

# Relatório Final

27 de novembro de 2004

Aluno: Fernando Assis Garcia

Orientador: Marcelo Knobel

## Resumo

Neste relatório apresentamos o desenvolvimento e resultados do projeto “Física dos Esportes” onde estudamos, através de atividades práticas em sala de aula, a aplicabilidade do ensino de conceitos da física (especialmente a nível de ensino médio) por meio de exemplos relacionados aos esportes. O projeto consistiu na preparação do material didático, desenvolvimento das atividades práticas e da avaliação dos alunos do projeto através de um questionário. Discutiremos cada uma destas etapas separadamente e ao final daremos nossas conclusões.

Figura 1: Foto



## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução.</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Material Didático.</b>	<b>3</b>
2.1	Recursos Disponíveis. . . . .	3
2.2	Material Preparado. . . . .	4
<b>3</b>	<b>As Aulas.</b>	<b>5</b>
3.1	Perfil dos Alunos. . . . .	5
3.2	Aspectos Gerais. . . . .	6
3.3	Cronograma Final. . . . .	6
3.4	Conceitos abordados aula a aula. . . . .	6
3.4.1	06/10 . . . . .	6
3.4.2	08/10 . . . . .	7
3.4.3	13/10 . . . . .	7
3.4.4	15/10 . . . . .	7
3.4.5	20/10 . . . . .	7
3.4.6	22/10 . . . . .	7
3.4.7	22/10 . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Questionário</b>	<b>7</b>
4.1	Perguntas. . . . .	7
4.2	Comentários. . . . .	8
<b>5</b>	<b>Conclusões.</b>	<b>9</b>
<b>A</b>	<b>Projéteis.</b>	<b>10</b>
A.1	Descrição geral. . . . .	10
A.2	Exemplos tratados. . . . .	11
A.3	Outros desenvolvimentos. . . . .	11
<b>B</b>	<b>Colisões.</b>	<b>12</b>
B.1	Descrição geral. . . . .	12
B.2	Exemplos tratados. . . . .	12
B.3	Outros desenvolvimentos. . . . .	13

## 1 Introdução.

Experiências em práticas de ensino de ciências tem sido tema de acesos debates no país. Podemos destacar dois pontos que norteiam este debate: primeiramente percebe-se hoje a importância de estimular os estudantes a buscar uma carreira científica, cuja comunidade ainda é pequena; e, além disso, sabe-se que a ciência está cada vez mais ligada ao dia a dia da população que será chamada muitas vezes a dar a sua opinião sobre temas científicos com influência direta sobre seu dia a dia.

Dentro deste segundo contexto, os cientistas devem ser capazes de se comunicar com a sociedade como um todo e garantir o apoio necessário no que se refere à legislação e financiamento de suas pesquisas. Exemplo recente em nossa sociedade foram as ativas discussões feitas em relação aos chamados *transgênicos*. Em particular, na física, temas recorrentes na mídia nacional dizem respeito a energia nuclear, exploração espacial e, atualmente, alguns grandes projetos (como os Institutos do Milênio do CNPQ) ganham destaque.

O perfil do nosso projeto se encaixa prioritariamente dentro do primeiro contexto. A física dos esportes é apresentada como uma maneira de instigar o aluno a pensar na multitude de fenômenos que podem ser tratados mesmo quando modelos simples são utilizados. Simples, no entanto, não significa fácil. Transferir o conhecimento dos exemplos geralmente utilizados em livros textos para o que se apresentou nas aulas não é uma conquista imediata.

A linha mestra do projeto foi desenvolvida dentro da filosofia apresentada no livro de Feynman [1], onde o aluno é desafiado e entender algo que pode estar aparentemente um pouco distante de seu alcance atual, mas que é entendido quando há a motivação necessária.

## 2 Material Didático.

### 2.1 Recursos Disponíveis.

O projeto foi desenvolvido junto aos alunos do **Cursinho Comunitário Machado de Assis (CCMA)**. A estrutura do CCMA é bastante reduzida. Conta-se apenas com duas salas de aula (oferecidas pelo IEL) e uma pequena biblioteca, mantida pelos próprios participantes do projeto. O acesso a projetores é esporádico e algumas vezes conseguimos acesso aos laboratórios de ensino do Instituto de Biologia (IB).

Os principais recursos do projeto foram disponibilizados via solicitação a Coordenação de Graduação do IFGW que nos reservou as salas do Ciclo Básico I, que sofreram intensas reformas neste semestre. Com isto foi possível utilizar recursos de internet, integrando som e imagem, além de proporcionar aos alunos participantes um ambiente confortável. Acesso à referências em revistas científicas foi possibilitado pela biblioteca do instituto.

Portanto, no que se refere a realização do projeto os recursos disponíveis foram totalmente suficientes. Algumas propostas serão apresentados no apêndice

Figura 2: Material de Apoio.



e estas demandam a utilização de recursos não disponíveis.

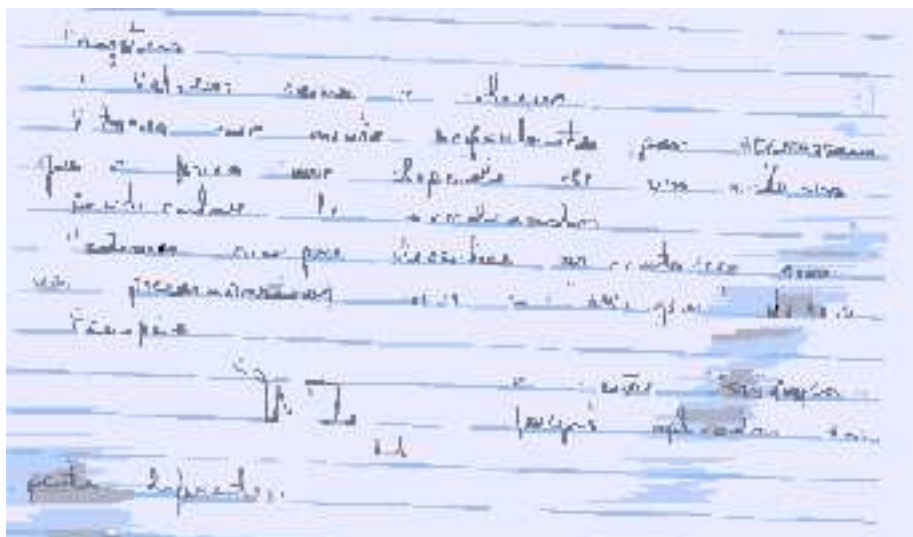
## 2.2 Material Preparado.

Optamos por preparar um material de apoio na forma de uma Home Page (fig 2), com uma coletânea de gráficos e animações da internet [2, 3], e um roteiro para as aulas, que consta de simples anotações em folhas de caderno (fig 3).

Na preparação do roteiro consultou-se colegas com experiência em atividades da Licenciatura e professores do Ensino Médio. O objetivo do roteiro foi permitir que as idéias a serem apresentadas fossem suficientemente exploradas dentro de um cronograma adequado, permitindo até pequenas revisões previamente *roteirizadas* no início de cada encontro. Roteiros foram preparados para cada uma das aulas.

A Home Page foi construída para o projeto com as seguintes idéias: demonstrar animações sobre os conceitos trabalhados e servir de material ilustrativo

Figura 3: Roteiro de Aula 1



“preendendo” a atenção dos alunos com imagens, que são sempre estimulantes.

A Home Page era utilizada tão logo o conceito era tratado mas no caso das Colisões foi utilizada para introduzir o assunto. Provisoriamente a Home Page pode ser acessada no endereço [www.ifi.unicamp.br/~fgarcia/f809\(00\).htm](http://www.ifi.unicamp.br/~fgarcia/f809(00).htm).

### 3 As Aulas.

#### 3.1 Perfil dos Alunos.

Para participar do CCMA os alunos passaram por dois processos seletivos. No primeiro, foram utilizados critérios socioeconômicos onde alunos com maior dificuldade financeira foram selecionados. Na segunda etapa foi aplicado um exame escrito, de onde foram selecionados os alunos que obtiveram melhor desempenho.

Os alunos do CCMA possuem realidades muito distintas. A maioria são jovens (menos de 22 anos) mas mesmo entre estes há aqueles que já deixaram de estudar a algum tempo. Alguns prestaram exames vestibulares recentemente e com isto estão com idéias mais frescas.

O ponto a destacar é que o projeto foi aberto para a participação de TODOS os alunos interessados. No entanto, sabia-se previamente que participaria do projeto o aluno que tivesse disponibilidade de tempo para frequentar a monitoria (visto que o horário do projeto coincidia com o da monitoria).

Este aluno é justamente aquele que vem acompanhando melhor os cursos

regulares do CCMA e tem tido tempo disponível para dedicar-se aos estudos. Mas mesmo neste grupo estão inclusos alunos que trabalham durante todo o dia e que assistem as aulas do CCMA (e participam do projeto) durante a noite.

### 3.2 Aspectos Gerais.

O programa, que já consistia de uma extensão do programa original, foi novamente estendido a fim de acomodar questões levantadas pelos próprios alunos.

O projeto teve resultados interessantes e as aulas despertaram mais curiosidades e discussões do que se esperava. Seguindo o roteiro que preparamos para cada aula, cada encontro se iniciava com uma breve revisão (cerca de 15 minutos) acompanhada de uma extensão de um assunto passado (como por exemplo a solução de um exercício mais complicado).

Em seguida o material de apoio (a Home Page) era utilizada de maneira ilustrativa e o esporte a ser estudado naquele dia era discutido. Depois de resolver um problema, os alunos eram convidados a tirar conclusões sobre outros esportes, que podiam ser estudados da mesma maneira.

Interessante notar que para os esportes com os quais os alunos eram mais familiares as analogias eram mais claras. A parte do projeto que despertou mais interesse foi a que abordou as colisões. Comparando o cronograma abaixo com aquele do Relatório Parcial, descobre-se que isto se traduz em um acréscimo de uma aula.

### 3.3 Cronograma Final.

06/10	Vetores e Projéteis
08/10	Projéteis e Esportes I
13/10	Projéteis e Esportes II
15/10	Conservação de Momento e Energia.
20/10	Colisões e Esportes I
22/10	Colisões e Esportes II
26/10	Colisões e Esportes III

### 3.4 Conceitos abordados aula a aula.

#### 3.4.1 06/10

Conceito de vetores, soma e subtração de vetores (forma algébrica e gráfica), origem do sistema de coordenadas, conceito de componentes e decomposição de vetores, decomposição do movimento de um projétil.

### **3.4.2 08/10**

Vetores e projéteis (revisão). As equações de movimento de uma partícula em um campo constante (MU e MUV), discussões sobre as equações (não dependem das massas, não descrevem forças de atrito), o movimento de uma bola de basquete, o problema de acertar uma cesta de basquete.

### **3.4.3 13/10**

Revisão geral. O problema do saque no volei (velocidade inicial é “para baixo”), passes no volei. Esportes similares (qualquer tipo de passe e tratado do mesmo jeito). Efeitos do atrito na trajetória da bola (aspectos qualitativos), discussão qualitativa sobre projéteis com e sem atrito.

### **3.4.4 15/10**

Conceitos de conservação de energia e momento (ênfase em fatos experimentais com discussões de idéias da física moderna), as várias formas de energia (potencial elástica, potencial gravitacional, cinética, etc). Momento como uma quantidade vetorial, colisões elásticas e inelásticas. Problemas simples (colisões de carrinhos, exemplo comuns de livro texto)

### **3.4.5 20/10**

Breve revisão. Esportes e colisões, confecção de uma tabela (junto com a turma) de colisões elásticas vs inelásticas em esportes (saques, dardos, socos, etc). Impulso, momento e energia transferida. O soco de boxe vs o soco de karatê.

### **3.4.6 22/10**

Revisão sobre impulso, momento e energia transferida. Discussão de um trabalho do American Journal of Physics [4]. Quebra de tábuas em Karatê. Leitura de gráficos.

### **3.4.7 22/10**

Revisão geral. Impacto de um saque de volei, impactos e corridas em Rugby. Leitura de gráficos. Mecânica do soco. Discussões finais (simplificações feitas, melhoramentos dos modelos, etc).

## **4 Questionário**

### **4.1 Perguntas.**

- Q1        Escreva com suas palavras quais foram os temas tratados nestas aulas.
- Q2        Comos estas aulas ajudaram você a entender melhor estes temas.

- Q3 Comente a importância dos exemplos envolvendo esportes. Os exemplos lhe ajudaram? Você acha que se aprendizado teria sido o mesmo se tivessem sido utilizados quaisquer outros exemplos?
- Q4 Sobre a questão anterior, escreva sobre algum conceito que tenha ficado mais claro para você após estas aulas. Procure relacionar este conceito com um exemplo que utilizamos.
- Q5 Muitos acham que em ciência é quase tão importante saber formular problemas quanto respondê-los. Tente **formular e responder** um problema envolvendo os conceitos que estudamos. Você não precisa fazer as contas, basta discutir o problema descrevendo os caminhos para a solução.
- Q6 Muitas vezes durante as aulas fizemos várias *aproximações*. Isto é, fizemos simplificações para resolver nossos problemas. Liste um ou duas destas aproximações e comente-as.
- Q7 Faça outros comentários que julgar importante (escreva críticas, elogios, sugestões...)

## 4.2 Comentários.

O questionário foi entregue sem explicações sobre o tipo de resposta que se esperava em cada uma das questões e de maneira geral estas foram respondidas de maneira satisfatória.

Referente a Q1 todos os alunos foram capazes de identificar os três principais conceitos trabalhados: vetores, projéteis e colisões. Alguns optaram em dar exemplos específicos (colisões elásticas e inelásticas).

Na Q2 os alunos identificam que o tipo de exemplos discutidos e os recursos disponíveis ajudaram bastante o entendimento dos temas que eles apontaram em Q1.

Em Q3 os alunos escrevem consideraram que estes exemplos são importantes pois se relacionam com seus dia a dia. As repostas se refletem na Q4. Todos os alunos foram capazes de citar explicitamente conteúdo tratado nas aulas e relaciona-los corretamente com os conceitos físicos envolvidos.

Em Q5 houve alguma confusão, embora todos tenham sido capazes de propor um problema e responde-lo. No entanto, existem algumas “patinadas” conceituais. Muitos acabam dando respostas evasivas.

Os maiores desentendimento ocorreram na Q6. De fato, mesmo nos cursos de física da Unicamp, problemas que envolvem aproximações costumam ser problemáticas. De forma geral os alunos não entenderam corretamente o que se pedia na questão.

Terminando, em Q7, sugestões diversas foram deixadas. De maneira geral o projeto foi elogiado mas o tempo foi considerado escasso.



## 5 Conclusões.

Ao escrever conclusões sobre este trabalhos deve-se ter em mente que este trata-se em primeiro lugar de um experimento *qualitativo*. Este aspecto fica mais claro quando se considera a quantidade de questionários analisados: seis; e os tipos de questões exploradas (ver acima).

Este ponto certamente não diminui a importância do projeto, uma vez que desde o início este era claramente nosso objetivo. Pelo conteúdo das respostas apresentadas os alunos reforçaram imensamente seus conhecimentos sobre os temas apresentados e para alguns este foi, de fato, o primeiro contato mais cuidadoso que tiveram com estes temas.

Os questionários destacam a importância da utilização das imagens: "... os instrumentos que foram usados são bem chamativos nos atraindo (desenhos movimentados,... )..." e falam sobre o conforto proporcionado pelas instalações do CB: "Ter ido para o ciclo básico foi muito interessante, pois as salas oferecem boas condições de estudo.(...)".

A idéia central do projeto, a de utilizar um exemplo do dia a dia, também foi compreendida pelos alunos: "Os esportes foram bons exemplos, por serem mais cotidianos..." ou ainda "... facilita a compreensão do se passa porque alguns esportes estão presentes em nosso cotidiano" (ambas são repostas referentes a Q3).

A questão chave do questionário é, de fato, Q4. Nesta questão o alunos deveria associar um exemplo de esporte com um conceito físico que tenha mais claro para ele devido as aulas: "Os conceitos de colisão elástica e inelástica ficaram mais claros após os exs de sinuca, futebol, volei (...)" ou ainda "Conceito de ação e reação: um golpe de karatê. Se o atleta desistir, "amarelar", o efeito sobre sua mão será desastroso". Esta última diz respeito a alguns números que calculamos sobre a força sentida pela mão do karateka quando este aplica um golpe para quebrar uma tábua.

Concluimos portanto que o projeto cumpriu dois papéis importantes: é mais uma indicação que levar exemplos do cotidiano para a sala de aula pode ajudar imensamente a compreensão dos alunos; gerou nos alunos participantes motivação para discussões sobre temas científicos levando-os a pensar criticamente sobre os conceitos físicos com os quais tiveram contato.

## Referências

- [1] Feynman R.P.; The Feynman Lectures on Physics Vol I. Addison Wesley.
- [2] <http://www.physicsclassroom.com/>
- [3] <http://www.oceansiderevolution.com/EINSTEIN.HTM>
- [4] Wilk S.R, et all; The Physics of Karate. American Journal of Physics. Sep/1982

## A Projéteis.

### A.1 Descrição geral.

Iniciamos esta parte considerando o movimento de um corpo material sujeito a um campo constante. A 2ª lei de Newton nos permite escrever (problema 1-D) [1]:

$$\frac{d^2}{dt^2}x = -\frac{gq}{m} \quad (1)$$

aqui  $q$  é uma propriedade da partícula, que acopla a interação do corpo com o campo e  $g$  é um parâmetro do campo. No caso do campo gravitacional, discutido no projeto,  $q = m$  e  $g$  é a aceleração da gravidade. A eq 1 se restringe, portanto, à  $\frac{d^2}{dt^2}x = -g$ . A solução para esta equação diferencial é conhecida:

$$x(t) = x_o + v_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$

Um projétil sujeito a um campo constante possui ainda uma outra componente de movimento, que é o de uma partícula livre. A equação para este movimento se escreve (1-D).

$$\frac{d^2}{dt^2}x = 0 \quad (3)$$

A solução desta equação é também bastante simples:

$$x(t) = x_o + v_0 t \quad (4)$$

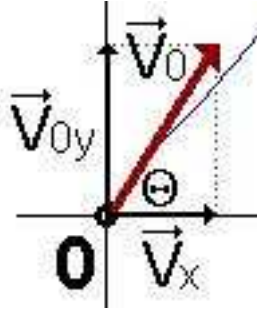
Para completar a solução do problema devemos considerar que as velocidades iniciais de cada uma das componentes do movimento são dadas pelo ângulo de inclinação no qual a partícula se encontrava (fig 4). Chamemos de  $z$  o eixo onde atua a força da gravidade e  $y$  o eixo onde se dá o movimento livre. Sendo  $v$  o módulo da velocidade inicial (contida no plano YZ) as equações que descrevem este movimento são bem conhecidas:

$$z(t) = z_o + v \sin \theta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y(t) = y_o + v \cos \theta t$$

com estas equações podemos escrever  $z$  como função de  $y$  que é especialmente útil para os problemas tratados.

Figura 4: Decomposição de Velocidade Inicial



## A.2 Exemplos tratados.

Sobre projéteis tratamos um arremesso de basquete, que segue o esquema geral (citar figura) já discutido e um saque de vôlei, que conta com uma pequena modificação já que a velocidade inicial tem sentido oposta na direção  $z$ .

O problema proposto para o arremesso foi: suponhamos que um jogador experiente possa treinar com precisão a “inclinação” do seu arremesso para cada distância na qual ele vai fazer o arremesso (ângulo e distâncias conhecidas). Conhecendo-se ainda a altura da cesta e a altura do jogador como encontrar a “força” (velocidade inicial) correta de arremesso?

Com base neste problema discutimos alguns pontos interessantes: independência do movimento em relação a massa do objeto, os possíveis efeitos do atrito com o ar e sistemas de referência. O exercício também permite excelente prática para manipulação algébrica.

O segundo problema (discutido qualitativamente) foi como acertar um saque em um certo lugar da quadra adversária, sendo que a bola deve passar por cima da rede! Aqui discutimos principalmente a idéia de transpor obstáculos.

## A.3 Outros desenvolvimentos.

Em um nível mais avançado efeitos da resistência do ar podem ser acrescentados a fim de determinar sua real influência nas jogadas. Um pergunta aparentemente trivial é: um jogador deve arremessar a bola mais forte ou devagar na presença da resistência (ou até um vento).

A resposta não é trivial quando quer se determinar em *quanto* a força do arremesso deve ser aumentada. Deve-se perceber que os movimentos decompostos nas direções  $z$  e  $y$  podem sofrer influências diferentes: a céu aberto, na FEF por exemplo, pode haver vento apenas na direção  $y$ !

As equações básicas deste problema costumam ser apresentadas nos cursos de Mecânica [1]. Começamos reescrevendo a (1).

$$\frac{d^2}{dt^2}z = -g - kv \quad (5)$$

A solução de 5 pode ser obtida por separação de variáveis.

$$z(t) = -\frac{gt}{k} + \frac{Kv + g}{k^2}(1 - \exp(-kt))$$

A solução de um problema do tipo “acertar uma cesta de basquete” só pode ser obtida numericamente.

## B Colisões.

### B.1 Descrição geral.

Consideramos apenas colisões de dois corpos. Este problema pode ser totalmente resolvido considerando-se conservação de energia (6) e momento (7).

$$E_{antes} = E_{depois} \quad (6)$$

$$P_{antes} = P_{depois} \quad (7)$$

Foi discutida com especial atenção a questão da conservação de energia em colisões inelásticas, visto que muitos alunos tem uma concepção errada do tema e consideram que a energia não se conserva nestes fenômenos.

### B.2 Exemplos tratados.

Dentro deste tema foram tratados vários exemplos, utilizando em conjunto o conceito de impulso. A força experimentada por um jogador de volei que recebe um saque, por exemplo, foi discutida. Tema que levantou mais surpresa entre os alunos foi a discussão de uma golpe de Karatê em uma placa de madeira, como em geral são observadas em apresentações.

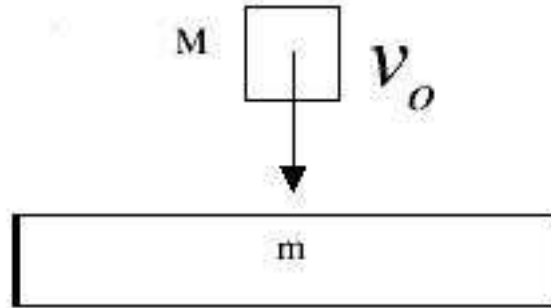
O modelo começa com a simplificação de que o golpe pode ser tratado com uma colisão inelástica (figura) de um bloco (mão) com velocidade inicial  $V_0$  e uma placa (fig 5). Vídeos feitos em altíssima velocidade [2] validam esta hipótese.

Introduzimos então o conceito de momento transferido para um corpo como a diferença de seu momento final e seu momento inicial. Consideramos também a energia transferida. As fórmulas (8,9, respectivamente) podem ser obtidas das leis de conservação (6,7).

$$E_{transf} = (1/2) \frac{MmV_0^2}{(M+m)} \quad (8)$$

$$P_{transf} = \frac{MmV_0}{(M+m)} \quad (9)$$

Figura 5: Golpe de Karate



Para deduzir (8) usa-se ainda que toda energia entregue pelo soco irá dividir-se entre a energia cinética do sistema mão+placa e esta “energia transferida” que está associada com a deformação da placa. A idéia é determinar quanto de energia uma placa é capaz de absorver antes de quebrar.

Outro ponto abordado é discutir um gráfico (fig 6) que mostra a cinemática de um soco de karatê. Este gráfico permite explicar aos alunos questões práticas envolvidas com as instruções dadas por *senseis* em acedemias.

Considerando um tempo típico de contato ( $\Delta t \approx 10^{-3}s$ ) podemos estimar a força experimentada pelas mãos de um karateka na aplicação deste golpe. Aqui surge um ponto interessante: se por algum motivo (receio de se machucar, por exemplo) o karateka usa um golpe pouco abaixo da velocidade necessária para quebrar a tábua, a força transferida para sua mão será, de fato, maior, o que acarreta maior possibilidade de ocorrência de ferimentos.

### B.3 Outros desenvolvimentos.

Um experimento e um trabalho teórico podem ser desenvolvidos a partir deste tema. Podemos começar pela medição do trabalho necessário para arrembentar uma placa de madeira. Este é um resultado interessante pois já sabemos (8) como calcular a partir desta informação a velocidade com a qual o soco deve atingir a placa para quebra-la.

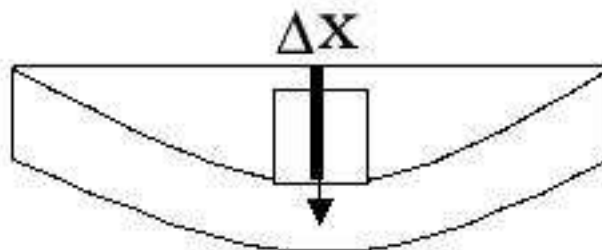
Este experimento precisa da placa de madeira, em geral utiliza-se pinho em demonstrações de karatê, a ser testada, com uns 30 cm de comprimento e não mais que 1 cm de espessura, pesos calibrados e um paquímetro ou régua bem calibrada.

Os pesos são depositados sob a placa um a um. Para cada peso uma deflexão é medida e anotada. Adiciona-se peso até a placa arrembentar. Um gráfico dos deslocamentos (fig 7)  $\Delta x$  pela força (os pesos são conhecidos) revela o trabalho necessário para quebrar a placa. Este trabalho é exatamente a energia transferida acima calculada.

Figura 6: Velocidade vs Extensão do Braço



Figura 7: Esquema do Experimento.



O segundo experimento se refere a medição da velocidade do soco de um aluno (descriçao)

Finalmente para o desenvolvimento teórico recomendamos o aperfeiçoamento do modelo levando em consideração aspectos dinâmicos do impacto do golpe na placa, como geração de ondas elásticas. Preferimos aqui apenas indicar a referência [2] apropriada.

## Referências

- [1] Marion J.B.; Thornton, S.T.; Classical Dynamics of Particles and Systems. Harcourt College. 4 th edition.
- [2] Wilk S.R. et al; The Physics of Karate. American Journal of Physics. Sep/1982
- [3] Walker J.D; Karate Strikes. American Journal of Physics. Mar/1975.