

# Balança de Corrente

Danilo Mustafa

Orientador: Prof. Flavio Gandra

Coorientador: Eng. Pedro Raggio

Instituto de Física, Universidade Estadual de Campinas

## Resumo

Este trabalho apresenta um projeto de uma balança de corrente desenvolvida inicialmente para solucionar alguns problemas existentes nas balanças utilizadas nos laboratório de ensino de física básica do IFGW e visando uma possível substituição destas por aquelas. Uma das principais vantagens dessa nova versão é o posicionamento do imã que nesse modelo encontra-se na parte móvel enquanto a espira é fixa, fato este que remove o limite de 1A de corrente aplicada a balança, suportando até 2A uma vez que a preocupação de passar uma corrente alta era devida a suspensão do quadro móvel.

## 1 - Introdução

A balança de corrente é um dispositivo que permite detectar e medir variações nas forças às quais um condutor é submetido enquanto é percorrido por uma corrente elétrica.

Um imã permanente com o formato de ferradura suspenso por um eixo produz um campo magnético em uma espira por onde passa uma corrente  $I$ . A interação entre a corrente elétrica  $I$  e o campo magnético  $\mathbf{B}$  (gerado pelo imã) no qual o condutor desta corrente é imerso, resulta numa força  $d\mathbf{F}$ , que neste caso, atua no trecho  $d\mathbf{L}$  do condutor e é dada por  $d\mathbf{F} = I d\mathbf{L} \times \mathbf{B}$ .

Essa força que aparece no condutor é capaz de desequilibrar a haste a qual o imã está preso. O momento mecânico gerado por essa força pode ser compensado por um momento oposto resultante de uma massa colocada na haste (figura 5). Através desse fenômeno podemos obter o campo magnético do imã utilizado.

## 2 - Descrição esquemática da balança

O princípio da balança de corrente é similar ao de uma balança mecânica comum: o condutor (feito de uma vareta de latão na qual circula a corrente elétrica) é fixo à uma base enquanto o braço móvel (uma haste de latão na qual se encontra um ímã de um lado e um contra peso do outro) é suspenso por um eixo que consiste de uma ponta de grafite presa a um poste fixo na base (figura 1).

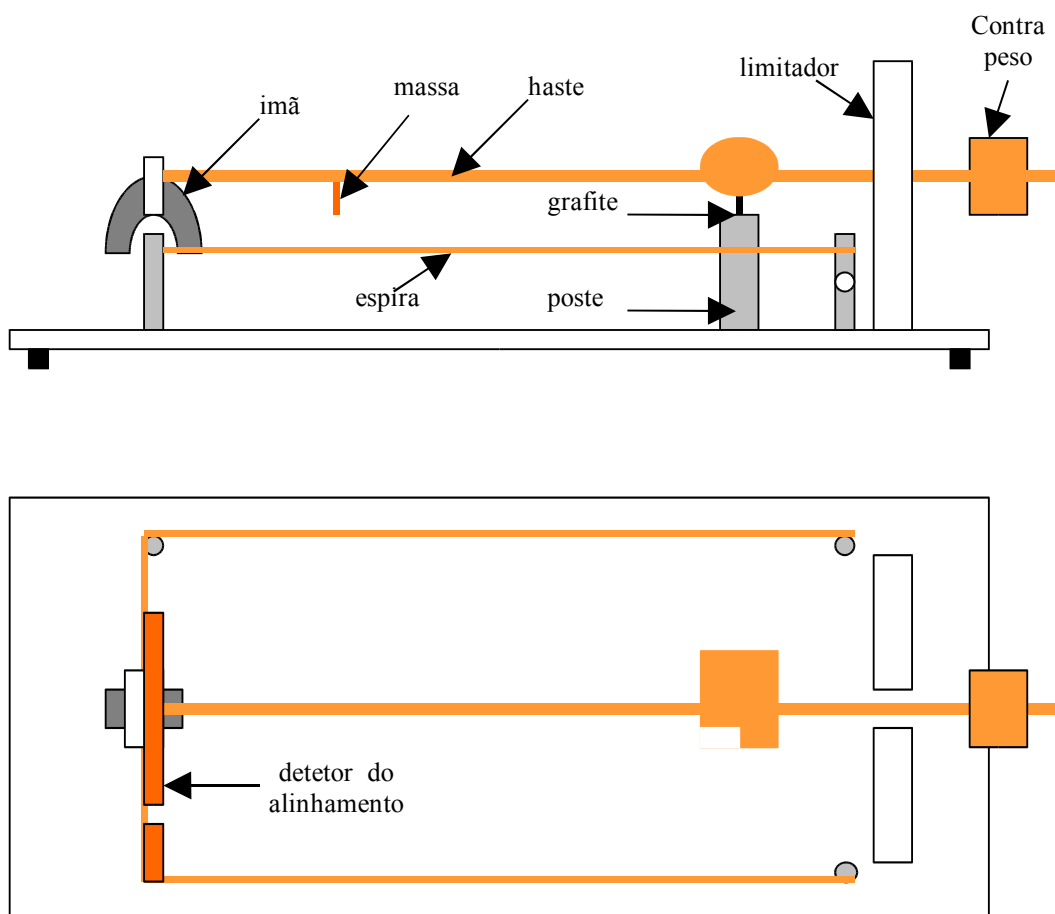


Figura 1 – Vistas lateral e superior da balança de corrente

## 2.1 – Diferenças entre as balanças

O principal objetivo deste trabalho era o melhoramento de alguns defeitos que a versão anterior da balança apresentava, tais como: um eixo, de suspensão do quadro móvel deficiente, o qual era responsável por grande parte dos erros da determinação dos parâmetros pertinentes ao experimento, uma vez que o mesmo além de defletir como queríamos também oscila, dificultando a medição. Outro problema relacionado ao quadro móvel é o fato de se houver algum tipo de acidente com ele, por exemplo pancadas, o quadro não volta para a posição original devido a forma que o mesmo está ligado ao poste através do eixo de rotação.

Outro problema que contribuiu muito para os erros de medida é a determinação do zero para o equilíbrio dessa balança, que é feito através de um arame e uma escala graduada, colocada ao lado do quadro móvel.

As propostas apresentadas neste trabalho para solucionar esses problemas, apesar de terem sido obtidas após uma série de pesquisas e construção de alguns protótipos, são simples e serão detalhadas a seguir.

### 2.1.1 – Eixo de rotação

Após uma série de tentativas para solucionar esse problema tais como, uso de bucha de teflon, rolamentos, entre outros, chegou-se a uma solução muito simples e que aparentemente se mostrou-se melhor que a anterior (figura 2).

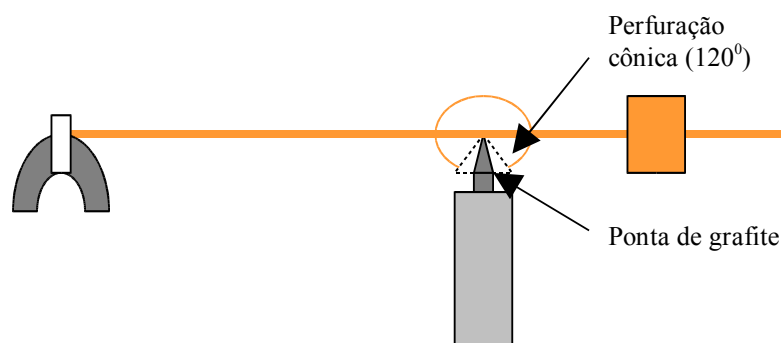


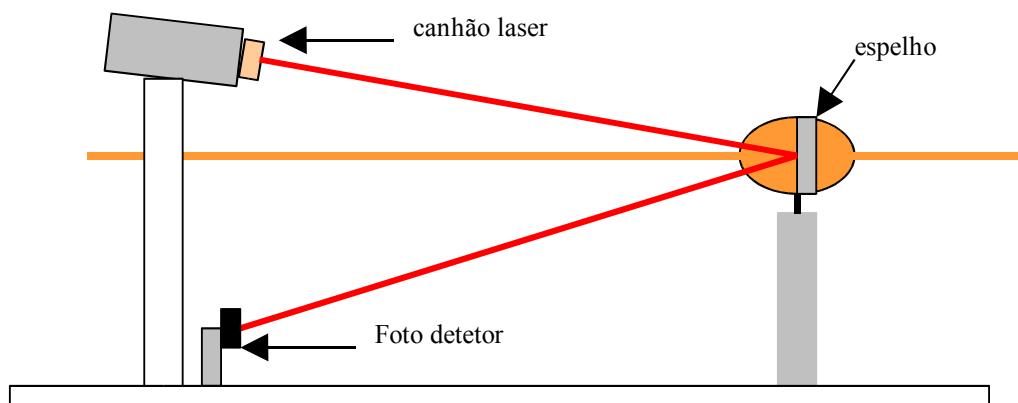
Figura 2 – Haste móvel no eixo de rotação

A figura acima mostra a proposta para o eixo de rotação, que consiste de uma peça, a qual a haste é presa, com uma perfuração cônica ( $120^\circ$ ) suspensa por uma porta de grafite, o qual produz uma superfície de contato muito pequena (um ponto) diminuindo muito um possível atrito na rotação.

OBS: O conjunto haste + imã + contrapeso, foram feitos bem balanceados de maneira a permanecerem em equilíbrio em apenas um ponto.

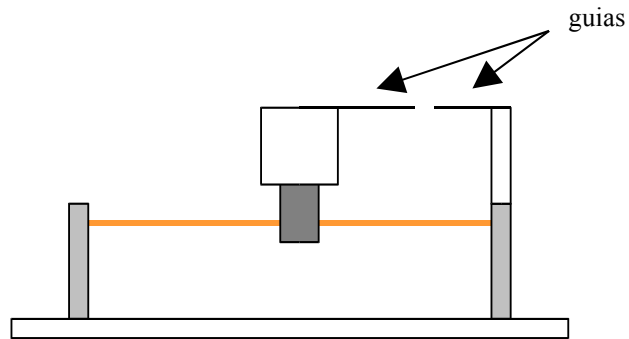
### 2.1.2 – Detecção do zero no equilíbrio

Como proposta para solucionar este problema inicialmente era a introdução de um dispositivo laser (um tipo comercial o qual pode ser adquirido em qualquer loja de eletrônicos) sustentado por uma torre e seu feixe direcionado para um espelho situado na peça do eixo de rotação (figura 3). Porém as medidas que serão apresentadas neste trabalho não foram feitas utilizando esse dispositivo e sim um mais simples que consiste de uma guia fixa no imã e outra na base da balança e o zero do equilíbrio é determinado pelo alinhamento das duas (figura 4).



**Figura 3 – Sistema proposto para detectar o zero no equilíbrio**

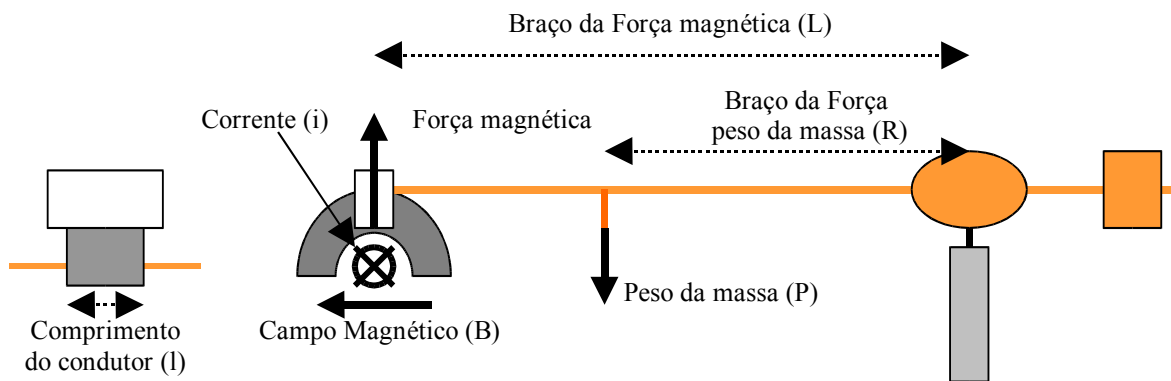
OBS: O dispositivo foi desenvolvido pelo Prof. Lunazzi juntamente com o Eng. Pedro.



**Figura 4 – Vista frontal da balança de corrente mostrando o sistema de detecção do zero no equilíbrio que foi utilizado nas medidas .**

### 3 – Modelo Teórico para a Balança de Corrente

Nesta seção será desenvolvido simplificada o modelo teórico utilizado no experimento com a balança de corrente.



**Figura 5 – Esquema das forças que aparecem na balança de corrente.**

Através da figura acima podemos observar que:

No equilíbrio, temos: Torque da força magnética = Torque da força peso da massa. Portanto:

Ou melhor:

$$(B \ I \ L / mg) \ i = R$$

Portanto, variando R observamos que i também varia, já que as outras grandezas são constantes, dessa forma podemos traçar um gráfico de R x i cujo coeficiente angular será:

$$\text{Coeficiente angular (b)} = B \ I \ L / mg$$

Como as grandezas I, L, m e g são conhecidas, podemos determinar o módulo do campo magnético:

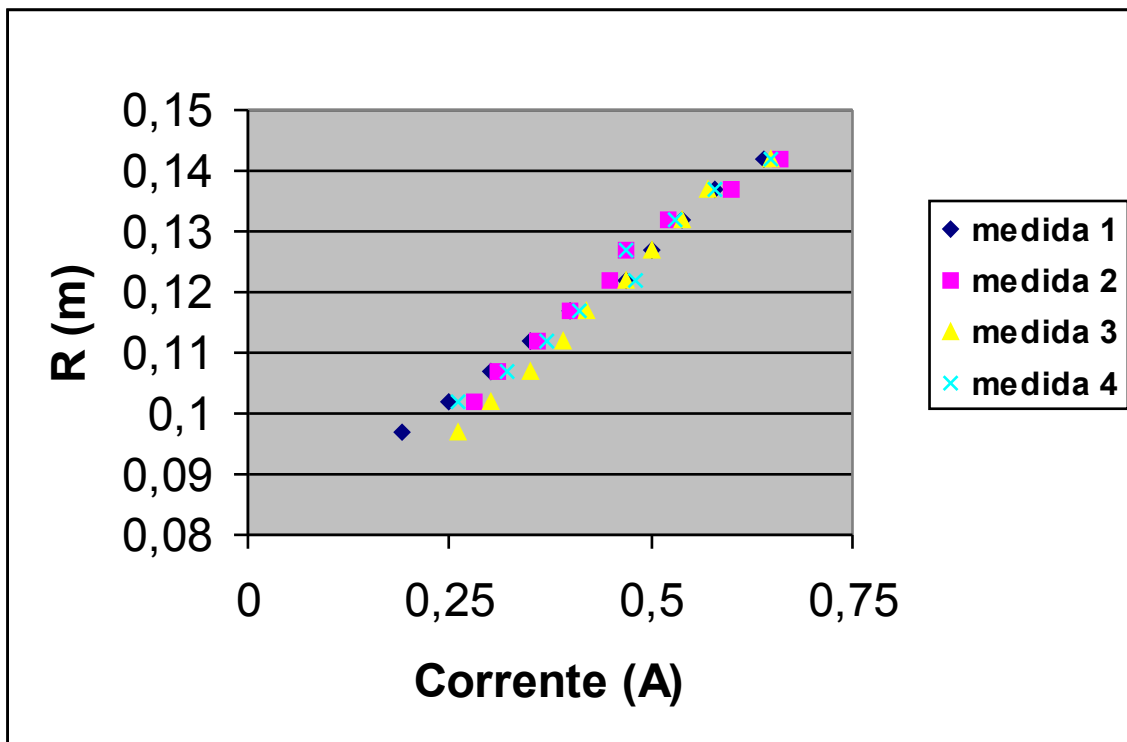
$$B = b \ mg / I \ L$$

#### 4 – Resultados experimentais

Adotando o procedimento experimental semelhante ao utilizado com a versão anterior da balança, pudemos obter os seguintes resultados:

##### 4.1 – Repetibilidade das medidas

Foram realizadas uma série de medidas das quais as melhores estão mostradas no gráfico abaixo:



Cujas equações dos gráficos são:

Medida1 -  $y = 0,1016x + 0,0766$  - erro do coeficiente angular = 0,0025

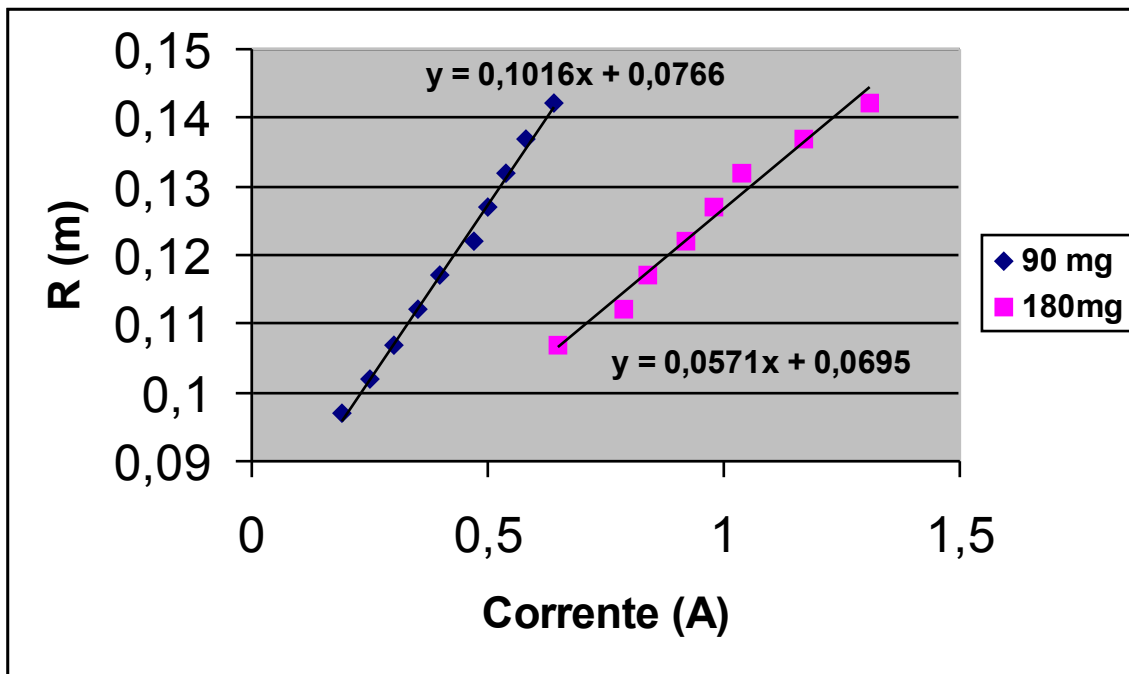
Medida1 -  $y = 0,1061x + 0,0743$  - erro do coeficiente angular = 0,0023

Medida1 -  $y = 0,1016x + 0,0653$  - erro do coeficiente angular = 0,0019

Medida1 -  $y = 0,1016x + 0,0730$  - erro do coeficiente angular = 0,0032

#### 4.2 – Variação do coeficiente angular (b) com o valor da massa (m)

Outro fator de análise do comportamento da nova versão da balança de corrente é a verificação de que quando dobramos a massa colocada na haste, para equilibrar a força magnética, temos uma diminuição pela metade no coeficiente angular da reta  $R \times i$ , como é mostrado no gráfico abaixo:



Através dos gráficos acima pudemos estimar o valor do campo magnético (B) do ímã através de uma média de todos os valores obtidos com as curvas:

**B = 65,5 mT - erro = 4,1mT**

OBS: O erro do campo foi obtido da mesma forma que para a versão anterior da balança de corrente.

O campo do mesmo ímã foi medido com equipamento próprio dando o seguinte resultado:

B = 67mT com uma variação de aproximadamente 4mT

## **5 – Conclusões**

Ao termino deste trabalho, tivemos a chance de participar de um projeto de desenvolvimento de um experimento muito interessante, a balança de corrente, desde a pesquisas para melhorar a versão já existente como o desenvolvimento do projeto da nova.

Quanto aos resultados obtidos, os mesmos não foram de maneira integral satisfatórios, pois as curvas de repetibilidade foram as melhores selecionadas de algumas outras as quais não resultaram em sucesso. No entanto essa nova versão se mostrou muito promissora, pois muitos dos problemas encontrados na outra puderam ser resolvidos.

A conclusão final é que esse assunto ainda tem uma ampla área pesquisa como, por exemplo, a possibilidade de melhorar as medidas com o uso do laser nessa versão, entre outros.



## **6 – Referências**

- 1 - Guia para disciplinas de laboratório básico – Física experimental III  
Instituto de Física, UNICAMP – versão 1998.**
- 2 – J.H. Vuolo e C.H. Furukawa  
Revista brasileira de física vol 14 nº 2 1992  
Dimensionamento e construção de uma balança de corrente.**
- 3 – R.M. Eisberg e L.S. Lerner, Física, Fundamentos e aplicações, vol 3  
McGraw-Hill do Brasil Ltda, São paulo 1983.**
- 4 – P.A. Tipler Física 2, Guanabara Dois, Rio de Janeiro 1978**
- 5 – D. Halliday e R. Resnick, Fundamentos de Física 3, 4ª edição, editora LTC.**
- 6 – Pasco Scientific, Instruction Manual and Experiment Guide, [www.pasco.com](http://www.pasco.com)**