

# Experimento 04 - Máquina de atwood

|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| Giovani Garuffi  | <i>RA: 155559</i> |
| João Baraldi     | <i>RA: 158044</i> |
| Lauro Cruz       | <i>RA: 156175</i> |
| Lucas Schanner   | <i>RA: 156412</i> |
| Pedro Stringhini | <i>RA: 156983</i> |

October 14, 2014

# 1 Resumo

Inicialmente, prendeu-se um fio (inextensível) com duas massas nas extremidades em uma polia em torno de um eixo fixo (Máquina de Atwood). Após variar a diferença entre as massas das extremidades dos pesos dos fios (com discos de metal de massas variadas) e obter os períodos de queda de da massa de maior peso com um cronômetro, foi utilizada a fórmula  $\Delta m = (\frac{2h}{gR^2})(I + MR^2)\frac{1}{t^2} + (\frac{\tau_a}{gR})$  para determinar o momento de inércia da polia e o torque do atrito. Após a transformação linear da equação em  $X$ , traçou-se um gráfico de  $\Delta m$  por  $1/t^2$ . A partir desses dados e das dimensões do cilindro (calculadas com um paquímetro), foi possível a determinação do momento de inércia aproximado e do torque realizado pela força de atrito na polia.

## 2 Objetivos

O experimento realizado teve como objetivo estudar a máquina de Atwood, utilizando para isso a determinação do momento de inércia da polia utilizada e do torque realizado pelo atrito entre tal polia e o fio que a toca.  $T = \sqrt{\frac{8\pi I_0 L}{Gr^4}}$

## 3 Procedimento Experimental e Coleta de Dados

### 3.1 Procedimento

A montagem do experimento da Máquina de Atwood consiste em dois pesos de suspensão ligados por um fio leve e inextensível (foi utilizado um pedaço de barabante), que passa por uma polia, um cilindro (no caso, um de latão de raio  $R$ , medido com o paquímetro, e momento de inércia  $I$ ), como mostra a figura 1.

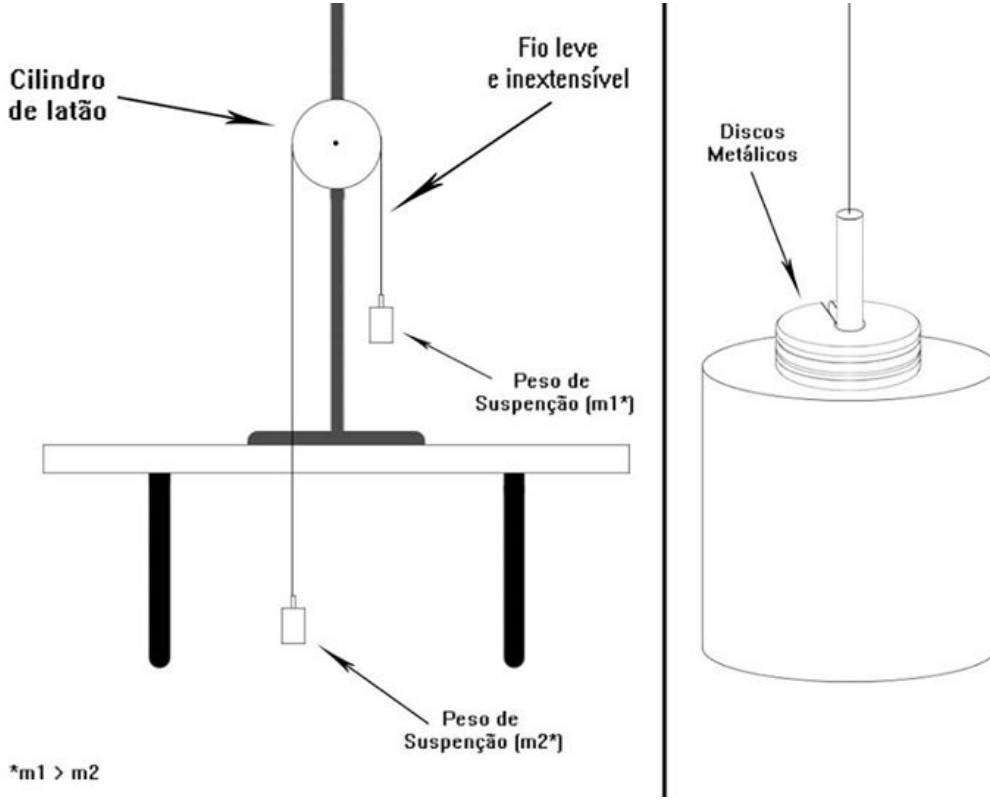


Figure 1: Montagem experimental

Entre os pesos de suspensão, são distribuídos discos metálicos que aumentam sua massa total (vide figura 1). O objetivo desses discos é variar a massa em cada extremidade do fio, mas manter a soma  $m1 + m2$  (vide figura 1) constante. Para tal, basta-se apenas passar os discos de um peso para o outro, para assim, dada a equação

$$\Delta m = (2h/gR^2)(I + MR^2)(1/t^2) + \tau_a/(gR),$$

apenas  $\Delta m$ , que é a diferença  $m1 - m2$ , mude, enquanto  $M$ , que é a soma  $m1 + m2$ , mantem-se constante.

O experimento em si consiste em abandonar o corpo mais pesado,  $m1$ , de uma altura  $h$  constante, mensurada com a fita métrica, e medir o tempo  $t$  de queda, com o cronômetro. Esse procedimento foi realizado três vezes e então foi tirado o tempo medio.

### 3.2 Dados Obtidos

As massas dos pesos de suspensão foram medidas, tais que

$$m1 = (891.6 \pm 0.1)g \text{ e } m2 = (895.7 \pm 0.1)g$$

Já os discos têm massas de, em gramas:

Table 1: Massas dos discos metálicos

| $m_{d1}$      | $m_{d2}$      | $m_{d3}$      | $m_{d4}$      | $m_{d5}$      | $m_{d6}$      | $m_{d7}$      | $m_{d8}$      |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| $9.0 \pm 0.1$ | $9.1 \pm 0.1$ | $3.7 \pm 0.1$ | $3.9 \pm 0.1$ | $2.0 \pm 0.1$ | $9.4 \pm 0.1$ | $1.9 \pm 0.1$ | $2.1 \pm 0.1$ |

Então, pôde ser montada a seguinte tabela:

Table 2: Tempos medidos para o respectivo  $\Delta m$ 

| $\Delta m(g)$  | $t_1(s)$        | $t_2(s)$        | $t_3(s)$        | $t_{medio}(s)$  |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $37.0 \pm 0.1$ | $4.31 \pm 0.01$ | $4.21 \pm 0.01$ | $4.21 \pm 0.01$ | $4.24 \pm 0.03$ |
| $29.2 \pm 0.1$ | $4.43 \pm 0.01$ | $4.64 \pm 0.01$ | $4.46 \pm 0.01$ | $4.51 \pm 0.05$ |
| $10.2 \pm 0.1$ | $8.45 \pm 0.01$ | $8.24 \pm 0.01$ | $8.32 \pm 0.01$ | $8.34 \pm 0.05$ |
| $10.4 \pm 0.1$ | $8.76 \pm 0.01$ | $8.65 \pm 0.01$ | $8.40 \pm 0.01$ | $8.60 \pm 0.09$ |
| $9.8 \pm 0.1$  | $8.51 \pm 0.01$ | $8.53 \pm 0.01$ | $8.50 \pm 0.01$ | $8.51 \pm 0.01$ |
| $13.6 \pm 0.1$ | $7.18 \pm 0.01$ | $7.28 \pm 0.01$ | $7.31 \pm 0.01$ | $7.26 \pm 0.03$ |

Isso tudo, para  $h = (115.00 \pm 0.05) \text{ cm}$ ,  $M = (1829,0 \pm 0.3) \text{ g}$  e  $R = (6.025 \pm 0.003) \text{ cm}$

## 4 Análise dos Resultados e Discussões

### 4.1 Regressão linear

Pela equação

$$\Delta m = \frac{2h}{gR^2} \cdot (I + MR^2) \frac{1}{t^2} + \frac{\tau_a}{gR}$$

Onde  $\Delta m = m_1 - m_2$ ,  $M = m_1 + m_2$ ,  $h$  é a altura inicial,  $t$  é o tempo em que os corpos se deslocam de  $h$ ,  $I$  é o momento de inércia do cilindro de latão,  $R$  é o seu raio.

Vemos que existe uma relação linear entre  $\Delta m$  e  $\frac{1}{t^2}$ . Para explorar essa relação, foi construída a Tabela 3, relacionando  $\Delta m$  à  $\frac{1}{t^2}$ .

Table 3: A diferença de massa, relacionada à grandeza  $1/t^2$ .

| $\Delta m (g)$ | $t (s)$         | $1/t^2 (s^{-2})$     |
|----------------|-----------------|----------------------|
| $37.0 \pm 0.3$ | $4.24 \pm 0.03$ | $0.055 \pm 0.001$    |
| $29.2 \pm 0.3$ | $4.51 \pm 0.05$ | $0.049 \pm 0.001$    |
| $10.2 \pm 0.3$ | $8.34 \pm 0.05$ | $0.0143 \pm 0.0002$  |
| $10.4 \pm 0.3$ | $8.60 \pm 0.09$ | $0.0135 \pm 0.0003$  |
| $9.8 \pm 0.3$  | $8.51 \pm 0.01$ | $0.01379 \pm 0.0002$ |
| $13.6 \pm 0.3$ | $7.26 \pm 0.03$ | $0.0189 \pm 0.0003$  |

Fazendo a regressão linear de  $\Delta m$  X  $\frac{1}{t^2}$ , pelo método de mínimos quadrados, obtem-se os seguintes coeficientes:

$$a = 602 \pm 2 (gs^2)$$

$$b = 1.77 \pm 0.08 (g)$$

A reta resultante da regressão linear, sobreposta aos pontos medidos experimentalmente pode ser vista na Figura 2. Nota-se que o experimento falhou em coletar dados distribuídos uniformemente sobre o eixo  $\Delta m$ , e isso pode acarretar erros e incertezas.

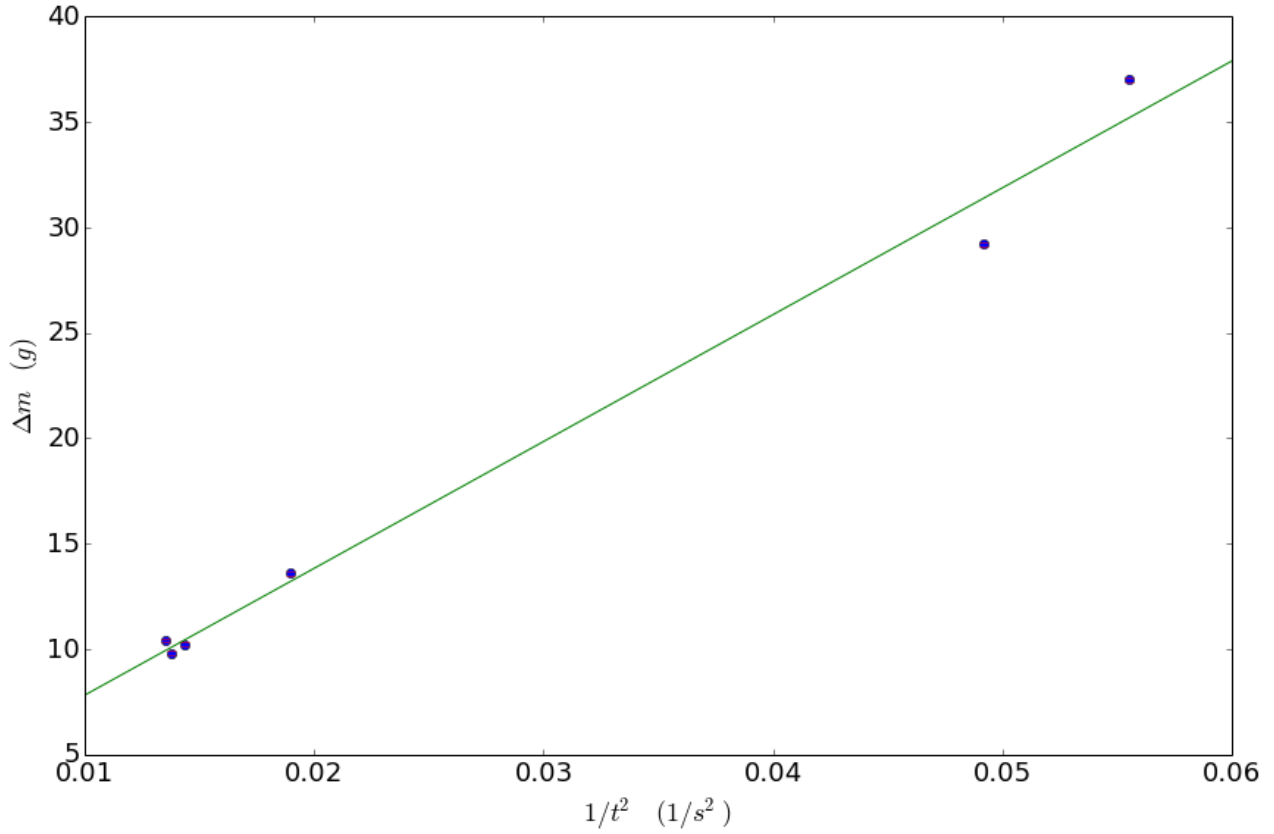


Figure 2: Regressão linear de  $\Delta m$  por  $1/t^2$  sobreposta aos pontos experimentais

## 4.2 Significado do coeficiente angular

O momento de inércia da polia de latão pode ser escrito em função do coeficiente angular  $a$  pela fórmula

$$I = a \cdot \frac{gR^2}{2h} - MR^2,$$

$$\Delta I = \sqrt{\Delta a^2 \cdot \frac{g^2 R^4}{4h^2} + \Delta R^2 \cdot \left(a \frac{g}{h^2} - M\right)^2 + \Delta M^2 \cdot R^4}$$

Sendo  $\Delta I$  o erro da polia. Assim, obtemos o valor do momento de inércia de

$$I = 0.00267 \pm 0.00004 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

## 4.3 Significado do coeficiente linear

Da equação linearizada original, vemos que o coeficiente linear é

$$b = \frac{\tau_a}{gR}$$

logo

$$\tau_a = bgR$$

$$\Delta \tau_a = \sqrt{(gR \cdot \Delta b)^2 + (bg \cdot \Delta R)^2}$$

Assim, podemos calcular o valor de  $\tau_a$  como

$$\tau_a = 0.00104 \pm 0.00004 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## 5 Conclusões