

F809 – Instrumentação para o Ensino

Coordenador: Prof. José J. Junazzi

Relatório Final



**Projeto: Aplicação de Simulador Didático de Equilíbrio Mecânico  
Estático Aplicado ao Ensino Médio  
Data de finalização: 13/06/2005**

Aluna: Mariana Sacrini Ayres Ferraz 009373  
Orientador: Engenheiro Pedro Raggio

## Índice:

Tópicos:	Página:
1. Introdução.....	03
2. Aspectos Teóricos.....	03
2.1 Introdução.....	03
2.2 Equilíbrio de Forças.....	03
2.3 Equilíbrio e Torque.....	03
2.4 Condições de Equilíbrio.....	04
3. Descrição do Aparato.....	04
4. Material a ser Utilizado.....	04
5. Construção do Aparato.....	05
6. Importância Didática.....	05
7. Possíveis Montagens.....	06
8. Aplicações.....	07
8.1 Exemplos.....	07
8.2 Sugestões de exercícios.....	08
9. Originalidade.....	09
10. Conclusão.....	09
11. Referências.....	10

incorporação dos conceitos vistos nas aulas teóricas.

## 2. Aspectos Teóricos

### 2.1 Introdução

O equilíbrio estático de um corpo se dá quando a força resultante aplicada sobre esse corpo é zero, ou seja, a somatória de todas as forças atuantes se anula, quando esse corpo pode ser assumido como um ponto material. Quando as dimensões se tornam importantes e relevantes, devemos considerar os momentos ou torques que podem provocar a rotação desse corpo extenso. Portanto devemos considerar forças e torques. Os conceitos serão apresentados como ao aluno de ensino médio regular.

### 2.2 Equilíbrio de forças

Quando não estamos considerando as dimensões de um corpo qualquer e podemos, portanto considerá-lo como um ponto material, dizemos que ele se encontra em equilíbrio estático quando a força resultante aplicada a esse corpo é nula. Assim sendo, as forças que atuam devem contrabalançar-se para o equilíbrio, e podemos escrever:

$$\vec{F}_R = 0 \quad (1)$$

$$\sum \vec{F}_i = 0 \quad (2)$$

A equação (2) indica que a soma de todas as forças aplicadas sobre o corpo deve ser zero para manter essa condição. Numa situação real de resolução de exercícios o aluno deve ser capaz de montar o diagrama de forças e analisar como aplicar as equações.

### 2.3 Equilíbrio e torque

Considerando agora as dimensões desse mesmo corpo, deve-se atentar para o fato de que agora as forças aplicadas

## Resumo

Este projeto trata de um simulador mecânico de equilíbrio estático. Sua utilidade principal será o auxílio em aulas teóricas de mecânica para uma melhor aprendizagem do aluno.

O projeto é dividido em duas partes, que consistem na construção / elaboração e na simulação de problemas propostos. Este relatório está com a parte de simulação de problemas.

## 1. Introdução

Nas aulas de física ministradas para o ensino médio, é comum nos depararmos com aulas teóricas e de exercícios, sendo a prática pouco visada pelos professores. Também se pode dizer que poucos alunos apreciem essas aulas e sentem prazer com o estudo dessa ciência.

Levando tudo isso em conta, afirmamos que experimentos feitos em sala de aula só poderão trazer melhorias para o ensino de física. Assim sugerimos aqui um tema que poderá ser utilizado em aulas de mecânica.

O nosso trabalho trata de um simulador mecânico de equilíbrio estático, gerado a partir de equilíbrio de forças num sistema de polias e barras. Um tema comumente visto em vestibulares para nossas principais universidades.

Com ele podemos ter uma maior aproveitamento no ensino das leis de Newton, uma maior interação dos alunos com a ciência e até uma total

podem provocar rotação devido a forma que o corpo possui de modo que será preciso conhecer os torques aplicados, sendo que:

$$\vec{T} = \vec{F} \cdot b \quad (3)$$

o torque é proporcional à força aplicada multiplicada pela distância perpendicular ao eixo de rotação adquirida pelo corpo, de modo que na condição de equilíbrio:

$$\vec{T}_R = 0 \quad (4)$$

$$\sum \vec{T}_i = 0 \quad (5)$$

todos os torques devem se anular para que o corpo esteja em equilíbrio de rotação, ou seja, o corpo não poderá girar em sentido algum.

#### 2.4 Condições de equilíbrio

Portanto, para que um corpo possa estar em equilíbrio mecânico estático, devemos impor as seguintes condições:

$$\sum \vec{F}_i = 0 \quad (6)$$

$$\sum \vec{T}_i = 0 \quad (7)$$

a soma de todos os torques aplicados e a soma de todas as forças que sustentam o corpo deve ser zero. O aluno, portanto deve trabalhar com essas expressões e claro, ter conhecimento das ferramentas algébricas e vetoriais que determinam a resolução desse tipo de sistema de equações. É importante que o aluno saiba, sob a forma de esboços e desenhos representar essas forças e torques, como na figura, que representa em 3 dimensões:

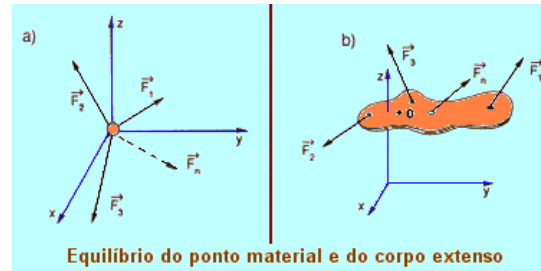


Figura 1: representação das forças e torques

### 3. Descrição do Aparato

Construímos um aparato que simula as situações de equilíbrio estático mais comuns vistas pelos alunos do ensino médio. Projetamos uma estrutura feita em nylon em forma de retângulo de 54 por 38 cm onde o aluno montará o sistema a ser estudado, constituído de polias e barras que poderão ser acoplados aos furos que serão feitos na estrutura de sustentação.

Chumbadas serão acopladas ao sistema (o método de acoplamento está sendo estudado) para quantificação de forças.

Vários componentes estão ainda em estudo, pois será mais funcional se as barras e polias guardarem entre si uma proporção em números inteiros, para facilitar o trabalho do aluno e tornar as medições mais ágeis. As polias terão diâmetro de 40 e 80 mm e haverá uma terceira polia conjugada formada pelas primeiras, que deverá valer a soma em peso das mesmas.



Figura2: aparato

#### 4. Material a ser utilizado

- Polias de 40 e 80 cm de diâmetro;
- Barras furadas de 28, 24, 20, 16, 12 e 8 mm;
- Barbantes (linha tipo 000)
- Suporte para polias
- Chumbadas de pesos variados proporcionais;
- Moldura principal;
- Suportes em barra.

Material estrutural feito de nylon, e polias e alavancas de polipropileno de alta densidade.

#### 5. Construção do aparato

Para a construção das polias, foi definido que elas guardariam entre si uma proporção de números inteiros em relação a sua massa (volume). Assim projetamos 6 polias: duas pequenas (referência; 40mm de diâmetro), duas médias ( massa deveria ser equivalente a duas polias pequenas; 80mm de diâmetro), e duas grandes, equivalentes a polia menor acoplada à média. Calculamos então seus volumes, considerando o furo destinado a pinos que fixariam as polias à moldura.

Projetamos, depois, as barras. Elas também deveriam ter proporções de números inteiros. Estabelecemos a quantidade de 12 barras (duas de cada tamanho) com furos espaçados de 4cm. Barras com: 2, 3, 4, 5, 6 e 7 furos; sendo a menor de 8cm e a maior de 28cm.

Tendo, agora, em mãos todos os materiais preparados, passamos para uma nova etapa do projeto. Temos que pesar as barras e polias. Obtendo diferenças, teremos que lixar as peças até conseguirmos as proporções corretas. Montar e experimentar o aparato.

Os parafusos que prendem as polias não devem oferecer atrito. Usaremos então algum lubrificante. Provavelmente sólido.

#### 6. Importância Didática

Através de experimentos feitos em sala de aula, procuramos ter um melhor aproveitamento das aulas teóricas. Podemos propiciar uma visualização de conceitos que muitas vezes são vistos de forma abstrata pelos alunos.

O ensino de física não deve esquecer da sua importância cotidiana. Não precisamos do distanciamento de conceitos comuns com apenas a apresentação de formalismos matemáticos para aprender ciência.

Como professor de física, devemos ter como meta tornar significativo o aprendizado científico mesmo para alunos cujo futuro profissional não dependa diretamente da física; por outro lado, dar a todos os alunos condições de acesso a uma compreensão conceitual e formal consistente, essencial para sua cultura e para uma possível carreira universitária.

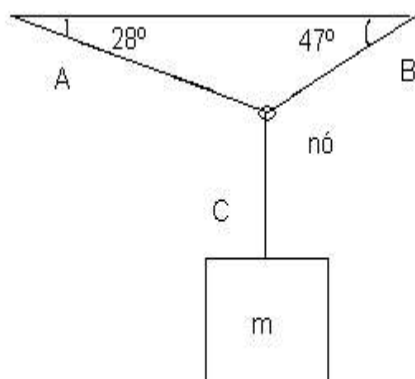
Podemos falar também das provas de vestibulares. O vestibular é um fato de

suma importância nos dias de hoje. Existem muitas discussões sobre ele, tais como: cotas de vagas; é o melhor jeito de avaliação; é justo; universidades públicas versus privadas, função dos cursinhos, etc. Enquanto essas questões não são resolvidas, as provas continuam, e são uma grande preocupação para alunos que estão terminando o ensino médio. E a função dos professores é amenizar essa preocupação e obter métodos mais eficientes de ensino para esses alunos.

Um grande tema cobrado nas provas de vestibulares é a o equilíbrio estático, na qual o aluno poderá treinar seus conhecimentos neste aparato.

Posso citar aqui um exemplo de questão:

*A figura mostra um bloco de massa  $m=0,15\text{kg}$  (pode-se usar valores reais do aparato) suspenso por 3 cordas. Quais as tensões nas cordas?*



**Resolução:**

Aplicando a 2ª lei de Newton para o bloco:

$$\Sigma F_y = T_C - mg = 0$$

$$\Sigma T_C = mg = 0,15 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 0,147 \text{ N} \cong 0,15 \text{ N}$$

Aplicando a 2ª lei de Newton para o nó:

Assim:

$$\Sigma F_y = T_A \sin 28^\circ + T_B \sin 47^\circ - T_C = 0$$

$$\Sigma F_x = -T_A \cos 28^\circ + T_B \cos 47^\circ = 0$$

$$T_A (0,469) + T_B (0,731) = 0,147 \text{ N} \text{ (eq 1)}$$

$$T_B (0,682) = T_A (0,883) \text{ (eq 2)}$$

Da eq 2:

$$T_B = \frac{0,883}{0,682} T_A = 1,29 T_A \text{ (eq 3)}$$

Eq. 3 em eq 1 :

$$T_A = \frac{0,147}{0,469 + 1,29 \times 0,731} = 0,104 \text{ N}$$

$$T_B = 1,29 T_A = 1,29 \times 0,104 \text{ N} = 0,134 \text{ N}$$

OBS: para simular, coloque 0,15Kg de chumbo no copinho. Fica como exercício fazer esta montagem no simulador.

## 7. Possíveis Montagens

Esse aparato possibilita a montagem de inúmeras situações. Abaixo algumas sugestões:



Figura3: Montagem 1



Figura4: Montagem2

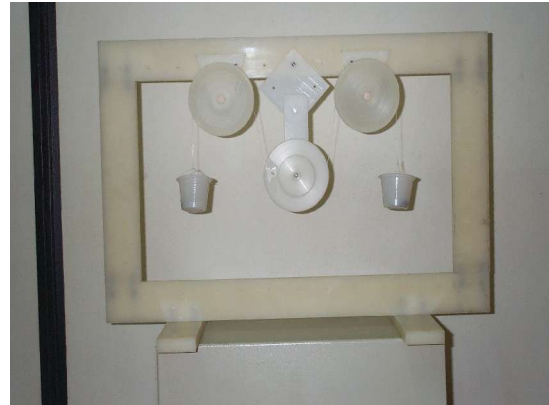


Figura7: Montagem 5



Figura5: Montagem3



Figura 6: Montagem4

## 8. Aplicações

Aqui sugiro o uso deste aparato como auxílio na resolução de alguns exercícios. Ele pode ser utilizado tanto em sala de aula pelos professores, como pelos alunos.

### 8.1 Exemplos

#### Exemplo1: (FUVEST)

Um bloco, de peso  $P$ , é suspenso por dois fios de massa desprezível, presos a paredes em  $A$  e  $B$ , como mostra a figura. Pode-se afirmar que o módulo da força que tensiona o fio preso em  $B$ , vale:

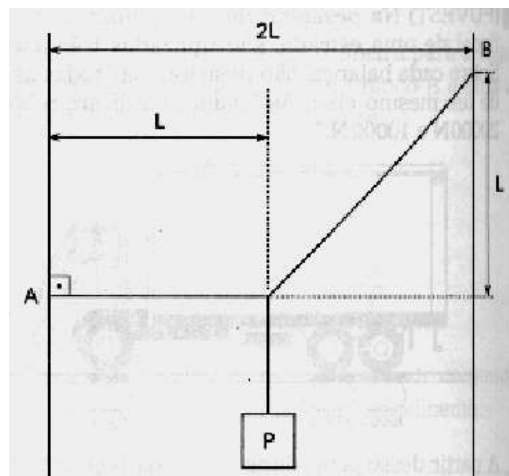


Figura 8: montagem do exemplo 1

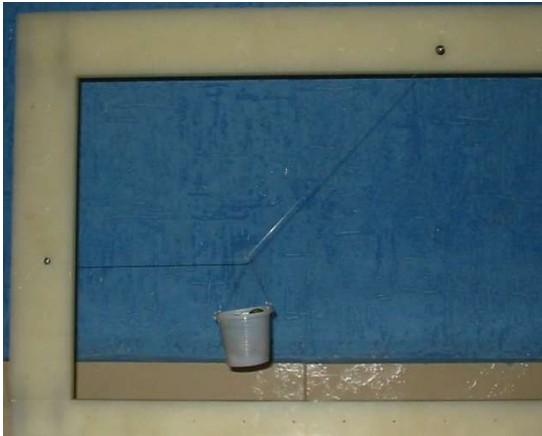


Figura9

Resolução:

Pela figura, vemos que o ângulo formado entre o eixo x e o fio B é 45°. Assim temos que:

$$P = T \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{Assim, } T = \sqrt{2} P$$

**Exemplo 2:** (Mack – SP)

No sistema ideal abaixo, M é o ponto médio do fio. Pendurando neste ponto mais um corpo de massa m, para, para que o sistema se equilibre, quanto ele deverá descer?

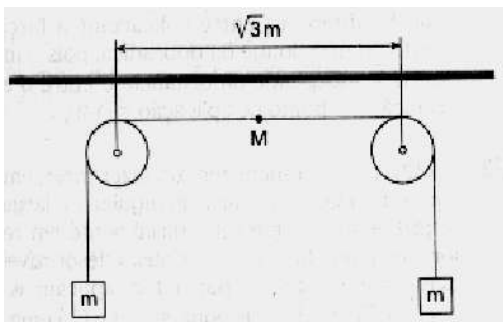


Figura 10: montagem do exemplo 2



Figura11a

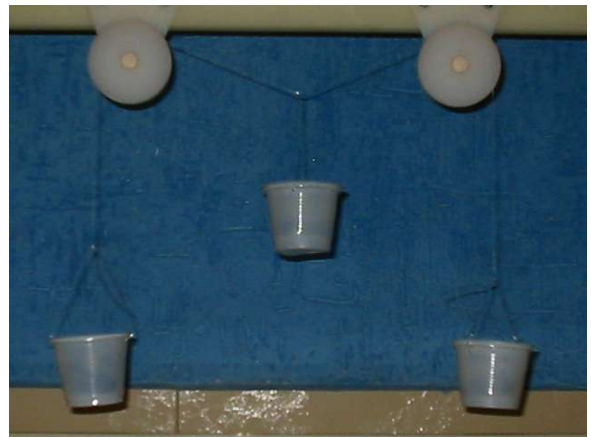


Figura 11b

Resolução:

A partir da decomposição das forças em M, temos que:

$$2T\text{sen}(a) = mg$$

$$T = mg$$

$$\text{sen}(a) = 1/2$$

$$\text{cos}(a) = \sqrt{3}/2$$

$$\text{sen}(a) = h/x$$

$$\sqrt{3}/2 / x = \sqrt{3}/2$$

$$\text{Assim: } x = 1$$

## 8.2 Sugestões de exercícios

Aqui faço a sugestão de alguns exercícios baseados nas montagens feitas



anteriormente. Aqui posso usar os valores reais das peças do aparato (ver relatório do Alexandre).

### **Sugestão1:**

Na figura abaixo, a barra AB é articulada em B e está suspensa no ponto C por meio de um fio inextensível e sem peso.

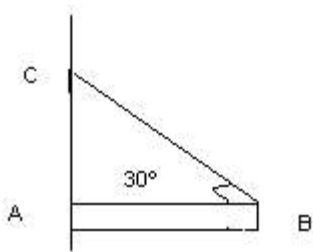


Figura 12: montagem do exemplo 3

Sendo o peso próprio da barra igual a 13,5g (valor real), a reação em B e o ângulo formado por ela com a barra AB serão?

A montagem referente a este exercício é a figura 3.

### **Sugestão2:**



Figura13

Com esta montagem podemos formular um exercício que solicite quais as tensões nos fios. Utilizamos os pesos das chumbadas, e os valores do comprimento do fio utilizado.

## **9. Originalidade**

Não temos dados que se refiram a um projeto como o descrito acima, mas o tema é muito explorado em empresas que preparam material para feira de ciências, podendo-se encontrar aparatos parecidos.

## **10. Conclusão**

Neste projeto, foi feito um aparato para o uso de alunos do ensino médio. Ao terminar sua construção, nós o testamos com alguns exercícios tirados de provas de vestibulares e vimos que sua utilidade é satisfatória.

Com este aparato um aluno poderá visualizar conceitos vistos em sala de aula e conseguir uma aprendizagem mais eficiente.

## 11. Referências

- 1) Modelo de simulador didático para estudo de estática dos corpos no ensino médio.  
Alexandre A. Tabosa
- 2) How stuff works:  
<http://www.howsuffworks.com>;
- 3) Feira de ciências:  
<http://www.feiradeciencias.com.br>;
- 4) Halliday, R. Resnick e J. Walker,  
Fundamentals of Physics, 4ª edição, Vol.  
1 – John Wiley & Sons (1989).
- 5) Vestibular Unesp: <http://www.vunesp.com.br/encerradosv.php>;
- 6) <http://www.adorofisica.com.br/dtrabalho.html>;
- 7) <http://www.terra.com.br/fisicanet>.
- 8) [http:\Statics.htm](http://\Statics.htm)