

## APERFEIÇOAMENTO DA AERODINÂMICA DE FOGUETES DE GARRAFA PET POR MEIO DE DADOS OBTIDOS VIA ARDUÍNO

Beatriz Baeza Gouvêa, Cauê Dias Rocha, Letícia Ceccarelli Lourenço, Dante Alighieri Alves de Mello

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - Campo Grande - MS

[beatriz.gouvea@estudante.ifms.edu.br](mailto:beatriz.gouvea@estudante.ifms.edu.br), [caue.rocha@estudante.ifms.edu.br](mailto:caue.rocha@estudante.ifms.edu.br), [leticia.lourenco@estudante.ifms.edu.br](mailto:leticia.lourenco@estudante.ifms.edu.br),  
[dante.mello@ifms.edu.br](mailto:dante.mello@ifms.edu.br)

Área/Subárea: Ciências Exatas e da Terra/Física

Tipo de Pesquisa: Científica

**Palavras-chave:** MOBFOG. Lançamento de foguetes. Arduino.

### Introdução

A Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG) é uma competição nacional que permite equipes de um a três componentes e é dividida em cinco níveis, sendo o quarto e quinto níveis destinados para estudantes do ensino médio. Cada nível possui tipos de lançamento e foguetes diferentes, conforme o regulamento da competição (OBA, 2024).

O Câmpus Campo Grande do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul participa da Mostra desde 2019 no nível 4, quando conquistou a primeira classificação na fase nacional. Em 2024 tivemos o lançamento de 15 equipes na etapa local.

As equipes com os três maiores alcances horizontais com o mínimo de 100 m entre o ponto de lançamento e o centro de massa do foguete são classificadas para a etapa nacional da MOBFOG. Entretanto, com a participação de diversos estudantes na Mostra e com a oportunidade de aprender com diversas equipes de todo o país na etapa nacional, diversas ideias começaram a ser implementadas no câmpus desde 2019, trazendo resultados cada vez melhores. Em 2024 as quatro melhores equipes do câmpus Campo Grande ultrapassaram a marca de 200 m sendo que, em testes anteriores, uma dessas equipes alcançou a marca de 300 m.

Não encontramos na literatura registros de métodos de avaliação precisos do estudo da aerodinâmica deste tipo de foguete, apenas observações durante os lançamentos de teste, o que com maiores distâncias se tornam ainda mais complexas. Paiva (2021) desenvolveu um circuito baseado em Arduino que possui um GPS que disponibiliza dados passíveis de serem analisados de forma gráfica e possibilitam um melhor entendimento das grandezas e fenômenos físicos presentes em um lançamento oblíquo.

Com base no trabalho deste autor desenvolvemos em nosso projeto um circuito baseado em Arduino que possibilite a análise da aerodinâmica do projétil de forma adequada utilizando a ferramenta Simulink do MATLAB para fazer uma simulação tridimensional da trajetória e, assim, identificar movimentações de perda de energia que possam ser corrigidas por alterações aerodinâmicas.

### Metodologia

Descrevemos a seguir a metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa:

1. Confecção de base de lançamento com base no modelo da OBA e experiências anteriores na competição;
2. Desenvolvimento protótipos de foguetes;
3. Desenvolvimento de circuito em Arduino e respectiva programação com os componentes eletrônicos para fornecer os parâmetros aerodinâmicos. O circuito foi confeccionado com quatro componentes: um Arduino NANO, um módulo para cartão Micro SD, um sensor de aceleração e velocidade angular (MPU6050) e uma bateria (9V);
4. Construção de coifa amortecedora dos impactos da colisão do foguete com o solo para proteção do circuito eletrônico;
5. Testagem do circuito em solo e no ar, seguidas da modelagem dos dados obtidos;
6. Por fim, reformulação e lançamentos dos foguetes após análises aerodinâmicas realizadas com base nos dados obtidos por meio da etapa 5.

### Resultados e Análise

A figura 1 apresenta a base de lançamento e o foguete de garrafa PET construídos.

**Figura 1.** Base de lançamento



Fonte: os autores

A base mostrada na Figura 1 foi projetada para efetuar lançamentos de nível 3 (água e ar-pressurizado) e nível 4 (vinagre e bicarbonato de sódio).

Em seguida iniciamos a construção e configuração do circuito Arduino. Realizamos diversas adaptações na coifa do foguete de modo que fosse possível dissipar o impacto da colisão do

foguete com o solo para não danificar o circuito eletrônico e nem comprometer a integridade dos dados lógicos salvos no cartão de memória.

Após o desenvolvimento do circuito iniciamos a etapa de coleta de dados, tanto em solo quanto em voo, bem como o estudo e aperfeiçoamento de códigos para a obtenção adequada de dados e redução de ruídos. A Figura 3 mostra a bateria e o circuito completo acoplado.

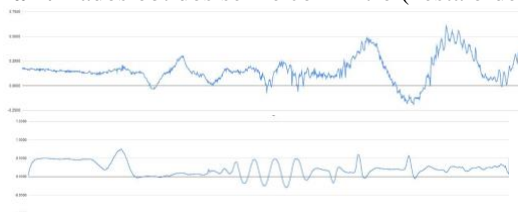
**Figura 3.** Circuito confeccionado



Fonte: os autores

O código desenvolvido por Shilleh (2023) obtém os dados de aceleração (em  $m/s^2$ ) e velocidade angular (em  $rad/s$ ). Os dados são filtrados, baseando-se no filtro de Tharanga (2014), convertidos para g (Aceleração da gravidade) e %s (Graus por segundo) e salvos na memória Micro SD em um arquivo no formato CSV. A figura 4 mostra os dados obtidos sem e com filtro de Tharanga, respectivamente.

**Figura 4.** Dados obtidos sem e com filtro (nesta ordem).



Fonte: os autores

Com os dados no formato CSV é possível utilizar os códigos desenvolvidos por Madgwick (2010) para calcular a velocidade, a posição e a inclinação do objeto, bem como o software MATLAB para visualizar a movimentação durante a obtenção dos dados.

Diversos testes tiveram que ser realizados para a regulação apropriada da simulação tridimensional no MATLAB e no código do circuito. O MPU 6050 é um sensor muito instável, então foi necessário desenvolver um tipo de filtro que pudesse tratar melhor os dados do sensor. Além disso, para realizar a simulação adequada no MATLAB é necessário configurar o sensor para a frequência utilizada no MATLAB, que pode ser ajustada no código desenvolvido por Madgwick (2010).

Até o momento, os lançamentos realizados tiveram a função de aperfeiçoar a estrutura do foguete, a proteção do circuito e o funcionamento do circuito e do código. Em projetos de

pesquisa futuros poderão ser obtidas simulações de um lançamento completo.

### Considerações Finais

Este projeto tinha como objetivo o aprimoramento da aerodinâmica de foguetes de garrafa PET utilizando dados obtidos por um circuito eletrônico em Arduino. Construímos uma base para lançamentos de níveis 3 e 4, foguetes de garrafa PET adaptados para a proteção do circuito, um circuito que fornece os dados aerodinâmicos desejados, além da modelagem matemática necessária para a análise dos dados. A maior dificuldade encontrada até o momento é garantir a integridade do circuito e dos dados obtidos, bem como a precisão das simulações computacionais. Pesquisas futuras poderão se beneficiar de toda a estrutura científica e metodológica desenvolvida com o protótipo validado, uma vez que as alterações aerodinâmicas a serem realizadas com base nestes dados poderão promover maiores alcances horizontais.

### Agradecimentos

Agradecemos às bolsas de estudo do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) via edital PIBIC/IFMS N°028/2023 e ao IFMS pelo fomento.

### Referências

THARANGA, S. **Accelerometer Data Filtering Using Low Pass filter**. Disponível em: <<https://supuntharanga.blogspot.com/2014/04/accelerometer-data-filtering-using-low.html>>. Acesso em: 7 jul. 2024.

MADGWICK, S. O. H. **An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays**. Disponível em: [https://courses.cs.washington.edu/courses/cse466/14au/labs/14/madgwick\\_internal\\_report.pdf](https://courses.cs.washington.edu/courses/cse466/14au/labs/14/madgwick_internal_report.pdf). 2010. Acesso em: 7 jul. 2024.

OBA. Portal **Olimpíada Brasileira de Astronomia**. [Brasil]: OBA, 2024. Disponível em: <<http://www.oba.org.br/site/?p=conteudo&idcat=40&pag=conteudo&m=s>>. Acesso em: 14 abr. de 2024.

PAIVA, A. S. **TELEMETRIA COM O USO DE ARDUINO EM LANÇAMENTO DE FOGUETES NO ENSINO MÉDIO: uma metodologia alternativa para ensinar Cinemática no lançamento oblíquo de foguetes de garrafa PET**. São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2021.

SHILLEH. **How to Connect MPU6050 to Arduino Nano Every**. YouTube, 30 de Junho de 2023. 4min18s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1gNN0Fwu9Nc>>. Acesso em: 6 jul. de 2024.