



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



Proposta de uma biblioteca de código-aberto para programação de sensores de baixo custo MQ

Proposal of an open-source library for programming low-cost MQ sensors

Diego Ferreira *, Fabio Alexandre Spanhol[†], Edson Tavares de Camargo[‡],
Cleber Antonio Lindino[§]

RESUMO

Sensores da família MQ são uma interessante alternativa de baixo custo para detectar a presença de gases, incluindo gases tóxicos em determinados contextos. No entanto, existem alguns aspectos inerentes aos sensores MQ que devem ser considerados como o comportamento não linear desses sensores, a ausência de códigos de programação unificado para programá-los e o fato da documentação disponível ser fragmentada e incompleta. O objetivo principal deste trabalho é propor uma biblioteca de código-aberto para programação de sensores que contemple toda a família de sensores MQ e considere as limitações e os aspectos de calibração experimental de tais componentes. Estão sendo realizados testes com diversos sensores MQ bem como experimentos laboratoriais a fim de estabelecer-se um procedimento padronizado de calibração. Resultados preliminares demonstram que a biblioteca implementada funciona de forma satisfatória, medindo a resistência do sensor e a concentração dos gases. Como trabalho futuro espera-se ajustar os coeficientes das equações para aumentar a confiabilidade dos valores de concentração dos gases aferidos.

Palavras-chave: sensores de baixo custo. sensores MQ. Arduino.

ABSTRACT

MQ family sensors are an interesting low-cost alternative to detect the presence of gases, including toxic gases in certain contexts. However, there are some aspects inherent to MQ sensors that must be considered such as the non-linear behavior of these sensors, the absence of unified programming codes to program them, and the fact that the available documentation is fragmented and incomplete. The main objective of this work is to propose an open-source library for programming sensors that cover the entire family of MQ sensors and considers the limitations and aspects of experimental calibration of such components. Tests are being carried out with various MQ sensors as well as laboratory experiments in order to establish a standardized calibration procedure. Preliminary results demonstrate that the implemented library works satisfactorily, measuring sensor resistance and gas concentration. As future work, it is expected to adjust the coefficients of the equations to increase the reliability of the measured gas concentration values.

Keywords: low-cost sensors. MQ sensors. Arduino.

* Engenharia Eletrônica, UTFPR-Toledo; diegoferreira@alunos.utfpr.edu.br.

† Tecnologia em Sistemas para Internet, UTFPR-Toledo; faspanhol@utfpr.edu.br; <https://orcid.org/0000-0002-9603-8067>.

‡ Tecnologia em Sistemas para Internet, UTFPR-Toledo; edson@utfpr.edu.br; <https://orcid.org/0000-0002-6520-9142>.

§ Bacharelado em Química, Unioeste-Toledo; cleber.lindino@unioeste.br; <https://orcid.org/0000-0003-2465-0764>.



1 INTRODUÇÃO

A detecção da presença de gases na atmosfera é fundamental para diversas soluções de monitoramento da qualidade ambiental utilizadas por órgãos de públicos de controle e pesquisadores. Contudo, equipamentos de referência para detecção de gases possuem um custo elevado, podendo inviabilizar seu uso em diversas aplicações. Os sensores da série MQ surgem então, pois são baratos e capazes de detectar diversos gases, sendo por vezes muito precisos. No entanto, sensores MQ não são bem documentados e é por vezes difícil encontrar bibliotecas de programação que possam correlacionar os sinais detectados com concentrações de gases. Assim, o objetivo principal deste trabalho é propor uma biblioteca para programar sensores MQ associados com sensores DHT-22 (temperatura e umidade). Esta biblioteca aberta é recomendada para aplicações de controle da qualidade de ar baseadas em sensores de baixo custo. Futuramente será licenciada sob uma licença *Creative Commons* [1].

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Família de Sensores MQ

A família de sensores MQ compreende vários sensores semicondutores de gases. Tais sensores são compostos por um circuito auxiliar de aquecimento e um circuito sensor. Todos os sensores são sensíveis a mais de um tipo de gás, contudo cada sensor é mais sensível a um tipo específico de gás. A Tab. 1 apresenta alguns dos principais sensores da série MQ, assim como os respectivos gases no qual os sensores são sensíveis. Resumidamente a resistência de um sensor MQ altera-se conforme a quantidade de partículas de gás no ar. Para medir tais partículas, um aquecedor aquece o ar e o sensor detecta os gases através de reações químicas que ocorrem do contato direto do gás com o sensor. Fisicamente os sensores MQ estão disponíveis no mercado sob diferentes encapsulamentos.

Destaca-se que a principal característica dos sensores MQ é sua alta sensibilidade, que é uma característica típica de sensores semicondutores de óxido metálico (MOS). Tal característica pode ser tanto uma vantagem, devido a alta variação da resistência na presença de um gás, quanto uma desvantagem pela baixa rastreabilidade do sensor [2].

Tabela 1 – Família de Sensores MQ.

ID Sensor MQ	Gás Detectado
MQ-2	Propano C_3H_8 e Fumaça
MQ-3	Etanol ou Álcool Etilico C_2H_5OH
MQ-4	Metano CH_4
MQ-5	Metano CH_4 , Propano C_3H_8 , Butano C_4H_{10}
MQ-6	Propano C_3H_8
MQ-7	Monóxido de Carbono CO
MQ-8	Gás Hidrogênio H_2
MQ-9	Monóxido de Carbono CO, Metano CH_4 , Propano C_3H_8
MQ-131	Ozônio O_3 (baixa concentração)
MQ-135	Amônia NH_3 , Tolueno C_7H_8 , Gás Hidrogênio H_2
MQ-136	Sulfeto de Hidrogênio H_2S
MQ-137	Amônia NH_3
MQ-138	Etanol ou Álcool Etilico C_2H_5OH , Tolueno C_7H_8 , Acetona C_3H_6O

Fonte – Autoria própria (2021).



2.2 Sensor de Temperatura e Umidade DHT-22 e Microcontrolador

Uma vez que os sensores semicondutores são altamente afetados pelas variações de temperatura e umidade é essencial associar a leitura dos sensores MQ com parâmetros de temperatura e umidade. Dessa forma, neste projeto foi utilizado o módulo de temperatura e umidade DHT-22 da fabricante chinesa Aosong Guangzhou Electronics Co.. O DHT-22 é um sensor de baixo custo composto de um sensor capacitivo de umidade e de um termistor. O consumo energético é baixo: aproximadamente 2,5 mA de corrente elétrica durante a obtenção do dado medido. A faixa de leitura de umidade é de 0-100% com 2-5% de acurácia e a faixa de temperatura é de -40 a 80°C com $\pm 0,5^\circ\text{C}$ de acurácia [3]. Os valores são retornados através de um pino digital do módulo e podem ser tratados através de uma biblioteca Adafruit disponibilizada pelo fabricante [3].

Os dados obtidos dos sensores não podem ser diretamente utilizados por serem medidas analógicas. Assim, o próximo passo após obter as leituras do sensor e realizar um processamento dos dados com a utilização de um microcontrolador. Neste projeto foi utilizado o ATmega2560 na placa Arduino Mega 2560. O Arduino Mega 2560 foi selecionado pelas especificações adequadas aos propósitos: memória *flash* de alta velocidade (256 kB), baixo consumo energético, baixa tensão de operação (5 V), 16 pinos analógicos e 54 pinos digitais [4].

2.3 Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho é a seguinte: revisão da literatura, implementação da biblioteca, construção do circuito, experimentos de calibração e testes. Tais etapas estão descritas nas próximas seções.

2.3.1 Revisão da Literatura

Não foi possível encontrar repositórios públicos que disponibilizassem códigos abertos de bibliotecas funcionais para programar toda família sensores da série MQ. A biblioteca mais adequada encontrada foi a criada por Olivier Staquet ([5]) para o sensor MQ-131 (gás ozônio). Após experimentos com essa biblioteca percebeu-se que o princípio de funcionamento poderia ser estendido para os demais sensores da série MQ, similares entre si.

Para a implementação da nova biblioteca baseada em [5] foram analisadas as curvas de sensibilidade dos *datasheets* dos sensores MQ [6]. Tais curvas apresentam a variação da relação de resistência do sensor (resistência dividida pela resistência em "ar limpo") para algumas concentrações dos gases para os quais os sensores são sensíveis. E como já detalhado, os sensores MQ são sensíveis a mais de um gás, ou seja, existe sensibilidade cruzada.

Seguindo a análise das curvas proposta em [6] é possível obter os valores dos pontos do gráfico. Dado que o gráfico da curva de sensibilidade está em escala logarítmica em ambos os eixos (log-log) é possível fazer uma aproximação para uma escala linear utilizando ferramentas computacionais. Ressalva-se que o intuito deste trabalho não é apresentar completamente este processo de obtenção dessas equações

Após analisar a literatura e aplicar o procedimento de [6] é possível implementar a biblioteca para ler um valor analógico de tensão com o Arduino e converter esse valor na resistência do sensor, utilizando um divisor de tensão simples como explica [7]. Após obter o valor da resistência do sensor e a resistência em "ar limpo" (via calibração) é possível obter valores aproximados de concentração do respectivo gás, utilizando as equações obtidas na análise das curvas de sensibilidade.



Utilizando o procedimento de análise das curvas de sensibilidade citado na Seção 2.3.1 e tendo sido obtidas as equações que relacionam a resistência do sensor com a concentração do gás, baseado na biblioteca de [5] e fazendo a mesma análise do MQ-131 para os demais sensores da série MQ tem-se uma biblioteca genérica que pode ser utilizada para todos os sensores da série MQ apresentados na Tab. 1.

2.3.2 Calibração

A etapa de calibração é essencial para garantir a confiabilidade nas medições dos sensores. Não se encontrou na literatura protocolos de calibração de sensores específicos para a série MQ, apenas curvas de sensibilidade nos *datasheets*. Tais curvas mostram a variação da relação de resistências (resistência do sensor dividido pela resistência em "ar limpo") para determinadas concentrações do gás ao qual o sensor é sensível, dadas certas condições de umidade e temperatura. Assim estão em execução testes com os sensores MQ com o intuito de obter um protocolo de calibração, uma etapa extremamente importante para a obtenção da resistência do sensor no "ar limpo", ou seja, "sem poluentes", também chamada de R_0 . Calibração é a obtenção das curvas de relação entre a resistência do sensor e a temperatura/umidade no ambiente. Atualmente a calibração está sendo realizada em um laboratório de química analítica.

Os sensores analisados foram o MQ-131 e o MQ-136, ambos da empresa chinesa Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co. O MQ-131 é composto de semicondutor baseado em óxido de tungstênio (WO_3) para detecção de gás ozônio (O_3), na faixa de detecção entre 10-1000 ppb. Já o MQ-136 é constituído por dióxido de estanho (SnO_2) para detecção do gás sulfídrico (sulfeto de hidrogênio - H_2S) na faixa entre 1-100 ppm.

Resumidamente o processo de calibração é realizado da seguinte forma: o sensor MQ e o sensor DHT-22 são colocados em um recipiente de vidro. Em seguida é injetado ar sintético, após isso é inserido no recipiente um papel de filtro quantitativo umedecido com água purificada que eleva a umidade em quase 100%. Depois insere-se um secante de sílica gel para baixar a umidade no recipiente. Por fim são realizadas medições em tempo real da resistência do sensor MQ, no monitor serial do Arduino ao qual os sensores estão conectados. Após a obtenção dos valores de resistência, são realizadas análises quantitativas que visam obter curvas de relação entre umidade e resistência e o R_0 do sensor, ambos os parâmetros (coeficientes da curva) e a resistência ao ar limpo são parâmetros do código de calibração interno da biblioteca.

Até o momento não obteve-se resultados suficientes para definir um protocolo de calibração eficiente. Outra ressalva é que o intuito principal deste trabalho é a proposta de uma biblioteca para programar sensores de gases do tipo MOS. Assim, a calibração no código é feita através de ajustes de coeficientes de equações lineares que relacionam a resistência do sensor com a temperatura e umidade do ambiente.

2.3.3 Programação da Biblioteca

Após analisar a biblioteca existente [5] para o sensor MQ-131, foi iniciada a construção de uma biblioteca mais genérica. O conceito de funcionamento é simples: primeiro realiza-se a calibração, onde é obtido o valor do R_0 e o tempo de resposta do sensor, e em seguida é efetuada a leitura do sensor. Na leitura utiliza-se o valor do R_0 e do tempo de resposta, tendo como retorno a concentração do gás do qual o sensor MQ é sensível. O valor da concentração pode ser obtido em diferentes unidade de concentração sendo as principais em ppb (partes por bilhão) e ppm (partes por milhão).

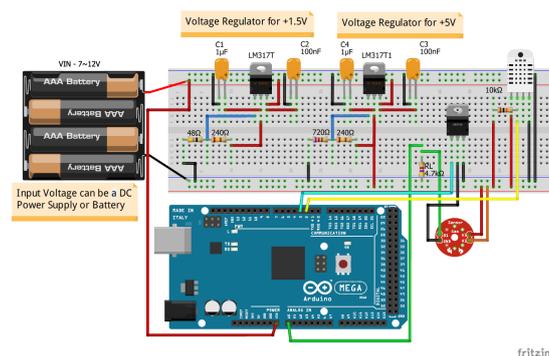
Importante ressaltar que são imprescindíveis para o código de calibração da biblioteca os parâmetros das

curvas obtidas na calibração em laboratório (i.e., testes de umidade) sendo tais parâmetros os coeficientes da curvas, além destes parâmetros são utilizadas equações de relação entre a variação da resistência para diferentes concentrações dos gases e diferentes temperaturas e umidades, esses dados são obtidos através do *datasheet* dos sensores MQ, todas as referidas informações são utilizadas na implementação da biblioteca.

3 RESULTADOS

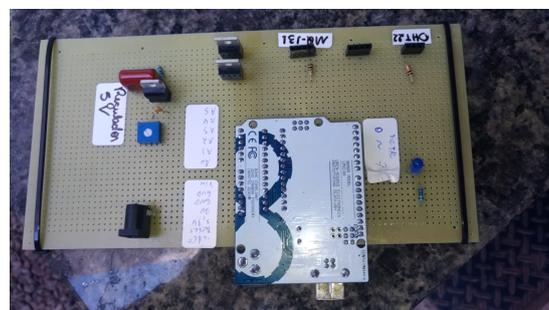
O circuito da Fig. 1 apresenta o circuito completo que pode ser utilizado tanto para a calibração quanto para a leitura dos sensores. Tal circuito utiliza um sensor DHT-22, reguladores de tensão do tipo LM317T, resistores e uma bateria/fonte de tensão externa capaz de fornecer pelo menos uma tensão de 7 V e 500 mA de corrente elétrica. Os reguladores de tensão são utilizados para regular a tensão da fonte externa em tensões de 1,5 V (para o MQ-7) e de 5 V (para os demais sensores MQ). O DHT-22 é utilizado para medir a temperatura e umidade, parâmetros utilizados nas equações de correção da resistência. Por fim, para cada sensor MQ é necessário um MOSFET (transistor de efeito de campo) de canal N utilizado como chave para ativar e desativar o aquecedor interno do sensor MQ, sendo o mesmo controlado por uma porta digital do Arduino.

Figura 1 – Circuito Esquemático (em protoboard) para um sensor MQ.



Fonte – Autoria própria (2021).

Figura 2 – Circuito (em placa soldada) de Calibração do MQ-131.



Fonte – Autoria própria (2021).

A Fig. 2 mostra uma primeira versão do circuito da Fig. 1 implementado em um placa padrão do tipo ilha. Este protótipo está sendo utilizado nos testes de calibração do sensor MQ-131 (ozônio). Como no circuito de testes é utilizado somente um sensor MQ, demandando menos processamento, o Arduino escolhido foi o Uno. O



circuito também não possui um regulador de tensão de 1,5 V, necessária somente para o sensor MQ-7.

4 CONCLUSÕES

Os resultados iniciais obtidos com o circuito montado foram satisfatórios e a biblioteca mostrou-se bastante útil para facilitar a programação ao abstrair detalhes inerentes ao processo de calibração. Atualmente a biblioteca está em fase de registro de propriedade intelectual e testes experimentais para verificação da acurácia dos valores obtidos estão em andamento.

Destaca-se que algumas melhorias para futuras versões como: (a) implementar alguma forma de checagem de erro de medição dos sensores, (b) ajustar as curvas a partir dos resultados obtidos na calibração em laboratório e (c) analisar a propagação de erro devido às imprecisões (valores reais versus valores nominais) dos componentes e erros inerentes a própria medição.

Ressalva-se que não estão disponíveis os resultados finais das medições efetivas — concentrações de gases e até o valor da resistência em ar limpo (R_0) — visto que os experimentos estão em andamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UTFPR pelo apoio financeiro através do pagamento de bolsas mediante o Edital PROPPG/PROREC 04/2020 – PIBITI/PIVIT.

REFERÊNCIAS

- [1] CREATIVE Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Disponível em: [🔗](#). Acesso em: 21 set/2021.
- [2] VOSS, H. G. J. et al. Desenvolvimento de um Nariz Eletrônico aplicado à determinação do estágio de maturação em pessegueiros. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2019.
- [3] ADAFRUIT INDUSTRIES. **Dht22 temperature-humidity sensor + extras**. Disponível em: [🔗](#). Acesso em: 12 set/2021.
- [4] KOTHARI, N. et al. Design and development of IoT based cement bag counting system. **Materials Today: Proceedings**, Elsevier, 2021.
- [5] STAQUET, O. **Arduino driver for gas sensor MQ131 (Ozone/O3)**. Disponível em: [🔗](#). Acesso em: 10 ago/2021.
- [6] GIRONI, D. **Presenting MQ Sensors: Low-cost gas and pollution detectors**. Disponível em: [🔗](#). Acesso em: 10 ago/2021.
- [7] JAYCON SYSTEMS. **Understanding a Gas Sensor: Jaycon systems**. Disponível em: [🔗](#). Acesso em: 11 ago/2021.