

# TELEMETRIA DO GÁS DE COZINHA COM MICROCONTROLADOR E CÉLULA DE CARGA

Luiz Felipe Miotelli Rodrigues<sup>1</sup>, Sérgio Coral<sup>2</sup>

**Resumo:** O projeto apresenta a ideia de realizar a telemetria de um botijão de gás para informar tanto ao consumidor quanto ao seu fornecedor o momento mais propício para uma troca de carga. Dessa forma seria possível manter a fidelidade do cliente e como consequência diminuiria o tempo no qual o cliente ficaria sem gás. O objetivo do projeto é utilizar um sensor de carga para realizar a telemetria. Porém, como é visto no resultado, a utilização de sensores de carga, ou células de carga, não é viável para o projeto já que o dispositivo possui variações no resultado de acordo com fatores como a temperatura e a fluência por exemplo, onde temperaturas mais elevadas podem ocasionar uma perda na precisão do resultado e a fluência, que ocorre com uma constante aplicação de força sobre o dispositivo, pode descalibrar a balança, o que faria necessária uma nova calibragem. E dependendo do consumo do cliente, o dispositivo poderia ficar por mais de um mês sob a influência do peso do botijão, tornando a sua utilização no projeto ineficaz.

**Palavras-chave:** Célula de carga; Telemetria; Gás de cozinha.

**ABSTRACT:** The project presents the idea of performing telemetry on a gas cylinder to inform both the consumer and the supplier of the most appropriate moment for a load exchange. In this way, it would be possible to maintain customer loyalty and, as a result, reduce the time in which the customer would be without gas. The project's objective is to use a load sensor to perform the telemetry. However, as seen in the results, the use of load sensors, or load cells, is not feasible for the project since the device exhibits variations in the results due to factors such as temperature and creep for example, where higher temperatures can lead to a loss of precision in the results, and creep, which occurs with a constant application of force on the device, can

---

<sup>1</sup> Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Av. Universitária, 1105 – CEP: 88806-000 – Criciúma – SC – Brasil. luizfelipemrodrigues27@unescc.net

<sup>2</sup> Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Av. Universitária, 1105 – CEP: 88806-000 – Criciúma – SC – Brasil. sergiocoral@unescc.net

uncalibrate the scale, requiring a new calibration. And depending on the customer's consumption, the device could be under the influence of the gas cylinder's weight for over a month, making its use in the project ineffective.

**Keywords:** Load cell; Telemetry; Kitchen gas.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o meio mais comum para transporte e uso do gás para fins domésticos é através do botijão de gás. Entretanto, este sistema levanta problemas tais como a falta de gás em momentos inoportunos, e o tempo necessário entre o pedido de uma nova carga até a chegada do fornecedor para a efetiva substituição do recipiente vazio.

Com o avanço da Internet das Coisas (*IoT*) muitos problemas ou processos repetitivos e demorados tornam-se oportunidades para a atuação da tecnologia, com o intuito de trazer facilidade e conforto. Com a utilização de microcontroladores, é possível automatizar processos repetitivos, dispensando quase ou totalmente a necessidade de intervenção humana em tais procedimentos. Um exemplo de microcontrolador é o ESP, que é amplamente conhecido por sua popularidade na comunidade de desenvolvimento de projetos de *IoT*.

Diante desse cenário, esta pesquisa se propõe a investigar a aplicação de um microcontrolador em conjunto com um sensor de carga, com o objetivo de avaliar a viabilidade e eficiência da integração de *IoT* no processo de entrega de gás de cozinha. Dessa maneira, busca-se reduzir o tempo necessário entre o fim da carga de gás e sua subsequente reposição, proporcionando um ganho significativo em eficiência no sistema de distribuição.

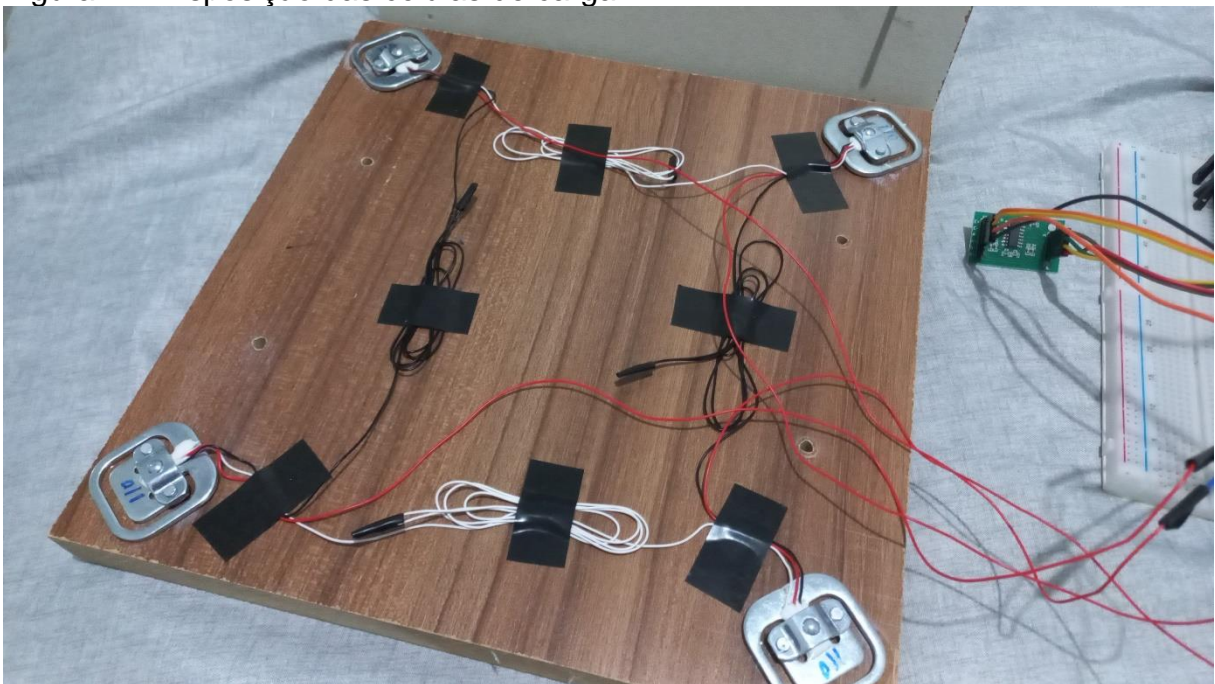
O projeto de Madeiros e Santos (2017), chamado de Smartgás, possui semelhanças no quesito de objetivo do projeto. Um dos objetivos dos autores no projeto Smartgás, é a pesagem do botijão de gás, porém como visto no projeto, o sensor de força resistivo utilizado para a pesagem do botijão possui uma capacidade limite de 10 Kg. Portanto, este projeto busca aplicar a ideia dos autores de utilizar um sensor de carga, ao invés de um sensor de força.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta pesquisa, buscou-se aplicar a *IoT* utilizando um microcontrolador e células de carga para realizar a pesagem do botijão de gás. Para a aplicação do mesmo, foi analisado que o ESP32 seria a placa mais adequada para o desenvolvimento do protótipo, pois esta placa já possui um módulo Wi-Fi e tem um custo mais acessível. A célula de carga utilizada foi a genérica de 50 Kg (4 unidades) em conjunto com um módulo conversor e amplificador HX711, utilizado para fazer a conversão A/D (Analogico/Digital).

Conforme Figura 1, é possível visualizar como foi feita a montagem do protótipo. As duas placas de madeira foram feitas para encaixarem, de forma que não haja desnivelamento por conta da disposição das células de carga na placa inferior. As células foram fixadas a tábua inferior com supercola para que se mantenham estáveis.

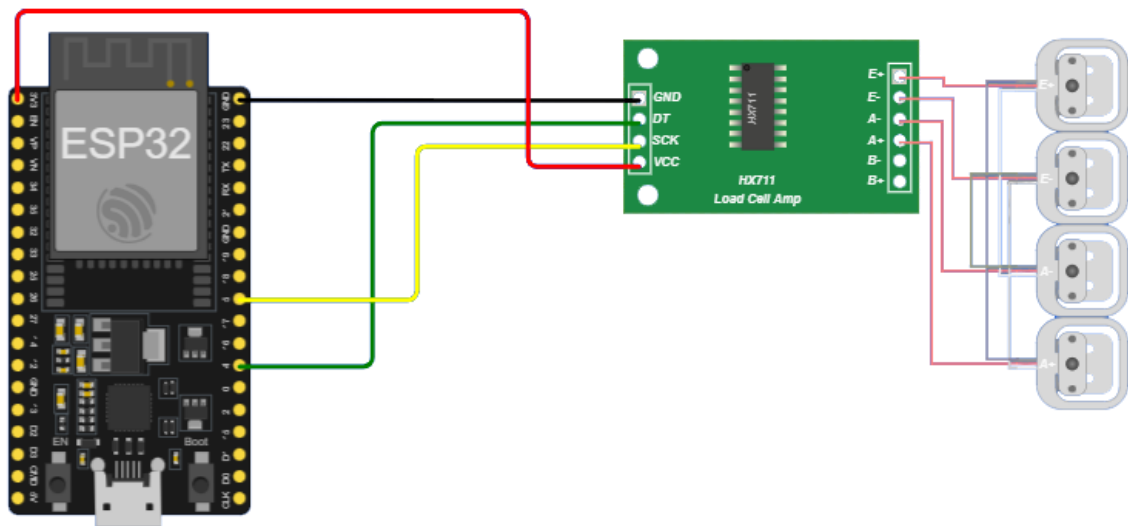
Figura 1 – Disposição das células de carga



Fonte: Autoria própria (2023).

Já na Figura 2, é possível ver o diagrama da conexão feita entre os dispositivos. Todas as células de carga foram conectadas ao HX711, que por sua vez foi conectado ao ESP32.

Figura 2 – Diagrama de conexão das células de carga



Fonte: Autoria própria (2023).

O valor que o microcontrolador recebe do HX711 é ilegível ao usuário, portanto é necessário ser feita uma calibragem no dispositivo para converter o valor no peso da carga. Essa conversão pode ser feita utilizando a biblioteca do HX711 disponível no Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) do Arduino. Ao realizar a calibragem, obtemos um valor que será multiplicado pelo sinal vindo do HX711, que resultará no nosso valor final, no peso do botijão.

Um ponto negativo de se utilizar várias células de carga é que cada sensor possui seu valor de calibragem, o que se faria necessária uma calibragem individual, porém isso não é possível da forma que o projeto foi estruturado. Utilizando múltiplas células de carga é necessário fazer uma única calibragem de todos os sensores, o que pode resultar numa variação e imprecisão dos resultados por conta da disparidade dos dispositivos, inclusive a distância dos fios entre as células de carga precisa ser equivalente.

Utilizando a linguagem Python, foi desenvolvido um servidor que também atua como um Bot do Telegram. O aplicativo de mensagens foi escolhido como principal meio de comunicação com o servidor, onde o usuário pode requisitar o peso

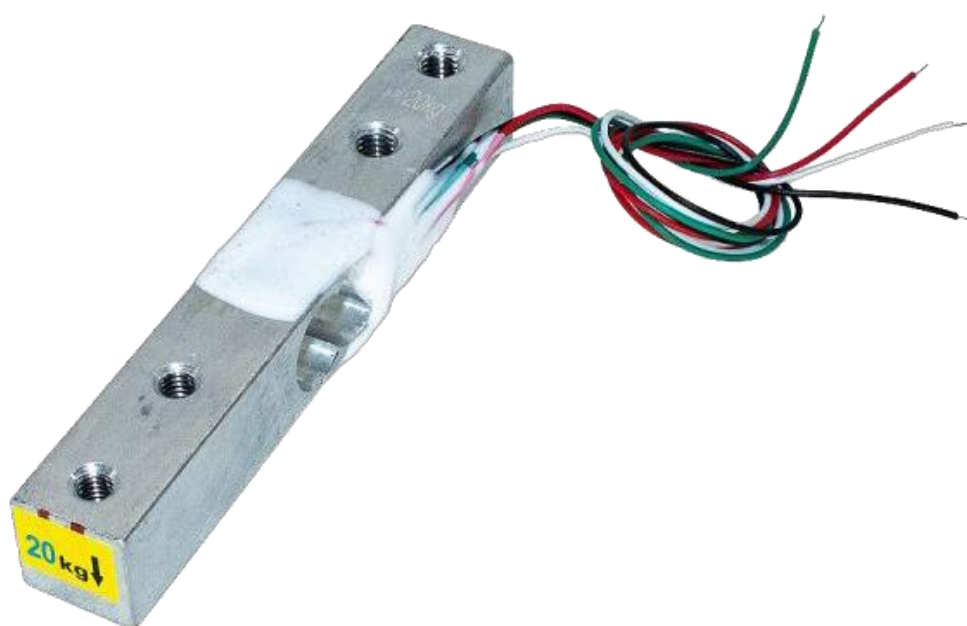
de seu botijão através de um comando enviado para o Bot. Então após o microcontrolador processar o sinal fornecido pelo HX711 e converter no peso do botijão, esse valor é enviado para o servidor via rota HTTP. Esse valor recebido pelo servidor é salvo no banco de dados (PostgreSQL), que contém as informações do microcontrolador, cliente e fornecedor. Após salvar, o servidor verifica se o peso está baixo, ou seja, necessita de uma nova recarga. Com essa validação o servidor sabe se deve ou não enviar uma notificação para o cliente e o fornecedor.

## 2.1 HX711 E CÉLULAS DE CARGA

Segundo Carer e Carraro (2010), um sensor de carga, ou célula de carga é um dispositivo eletromecânico que mede a deformação de um corpo e a transforma em um valor de tensão. O sinal é alterado proporcionalmente à medida que sua estrutura é submetida a aplicação de uma carga.

Existem uma variedade de célula de carga, um tipo bem conhecido é o da Figura 3, que possui quatro extensômetros e pode ser encontrado modelos de várias capacidades.

Figura 3 – Célula de carga de 20 Kg com quatro extensômetros

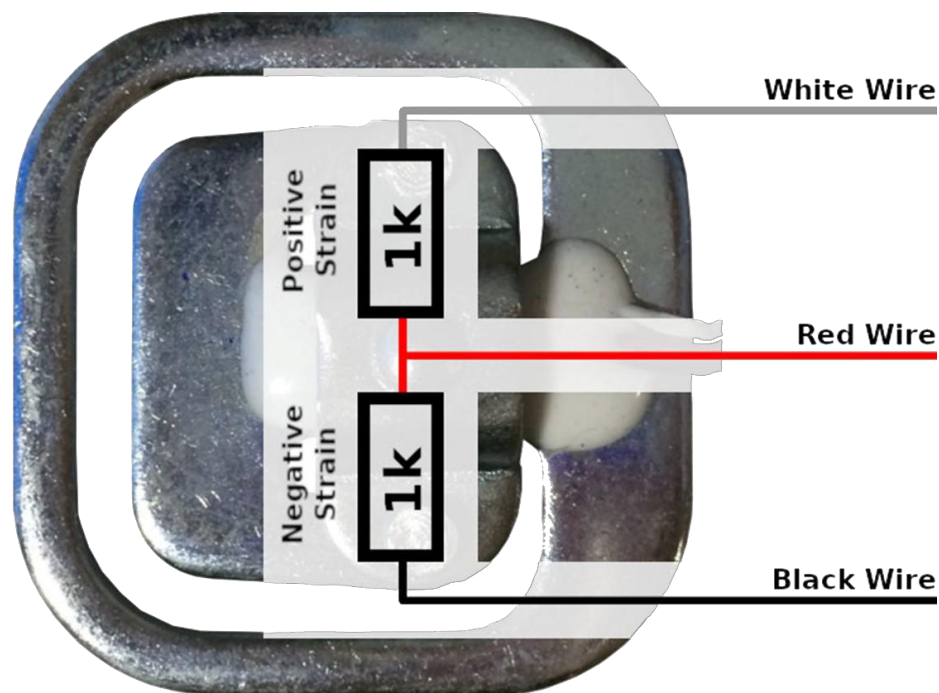


Fonte: Disponibilizado na internet.

A célula de carga acima, por possuir quatro extensômetros em sua estrutura, já forma um circuito de Wheatstone de ponte inteira sem a necessidade de utilizar um circuito mais complexo como visto anteriormente, só é preciso conectar este sensor ao HX711. O motivo de se utilizar o modelo genérico de 50 Kg seria por conta da capacidade do sensor, já que um botijão de gás cheio pesa acima de 20 Kg.

O sensor utilizado possui dois extensômetros, como mostra a Figura 4. O diferencial desta célula é sua capacidade com seu baixo custo, porém também possui um circuito mais complexo que o outro modelo por possuir a metade de uma ponte cheia, termo referente a ponte de Wheatstone que veremos mais à frente.

Figura 4 – Célula de carga genérica com 50 Kg de capacidade



Fonte: Circuit Journal (2020).

Para a elaboração do protótipo, foi utilizado duas tabuas de 25 cm de comprimento e 25 cm de largura, sendo que a tábua inferior possui 2 cm de altura e a tábua superior 1,5 cm. A tábua inferior possui 4 furos, e a superior 4 pinos colados para servir de encaixe. As células de cargas foram distribuídas nos cantos da tábua

inferior, de forma que fiquem entre as duas tábuas. Foram utilizadas 4 células de cargas com capacidade para 50 Kg cada, todas ligadas como mostrado anteriormente.

No *datasheet* da célula de carga disponibilizado pela Zemic Europe (2019), é possível ver algumas especificações do dispositivo, como capacidade, precisão, voltagem, o material que é feito, entre outros. Algumas das especificações mostrados no documento, mostram fatores que podem afetar o resultado do dispositivo, a temperatura, a *Creep* (Fluência) e a *Hysteresis* (Histerese), por exemplo. De todos os fatores que podem acabar prejudicando o resultado, a Fluência é sem dúvidas o mais problemático no cenário que se encontra o projeto.

A Fluência consiste na variação do resultado por conta da deformação que ocorre ao aplicar uma força contínua no sensor por longos períodos. Nas especificações do dispositivo utilizado, indica que após 5 minutos sob uma carga constante igual à capacidade máxima da célula de carga, a mudança na saída possuirá uma variação de aproximadamente 0,05% da faixa de medição.

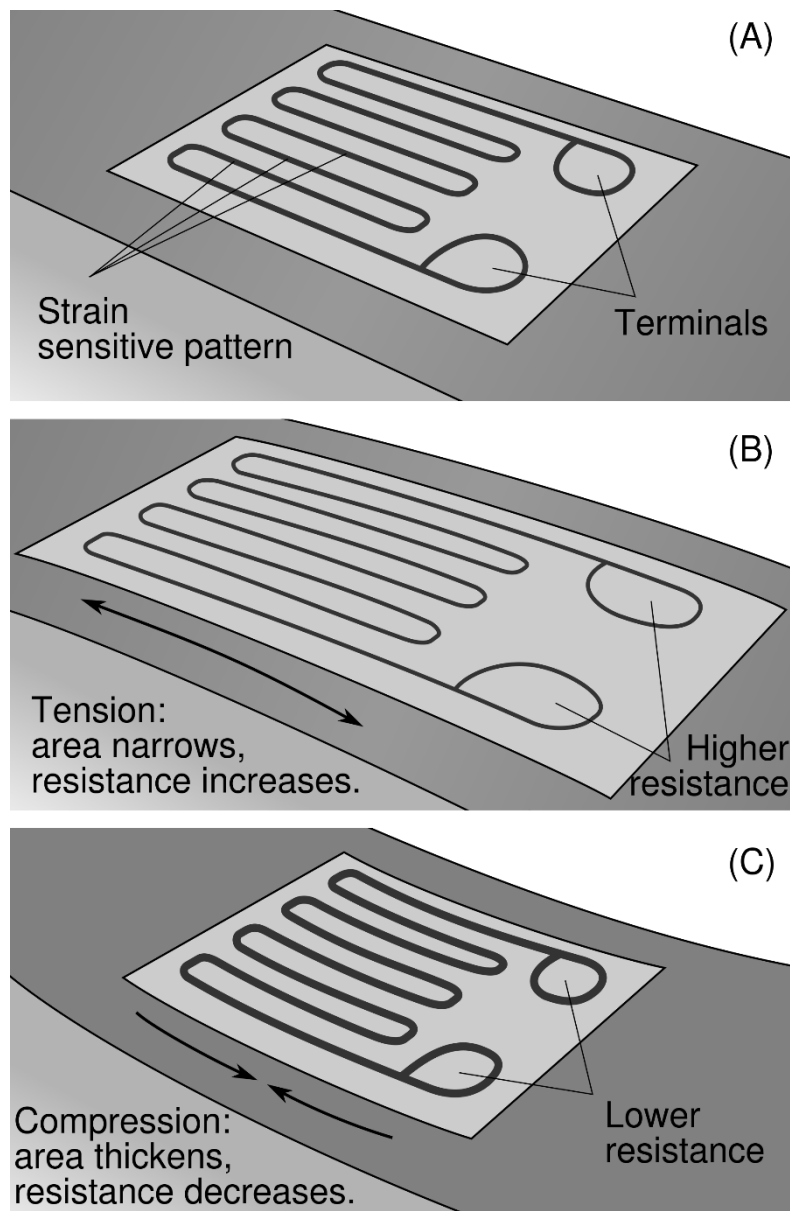
### **2.1.1 Strain Gauge**

Carer e Carraro (2010) afirmam que a célula de carga é constituída de um ou mais extensômetros de resistência elétrica (*Strain Gauge*), que segundo eles é um resistor elétrico composto por uma grade metálica sobre uma camada isolante de substrato de polímero, no qual é sensível a variação da resistência de sua estrutura causada pela aplicação de uma carga. Dessa forma é possível monitorar a deformação da estrutura e calcular a variação do sinal e gerar o resultado.

Como mostra a Figura 5, o extensômetro trata-se de um componente eletrônico composto por uma espécie de placa fina e maleável, que consegue elevar ou reduzir sua tensão de acordo com a deformação da estrutura na qual se encontra. Existem vários modelos de extensômetros, alguns podem medir a deformação em sua estrutura em várias direções, porém o modelo apresentado consegue medir apenas uma direção.

No contexto da célula de carga, o extensômetro é utilizado para monitorar a deformação da estrutura metálica, gerando um sinal com tensão maior ou menor de acordo com o tipo de deformação.

Figura 5 – Demonstração da estrutura de um extensômetro



Fonte: Disponibilizado na internet.

### 2.1.1 Ponte de Wheatstone

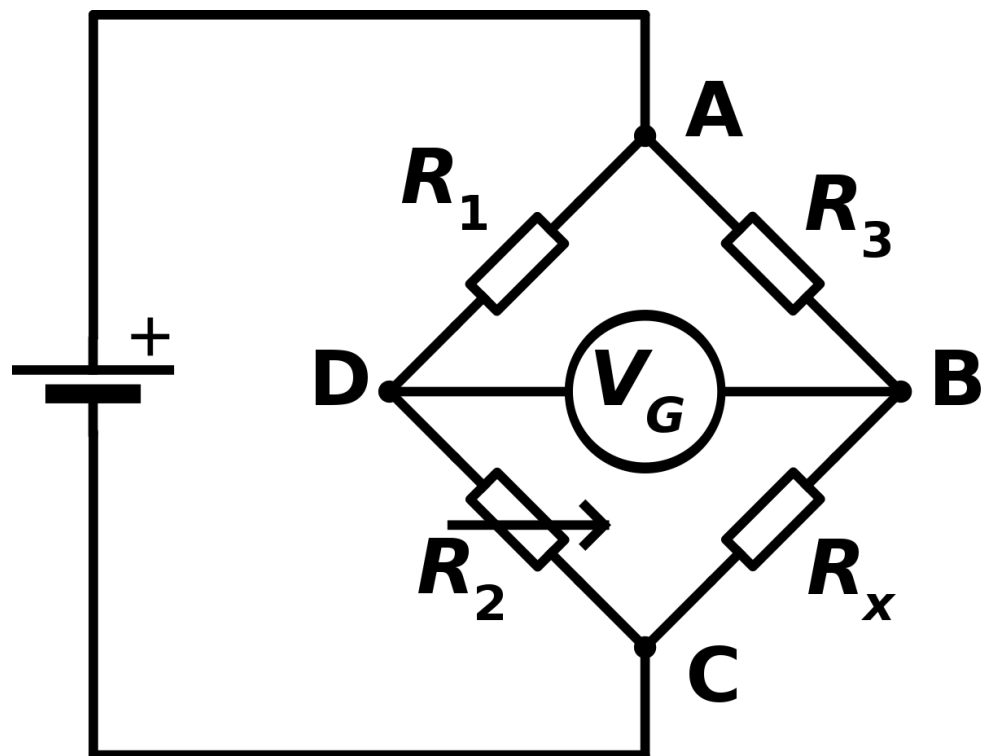
Segundo Carer e Carraro (2010), o circuito de Wheatstone é utilizado para medir a diferença entre os sinais apresentados pelos extensômetros e resistores, que é causado pela deformação da estrutura. A medição é feita pela variação de tensão apresentada para então transformar o valor na grandeza desejada.

Os autores Carer e Carraro (2010) seguem dizendo alguns dos tipos de configurações de pontes, citando as de  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  e a mais precisa sendo a ponte inteira, pois possui maior sensibilidade.

Como mostrado anteriormente, as células de carga utilizadas neste projeto possuem apenas dois extensômetros, o que seria a meia ponte. Portanto, para formar uma ponte inteira com esse tipo de célula de carga, é necessária a utilização de pelo menos dois sensores.

Como mostra a Figura 6, uma ponte de Wheatstone é formada por 4 resistores. Como mostra a figura, os resistores  $R_1$  e  $R_2$  estão ligados em série formando o grupo ADC, e os resistores  $R_3$  e  $R_x$  também estão ligados em série e formam o grupo ABC. Ambos os grupos estão ligados em paralelo, formando assim uma ponte inteira. A medição é feita com a diferença de tensão dos resistores em diagonal, como o  $R_1$  e o  $R_x$  por exemplo. Quando todos os resistores possuem a mesma tensão, significa que a ponte está em equilíbrio. Para o contexto do projeto, a ponte estar em equilíbrio significa que não há peso sobre o sensor de carga.

Figura 6 – Exemplo de circuito de Wheatstone



Fonte: Disponibilizado na internet.

## 2.2 SERVIDOR E BANCO DE DADOS

A linguagem utilizada para o desenvolvimento do projeto foi o Python, pois é de fácil compreensão, possui uma ampla gama de bibliotecas à disposição e conta com uma abundância de recursos disponíveis em fóruns, na comunidade, entre outros.

Após o processamento dos dados recebidos pela célula de carga, o microcontrolador fica responsável por enviar o peso calculado através do Wi-Fi. Utilizando uma biblioteca chamada *WiFiManager*, que concede ao microcontrolador a capacidade de configuração da conexão Wi-Fi, o usuário pode informar o nome da rede e a senha para que o dispositivo acesse a rede Wi-Fi.

Para o servidor, foi utilizado a biblioteca *Flask*, que possibilita a criação de rotas e a configuração de um pequeno servidor para a rede Wi-Fi atual. Esta biblioteca foi empregada apenas para o protótipo; caso o projeto fosse viabilizado, seria utilizado um servidor dedicado, como os servidores da AWS (*Amazon Web Services*).

Para o armazenamento de dados, foi escolhido o banco de dados objeto-relacional PostgreSQL, e a biblioteca *psycopg2* permitiu a conexão do servidor com o banco de dados.

As informações além de armazenadas no banco de dados, também são enviadas através do aplicativo de mensagens *Telegram*. A escolha foi pelo fato de permitir a criação de um bot de mensagens gratuitamente.

Para enviar a mensagem pelo mensageiro, só é necessário ter o código da conversa, por isso é necessário que o usuário realize uma primeira interação com o bot para se cadastrar no sistema e então começar a receber as mensagens. O código então é salvo no banco juntamente com o ID do seu fornecedor e do microcontrolador em sua residência, para que quando o microcontrolador envie uma informação para o servidor, essa informação seja redirecionada para os usuários certos.

## 3 RESULTADOS

O protótipo mostrou-se ineficiente com a utilização de células de carga, já que manter uma célula de carga sob o peso de um botijão necessitaria de uma calibragem constante, pois há vários fatores que interferem no resultado obtido pelo dispositivo, sendo a fluência um dos fatores a se observar. Outro fator a se observar é o ambiente na qual o dispositivo se encontra, já que normalmente os botijões estariam no lado de fora da casa, expondo o dispositivo a chuvas, temperaturas elevadas por conta do sol etc. Outro lugar onde seria mais comum encontrar o botijão é a cozinha, próximo ao fogão onde também possui uma temperatura elevada. Para contornar a fluência e os fatores apresentados, seria necessária a calibração frequente do dispositivo, o que necessitaria da disposição de uma pessoa capaz de operar o dispositivo. A calibragem também poderia ser feita pelo próprio cliente, porém, por conta da frequente necessidade de calibragem do dispositivo, o resultado seria a frustração do indivíduo e a ideia de *IoT* já não se veria necessária.

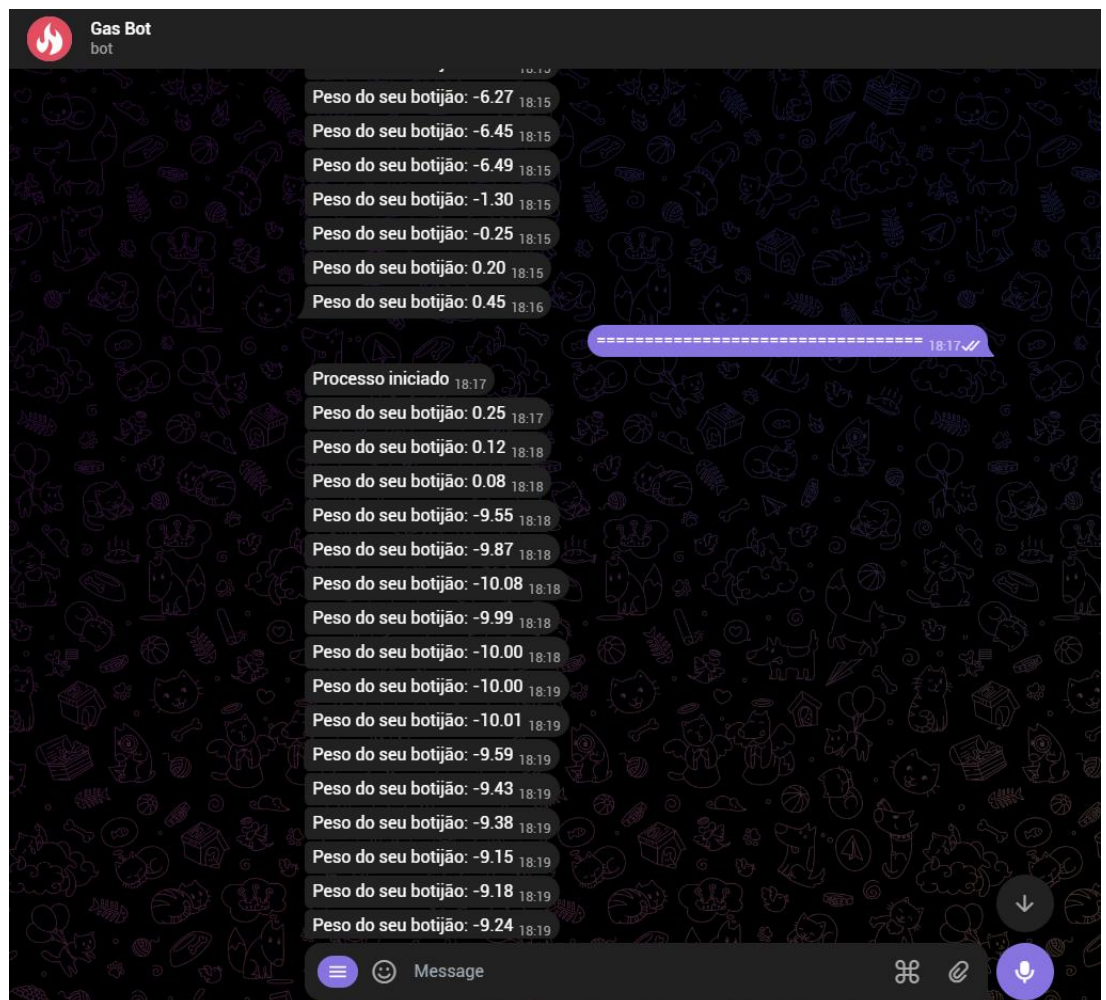
Durante o desenvolvimento do protótipo, notou-se também que após remover o objeto pesado sobre a balança, o valor informado pelo dispositivo era impreciso, demorando para se estabilizar. Em um dos testes realizados, o dispositivo levou aproximadamente 5 minutos para se estabilizar. Outro problema notório do protótipo foi a dificuldade de realizar a calibragem das 4 células de cargas em conjunto, já que cada sensor possui um valor de calibragem diferente. Por conta da dificuldade na calibragem, foi possível notar que o valor informado nos testes executados era impreciso, mostrando um valor acima do esperado.

Em relação ao software, sendo o bot para o aplicativo de mensagens, o servidor etc. mostrou-se suficiente para o protótipo, porém a ideia de desenvolver uma aplicação própria é algo a se avaliar. O problema de realizar a comunicação e todas as configurações do dispositivo através de um bot de mensagens é que o processo se torna mais lento e menos intuitivo. Para se realizar o cadastro de um cliente por exemplo, através de um sistema de mensagens, é necessário que o cliente informe seus dados na sequência em que o bot realiza o passo-a-passo. Sendo assim, o cliente faz o primeiro contato, para então o bot responder enviando as opções que o usuário pode realizar, então o usuário selecionaria a opção de cadastro de cliente e o bot inicia uma sequência de perguntas ao cliente, como nome, endereço, fornecedor etc. A forma de pedir esses dados acaba tornando o cadastro em um processo demorado, já que seria uma comunicação de pergunta e resposta, e para cada resposta que o cliente informa, o bot precisa confirmar a digitação do usuário, já que

o indivíduo não teria a possibilidade de revisar os dados informados ao final do processo. Outra funcionalidade importante que a utilização de um mensageiro para a comunicação com o usuário não possibilita, é a visualização em tempo real da carga do botijão. Nesta situação, o usuário fica dependente do bot para receber uma mensagem informando que o gás está acabando ou precisaria requisitar o peso constantemente.

Apenas para fins de teste, fiz com que o bot enviasse constantemente o peso sobre o dispositivo como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Bot do projeto para o Telegram

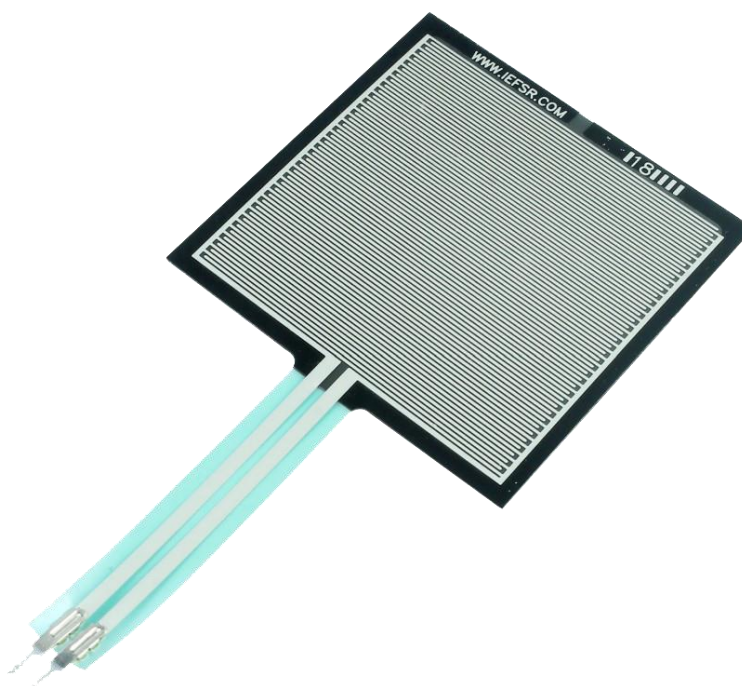


Fonte: Autoria própria (2023).

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como visto no projeto Smartgás, um sensor de força resistivo (Figura 8) não possui a capacidade necessária para pesar um recipiente de gás por se limitar a apenas 10 Kg.

Figura 8 – Sensor de força resistivo



Fonte: Disponibilizado na internet.

Já o sensor de carga possui variações no resultado com a aplicação constante de carga e o ambiente na qual se encontra. Para solução deste problema, foi visto que seria necessária a calibragem frequente do dispositivo, o que resultaria na insatisfação do cliente e não se veria necessária a utilização do dispositivo para a pesagem do botijão.

Uma outra solução poderia ser a utilização de outro dispositivo para realizar a telemetria do botijão, como um módulo sensor de pressão por exemplo, que seria o caso do MPX5700 mostrado na Figura 9, que talvez possibilite medir a pressão do botijão.

Figura 9 – Exemplo de módulo sensor de pressão MPX5700



Fonte: Disponibilizado na internet.

#### 4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a forma na qual o projeto foi estruturado não permitiu realizar a telemetria do botijão adequadamente por conta da força constante aplicada sobre o dispositivo, o que acaba prejudicando o resultado por conta da fluência. Também não é possível utilizar um sensor de força resistivo, já que o dispositivo se limita a uma capacidade de 10 Kg.

Outra forma de contornar a fluência seria por meio de cálculos através do software, porém esta não seria uma solução eficaz pela necessidade de vários fatores a serem calculados para se obter um resultado satisfatório. Alguns dos pontos a serem observados seria a frequência de consumo do gás, já que o peso estaria em constante mudanças, o que acabaria prejudicando o resultado; também seria necessário

monitorar a temperatura do ambiente, pois a temperatura pode adulterar o valor obtido pelo dispositivo, já que não seria espantoso o aparelho se encontrar em um ambiente com temperaturas mais elevadas. Por este motivo talvez se faça necessária a implementação de um módulo sensor de temperatura para que haja um conhecimento do ambiente na qual o dispositivo permaneceria.

Portanto, visa-se futuramente avaliar a utilização de um sensor de pressão para realizar a telemetria do botijão. Para isso, provavelmente seria necessário algum tipo de adaptação na mangueira que normalmente é encontrada nas válvulas de gás.

Para o próximo projeto, pretende-se desenvolver um sistema próprio, dessa forma seria possível realizar o cadastro de maneira mais simples, o usuário também poderia visualizar e editar seus dados a qualquer momento, e principalmente poderia visualizar a carga do botijão em tempo real, possibilitando a criação de gráficos e relatórios para que o cliente tenha maior controle do seu consumo.

Para o servidor, se o projeto viesse a se tornar algo viável, seria necessária a contratação de um serviço de hospedagem de servidor e banco de dados, como a AWS, por exemplo.

A ideia de se utilizar um bot poderia ser aplicada em um primeiro contato com o usuário em uma função de atendimento ao cliente, em que caso o bot não possa resolver o problema do usuário, então seria redirecionado para uma pessoa capacitada.

## REFERÊNCIAS

CIRCUIT JOURNAL. **50kg Load Cells with HX711 and Arduino. 4x, 2x, 1x Diagrams**. Disponível em: <https://circuitjournal.com/50kg-load-cells-with-HX711>. Acesso em: 23 out. 2023.

ZEMIC EUROPE. **Type 2N-50kg Full-bridge Load Cell**. Disponível em: [https://www.zemiceurope.com/media/Documentation/2N\\_50kg\\_Full\\_Bridge.pdf](https://www.zemiceurope.com/media/Documentation/2N_50kg_Full_Bridge.pdf). Acesso em: 24 out. 2023.

MEDEIROS, Gabriel da S.; SANTOS, Matheus R. do. **Smartgás: uma plataforma inteligente para monitoramento de gás de cozinha**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Informática para Internet) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

CARER, Maurício; CARRARO, Edver. **Célula de carga**. [2010]. Universidade de Caxias do Sul – UCS, Caxias do Sul, [2010]. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/BrenoAkerman/celulas-decargas1>. Acesso em: 7 nov. 2023.

HIGSON, GRt. **Recent advances in strain gauges**. Journal of Scientific Instruments, v. 41, n. 7, 1964. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0950-7671/41/7/301/meta>. Acesso em: 4 de dez. de 2023.

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas; CAMACHO, Jefferson Sidney; BRITO, GA de. **Extensometria básica**. Ilha, 2004. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/extensometria-basica.pdf>. Acesso em: 4 de dez. de 2023.

WHEATSTONE, Charles. **The Scientific Papers of Sir Charles Wheatstone**. Cambridge University Press, 2011. Disponível em: <https://abre.ai/hw3x>. Acesso em: 4 de dez. de 2023.

HOFFMANN, Karl. **Applying the wheatstone bridge circuit**. Darmstadt, Germany: HBM, 1974. Disponível em: <http://www.eln.teilam.gr/sites/default/files/Wheatstone%20bridge.pdf>. Acesso em: 4 de dez. de 2023.

MULLER, Ivan et al. Load cells in force sensing analysis--theory and a novel application. **IEEE Instrumentation & Measurement Magazine**, v. 13, n. 1, 2010. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5399212/>. Acesso em: 4 de dez. de 2023.

TAN, X. et al. AlGaIn/GaN pressure sensor with a Wheatstone bridge structure. **AIP Advances**, v. 8, n. 8, 2018. Disponível em: <https://pubs.aip.org/aip/adv/article/8/8/085202/563895>. Acesso em: 4 de dez. de 2023.

CARVALHO, Luiz Raimundo Moreira de; AMORIM, Helio Salim de. Observando as marés atmosféricas: uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, p. 1-7, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Q8dcfQDzV9bqwdDD6MLGf4Q/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 4 de dez. de 2023.

FREITAS, Filipe de Souza. **Luva de captura eletrônica de movimentos baseada em Unidades de Medição Inercial (IMU) e sensores de força resistivos**. 2022. Monografia (Graduação em Engenharia Eletrônica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2022. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/33585>. Acesso em: 4 de dez. de 2023.