



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO CEARÁ



Programa de Pós-Graduação
em Ciência da Computação



Dispositivo IoT desenvolvido com baixo custo no conceito *Open Source* objetivando alertar vazamento de GLP em ambientes com pouca ventilação e alto risco coletivo como instalações GLP em cozinhas

Categoria: Projetos de Instalações

AUTORES

Universidade Estadual do Ceará – UECE

Marcos Camargo Lima Filho, marcos.camargo@aluno.uece.br, 85 9 8827 - 7788;

Rafael Lopes Gomes, rafa.lopes@uece.br, 19 9 8224 - 7245;

Marcial Porto Fernandez, marcial.fernandez@uece.br, 85 3101 - 9776.

SUMÁRIO

1. Histórico Institucional.....	03
1.1 Universidade Estadual do Ceará – UECE.....	03
1.2 Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC.....	04
2. Introdução.....	04
2.1 IoT.....	05
2.2 GLP.....	06
3. Oportunidades.....	06
3.1 Objetivos.....	06
3.2 Metas.....	07
3.3 Estratégia.....	07
4. Materiais, Métodos e Desenvolvimento.....	07
4.1 Materiais.....	07
4.2 Métodos.....	11
4.3 Desenvolvimento.....	13
5. Resultados e discussão.....	20
5.1 Dados gerais.....	20
5.2 Tabelas comparativa de resultados entre os sensores.....	21
5.3 Gráfico da amostra de leitura remota e consolidação de resultados.....	22
6. Conclusão.....	22
6.1 Próximos passos.....	23
7. Bibliografia.....	25
8. Anexos.....	26
8.1 Links de conteúdos adicionais.....	28

1. HISTÓRICO INSTITUCIONAL

1.1 Universidade Estadual do Ceará – UECE

Tendo a missão de produzir e disseminar conhecimentos, formando profissionais que promovam o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da região, a história da Universidade Estadual do Ceará (UECE) começa com a Lei nº 9.753, de 18 de outubro de 1973, que autoriza o Poder Executivo a instituir a Fundação Educacional do Estado do Ceará (FUNEDUCE).

Com a resolução nº 2, de 5 de março de 1975, do Conselho Diretor, referendada pelo Decreto nº 11.233, de 10 de março do mesmo ano, foi criada a Universidade Estadual do Ceará, que teve incorporada ao seu patrimônio as Unidades de Ensino Superior existentes na época, sendo as principais: Escola de Administração do Ceará, Fac. de Veterinária do Ceará, Escola de Enfermagem São Vicente de Paula, Fac. de Filosofia Dom Aureliano Matos, entre outras instituições.



Figura 1-1 Marca da UECE

Atualmente é uma Instituição de Ensino Superior constituída por uma rede multicampi, que, historicamente, prioriza os cursos voltados para a formação de professores, vem acumulando experiências e transformando o seu perfil curricular em função da melhoria na formação profissional de seus alunos e consequentemente elevação na qualidade de vida da sociedade cearense.



Figura 1-2 Entrada do Campus Itaperi da UECE em Fortaleza

1.2 Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC

O PPGCC foi criado com objetivo de formar Docentes e Pesquisadores na área de Computação e Informática capazes de aplicar consistentemente o conhecimento científico no desenvolvimento de novas tecnologias que atendam demandas emergentes da sociedade, contribuindo para o desenvolvimento de um polo tecnológico na Região.

Tem como objetivos específicos:

- Formar professores mestres e doutores para suprir presente carência, nas IES da região e atender aos critérios da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional;
- Formar mestres para subsidio dos cursos de doutorado com o objetivo de diminuir a carência de doutores em computação na região;
- Formar pesquisadores capazes de atender às demandas da região Nordeste nas linhas de Sistemas de Computação e Sistemas de Informação;
- Atualizar e aprofundar o conhecimento fundamental necessário ao desenvolvimento e inovação nas linhas de Sistemas de Computação e Informação;
- Estimular a aproximação entre os pesquisadores das áreas técnico-científicas acadêmicas e os profissionais dos setores produtivo-industriais da sociedade, através de projetos de pesquisas conjuntos;
- Formar mão-de-obra altamente qualificada para geração de novas tecnologias na linha de Sistemas de Computação e Sistemas de Informação.

2. INTRODUÇÃO

Com o advindo de novas tecnologias e redução de custos para aplicação muitas vezes usuais e conectados a necessidade cada vez maior de obtenção da informação e dados críticos de forma imediata para análise e tomadas de decisões, surge a oportunidade de implementação dos sistemas interligados e comumente conhecido como dispositivos IOT. Esses dispositivos permitem que empresas e usuários tenham informações instantâneas de equipamentos comerciais ou simplesmente informações triviais, como por exemplo a quantidade de latinhas em uma geladeira.

Considerando que os espaços para armazenamento de cilindros (botijões) de gás em residências horizontais e verticais, casas com até dois pavimentos e prédios com até quatro pavimentos superiores ao térreo. Geralmente esses locais são ambientes que erroneamente não possuem correta circulação de ar e podem vir a acumular o GLP, com possibilidade de gerar uma atmosfera explosiva.

Para auxiliar na segurança dessas instalações de modo geral e possibilidade de foco em ambientes familiares, podem ser utilizados sensores de detecção de hidrocarbonetos presentes na mistura que forma o GLP, sendo o butano e o propano os principais hidrocarbonetos dessa mistura que compõe o GLP comercializado no Brasil.

Esses sensores detectam a concentração desses gases combustíveis na atmosfera. Para essa ação devem ser conectados a um dispositivo microcontrolador, por exemplo, placas Arduino ou ESP, e possuir um algoritmo com a programação desejada e instalado nesse dispositivo.

Tratando dessa possibilidade e do risco de acidentes domésticos e comerciais envolvendo o uso de gases combustíveis, a temática desse projeto abordará inicialmente ambientes de cocção que utilizem o GLP como gás combustível para cocção em suas instalações, seja com GLP envasado ou granel.

2.1 IoT

O termo IoT é mundialmente difundido, significando em inglês *Internet of Things*, ou Internet das Coisas, na tradução literal para português.

Conhecida como a nova visão para a internet, em que a ela passa abranger não só computadores, mas, também, objetos do dia a dia. [MATTERN; FLOERKEMEIER, 2010; FACCIÓNI FILHO, 2016].

Não se trata exatamente de uma nova tecnologia, mas de uma nova fronteira em que a internet está se aprofundando. Isso é resultado do avanço tecnológico que vem se realizando continuamente, especialmente da miniaturização eletrônica e dos protocolos diversos de comunicação. [HINER, 2013; VERMESAN; FRIESS, 2014].

Como exemplos mais comuns podem ser citados os assistentes de voz como Alexia, Google e Siri, presentes nos softwares e hardwares dos nossos celulares, televisores, carros, etc.

São inúmeras as aplicações vislumbradas pela IoT. Atualmente, muito se fala em telemetria, aplicações com coleta de dados em ambientes diversos, possibilidade de atuação direta sobre objetos de todos os tipos, relacionamento em rede e interação de objetos entre si, interação entre objetos e pessoas, seja de forma provocada ou transparente. [FACCIONI FILHO, 2016].



Figura 2-1 Apresentação ilustrativa sobre conexão IoT – Each/USP/PET-SI

No website da Oracle, Brasil, é citado que o IoT descreve a rede de objetos físicos incorporados a sensores, software e outras tecnologias com o objetivo de conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas pela internet.

Esses dispositivos variam de objetos domésticos comuns a ferramentas industriais sofisticadas. Segundo uma pesquisa publicada pela ISG Provider Lens, até 2025 existirão cerca de 27 bilhões de dispositivos conectados mundialmente.

2.2 GLP

Considerando a regulamentação brasileira através da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) que cita no artigo 2º da portaria ANP nº 47, DOU 25.03.1999, que o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é 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 mesma definição repete-se, de forma conceitual, na norma brasileira da ABNT NBR 14024 e na norma americana de referência, NFPA 58.

Hidrocarbonetos são definidos como moléculas contendo somente hidrogênio e carbono em sua composição, e são divididos em alifáticos e aromáticos. [EDUARDO TANOUE DA PENHA, 2018]. A sua fórmula molecular geral é dada como C_xH_y .

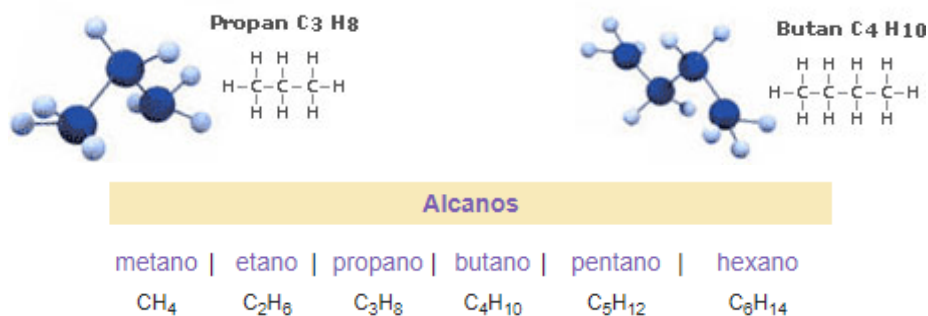


Figura 2-2 Representação dos hidrocarbonetos de Propano e Butano

3. OPORTUNIDADES

3.1 Objetivos

Desenvolver e construir um protótipo funcional, de baixo custo, determinando um modelo de sensor para composição do dispositivo IoT e que esse possa ser capaz de detectar ou sinalizar vazamentos de GLP em ambientes como cozinhas residenciais ou comerciais, vindo a salvar vidas visto já que um simples alerta pode evitar um incidente ou até mesmo um acidente envolvendo danos físicos e materiais nesses ambientes com instalações de uso com GLP.

O *target* financeiro para essa versão de protótipo inicial, utilizando hardware e software que sejam *Open Source* é ter a possibilidade de atingir um custo máximo de R\$100,00 (cem reais) por unidade do protótipo.

3.2 Metas

Atingir de forma positiva os objetivos, gerando um documento que sirva de parâmetro para validação e continuidade de estudos mais elaborados e assim possa ser aplicado ao mercado como forma das empresas distribuidoras de GLP melhorarem seus requisitos técnicos das instalações.

Conseguir definir uma projeção para quantitativo de produção que permita uma redução significativa sobre o valor do *target*, tornando possível uma distribuição ao mercado de maneira contínua e sem ônus ao consumidor final de GLP.

3.3 Estratégia

Identificar se os sensores, *Open Source*, comumente disponíveis no mercado que atendam aos objetivos e metas propostos são funcionais e de baixo custo.

Serão realizados ensaios com diferentes modelos de sensores e possíveis placas controladoras, usando programação em C++, utilizando ferramentas *Open Source* e posteriormente liberando o código fonte dessa programação. Ação que busca melhoria e ampliação colaborativa externa para difusão dessa abordagem de instalação em consumidores de GLP envasado ou granel.

4. MATERIAIS, MÉTODOS E DESENVOLVIMENTO

Tendo as informações e entendo o *target* do projeto, deu-se início ao desenvolvimento de um dispositivo que atendesse às expectativas conforme oportunidades, objetivos e metas propostas. Dessa forma iniciou-se o projeto intitulado: “Dispositivo IoT desenvolvido com baixo custo no conceito Open Source objetivando alertar vazamento de GLP em ambientes com pouca ventilação e alto risco coletivo como instalações GLP em cozinhas”.

4.1 Materiais

Para atender as metas de ser uma implementação de baixo custo, ser um IoT, possuir um sensor para GLP e possivelmente utilizar um protocolo de comunicação, lista-se abaixo (tabela 1) os itens necessários para compor o protótipo proposto.

Item	Material / componente	Quantidade
01	Placa eletrônica programável - Arduino	01
02	Placa eletrônica programável - ESP	01
03	Comunicação Bluetooth	01
04	Comunicação Wi Fi	01
05	Sensor tipo MQ para detecção de gases	04
06	Placa Protoboard	01
07	Cabo de comunicação com computador	01
08	Cabos/fios para ligação do circuito	diversos

Tabela 1 Lista de itens aplicáveis ao protótipo

Conforme tabela 1, para opções de placas eletrônicas com microcontroladores a fim de apenas testar a funcionalidade dos sensores pode-se adotar a linha Arduino ou ESP, porém existem outras opções no mercado. Para esse projeto do protótipo será avaliado a possibilidade de utilização nos modelos Arduino Nano, Uno ou Mega.



Figura 4-1 Placa Arduino Nano

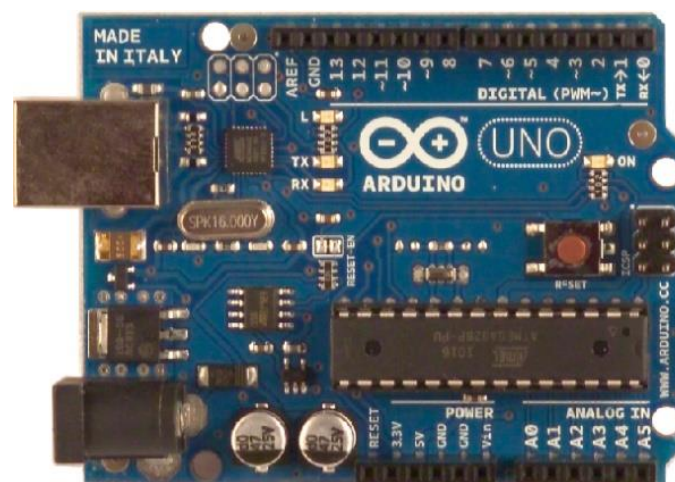


Figura 4-2 Placa Arduino Uno



Figura 4-3 Placa Arduino Mega

Também serão avaliadas as possibilidades para as placas Espressif Systems modelos 32, nome comercial ESP32, ou 8266, ESP 8266.

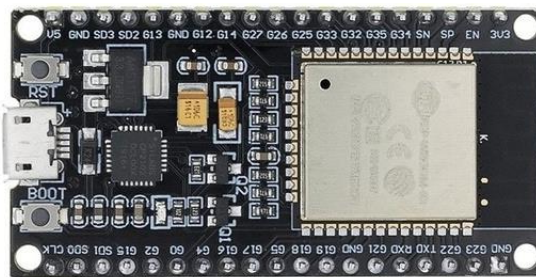


Figura 4-4 Placa Espressif Systems 32 (ESP32)

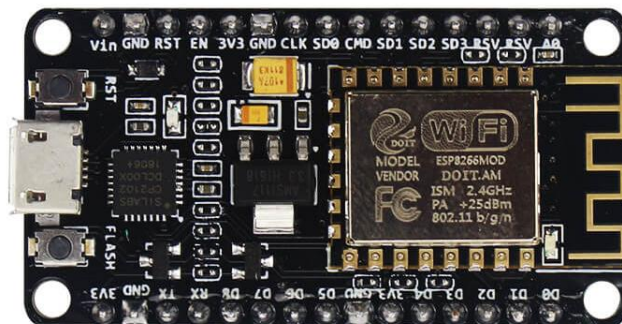


Figura 4-5 Placa Espressif Systems 8266 (ESP8266)

Serão considerados os principais hidrocarbonetos do GLP como componentes a serem detectado pelos sensores, essa questão é para possibilitar a busca por qual desses sensores será o mais efetivo e a melhor opção de custo versus benefício na aplicação do protótipo e posterior produção de um modelo de mercado.

Para detecção do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) serão testados os sensores MQ-2, MQ-4, MQ-5 e MQ-6 a fim de determinar qual desses tem a melhor resposta para a detecção do GLP.



MQ-2



MQ-4



MQ-5



MQ-6

Figura 4-6 Sensores de gás modelos MQ

Os sensores do tipo MQ são os mais usuais no mercado, para aplicações não industriais, podendo ser facilmente encontrados em módulos conforme as imagens acima ou apenas o sensor no mercado brasileiro.

Por esse projeto tratar de um protótipo, é preciso utilizar uma *protoboard* para realizar ligação entre os componentes. Posteriormente aos testes e possíveis validações, poderá então ser analisado a possibilidade real de criar um circuito com trilhas e soldas, eliminando a necessidade de cabos, *shield* e *protoboard*.

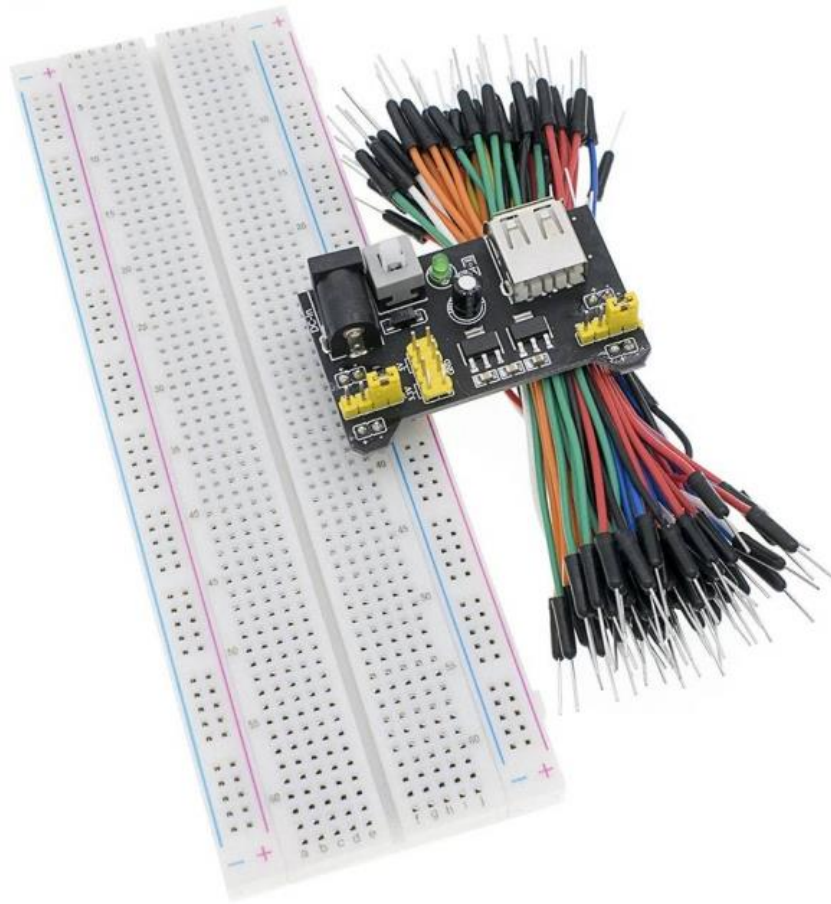


Figura 4-7 Placa *protoboard*, *shield* para fonte de energia externa e cabos conectores

4.2 Métodos

Aplicação da placa de circuito integrado em ecossistema *Open Source*, utilização de sensores disponíveis de mercado, sendo como diferencial os tratamentos que serão dados a essa aquisição dos dados com uso de microcontrolador e programação ser realizada.

O dispositivo IoT, protótipo, utilizará uma placa Arduino ou Espressif Systems para utilização do código que permitirá solicitação dos dados e definição dos resultados lidos.

Serão testados todos os sensores num ambiente conhecendo a mistura de GLP padrão, sendo anotado os tempos de resposta para detecção dos gases com relação a mistura, por exemplo ppm (partes por milhão), de combustível e ar atmosférico no ambiente pelo volume em m³.

Atuação local identificando uma única condição, será utilizado arquitetura de três camadas: Medição (Percepção), Comunicação (Rede) e app (Aplicação).

Elementos:

Sensoriamento	Comunicação	Computação HW	Computação SW	Computação OS
Sensores de gás modelos: MQ-2, MQ-4, MQ-5 ou MQ-6	Wi-Fi e/ou Bluetooth	Arduino ou ESP	Programação em C++	Uso de app ou portal para aquisição e apresentação dos dados coletados

Tabela 2 Elementos do dispositivo

Justificativas:

Sensores de gás, modelos mencionados	Wi-Fi e Bluetooth	Arduino ou ESP	Programação em C++	Uso de app no Android ou Web
São acessíveis no mercado aberto e possuem baixo custo, não comprometendo a segurança para monitoramento da proposta	Principal comunicação utilizada nos dispositivos IoT para uso doméstico	Hardware difundido e de baixo custo, compacto, possui embarcado opções com WiFi e Bluetooth, consome pouca energia, prático e fácil de utilizar	Programação muito utilizada, fácil obter bibliotecas e melhorar códigos <i>Open Source</i> , utilizada no terminar Arduino e sendo possível carregar no ESP	Para recebimento de informações dos dispositivos, é possível ser gerado um app simples para uso no Android que se conecta via Bluetooth ou Wi Fi ao dispositivo IoT

Tabela 3 Justificativa de escolha dos elementos

Ao identificar o melhor modelo de sensor, ou seja, o mais promissor, serão realizados ensaios a fim de determinar as reais faixas mínima e máxima de detecção, do sensor, sem que o próprio dispositivo seja um ignitor completando o triângulo do fogo, conforme figura 4-8.



Combustível: GLP

Comburente: Ar atmosférico

Calor: Qualquer energia que gere calor e ignição

Figura 4-8 Triângulo do fogo

Assim como os parâmetros de calibração e faixa de atuação desse sensor e dispositivo.

Será considerando os limites inferiores (L.I.I) e superiores (L.S.I) de inflamabilidade do GLP, considerando seus principais hidrocarbonetos, ambos no estado gasoso para essa aplicação e limites.

Combustíveis	Limite Inferior de Inflamabilidade (L.I.I)	Limite Superior de Inflamabilidade (L.S.I)
Propano puro	2,1 %	9,5 %
Butano puro	1,8 %	8,4 %
GLP	1,9 %	8,9 %

Tabela 4 Limites inferior e superior de alguns combustíveis

Será utilizado um fogão doméstico de 5 (cinco) “bocas” queimadores e isqueiros comerciais, esse apenas na parametrização, no caso do fogão o seu acionamento automático, após abertura de válvula, será desativado para fins do teste e maior segurança dos envolvidos.

4.3 Desenvolvimento

Para não haver desperdício de tempo aplicado a essa etapa, definiu-se um comparativo dos modelos de placas apresentadas levando em consideração as condições de usabilidade para o propósito, dimensões das placas e custo de aquisição.

Placa	Modelo	Dimensões (mm)	Área (mm ²)	Custo previsto aquisição Brasil
Arduino	Nano	18.5 x 43.2	799,20	R\$ 86,90
	Uno	68.58 x 53.34	3658,06	R\$ 132,90
	Mega	101.6 x 53.4	5425,44	R\$ 235,90
Espressif Systems	32	27.5 x 51.0	1402,50	R\$ 72,90
	8266	49 x 25.5	1249,50	R\$ 47,90

Tabela 5 Limites inferior e superior de alguns combustíveis

Por questões de registro do comparativo financeiro, adotou-se os valores para todos os itens citados nesse projeto considerando valor de aquisição em 2022 com emissão de nota fiscal, quando aplicáveis impostos. A empresa de referência é informada na bibliografia, incluindo os valores para aquisição dos componentes apresentados.

Considerando que as placas Nano, 32 e 8266 possuem as menores áreas e que por outro lado essas mesmas placas possuem os menores valores de aquisição, foi realizando um novo comparativo listando os diferenciais técnicos que pudessem justificar sua aplicação ou descarte.

Modelo	MCU / CPU	Clock (MHz)	Portas analógicas	Portas digitais	Memória Flash	Bluetooth integrado	WiFi Integrado
Nano	Microcontrolador ATmega328	16	6	20	32 KB	✗	✗
ESP32	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6	160	8	11	4 MB	✓	✓
ESP8266	Diamond Standard 106Micro	80	1	11	4 MB	✗	✓

Tabela 6 Limites inferior e superior de alguns combustíveis

Portanto visto a aplicação nesse protótipo e um dos objetivos que é obter um dispositivo IoT de baixo custo, sem renunciar as configurações essenciais, dessa forma o modelo Espressif Systems referenciado como ESP8266 mostrou-se como a melhor opção custo versus benefício dentre a gama de placas apresentada.

As placas Arduino por serem mais antigas, com relação a lançamento, não possuem em todas as versões as opções de protocolos e hardware de comunicação como inclusão do Bluetooth e WiFi, esses podem ser adquiridos como componentes adicionais e elevará ainda mais o custo, fugindo da proposta desse projeto e tornando-se maior o conjunto que no cenário ideal deve ser o menor possível.

Considerando que o modelo selecionado, ESP8266, possui apenas uma porta analógica e no primeiro ensaio o ideal para determinar a possibilidade de uso dos sensores, figura 4-6, adotou-se a placa já existente e, portanto, de forma provisória e apenas para o ensaio in loco sem necessidade de comunicação, tendo apenas o intuito de validar os sensores pela diferença de tensão na detecção dos gases utilizando as portas analógicas, utilizou-se a placa Arduino Mega 2560.

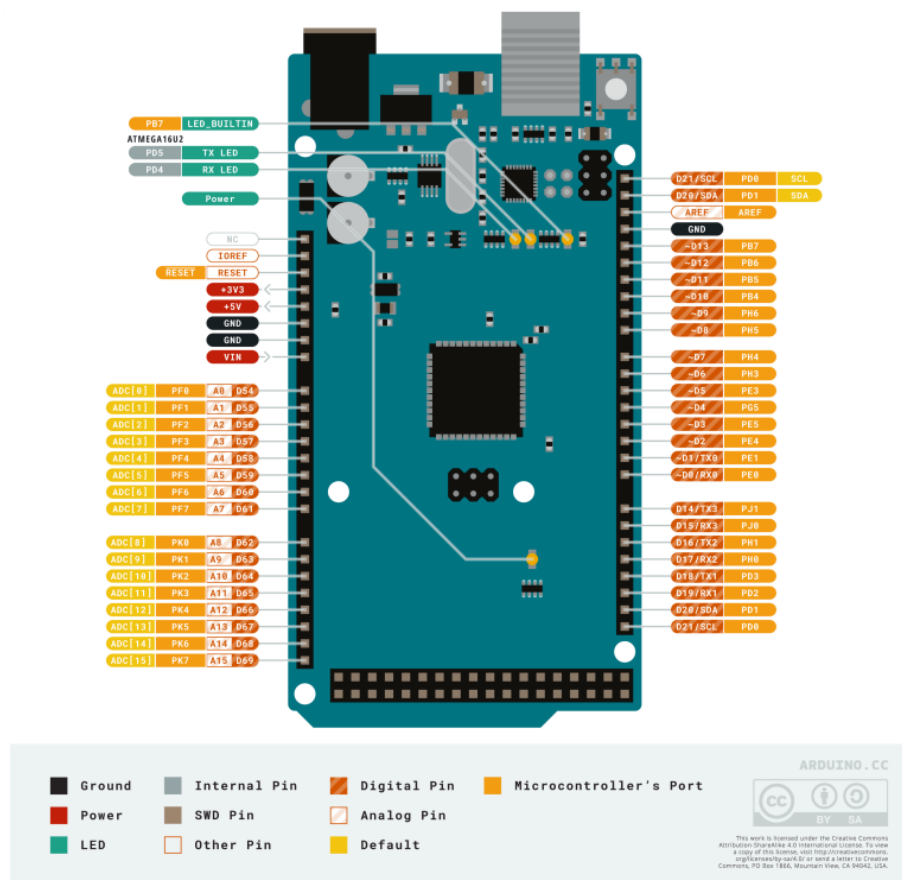


Figura 4-9 Identificação das portas na placa Arduino Mega 2560

Os sensores MQ com shield contendo potenciômetro P103, componentes eletrônicos e leds foram instalados na protoboard e interligados por cabos as portas GND e +5V de forma serial e nas portas de A0 até A3 de forma paralela, pois essas que recebem a informação sobre o diferencial de tensão obtido no sensor em teste, sendo um sinal de 0 a 1023.

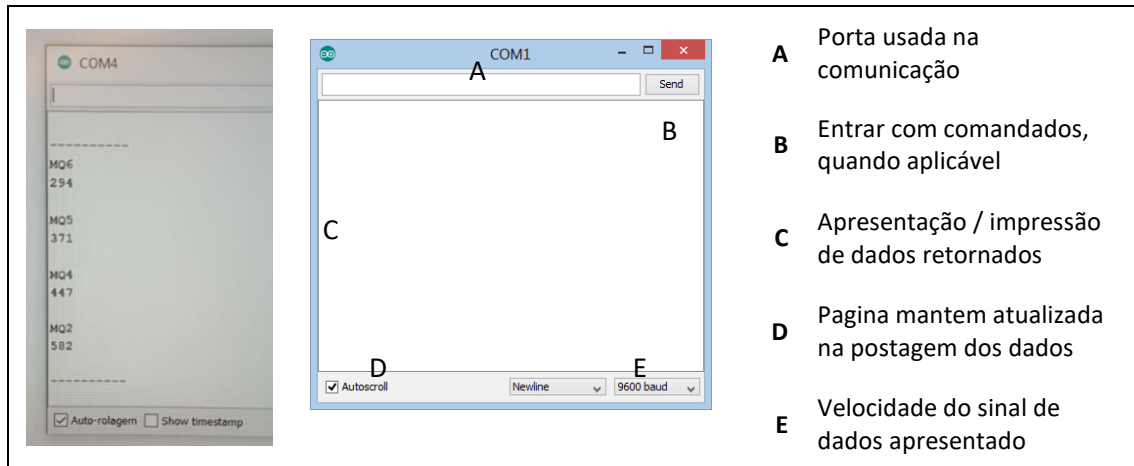


Tabela 7 Apresentação de coleta parcial e informativo sobre os dados no painel IDE Arduino

Os sensores MQ possuem diferentes modelos e são classificados numericamente de acordo com os hidrocarbonetos que conseguem avaliar no ambiente, conforme tabelas abaixo é possível identificar a recomendação de gases a serem detectados por cada modelo aqui apresentado.

Model No.	MQ-2
Sensor Type	Semiconductor
Standard Encapsulation	Bakelite (Black Bakelite)
Detection Gas	Combustible gas and smoke
Concentration	300-10000ppm (Combustible gas)

Model No.	MQ-4
Sensor Type	Semiconductor
Standard Encapsulation	Bakelite (Black Bakelite)
Detection Gas	Natural gas/ Methane
Concentration	300-10000ppm (Natural gas / Methane)

Model No.	MQ-5
Sensor Type	Semiconductor
Standard Encapsulation	Bakelite (Black Bakelite)
Detection Gas	LPG, Methane, coal gas
Concentration	300-10000ppm(Methane, Propane, Butane, H2)

Model No.	MQ-6
Sensor Type	Semiconductor
Standard Encapsulation	Bakelite (Black Bakelite)
Detection Gas	Isobutane, Butane, LPG
Concentration	300-10000ppm (Butane, Propane, LPG)

Tabela 8 Dados técnicos dos sensores MQ modelos 2, 4, 5 e 6

Na figura 4-10 é possível verificar os detalhamentos construtivos dos sensores do tipo MQ, assim como as dimensões (mm) e vistas do sensor.

O conjunto de componentes citado anteriormente foi montado na *protoboard* considerando os quatro sensores em paralelo, esse *layout* (ver figura 4-10) tem por

objetivo possibilitar a obtenção de melhores avaliações nas leituras prévias e num mesmo cenário de exposição e tempo.

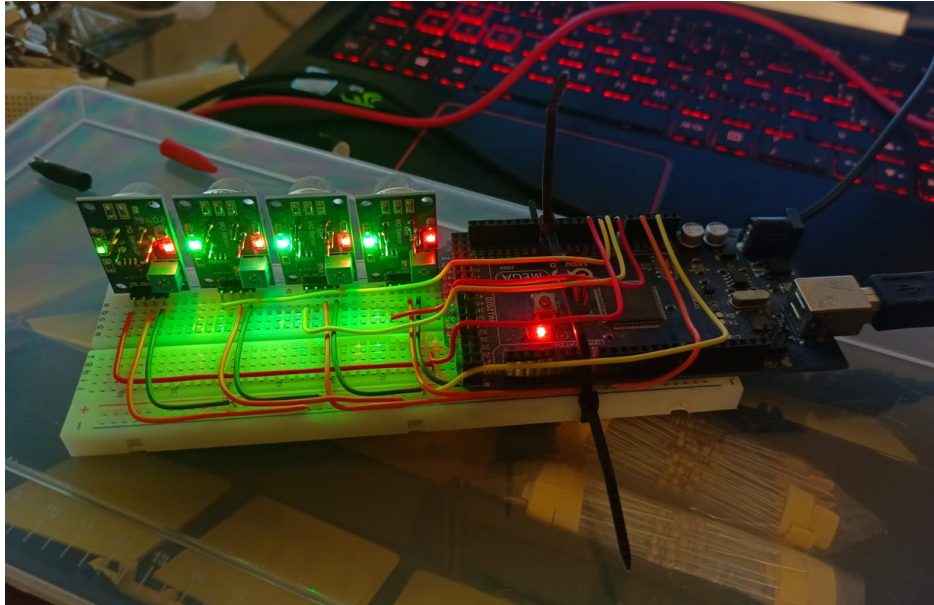


Figura 4-10 Protoboard com placa Mega 2560 para teste e definição de uso dos sensores MQ

Após alguns ensaios e considerando as informações da tabela 7 e 8, é possível identificar que no *datasheet* do sensor que o MQ-4 informa que é específico para outros tipos de análise, com exposição preferencial ao metano, não estando, portanto, em ressonância com o GLP.

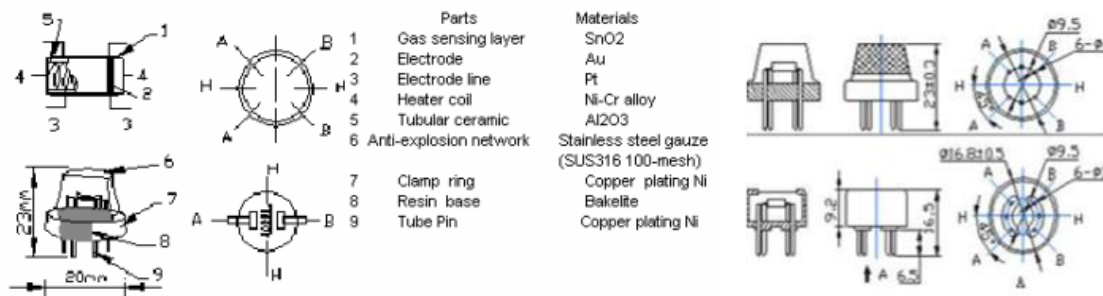


Figura 4-11 Detalhamento construtivo e dimensões com vistas em corte dos sensores MQ

Para continuidade do desenvolvimento, foi desconsiderado as leituras do sensor MQ-04, não fazendo mais parte do comparativo de dados, vindo a desconsiderar também sua utilização como modelo de sensor na aplicação do objeto desse case.

Na fase de coleta e validações, adotou-se a placa ESP8266 montada, figura 4-11, na protoboard e utilizando cabos para conexão das portas, realizando a medição de

sensores para parametrização dos dados e posterior comparação de menor erro obtido e considerações a serem adotadas.

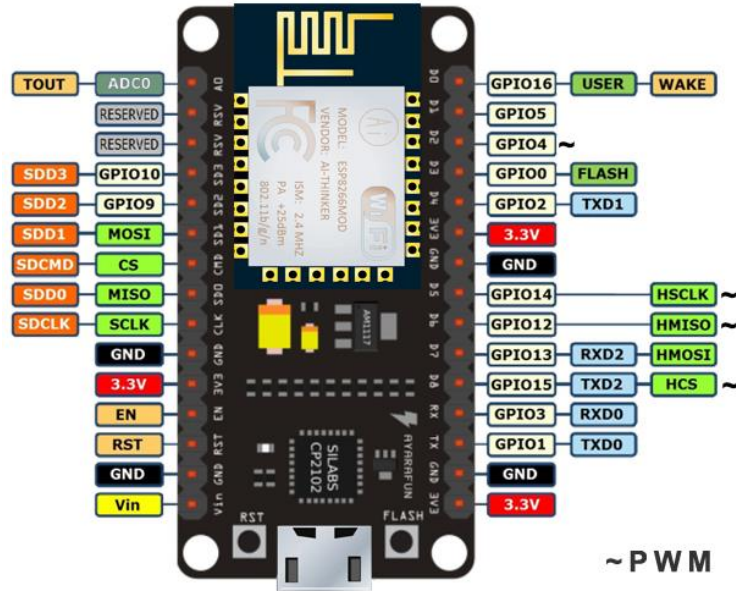


Figura 4-12 Identificação das portas na placa ESP8266

Assim como ocorreu no teste com a placa Mega, os sensores MQ com *shield* contendo potenciômetro P103, componentes eletrônicos e leds foram instalados na protoboard e interligados por cabos as portas GND e +5V de forma serial e cada ensaio a conexão da porta A0 sendo substituída para cada um dos sensores MQ em operação.

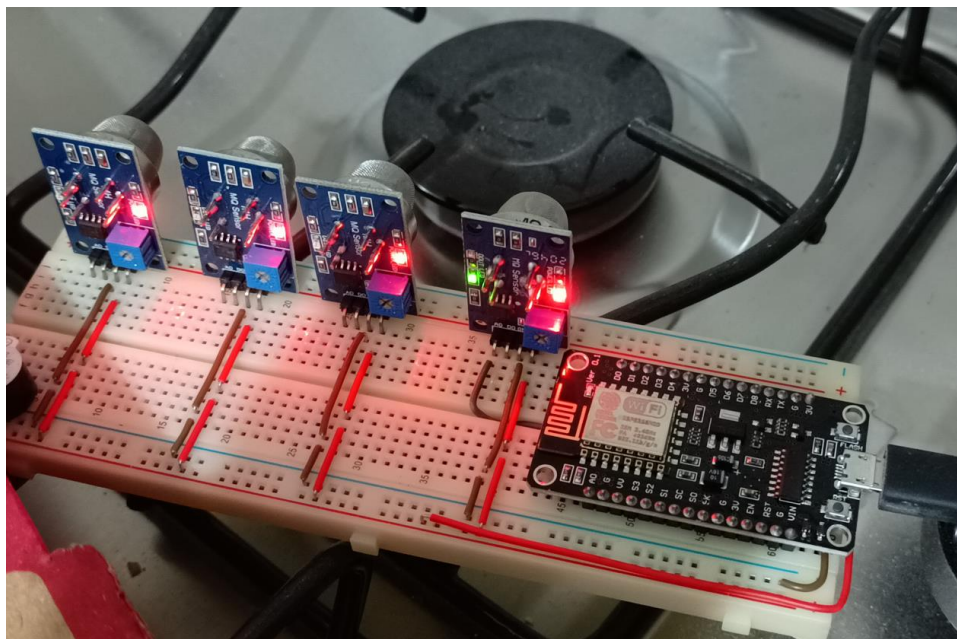


Figura 4-13 Medição dos gases no queimador do fogão GLP, simulando um vazamento

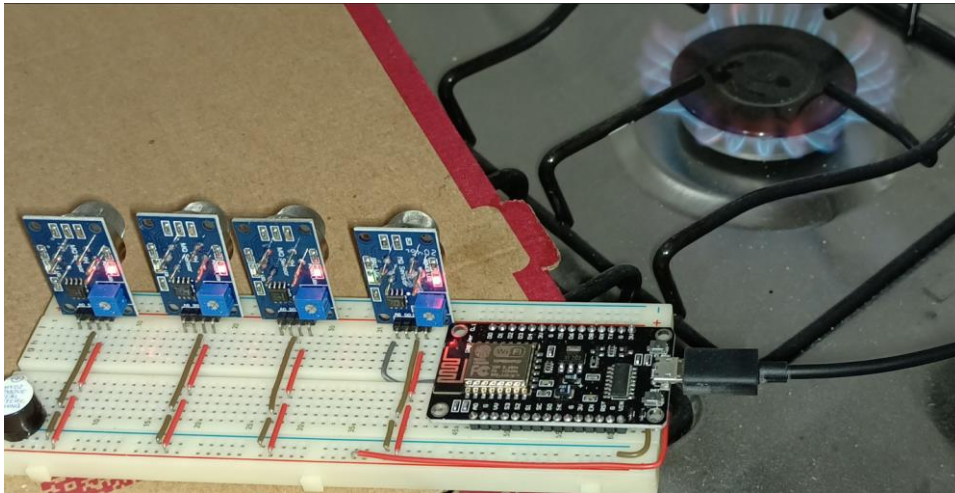


Figura 4-14 Medição de gases no queimador do fogão GLP, com acendimento da chama após 10 segundos

Foram realizadas ainda outras medições, considerando a montagem de sensor individual na protoboard, sendo assim a tomada / aquisição de dados, de cada sensor simulando um vazamento com duração de até 10 segundos.

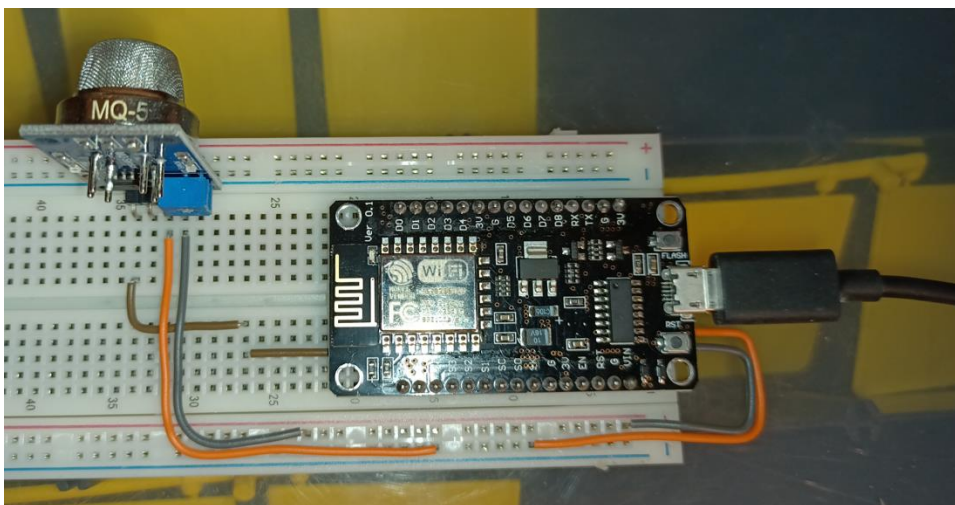


Figura 4-15 Protótipo do dispositivo IoT montado com placa ESP8266 e sensor MQ-5

O código da programação em C++, amostra parcial na figura 4-16, foi elaborado utilizando o IDE (*Integrated Development Environment*) Arduino versão 1.8.20 está no anexo 8.1 desse case / projeto de forma completa para sua reutilização, desde que seja citado a fonte e comunicado o autor do case. Assim aqueles que desejarem melhorar a ideia ou queiram contribuir de forma a termos um upgrade para implementação de um modelo economicamente viável que possa ser distribuído gratuitamente pelas empresas de GLP ou que seja atribuído a ações de venda como programa de fidelidade para clientes do envasado e utilização padrão em clientes granel a depender da aplicação do GLP e área utilizada nas cozinhas por exemplo.

```

#include <ESP8266WiFi.h>

#define SSID_REDE    "XXXXXX" //Substituir o XXX pelo nome a ser inserido pelo usuario rferente a rede WiFi
#define SENHA_REDE  "*****" //Substituir o *** pela Senha de acesso do WiFi a ser inserido pelo usuario
#define INTERVALO_DADOS  15000 //Intervalo de coleta dos dados para envio a nuvem

char EnderecoAPIThingSpeak[] = "api.thingspeak.com"; //Permite criar um monitor remoto para apresentação dos dados coletados
String ChaveEscritaThingSpeak = "YYYYYY"; //Substituir o YYY pela a chave a ser obtida no thingspeak após cadastro
long lastConnectionTime;
WiFiClient client;

void EnviaInformacoesThingSpeak(String StringDados);
void ConectaWiFi(void);
float LeituraGLP(void);

```

Figura 4-16 Parte do código fonte C++ do programa gerado para funcionamento do IoT

A plataforma *cloud service* para coletânea de dados com possibilidade de uso inclusive do MATLAB é encontrada no site <https://thingspeak.com>, tendo versão livre para entusiastas ou de uso comercial para armazenamento de soluções mais robustas com possibilidade de publicação de diversos canais, chaves para envio de dados de dispositivos IoT.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dados Gerais

Conforme citado no capítulo anterior, o sensor MQ-4 foi descartado devido sua configuração de sensibilidade ser para gases do tipo metano (CH₄), estando assim fora do escopo previsto para as possíveis misturas de hidrocarbonetos a serem encontradas de forma expressiva na composição do GLP.

Na tabela 9, observa-se a média das medições dos sensores aptos a continuidade do estudo. Essa análise é para parametrização inicial dos valores a serem considerados para os sensores e assim detectar a diferença no sinal que é lido pela porta A0 da placa ESP8266.

Sensor	Ambiente sem GLP		Ambiente com GLP				Temperatura Ambiente	Δt (ms)
	P103 ativo	P103 Inativo	P103 ativo	Δ potencial	P103 Inativo	Δ potencial		
MQ-2	384	360	632	248	602	242	20 °C	1000
MQ-4	-	-	-	-	-	-		
MQ-5	319	311	848	529	854	543		
MQ-6	786	765	1024	238	1024	259		

Tabela 9 Dados referente as coletas conforme descritivo no título acima

Em todas as medições realizadas com os sensores MQ-2, MQ-5 e MQ-6 foram considerando ambiente com GLP e sem GLP. Outro fator é sobre o uso de potenciômetro P103 em cada sensor, sendo realizadas coletas de dados com eles na posição ativa (Ligado) e inativa (desligado). Esse componente amplifica a sensibilidade do sinal de tensão que é enviada para porta da placa controladora.

5.2 Tabelas comparativa de resultados entre os sensores

Ensaio de 0 a 2000 ms de exposição ao GLP:

Sensor	Status P103	0 ms	2000 ms	Δ potencial	% mudança
MQ-2	Ativo	349	609	260	74,50%
	Inativo	532	591	59	11,09%
MQ-5	Ativo	316	812	496	156,96%
	Inativo	310	758	448	144,52%
MQ-6	Ativo	762	1024	262	34,38%
	Inativo	747	901	154	20,62%

Tabela 10 Dados referente as coletas entre 0 e 2000 ms

Ensaio de 0 a 4000 ms de exposição ao GLP:

Sensor	Status P103	0 ms	4000 ms	Δ potencial	% mudança
MQ-2	Ativo	349	607	258	73,93%
	Inativo	532	593	61	11,47%
MQ-5	Ativo	316	823	507	160,44%
	Inativo	310	831	521	168,06%
MQ-6	Ativo	762	1024	262	34,38%
	Inativo	747	1024	277	37,08%

Tabela 11 Dados referente as coletas entre 0 e 4000 ms

Ensaio de 0 a 6000 ms de exposição ao GLP:

Sensor	Status P103	0 ms	6000 ms	Δ potencial	% mudança
MQ-2	Ativo	349	594	245	70,20%
	Inativo	532	602	70	13,16%
MQ-5	Ativo	316	838	522	165,19%
	Inativo	310	854	544	175,48%
MQ-6	Ativo	762	1024	262	34,38%
	Inativo	747	1024	277	37,08%

Tabela 12 Dados referente as coletas entre 0 e 6000 ms

Ensaio de 0 a 8000 ms de exposição ao GLP:

Sensor	Status P103	0 ms	8000 ms	Δ potencial	% mudança
MQ-2	Ativo	349	579	230	65,90%
	Inativo	532	572	40	7,52%
MQ-5	Ativo	316	848	532	168,35%
	Inativo	310	823	513	165,48%
MQ-6	Ativo	762	1024	262	34,38%
	Inativo	747	999	252	33,73%

Tabela 13 Dados referente as coletas entre 0 e 8000 ms

5.1 Gráfico da amostra de leitura remota e consolidação de resultados

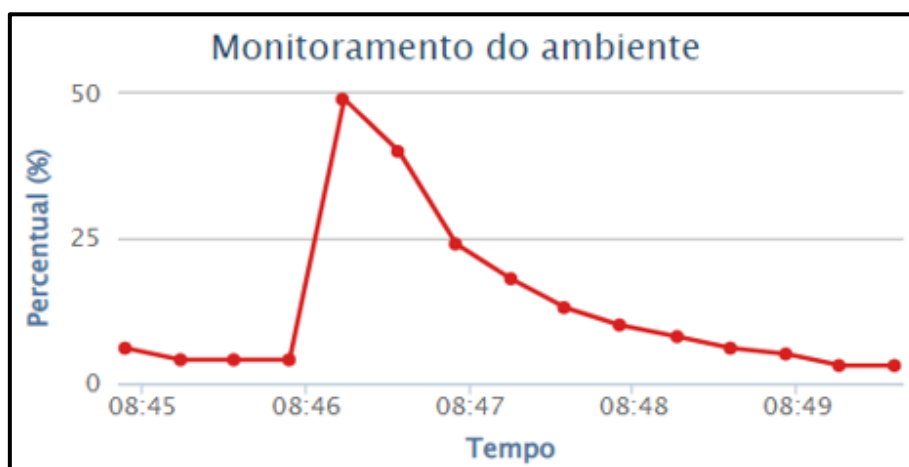


Figura 5-1 Gráfico dos dados em nuvem / Amostra de um ensaio com pico na detecção do vazamento simulado

Sensor	Melhor	Aceitável	Impreciso	Inaceitável	Pior
MQ-2	0	0	4	0	4
MQ-5	4	4	0	0	0
MQ-6	0	0	4	4	0

Tabela 14 Classificação dos sensores de forma lúdica considerando como aceite Melhor ou Aceitável

Sensor	Erro na aquisição de dados	
	Sem GLP	Com GLP
MQ-5	1,94%	1,83%

Tabela 15 Erros máximo obtidos na análise com sensor único

6. CONCLUSÃO

Conforme já apontado, é visível o ganho geral num projeto e instalação de GLP com o uso de sensoriamento para detecção de possível vazamento, sendo necessário que as empresas de GLP avaliem essa questão no sentido de passarem a adotar como paliativo de melhoria na instalação, mesmo que no Brasil ainda não seja uma obrigatoriedade generalizada para qualquer tipo, porte, de projeto e instalação.

De acordo com o que foi explanado nas oportunidades com sinalização dos problemas e o que foi proposto como objetivos e metas, é verificado que foram atendidos, tendo um protótipo com custo inicial inferior aos R\$100,00 (Cem reais) estabelecidos, pois o modelo tem um custo final de material previsto em R\$67,80 (Sessenta e sete reais e oitenta centavos), valor com redução de 32,2% do proposto.

Reiterando que esse resultado foi obtido considerando que inicialmente está sendo avaliado nessa abordagem a utilização em ambientes com pontos de consumo em locais com possível aglomeração de pessoas e muitas vezes não ventilado corretamente, como é o caso de cozinha do tipo comercial.

O sensor definido dentre os que foram abordados nesse case / projeto, foi o modelo MQ-5. O *link* para acesso completo à sua ficha técnica está disponível nos dados do anexo 8.1, dentre outras informações.

A placa controladora, caso não seja adotada alternativa mais recomendada dentre os modelos avaliados, ou seja, que foram analisadas nesse case / projeto, retorna como sendo uma escolha mais viável a placa ESP8266, devido ao seu baixo custo e já possuir Wi Fi embarcado, além de atender como plenamente com nível de *hardware* para proposta *Open Source*.

6.1 Próximos passos

O valor obtido no protótipo pode ser reduzido de forma significativa se adotado um modelo de construção em serie, por exemplo lotes de 1000 unidades, a serem montadas em placas com circuitos integrados e trilhas impressas, uso de EPROM (*erasable programmable read-only memory*), para manter o programa suficiente para as aplicações que tenham o objetivo, nesse caso, apenas de realizar uma quantidade específica de ações, como tocar um sinal sonoro ou acionar um solenoide quando detectado mudança de tensão no sensor, sendo numa porta digital onde será 0 ou 1 a resposta ou quando atinge um determinado mV predeterminado como pico e possível vazamento.

Seguindo as condições citadas acima, poderá permitir que o dispositivo completo desse IoT passe a custar menos de R\$40,00 a unidade finalizada, já com Wi Fi embarcado.

Para um dispositivo mais elaborado e refinado, pode ainda ser interessante a utilização da placa ESP8266 ou até mesmo a inclusão de ESP mais recente que tenha também o protocolo Bluetooth, facilitando ainda mais sua interação com *smartphones* para configuração inicial, assim como ocorre nos diversos *wearables* que utilizamos diariamente em casa, trabalho, entretenimento, entre outros.

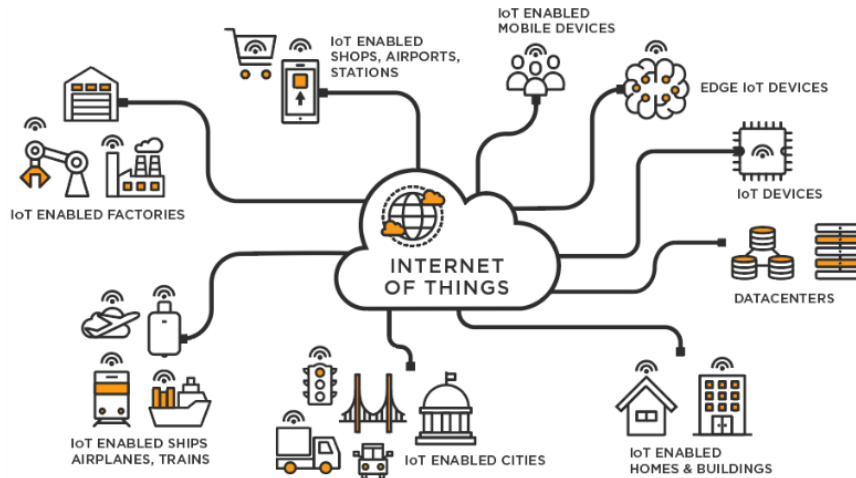


Figura 6-1 Exemplificação visual do que conecta um dispositivo IoT

O desafio para os colegas de mercado é junto criamos uma versão que possa ser comercial e mais complexa.

Numa aplicação mais restrita é interessante avaliar o uso de outro sensores, pelo menos mais dois sendo um para detectar “fumaça” e outro para mensurar a qualidade do ar atmosférico, assim a programação poderá elevar-se e ser implementado a lógica Fuzzy, por exemplo, com retroalimentação de dados coletados onde o sistema irá avaliar comparando os diferentes parâmetros que se reajustam dentro dos limites impostos e assim a lógica computacional possa retornar resposta com opção assertiva para uma tomada de decisão do próprio sistema ou do usuário, vindo a ter possibilidade de aplicação do *machine learning*, ou seja, o sistema aprender com o passar do tempo de uso e ciclos de exposição.

Essa possibilidade de melhoria da ideia, abro aos colegas, em especial aos mercado de GLP, com os times de projetos e instalações das empresas distribuidoras, também aos acadêmicos de graduação, mestrado ou doutorado que desejam contribuir para obtermos um dispositivo ainda mais específico e sendo uma alternativa de menor custo, comparado ao mercado, e tendo como objetivo uma alta eficiência e confiabilidade, podendo vir a ser um IoT conceitual que possa evitar acidentes na indústria que utiliza gases inflamáveis em alguma parte de seu processo.

Para determinação de um padrão a ser adotado na parametrização desse dispositivo possivelmente comercial, leia-se sensores para nível industrial, considerando opções com afastamento normativo de pontos de ignição, se aplicado na área da central de GLP, por exemplo, ou até mesmo uma certificação EX num futuro, será necessário uso de laboratório com controle total da atmosfera e temperatura, utilizar explosímetro calibrado e certificado, utilizar GLP que tenha sido analisado em cromatógrafo assim determinar todos os componentes a serem considerados.

7. BIBLIOGRAFIA

Livros / Normas/ Revistas / Encartes:

IoT : como usar a Internet das Coisas para alavancar seus negócios / Bruce Sinclair; tradução Afonso Celso da Cunha Serra. - 1. ed. - São Paulo: Autêntica Business, 2018.

Capítulo 1 - Internet das Coisas: da Teoria à Prática / Departamento de Ciência da Computação / Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) / Belo Horizonte, MG, Brasil: <<https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>>.

Fundamentos de química orgânica / Eduardo Tanoue da Penha, Carlise Frota. – Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

National Fire Protection Association, NFPA Fact Sheet 2018. <<https://www.nfpa.org/-/media/Files/Code-or-topic-fact-sheets/LPGasFactSheet.ashx>>.

Sistema de Rastreamento Solar com Dois Eixos para Painéis Fotovoltaicos, Coletores Cônicos, Cilíndricos e Parabólicos. LIMA FILHO, M. C. / Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2014.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, ANP. Portaria ANP Nº 47, DE 24.3.1999, DOU 25 de março de 1999 <<https://atosoficiais.com.br/anp/portaria-tecnica-n-47-1999-estabelece-a-regulamentacao-para-execucao-das-atividades-de-projeto-construcao-e-operacao-de-transvazamento-de-sistemas-de-abastecimento-de-gas-liquefeito-de-petroleo-glp-a-granel?origin=instituicao>>

Material visualizado / consultado na Internet – Pesquisa entre julho e setembro 2022:

BRASIL. PETROBRAS S/A. Acesso ao conteúdo disponível no endereço eletrônico: <[HTTPS://PETROBRAS.COM.BR/DATA/FILES/90/B7/63/C6/F4E9C710E2EF93B7B8E99EA8/NEW_MANUAL-DE-GLP_DIAGRAMADO.PDF](https://PETROBRAS.COM.BR/DATA/FILES/90/B7/63/C6/F4E9C710E2EF93B7B8E99EA8/NEW_MANUAL-DE-GLP_DIAGRAMADO.PDF)>

KADATEC Ltd. Acesso ao conteúdo disponível no endereço eletrônico: <<http://kdatec.cz/en/company/what-is-lpg/>>

ISG, Information Services Group. Acesso ao conteúdo disponível no endereço eletrônico: <<https://isg-one.com/search?search=iot%202025&lang=en>>

BRASIL, PARANÁ. DEFESA CIVIL. Acesso ao conteúdo disponível no endereço eletrônico: <[HTTP://WWW.DEFESACIVIL.PR.GOV.BR/SITES/DEFESA-CIVIL/ARQUIVOS_RESTRITOS/FILES/DOCUMENTO/2019-05/TEXTO_MODULO_5_MANUAL_PREVENCAO_0.PDF](http://WWW.DEFESACIVIL.PR.GOV.BR/SITES/DEFESA-CIVIL/ARQUIVOS_RESTRITOS/FILES/DOCUMENTO/2019-05/TEXTO_MODULO_5_MANUAL_PREVENCAO_0.PDF)>

LAS VEGAS (USA). POLOLU CORPORATION. Acesso ao conteúdo disponível no endereço eletrônico: <[HTTPS://WWW.POLOLU.COM/CATEGORY/7/SENSORS](https://WWW.POLOLU.COM/CATEGORY/7/SENSORS)>

8. ANEXOS

Código fonte da programação em C++ para uso no protótipo com placa ESP8266:

```
#include <ESP8266WiFi.h>

#define SSID_REDE      "XXXXXX"
#define SENHA_REDE    "*****"
#define INTERVALO_DADOS 15000

char EnderecoAPIThingSpeak[] = "api.thingspeak.com";
String ChaveEscritaThingSpeak = "YYYYYY";
long lastConnectionTime;
WiFiClient client;

void EnviaInformacoesThingspeak(String StringDados);
void ConectaWiFi(void);
float LeituraGLP(void);

void EnviaInformacoesThingspeak(String StringDados)
{
    if (client.connect(EnderecoAPIThingSpeak, 80))
    {
        client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
        client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
        client.print("Connection: close\n");
        client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+ChaveEscritaThingSpeak+"\n");
        client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
        client.print("Content-Length: ");
        client.print(StringDados.length());
        client.print("\n\n");
        client.print(StringDados);

        lastConnectionTime = millis();
        Serial.println("Dados enviados ao App ThingSpeak.");
    }
}

void ConectaWiFi(void)
{
    client.stop();
    Serial.println("Acessando a rede WiFi local...");
    Serial.println();
    delay(1000);
    WiFi.begin(SSID_REDE, SENHA_REDE);

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
    {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }

    Serial.println("");
    Serial.println("Rede WiFi conectada.");
    Serial.println("IP do dispositivo: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
}
```

```
    delay(1000);
}

float LeituraGLP(void)
{
    int Base;
    float percentual_ppm;

    Base = analogRead(0);
    Serial.print("[Leitura numerica do sensor] ");
    Serial.println(Base);

    percentual_ppm = 100 * ((-350+(float)Base) / 850);
    Serial.print("[Percentual estimado de GLP no ambiente (Erro até +- 2,0%)] ");
    Serial.print(percentual_ppm);
    Serial.println("%");
    Serial.println("-----");

    return percentual_ppm;
}

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    lastConnectionTime = 0;
    ConectaWiFi();
    Serial.println("IOT / UECE - Prêmio GLP 2022");
    Serial.println("Professores Dr. Rafael Lopes Gomes & Dr. Marcial Porto Fernandez");
    Serial.println("Aluno mestrando Eng. Esp. Marcos Camargo");
}

void loop()
{
    float percentual_ppmLida;
    int percentual_ppmTruncada;
    char Asterisco[11];

    if (client.connected())
    {
        client.stop();
        Serial.println("O App ThingSpeak foi desconectado.");
        Serial.println();
    }

    percentual_ppmLida = LeituraGLP();
    percentual_ppmTruncada = (int)percentual_ppmLida;

    if(!client.connected() &&
        (millis() - lastConnectionTime > INTERVALO_DADOS))
    {
        sprintf(Asterisco, "field1=%d", percentual_ppmTruncada);
        EnviaInformacoesThingspeak(Asterisco);
    }

    delay(10000);
}
```

[Código C++ programado no IDE Arduino, sua utilização é aberta. Citar a fonte e autor sem eu trabalho]

8.1 Links de conteúdos adicionais

Placa Nano V3 (R\$86,90)

<https://www.filipeflop.com/produto/placa-nano-v3-0-cabo-usb-para-arduino/>

Placa Uno (R\$132,90)

<https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>

Placa Mega (235,90)

<https://www.filipeflop.com/produto/placa-mega-2560-r3-cabo-usb-para-arduino/>

Placa ESP32 (R\$72,90)

<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp32-bluetooth/>

Placa ESP8266 (R\$47,90)

<https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>

Sensor MQ-5 (R\$19,90)

<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-gas-mq-5-glp-e-gas-natural/>

Kit Protoboard e cabos (R\$45,90) [Apenas para testes, não se aplica ao projeto final]

<https://www.filipeflop.com/produto/kit-protoboard-start/>