

DISPOSITIVO BASEADO EM ARDUINO PARA DETECÇÃO DE GÁS METANO EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

GARBRECHT, Augusto¹; LOVATO, Adalberto²; WEBLER, Geovane³; FREDDO, Francine⁴

¹Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina, Campus Arnaldo Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina, RS, Brasil.

^{2,3,4}Faculdade Horizontina, Campus Arnaldo Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina, RS, Brasil.

*Autor Correspondente: ag001712@fahor.com.br

RESUMO

Sensores quimiorresistivos são utilizados na avaliação de concentrações de gás metano em diversas situações reais. O objetivo desta pesquisa é estudar a reprodutibilidade de quatro diferentes sensores ligados a um mesmo circuito Arduino. Uma câmara especial foi construída para realizar o experimento. A ferramenta *Parallax Data Acquisition* e uma planilha do Microsoft Excel foram usadas para coletar e tratar os dados. Os resultados confirmam uma forte correlação entre os quatro conjuntos de dados e deixam evidente, que uma calibração individual se faz necessária.

Palavras chave: Gás metano. Sensores. Sensores quimiorresistivos. Reprodutibilidade.

ARDUINO-BASED DEVICE FOR DETECTION OF METHANE GAS IN CONTROLLED CONDITIONS

ABSTRACT

Chemoresistive gas sensors are widely used to measure methane concentration in several real conditions. The goal of this research is to study the reproducibility of four different sensors using the same Arduino circuit. A special chamber was constructed to carry out the experiment. Parallax Data Acquisition tool and a Microsoft Excel spreadsheet were used to collect and treat the data. Results confirmed a strong correlation within the four measurements and highlight that an individual calibration is necessary.

Keywords: Methane gas. Sensors. Chemoresistive sensors. Reproducibility.

INTRODUÇÃO

Nos últimos 10 anos, houve uma evolução significativa em sensores de gás, aumentando consideravelmente a precisão das medidas (Aleixandre and Gerboles, 2012). Além do aumento da precisão, o desenvolvimento tecnológico possibilitou a popularização de sensores, tornando-os mais acessíveis, isto é, de baixo custo.

A agricultura, a indústria química e a de alimentos têm potencial para amplo emprego de sensores. Robôs equipados com sensores podem facilitar a atividade do trabalhador do campo. Atividades como a inspeção de áreas de cultivo, aferição de condições ambientais como temperatura e umidade e aplicação de defensivos agrícolas, são exemplos de atividades, nas quais se podem empregar mecanismos com sensores. Na área da indústria de alimentos e química os sensores podem ser empregados no monitoramento das condições em que os produtos são armazenados e transportados (Meng et al., 2014).

Emulando os sentidos do ser humano, podem-se classificar os sensores como de tato, de olfato, de visão, de audição e de paladar. O tato pode ser medido por medições de pressão, de temperatura, de vibração e de rugosidade. O olfato com medidas da presença de gases. A visão com a medida de comprimentos de onda da luz visível, de ondas ultravioletas e infravermelhas. A audição com medidas de ondas que se deslocam em meios fluidos.

Este trabalho tem por objetivo estudar a reprodutibilidade de quatro sensores de gás metano ligados ao mesmo circuito Arduino. A montagem e testes do dispositivo foram realizados no Laboratório de Física, Metrologia e Instrumentação nas dependências da Faculdade Horizontina. Além do gás metano foram realizadas medidas de temperatura e umidade relativa do ar. Busca-se, com este trabalho, fazer uma comparação entre sensores de gás metano, de mesmo modelo e fabricante, com o intuito de verificar seu desempenho e mensurar eventuais diferenças entre medidas.

Nesta primeira seção, apresenta-se o objetivo e a justificativa da pesquisa. Na seção 2, são apresentados os principais tipos de sensores de gás disponíveis no mercado. Os sensores quimiorresistivos são tratados com mais detalhes, pois sensores deste tipo foram usados para a realização deste trabalho. Na seção 3, apresenta-se o sistema para detecção de gás metano usado neste trabalho. Na seção 4, são apresentados os resultados com a respectiva discussão. E, na conclusão, se mostra que é viável a utilização de sensores de baixo custo e, que existe compatibilidade entre estes e circuitos operados por Arduino.

2 DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS

2.1 PRINCIPAIS TIPOS DE SENSORES DE GÁS

Existem diversos tipos de sensores de gás, cada um deles com propriedades e aplicações específicas. A maioria dos sensores gasosos, disponíveis no mercado, apresenta três princípios de funcionamento distintos: ópticos, eletroquímicos e sensores resistivos. Os principais são destacados a seguir.

2.1.1 Sensores Ópticos (Sensor por absorção de Infravermelho)

O principal tipo de sensor óptico utilizado na medição de compostos gasosos é o sensor por absorção de infravermelho, com vasta utilização na medição do dióxido de carbono. No interior, deste tipo de sensores, a irradiação das moléculas do gás alvo é excitada por um feixe de luz infravermelha, o que faz com que esta seja absorvida em determinados comprimentos de onda, característicos da molécula que absorve a radiação (Pandey; Kim, 2007).

2.1.2 Sensores Ópticos (Sensor por fotoionização)

No interior, deste tipo de sensores, um feixe de luz ultravioleta de elevada energia incide no gás em análise, fazendo com que as ligações das moléculas sejam quebradas. Os íons resultantes apresentam carga elétrica, quando expostos a um campo elétrico externo, geram uma corrente que é proporcional à concentração das moléculas no interior do detector (Castel et al., 2013).

2.1.3 Sensores Eletroquímicos

Um sensor eletroquímico é baseado em reações espontâneas de oxidação e redução, que envolvem um determinado gás/sólido para medição de sua concentração. Estas reações geram uma corrente entre os eletrodos, a qual é proporcional à concentração do gás que se deseja medir, conforme estabelecido pela lei de Nerst (Setter; Li, 2008).

2.1.4 Sensores resistivos

O princípio de medição dos sensores resistivos é baseado na variação da resistência ou da condutividade de um óxido metálico, quando exposto a diferentes concentrações de um determinado composto gasoso. De todos os elementos metálicos, por ser reativo com um

número elevado de compostos gasosos, o óxido de estanho (SnO_2) é o mais utilizado neste tipo de sensores. Pela sua importância, este tipo de sensor é descrito com mais detalhes na próxima seção.

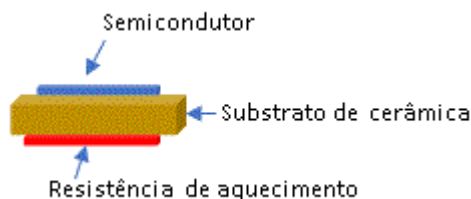
2.2 SENSORES QUIMIORRESISTIVOS

Sensores de metano quimiorresistivos são construídos com a deposição de um óxido metálico, sobre uma superfície condutora. Exemplo desses óxidos metálicos adequados para essa finalidade são o óxido de estanho (SnO_2), óxido de titânio (TiO_2) e também óxido de índio (In_2O_3), óxido de tungstênio (WO_3) e óxido de níquel (NiO). Esses óxidos são depositados em finas camadas, sobre uma base cerâmica e dopados, para formar semicondutores. O mais comum é o dióxido de estanho, que, quando aquecido, caracteriza-se pela redução da condutividade elétrica (aumento da resistência), à medida que a concentração de um gás combustível aumenta. Sua dopagem é realizada com ferro, cobalto, manganês ou óxido de cobre (CuO).

O dióxido de titânio apresenta o mesmo comportamento quando dopado com diversos metais, inclusive alguns nobres como a prata (Ag) (Sheini; Rohani, 2016). Na forma de microcristais, esses óxidos são aquecidos a altas temperaturas na presença de oxigênio, que é adsorvido na estrutura cristalina. Nessa configuração o sensor apresenta uma resistência que se pode chamar de referência.

Adsorção é a adesão de átomos, íons ou mesmo moléculas de um gás, líquido ou sólido dissolvido a uma superfície. Cria-se um filme do adsorbato sobre o adsorvente. Note-se que é diferente de absorção. Neste processo um fluido é dissolvido ou permeia um sólido. Naquele, cria-se apenas uma película externa. É interessante observar que em materiais porosos, como é o caso dos cerâmicos, essa película externa pode ocorrer dentro de poros, sem que adentre a estrutura cristalina do material.

Figura 1 – Ilustração da construção de um sensor baseado em semicondutor.



Fonte: Autores (2017)

O circuito de alimentação deve fornecer energia para uma resistência de aquecimento, que está separada do semicondutor por um substrato de cerâmica. Quando uma pequena proporção de gás metano, entra em contato com a superfície aquecida, uma parte dele é ionizada. A interação entre o gás e o semicondutor ocorre nos interstícios dos grãos da estrutura do filme de óxido cristalino. Geralmente incluem processos redox ou adsorção de elementos químicos. Como consequência, existe uma mudança de resistência elétrica que é um fenômeno que ocorre no óxido semicondutor do tipo n.

A resistência do sensor pode ser modelada por uma função exponencial (equação 1) da forma

$$R_s = AC^{-a} \quad (1)$$

onde, R_s é o valor da resistência, A é um coeficiente que depende do gás, C é a concentração do gás e a é o fator de decréscimo da curva de calibração (Eugster; Kling,2012). Uma das maneiras de medir a resistência R_s é construir um circuito com uma entrada de voltagem conhecida, que alimenta duas resistências em série: R_s e R_L , sendo esta uma resistência de referência, calibrada e de precisão. Aplica-se uma tensão de entrada V_c , geralmente, padronizada em 5V, e mede-se a tensão de saída V_{out} e se obtém o valor de R_s pela expressão:

$$R_s = \frac{V_c \times R_L}{V_{out}} - R_L \quad (2)$$

A resposta da resistência à presença de gases é seletiva, isto é, a detecção de cada tipo de gás é dependente da temperatura, que normalmente varia numa faixa de 200 °C a 400 °C. Essa característica traz a vantagem de poder servir para detecção e medida de concentração de diversos gases, variando-se a temperatura de aquecimento do gás. Mas, por outro lado, traz a desvantagem de ser sensível à presença de vapor d'água que pode ser detectado como um gás.

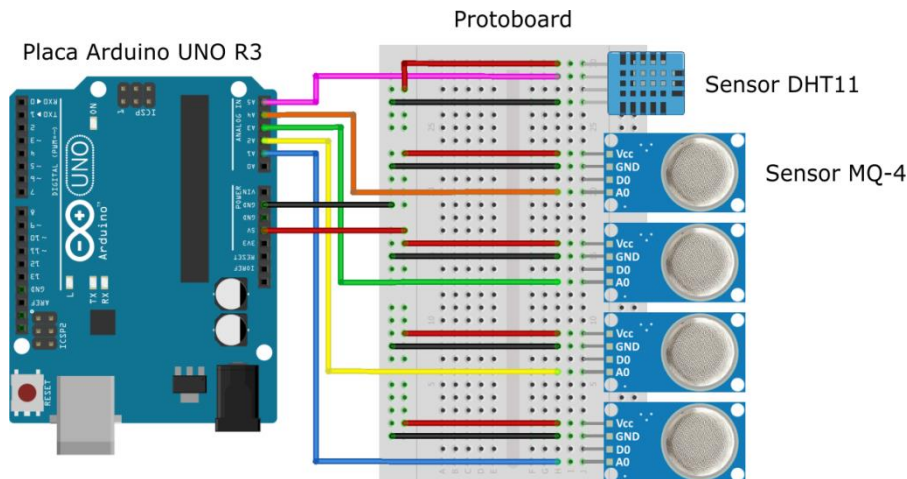
A resposta do sensor à presença de metano é tipicamente não-linear, o que demanda calibração inicial e, também, a construção de um software com a propriedade de traduzir corretamente os valores da concentração do gás.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foi construído um sistema para detecção de gás metano. O sistema eletrônico para coleta de dados é operado via microprocessador Arduino Uno R3. Outros componentes utilizados no sistema são: uma protoboard, quatro sensores

MQ-4 (gás metano), um sensor de umidade e temperatura DHT11 e jumpers, dispostos conforme Figura 2.

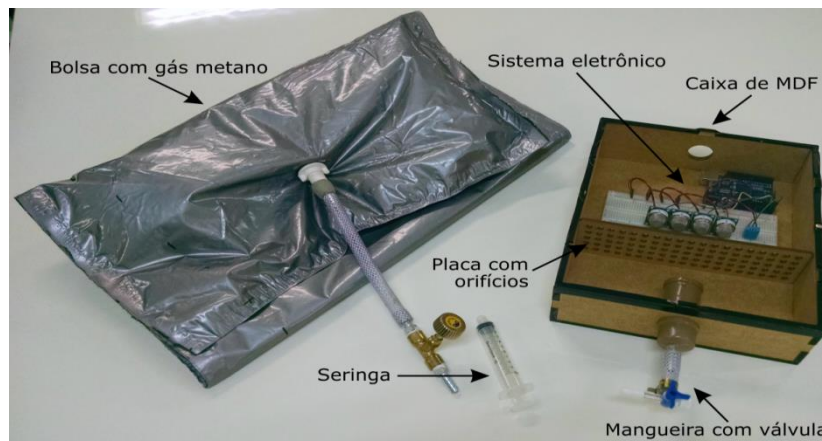
Figura 2 – Diagrama do sistema eletrônico para coleta de dados.



Como pode ser visualizado na Figura 2, os sensores MQ-4 são conectados às portas analógicas A1, A2, A3 e A4 do Arduino, enquanto que o sensor DHT11 é conectado à porta analógica A5. Todos os sensores têm tensão de operação de 5,0 V, logo, estes têm seu polo positivo conectado à porta 5V e o polo negativo à uma das portas GND do Arduino.

O sistema eletrônico é alojado numa caixa de MDF com volume interno de 2856,0 cm³, vedada internamente com adesivo composto por silicone. A parte superior da caixa é composta por uma chapa de acrílico, transparente, parafusada na estrutura de MDF e com vedação por fita isolante. A caixa utilizada durante o experimento é exibida na Figura 3.

Figura 3 – Caixa utilizada no experimento.



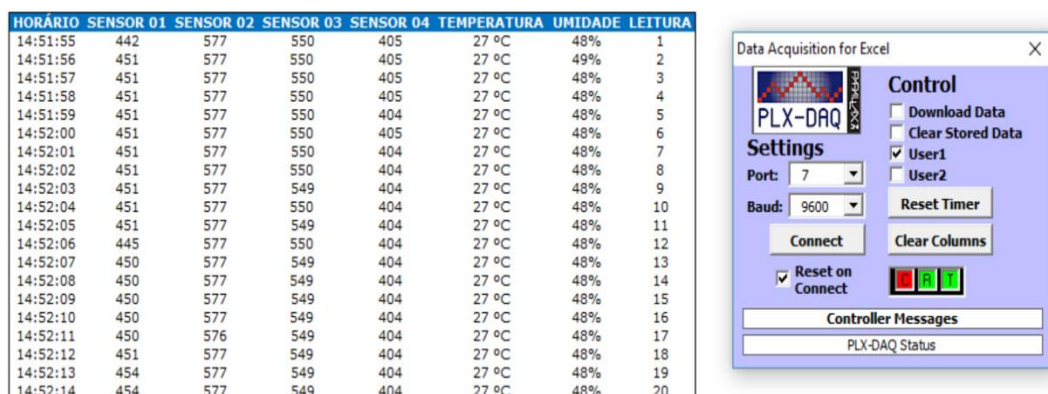
Fonte: Autores,(2017)

Numa das extremidades da caixa foi instalado um sistema para a entrada do gás metano, o qual é composto por um cano de PVC de 30,0 mm de diâmetro, uma luva e um tampão de PVC, com dimensões correspondentes ao diâmetro do tubo. Ao tampão foi adicionada uma mangueira com uma válvula, de modo a controlar a quantidade de gás que entra no sistema.

Conforme indicado na Figura 3, foi instalada uma placa com orifícios entre a entrada do gás e o sistema eletrônico, a qual tem o objetivo de distribuir o gás de maneira homogênea no interior da caixa.

O sistema eletrônico é capaz de coletar três grandezas: concentração de gás, umidade e temperatura interna da caixa. Para aquisição de dados foi utilizada a ferramenta Parallax Data Acquisition (PLX-DAQ), que permite a comunicação entre Arduino e Excel através de uma porta USB. A interface do experimento é apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Interface do experimento.



Fonte: Autores,(2017)

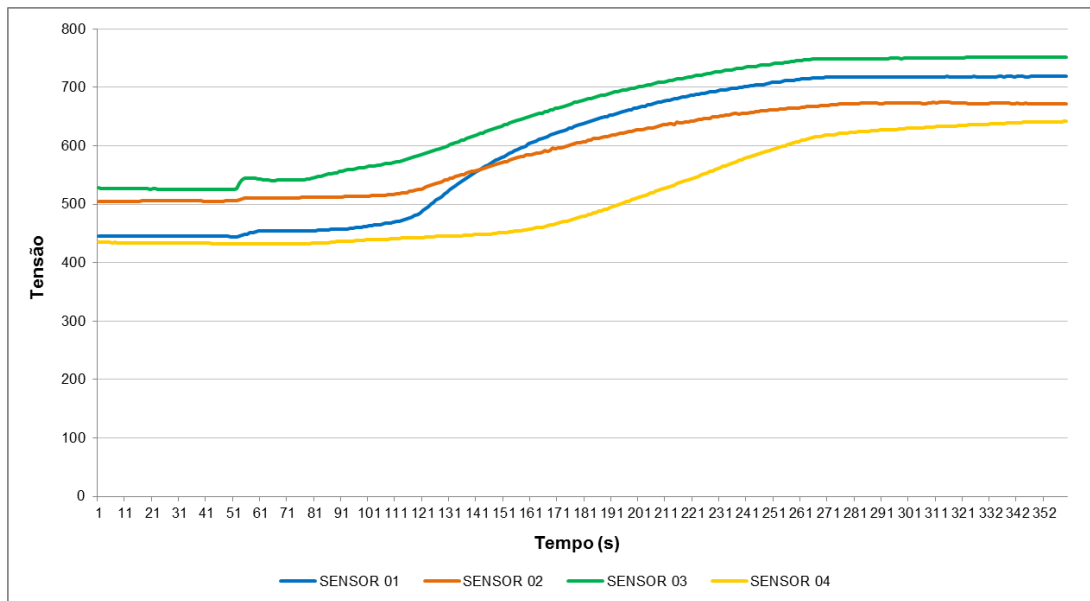
A Figura 4 apresenta as 20 primeiras leituras de um dos experimentos realizados. Conforme pode ser visualizado, o sistema foi programado para apresentar, a cada segundo, a leitura de cada sensor MQ-4, a umidade e a temperatura interna da caixa e o número da leitura equivalente.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 5 mostra os resultados da intercomparação entre os sensores de gás metano. Apesar da diferença quantitativa entre os valores medidos por cada sensor, é possível observar que a tendência de crescimento da tensão é semelhante, entre os quatro instrumentos. Este resultado é promissor, pois mostra que os sensores têm comportamento semelhante nas

mesmas condições. Nota-se, também, a necessidade de obtenção de uma equação específica, para calibração de cada sensor. Assim, as medidas realizadas por eles em diferentes condições poderão ser comparadas quantitativamente.

Figura 5 – Resultados: leituras obtidas para os quatro sensores intercomparados.



Fonte: Autores(2017)

CONCLUSÃO

Este trabalho trouxe um estudo sobre uso e funcionamento de sensores de gás metano, com foco em sensores quimiorresistivos. Além disso, apresentou-se os primeiros resultados experimentais da intercomparação entre quatro sensores instalados em um sistema para medir concentrações em condições controladas. A realização do trabalho mostrou que os sensores operados via Arduino são eficientes em medidas de pequenas concentrações, podendo saturar em concentrações elevadas. Por outro lado, uma análise qualitativa demonstra que estes sensores podem ser usados em condições de baixa concentração. Para que os resultados sejam mais robustos, torna-se necessária a calibração de uma equação específica, para cada sensor. Isso permitirá comparações, com resultados e estudos realizados, em outras condições e locais.

REFERÊNCIAS

ALEIXANDRE, M.; GERBOLES, M. **Review of small commercial sensors for indicative monitoring of ambient gas**, *In Chemical Engineering Transaction*. V. 30, p. 169-174. 2012. ISSN 1974-9791.

CAPONE, S.; FORLEO, A.; FRANCIOSO, L.; RELLA, R.; SICILIANO, J.; SPADAVECCHIA, J.; PRESICCE, S.; TAURINO, S. 2003. **Solid state gas sensor: state of the art and future activities**. *In Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*. Vol. 5, No. 5, 2003, p. 1335 – 1348. ISSN 1454-4164.

CASTELL, N.; VIANA, M.; MINGUILLÓN, M. C.; GUERREIRO, C.; QUEROL, X. **Real-world application of new sensor technologies for air quality monitoring**. Technical paper. European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation. Bilthoven: ETC/ACM, 2013.

EUGSTER, W; KLING, G. 2012. **Performance of a low-cost methane sensor for ambient concentration measurements in preliminary studies**. *In Atmospheric Measurement Techniques*. N. 5. pp 1920 – 1934. Göttingen: Copernicus. ISSN: 1867-1381. Doi:10.5194/amt-5-1925-2012

MENG, X.; KIM, S.; PULIGUNDLA, P.; KO, S. 2014. **Carbon Dioxide and Oxygen Gas Sensors - Possible Application for Monitoring Quality, Freshness, and Safety of Agricultural and Food Products with Emphasis on Importance of Analytical Signals and Their Transformation**, *J Korean Soc Appl Biol Chem*. 2014. ISSN 1738-2203. Doi 10.1007/s13765-014-4180-3.

PANDEY, S. K.; KIM, K. H.. **The Relative Performance of NDIR-based sensors in the near real-time analysis of CO₂ in Air**. *In Sensors*. V. 9, no. 1683–1696, 2007. ISSN 1683-1696. Doi 10.3390/s7091683.

SHAINI, Navid; ROHANI, Mahsa. 2016. **Ag-doped titanium dioxide gas sensor**. *In IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757-899X/108/1/012033.

STETTER, J. R.; LI J.. **Amperometric gas sensors – a review**. *In Chemical reviews*. V. 108, No. 352-366, 2008. Doi 10.1021/cr0681039.