosos. Se instalado para atuar junto a uma válvula solenoide, é possível cessar a alimentação de gás da residência acabando com o vazamento e afastando o perigo (DALLA PORTA, 2016).

Assim, nesse projeto foi usada a “placa Uno” (Figura 3) quer dizer “um” em italiano e é utilizado para marcar o lançamento do Arduino 1.0. O Uno e a versão 1.0 serão as versões de referência do Arduino, daqui por diante. O UNO é o mais recente de uma série de placas Arduino, e o modelo de referência para a plataforma Arduino. (SILVA, 2015).

Figura 3- Placa Arduino Uno



Fonte: RODRIGUES, M. C. (2011)

É uma placa com microcontrolador Atmega328. Possui 14 entradas/saídas digitais, 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16MHz, conexão USB, uma entrada para fonte, soquetes para ICSP, e um botão de reset. A placa contém todo o necessário para usar o micro controlador. Simplesmente conecte-a a um computador com o cabo USB ou ligue a placa com uma fonte AC-DC (ou bateria) (SILVA, 2015).

2.4 Protótipo

Protótipos, em linhas gerais, podem ser entendidos como modelos funcionais construídos a partir de especificações preliminares para simular a aparência e a funcionalidade de um software a ser desenvolvido, ainda que de forma incompleta. Por meio de um protótipo, os futuros usuários do software, bem como aqueles que irão desenvolvê-lo, poderão interagir, avaliar, alterar e aprovar as características mais marcantes da interface e da funcionalidade da aplicação (SANTOS, 2006).

Pearrow (2000) afirma que um protótipo é um modelo semi-funcional do produto final. Usar uma versão parcialmente finalizada é uma maneira comum de realizar testes de usabilidade já nas fases iniciais do ciclo de vida do projeto.

Rubin (1994) afirma que ao desenvolver um protótipo não se faz necessário representar toda a funcionalidade do produto. Pelo contrário, somente deve ser representada a funcionalidade que atenda aos objetivos do teste ou da avaliação.

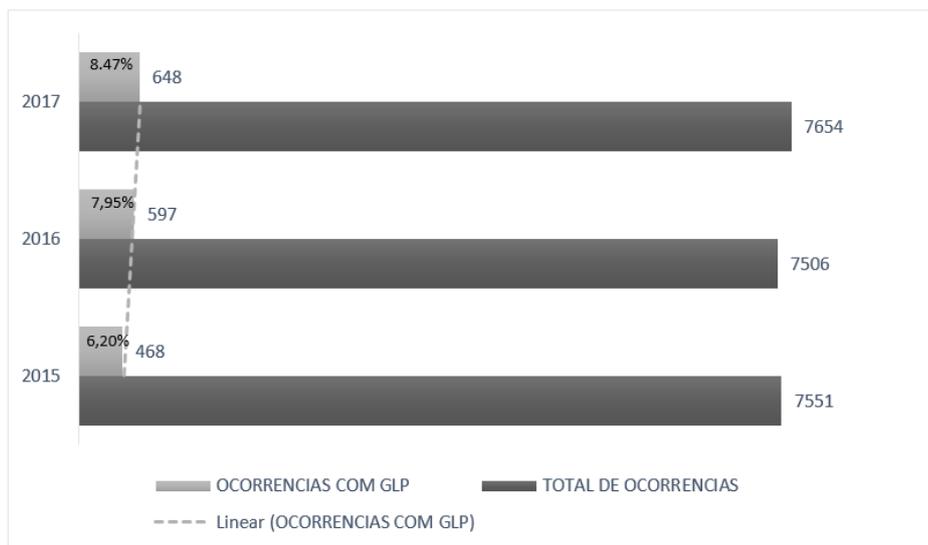
Petrie (2006) relata que o processo de prototipagem se desenvolve em três etapas. A primeira etapa é o modelo conceitual ou reprojeto da interface. A segunda etapa é desenvolver um protótipo para o novo projeto. A terceira etapa é avaliar o protótipo, tanto formal quanto informalmente, de acordo com a situação. Com base na avaliação, essas três etapas podem ser repetidas até que o resultado desejado seja alcançado.

Dessa forma, esta pesquisa tem por objeto uma mistura de um protótipo exploratório, que é projetado para ser como um pequeno "experimento" para testar algumas suposições importantes sobre o projeto, de funcionalidade, tecnologia ou ambos e seu teste costuma ser informal. O design dos protótipos exploratórios tende a ser muito informal e também a ser o trabalho de um ou dois desenvolvedores no máximo e de um protótipo evolutivo, que como o nome sugere, evoluem de uma iteração para a próxima. Enquanto não houver qualidade de produção inicialmente, o código tende a ser retrabalhado conforme o produto é desenvolvido (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL, 2006).

3 MARANHÃO E AS OCORRENCIAS DE VAZAMENTO DE GLP

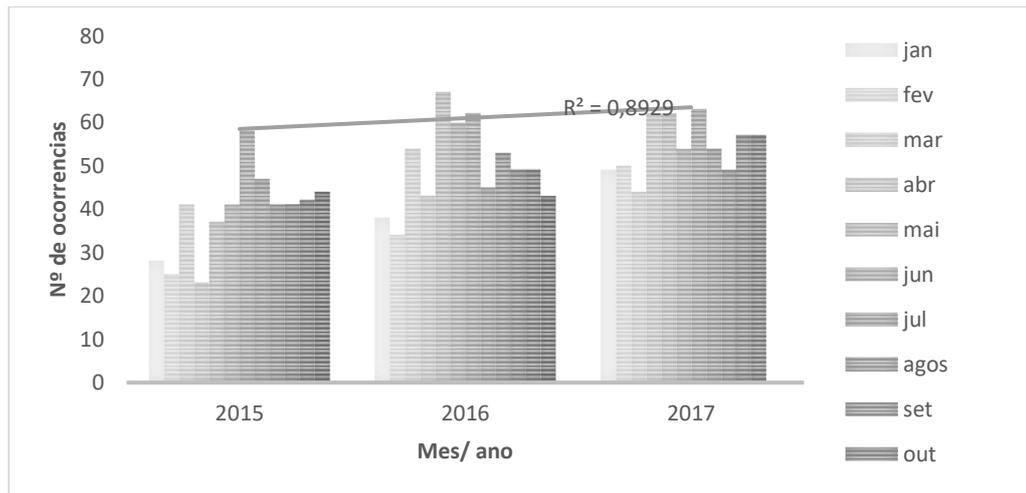
Acidentes envolvendo vazamento de GLP em residências são muito comuns devido à falta de cuidado da população no manuseio dos botijões de gás. O estado do Maranhão não foge desta estatística. Conforme dados do Centro Integrado de Operações de Segurança (CIOPS), este fato tem sido verificado de forma expressiva em números de ocorrências deste tipo atendidas pelo CBMMA (figura 04).

Figura 4- Total de ocorrências registradas pelo CIOPS



Fonte: Autor (2018)

Pode-se verificar uma constância no total de ocorrências atendidas pelo CBMMA, todavia as ocorrências envolvendo GLP estão aumentando nos últimos 3 anos cerca de 1,13%/ano e tem representado uma média de $7,5 \pm 0,9\%$ de crescimento. A RW Engenharia afirma que em 2014, em Curitiba, as ocorrências envolvendo GLP aumentaram 15%, tanto em residência, quanto em restaurantes. O estado do Mato Grosso também apresenta valores alarmantes, com aumento de 18%. Diante disto, esse constante aumento do número desse tipo de ocorrência é preocupante, mediante a isso é necessário verificar quais motivos tem levado a população maranhense a aumentar o número desse tipo de ocorrências no Estado, a fim de poder diminuir o aumento no número total da mesma. Dessa maneira, foi feito uma análise mensal das solicitações deste tipo de ocorrência para o CBMMA segundo a figura 05.

Figura 5- Registro de ocorrências de vazamento de GLP

Fonte: Autor (2018)

Em 2015 foram registradas pelo CIOPS para os municípios de São Luís, São José de Ribamar, Raposa, e Paço do Lumiar: 468 solicitações de vazamento de GLP em residências, em 2016 foram 567 e 2017 registradas 648. Em uma média mensal de sinistros em torno de $47,3 \pm 7$ esse valor vem aumentando nos últimos 3 anos e tendo como o mês de julho o de maior incidência. Valores estes que podem estar relacionados a diversos fatores, que segundo a Sindigás (2012), seus dados indicam que 51% dos acidentes ocorrem na instalação inadequada dos recipientes, 23% no uso inapropriado, 13% está relacionado a má conservação dos recipientes e 14% a outras circunstâncias.

O Corpo de Bombeiros de Goiás também vem registrando o aumento do número de ocorrências deste teor e evidências que a maioria das ocorrências com GLP, é representada pelas ocorrências com P-13 (SANTOS, 2015). No Estado de São Paulo estas ocorrências são frequentes, da qual o Corpo de Bombeiros, nos primeiros oito meses de 2010 registrou que houve 2.078 casos de vazamento de gás no estado, sendo 79 ocorrências com gás encanado, 167 com GLP fora de edificação e, liderando os acidentes, 507 ocorrências com GLP engarrafado (LIQUIGÁS, 2011). Ocorrências deste tipo, o CBMMA adentra-se ao ambiente, retira-se o botijão e se abre as portas e janelas, a fim de fazer a ventilação acontecer no ambiente até não ter odor. Alguns estados como Rio de Janeiro, São Paulo e Goiás já tem um protocolo determinado para essas situações devido à grande incidência, o que vem a facilitar e garantir segurança durante a atuação.

4 METODOLOGIA

Foi realizado neste trabalho um levantamento bibliográfico que abordou o tema e a necessidade do robô móvel, baseado em artigos, monografias, dissertações e livros com temas afins. Realizou-se uma pesquisa exploratória a qual envolveu levantamento bibliográfico e documentais, coleta de dados estatísticos CIOPS e defesa Civil do Maranhão sobre ocorrências do tipo “vazamento de gás”. Desta forma, este tipo de levantamento de dados irá propiciar maior familiaridade com o problema, com vista a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses (GIL, 2002).

No que diz respeito à abordagem, este possui viés quali- quanti (qualitativo e quantitativo), já que se aplica tanto técnicas estatísticas e se baseia em números para chegar aos resultados, inclusive usando gráficos e tabelas para ilustrá-los, como também se apresenta os resultados através de percepções e análises.

Os estudos foram realizados no Núcleo de Inovação Tecnológica (N.I.T) concomitantemente com a Universidade Estadual do Maranhão, ambos localizados na Cidade Universitária Paulo VI - Caixa Postal 09 - São Luís/MA, e na Academia de Bombeiro Militar do Maranhão “Josué Montello” (ABMJM), localizada R, 7. São Jerônimo, 1, São Luís - MA no período de 2017 a 2018.

O sistema de detecção foi confeccionado e embarcado sobre uma plataforma robótica móvel que foi deslocada para diferentes pontos coordenados via controle remoto *bluetooth* e monitorará em tempo real a concentração dos gases e os outros parâmetros a serem estudados através de um programa do tipo “aplicativo *mobile*” construído especificamente para esse fim. Desse modo, o robô móvel foi impresso e montado no NIT, no qual a construção física do aparato foi executada por profissionais específicos da área de robótica e computação e uma análise de seus testes e reparos de erros foi executado na Academia de Bombeiro Militar Josué Montello.

Com o sistema em pleno funcionamento foi feito o monitoramento remotamente através do “aplicativo *mobile*”, ou seja, compatível com *smartphones* e, na situação, portadores do sistema Android, os resultados de concentração de gás GLP, fumaça, temperatura, chamas, presença e outros parâmetros específicos em tempo real. O plano experimental realizou testes após a fase de construção do protótipo durante todo o período estipulado para confecção desse trabalho científico

4.1 Montagem do protótipo e do sistema de monitoramento sensorial

A construção de um modelo de aquisição de dados com estrutura modular, a partir de sensores de estado sólido, empregando rede de comunicação sem fio, permitindo a implantação de redes de módulos de coleta de dados e transferência contínua das informações foi um dos focos desta pesquisa. A topologia flexível de distribuição dos módulos e a seleção dos sensores específicos empregados permite o monitoramento de presença de gases do tipo GLP, fumaça, temperatura, presença e outros parâmetros em ambientes diversificados e de difícil acesso, aliando ao processo a capacidade de registro em dispositivos de estado sólido, cartões SD de memória, atuando como *datalog* permitindo assim a recuperação do registro contínuo de dados mesmo que ocorram danos à plataforma de coleta.

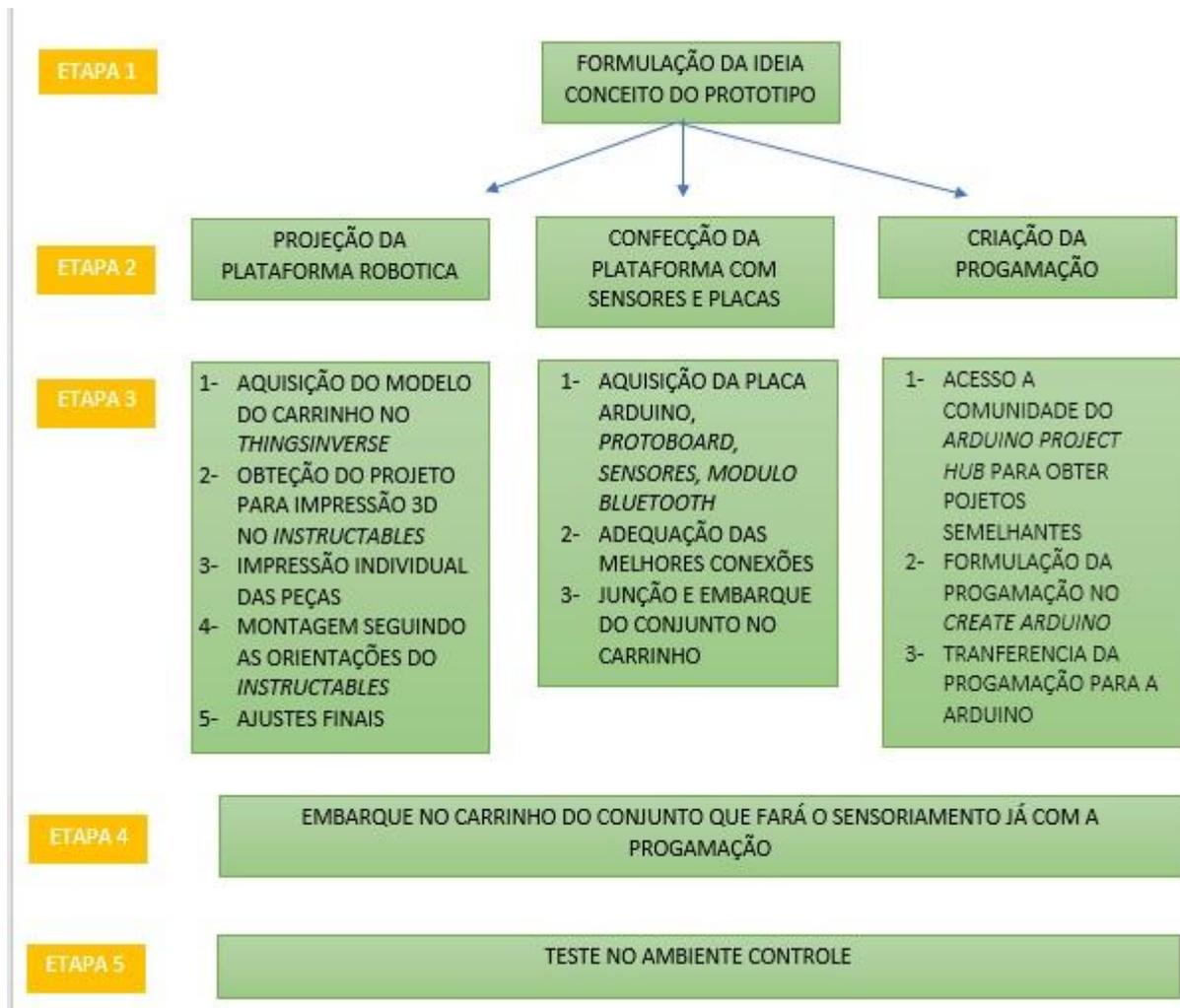
Algumas premissas foram consideradas para a montagem do sistema:

- a) O microcontrolador (Plataforma Arduino®), a estação de comunicação.
- b) Os sensores estarão conectados via cabo ao microcontrolador e ficarão embarcados no automodelo.

A estação foi alimentada por uma bateria de Lítio Íon recarregável de 12 volts que inicialmente supri a necessidade energética da estação

A confecção seguiu a seguinte sequência lógica (Figura 6):

Figura 6- Fluxograma da confecção do protótipo



Fonte: Autor (2018)

4.1.1 Montagem do Robô

A plataforma robótica foi feita em uma impressora 3D no NIT (figura 7), na qual utilizou como material para impressão o filamento ABS, classificado como termoplástico derivado do petróleo muito utilizado no meio industrial. É um dos principais materiais que vem sendo usados na impressão em 3 dimensões. Além disso, é mais durável, resistente ao atrito, a altas temperaturas, assim como a esforços mecânicos (IMPRESSÃO 3D FÁCIL, 2015).

Figura 7- Montagem das peças para elaboração do protótipo



Fonte: Autor (2018)

O modelo do robô móvel, bem como de suas peças e do visual final da plataforma que embarcará a estação com sensor foi obtido em um banco de dados aberto na internet que armazena modelos e criações 3D, denominada *Thingiverse*.

Nessa plataforma, os modelos e criações 3D podem ter seus projetos acessados, no qual qualquer interessado pode adquirir os mesmos, sendo redirecionados para outra plataforma aberta, chamada de *Instructables*, onde esta fornecerá as instruções do passo a passo da montagem do carrinho, bem como outras peças e ações necessárias

Todas as peças foram impressas via impressoras 3D a partir dos projetos disponibilizados nas plataformas abertas *Thingiverse* e *Instructables* que contém os modelos (Figura 8).

Figura 8- Passo a passo da construção disponível no *Instructables*

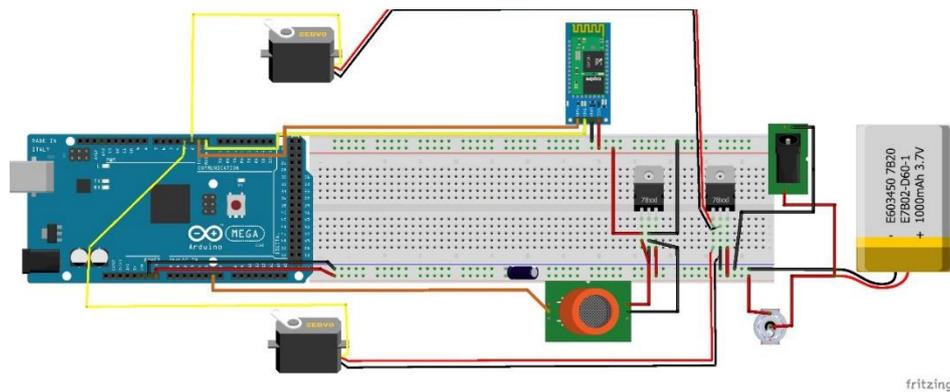


Fonte: *Instructables* (2018)

4.1.2 Confeção da plataforma sensorial

O protótipo terá embarcado na sua base o sistema de sensores e a placa Arduino para que assim, através dessa última, poderá controlar essa estação de detecção para os locais de análise e depois trazê-lo de volta. Em seguida, foi optado por embarcar o sensor do tipo MQ -06 para detecção de um conjunto de gases mais específico e conectando o mesmo em um sistema de comunicação com a placa Arduino e, por conseguinte com um modulo *Bluetooth* que possibilitará a conexão remota com o *smathphone*. Este seguirá o layout segundo a figura 9.

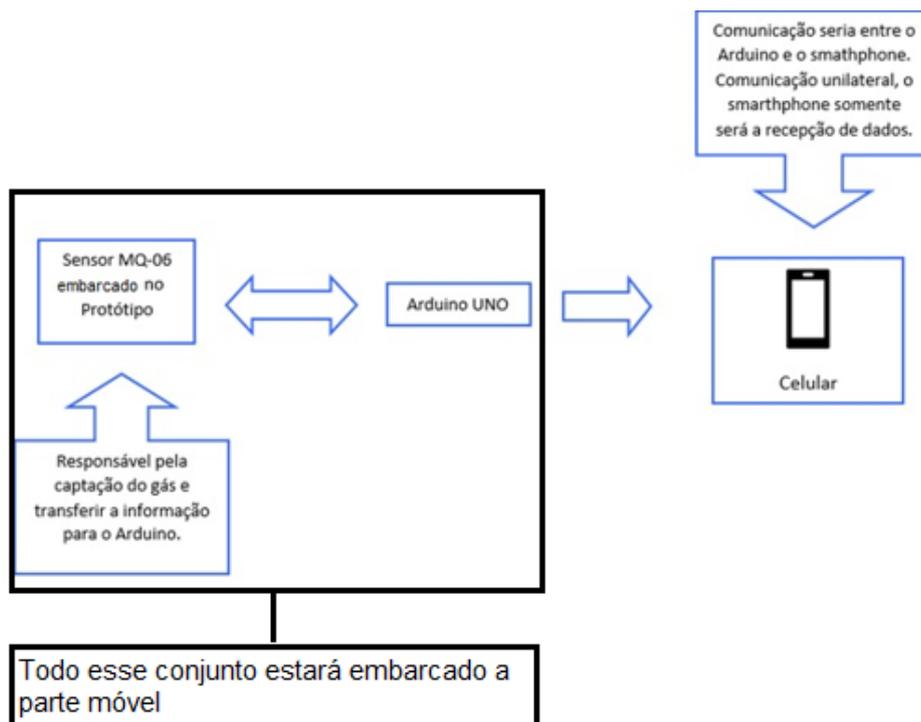
Figura 9 - Layout do sistema eletrônico



Fonte: Autor (2018)

Dessa forma, esse conjunto foi comunicado com um aplicativo para android que, em tempo real, proporcionará o controle da concentração do gás no ambiente (ppm) bem como a movimentação do protótipo, além da portabilidade para aferição de quantidade de carga na bateria e conexão com câmera 360°, no qual a figura 10 ilustra a topologia do sistema empregado.

Figura 10 - Esquema geral do sistema



Fonte: Autor (2018)

Os seguintes materiais com devidos valores foram necessários e utilizados para confeccionar a estação sensorial:

Tabela 2 - Materiais e custo do Protótipo

Quantidade	Materiais	Valor + Frete (R\$)
01	Placa Arduino® UNO	40
01	Sensor tipo MQ-06 para plataforma Arduino®	20
16	Fios <i>jumpers</i> de conexão macho e fêmea	10 (40 unidades)
01	<i>Protoboard</i>	35
01	Módulo Bluetooth para plataforma Arduino®	35
01	Bateria de 12V	60
	Filamento 3D	107
02	Servo digital 360°	110
02	Regulador de tensão	20
06	Parafusos	5
	Total	442

Fonte: Autor (2018)

Os sensores foram ligados a uma *protoboard*, que por sua vez à placa Arduino UNO. A coleta de dados deve ser subsídio para a avaliação em modelo matemático conciso dos parâmetros observados, desta forma revestem-se de relevância os padrões de caracterização dos sensores, pois isso garante a integridade das informações obtidas neste processo. Os pontos de coleta foram variados para averiguar a eficiência do dispositivo.

4.1.3 Adaptação da programação para Arduino

Foi utilizada para projetar a programação a interface aberta Arduino *Create* que é uma plataforma *online* integrada que permite que os desenvolvedores gravem códigos, acessem conteúdos, configurem e compartilhem projetos.

Nesta plataforma existe também uma comunidade, Arduino *Project Hub*, que possibilita o usuário navegar por uma coleção de projetos e depois tornando-os

seus. Nesse ambiente, existem mecanismos para fomentar e capacitar os desenvolvedores a elaborarem seus projetos da maneira mais fácil e acessível possível.

As linhas da programação foram elaboradas e testadas por um profissional específico desta área de atuação e estão dispostas no apêndice D. As mesmas seguiram o raciocínio lógico já executados na esfera de pesquisa da UEMA através do NIT, a exemplos, a construção e patentes já realizadas em trabalhos anteriores como o nariz eletrônico para salões de beleza (BEZERRA, 2016) e outros em andamento.

4.2 Ambiente Teste

Para a aquisição de um parâmetro de valores, uma vez que esse trabalho se trata de algo ainda não realizado nessas condições e para atuação bombeiro militar criou-se uma situação similar à que se pretende utilizar o protótipo: ambiente familiar com vazamento de gás.

Construiu-se uma caixa de 0,5 m³ (Figura 11) que recebeu uma mangueira de gás com pressão nominal de trabalho 2,8 kPa. e válvula de 1kg/h e pressão de saída 2,8kpa utilizada comumente nas residências (Figura 12). O botijão de GPL utilizado trate-se do tipo P-13, que seria o mesmo adquirido para uso doméstico.

Figura 11 - Ambiente controle de testes



Fonte: Autor (2018)

Para simular o ambiente sinistrado, foi feito um depósito GLP no ambiente controle por, aproximadamente, 60s através de uma válvula e mangueiras

convencionais utilizadas na instalação do gás de cozinha (Figura 12), que forneciam uma vazão coincidente com aquela observada nas ocorrências envolvendo vazamento de GLP.

Figura 12- Válvula e Mangueira utilizadas na instalação do gás de cozinha



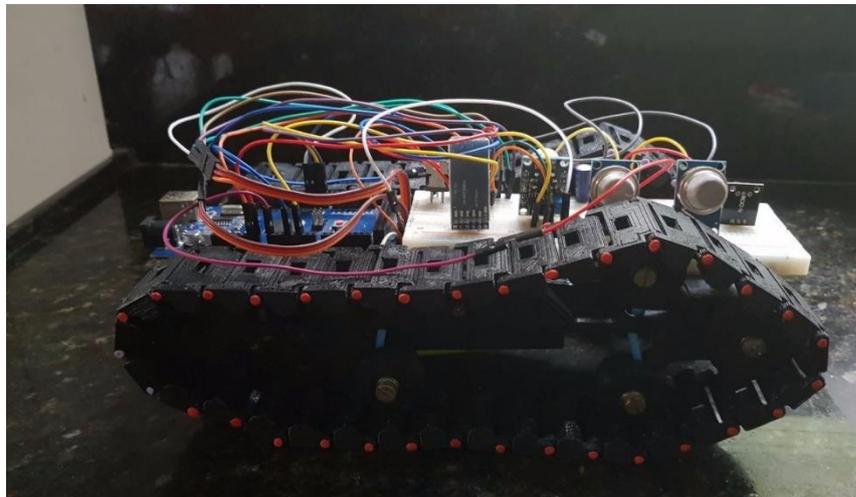
Fonte: Eletro Contato (2018)

No ambiente teste colocou-se a mangueira onde sairá o GLP na parte superior da caixa, sobretudo devido o mesmo possuir uma densidade maior que a do ar, ou seja, mais pesado. A densidade média do GLP é $2,50 \text{ kg/m}^3$, portanto, 1 m^3 de GLP pesa $2,50 \text{ kg}$ (a $15 \text{ }^\circ\text{C}$ e à pressão atmosférica). Como a densidade do ar é $1,22 \text{ kg/m}^3$, o GLP pesa mais que o ar (SUPRAGÁS, 2018) e assim tende a estar em regiões mais próximas ao solo, encanamentos e outros, sendo satisfatória a posição tanto da mangueira, já que a tendência do gás é ir para o fundo do ambiente teste, além de facilitar uma possível medição do robô móvel, uma vez que o mesmo estará ao nível do solo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi desenvolvido um protótipo para auxiliar às ocorrências com GLP, e assim através de testes de uso, verificou-se que outros dispositivos poderiam ser integrados ao mesmo, como a exemplo: verificador do consumo da bateria, utilização de câmera de vídeo para navegação, uso de diferentes sensores de captação de gás e outros elementos, uma placa microeletrônica, isolamento termoeletrônicos e outros recursos que seriam úteis em um cenário que envolvesse o vazamento de gás. Foi construída a versão do protótipo (figura 13) que recebeu o nome de ROBOMBEIRO v1.0.

Figura 13- ROBOMBEIRO



Fonte: Autor (2018)

Com o protótipo construído e após os primeiros testes percebeu-se que a bateria utilizada de 12 V não era suficiente para conseguir fazer o robô se deslocar com boa autonomia, em virtude de fornecer energia tanto, para que o sensor (MQ-06) trabalhasse com um fluxo de corrente que o possibilitasse aferir de forma mais precisa a quantidade de ppm do gás a ser analisado, como ainda ter uma câmera 360° acoplada que possibilitasse uma visão do ambiente sinistrado. Desta forma, como melhor resultado utilizou-se a bateria apenas para locomoção e utilização do sensor MQ-06, retirando-se a câmeras e outros sensores a serem colocados.

Dessa forma, nota-se que com a adoção de uma bateria para alimentar a placa Arduino Uno, sensores e módulo *Bluetooth* e outra para suprir a necessidade

dos servos garantiria-se um fluxo e energia mais eficiente para poder pôr em funcionamento o protótipo com mais recursos a serem utilizados

Outro ponto observado nos testes com o protótipo nota-se que na utilização de vários sensores (MQ02, MQ06, MQ08) de maneira simultânea e que captavam diferentes informações geraria muitos dados paralelos e dessa forma poderia gerar falsas informações, no qual um desses poderia estar interferindo na leitura real do outro sensor. Isso, sobretudo, deve-se ao fato de que cada sensor tem a capacidade de aferir vários elementos, como por exemplo, o MQ-02 que pode aferir concentrações de gás de petróleo liquefeito, butano, propano, metano, hidrogênio, álcool, gás natural, entre outros, ou mesmo fumaça.

Assim, em um ambiente sinistrado por vazamento de GLP, pode haver também a presença de outros gases que por estarem, talvez, em maior concentração ou mais difundido no ambiente podem mascarar a leitura principal que seria com objetivo na taxação do GLP.

Somado a esses pontos e por se tratar de uma mistura que, segundo a Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ), possui um Limite Inferior de Inflamabilidade de 2,2% (PROPANO) e 1,8% (BUTANO), ou seja, sua porcentagem no ambiente não precisa ser de elevados níveis para promover a formação de chamas associado a uma certa quantidade de oxigênio e calor, se percebeu a necessidade de uma proteção ainda maior no protótipo por meio de um isolamento eletrostático que promoveria uma separação total ambiente/protótipo, uma vez que a geração de centelhamento num ambiente em que possui vazamento deste tipo de gás pode promover a formação de fogo e, em grandes proporções, um incêndio.

Além disso, outro aspecto notado mediante testes pontua-se no fato de que devido aos sensores serem do tipo estático, ou seja, segundo Percon (2018) relata que são sensores que funcionam de um modo que quando um gás combustível se combina ao ar sobre a superfície do elemento catalítico quente do sensor, ocorre a combustão e o calor desenvolvido aumenta a temperatura da “pérola” (consistem de um elemento muito pequeno do sensor muitas vezes chamado de “pérola”, um “*pellistor*”, ou “*Siegistor*”, sendo os dois últimos nomes comerciais). Dessa forma, modifica a resistência da bobina de platina que pode ser aferida usando a bobina como uma espécie de termômetro de temperatura em um circuito. O diferencial de resistência normal quando o ar está limpo e isento de gás combustíveis ou tóxicos,

até o instante em que houve a combustão resulta em um delta que está diretamente relacionado com a concentração do gás na atmosfera circundante. Esse sinal é filtrado para que um dispositivo digital possa analisá-lo, amplificá-lo e interpretá-lo para que um conversor A/D (analógico/digital) leia esse sinal, o interprete e represente adequadamente ao usuário através de displays.

Dessa maneira, o uso de uma espécie de “sugador” que trouxesse os gases que podem estar em um ambiente envolvendo vazamento de GLP para o sensor poderia aumentar a velocidade tanto de detecção quanto de aferição do protótipo, uma vez que segundo o entendimento da difusão e efusão de gases que se refere ao movimento espontâneo das partículas de um gás através de um ou vários orifícios, indo na direção de um ambiente com pressão menor (FOGAÇA, 2018) é um forte parâmetro que diz pra onde o gás pode ir ou acomodar-se num local, levando a uma possível aferição precipitada de um certo parâmetro.

Foi feito aplicativo para o sistema Android que é conectado remotamente a uma placa Arduino através de um módulo *Bluetooth*, no qual por meio deste é enviado ao aplicativo dados de concentração de butano/propano capturados pelo sensor no ambiente e a possibilidade de se controlar os movimentos do carrinho, nível de bateria e outros. A tela do aplicativo (figura 14) conta com uma forma interativa da qual, simultaneamente, quando houver a câmera instalada o bombeiro militar atuante na cena do sinistro poderá realizar todos os comandos disponíveis do carro e acessar as outras janelas como a tela de ajuda, monitoramento dos sensores e página de informações.

Figura 14- Layout do aplicativo



Fonte: Autor (2018)

O *layout* do app apresenta de forma provisória a imagem de um site de busca que será substituído pela imagem da câmera que também estará embarcada.

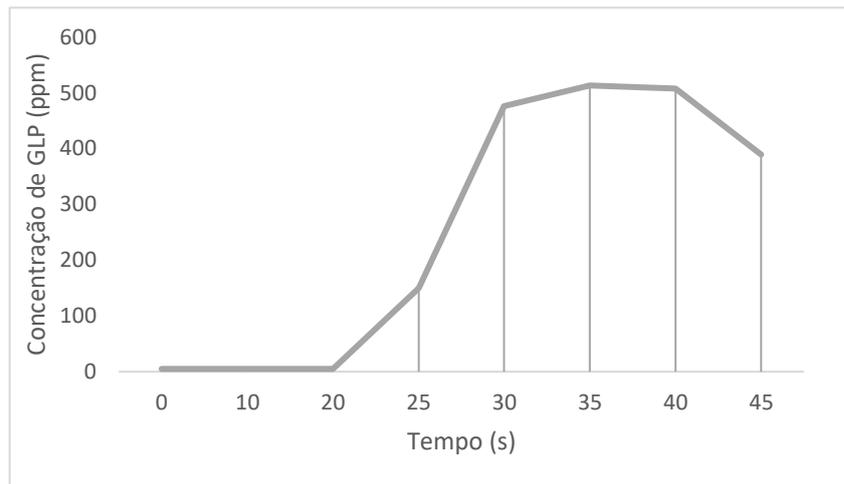
Nos testes, utilizaram-se diversos modelos de dispositivos Android com variadas resoluções de tela e todos obtiveram sucesso. O aplicativo não apresentou dificuldades com a velocidade com que os comandos enviados pelo aplicativo eram interpretados pelo robô móvel devido ao tempo de execução e de leitura desses pela programação na Arduino.

Vale reforçar que a utilização de uma placa *protoboard* é a base para a construção de protótipos de produtos eletrônicos, pois não é necessária utilização de solda e por ser reutilizável (BUKMAN, 2016), aproveitada no sentido experimental da ideia do ROBOMBEIRO. Desta forma, há necessidade de que futuramente seja feita uma placa eletrônica com as devidas soldagens, o que vem a garantir a estabilidade das ligações no deslocamento do carrinho, evitando assim o “mal contato”.

O Arduino demonstrou ser uma alternativa viável para o desenvolvimento de tecnologias específicas aplicadas, pois atende às principais necessidades do projeto em preço, facilidade no desenvolvimento, fácil integração com outros circuitos e sensores, dando ainda a possibilidade do desenvolvimento de uma interface amigável tanto para o computador como para dispositivos móveis. A utilização de outros sensores MQ e de placa Arduino foi usada devido a sua facilidade e baixo custo para uso experimental na robótica para protótipos, o que futuramente também poderá ser testado ou substituído por sensores e placas microcontroladoras mais adequadas a ideia fim do protótipo que seria atuar na atividade bombeiro militar.

5.1 Teste de sensibilidade dos sensores e da atuação do Protótipo no ambiente controle

Os testes foram realizados em um ambiente controle, que nesta situação desenvolveu-se em uma caixa de compensado de 0,5 m³ e serviram para mostrar que inicialmente em condições de menor proporção e controladas o protótipo comportou-se de modo satisfatório e mostrou-se seguro e com dados reprodutivos. Um protótipo é uma ferramenta de testes para que um dispositivo mais robusto seja aprimorado. Dessa forma, nos testes iniciais percebeu-se que o sensor possui uma boa sensibilidade diante da presença do GLP conforme a figura 15.

Figura 15- Curva de detecção do sensor MQ - 06 nos testes

Fonte: Autor (2018)

O gás foi liberado e notou-se que após 20s houve um pequeno crescimento, uma certa estabilização e uma queda aos 40s de exposição, na qual estabilizou-se até que houvesse alterações no ambiente. Assim, observou-se que houve uma sensibilização satisfatória do sensor mediante à exposição do mesmo ao gás até uma concentração aproximada de 580 ppm.

Esse decréscimo de concentração no ambiente controle, o que seria esperado no teste, uma vez que o ambiente tem um limite de apenas $0,5\text{m}^3$, além de não possuir por completo uma vedação eficiente. Desse modo, quando a pressão interna no ambiente chegasse próximo do valor suportado pelas paredes da caixa teste, o gás devido a lei da efusão dos gases, que segundo Silva (2006), escapam através de uma pequena abertura, orifício ou poro buscando as zonas de baixa pressão. Somado a isso, por entendimento dessa lei, Silva (2006) ainda ressalva que quanto menor for a massa, mais fácil será para o gás realizar a difusão ou a efusão. Ou seja, como no ambiente controle não se possuía uma vedação plena e o volume de gás liberado no ambiente estava em aproximadamente $0,0125\text{kg}$ (uma vez que a válvula liberava 1 kg/h , sendo que fora aberta no teste por aproximadamente 45s, então estimou-se esse valor de massa) justificando, dessa forma, as quedas dos valores de concentração esperada na taxação do sensor.

Quanto a reprodutibilidade dos dados, dentre os diversos testes, quando o sensor estabilizava, apresentava um valor médio de $563,64 \pm 26,73\text{ ppm}$, desta forma demonstra-se confiabilidade nos valores do sensor em reproduzir as informações do ambiente nas mesmas condições, diversas vezes, sem grande variação. Essa baixa

variação registrada confirma a teoria que o gás demora a sair do ambiente, uma vez que se não houver uma fonte de ventilação ele continua no ambiente, além do fato que o sensor registrou de forma gradativa a diminuição da concentração de gás no ambiente.

O protótipo também foi testado em ambiente de dimensões similar a uma casa real (torre de treinamento da ABMJM) da qual foi observado apenas que este consegue fazer perceber a presença do GLP, mesmo em pequenas proporções. Não foi colocado grandes volumes de gás neste ambiente por questões de segurança, já que o protótipo visa apenas materializar uma ideia conceito, sendo ainda necessários ajustes futuros no quesito de segurança (blindagem da fiação e baterias).

Trabalhos desta linha de estudo, utilizando sistema com sensores MQ, Arduino e *protoboard* para detecção de gases no ambiente já vem sendo desenvolvidos e atribuídos a diversas funcionalidades, como: determinação de substâncias voláteis usando sensor de condutividade térmica acoplado à plataforma Arduino (SILVA, 2015), níveis de monóxido de carbono em ambientes de estacionamentos fechados (LIMA, 2016) e o nariz eletrônico para salões de beleza (BEZERRA, 2016), dentre outros.

Esses trabalhos realizaram testes em diferentes situações para analisar o nível de gases distintos, geralmente tóxicos ao ser humano, em ambientes fechados. Desta forma, mostram a eficiência deste sistema para detecção e sensoriamento de gases, corroborando com a ideia deste projeto. Vale ressaltar que estes trabalhos foram realizados na UEMA/NIT e já foram patenteadas com as seguintes nomenclaturas: nariz eletrônico para monitorar a qualidade do ar de interiores de estabelecimentos de estética e embelezamento (BR1020160028507); datador eletrônico de escrita com tinta de caneta esferográfica (BR10201601644) e monoxiômetro para estacionamentos fechados (BR10201601664).

5.2 Vantagens implantação da proposta

O fácil e intenso fluxo de quantidade de informações acessíveis tem impactado não somente as pessoas, mas também as organizações. A Era do Conhecimento tem agido como fator de reestruturação das organizações, fomentando as mesmas a buscarem, continuamente, meios para administrar uma vasta gama de dados, procurando não somente analisá-los, mas ir bem mais além: transformá-los em conhecimento.

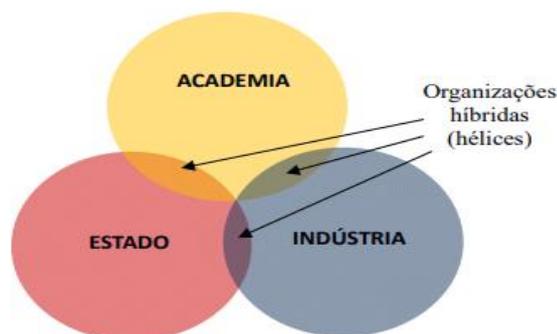
Dessa forma, as organizações militares também estão se moldando a esse novo momento marcado, sobretudo, com novas capacidades e competências, buscando capacitar seu efetivo e remoldando seus paradigmas, tornando-os aptos a criar, manusear e empregar, não somente armamentos, mas também outros equipamentos com alta tecnologia agregada e efetiva e em constante evolução.

Segundo Boas (2018):

“A inovação que se espera obter é aquela que dará vantagem tática, operacional ou estratégica à Força Terrestre e que, em consequência, agregará valor ao poder de combate do Exército, ou seja, ao preparo e emprego do Exército na garantia da soberania nacional, dos poderes constitucionais, da lei e da ordem”.

Assim, visando alcançar essa melhoria tecnológica, Henry Etzkovitz concebeu o termo “Hélice Tríplice” (Figura 16) nos anos 90 (ETZKOWITZ, 1994), que tem como alvo descrever um modelo de inovação, baseado na correlação de três pilares: Estado, a Academia e a Indústria (ou Governo, Universidade e Empresas). Os três integrantes possuem suas dependências, seus papéis tradicionais, no entanto atuam de forma interdependente, mas se interagindo entre si, inclusive com intercâmbio de funções, gerando um ambiente altamente propício à inovação.

Figura 16 - Modelo “Hélice Tríplice”



Fonte: Boas (2018)

De maneira análoga, essa nova doutrina de aquisição de novos conhecimentos através do vínculo Estado/Academia/Indústria e, conseqüentemente, novas tecnologias para pronto emprego vêm sendo adotada também nas forças auxiliares: polícia militar e corpos de bombeiros militar.

O Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão, a exemplo, vincula-se à Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) através do Curso de Formação de Oficiais (CFO), fomentando não somente a melhoria intelectual do seu efetivo, como também, promover o acesso ao conhecimento, a fim de colher frutos a longo prazo na produção de inovações tecnológicas.

Assim, essa proposta visa alcançar o melhoramento da atuação fim bombeiro militar, com uma adoção de uma nova tecnologia que promoverá a eficiência frente a um sinistro – vazamento de GLP- que ocorre e tem crescido rotineiramente. Embora aparente ser algo de fácil solução, as proporções de uma complicação mediante a esse cenário são, além de possíveis, intensamente danosas a vida e aos bens de uma vítima e terceiros.

Através de um protótipo guiado remotamente via *smarthphone*, o bombeiro militar capacitado para utilizar tal equipamento, promoverá ações mais eficientes frente ao sinistro. Por meio de sensores acoplados em uma placa *protoboard* há uma sensibilização mediante a presença de gás liquefeito do petróleo neste sensor, que em reação em cadeia se comunicará, instantaneamente, através de um módulo *Bluetooth* com o *smarthphone*, proporcionando em tempo real uma leitura do ambiente e quanto de gás o mesmo possui.

Assim, após a aferição estimula-se através de um comparativo com a literatura nacional e internacional (Figura 17) parâmetros de concentração do gás que podem ser danosos em quesito de inflamabilidade, asfixia e outros efeitos danosos que uma atuação sem esse aparato poderia alcançar como fim.

Figura 17- Parâmetros de controle de exposição de concentração de GLP

		Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ	
PRODUTO: G.L.P.		Página 3 de 6	
Data: 18/03/2002	Nº FISPQ: Pb0025_P	Versão: 0.1P	Anula e substitui versão: todas anteriores
ARMAZENAMENTO			
Medidas técnicas:	O local de armazenamento deve ter o piso impermeável, isento de materiais combustíveis e com dique de contenção para reter o produto em caso de vazamento.		
Condições de armazenamento			
- Adequadas:	Armazenar em esferas pressurizadas ou tanques refrigerados. Em local bem ventilado, à temperatura ambiente, sob pressão de 15 kgf/cm ² , distante de fontes de ignição.		
Produtos e materiais incompatíveis:	Pode reagir com agentes oxidantes.		
8 - CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL			
Medidas de controle de engenharia:	Manipular o produto em local com boa ventilação natural ou mecânica, de forma a manter a concentração de vapores inferior ao Limite de Tolerância.		
Parâmetros de controle			
- Limites de exposição ocupacional			
- Valor limite (Brasil, Portaria MTb 3214/78, NR 15 - Anexo 11):	Butano:	Limite de tolerância - média ponderada (48 h/semana) = 1090 mg/m ³ (470 ppm). Limite de tolerância - valor máximo = 735 mg/m ³ (588 ppm). Grau de insalubridade = médio.	
- Valor limite (EUA, ACGIH):	Butano:	TLV/TWA: 800 ppm.	
	G.L.P.:	TLV/TWA: 1.000 ppm.	
- Valor limite (EUA, NIOSH):	Butano:	IDLH = 19.000 ppm.	
	G.L.P.:	IDLH = 19.000 ppm.	
	Propano:	IDLH = 19.000 ppm.	

Fonte: Petrobrás (2012)

Por seu baixo custo de produção (450,00 reais) , uma vez que a ideia do protótipo, embora seja a base inicial para a formulação de algo mais robusto, foi confeccionada com materiais acessíveis e baixo valor de mercado. Somado a isso, seu software de uso é de uma linguagem de fácil leitura, o que proporciona uma fácil adaptação deste aparato na esfera militar, no âmbito do corpo de bombeiros, como também ao setor industrial que tem como produção gases combustíveis, entre os quais, GLP.

Perante a isso, a distribuição desse aparato nos quartéis do Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão da capital e interior do Estado do Maranhão, já que os números em ambas as localidades são expressivas no que se refere a ocorrências envolvendo vazamento de GLP, seria viável, uma vez que os testes com o protótipo

alcançaram resultados satisfatórios em um ambiente controlado. Assim, a continuação e aprimoramento da ideia inicial para formular um equipamento mais robusto e de escala industrial, seria algo plausível mediante a necessidade do equipamento e eficiência do mesmo perante a ocorrências desse tipo.

O mecanismo seria parte integrante dos materiais que compõem os utensílios da Auto Bomba Tanque (ABT), veículo padrão utilizado nas ocorrências de combate a incêndio no CBMMA e ficaria armazenado no espaço existente debaixo dos bancos traseiros da cabine da viatura. Ao chegar ao ambiente sinistrado, o aparato seria conectado via *Bluetooth* com o *smarthphone* do chefe de socorro ou militar mais antigo presente no cenário, uma vez que este é responsável por garantir a segurança da guarnição. Assim, averiguar a periculosidade do ambiente via novo dispositivo tecnológico encaixaria-se nessa competência.

Antes da atuação em ocorrências de vazamento de GLP com auxílio do ROBOMBEIRO, seria feito pela corporação um período de adaptação, orientação e distribuição do aplicativo que controla o robô, a fim de deixar a corporação capacitada para manuseio do aparato e usá-lo com eficiência.

6 CONCLUSÃO

O número de ocorrências no estado do Maranhão vem aumentando constantemente a cada ano. Pode-se inferir um desconhecimento ou descuido da população nas medidas de segurança, instalação, manuseio e uso de botijões P-13 de “gás de cozinha”. Desta forma, é necessário o desenvolvimento de campanhas educativas, a fim de educar a população de forma correta do seu uso, assim como medidas a serem tomadas durante um vazamento.

O ROBOMBEIRO é um protótipo que possui uma ideia de multidisciplinaridade em grandes áreas envolvendo mecânica, eletrônica, robótica e computação, buscando diretamente o aperfeiçoamento na ação do bombeiro militar durante as ocorrências que envolvem vazamento de gás. Nos testes foi verificada sua eficácia e funcionalidade durante um vazamento e ao mesmo tempo buscando melhoria nas futuras versões que irão garantir melhor desempenho, como: bateria, câmera, isolamento elétrico, entre outros.

O sistema desenvolvido para análise GLP no ambiente, teve um custo baixo, o que facilita o seu acesso ao CBMMA para monitorar o ambiente sinistrado, visto o quanto é prejudicial a exposição a esse gás em ambientes com pouca circulação de ar, devido a sua inflamabilidade.

Sendo eficiente, o ROBOMBEIRO desenvolvido neste trabalho para a detecção de GLP, deverá ter sua utilidade ampliada e difundida. Assim, visando o desenvolvimento deste projeto, que possa tirá-lo do conceito de protótipo, vem sendo feito o processo de patente pela UEMA e em parceria como SENAI/MA no Projeto Laboratório “Porta Abertas” onde as melhorias no protótipo estão sendo adaptadas juntamente com profissionais de várias áreas da qual visa ganhar formato industrial e comercial.

REFERÊNCIAS

- _____. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP n. 18 de 02/09/2004**. Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2004/setembro/ranp%2018%20-%202004.xml?f=templates\\$fn=document-frame.htm\\$3.0\\$q=\\$x=>](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2004/setembro/ranp%2018%20-%202004.xml?f=templates$fn=document-frame.htm$3.0$q=$x=>)>. acesso em: 16 setembro 2017
- _____. ANP. (Org.). **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2017**. Brasil: Governo Federal, 2017. (Anuário). Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/anuario-estatistico/3819-anuario-estatistico-2017#Seção 1](http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/anuario-estatistico/3819-anuario-estatistico-2017#Seção%201)>. Acesso em: 17 set. 2017.
- _____. Presidência da República. Casa Civil. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. acesso em: 16 setembro 2017
- ANP, 2004a, **Anuário Estatístico 2004**, disponível em http://www.anp.gov.br/conheca/anuario_2004.asp (acessado em várias datas, 2004)
- BANZI, M. **Primeiros Passos com Arduino**. 1. ed. São Paulo: Novatec, v. 1, 2011. 139 p
- BEZERRA, Flávia Brambati. **NARIZ ELETRÔNICO: Desenvolvimento de um sistema para avaliar os níveis de compostos orgânicos voláteis presentes no ar do interior de salão de beleza**. 2016. 41 f. Monografia - Curso de Química, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016.
- BÔAS, Eduardo Dias da Costa Villas. **O PAPEL DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DO EXÉRCITO BRASILEIRO**. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/o-papel-da-ciencia-e-tecnologia-no-processo-de-transformacao-do-exercito-brasileiro>>. Acesso em: 13 maio 2018.
- BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP n. 15 de 18/05/2005**. Disponível em: <http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2005/maio/ranp%2015%20-%202005.xml>. acesso em: 16 setembro 2017
- BUKMAN, Guilherme. **Desenvolvimento de um protótipo de baixo custo para segurança residencial**. 2016. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016. Disponível em: <http://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/280/1/MONOGRAFIA_DesenvolvimentoDePrototipo.pdf>. Acesso em: 20 maio 2018.
- CANDIDO, Gradimilo. **Sensor de Gás MQ-135 e a família MQ de detectores de Gás**. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-gas-mq-135/>>. Acesso em: 29 abr. 2018
- CHOU J. Hazardous **Gas monitor: a practical guide to selections, operation and applications**. Mack Graw-Hill Book Company. New York, 2000.

Constituição do Estado do Maranhão. Disponível em:

http://www.stc.ma.gov.br/files/2013/03/CONSTITUI%C3%87%C3%83O-DO-ESTADO-DO-MARANH%C3%83O_atualizada_at%C3%A9_emenda69.pdf Acesso em: 16 setembro 2017

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Manual básico de combate a incêndio.** Módulo 2. - Efeitos nocivos do incêndio -. 2º edição. 2009

DALLA PORTA, Leonardo Dalla Porta. **SENSOR DE GÁS INFLAMÁVEL E FUMAÇA MQ-2 PARA ARDUINO:** Aplicação e funcionamento: Se você pensa em automatizar sua residência, sempre é bom ter cuidados preventivos com a segurança, principalmente contra incêndios. 2016. Disponível em: <<http://blog.usinainfo.com.br/sensor-de-gas-inflamavel-e-fumaca-mq-2-para-arduino/>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

DI RENNA, R. B. et al. DE LA VEGA, A. S. **Introdução ao kit de desenvolvimento Arduíno (Versão: A2013M10D02).** (Programa de Educação Tutorial) – Universidade Federal Fluminense, 2013. Disponível em: <http://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/arduino/Tut_Arduino.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2017.

FAGUNDES, C. A. N., POMPERMAYER, E. M., Basso, M. V. A, Jardim, R. F. (2005) Aprendendo Matemática com Robótica. In **Revista Novas Tecnologias na Educação**, RENOTE 2005 v. 3, n. e..

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Difusão e Efusão dos Gases.** Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/difusao-efusao-dos-gases.htm>>. Acesso em: 07 maio 2018.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HANWEI SENSORS (Org.). **TECHNICAL DATA MQ-6 GAS SENSOR.** Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-6.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2018.

IMPRESSÃO 3D FACIL. **CONHEÇA OS DIFERENTES TIPOS DE MATERIAIS PARA IMPRESSÃO 3D FDM.** 2015. Disponível em: <<http://www.impressao3dfacil.com.br/conheca-os-diferentes-tipos-de-materiais-para-impressao-3d-fdm/>>. Acesso em: 20 maio 2018

IWAMOTO, Rodolfo Kenji. **SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE GASES GLP E CO UTILIZANDO REDE DE SENSORES SEM FIO.** 2011. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2011.

JESUS, Angelo. **Ambiente de Programação Fácil para Robótica na Plataforma Arduino.** 2015 Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Angelo_Jesus/publication/281208531_ArduAlg_Ambiente_de_Programacao_Facil_para_Robotica_na_Plataforma_Arduino/links/55db5c1908aec156b9afe925/ArduAlg-Ambiente-de-Programacao-Facil-para-Robotica-na-Plataforma-Arduino.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.

KARVINEN, K.; KARVINEN, T. **Primeiros Passos com Sensores: Perceba o mundo usando eletrônica, Arduino e Raspberry Pi**. Novatec Editora, 2014. 160 p
KAUARK, F.; MANHÃES, F. C; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: guia prático**. Itabuna. Via Litterarum, 2010.

KNISS, Cláudia Terezinha. **VAZAMENTO DE GÁS DE COZINHA EM RESIDÊNCIAS: COMPETÊNCIA LEGAL PARA ATUAR**. 2016. Disponível em: <<http://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/277.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2018.

Lei de Organização Básica do Corpo de Bombeiro Militar do Maranhão. **LEI Nº 10.230, DE 23 DE ABRIL DE 2015**. Disponível em: <http://www.stc.ma.gov.br/legislacao/documento/?id=3868> acesso em: 16 setembro 2017.

LIMA, Fernanda Maria dos Reis. **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AVALIAR OS NÍVEIS DE MONÓXIDO DE CARBONO EM AMBIENTES DE ESTACIONAMENTOS FECHADOS**. 2016. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Estadual do Maranhão, São Luis, 2016.

LIQUIGÁS DISTRIBUIDORA S.A. **Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico – FISPQ**. Disponível em: Acesso em: http://www.liquigas.com.br/wps/wcm/connect/a94a95004640d0be8ce7cddd2947447b/FI_28_dez_2011a.

MACHADO, C. **SENSORES DE GÁS – PRINCÍPIOS E TECNOLOGIAS**. 2011. Disponível em: 21/12/2017: <http://www.protecaorespiratoria.com/sensores-de-gas-principios-e-tecnologias>.

MAKINAH. **PETOLUM GAS SENSOR MQ06, ARDIUM AVR AND PLC**. 2016. Disponível em: <<https://makinah.net/subject-details--5--12>>. Acesso em: 19 maio 2018.

MC ROBERTS, Michael. (tradução Rafael Zanolli), **Arduíno Básico**. São Paulo: Editora Novatec, 2011.

MCROBERTS, M. **Arduíno básico**. São Paulo: Novatec, 2015. 17
MELO, Daniel Cavalcanti Moura de. **Processos de separação da fração pesada do gás natural para aplicação em motores de combustão interna**. 2005. 33 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Química, Engenharia Química, UFRN, Natal, 2005. Disponível em: http://www.nupeg.ufrn.br/documentos_finjaismonografias_de_graduacao/

MOURA, M, C, A. **Novas tendências de consumo de GLP- Gás Liquefeito de Petróleo no Brasil**. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul, 2012. Disponível em: <>Acessado em: 11 de junho 2014.

NUNES, P. M.; BEZERRA, F.B; NASCIMENTO, L. L. **NARIZ ELETRÔNICO PARA MONITORAR A QUALIDADE DO AR DE INTERIORES DE ESTABELECIMENTOS DE ESTÉTICA E EMBELEZAMENTO**. 2016, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020160028507, título: "NARIZ ELETRÔNICO PARA MONITORAR A QUALIDADE DO AR DE INTERIORES DE ESTABELECIMENTOS DE ESTÉTICA E EMBELEZAMENTO", Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Depósito: 11/02/2016

NUNES, P. M.; LIMA, F.M.R; SANTOS, G.K.C; PAVÃO, P.D; SILVA, R. S.; NASCIMENTO, L. L. **MONOXIÔMETRO PARA ESTACIONAMENTOS FECHADOS**. 2016, Brasil.

NUNES, P. M.; PAVAO E PAVÃO, D.; SILVA, R. S.; LIMA, F.M.R; SANTOS, G.K.C; ARAGÃO FILHO, J.C; ARAUJO, C. M.; NASCIMENTO, L. L. **DATADOR ELETRÔNICO DE ESCRITA COM TINTA DE CANETA ESFEROGRÁFICA**. 2016, Brasil.

OLIVEIRA, W. V. **Acidentes com produtos perigosos no estado de Goiás: evolução e causas**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduados em Ecologia e Produção Sustentável. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiás, 2011.

Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR10201601644, título: "**DATADOR ELETRÔNICO DE ESCRITA COM TINTA DE CANETA ESFEROGRÁFICA**", Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Depositante (s): Universidade Estadual do Maranhão, Depósito: 15/07/2016

Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR10201601664, título: "**MONOXIÔMETRO PARA ESTACIONAMENTOS FECHADOS**", Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Depositante (s): Universidade Estadual do Maranhão, Depósito: 19/07/2016.

PEARROW, M. *Web site usability handbook*. Massachusetts: Charles River Media, 2000.

PERCON (Org.). **Princípios de funcionamento de um detector de gás**. Disponível em: <<http://acessopercon.com.br/percon/sensores-de-gas-principios-e-tecnologias/>>. Acesso em: 07 maio 2018.

RIBEIRO, C., COUTINHO, C., COSTA, M. (2011). **A Robótica Educativa como Ferramenta Pedagógica na Resolução de Problemas de Matemática no Ensino Básico**. Sistemas e Tecnologias de Informação, Vol.I. pp. 440 – 447

RUBIN, Lhisnell, O. **Manual de Testes de Usabilidade: como planejar, projetar e conduzir os testes efetivos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Objetiva Editoras, 1994.

SANTOS, Anderson Luiz do Amaral dos. **ROPOSTA DE PADRONIZAÇÃO NO ATENDIMENTO ÀS OCORRÊNCIAS**. 2015. Disponível em: <<http://abmgo.com/wp-content/uploads/2017/11/TCC-ANDERSON-LUIZ-Proposta-de-padronizacao-no-atendimento-as-ocorrencias-envolvendo-GLP.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2018.

SANTOS, Bruno Ricardo Coutinho dos. **UM PANORAMA SOBRE A EVOLUÇÃO DO MERCADO DE GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO E SUA CONTRIBUIÇÃO AO CENÁRIO ENERGÉTICO BRASILEIRO**. 2016. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Petróleo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016. Disponível em: <[https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/2003/1/UM PANORAMA SOBRE A EVOLUÇÃO DO MERCADO DE GLP.pdf](https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/2003/1/UM_PANORAMA_SOBRE_A_EVOLUÇÃO_DO_MERCADO_DE_GLP.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2018.

SANTOS, Jefferson V. **DETECTOR DE VAZAMENTO DE GÁS COM AVISO POR SMS**. 2012. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: <[http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/235/3697/2/Monografia JEFFERSON SANTOS 2-2012.pdf](http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/235/3697/2/Monografia_JEFFERSON_SANTOS_2-2012.pdf)>. Acesso em: 17 set. 2017.

SANTOS, Robson Luís Gomes dos. **Usabilidade de interfaces para sistemas de recuperação de informação na web**: Estudo de caso de bibliotecas on-line de universidades federais brasileiras. 2006. Disponível em: <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0313143_06_pretextual.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2018.

SEITO, Alexandre Itiu et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

SILVA, Hanna Rayane Ribeiro da. **DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS USANDO SENSOR DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA ACOPLADO À PLATAFORMA ARDUÍNO**. 2015. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, 2015.

SINDIGÁS (Rio de Janeiro). **Gás LP: O gás do Brasil**. 2013. Disponível em: www.sindigas.org.br/uploads/book_sindigas_2013_site.pdf >. Acesso em: 17 set. 2017.

SOUSA, M. S., *et al.* (2011) **A Robótica Educativa como Instrumento de Apoio ao Ensino de Ciências Naturais e da Física**. Mostra Nacional de Robótica MNR 2011

THOMAZINI, Daniel. ALBUQUERQUE, Pedro U. B. **Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações**. 5ª ed. São Paulo: Érica, 2005

ULTRAGÁZ (São Paulo). **Você conhece a história do GLP**. 2010. Disponível em: https://www.ultragaz.com.br/UltragazPortal/faces/oracle/webcenter/portalapp/pages/paravoce/ultranoticiasitem.jspx?_afLoop=12575733572952259&name=UG_040732&_afWindowMode=0&_adf.ctrl-state=t6blg93fv_4>. Acesso em: 09 fev.

VEIGA, E. F., ARAÚJO W. E., SILVEIRA JÚNIOR, C. R. (2011) **Projeto de Um Robô de Baixo Custo para Utilização como Ferramenta de Robótica Educativa para Escolas Públicas**. Mostra Nacional de Robótica MNR 2011.

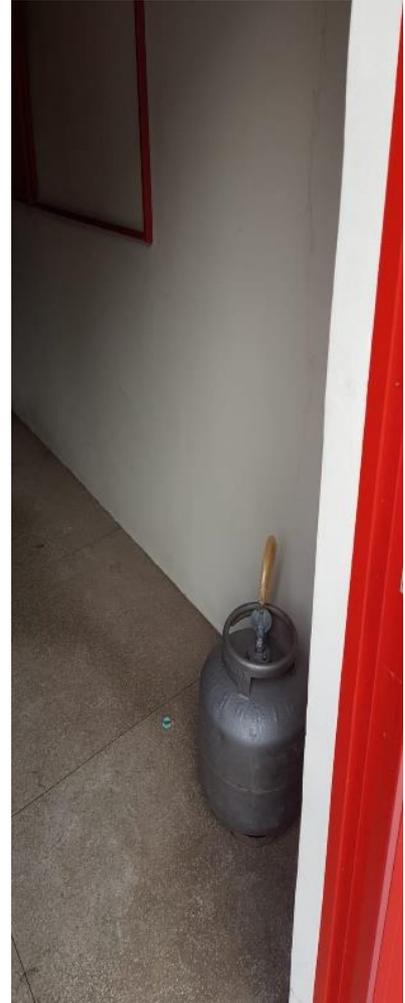
APÊNDICES

APÊNDICE A - IMAGEM DO TESTE DO PROTÓTIPO EM AMBIENTE CONTROLADO



Fonte: Autor (2018)

**APÊNDICE B - IMAGENS DO TESTE DO PROTÓTIPO EM AMBIENTE SIMILAR
AO REAL**



Fonte: Autor (2018)

APÊNDICE C - LEITURA DO SENSOR NO APLICATIVO

Sensor MQ6: 8	Sensor MQ6: 55	Sensor MQ6: 67	Sensor MQ6: 72	Sensor MQ6: 78
Sensor MQ6: 8	Sensor MQ6: 55	Sensor MQ6: 67	Sensor MQ6: 72	Sensor MQ6: 78
Sensor MQ6: 8	Sensor MQ6: 55	Sensor MQ6: 67	Sensor MQ6: 76	Sensor MQ6: 77
Sensor MQ6: 8	Sensor MQ6: 55	Sensor MQ6: 67	Sensor MQ6: 76	Sensor MQ6: 77
Sensor MQ6: 8	Sensor MQ6: 55	Sensor MQ6: 67	Sensor MQ6: 76	Sensor MQ6: 77
Sensor MQ6: 8	Sensor MQ6: 55	Sensor MQ6: 67	Sensor MQ6: 76	Sensor MQ6: 78
Sensor MQ6: 8	Sensor MQ6: 55	Sensor MQ6: 67	Sensor MQ6: 76	Sensor MQ6: 77
Sensor MQ6: 8	Sensor MQ6: 55	Sensor MQ6: 67	Sensor MQ6: 75	Sensor MQ6: 76
Sensor MQ6: 8	Sensor MQ6: 55	Sensor MQ6: 68	Sensor MQ6: 75	Sensor MQ6: 77
Sensor MQ6: 8	Sensor MQ6: 55	Sensor MQ6: 68	Sensor MQ6: 75	Sensor MQ6: 77
			S	
Sensor MQ6: 82	Sensor MQ6: 96	Sensor MQ6: 118	Sensor MQ6: 401	578
Sensor MQ6: 81	Sensor MQ6: 96	Sensor MQ6: 122	Sensor MQ6: 413	Sensor MQ6: 578
Sensor MQ6: 82	Sensor MQ6: 96	Sensor MQ6: 127	Sensor MQ6: 426	Sensor MQ6: 578
Sensor MQ6: 82	Sensor MQ6: 96	Sensor MQ6: 132	Sensor MQ6: 437	Sensor MQ6: 578
Sensor MQ6: 81	Sensor MQ6: 96	Sensor MQ6: 138	Sensor MQ6: 448	Sensor MQ6: 578
Sensor MQ6: 82	Sensor MQ6: 96	Sensor MQ6: 145	Sensor MQ6: 459	Sensor MQ6: 578
Sensor MQ6: 82	Sensor MQ6: 97	Sensor MQ6: 153	Sensor MQ6: 468	Sensor MQ6: 578
Sensor MQ6: 82	Sensor MQ6: 97	Sensor MQ6: 161	Sensor MQ6: 477	Sensor MQ6: 578
Sensor MQ6: 82	Sensor MQ6: 96	Sensor MQ6: 168	Sensor MQ6: 485	Sensor MQ6: 578
Sensor MQ6: 91	Sensor MQ6: 97	Sensor MQ6: 174	Sensor MQ6: 494	Sensor MQ6: 578
Sensor MQ6: 577	Sensor MQ6: 558	: 550	ensor MQ6: 506	
Sensor MQ6: 577	Sensor MQ6: 562	Sensor MQ6: 550	Sensor MQ6: 506	
Sensor MQ6: 577	Sensor MQ6: 566	Sensor MQ6: 550	Sensor MQ6: 505	
Sensor MQ6: 577	Sensor MQ6: 571	Sensor MQ6: 550	Sensor MQ6: 504	
Sensor MQ6: 577	Sensor MQ6: 575	Sensor MQ6: 551	Sensor MQ6: 502	
Sensor MQ6: 577	Sensor MQ6: 579	Sensor MQ6: 550	Sensor MQ6: 500	
Sensor MQ6: 577	Sensor MQ6: 583	Sensor MQ6: 551	Sensor MQ6: 500	
Sensor MQ6: 577	Sensor MQ6: 587	Sensor MQ6: 551	Sensor MQ6: 501	
Sensor MQ6: 577	Sensor MQ6: 591	Sensor MQ6: 551	Sensor MQ6: 502	
Sensor MQ6: 577	Sensor MQ6: 594	Sensor MQ6: 551	Sensor MQ6: 502	

Fonte: Autor (2018)

APÊNDICE D - CÓDIGO DA PROGRAMAÇÃO DO APLICATIVO

```
//bibliotecas a serem usadas
#include "Servo.h" // servo
#include <Ultrasonic.h>
// Nivel bateria
#define LED_VERM 4
// Nivel bateria baixa
#define LED_AMARE 5
// Nivel bateria alta
#define LED_VERD 6
// portas dos sensores
#define T_BAT A0 // porta de leitura da tensão da bateria
#define S_MQ2 A1 // porta de leitura do sensor
#define S_MQ4 A2 // porta de leitura do sensor
#define S_MQ6 A3 // porta de leitura do sensor
#define SERVODIR 2 // porta de controle do SERVO DIREITO
#define SERVOESQ 3 // Porta de controle do SERVO ESQUERDO
#define S_CHAMA 7 // porta do sensor de chama
#define trigger 8 // ultrasonico
#define echo 9 //ultrasonico
//#define AMOSTRAS 10

// variavel de leitura da bateria
int tensao; // Conversão da leitura em inteiro
int fogo;
//float aRef = 5; // não vai utilizar

// variavel de leitura de sensores
byte V_MQ2; // conversão da leitura do sensor
byte V_MQ4; // conversão da leitura do sensor
byte V_MQ6; // conversão da leitura do sensor

// variaveis dos servos
Servo DIR; // servo direito
byte MAX_SERVOD = 180; // sentido normal
byte MIN_SERVOD = 0; // sentido inverso
byte STOP_SERVOD = 95; // para servo

Servo ESQ; // servo esquerdo
byte MAX_SERVOE = 180; // sentido normal
byte MIN_SERVOE = 0; // sentido inverso
byte STOP_SERVOE = 95; // para servo
long microsec;
Ultrasonic S_Dist(trigger, echo);
void setup() {
  DIR.attach(SERVODIR); // seta porta do servo para uso
  ESQ.attach(SERVOESQ); // seta porta do servo para uso
  Serial.begin(9600); // inicia serial para debug do programa
  // Serial.println("Iniciando...");
  delay(100);

//bibliotecas a serem usadas
#include "Servo.h" // servo
#include <Ultrasonic.h>
```

```

pinMode(LED_VERM, OUTPUT); // seta modo no pino do led vermelho
pinMode(LED_AMARE, OUTPUT); // seta modo no pino do led vermelho
pinMode(LED_VERD, OUTPUT); // seta modo no pino do led vermelho
pinMode(T_BAT, INPUT); // seta modo no pino do led vermelho
pinMode(S_CHAMA, INPUT); // seta modo no pino do led vermelho
digitalWrite(LED_VERM, LOW); // escreve nivel logico BAIXO no pino do led vermelho
digitalWrite(LED_AMARE, LOW); // escreve nivel logico BAIXO no pino do led vermelho
digitalWrite(LED_VERD, LOW); // escreve nivel logico BAIXO no pino do led vermelho
// Serial.println("Abrindo portas...");
delay(100);
}

void loop() {
  tensao = map(analogRead(T_BAT), 0, 1024, 0, 25); // converte sinal Analogico em tensao medida
  atravez de proporcionalidade
  V_MQ2 = map(analogRead(S_MQ2), 0, 1024, 300, 10000); // converte sinal Analogico em ppm
  medida atravez de proporcionalidade
  V_MQ4 = map(analogRead(S_MQ4), 0, 1024, 200, 10000); // converte sinal Analogico em ppm
  medida atravez de proporcionalidade
  V_MQ6 = map(analogRead(S_MQ6), 0, 1024, 500, 10000); // converte sinal Analogico em ppm
  medida atravez de proporcionalidade
  // fogo = digitalRead(S_CHAMA); // converte sinal Analogico em tensao medida atravez de
  proporcionalidade
  microsec = S_Dist.timing();
  nivelbat(); // função de indicação do nivel da bateria

  if(Serial.available()>0){ // se tiver dados diponiveis faz:
    char C = Serial.read(); // caracter de recebimento da leitura na serial(blueetooth).

    // analisa o caracter C
    switch(C){
      // ir em frente
      case 'd': // caso for
        DIR.write(MAX_SERVOD);
        ESQ.write(MAX_SERVOE);
      // sync();
      break;
      // voltar
      case 'a': // caso for
        DIR.write(MIN_SERVOD);
        ESQ.write(MIN_SERVOE);
      // sync();
      break;
      // virar a esquerda
      case 's': // caso for
        DIR.write(MAX_SERVOD);
        ESQ.write(MIN_SERVOE);
      // sync();
      break;
      // virar a direita
      case 'w': //caso for
        if(S_Dist.convert(microsec, Ultrasonic::CM) > 10){
          DIR.write(MIN_SERVOD);
          ESQ.write(MAX_SERVOE);
        }
    }
  }
}

```

```

}
// sync();
break;
// para
case 'p': // caso for
DIR.write(STOP_SERVOD);
ESQ.write(STOP_SERVOE);
// sync();
break;
// sincronização de dados com dispositivo
case 'z':
sync();
break;
}

}

}

//dados a serem enviados para dispositivo
void sync(){

//          Sensor 1          sensor 2          sensor 3          sensor 4
Serial.println(String(V_MQ6) + ',' + String(V_MQ2) + ',' + String(V_MQ4) + ',' + String(tensao) + ','
+ String(0) + ',');// + String(0) + ',');
}

//resposta ao nivel da bateria
void nivelbat(){
if(tensao < 11 ){
digitalWrite(LED_VERM, HIGH); // liga led vermelho
digitalWrite(LED_AMARE, LOW); // desliga led amarelo
digitalWrite(LED_VERD, LOW); // desliga led verde
}
else if (tensão >= 11 && tensão <=12){
digitalWrite(LED_VERM, LOW);
digitalWrite(LED_AMARE, HIGH);
digitalWrite(LED_VERD, LOW);

}
else if (tensão > 12){
digitalWrite(LED_VERM, LOW);
digitalWrite(LED_AMARE, LOW);
digitalWrite(LED_VERD, HIGH);

}

}
}

```

Fonte: Autor (2018)