



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

## **Montagem do carrinho de Flettner**

Deivid Gomes de Medeiros

Hercílio Pereira Cordova

Carlos Augusto Domingues Zarro

Carlos Eduardo Aguiar

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Deivid Gomes de Medeiros, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2019

# Montagem do carrinho de Flettner

Deivid Gomes de Medeiros

Hercílio Pereira Cordova

Carlos Augusto Domingues Zarro

Carlos Eduardo Aguiar

## Sumário

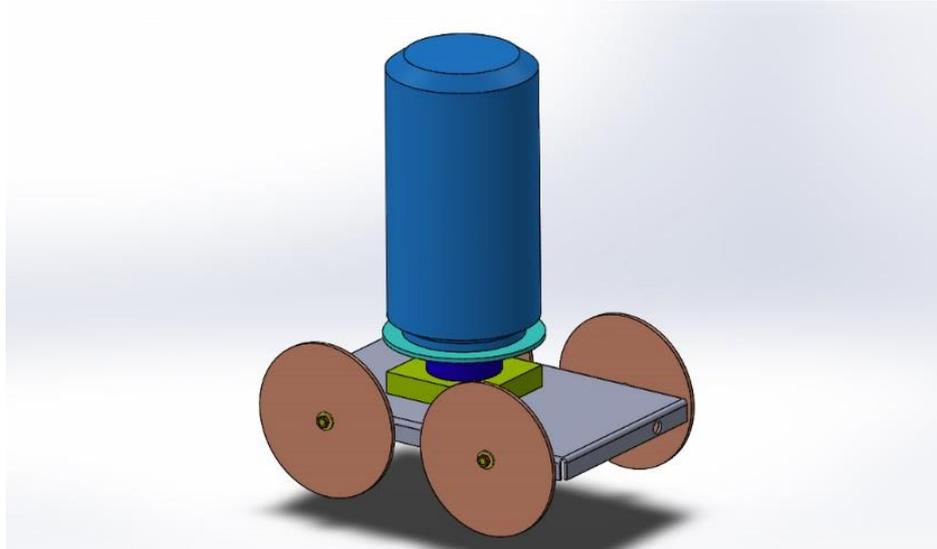
Resumo .....	1
1. Carrinho Flettner .....	2
1.1 Construção do Carrinho.....	2
1.1.1 <i>Lista de material para o projeto</i> .....	3
1.1.2 <i>Descrição das peças</i> .....	6
2. Processo de montagem do carrinho .....	7
3. Custo total do Carrinho de Flettner .....	12
4. Referências Bibliográficas.....	12

## Resumo

Este material instrucional mostra em detalhe o procedimento da montagem do Carrinho Flettner utilizado na tese de dissertação “Efeito Magnus e Aplicações” [Medeiros, 2019]. O carrinho foi construído com a ajuda e na oficina de Hercílio Pereira Cordova ([hercilioc@hotmail.com](mailto:hercilioc@hotmail.com)).

# 1. Carrinho Flettner

Neste Capítulo iremos expor a montagem de um dos materiais de aplicação em sala de aula, o carrinho de Flettner (cf. mostra a figura 1.1), utilizado para demonstração do Efeito Magnus [Medeiros, 2019].



**Figura 1.1.** Carro de Flettner

O Carrinho de Flettner consiste em um carro que contém uma estrutura cilíndrica (rotor), que é mantida em rotação por um motor instalado no carro. A ideia original deve-se a Flettner [Nussenzveig 2002], que em 1920, propôs que se poderia substituir as velas de um barco por um cilindro vertical em rotação rápida. Maiores detalhes sobre o movimento do carrinho devido ao efeito Magnus são analisados na dissertação [Medeiros, 2019].

## 1.1 Construção do Carrinho

Nesta subseção vamos apresentar o procedimento para a montagem do carrinho de Flettner.

### *1.1.1 Lista de material para o projeto.*

- 1- 1 m Haste rosqueável de 1/8 de polegada.
- 2- 8 arruela de 1/8 de polegada.
- 3- 8 porcas de 1/8 de polegada.
- 4- 2 parafuso M3 cabeça panela de 15mm com porca.
- 5- Acrílico ou Nylon de 50x40mm com 10 mm de espessura.
- 6- Chapa de alumínio de 110x160mm com 1,5mm de espessura;
- 7- Disco de madeira de 70mm de diâmetro com 10 mm de espessura.
- 8- Lata de bebida, lixada e sem a tampa e fundo.
- 9- 10 Chave lig/des alavanca 102 3A.
- 10- Motor DC de 3 V.
- 11- Led difuso verde de 3 mm.
- 12- Resistor de 82 Ohms.
- 13- 20 cm de fio flexível 0,1mm<sup>2</sup>.
- 14- Resina epóxi bicomponente (araldite ou similar)
- 15- Suporte para 2 pilhas AA tipo canoa.
- 16- 7 cm de fita dupla face.

Nas figuras 1.2, 1.3 e 1.4 encontram-se os esquemas para as montagens da base do carrinho, do suporte do motor e um esquema simplificado do motor elétrico.

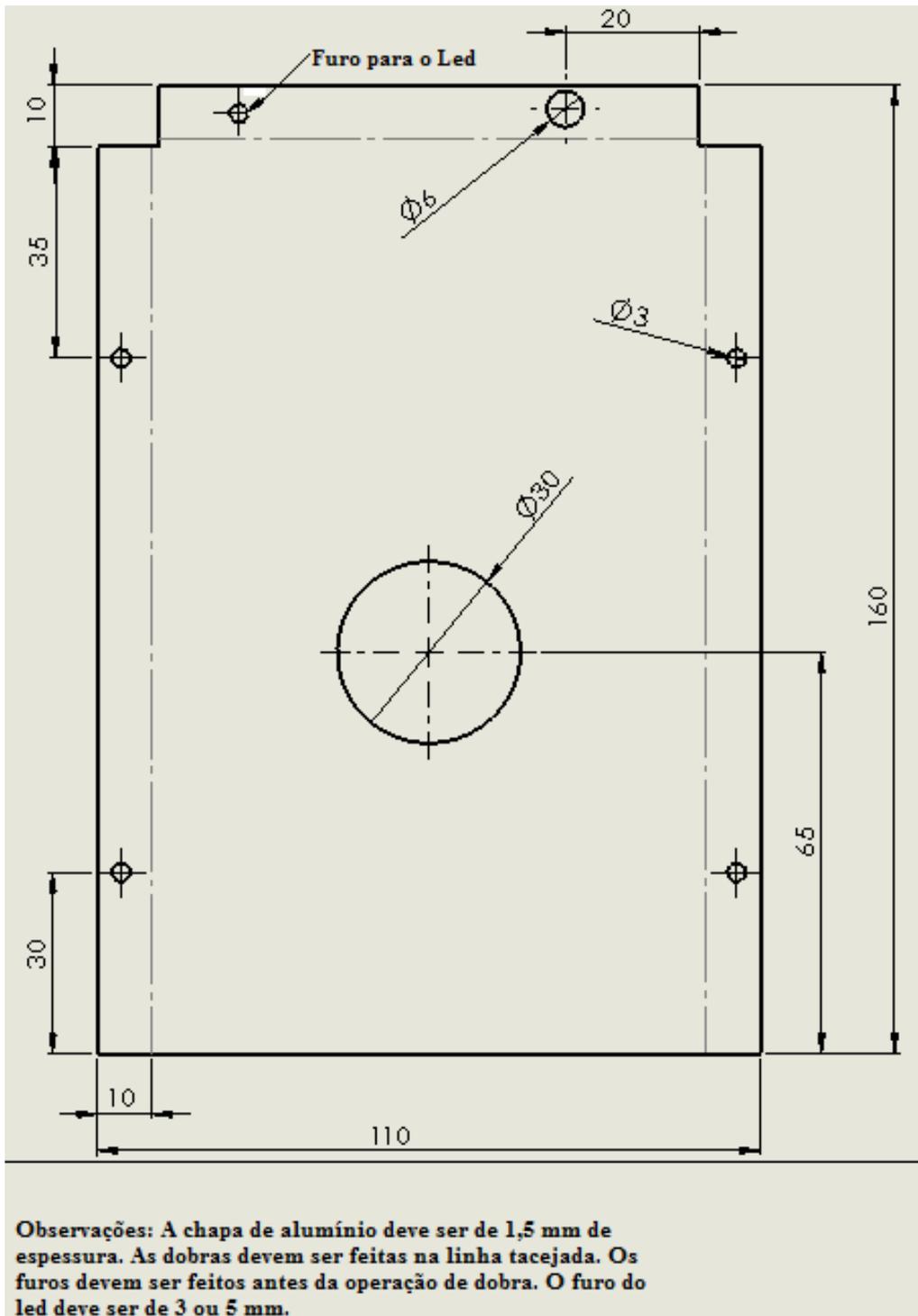


Figura 1.2. Esquema da base do carro

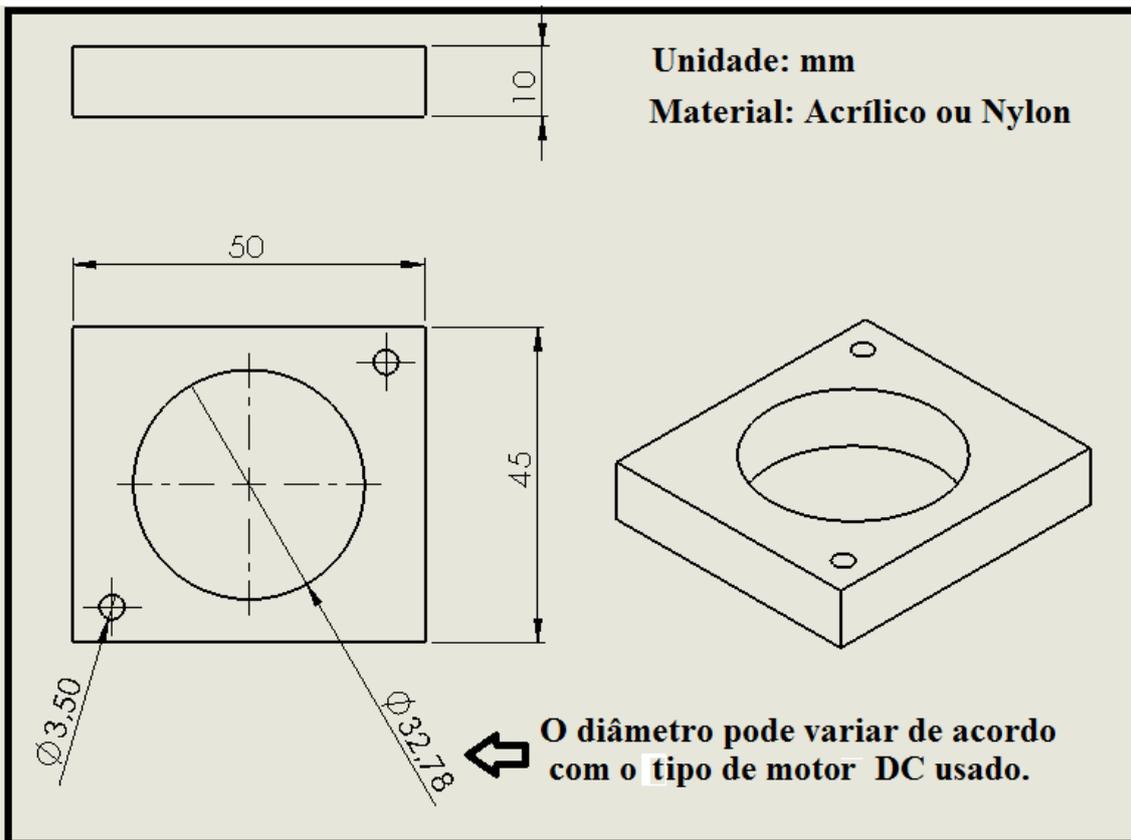


Figura 1.3. Medidas do suporte do motor

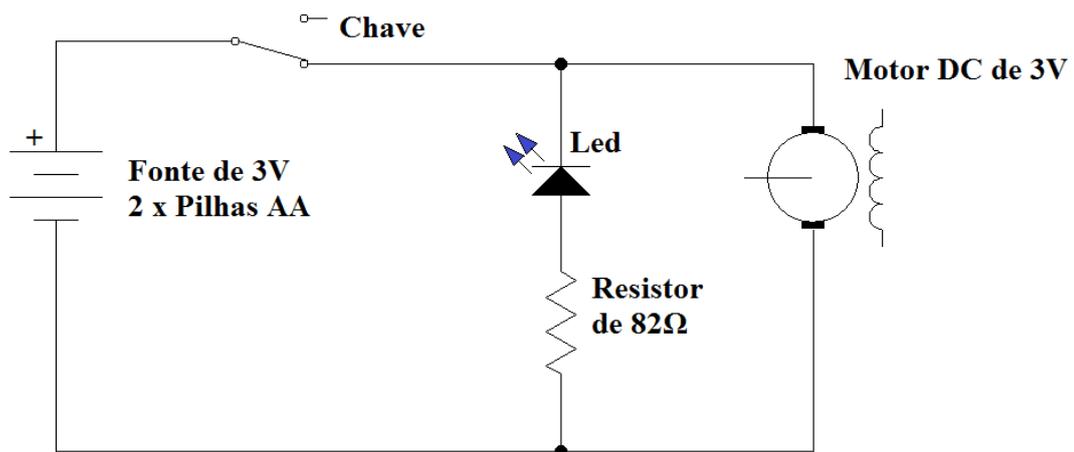
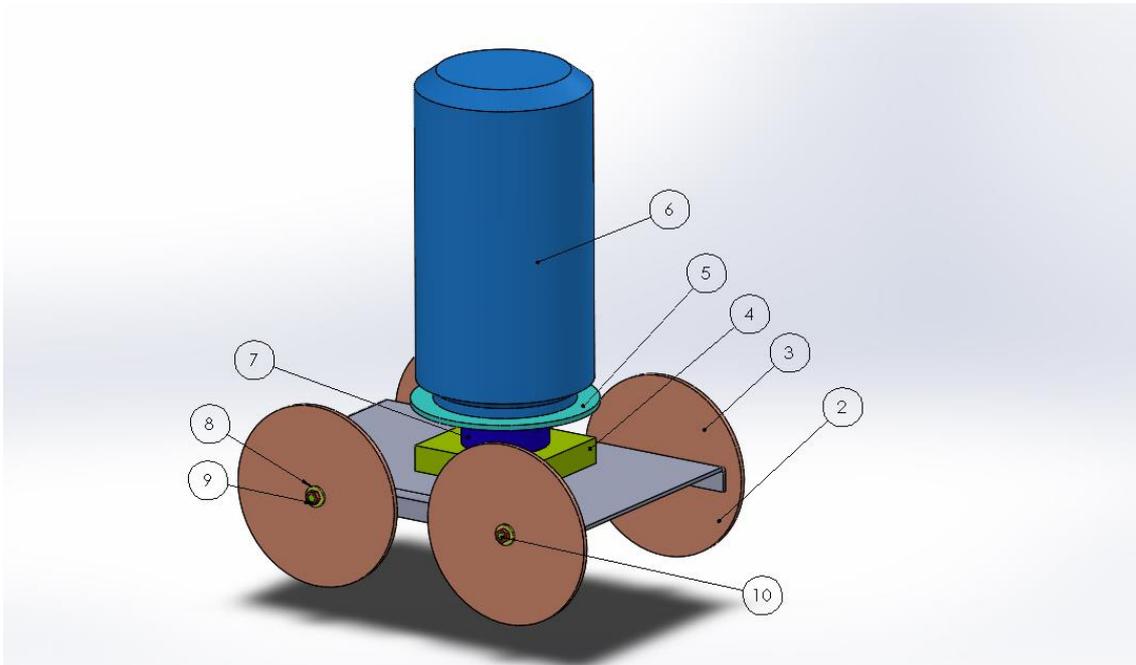


Figura 1.4. Esquema do motor elétrico

### 1.1.2 Descrição das peças.



**Figura 1.5.** Carro de Flettner com o motor

Os nomes das peças da Figura 1.5 estão apresentados abaixo:

- 1- Eixo de haste rosqueável de 1/8 de polegada por 115 mm. 2 unidades.
- 2- Roda de PS com 70 mm dia diâmetro. O furo do eixo é com 3 mm de diâmetro. 4 unidades
- 3- Base de alumínio. Ver desenho técnico com as medidas.
- 4- Suporte do motor. Ver desenho técnico com as medidas.
- 5- Disco de madeira de 70 mm de diâmetro com 10 mm de espessura. O furo no centro deve ter 2 mm de diâmetro. Usar cola araldite para fixar.
- 6- Lata de bebida vazia. Ela deve ter a tampa e o fundo removidas para reduzir a massa e vibrações.
- 7- Motor DC de 3V.
- 8- Arruela de 1/8 de polegada. 8 unidades.
- 9- Porca de 1/8 de polegada. 8 unidades.

## 2. Processo de montagem do carrinho

Os passos para fabricação do carrinho com motor Flettner estão representados abaixo:

### **Passo 1:** Rodas do carrinho (Figura 2.1)

Roda de PS com 70 mm de diâmetro. O furo do eixo é com 3 mm de diâmetro. 4 unidades



**Figura 2.1.** Rodas do carrinho

### **Passo 2:** Base do carrinho

A base é de alumínio. Dobras a chapa da base do carrinho de acordo com o esquema técnico.

1. Fazer furos para a passagem do eixo, LED e chave e motor.



**Figura 2.2.** Base do carrinho

2. Com as rodas já prontas, coloque uma roda em cada eixo. Reservando 1 cm para cada roda. (Cf. Figura 2.2).
3. Coloque a eixo já com uma roda nos furos da placa. Em seguida coloque a segunda roda no mesmo eixo. Deixe de 1 a 2 mm de folga para o eixo não travar. (Cf. Figura 2.3).



**Figura 2.3.** Colocando as rodas na base

4. Repita o processo para o segundo eixo. Após a instalação dos dois eixos com as rodas, coloque uma gota de óleo em cada apoio do eixo na chapa da base. Isso vai reduzir o atrito. (Cf. Figura 2.3).



**Figura 2.4.** Base com as rodas

### **Passo 3:** Motor do carrinho

5. Instale o motor no suporte e o fixe no carrinho conforme mostra a Figura 2.5.



**Figura 2.5.** Motor a ser instalado no suporte

6. Conforme mostra a Figura 2.6, cole o suporte de pilhas AA na parte oposta ao motor.



**Figura 2.6.** Pilhas

7. Coloque a chave liga/Desliga e o LED nos locais indicados na figura.
8. Faça a ligação elétrica entre o motor e a chave.
9. Antes de ligar o LED, coloque o resistor de 82 Ohm. Tome o cuidado de verificar a polaridade do LED.

#### **Passo 4:** O Rotor do carrinho

Para o rotor pode ser usado uma latinha de alumínio. (Cf. Figura 2.7).



**Figura 2.7.** Rotor do carrinho

10. Encaixe a base da lata no eixo do motor. É um passo muito crítico, o encaixe deve ser bem concêntrico e o disco deve estar perpendicular ao eixo do motor, do contrário o carrinho irá vibrar.
11. Coloque a lata em cima da base e a centralize. Após conferir se está bem centrada cole com resina epóxi ou mesmo super-cola.



**Figura 2.8.** Carrinho Flettner montado

### 3. Custo total do Carrinho de Flettner

Nosso objetivo não foi um material de baixo custo para construção do carrinho de Flettner. O gasto total foi de R\$ 140,00 para cada carrinho. Caso o leitor esteja interessado na montagem de um carrinho de Flettner de baixo custo, sugerimos que consulte a referência [Boff 2012].

### 4. Referências Bibliográficas

[Boff 2012] D. Boff, L. S. Jorge, L. C. Macedo, R. Serejo, W. T. Pinto e W. S. Fonseca, *Demonstração Experimental do Efeito Magnus Utilizando Material de Baixo Custo*, XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém-PA, 2012.

[Medeiros 2019] D. G. de Medeiros, *Efeito Magnus e Aplicações*, Dissertação de Mestrado em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

[Nussenzveig 2002] H. Moysés Nussenzveig, *Curso de Física Básica Volume 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor*, 4ª edição revista, São Paulo-SP, 2002.