



Concepção de um protótipo IoT de baixo custo e aplicável aos estabelecimentos de pequeno porte que possuam um P125 ou P190, permitindo assim monitorar o volume de GLP no tanque e dados do ambiente dessa instalação

Project of design a low-cost IoT prototype applicable to small establishments that have a P125 or P190, thus allowing monitoring of the bulk of LPG in the tank and data from the environment of that installation



PROJETOS DE INSTALAÇÕES

AUTORES

Universidade Estadual do Ceará – UECE

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

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

CO - AUTORES

CL Engineering

Luciana Oliveira Pimentel, clengineering@outlook.com.br, (85) 3022 - 8080

4M Engenharia

Cristian Monteiro Macedo, diretoria@4msengenharia.com, (85) 3103 - 0002

Raul Moreno Martins, diretoria@4msengenharia.com, (85) 9 9634 - 7238



SUMÁRIO

1. Histórico das Entidades.....	03
1.1 UECE / CCT / PPGCC / LASID.....	03
1.2 CL Engineering.....	03
1.3 4M Engenharia.....	03
2. Introdução.....	04
3. Oportunidades.....	05
2.1 Objetivos.....	05
2.2 Metas.....	05
2.3 Estratégia.....	05
4. Métodos e Desenvolvimento.....	06
3.1 Métodos.....	06
3.2 Desenvolvimento.....	06
5. Resultados.....	11
6. Conclusão.....	13
7. Agradecimentos.....	13
8. Referências.....	13

1. HISTÓRICO DAS ENTIDADES

1.1 Universidade Estadual do Ceará – 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.

No campus do Itaperi, em Fortaleza/CE, o centro de ciências e tecnologia (CCT) está no principal campus da UECE e que também é sede do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, PPGCC, que tem como objetivo 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.

Inserido nesse contexto, está o Laboratório de Sistemas Digitais, LASID, que proporciona oportunidade de estudo, pesquisa e desenvolvimento em redes distribuídas, paralelas, mineração de dados, dispositivos com IA, dispositivos para internet das coisas (IoT), dispositivos aplicados ao Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), Hidrogênio (H₂), monitoramento de ambiente, entre outros.

1.2 CL Engineering

Atuante no mercado cearense com consultorias técnicas para instalações GLP, avaliação de empreendimentos com medição individualizada, inspeções normativas como NR-13 e NR-20, emissão de parecer e laudos, consultoria em segurança do trabalho, desenvolvimento e implementação de aplicações para automação e otimização de sistemas, treinamentos corporativos e público geral.

1.3 4M Engenharia

Fundada com foco na prestação de serviço de inspeções mecânicas e elétricas, projetos, laudos, atividades de responsabilidade técnica conforme normas NR-10, NR-12, NR-13, NR-18, NR-20 e NR-35, além de manutenções preventivas e corretivas de equipamentos GLP e da construção civil.

Desenvolve projetos e montagens de centrais GLP com recipientes transportáveis abastecidos no local e com tanques estacionários horizontais e verticais, além de equipamentos relacionados.

Conta com um corpo técnico de Engenheiros Mecânicos, Engenheiros Eletricistas, Engenheiros de Segurança do Trabalho, Técnicos e Montadores capacitados e qualificados.

2. INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias e a redução de custos na fabricação de componentes eletrônicos têm possibilitado a ampla adoção dos dispositivos IoT (Internet das Coisas). Esses sistemas interligados permitem o acesso instantâneo a informações cruciais, desde ações triviais, como ligar ou desligar uma lâmpada ou até tratar dados críticos para empresas e usuários.

Dispositivos IoT estão se tornando cada vez mais presente no mercado, oferecendo soluções práticas e eficazes para uma variedade de necessidades. Aplicação no monitoramento de consumo de energia, controle remoto de equipamentos e otimização de processos de negócios, além disso, a IoT está revolucionando diversos setores, incluindo a agricultura, saúde, logística e manufatura, ao otimizar processos, economizar recursos e melhorar a qualidade de vida das pessoas, seja no lazer ou no trabalho sempre haverá um dispositivo.

Essa expansão da IoT promete trazer avanços significativos na automação, na coleta de dados em tempo real e na tomada de decisões baseada em informações mais precisas, impulsionando a eficiência e a inovação em escala global. O gráfico abaixo, adaptado do portal web: iot-analytics, apresenta a projeção de crescimento e valor gasto mundialmente com dispositivos IoT.

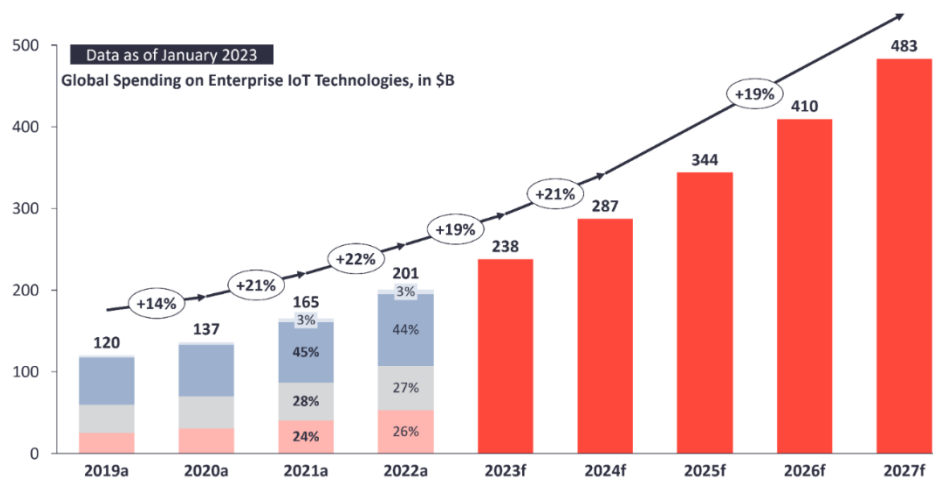


Gráfico 2 – Mercado global de IoT (Fonte: iot-analytics / Fevereiro de 2023 por Philipp Wegner)

Portando a indústria de GLP não poderia ficar de fora dessa visão de futuro global, desde já temos que aplicar soluções simplificadas e de baixo custo que refletiram e economia, a famosa palavra *saving*, nas operações por exemplo com caminhão tanque, manutenções, detecção e problemas e controle de consumo, principalmente dos clientes das distribuidoras que comercializam GLP no modelo Granel para recipientes transportáveis abastecidos no local e/ou tanques estacionários, vasos depressão.

3. OPORTUNIDADES

Atualmente o mercado nacional de GLP não dispõe de dispositivos de monitoramento, para centrais GLP com recipientes transportáveis abastecidos no local, que sejam com baixo custo. Normalmente os equipamentos são importados ou adaptados em partes de conjuntos, sensores já existentes em outros mercados.

2.1 Objetivos

Abordar o *gap* sinalizado como oportunidade, tendo como objetivos claros e específicos para esse projeto / case:

- Criar um dispositivo capaz de monitorar o volume de GLP de recipientes abastecidos no local, como B/P 125 e B/P 190;
- Desenvolver o conjunto de hardware e software no ecossistema *open-source*;
- Possuir interação offline com usuário, sendo esse, empresas de pequeno porte;
- Permitir o monitoramento do volume de GLP sem necessidade de acessar a área interna da central de GLP;
- Fomentar o interesse das empresas distribuidoras de GLP para tecnologias IoT;
- Aplicar conhecimento relacionado ao mestrado em ciências da computação promovido pela Universidade Estadual do Ceará através do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (PPGCC).

2.2 Metas

Atingir de forma positiva os objetivos, gerando um dispositivo que sirva de base para um equipamento definitivo para aplicação em larga escala por empresas distribuidoras de GLP.

Demonstrar ao mercado a importância do monitoramento remoto, mesmo que offline, para evitar acesso de terceiros a dependência da central de GLP.

2.3 Estratégia

Utilizando linguagem e hardware *open-source* para sanar uma defasagem de equipamento para esse nicho de mercado, buscando como solução um dispositivo simplificado, de baixo custo e que possa dar mais tranquilidade ao consumidor sobre o monitoramento de volume de seu recipiente e uma maior segurança para distribuidoras, tendo em vista que não haverá mais necessidade de pessoas não autorizadas adentrarem a central de GLP para verificação de volume no magnetron dos recipientes.

4. MÉTODOS E DESENVOLVIMENTO

4.1 Métodos

Abordagem com desenvolvimento de protótipo, assim como a criação do algoritmo para lidar com a lógica necessária referente ao dado captado no magnetron e transmitido por cabo para unidade de processamento para assim gerar o valor visual do volume do GLP armazenado no recipiente, dado esse visualizado pelo usuário em percentual.

Adotando a norma ABNT NBR 14024, o recipiente de armazenagem de GLP, deve estar abastecido com volume entre 0 e 85% de sua capacidade nominal, portanto o equipamento adotará leitura no intervalo de 0 – 100%, possibilitando assim visualizar sobre enchimento e risco de operação no uso que possa acarretar arraste de GLP líquido para linha de vapor.

4.2 Desenvolvimento

Foram utilizadas ferramentas elétricas, eletrônicas e mecânicas, tais como: Notebook, smartphone, internet de banda larga, furadeira, micro retífica, multímetro, solda com eletrodo revestido, solda de estanho, ferro de solda, sugador, soprador de ar quente, arco de serra, componentes eletrônicos (LED, módulos, placas), bateria selada, fonte externa, extensão elétrica, entre outros.

Principais *softwares* utilizados: VBB (*Virtual Breadboard*), IDE (*Integrated Development Environment*) Arduino, PuTTY, Terminal Wi-Fi (App), *Slicer print* e Rhinoceros 3D.

Considerando que o desenvolvimento é baseado numa solução offline para uso *in loco* no cliente da distribuidora de GLP granel, adotou-se a utilização de impressora 3D, para protótipo da caixa de dados e case do sensor, impressão por filamento do tipo PTEG e PLA, componentes eletrônicos diversificados.



Figura 1 – Exemplo de filamento do tipo PLA

A idealização da caixa de dados, onde fica a unidade de processamento e parte elétrica, além do display para visualização de dados *in loco* foi concebida utilizando a software Rhinoceros 3D.

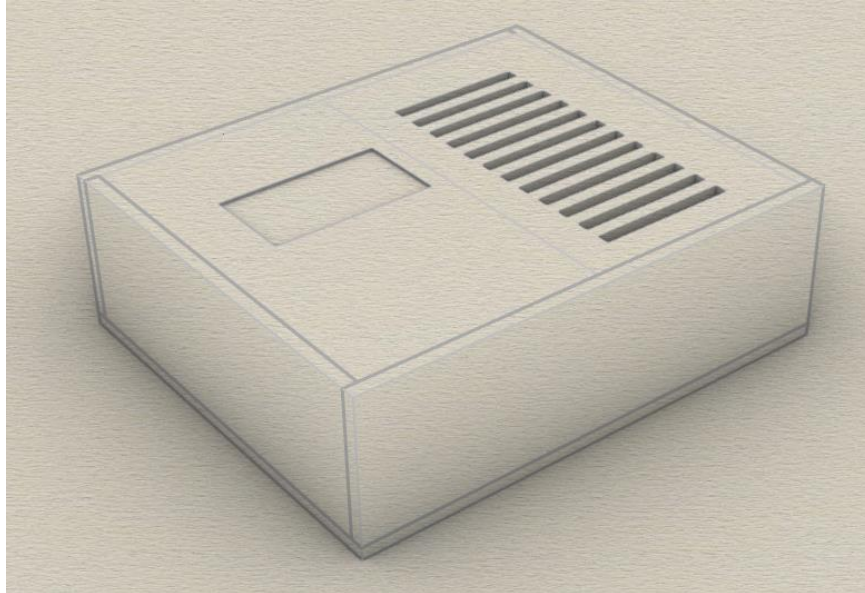


Figura 2 – Caixa de dados de processamento, vista isométrica

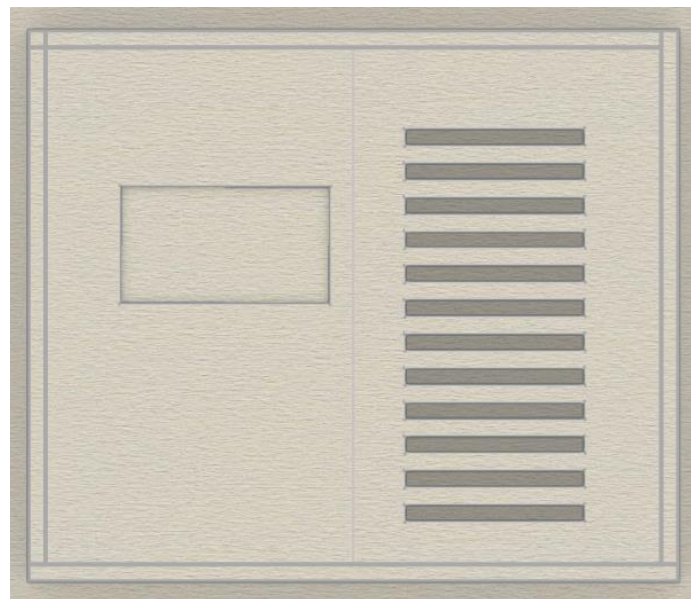


Figura 3 – Caixa de dados de processamento, vista superior

Condições do dispositivo definido como IoT para monitoramento *in loco* na utilização e previsão para reabastecimento de GLP em estabelecimentos de pequeno porte, sendo parte de uma gama de soluções a serem disponibilizadas ao mercado da indústria de GLP com foco nas empresas distribuidoras de GLP granel.

Elementos:

Sensoriamento	Comunicação	Computação HW	Computação SW	Computação OS
Sensor magnético	Cabo AWG	Arduino ou ESP	Programação em C++	Uso de <i>display Oled</i> , visualizar os dados <i>in loco</i>

Tabela 1 - Elementos do protótipo IoT

Justificativas:

Sensor	Cabo de dados	Arduino ou ESP	Programação em C++	Display Oled
Devido ao GLP ser inflamável, o medidor volumétrico possui imã que gera campo magnético sem a necessidade de contato do visor de medição com fluido	Comunicação segura, utilizando cabo blindado com conexões prensa cabo	Hardware difundido e de baixo custo, compacto, possui embarcado processador, memória ram e consome pouca energia, além de ser prático e fácil de utilizar	Programação muito utilizada, fácil obter, criar e gerenciar bibliotecas para de códigos <i>Open Source</i> , utilizada no terminal IDE do Arduino e sendo possível carregar em placas ESP	Para recebimento de informações do dispositivo, é possível visualizar os dados nesse <i>display Oled</i> com 0,96".

Tabela 2 - Justificativa de escolha dos elementos do protótipo IoT

As placas ESP são mundialmente difundidas e possuem capacidade de armazenar o algoritmo e processar as informações de dispositivos como aqui proposto, a faixa de custo dessa placa tem variação a depender da origem e quantidade na aquisição, tendo valores de R\$25,00 a R\$70,00 considerando impostos federais, estaduais e municipais.

Para fixar o sensor ao visor do magnetron, inicialmente considerando o modelo de maior utilização pelos fabricantes de recipientes e empresas distribuidoras de GLP, que são os magnetrons da empresa *Rochester Sensors*, no caso, esse dispositivo já vem com encaixa para sensor que pode ser da própria *Rochester* ou solução como a proposta desse protótipo.

Para tanques com visor Jr. R3D Rochester, figura 4, não há necessidade de alteração no magnetron original, ou seja, se esse for compatível ou similar ao modelo mencionado. A figura abaixo foi adaptada do *datasheet* R3D-LP.

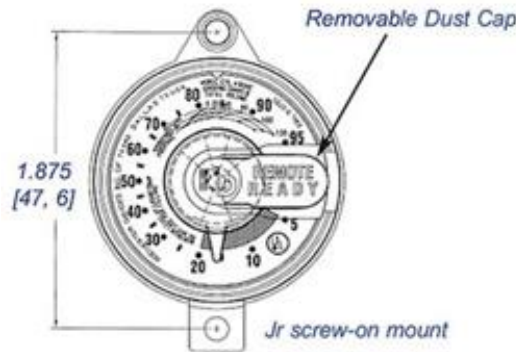


Figura 4 – Visor Jr, indicação de remoção da tampa para encaixe do sensor (Adaptado da Rochester)

Portanto para que a intercambialidade, cap do visor sem sensor e o sensor proposto, torna-se possível com desenvolvimento de um case que se encaixa nesse visor de forma simples e assim possa permitir que o sensor alternativo realize leitura do campo magnético a fim de gerar os dados que são enviados via cabo para caixa de dados. Na figura 5 é apresentada a vista lateral desse sensor.

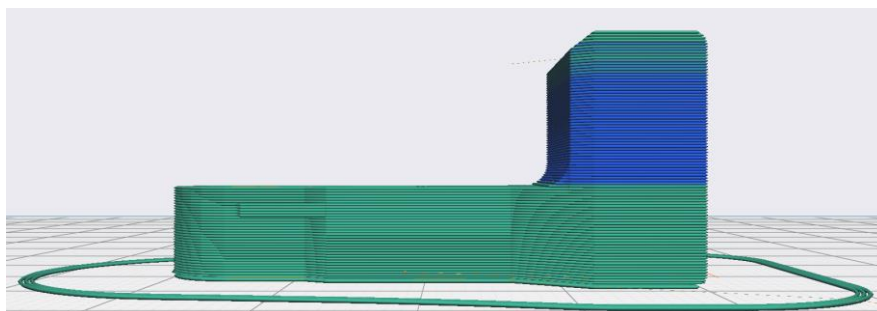


Figura 5 – Case para o sensor magnético, análise de extrusão de filamento

Conforme figura 3, a caixa de dados (unidade de processamento) possui uma placa ESP que tratará a informação utilizando algoritmo programado em C++ pela IDE Arduino, sendo ao final apresentado no display do protótipo o volume em percentual de GLP, temperatura e umidade relativa local.

```

1  #include <SPI.h>
2  #include <Wire.h>
3  #include <Adafruit_GFX.h>
4  #include <Adafruit_SSD1306.h>
5
6  #define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display largura
7  #define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display altura

```

Figura 6 – Trecho inicial do código, utiliza bibliotecas públicas usuais da comunidade Open-Source

A programação, como mencionada, foi realizada em C++ e suportada por bibliotecas para controle de componentes de hardware, como o *display Oled 0.96"* com 128 x 64 px. Vide figura 6.

Os sensores da tabela 3 são os mais comumente utilizados em projetos IoT de baixo custo, sem renunciar a dados confiáveis, a depender da aplicação. Para esse protótipo, ambos sensores podem atender, porém o mais preciso é o modelo DHT22.

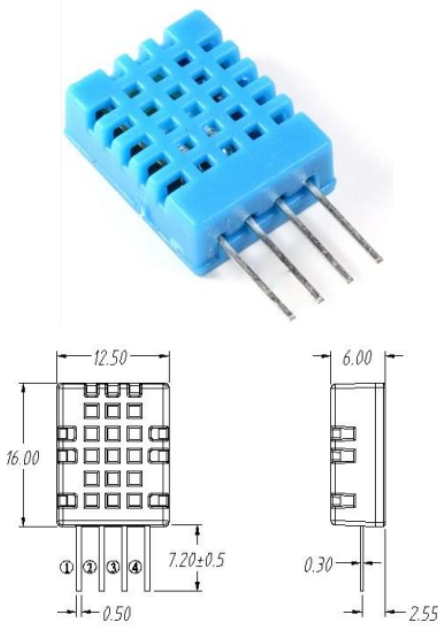
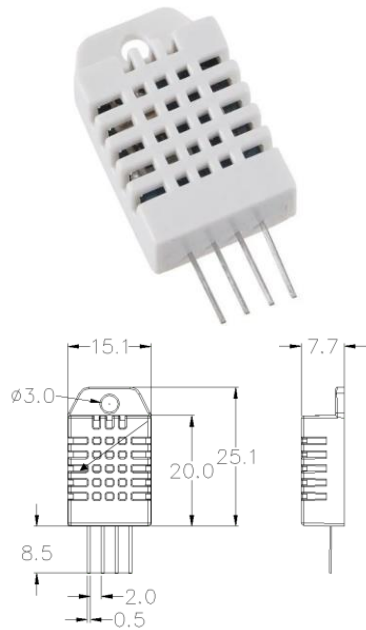
DHT11	DHT22
	
<p>Tensão de alimentação: 3 a 5.5V Corrente máxima (dados): 2.5 mA Faixa de temperatura: 0 a 50°C Precisão – Temperatura: ± 2°C Faixa de umidade relativa: 20 a 80% Precisão – Umidade Relativa: ± 5%</p>	<p>Tensão de alimentação: 3 a 6.0V Corrente máxima (dados): 1.5 mA Faixa de temperatura: -40 a 80°C Precisão – Temperatura: ± 0.5°C Faixa de umidade relativa: 0 a 99% Precisão – Umidade Relativa: ± 2%</p>
<p>Custo médio R\$19,00</p>	<p>Custo médio R\$35,00</p>

Tabela 3 – DHT11 x DHT22 (sensores de temperatura e umidade)

Considerando valores de forma geral, é possível construir um protótipo funcional com custo na faixa de R\$ 250,00 e para um modelo de mercado com conexões Ex e cabo AWG no mesmo conceito apresentado, esse valor ficará na faixa de R\$ 340,00.

5. RESULTADOS

Conforme apresentado no desenvolvimento, foi concebido a lógica para utilização de magnetrons da Rochester já existentes, não havendo assim necessidade de substituição desses citados, sendo uma solução aplicável de forma imediata nesses recipientes do tipo P125 e P190, alguns fabricantes e empresas de GLP também chamam esses tanques de B125 e B190.

Na figura 7, é possível (lado esquerdo) visualizar o protótipo do display montado numa protoboard, conforme proposta sendo uma concepção. No lado direito da mesma figura, é apresentado teste de bancada no visor Rochester.

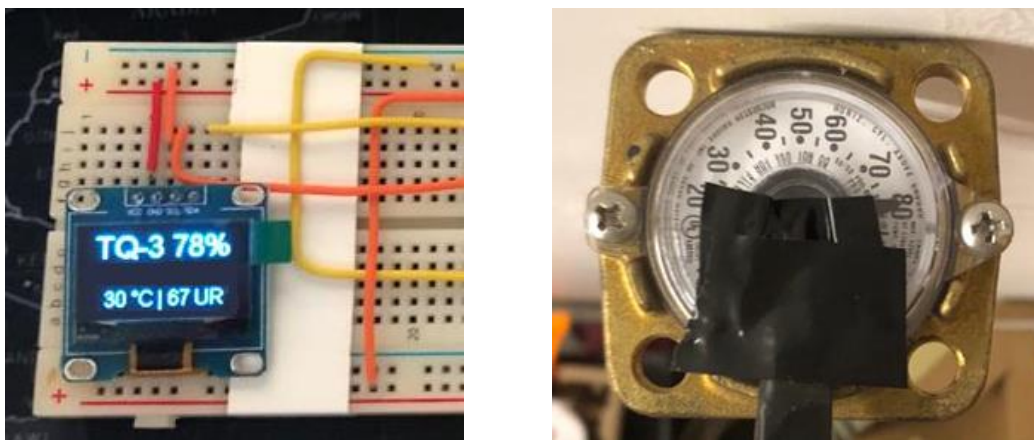


Figura 7 – Lado esquerdo, protótipo IoT numa protoboard e lado direito visor R3D em teste na bancada

Para evitar utilização de nome de empresas que produzem dispositivos semelhantes, não me refiro ao sensor em si visto que apenas a Rochester é comumente conhecida por tal, porém as demais entram com a “caixa” de controle para utilização dos dados obtidos no sensor Rochester.

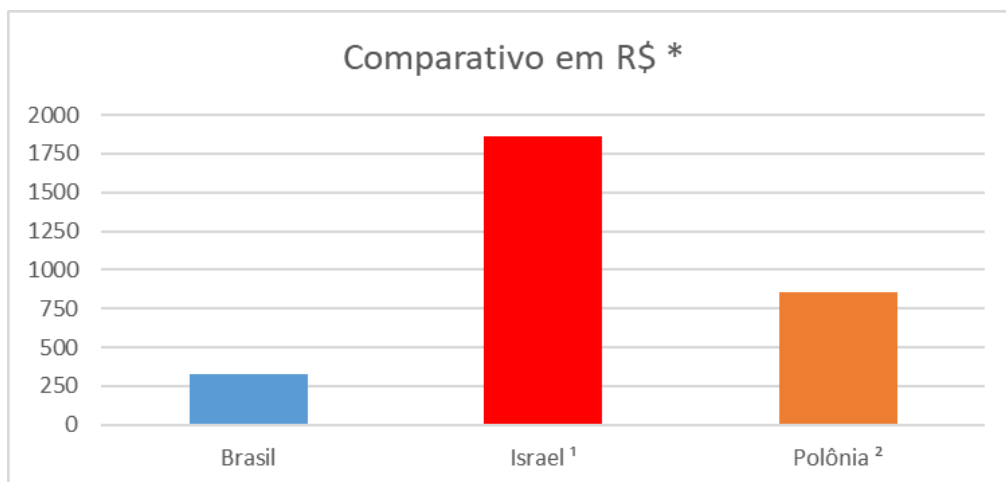


Gráfico 2 – Comparativo em reais (R\$) de preços médios de dispositivos similares no mercado

(*) valores com base em orçamentos enviados a empresas de GLP nos últimos meses considerando o quantitativo mínimo de aquisição e dólar a R\$5,00, ou venda direta com importação dos EUA ou UK. Reforçando que esta abordagem tem por fim apenas ilustrar a possível diferença nos custos. Para valores exatos, aqueles que desejarem e souberem qual empresa se trata, devem procurá-las para obter valores atualizados, relação aos dispositivos de Israel¹ ou Polônia².

Considerando valores obtidos em pesquisa de mercado, os dispositivos mais utilizados são da Polônia e Israel. Foi considerado o protótipo aqui proposto como Brasil, apenas para demonstrar projeção de valores conforme gráfico 2.

A mesma primícia citada anteriormente, aplica-se aqui no comparativo de funções e condições disponíveis que foram consideradas na tabela 4, são informações que estão em folder, panfleto, *pdf* ou postada em sites de acesso público.

Comparativo	Brasil	Israel	Polônia
Compatível com P190/125	Sim	Sim	Sim
Compatível visor Jr. (R3D) da Rochester	Sim	Sim	Sim
Acompanha sensor (1)	Sim	Sim	Sim
Visualiza dados <i>in loco</i> (Digital sem acesso a rede)	Sim	Não	Não
Visualiza dados <i>in loco</i> (Analogico pelo visor original)	Sim (de 5 a 95%)	Sim (de 5 a 95%)	Sim (de 35 a 85%)
Pode medir temperatura local	Sim	Não	Não
Pode medir Umidade Relativa local	Sim	Não	Não
Possui necessidade de assinatura mensal	Não	Sim	Sim

Tabela 4 – Comparativo entre dispositivos similares disponíveis no mercado

Para concepção de valores na comparação estimada do gráfico 2, foi considerado uma montagem desse dispositivo IoT utilizando material permitido na área da central de GLP e uso de conexões Ex no que estiver conectado ao recipiente de armazenamento e/ou seus acessórios.

6. CONCLUSÃO

Esse estudo abre possibilidade para desenvolvimento de produto a ser produzido em escala, atualmente as empresas apoiadoras dessa pesquisa de mostraram interesse em lançar essa ideia como produto que atenda a necessidade das empresas de GLP e normas vigentes. Abrindo espaço para empresas apoiadoras lançarem dispositivos correlacionados a esse estudo.

Dessa forma os objetivos propostos e considerados como metas nesse case / projeto foram atingidos, tendo como resultado favorável ao público brasileiro da indústria GLP uma solução desenvolvida para nossa necessidade, tendo baixo custo se comparada a soluções usuais e importadas, sendo eficiente tão quanto outros dispositivos que estão no mercado atualmente.

7. AGRADECIMENTOS

Ao LASID (Laboratório Sistemas Digitais), PPGCC (Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação) e CCT (Centros de Ciências e Tecnologia) da Universidade Estadual do Ceará (UECE).

As empresas 4M Engenharia, na pessoa do Eng. Cristian Macedo e do Eng. Raul Martins, e a CL Engineering, na pessoa da Sra. Luciana Pimentel.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, como bolsa de estudo ao primeiro autor.

8. REFERÊNCIAS

IOT-ANALYTICS. Global IoT market size to grow 19% in 2023—IoT shows resilience despite economic downturn. Disponível em: <https://iot-analytics.com/iot-market-size/>. Acesso em: Setembro de 2023.

ORACLE. O que é IoT? Disponível em: <https://www.oracle.com/br/internet-of-things/what-is-iot/>. Acesso em: Setembro de 2023.

LOJA 3D. Impressora 3D Creality 3D SerMoon D3. Disponível em: <https://loja3d.com.br/impressora-3d/sermoon-d3-creality-3d>. Acesso em: Setembro de 2023.

LOJA 3D. Impressora 3D de Resina - SprintRay MoonRay S100 3D Touch. Disponível em: <https://loja3d.com.br/impressora-3d-de-resina/impressora-3d-de-resina-impressora-3d-de-resina-sprinray-moonray-s100-3d-touch>. Acesso em: Setembro de 2023.

RHINO 3D. Disponível em: <https://www.rhino3d.com/>. Acesso em: Julho de 2023.



TECHNICAL DATA SHEET - Spectrum Filaments SILK PLA. Disponível em: https://www.materialpro3d.cz/user/related_files/silk_pla_tds_en.pdf. Agosto e setembro de 2023.

ESPRESSIF SYSTEMS. ESP8266EX Datasheet. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf. Acesso em: Julho, agosto e setembro de 2023.

ROCHESTER SENSORS. R3D-LP Datasheet. Disponível em: <https://rochestersensors.com/wp-content/uploads/R3D-LP.pdf>. Acesso em: Agosto e setembro de 2023.

ROCHESTER SENSORS. DS-02014 Datasheet. Disponível em: <https://rochestersensors.com/wp-content/uploads/DS-02014.pdf>. Acesso em: Agosto e setembro de 2023.

LIMA FILHO, M. C.; GOMES, R. L.; FERNANDEZ, M. P.. 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. Prêmio GLP de Inovação e Tecnologia 2022. Disponível em: <https://www.gasescombustiveis.com.br/premioglp/wp-content/uploads/Dispositivo-IoT-desenvolvido-com-baixo-custo-no-conceito-Open-Source-objetivando....pdf>. Acesso em: Agosto e setembro de 2023.

ULTIMAKER. Ultimaker Cura 4.3. Disponível em: <https://ultimaker.com/learn/ultimaker-cura-4-3-available-now/>. Acesso em: Setembro de 2023

ADAFRUIT. SSD1306 Datasheet. Disponível em: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SSD1306.pdf>. Acesso em: Agosto de 2023.

ETC2. DHT11 Datasheet. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132088/ETC2/DHT11.html>. Acesso em: Agosto de 2023.

ETC2. DHT22 Datasheet. Disponível em: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132459/ETC2/DHT22.html>. Acesso em: Agosto de 2023.

WAC. "WAC is a worldwide leader for end to end telemetry solutions to best achieve logistic optimization and cost reduction for the oil & gas distributors." Disponível em: <https://www.wireapp.com/>. Acesso em: Setembro de 2023.

AIUT. LPG Tank Monitoring: Intelligent Platform for Remote Monitoring. Disponível em: <https://tankmonitoring.com/solutions/lpg-tank-monitoring>. Acesso em: Setembro de 2023.