



• DEMONSTRAÇÃO EXPERIMENTAL DO EFEITO MAGNUS UTILIZANDO MATERIAL DE BAIXO CUSTO

Diogo Boff – diogo_boff@hotmail.com
Lucas S. Jorge – nalv.lucas@hotmail.com
Luís C. Macedo – lkuiskarlos@gmail.com
Romerson Serejo – homerserejo@gmail.com
Welton T. Pinto – welton-tucl@hotmail.com
Wellington S. Fonseca – fonseca@ufpa.br
Universidade Federal do Pará – Campus Tucuruí
Rua Itaipu nº36 - Vila Permanente
68464-00 – Tucuruí - Pará

***Resumo:** Diante da crescente busca por fontes renováveis de energia, a utilização dos ventos para auxílio da locomoção de navios voltou a ganhar importância, porém agora aproveitando o princípio do Efeito Magnus. Como exemplo, o navio híbrido E-Ship 1 que utiliza rotores Flettner, para converter ventos laterais em movimento perpendicular. Este trabalho teve como objetivo construir um experimento com tecnologia análoga a do navio E-Ship 1, utilizando apenas materiais de baixo custo, assim demonstrando a utilização e eficácia do Efeito Magnus como tecnologia para propulsão de meios de transporte aquáticos nas matérias de física experimental e teórica incluídas na grade curricular básica de graduação em engenharia.*

***Palavras-chave:** Física, Efeito Magnus, E-Ship 1, Experimento, Materiais de Baixo Custo.*

1. INTRODUÇÃO

O Efeito Magnus é um efeito físico que pode ser percebido no cotidiano como, por exemplo, nas atividades esportivas. Trata-se de um fenômeno hidrodinâmico descoberto pelo químico e físico alemão Heinrich Gustav Magnus pelo qual a trajetória em um fluido (líquido ou gás) de um objeto é alterada devido à sua rotação. Este efeito tem grande interesse prático, desde o projeto dos aviões até o “efeito” que é dado à bola por um jogador de futebol.

Para entender este princípio, é necessário conhecer o comportamento dos fluidos em seu

Realização:

 **ABENGE**

Organização:



**O ENGENHEIRO
PROFESSOR E O
DESAFIO DE EDUCAR**



escoamento em torno de objetos. Se um cilindro é introduzido num campo de escoamento inicialmente uniforme, as linhas da corrente em torno do cilindro tem o aspecto como indicado na Figura 1. A velocidade do fluido é nula nos extremos de seu diâmetro horizontal e máxima nos extremos de seu diâmetro vertical, passando por valores intermediários para diâmetros que tenham outra orientação (NUSSENVEIG, 1997).

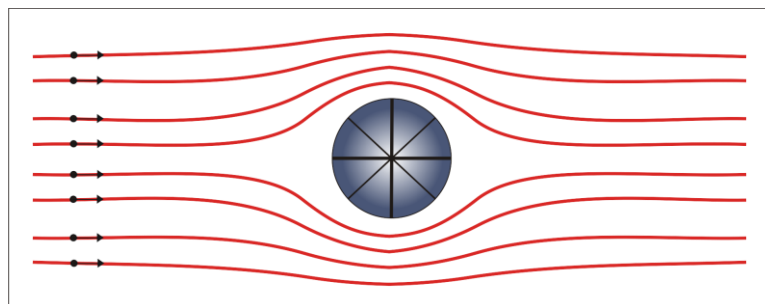


Figura 1. Escoamento de fluido em torno de um cilindro em repouso.

Para o escoamento em torno de um cilindro em rotação, temos a seguinte representação (Figura 2):

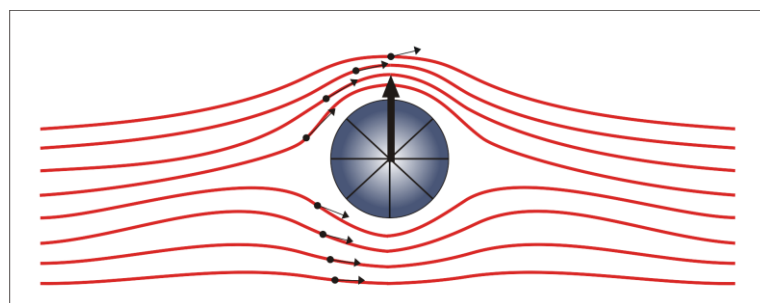


Figura 2. Escoamento de fluido em torno de um cilindro em rotação.

Observa-se que as linhas de corrente estão mais próximas na parte superior do cilindro. Nessa região a velocidade do escoamento é maior, e de acordo com o teorema de Bernoulli (1738): “em toda corrente de água ou de ar a pressão será grande quando a velocidade for pequena e, ao contrário, a pressão será pequena quando a velocidade for grande”.

A partir dessa lei é explicado o Efeito Magnus, pois como a pressão na parte de cima do cilindro é menor em relação à parte de baixo (e consequentemente à pressão atmosférica), o objeto tende a desviar sua trajetória também para cima (NUSSENVEIG, 1997).

Um exemplo: na figura 3, uma bola com “spin” (rotação) é lançada contra o vento. A figura ilustra a rotação anti-horária. A rotação faz com que uma camada de ar grudada à superfície gire com a bola. Isto faz com que em B, esta camada aumente a velocidade do vento e em A, ela seja diminuída. Logo, de acordo com Lei de Bernoulli, a pressão em A sendo maior do que em B, surge uma força, chamada empuxo dinâmico, que desvia a trajetória original da bola. Se invertermos o sentido da rotação, inverte-se também o sentido do empuxo (AGUIAR & RUBINI, 2004).

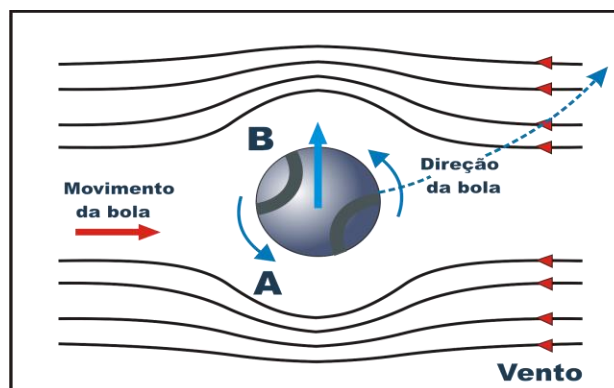


Figura 3. Esquema de forças de uma bola em rotação pelo ar.

O empuxo dinâmico resultante da combinação de um escoamento uniforme com uma circulação também é responsável pela sustentação dos aviões, gerando um “*upforce*” (força para cima, sustentação). Já nos carros de fórmula 1 a mesma força é responsável pela “*downforce*” (força para baixo), que pressiona os carros contra a pista (SHOW DE FÍSICA, 2012).

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo descrever e observar experimentalmente o Efeito Magnus através de um experimento, apresentando onde o efeito pode ser percebido e ainda como pode ser utilizado, conhecimento que pode ser aplicado nas matérias de física teórica e experimental da grade curricular de engenharia, experimento feito com material de baixo custo, facilmente encontrado no dia-a-dia.

No experimento realizado, o efeito Magnus é utilizado na propulsão de um pequeno carro feito com materiais de baixo custo. Esta aplicação do efeito Magnus é uma forma análoga à propulsão utilizada no navio E-ship 1 (figura 4), que utiliza-se de quatro grandes rotores Flettner na propulsão da embarcação, em que é impulsionado pelo Efeito Magnus por meio da força dos ventos.

A eficiência desse sistema pode ser comprovada com a economia de combustíveis utilizado na trajetória do navio, como as questões ambientais estão cada vez mais em evidência, é interessante mencionar que esse tipo de sistema representa uma significativa diminuição na emissão de gases poluentes no ambiente.

É uma ideia que pode ter uma grande empregabilidade, pois, grande parte do transporte de minérios, produtos industrializados, alimentos entre outros são feitos basicamente por navios.



Figura 4. Navio “E-Ship 1” (ENERCON, 2012).

3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO DO VEÍCULO

O veículo foi construído na íntegra com materiais reciclados e reaproveitados de fácil acesso, no experimento foram utilizados os seguintes materiais:

3.1. Materiais utilizados

Um motor elétrico de 5.9V retirado de um aparelho de DVD, uma garrafa PET de 500 ml e cinco tampas, um recipiente plástico em formato cilíndrico reciclado, aproximadamente um metro de Arame de alumínio, um carregador de celular 4.8 V, retalhos de tecidos, uma chave inversora e um ventilador.

3.2. Metodologia

Por meio do princípio de *Bernoulli* foi possível demonstrar experimentalmente o efeito Magnus em um carro equipado com um rotor cilíndrico. Onde, este foi inteiramente confeccionado com materiais reutilizáveis e de baixo custo (Figura 9).

Inicialmente acoplou-se um motor elétrico na tampa de um recipiente plástico cilíndrico com o auxílio de cola quente, como visto na figura 5, onde o rotor (motor e cilindro plástico) foi encaixado a uma garrafa pet de 500 ml, em que a mesma foi adaptada a um conjunto de rodas constituído de tampas e arame (Figura 6).



Figura 5. Rotor.

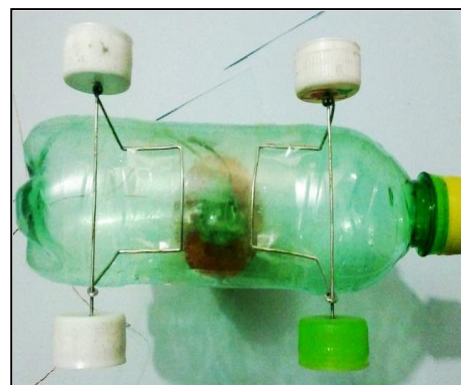


Figura 6. Conjunto de rodas.



Posteriormente, conectou-se uma fonte de alimentação (carregador de celular), a uma chave inversora e esta ao motor elétrico de baixa potência como demonstrado na figura 7. Para dar continuidade ao projeto foi necessária a utilização de um ventilador comum (Figura 8).

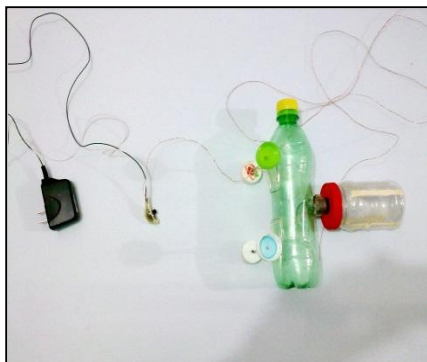


Figura 7. Fonte de alimentação interligada ao motor.



Figura 8. Ventilador.



Figura 9. Carrinho em movimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Devido à sua viscosidade, o ar ao tocar no cilindro em rotação poderá ser arrastado (aumentando a sua velocidade) ou freado (reduzindo a sua velocidade) dependendo de qual for o sentido de giro em que o ar passa pelo cilindro, esse fato pode ser melhor demonstrado na figura 10, logo abaixo:

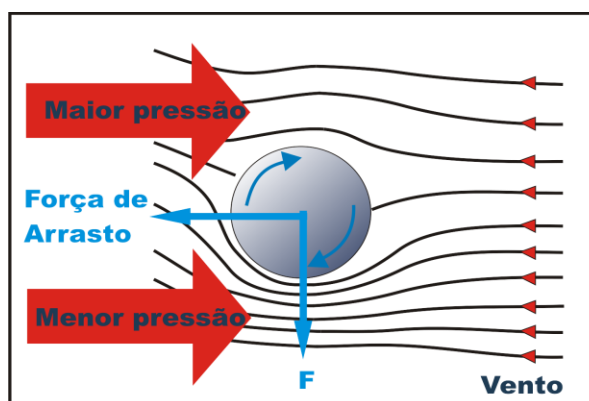


Figura 10. Esquema do efeito Magnus.

Seguindo o raciocínio acima mencionado, podemos observar que quando ligamos apenas o rotor cilíndrico não havia movimento, porém, bastou que criássemos uma situação onde o carrinho ficasse exposto a ação do vento, perpendicular a ele, para que o mesmo se movimentasse (como esquematizado na figura 11).

Foi observado também que quando alterávamos o sentido de giro do rotor com a chave inversora, a propulsão também mudava de direção. Essa alteração de empuxo também acontecia ao inverter o lado receptor do vento.

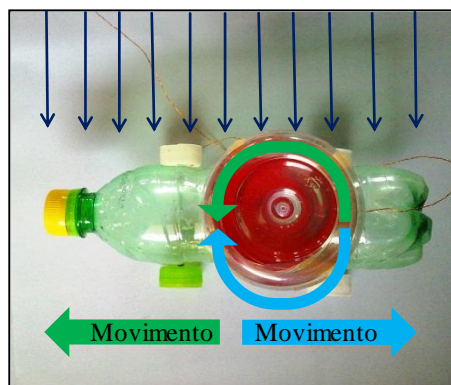


Figura 11. Direção do movimento.

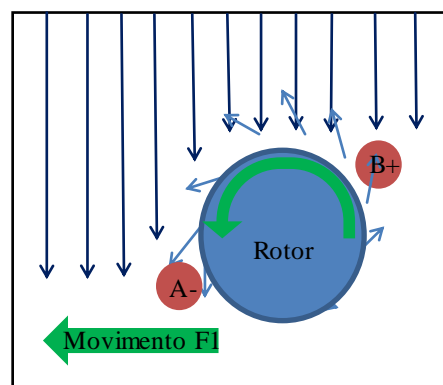


Figura 12. Esquematização do sentido dos ventos.

Este fenômeno baseia-se no *Rotor de Flettner*. O dispositivo consiste em um cilindro rotativo, que utiliza o princípio do Efeito Magnus. A rotação do cilindro cria uma diferença de velocidades do fluxo de ar, gerando uma diferença de pressão, (Observada em A e B na figura 12) explicada pelo Teorema de Bernoulli.

Como já visto, o diferencial de pressões cria uma força de sustentação F_1 , que tende a puxar o cilindro para frente. A força de sustentação atua perpendicularmente ao fluxo paralelo de velocidade V_0 (MARCHAJ, 1980).

5. CONCLUSÃO

O experimento com materiais de baixo custo é uma alternativa muito viável para o estímulo dos alunos do curso de engenharia nas práticas de física, tanto experimental quanto teórica, para o entendimento dos fenômenos físicos e de uma possível iniciação científica na área.

O projeto do carrinho com tecnologia análoga ao navio E-Ship 1 é um bom exemplo para intercalar o ensino da física com a evolução das novas tecnologias, sem dispor de laboratórios avançados para experimentações.

O Efeito Magnus parte do Princípio de Bernoulli e é amplamente percebido em atividades esportivas, além disso, a partir do experimento realizado, foi comprovado que este efeito também pode ser utilizado na propulsão de embarcações como uma alternativa híbrida, aproveitando uma energia renovável, a eólica.

Neste artigo foi apresentado como exemplo o navio híbrido *E-ship 1* que utiliza quatro grandes rotores *Flettner* que aproveitam o vento através do efeito Magnus, porém, o navio possui desvantagens a serem levadas em consideração, como por exemplo, o espaço que os rotores *Flettner* ocupam é muito grande tornando-se inviáveis para navios cargueiros que necessitam de grandes áreas livres no seu convés.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, C.E.; RUBINI, G. A aerodinâmica da bola de futebol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo v. 26, n. 4, p. 297 - 306, 2004.

ENERCON. **Produkte & Service**. Disponível em: <<http://www.enercon.de/de-de/produktuebersicht.htm>> Acesso em: 30 mar. 2012.

ÉPOCA. **Nova escalação: Newton e Heinrich no ataque, Bernoulli e "Pita" no meio-campo, Euclides na Zaga**. Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EMI149058-15224,00.html>> Acesso em: 30 mar. 2012.

GARCÍA, Ángel Franco. **Efeito Magnus**. Disponível em: <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/magnus/magnus.htm>> Acesso em: 27 mar. 2012.

KC MORISSEAU. Marine application of magnus effect devices. **Naval engineers journal**, 1985 - Wiley Online.

MARCHAJ, Czeslaw A.. Basic principles of aero-hydrodynamics: airfoil and hydrofoilaction. In: MARCHAJ, Czeslaw A.; Aero-hydrodynamics of sailing. New York:Dodd, Mead & Company, 1980. Cap. 2, p. 167-482.

MUNSON, Bruce R. Fundamentos da Mecânica dos Fluidos. 4. ed. São Paulo: Edifurb, Edgard Blücher, 2004. 572 p, il.

NUSSENVEIG, H. Moyses. Curso de Física Básica. Vol. 2. Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997. 314 p, il.

OLIVEIRA, Denardin; MORS, Paulo Machado; UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Mecânica dos fluidos : uma abordagem histórica, 2009. 101p, il. Tese (Doutorado).

SHOW DE FÍSICA. **O Sopro Mágico Da Garrafa**. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/showdefisica/experimentos/sopromagico/sopromagico.htm>> Acesso em: 27 mar. 2012.



STATEMENT OF EXPERIMENTAL MAGNUS EFFECT USING LOW COST MATERIALS

Abstract: *Front of the growing demand for renewable energy, using of wind to aid the ships movement regained importance, but now taking advantage of the Magnus Effect principle. As an example, hybrid and the ship “E-ship1” which uses Flettner rotors, for converting side winds into perpendicular motion. This paper aimed to construct a similar experiment with “E-Ship 1” technology, using only low cost materials, thus demonstrating the use and effectiveness of the Magnus Effect as a technology for the water transportation propulsion in the field of experimental and theoretical physics included in the basic graduation curricular in engineering.*

Key-words: *Physics, Magnus Effect, E-Ship 1, Experiment, Low Cost Materials.*