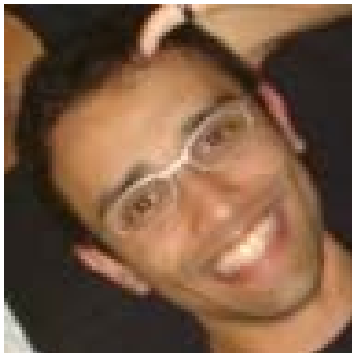


**IFGW, Unicamp, Junho de 2005**



## **F809 Instrumentação para o ensino**

**Coordenador: Prof. José J. Lunazzi**

**Projeto: Modelo de simulador didático para estudo de estática dos corpos no ensino médio. Finalizado em 13/06/2005**

**Aluno: Alexandre Taboza de Oliveira RA: 991326**

**Orientador: Eng<sup>o</sup>. Pedro Raggio**

**Relatório Final**



# Índice

<b>1. Introdução.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Aspectos teóricos.....</b>	<b>3</b>
2.1 Introdução	3
2.2 Equilíbrio de Forças	3
2.3 Equilíbrio de Torques	4
2.4 Condições de Equilíbrio	4
<b>3. Planejamento do aparato.....</b>	<b>4</b>
3.1 Idéia	4
3.2 Pesos e Medidas	5
3.3 Estimativas	5
3.4 Construção	6
<b>4. Simulação.....</b>	<b>6</b>
4.1 Ajuste Final das Peças	6
4.2 Massas e Pinos	7
4.3 Montagens	7
<b>5. Comentários.....</b>	<b>8</b>
<b>6. Conclusão.....</b>	<b>8</b>

## Abstract

Este projeto consiste na construção de um aparato didático para simulação de situações específicas em estática dos corpos que são comumente estudadas por alunos do ensino médio. O projeto está dividido em duas partes, que consistem no desenvolvimento/construção do dispositivo e na simulação de problemas propostos. Há ainda um comentário específico em torno da teoria e de procedimentos para o uso do aparato em sala de aula, destinado aos professores de ensino médio.

## 1 Introdução

Apesar de o ensino de ciências ter se aprimorado muito nos dias de hoje, muitos alunos enfrentam problemas na tentativa de resolver problemas que propõem situações com as quais os próprios estudantes não lidam na realidade ou, melhor dizendo, em seu cotidiano. No caso da física, esse problema se torna bem evidente quando analisamos os problemas que são publicados em livros didáticos, ou exercícios que ainda são cobrados em concursos vestibulares, onde podemos perceber situações extremamente “ideais”, que desprezam a física que realmente acontece.

Em se tratando de ensino de física, e mais precisamente da mecânica e a condição de equilíbrio estático dos corpos, é importante que o aluno interaja com o problema de uma forma mais concreta, a fim de conseguir, por conta própria, estimar e calcular valores e tirar conclusões plausíveis, mesmo por que em mecânica, o trabalho do aluno ainda é bem intuitivo, e basta que ele tenha como experimentar o problema que lhe foi proposto para fixar conceitos e aplicar corretamente as ferramentas algébricas.

## 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 podem provocar rotação devido à forma que o corpo possui de modo que será preciso conhecer aos 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:

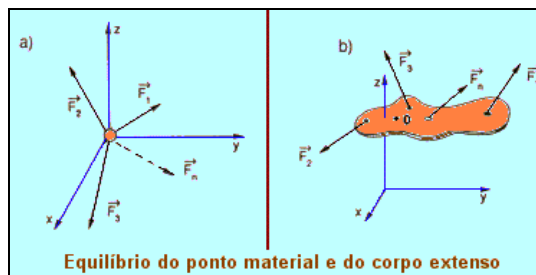


Figura 1: representação das forças e torques

## 3 Planejamento do aparato

### 3.1 Idéia:

A construção de um simulador para o estudo de equilíbrio estático. Um dispositivo para fazer o aluno interagir com os problemas relacionados ao assunto, permitindo ao mesmo a criação de experimentos. O aparato deve simular situações envolvendo o equilíbrio de forças e torques para visualização de exercícios, fixando conceitos e idéias de forma mais eficiente possível. A idéia foi montar uma moldura retangular onde pudessem ser encaixadas peças como barras e roldanas de acordo com a proposta do problema ou da situação.

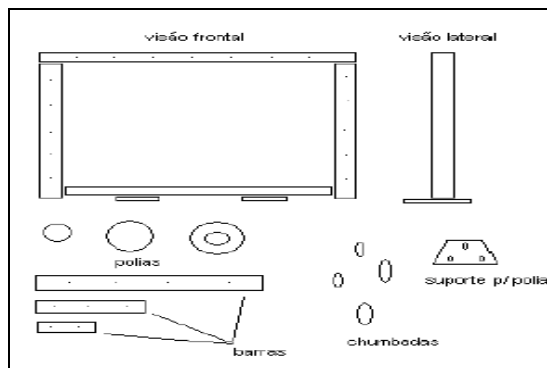


Figura 2: Primeiro esboço do aparato

Tendo em mente o formato e as peças necessárias para a construção do aparato, a próxima fase era planejar os pesos e as medidas dos componentes a fim de que o simulador pudesse corresponder às expectativas, ou seja, aproximar ao máximo os resultados dos números propostos pelos exercícios.

### 3.2 Pesos e medidas:

Inicialmente, projetamos a moldura retangular composta por dois braços de 70 cm de comprimento e dois braços de 60 cm. Os furos seriam distribuídos simetricamente nas barras com uma distância de 4,0 cm entre cada furo, e um apoio feito do mesmo material da moldura para sustentá-la na posição correta. No caso da moldura, os braços foram conectados por dois parafusos que entram por dentro do braço maior até o menor, e por isso seria necessário fazer furos adequados na moldura para não danificá-la.

Feito isso, o passo seguinte foi o de estimar os pesos das polias, (que nesse caso não serão ideais como nos problemas) para que suas massas pudessem estabelecer relações simples a fim de simplificar. As barras e polias, portanto, guardariam entre si uma relação de inteiros em relação a suas massas, e assim foram estabelecidos os diâmetros: a polia menor teria 4 cm de diâmetro ao passo que a maior teria o dobro, sem considerar é claro, a borda das polias que farão com que elas tenham 1 cm a mais de diâmetro, mas que formam a canaleta por onde o fio passará. Uma polia extra composta pela maior e menor juntas deverá ter, portanto, a massa das duas juntas. A questão é que para construção das polias devemos considerar todos os espaços e medidas que ela deve ter, tais como os encaixes dos pinos ou parafusos,

o próprio furo para esse encaixe, o que implica na retirada de massa, sendo que isso deve ser feito em todas as polias. O fato de considerarmos também que os pinos/parafusos possuem pesos bem como as barras quando com os pinos. E é claro, o material a ser utilizado para confecção de tudo.

### 3.3 Estimativas:

Os primeiros cálculos, feitos no programa Excel, nos forneceu os volumes estimados bem como os volumes das barras, que são separadas pelo número de furos para colocação de pinos, variando de 1 a 7 e espaçados entre si de 4 cm tendo, portanto, comprimentos variando de 8 a 28 cm e espessura de aproximadamente 6 mm e largura de 33,25 mm cada. A tabela 1 mostra os primeiros números calculados:

	Volume (mm <sup>3</sup> )	Diferença
Polia 40	15862,33328	
Polia 80	31724,6587	-0,0078
Polia 40+	47589,45813	2,4582
<b>BARRAS</b>		
Comprim.(mm).	Volume (mm <sup>3</sup> )	Vol. sem furos
80	15960	15863,49
120	23940	23795,23
160	31920	31726,98
200	39900	39658,72
240	47880	47590,47
280	55860	55522,21

**Tabela 1: Cálculos dos volumes das peças**

No que diz respeito à proporção entre as peças, às barras deveriam ter de 1 a 4 vezes a massa da polia menor, nossa referência, de acordo com o comprimento e levando em conta que o material a ser escolhido deveria ser o mesmo. É importante perceber que ainda não haviam sido considerados os furos a serem feitos nas barras, pois os pinos ainda não tinham sido projetados, e por

isso trata-se de números parciais. Foram encontradas as seguintes proporções:

Comparação com a polia menor:

1,15  
1,73  
2,31  
2,89  
3,47  
4,04

**Tabela 2: proporção com a polia menor**

O material escolhido foi: náilon para a moldura, e polipropileno de alta densidade para barras e polias. Todos os cálculos foram uma projeção inicial das massas das peças, que após terem sido desenhadas com o auxílio do Autocad seriam mandadas para a oficina do IFGW para serem cortadas e construídas.

### 3.4 Construção:

A projeção das massas das peças ainda deveria ser ajustada, mas o desenho final e a escolha do material estavam definidos. Tudo foi mandado para a oficina para confecção e ficaram prontas em cerca de dez dias. Os pinos foram obtidos separadamente.



**Figura 3: principais peças do aparato**

Quando as peças chegaram, deveríamos verificar se os pesos estavam de acordo com o projetado. Na figura temos os suportes para manter o aparato em pé,

copinhos de café que serão usados nos primeiros testes para colocar os pesinhos, que serão chumbadas adquiridas no laboratório.

## 4 Simulação

### 4.1 Ajuste final das peças:

Depois de prontas, as peças ainda precisavam ser ajustadas para ter a massa planejada. Como não seria possível refazer alguma peça em caso de problemas, era necessário adaptar as massas que encontrássemos o máximo possível do planejado. As massas das polias e das barras foram medidas utilizando as balanças disponíveis nos laboratórios de ensino do instituto e medimos os seguintes valores para as polias menores, maior e acopladas e para as barras furadas:

Polias	Polia 1	Polia 2	Ideal
Pol. Menor	17,6g	17,5g	17,0g
Pol. Maior	29,3g	29,3g	30,0g
Pol. Acop.	45,3g	45,8g	44,5g

**Tabela 3: Massas encontradas e os valores buscados**

Para as barras o procedimento foi o mesmo, e obviamente ficou evidente que elas não poderiam guardar a proporção que desejávamos com a polia menor, pois tinham pouca massa em relação a mesma. Nesse caso, optamos por guardar uma proporção entre as próprias barras e assim tivemos as seguintes massas:

Barras	Barra 1	Barra 2	Ideal
2 furos	5,1g	5,1g	5,0g
3 furos	7,7g	7,7g	7,5g
4 furos	10,0	10,3	10,0g
5 furos	12,6g	12,9g	12,5g
6 furos	15,6g	15,6g	15,0g
7 furos	17,9g	18,0g	17,5g

**Tabela 4: Massas encontradas e valores buscados**

Como a maioria das peças excedeu o peso esperado, a alternativa seria a de lixá-las para alcançar os valores ideais. A exceções foram as polias maiores, que no caso, não chegaram com o peso ideal por um décimo de grama, e como não era possível refazer a peça, preferimos manter essa massa. Outro imprevisto associado a essas polias foi o fato de que elas foram construídas com outro material ao invés do plástico inicialmente proposto: náilon. Isso implica em algumas considerações extras para esse aparato, que serão comentadas mais adiante.

No caso das barras, todas não tinham a espessura de 6 mm as massa ideais propostas levaram em conta isso. As demais peças foram devidamente lixadas utilizando uma lixa d'água e as massas ajustadas.

#### 4.2 Massas e pinos:

Outro ajuste importante era o dos pinos que seriam utilizados na barras e polias para fixação. As massas desses pinos devem ser consideradas pelo aluno de forma que os eles devem ter mesma massa, que será padrão. Os pinos que conseguimos deveriam ser então lixados para terem 0,5g de massa e o valor da massa da barra a se considerar dependia do número de pinos anexados nas mesmas.

A maioria dos pinos já estava no peso ideal de meio grama, e apenas alguns foram lixados sem maiores problemas. O uso desses pinos fará com que as barras tenham massas variáveis de acordo com a situação que o estudante desejar simular. Assim, uma pequena tabela foi elaborada para guiar o estudante na hora de estabelecer tais valores, que já indica a massa da barra a ser considerada de acordo com o número de pinos colocados em cada tipo de barra:

Barra	+1P	+2P	+3P	+4P	+5P	+6P	+7P
<b>2F</b>	5,5g	6,0g	---	---	---	---	---
<b>3F</b>	8,0g	8,5g	9,0g	---	---	---	---
<b>4F</b>	10,5g	11,0g	11,5g	12,0g	---	---	---
<b>5F</b>	13,0g	13,5g	14,0g	14,5g	15,0g	---	---
<b>6F</b>	15,5g	16,0g	16,5g	17,0g	17,5g	18,0g	---
<b>7F</b>	18,0g	18,5g	19,0g	19,5g	20,0g	20,5g	21,0g

Tabela 5: Massa das barras e o nº de pinos anexados

#### 4.3 Montagens:

Utilizando copinhos plásticos de café e chumbadas do laboratório, foram feitas as primeiras montagens de sistemas aleatórios, sem a intenção ainda de simular nenhum problema, como teste. Utilizamos também parafusos para fixar as barras nas molduras e fios de náilon comumente usados em pesca, por serem bem leves e maleáveis, obtendo as montagens:



Figura 4: Primeiros testes com o aparato



Figura 5: Montagem com a barra 6F e roldana



**Figura 6: Outro tipo de balança simples**

As primeiras fotos apresentadas mostram que montagens simples podem dar embasamento para cálculos e discussões em sala de aula pelo professor, envolvendo equilíbrio de torques e forças.



**Figura 7: Montagem mais complexa**

Na montagem acima, o fundo em azul ajuda a detalhar os fios de náilon. A situação, trabalhosa de montar, ilustra exercício clássico de associação de polias.



**Figura 8: Simulação de problema proposto**



**Figura 9: Aplicação do equilíbrio de torques**

## 5 Considerações

O material escolhido correspondeu muito bem às expectativas, com um detalhe que já foi comentado anteriormente: A polia maior foi feita em náilon ao invés do polipropileno. Obviamente qualquer cálculo que se faça durante uma simulação será alterado. Como se trata de um projeto experimental em sua essência, não podemos considerar que a peça foi perdida, já que pode ser interessante que o estudante saiba que materiais diferentes correspondem a densidades diferentes, e, portanto resultados que mudam de material para material, como propõe a primeira lei de Newton, e isso pode ser utilmente explorado pelo professor em sala de aula.

Em se tratando do uso, as montagens ainda são de certa forma trabalhosas, pois requerem uso de chaves de fenda, e talvez a primeira sugestão de uso seria para o professor usá-la já montada e expor para os alunos em sala, caso o tempo não favoreça muito. Mas isso não exclui o fato de que o professor pode reservar duas aulas de 50 minutos, pelo menos, para que os próprios estudantes interajam com o material.

Na segunda parte desse trabalho mais aplicações serão apresentadas, além de simulações de exercícios e que fazem



parte de vestibulares que serão também mostrados de forma mais detalhada e comentada.

## 6 Conclusão

O primeiro passo foi dado. Muitos ajustes podem ser feitos de modo a facilitar o manuseio do aparato, como os pesinhos e a forma de colocá-los no sistema. Mas com esse projeto, pudemos verificar que não é tão difícil planejar e montar dispositivos que incentivem o ensino de Física nas escolas de ensino

médio e, por que não, até mesmo de ensino fundamental.

Será interessante que crianças possam ter contato com esse tipo de experimento. Se encabeçado como um projeto para as escolas públicas, o aparato não terá custos inviáveis. Existe ainda uma variedade de montagens e simulações que não foram elaboradas ou pensadas, e que podem fazer com que o aparato tenha uma aplicabilidade maior dentro da mecânica clássica. O projeto não termina aqui, e fica aberto para eventuais mudanças que possam aprimorá-lo.

## Referências

- [1] How stuff works: <http://www.howsuffworks.com>;
- [2] Feira de ciências: <http://www.feiradeciencias.com.br>;
- [3] Halliday, R. Resnick e J. Walker, Fundamentals of Physics, 4<sup>o</sup> edição, Vol. 1 – John Wiley & Sons (1989).
- [4] Vestibular UNESP: <http://www.vunesp.com.br/encerradosv.php>
- [5] Discursos da ciência e da escola: ideologia e leituras possíveis. / Maria José P. M. de Almeida. Campinas, SP : Mercado das Letras, 2004
- [6] <http://www.adorofisica.com.br/dtrabalho.html>
- [7] <http://www.terra.com.br/fisicanet>