

MONITORAMENTO DA ATIVIDADE METABÓLICA ATRAVÉS DA MEDIÇÃO DE CO₂ POR SENSORES ELETRÔNICOS EM PRODUTOS AGRÍCOLAS.

TALITA MARIA TABOSA DA SILVA¹, REBEKA EVELYN XAVIER DA SILVA²,
THAYNNÁ AUGUSTA PEREIRA CAVALCANTI³, LUIZ EDUARDO NASCIMENTO
SOUZA⁴, RENATO LAURENTI⁵, REJANE MAGALHÃES DE MENDONÇA
PIMENTEL⁶

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRPE, Recife – PE, talita.tabosa@ufrpe.br

² Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRPE, Recife – PE, rebeka.evelyn@ufrpe.br

³ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRPE, Recife – PE, thaynna.cavalcanti@ufrpe.br

⁴ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRPE, Recife – PE, luiz.ensouza@ufrpe.br

⁵ Eng. Agrícola, Prof. Titular Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife – PE, renato.laurenti@ufrpe.br

⁶ Prof. Titular Doutora, Depto. de Biologia, UFRPE, Recife – PE, rejanemmpimentel@gmail.com

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: O trabalho objetiva o desenvolvimento de um respirador automatizado para testar a aplicação do sensor MQ-135 para uso em ambiente de armazenagem de grãos, quantificando níveis de CO₂ emitido em um período, de 48 horas através de amostras de grãos confinada hermeticamente e sensores ligados a uma placa de “arduino”. Sensores MQ-135, foram anteriormente testados em seu funcionamento, enviam dados à plataforma “Arduino”, que os registra em um cartão SD por meio do “data logger Shield, os dados estão sendo analisados e comparados com um o equipamento, JLDG que mede a qualidade do ar, mensurado, temperatura, CO₂, umidade, para traçarmos uma correlação entre ambos. Posteriormente os sensores serão instalados silo piloto, por um período de 30 dias. Permitindo o armazenamento dos dados de forma prática e eficiente, possibilitando a coleta contínua de informações. Especificamente está em estudo o teor de umidade ideal para conservação dos grãos de milho (*Zea mays L.*), podendo atender a qualquer tipo de grão armazenado. Os dados iniciais sugerem uma eficiência do sistema e aplicabilidade em diferentes estudos com materiais biológicos em processo de estocagem e armazenagem.

PALAVRAS-CHAVE: dióxido de carbono, arduino, armazenamento.

MONITORING METABOLIC ACTIVITY THROUGH CO₂ MEASUREMENT BY ELECTRONIC SENSORS IN AGRICULTURAL PRODUCTS.

ABSTRACT: The work aims to develop an automated respirator to test the application of the MQ-135 sensor for use in a grain storage environment, quantifying levels of CO₂ emitted over a period of 48 hours through hermetically confined grain samples and sensors connected to an “Arduino” board. MQ-135 sensors, which were previously tested in their operation, send data to the “Arduino” platform, which records them on an SD card through the “data logger Shield, the data is being analyzed and compared with an equipment, JLDG that measures air quality, measured, temperature, CO₂, humidity, to draw a correlation between the two. Subsequently, the sensors will be installed in a pilot silo, for a period of 30 days. Allowing the storage of data in a practical and efficient way, enabling the continuous collection of

information. Specifically, the ideal moisture content for conservation of “*Jatropha curcas L.*” is being studied. being able to serve any type of stored grain. Initial data suggest the system's efficiency and applicability in different studies with biological materials in the storage and storage process.

KEYWORDS: carbon dioxide; arduino; storage.

INTRODUÇÃO: Atividade metabólica do material biológico resulta da liberação de CO₂, água e calor. O aumento desse segmento denota a deterioração do produto devido ao consumo de matéria seca. Assim, torna-se relevante conhecermos o ponto de inibição desse metabolismo para a conservação dos diversos produtos agrícolas garantindo sua qualidade e integridade. Visto que a etapa de armazenamento é imprescindível na manutenção desses parâmetros até sua industrialização e consumo. Este estudo destaca o desenvolvimento de um protótipo para a monitorização da qualidade do ar em ambientes de armazenamento de produtos agrícolas para quantificar a concentração de CO₂ emitido e sua relação com a matéria seca para aplicação em diversos estudos relacionando armazenagem, tempo de prateleira e emissão de CO₂. Os experimentos revelaram a dinâmica do sensor de gás MQ135, demonstrando um período inicial de aquecimento durante o monitoramento. Essa característica, alinhada à lógica de operação dos sensores MQ baseados em tecnologia de semicondutores MOS (Metal Oxide Semiconductor), oferece achados importantes sobre seu funcionamento em condições controladas. Apesar das limitações identificadas, os resultados obtidos contribuem para a compreensão do desempenho do sensor MQ135 na medição de CO₂. O uso desse protótipo pode proporcionar uma abordagem mais eficaz para avaliar a qualidade do ar em instalações de armazenamento, auxiliando na preservação dos produtos agrícolas. Essa aplicação tem potencial para impactar positivamente a segurança alimentar e a eficiência dos processos de conservação pós-colheita.

MATERIAL E MÉTODOS: Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola localizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco seguindo um protocolo detalhado para garantir a consistência e a reprodutibilidade dos resultados. No presente estudo utilizamos grãos de milho (*Zea mays L.*) como material biológico para os experimentos. Os grãos foram selecionados com base em critérios de qualidade e maturidade, garantindo a uniformidade da amostra, oriunda de um mesmo lote. Em seguida, foram pesados e distribuídos uniformemente em recipientes *erlenmeyers* de vidro de 500 ml, os quais foram hermeticamente fechados para manter um ambiente controlado durante as medições. O sensor MQ135 (Figura 1A), foi instalado no interior desses recipientes junto dos grãos de milho sem tocar, os recipientes são lacrados e vedados com rolhas de borracha e selados com silicone um furo na rolha permite a passagens dos fios. Sua saída analógica conectada ao Arduino Uno (Figura 1A). Para primeira etapa de aquisição de dados, utilizamos o Arduino Uno em conjunto com um Data Logger Shield. O código foi desenvolvido na linguagem C++ e carregado no microcontrolador para iniciar as medições. O sensor MQ135 realizou leituras contínuas das concentrações de CO₂ em partes por milhão (ppm), e os dados foram armazenados no cartão SD pelo Data Logger Shield. As medições foram realizadas em intervalos regulares ao longo do tempo para capturar qualquer variação nas concentrações de CO₂. Para complementar a análise das concentrações de CO₂, adotamos um segundo método de aquisição de dados utilizando a placa ESP8266 (Figura 1C) e o aplicativo ThingSpeak. Essa abordagem permitiu uma avaliação adicional das variações nas concentrações de CO₂ e sua relação com as condições ambientais. A placa ESP8266 foi configurada para se comunicar com o sensor MQ135 e enviar os dados de CO₂ para o aplicativo ThingSpeak, uma plataforma de IoT (Internet das Coisas) que possibilita a

visualização e análise em tempo real dos dados coletados. Durante os experimentos, o sensor MQ135 continuou a realizar leituras contínuas das concentrações de CO₂, o aplicativo ThingSpeak registrou e exibiu os dados em um formato acessível, permitindo uma análise detalhada das tendências e padrões ao longo do tempo.



FIGURA 1. Sensor de CO₂ MQ-135 (A), Placa Arduino conectada ao Data (B), ESP8266 NodeMCU (C).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os experimentos realizados demonstraram que o sensor de gás MQ135 passa por um período de aquecimento inicial, conforme observado nos dados coletados ao longo de uma hora de monitoramento. Este comportamento é consistente com a lógica de operação dos sensores MQ, que são baseados em tecnologia de semicondutores MOS (Metal Oxide Semiconductor). Conforme descrito pelo Technical Data MQ-135 Gas Sensor da Hanwei Electronics Co., Ltd., citado por: SANTOS JUNIOR (2018), os sensores MQ operam com uma resistência interna alimentada por uma fonte de 5 V e GND. A resistência do sensor varia inversamente com a concentração de gás tóxico no ambiente, o que resulta em uma variação correspondente na tensão de saída do sensor.

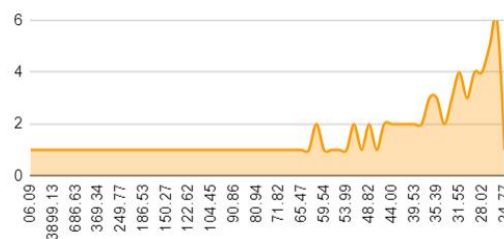


FIGURA 4. Gráfico referente a primeira hora de funcionamento do protótipo.

Ao analisar os dados coletados pelo aplicativo ThingSpeak, observamos as variações nas concentrações, indicando a sensibilidade do sensor. É importante destacar que a faixa de medição concentrada, medida em ambos os métodos de aquisição de dados, não é especificada no manual do sensor, o que pode levantar questões sobre a precisão das medições. Segundo Stefan et al (2020), citado por: SANTOS JUNIOR (2018), a falta de informações específicas sobre os limites exatos de concentração de CO₂ que o sensor é capaz de medir pode afetar a confiabilidade dos dados obtidos.



FIGURA 5. Gráfico reproduzido pelo aplicativo ThingsSpeak.

CONCLUSÕES: O protótipo desenvolvido mostra promessa na monitorização da qualidade do ar em ambientes de armazenamento agrícola, especialmente na medição de CO₂ com o sensor MQ135. Embora os resultados iniciais sejam encorajadores, reconhecemos a necessidade de aprimoramento e validação comparativa com instrumentos estabelecidos. O próximo passo envolve confrontar os resultados do protótipo com um medidor multifuncional de qualidade do ar, incluindo TVOC (Compostos Orgânicos Voláteis Totais), para validar sua precisão. Com ajustes, o protótipo pode se tornar uma ferramenta confiável para a monitorização da qualidade do ar em ambientes de armazenamento agrícola, contribuindo para a preservação de produtos pós-colheita.

REFERÊNCIAS:

ADAFRUIT. **Data Logger Shield**. Disponível em: <https://learn.adafruit.com/adafruit-data-logger-shield/downloads>

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD. **Technical Data MQ-135 Gas Sensor**. Disponível em: <https://www.hwsensor.com/product/mq135.html>.

JÚNIOR, M. A. S. Relatório de Estágio Supervisionado Obrigatório: **Monitoramento da Temperatura e Dióxido de Carbono em Silo Piloto Utilizando Arduino e Blynk**. 2018. 22 f.: il. Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil.

SOUSA E SILVA, Juarez. **Armazenagem e Comercialização de Grãos no Brasil**. Apostila. 2008. Biblioteca central da UFV, Viçosa, MG.

STEFAN, I. A., FERREIRA, P. I. L., SOUSA, A. S. **Protótipo de medidor de gases poluentes usando tecnologia de baixo custo**. Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, nº 49. Pag. 31º SIMPIF – Simpósio de Pesquisa Inovação e Pós-Graduação do IFPB, 2020, João Pessoa, PB.