



**if**

**INSTITUTO DE FÍSICA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

**LICENCIATURA EM FÍSICA**

**TRABALHO DE INSTRUMENTAÇÃO**

# **VISITA A UMA ACADEMIA DE MUSCULAÇÃO**

Aluno: Hugo dos Reis Detoni

DRE: 106049728

Prof<sup>ª</sup>. Orientadora: Dr<sup>ª</sup>. Lígia F. Moreira

**RIO DE JANEIRO  
2012**



HUGO DOS REIS DETONI

**VISITA A UMA ACADEMIA DE MUSCULAÇÃO**

Monografia apresentada ao Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Física.

**BANCA EXAMINADORA**

D. Sc. Lígia de Farias Moreira (UFRJ)

D. Sc. Antonio Carlos Fontes dos Santos (UFRJ)

D. Sc. Francisco Artur Braun Chaves (UFRJ)

D. Sc. Vitor Luiz Bastos de Jesus (IFRJ)

**RIO DE JANEIRO  
2012**

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a toda minha família, por todo apoio e esforço em mim investido, em especial aos meus avós, Francisco e Marlene, e aos meus pais, José e Natcha, por terem feito tudo o que estava e o que não estava ao seu alcance para que eu pudesse ter as melhores oportunidades possíveis e aos grandes professores, os quais muito me ajudaram e contribuíram para minha formação.*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço primeiramente a Deus, pelas forças superiores e por sempre ter iluminado meus caminhos; à minha família por todo o apoio; ao meu grande amigo Luiz Pedro, por toda a ajuda e incentivo durante os períodos mais nebulosos na faculdade; ao meu grande amigo e ex-professor Vitor de Jesus, por todo conhecimento a mim passado e também pelas grandes ideias na elaboração deste trabalho, à academia Acqua Fit, principalmente aos amigos e instrutores Renato Massimiliani e Jaqueline Santos, pela grande ajuda com a parte prática deste trabalho; e em especial à professora Lígia, por toda a ajuda e orientação na realização deste trabalho, além de toda a dedicação empenhada ao longo do curso.*

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo ser uma eficaz ferramenta no ensino de Física para alunos de Ensino Médio; com foco específico na área de Mecânica; mais precisamente em polias e molas. Trata-se de uma proposta que pode ser implementada em escolas da rede pública ou privada de ensino, e que consiste na facilitação do aprendizado e assimilação de conceitos de Física que por muitas vezes permanecem mal esclarecidos, utilizando-se de um ambiente bem conhecido pela grande maioria dos alunos que estão na faixa etária relativa ao Ensino Médio.

O primeiro passo deste trabalho será a abordagem em sala de aula dos temas a serem estudados da mesma forma que é feita atualmente pelos professores de ensino médio. Porém, deve ser dado um enfoque maior nos tópicos que serão de vital importância para o sucesso do trabalho. Exemplos do cotidiano podem ser utilizados para uma melhor visualização por parte dos alunos.

Em seguida temos a proposta da visita a uma academia de musculação, onde os alunos poderão ver de perto os aparelhos envolvidos na pesquisa. Neste momento faz-se necessária a presença de um monitor que poderá auxiliar os alunos e sanar quaisquer dúvidas que eles possam ter ao fazerem suas análises. Outro fator importante é a segurança dos alunos. A turma precisaria ser dividida em pelo menos dois grupos para que não haja nenhum risco de acidentes, visto que é um local onde há anilhas e halteres pesados; e também para que todos tenham a oportunidade de interagir com o experimento.

Por fim, os alunos serão submetidos a uma avaliação formativa para consolidar o conhecimento adquirido. Tal avaliação pode ter o formato de prova ou relatório realizado após a visita, em grupo ou individualmente, onde os alunos apresentarão seus dados coletados durante a prática, bem como seus resultados e suas considerações acerca dos mesmos. Cabe ao professor fixar as diretrizes para a realização de tal avaliação.

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.</b>	<b>METODOLOGIA E MATERIAIS.....</b>	<b>5</b>
1.1	METODOLOGIA A SER IMPLANTADA.....	5
1.1.1	A FÍSICA EM SALA DE AULA.....	5
1.1.2	A VISITA À ACADEMIA DE MUSCULAÇÃO.....	6
1.1.3	A AVALIAÇÃO FORMATIVA.....	7
1.2	MATERIAIS UTILIZADOS.....	8
1.2.1	MATERIAIS PARA ATIVIDADE COM MOLAS.....	9
1.2.2	APARELHOS ESCOLHIDOS.....	13
1.2.2.1	<i>CROSS OVER</i> ANGULAR.....	13
1.2.2.2	<i>PULLDOWN</i> COM POLIA SUPERIOR E INFERIOR.....	14
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>15</b>
2.1	LEIS DE NEWTON.....	15
2.1.1	PRIMEIRA LEI DE NEWTON.....	15
2.1.2	SEGUNDA LEI DE NEWTON.....	16
2.1.3	TERCEIRA LEI DE NEWTON.....	17
2.2	POLIAS.....	18
2.2.1	POLIAS FIXAS.....	19
2.2.2	POLIAS MÓVEIS.....	19
2.3	MOLAS E A LEI DE HOOKE.....	21
2.3.1	ASSOCIAÇÃO DE MOLAS.....	22
<b>3.</b>	<b>A VISITA À ACADEMIA DE MUSCULAÇÃO.....</b>	<b>25</b>
3.1	PREPARAÇÃO PARA A VISITA.....	25
3.1.1	INTRODUÇÃO.....	25
3.1.2	DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA .....	25
3.1.3	RESULTADOS EXPERIMENTAIS.....	29
3.1.4	ASSOCIAÇÃO DAS MOLAS 1, 2 E 3.....	32
3.1.5	– ANÁLISE E DISCUSSÃO SOBRE O DINAMÔMETRO CASEIRO.....	36

3.2	OBSERVAÇÃO E ANÁLISE DOS APARELHOS.....	38
3.2.1	<i>CROSS OVER</i> ANGULAR.....	38
3.2.1.1	MEDIÇÕES E RESULTADOS NO <i>CROSS OVER</i> ANGULAR.....	41
3.2.2	<i>PULLDOWN</i> COM POLIA SUPERIOR E INFERIOR.....	43
3.2.2.1	<i>PULLDOWN</i> COM POLIA SUPERIOR.....	45
3.2.2.2	<i>PULLDOWN</i> COM POLIA INFERIOR.....	46
3.2.2.3	MEDIÇÕES E RESULTADOS NO <i>PULLDOWN</i> COM POLIA SUPERIOR E INFERIOR.....	48
4.	<b>AVALIAÇÃO FORMATIVA.....</b>	<b>50</b>
5.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>55</b>

## INTRODUÇÃO

Segundo o chefe do departamento de Física da Universidade Federal Fluminense (UFF), Rubens Amaral, (UFF, 2009) o ensino de Física, principalmente nas escolas públicas municipais e estaduais brasileiras, tem se tornado cada vez mais insuficiente com o passar do tempo. Este fato se dá devido a vários fatores agravantes como, por exemplo: falta de valorização dos professores, levando os mesmos a se sentirem desmotivados e desinteressados em prestarem um ensino de qualidade; falta de recursos, não só financeiros, mas também de cunho pedagógico nas escolas, como livros, materiais para se realizar experimentos, laboratórios, etc.

No entanto, se levarmos em consideração as melhorias propostas ao Ensino de Física pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002), comparados com a prática ineficiente do ensino de Física adotada atualmente pela maioria das escolas, veremos que tais parâmetros estão muito longe de serem sequer minimamente alcançados.

O professor, por sua vez, tem a grande responsabilidade de, com o pouco que lhe é posto à disposição, e também muitas vezes tendo que contribuir do seu próprio bolso para a montagem de algum experimento, incentivar e motivar seus alunos a pensarem em Física, não como um amontoado de fórmulas que devem ser memorizadas para obter uma boa nota nas provas ou passar neste ou naquele vestibular; e sim como o real estudo da natureza, onde todos os fenômenos estão correlacionados entre si. Em outras palavras, não se aprende separadamente as diversas áreas de abrangência da Física; muito pelo contrário, todas elas se comunicam, estabelecendo assim, uma relação de interdependência, na qual um fenômeno é precedente ou consequência do outro.

Além de visualizar com clareza os fenômenos físicos e suas relações de interdependência, é de suma importância que os alunos consigam transcender às explicações dadas em sala de aula e enxerguem as leis e suas consequências sendo aplicadas ao seu redor. O cotidiano, então se torna grande auxiliador no ensino e aprendizado de Física, podendo sua observação ser estimulada pelo professor, ou então muitas vezes emanando da própria curiosidade e capacidade de assimilação por parte dos alunos. Trata-se de uma inesgotável fonte de exemplos que podemos incorporar aos ensinamentos tradicionais. Além de tornar a aula mais agradável aos olhos e ouvidos dos alunos, facilita extraordinariamente a absorção e a compreensão do conteúdo por parte dos mesmos.

Podemos extrair dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, mais precisamente da secção de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, no que concerne o ensino de Física, a seguinte passagem que evidencia o exposto acima:

*A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNEM. Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. [...]*

*A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos.*  
(BRASIL, 2002)

Outro fator agravante que contribui para a não realização de experimentos em sala de aula é o reduzido tempo que os professores dispõem para trabalhar com a turma os tópicos pertencentes ao conteúdo programático para as séries do Ensino Médio. Muitas das vezes a carga horária não chega a quatro tempos semanais, cada uma deles com duração média de quarenta e cinco minutos. Perfazer todo o cronograma neste curto espaço de tempo se torna uma árdua tarefa. Atividades experimentais, portanto, ficam cada vez mais distantes da realidade dos alunos. Muitos profissionais optam ainda, por deliberadamente não conduzirem nenhum tipo de experimento, tomando como mais importante a preparação para os conhecidos vestibulares, preferindo assim, que os alunos decorem fórmulas prontas e se tornem, de certa forma, “adestrados” às provas de concursos. Outro fator agravante é a precária preparação dos professores pelos atuais cursos de Licenciatura em Física para que possam conduzir experimentos em sala de aula.

Há alguns anos o Exame Nacional do Ensino Médio (BRASIL, 2009) substituiu as convencionais provas de vestibular adotadas anteriormente por faculdades públicas e privadas, servindo então como porta de entrada para novos estudantes nestas instituições. Esta forma de seleção unificada colocou um ponto final nas inúmeras provas para as quais os candidatos deveriam se preparar dias e noites.

Com o passar dos anos, a prova do ENEM tem se mostrado um exame no qual fórmulas e equações decoradas não são o suficiente para uma boa nota. Cada vez mais é exigido do candidato que ele pense criticamente e cognitivamente sobre um problema

proposto e, levando em consideração fatores físicos e/ou químicos e biológicos, possa exarar um parecer acerca da melhor opção a ser tomada.

Segundo a Matriz de Referência para o ENEM (BRASIL, 2009), em relação à Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, podemos transcrever umas das competências de área que fundamenta a necessidade de um pensamento crítico e abrangente durante a resolução da prova:

*Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.*

*H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.*

*H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.*

*H22 – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.*

*H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.*

Nesta passagem podemos notar palavras chave usadas para descrever competências, como por exemplo: planejar, caracterizar, interpretar, compreender, avaliar. Todas estas palavras chave denotam o emprego crítico do pensamento cognitivo.

Além disso, da Nota de Aprovação da Matriz de Referência podemos extrair a seguinte passagem:

*Por recomendação da reunião, a partir da edição de 2010, os conhecimentos de Física, Química e Biologia, associados à matriz de referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, devem expressar integração crescente entre as três áreas, adequando se à perspectiva interdisciplinar das competências e habilidades adotadas na matriz de referência correspondente.*

Provando assim que, cada vez mais está sendo exigido dos candidatos a interdisciplinabilidade, e não somente o pensamento crítico sobre cada área do conhecimento separadamente.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de atividade complementar às explicações dadas em sala de aula, que tem por fim auxiliar os alunos a melhor entenderem e assimilarem o conteúdo passado. O foco principal será dado nos tópicos que tratam sobre roldanas fixas e móveis e molas.

Em nosso cotidiano, nos deparamos por várias vezes em situações onde algum dos tópicos citados se faz presente. Porém não nos damos conta dos fenômenos ali expostos justamente pela falta de costume em analisar criticamente os objetos a nossa volta. Uma das características marcantes deste trabalho é sua abrangência. Quase todos os adolescentes que cursam o Ensino Médio já frequentaram ou visitaram alguma vez na vida uma academia de musculação; que é um espaço muito conhecido, tanto em meio aos meninos quanto às meninas. Portanto, trata-se de um tema do cotidiano em geral.

No Capítulo 1 será apresentada a metodologia empregada na execução do projeto; os materiais também serão expostos neste mesmo capítulo.

No Capítulo 2 serão descritos os fundamentos teóricos de cada tópico em separado.

No Capítulo 3 será descrita a visita em si, bem como o que os alunos devem identificar em cada aparelho.

Por fim, no Capítulo 4, teremos uma proposta de avaliação a ser aplicada, a fim de apurar o resultado deste método.

## **1. METODOLOGIA E MATERIAIS**

### **1.1 – METODOLOGIA A SER IMPLANTADA**

A metodologia utilizada consiste em três partes diferentes, a saber: A Física em sala de aula, A visita à academia de musculação e A avaliação formativa. Cada uma delas será descrita a seguir.

#### **1.1.1 – A FÍSICA EM SALA DE AULA**

Nesta primeira etapa, os alunos são expostos aos tópicos a serem tratados pelo professor. Para isto pode-se utilizar livros como auxílio didático.

O principal objetivo nesta etapa é preparar os alunos para as observações futuras decorrentes da explicação, além de aguçar sua curiosidade. Eles devem obter embasamento teórico suficiente para não se sentirem desorientados ao analisarem os aparelhos. Além disso, este tipo de atividade favorece o raciocínio cognitivo deles, e desenvolve também sua capacidade de transcender um conhecimento teórico e enxergá-lo em seu cotidiano.

É necessário que os alunos já tenham um prévio conhecimento acerca de outros pontos anteriores aos apresentados em sala, como por exemplo: vetores e suas propriedades, leis de Newton, etc.

Visando a melhor absorção do conteúdo passado por parte dos alunos, é recomendável que o professor tenha uma boa variedade de exercícios de fixação à disposição. Ele mesmo pode resolver um ou outro no quadro negro, explicando cada passo que for dado. Feito isso, os próprios alunos devem então, individualmente ou em grupos, tentar resolver os outros exercícios. É muito importante que boa parte das questões seja resolvida em sala de aula, pois, se resolvidas em casa, caso os alunos sintam dificuldade na resolução de tais problemas, eles podem sentir-se desanimados e desmotivados a pensar criticamente para chegar a uma resposta. Quando resolvidos em sala, pode-se explicar à turma como um todo, pois na verdade, a dúvida de um aluno pode ser a dúvida de todos.

É sabido que, na realidade que vivemos, as salas de aula estão cada vez mais cheias e os professores são cada vez mais escassos. Portanto, pode ser que haja algum tipo de dificuldade ao dar atenção a tantos alunos por um longo espaço de tempo. Uma alternativa que pode ajudar a sanar este problema é a utilização de um aluno monitor. Este pode ser da

mesma turma; normalmente o estudante que apresenta maior facilidade e desembaraço ao analisar e resolver problemas. Caso não haja ninguém que preencha este perfil, pode-se estudar a possibilidade de o aluno monitor ser de alguma turma mais avançada. Este aluno teria a tarefa de auxiliar os demais quanto à resolução dos exercícios propostos por parte do professor. Sua participação seria também de grande importância quando da visita à sala de musculação, que será tratada em seguida.

Ainda em sala de aula já é possível começar o trabalho prático que será posteriormente realizado na sala de musculação. Trata-se da realização, como citado na seção de introdução deste trabalho, da atividade relativa ao tema de molas, pois para isso não é necessário nenhum aparelho de difícil acesso ao professor e ao aluno.

Esta parte do trabalho requer a carga horária mínima de dois tempos de aula para apresentação e explicação de cada tópico, totalizando quatro tempos, cada um com a duração de cinquenta minutos. Para os exercícios de fixação seria necessária uma adição de, no mínimo, três tempos de aula, cada um também com a carga horária de cinquenta minutos. Além disso, mais um tempo de aula seria necessário para a realização da atividade prática em sala de aula. Seria interessante que cada tempo dedicado à apresentação e explicação de um tópico fosse seguido de outro com exercícios. Desta forma os alunos põem em prática o que aprenderam imediatamente após a explicação, evitando assim que eles esqueçam ou confundam com outros conceitos que virão.

### **1.1.2 – A VISITA À ACADEMIA DE MUSCULAÇÃO**

Neste segmento do trabalho, serão selecionados dois aparelhos para serem observados e analisados pelos alunos. O mais importante nesta etapa é que os mesmos consigam visualizar os conceitos explicados no segmento anterior (em sala de aula) sendo aplicados na prática. Isto favorece o aprendizado por parte dos alunos e mostra também a eles que todo conteúdo que é passado em sala de aula pode ser aplicado no dia-a-dia, bastando olhar atentamente ao nosso redor.

Para esta visita os alunos deverão estar munidos de seus cadernos de anotações, caneta, lápis e borracha, somente. Os outros materiais devem ser fornecidos pelo próprio professor, visto que são materiais que, embora não sejam de difícil acesso aos estudantes, devem ser previamente preparados para que não ocorra nenhum tipo de contratempo durante a visita.

Neste momento faz-se necessária a divisão da turma em dois ou três grupos, dependendo da quantidade de alunos. Para cada grupo seria disponibilizado um tempo de aula

de cinquenta minutos para analisar e fazer suas anotações. Enquanto isso, os demais permaneceriam em sala desenvolvendo algum tipo de atividade previamente preparada pelo professor. Para isso é necessário que as visitas sejam pré-agendadas, para que cada aluno saiba aonde se dirigir durante os dias de atividade prática; à escola ou à sala de musculação.

Dentro de cada grupo de alunos podem-se formar subgrupos para facilitar a visita. Por exemplo: um grupo de quinze alunos pode se dividir em três subgrupos de cinco alunos.

Para esta etapa serão necessários tantos tempos de aula, quantos forem os grupos nos quais a turma foi dividida.

### **1.1.3 – A AVALIAÇÃO FORMATIVA**

Esta etapa tem como finalidade apurar se o conteúdo ministrado, juntamente com a atividade prática realizada, foi eficaz no processo de ensino.

Tal avaliação pode se dar de várias formas, como provas ou trabalhos, cabendo ao professor decidir. Uma boa sugestão é que, ao final das atividades, cada aluno ou cada grupo de alunos elabore um relatório descrevendo todos os passos importantes de todo o processo. Isto envolve uma breve introdução teórica dos assuntos, descrição das atividades, dados coletados e uma breve discussão, além da bibliografia utilizada. O professor também deve estabelecer como tal relatório deve ser feito: individualmente ou em grupos, mínimo de páginas, critérios de avaliação e correção, dentre outros aspectos.

Tal relatório também pode conter um pequeno questionário, entregue anteriormente, o qual os alunos devem responder durante ou após a prática e anexar como parte final do trabalho. Posteriormente serão apresentadas algumas perguntas como sugestão e também o objetivo de cada uma. É extremamente importante que o professor, ao elaborar qualquer questão ou atividade, tenha muito claro em mente o resultado que deseja obter. Em outras palavras, o processo cognitivo pelo qual os alunos serão guiados deve ser muito bem planejado, uma vez que isto facilita o processo de aprendizagem e evita repetições desnecessárias.

Além disto, pode-se também adicionar às provas questões pertinentes aos temas tratados e também à atividade prática em si. Tal fato nos leva a duas consequências lógicas: Evitamos que os alunos copiem o relatório uns dos outros; e caso o façam, teremos como detectar, e reforçamos o conteúdo; uma vez que o aluno o assimila corretamente, ele não terá nenhum problema em reproduzi-lo posteriormente.

## 1.2 – MATERIAIS UTILIZADOS

Nesta etapa serão descritos todos os materiais utilizados para a realização da atividade proposta.

Todos eles podem ser encontrados facilmente, cada um em sua loja especializada. Os itens de papelaria (régua, lápis, caneta, papel) são vendidos em qualquer bazar ou papelaria. As molas aqui apresentadas podem ser encontradas em lojas específicas de molas (por exemplo, em São Cristovão, no Rio de Janeiro) ou então em lojas de amortecedores de carros, sendo nesta última, um pouco mais complicado de encontrar, porém não impossível. Um fato interessante é que, em algumas lojas de molas do bairro acima citado é possível escolher o produto apenas informando o valor da constante elástica desejada. Em outras palavras, o professor pode se preparar muito melhor para a atividade e escolher aquelas cujos resultados serão de mais fácil análise por parte dos alunos.

Os aparelhos de ginástica envolvidos, por definição, só serão encontrados em uma academia de musculação. Para que esta visita seja possível, é recomendado que o professor tente agendar um horário entrando em contato com a administração do estabelecimento. Algumas academias fecham em horário de almoço (como por exemplo, aquela escolhida por mim) e isto facilita o agendamento. Caso a visita não seja possível sob nenhuma circunstância (estabelecimento muito movimentado, sem horário disponível, contatos sem sucesso com a administração, etc.), o próprio professor pode ir ao local e tirar tantas fotos dos aparelhos quanto for possível ou até mesmo gravar vídeos que mostrem o aparelho como um todo, bem como sua correta utilização. A simples apresentação e discussão sobre as fotos e os vídeos em sala de aula também pode ser muito produtiva. Porém, é evidente que nada pode substituir a experiência de fazer as medições e manipular os instrumentos com suas próprias mãos. Contudo, em último caso, é possível fazer com que os alunos ao menos reflitam sobre a proposta e tenham uma visão geral do experimento.

Os dois equipamentos escolhidos foram selecionados devido ao fato de apresentarem, junto a seus mecanismos de funcionamento, uma maior facilidade na identificação dos conceitos físicos envolvidos, ou seja, não são aparelhos extremamente complexos, tampouco são simples ao ponto de tornar o experimento sem sentido.

### 1.2.1 – MATERIAIS PARA ATIVIDADE COM MOLAS

Para esta parte do trabalho serão utilizados os seguintes materiais:

- Balança, podendo ser digital ou não, que meça pelo menos 500 g e 1 kg;
- Marcador permanente para CDs e DVDs;
- Garrafa PET de 1 L;
- Régua, de preferência metálica, com 30 cm de comprimento;
- Molas variadas;
- Pedacos de fio resistente (para sustentação e amarração);
- Dois tubos de tamanhos iguais (aproximadamente 10 cm) de madeira ou ferro (cabo de vassoura, por exemplo)
- Balde comum;
- Água.



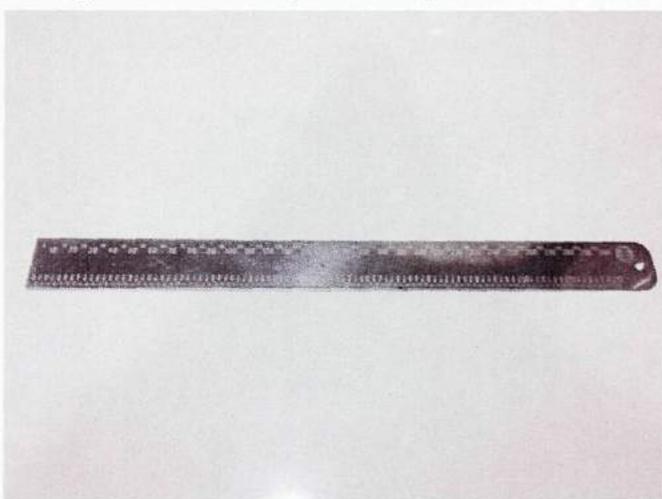
Figura 1 – Balança digital com capacidade até 15 kg.



**Figura 2 – Garrafa PET com capacidade de 1 l.**



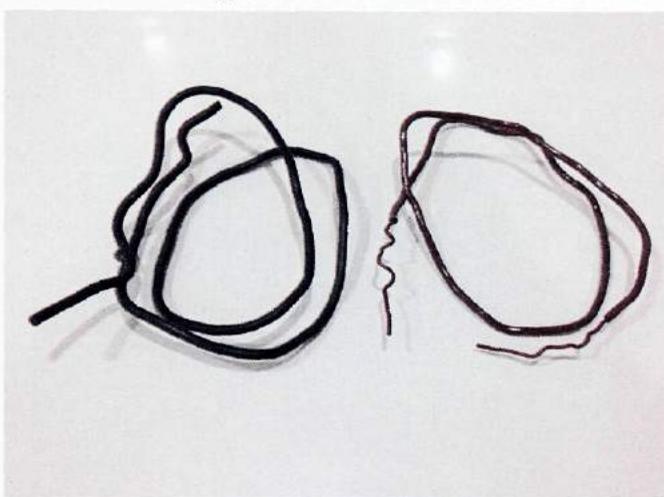
**Figura 3 – Marcador permanente para CDs e DVDs.**



**Figura 4 – Régua metálica com 30 cm de comprimento.**



**Figura 5 – Molas variadas.**



**Figura 6 – Fios resistentes.**



**Figura 7 – Tubos de ferro com 10 cm de comprimento.**



**Figura 8 – Balde comum.**

## 1.2.2 – APARELHOS ESCOLHIDOS

Para este trabalho foram escolhidos os seguintes aparelhos:

### 1.2.2.1 – *CROSS OVER* ANGULAR

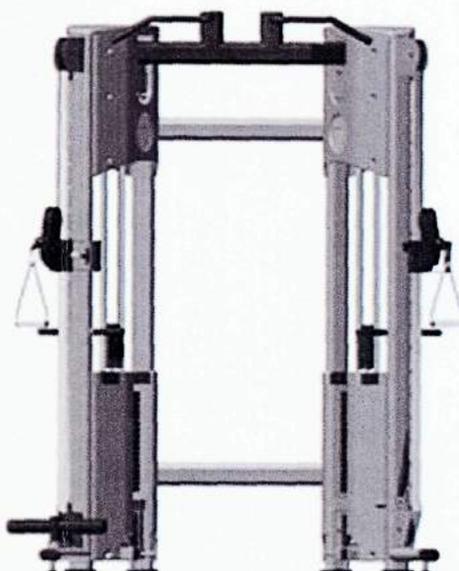


Figura 9 – *Cross over* angular. (RIGHETTO, 2012)

Este produto possui as seguintes características:

- Fabricante: Righetto Fitness Equipment
- Modelo: PR2057
- Série: Pro R
- Regulagem da altura do ponto de tração (guia em aço inox)
- Conjunto giratório de polias, que possibilita a execução dos movimentos em todas as direções sem danificar o cabo de aço.
- Aparelho multi-funcional, possibilitando assim grande variedade de exercícios para todos os grupos musculares.

### 1.2.2.2 – PULLDOWN COM POLIA SUPERIOR E INFERIOR

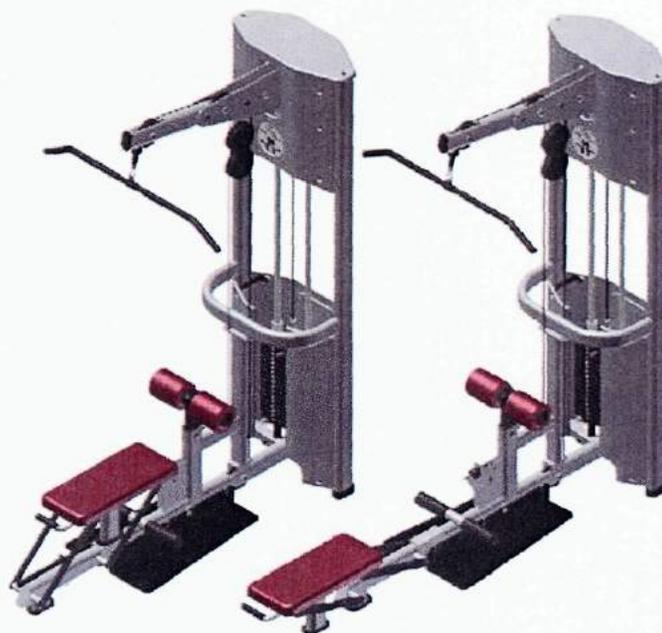


Figura 10 – *Pulldown* com polia superior e inferior. (RIGHETTO, 2012)

Este produto possui as seguintes características:

- Fabricante: Righetto Fitness Equipment
- Modelo: PR2042
- Série: Pro R
- Musculaturas que podem ser trabalhadas no equipamento: Grande Dorsal, Redondo Maior, Deltóides, Rombóides, Bíceps, Braquial, Trapézio, Infraespinhais, Peitoral e Tríceps.
- Sistema deslizante que permite com que o equipamento seja ajustado para Polia Superior ou Inferior.
- Ajuste de apoio da perna com regulagem de altura, garantindo estabilidade e conforto na execução do exercício.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 – LEIS DE NEWTON

Por muitas das vezes não é dada a devida atenção às Leis de Newton, ou estas são ensinadas de forma desorganizada e às pressas. Tal fato compromete não somente o bom desenvolvimento do presente trabalho, mas também todo e qualquer conteúdo que venha a ser futuramente ministrado cujo entendimento dependa destes conceitos. O problema central reside no fato de que os alunos são levados a aprender que tais leis seriam apenas “regras” que devem ser memorizadas; ao invés de serem conduzidos em uma discussão mais aprofundada e, por que não, mais filosófica sobre o tema. É preciso ficar claro de que se trata de conceitos sólidos e bem definidos, às vezes expressos matematicamente, e não de fórmulas prontas que foram “inventadas” ou “achadas”.

Embora não esteja explícito neste trabalho, as Leis de Newton são de suma importância para que o mesmo possa ser devidamente conduzido. Portanto dedico algumas páginas a uma breve apresentação e discussão das mesmas.

#### 2.1.1 – PRIMEIRA LEI DE NEWTON

A primeira Lei de Newton é conhecida como a **Lei da Inércia**. Esta lei tem um cunho muito mais teórico e filosófico do que matemático. Ou seja, trata-se de um conceito muito bem estabelecido em Física que leva a algumas implicações lógico-matemáticas envolvendo as demais leis. Para entendê-la melhor tenhamos em mente os seguintes conceitos: **Equilíbrio Estático** e **Equilíbrio Dinâmico**. Podemos descrevê-los com duas situações diferentes:

- **Equilíbrio Estático:**

Consideremos uma pessoa (passageiro) em pé, em um ônibus em repouso em relação ao solo, e que não esteja se segurando em lugar algum. Se o ônibus entrar em movimento, acelerando rapidamente, a pessoa é projetada para trás, podendo até cair. A pessoa foi empurrada para trás ou o ônibus foi empurrado para frente?

Tomemos como referencial o solo. Para entrar em movimento, as rodas do ônibus interagem com o solo por meio do atrito. As forças de atrito impedem que as rodas fiquem “patinando”, empurrando o ônibus para frente. Se não existisse atrito, as

rodas ficariam “patinando” e o ônibus não sairia do lugar. A pessoa (passageiro), por sua vez, precisa de alguma interação que faça o mesmo com ela. Se ela estiver sentada, o encosto do acento vai empurrá-la para frente, juntamente com o ônibus. Da mesma maneira, se ela se segurar em alguma peça fixada ao ônibus, também será puxada com o conjunto. Portanto, se a pessoa não providenciar alguma interação na direção em que o ônibus acelera, ela terá naturalmente a tendência de permanecer no mesmo lugar, em relação ao solo. Essa é uma propriedade natural dos corpos em repouso: por **inércia**, eles tendem a permanecer em repouso. [CARRON, 2002]

- **Equilíbrio Dinâmico:**

Vejamos agora o equilíbrio dinâmico. Durante muitos anos, permaneceu como verdade a ideia de Aristóteles de que um corpo somente permaneceria em movimento se uma força fosse continuamente aplicada sobre ele. Tomando como exemplo uma situação cotidiana, usando o solo como referencial, veremos as correções introduzidas por Newton às ideias de Aristóteles.

Se acelerarmos um automóvel numa pista horizontal, até ele atingir a velocidade de 80 km/h, e logo em seguida desligarmos o motor, observamos que o carro não para imediatamente: Esse fenômeno ocorre porque, **uma vez colocados em movimento, os corpos tendem a continuar o movimento.** [CARRON, 2002]

De posse destes dois exemplos, [CARRON, 2002] define a **inércia** como sendo a propriedade que a matéria tem de manter seu estado de movimento retilíneo e uniforme ou o seu estado de repouso. Esta definição nos leva à seguinte conclusão lógica: *“As forças são necessárias para alterar o estado de repouso ou o de movimento de um corpo.”* [CARRON, 2002]. Portanto, a **primeira Lei de Newton**, também conhecida como **Lei da Inércia**, pode ser enunciada da seguinte forma:

*“Sob condição de força resultante nula, um corpo tende a permanecer ou em repouso ou em movimento com velocidade vetorial constante.”* [CARRON, 2002]

### 2.1.2 – SEGUNDA LEI DE NEWTON

A segunda Lei de Newton, também conhecido como princípio fundamental da Dinâmica, surgiu do estabelecimento de uma lei básica para a análise geral das causas do movimento, relacionando as forças aplicadas a um ponto material de massa  $m$  constante e as

acelerações que provocam. Segundo [RAMALHO, 2007], sendo  $\overrightarrow{F_R}$  a soma vetorial (resultante) das forças aplicadas e  $\vec{a}$  a aceleração adquirida, a **segunda Lei de Newton** estabelece:

*A resultante das forças aplicadas a um ponto material é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida:*

$$\overrightarrow{F_R} = m \cdot \vec{a}$$

A expressão acima nos leva às seguintes consequências lógicas:

- Significa que a forças resultante  $\overrightarrow{F_R}$  produz uma aceleração  $\vec{a}$  com **mesma direção e mesmo sentido da força resultante e suas intensidades são proporcionais**.
- Se aplicarmos em corpos de massas diferentes a mesma força resultante, o corpo de maior massa adquirirá aceleração de menos módulo, isto é, o corpo de maior massa resiste mais a variações em sua velocidade. Por isso, **a massa é a medida da inércia de um corpo**.

Esta última afirmação em especial, é de grande utilidade para os alunos, visto que muitas vezes eles entendem a primeira Lei de Newton, mas não conseguem visualizar exatamente o que seria a **inércia** de um corpo.

Devemos observar também que  $\overrightarrow{F_R} = m \cdot \vec{a}$  é uma igualdade vetorial, na qual  $\overrightarrow{F_R}$  é a **soma vetorial** das forças que atuam na partícula.

### 2.1.3 – TERCEIRA LEI DE NEWTON

A terceira Lei de Newton, também conhecida como **princípio da ação-e-reação**, assim como a primeira Lei de Newton, é um conceito de cunho mais teórico que matemático. [RAMALHO, 2007] afirma que, sempre que dois corpos quaisquer A e B interagem, as forças exercidas são mútuas. Tanto A exerce força em B, como B exerce força em A. Podendo ser descritas da seguinte forma:

Toda vez que um corpo A exerce uma força  $\vec{F}_{AB}$  num corpo B, este também exerce em A uma força  $\vec{F}_{BA}$ , tal que estas forças:

- têm a mesma intensidade  $|\vec{F}_{AB}| = |\vec{F}_{BA}| = F$ ;
- têm a mesma direção;
- têm sentidos opostos;
- têm a mesma natureza, sendo ambas de campo ou ambas de contato.

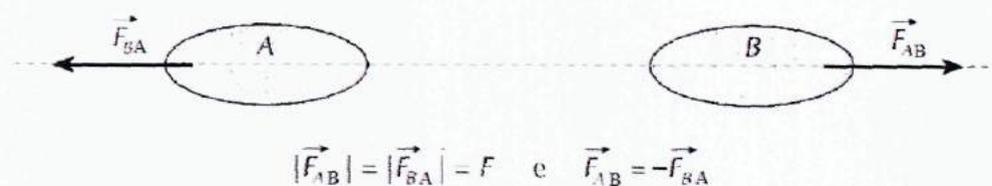


Figura 11 – Representação da Terceira Lei de Newton [RAMALHO, 2007].

## 2.2 – POLIAS

As polias, também conhecidas como roldanas, são na verdade, aplicações diretas das Leis de Newton, podendo ser classificadas em **fixas** ou **móveis**.

É muito comum o emprego de polias na realização de diversas tarefas do cotidiano. De um modo geral, elas são empregadas com a finalidade de mudar a direção de um fio tracionado, mas também podem ser usadas com a intenção de duplicar a intensidade de uma força.

Em aparelhos de musculação, por exemplo, encontramos tanto polias fixas quanto móveis. As fixas têm como principal papel inverter o sentido da força: em um aparelho, em que os pesos são encontrados na parte de baixo, temos que exercer uma força na vertical, de cima para baixo e para isso, a polia deve estar posicionada na parte superior do aparelho. As móveis, por sua vez, são responsáveis por possibilitar o levantamento de uma carga maior que a suportada pela pessoa.

Logo em seguida trataremos das duas classes de polias um pouco mais detalhadamente.

### 2.2.1 – POLIAS FIXAS

Observemos o seguinte exemplo:

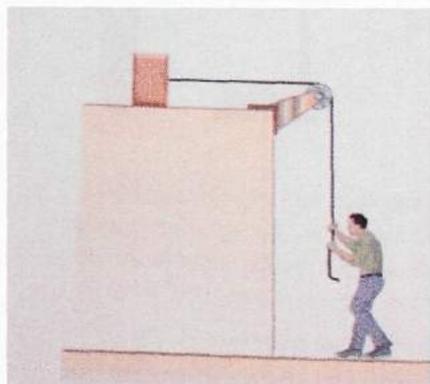


Figura 12 – Polia Fixa A [CARRON, 2002].

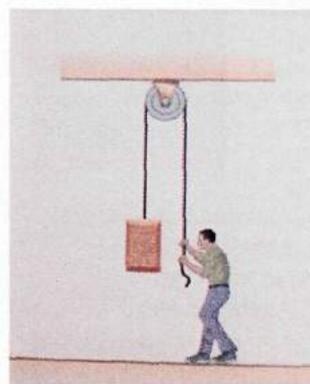


Figura 13 – Polia Fixa B [CARRON, 2002].

De acordo com [CARRON, 2002], na figura 12, a polia muda a direção do fio tracionado – a pessoa puxa o fio na vertical e o bloco movimenta-se na horizontal. Na figura 13, temos uma mudança no sentido: a pessoa puxa o fio para baixo e o bloco movimenta-se para cima. Nesses dois casos, a pessoa utiliza uma polia fixa que muda a direção e/ou o sentido de uma força, sem ganho ou redução de intensidade. A utilização de uma polia fixa está relacionada à comodidade do operador que realiza a tarefa e não ao ganho de força. Isto se dá devido ao fato de o trabalho da força peso ser o mesmo.

### 2.2.2 – POLIAS MÓVEIS

Vejamos agora o próximo exemplo:

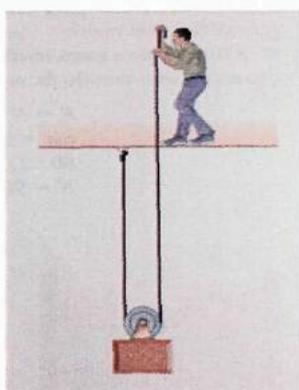


Figura 14 – Polia Fixa C [CARRON, 2002].

Na figura 14 temos uma polia móvel. Se o peso do bloco é 80 N, o operador consegue equilibrá-lo exercendo uma força de apenas 40 N. O motivo para este fato é que o teto fica responsável por exercer os 40 N de força restantes. Aparentemente, a polia realizou a “mágica” de multiplicar força. Em contrapartida, a cada vez que o operador puxa 1 m de fio, o bloco sobe apenas 0,5 m. O operador aplica somente metade da força que aplicaria diretamente no bloco, mas em compensação precisa exercer essa força ao longo de um comprimento de fio que é o dobro da altura que o bloco sobe. A máquina troca força por distância.

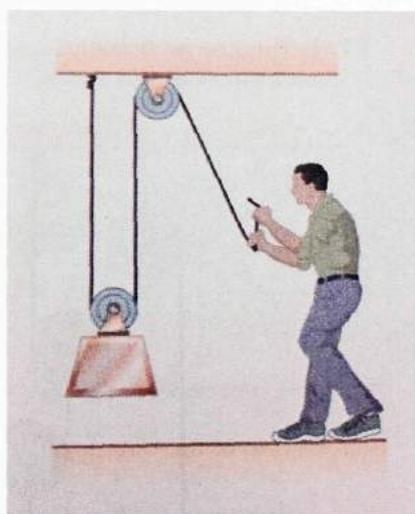


Figura 15 – Combinação de Duas Polias  
[CARRON, 2002].

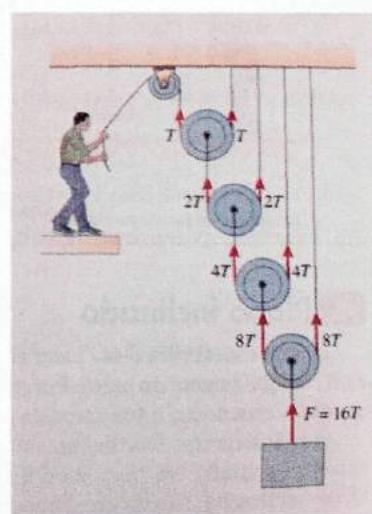


Figura 16 – Associação de Várias Polias  
[CARRON, 2002].

Para facilitar o trabalho, o operador pode utilizar a combinação de duas polias – uma fixa e outra móvel – que é mostrado na figura 15. A polia móvel duplica a força do operador; já a polia fixa superior não interfere nesse ganho, servindo apenas para que o operador possa levantar o bloco puxando o fio para baixo.

A propriedade de a polia móvel transmitir em seu eixo o dobro da força de tração do fio que a envolve pode ser explorada sequencialmente, pela associação de várias polias móveis. A figura 16 ilustra um arranjo, chamado **talha exponencial**, no qual a intensidade da força é duplicada em cada uma das polias móveis. Para  $n$  polias móveis, a intensidade da força elevatória obtida na polia inferior é  $F = 2^n \cdot T$ , sendo  $T$  a tração que o operador exerce no fio. Neste trabalho abordaremos combinações de até duas polias, podendo estas serem fixas ou móveis.

## 2.3 – MOLAS E A LEI DE HOOKE

As molas são objetos elásticos flexíveis usados, dentre outras funções, para armazenar energia mecânica. São feitas de arame retorcido em uma forma helicoidal. Existem vários tipos de mola no mercado devido a sua vasta aplicabilidade. São utilizadas em quase todos os tipos de máquinas, desde as mais sutis e delicadas às mais robustas e pesadas como, por exemplo, em relógios, amortecedores automotivos, grampeadores de papel, pregadores de roupas, alicates de pressão, camas elásticas, etc. Ou seja, estão presentes em praticamente todos os momentos do cotidiano.



Figura 17 – Diversos Tipos de Molas. (POLYPAK, 2012)

Vamos, a princípio, considerar um sistema constituído por uma mola e um bloco. A Lei de Hooke estabelece uma relação de proporcionalidade entre a força  $F$  exercida sobre uma mola, a elongação  $x$  correspondente e a constante elástica da mola  $k$ .

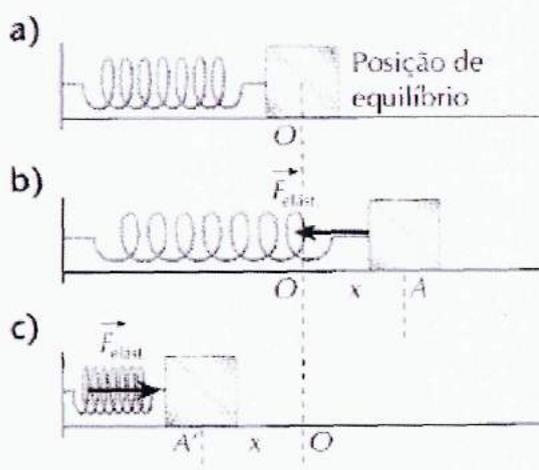


Figura 18 – Sistema de Bloco e Mola [RAMALHO, 2007].

Na figura 18a, a mola não está deformada e o sistema está em repouso. Ao ser alongada (Figura 18b) ou comprimida (Figura 18c), a mola exerce no bloco uma força denominada **força elástica**  $\overrightarrow{F}_{elást.}$  que tende a trazer o bloco de volta à posição de equilíbrio, cujo módulo é dado pela seguinte expressão:

$$|\overrightarrow{F}_{elást.}| = F_{elást.} = k.x$$

É importante ressaltar que o valor da elongação  $x$  é obtido através da diferença entre os valores dos comprimentos final e inicial da mola ( $x = |x_{final} - x_{inicial}|$ ); logo sempre teremos que  $x > 0$ .

Outro ponto que deve ser explicado concerne o sentido da força elástica. Ela sempre terá o sentido oposto à força aplicada sobre a mola: Se for comprimida, o comprimento final será menor que o inicial, enquanto que se for alongada, o comprimento final será maior que o inicial. Este tipo de força é chamado **força restauradora**, pois tende a trazer o sistema de volta à posição de equilíbrio.

### 2.3.1 – ASSOCIAÇÃO DE MOLAS

Vamos agora considerar duas molas  $M_1$  e  $M_2$  de constantes elásticas  $k_1$  e  $k_2$ , respectivamente. Essas molas podem ser associadas em paralelo ou em série. Em cada caso podemos, para efeito de cálculo, substituir as duas por uma só, chamada **mola equivalente**. Sejam  $k_p$  e  $k_s$  as constantes elásticas das molas equivalentes às associações paralelo e série, respectivamente.

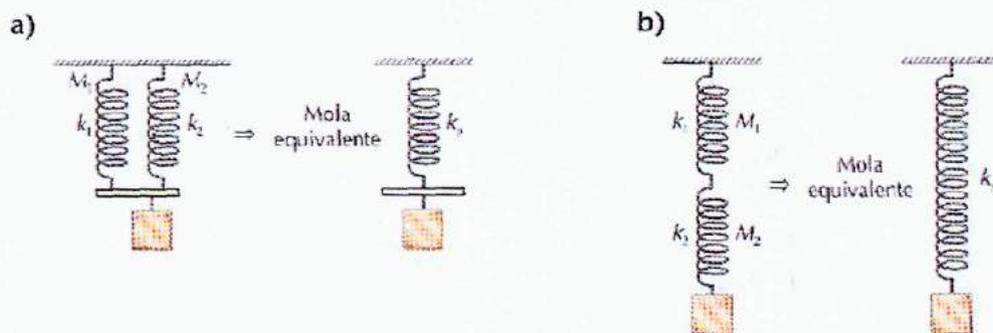


Figura 19 – (a) Associação de Molas em Paralelo; (b) Associação de Molas em Série [RAMALHO, 2007].

Vamos considerar a associação em paralelo (Figura 19a), a qual aplicaremos uma força de intensidade  $F$ , de modo que as molas sofram a mesma deformação  $x$ . Nesta situação, a mola  $M_1$  fica sujeita a uma força de intensidade  $F_1$ , e a mola  $M_2$ , a uma força de intensidade  $F_2$ , tais que  $F_1 = k_1 \cdot x$  e  $F_2 = k_2 \cdot x$  (Figura 20a). A mola equivalente submetida à força  $F$  sofre a mesma deformação  $x$  (Figura 20b). Temos que:

$$F = F_1 + F_2$$

$$k_p \cdot x = k_1 \cdot x + k_2 \cdot x$$

$$k_p = k_1 + k_2$$

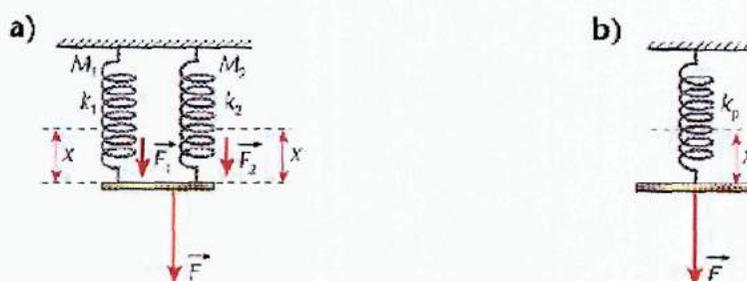


Figura 20 – (a) Associação em Paralelo de Duas Molas; (b) Mola Equivalente [RAMALHO, 2007].

Para a associação em série, será aplicada uma força de intensidade  $F$ . As molas  $M_1$  e  $M_2$  ficam submetidas à mesma força de intensidade  $F$ , porém sofrem deformações  $x_1$  e  $x_2$  (Figura 21a), respectivamente, que são dadas pelas seguintes expressões:

$$x_1 = \frac{F}{k_1}$$

$$x_2 = \frac{F}{k_2}$$

A mola equivalente, sob a ação da força de intensidade  $F$ , sofre uma deformação  $x$  (Figura 20b), tal que  $x = \frac{F}{k_s}$ . Sendo  $x = x_1 + x_2$ , temos:

$$\frac{F}{k_s} = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2}$$

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

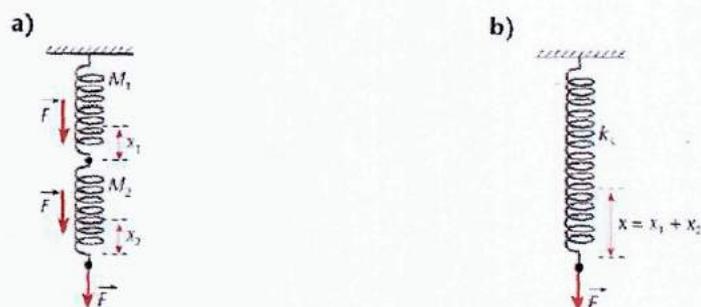


Figura 21 – (a) Associação em Série de Duas Molas; (b) Mola Equivalente [RAMALHO, 2007].

As duas possibilidades de associações (em série e em paralelo) foram aqui explanadas, porém neste trabalho utilizaremos apenas a **associação em paralelo**, uma vez que esta associação faz com que a constante elástica da mola equivalente seja a soma direta das molas que compõe o sistema. Consequentemente será possível utilizar este sistema para erguer blocos com maior massa sem danificar as molas.

### **3. A VISITA À ACADEMIA DE MUSCULAÇÃO**

#### **3.1 – PREPARAÇÃO PARA A VISITA**

##### **3.1.1 – INTRODUÇÃO**

Conforme citado nos capítulos anteriores, podemos introduzir uma atividade prática à visita, sendo esta baseada nos conceitos teóricos sobre molas e a Lei de Hooke.

O funcionamento de cada um dos aparelhos será explicado mais a frente, porém uma rápida explicação se faz necessária para que possamos entender como funcionará a atividade prática.

Pelas fotos dos aparelhos apresentadas no capítulo 1, pode-se notar que ambos apresentam placas metálicas, algumas com massa de 5 kg e outras com 7 kg. Tais placas são erguidas por um cabo de aço que contorna o aparelho e chega a uma determinada extremidade, onde o usuário deverá exercer uma força a fim de levantar estes blocos. A proposta para a atividade é, com a ajuda de uma mola (ou uma associação de molas), verificar a relação entre a massa total erguida pelo cabo de aço e a força exercida à outra extremidade deste mesmo cabo, levando em consideração toda a configuração de polias existente.

O ideal para esta atividade é que o professor consiga comprar alguma mola com uma constante elástica razoável, e de preferência conhecida. Uma vez que as placas possuem massa de 5 kg a 7 kg, é sensato pensar em uma constante elástica por volta de 2500 N/m. Porém, caso não se conheça tal capacidade da mola, esta pode ser facilmente determinada através de um ensaio utilizando os materiais citados em 1.2.1 Nas próximas seções serão expostos os processos para verificação do valor da constante elástica das molas envolvidas e também para a associação das mesmas.

##### **3.1.2 – DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE ELÁSTICA DA MOLA**

O processo para determinação da constante elástica da mola é baseado na Lei de Hooke: exercemos uma força sobre a mola e verificamos sua deformação, repetindo o processo para diferentes intensidades de força. Após coletados os dados, os mesmos serão analisados em forma de gráfico para que possa ser traçada uma reta de ajuste linear, cujo coeficiente angular será numericamente igual à constante elástica da mola.

Neste processo será utilizada a água como alternativa mais acessível para distender a mola, com a ajuda de um balde. Contudo, podemos utilizar outras maneiras como objetos cuja massa seja previamente conhecida, como pacotes de arroz ou feijão, com massa nominal igual a 1 kg, devendo esta ser previamente mensurada em uma balança para que se conheça o valor mais próximo do real.

Instruções para a verificação da constante elástica das molas:

1. Com o auxílio da balança, meça 500 g de água dentro da garrafa PET e também a massa do balde.
2. Apoie a garrafa com água sobre uma superfície plana e aguarde até que a água assente totalmente. Utilizando o marcador permanente, faça uma fina linha contornando a garrafa, com altura igual à do nível da água. Desta forma obtém-se uma padronização na quantidade de água que será acrescentada aos poucos ao balde.
3. Meça o comprimento inicial da mola com a régua. Neste trabalho considerou-se o comprimento da mola sempre como a distância entre o primeiro e o último anel metálico da mesma.  
Dica: É importante que o comprimento inicial da mola seja medido após montado o sistema, pois o balde pode causar algum tipo de deformação à mola devido a sua massa, ainda que não seja muito massivo.
4. Com o auxílio dos fios rígidos, pendure uma extremidade da mola a algum suporte fixo à parede ou ao teto e a outra ao balde, de forma que não se encostem a nada, evitando assim erros na medição.
5. Depois de anotado o comprimento inicial, adicione 500 g de água ao balde utilizando a marcação feita na garrafa PET nos passos 1 e 2.
6. Meça o comprimento final da mola e anote-o.
7. Adicione mais 500 g de água ao balde, perfazendo um total de 1 kg de água.

8. Meça novamente o comprimento final e anote-o.
9. Continue adicionando cargas de 500 g de água e anotando o comprimento final.  
Dica: Deve-se ter muito cuidado ao se aumentar em 500 g a massa de água no balde, pois todas as molas possuem uma capacidade máxima de deformação que, uma vez ultrapassada, inutiliza-se completamente a mola.
10. Terminada a medição, faça um gráfico de força aplicada contra deformação na mola (considerando a aceleração da gravidade local) e trace a reta de regressão linear dos pontos. O coeficiente angular da reta será numericamente igual à constante elástica da mola. Na cidade do Rio de Janeiro o valor da aceleração da gravidade é de  $9,788 \text{ m/s}^2$ . (EBAH, 2012)
11. Repita este procedimento para todas as molas envolvidas no trabalho.

Registros do processo de medição:



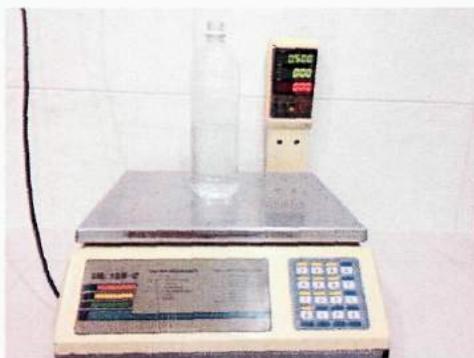
**Figura 22 – Medindo 500 g de água com a balança.**



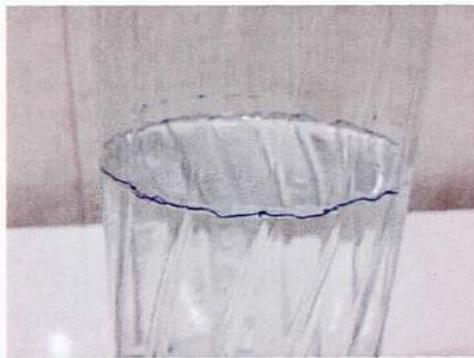
**Figura 23 – Marcação do nível da água na garrafa PET.**

8. Meça novamente o comprimento final e anote-o.
9. Continue adicionando cargas de 500 g de água e anotando o comprimento final.  
Dica: Deve-se ter muito cuidado ao se aumentar em 500 g a massa de água no balde, pois todas as molas possuem uma capacidade máxima de deformação que, uma vez ultrapassada, inutiliza-se completamente a mola.
10. Terminada a medição, faça um gráfico de força aplicada contra deformação na mola (considerando a aceleração da gravidade local) e trace a reta de regressão linear dos pontos. O coeficiente angular da reta será numericamente igual à constante elástica da mola. Na cidade do Rio de Janeiro o valor da aceleração da gravidade é de  $9,788 \text{ m/s}^2$ . (EBAH, 2012)
11. Repita este procedimento para todas as molas envolvidas no trabalho.

Registros do processo de medição:



**Figura 22 – Medindo 500 g de água com a balança.**



**Figura 23 – Marcação do nível da água na garrafa PET.**

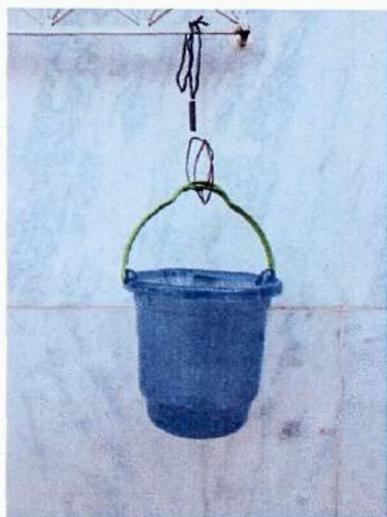


Figura 24 – Sistema Montado.



Figura 25 – Detalhe na sustentação da mola.

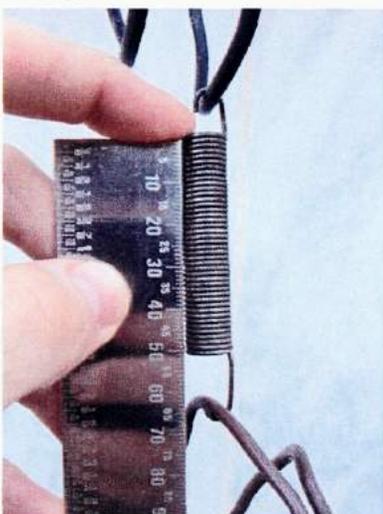


Figura 26 – Comprimento inicial da mola.



Figura 27 – Medindo a elongação da mola.

### 3.1.3 – RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Para facilitar a identificação, as três molas foram nomeadas molas 1, 2 e 3, respectivamente, na mesma ordem em que se apresentam na Figura 5.

Em seguida serão apresentados os resultados experimentais em uma tabela e também em um gráfico.

Mola 1:

Medidas	Massa (kg)	Força (N)	Comprimento inicial (m)	Comprimento final (m)	$\Delta x$ (m)
1	0,500	4,89	0,0330	0,0440	0,0110
2	1,00	9,79	0,0330	0,0640	0,0310
3	1,50	14,7	0,0330	0,0840	0,0510
4	2,00	19,6	0,0330	0,104	0,0710

Tabela 1 – Resultados experimentais para a mola 1.

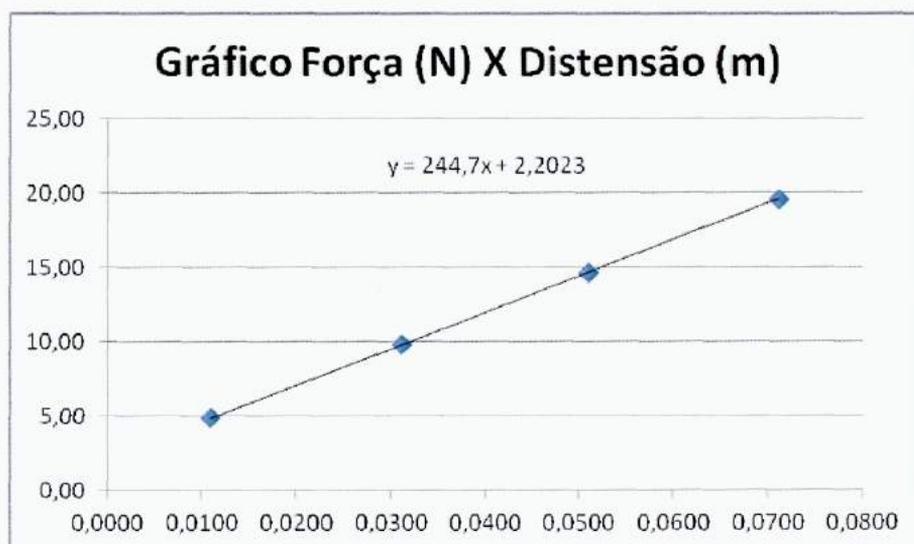


Gráfico 1 – Resultados experimentais para a mola 1.

Sendo  $k_1$  a constante elástica da mola 1, verifica-se através do Gráfico 1 que:

$$k_1 = (245 \pm 1) \text{ N/m}$$

Mola 2:

Medidas	Massa (kg)	Força (N)	Comprimento inicial (m)	Comprimento final (m)	$\Delta x$ (m)
1	0,500	4,89	0,0790	0,0860	0,00700
2	1,00	9,79	0,0790	0,0920	0,0130
3	1,50	14,7	0,0790	0,0990	0,0200
4	2,00	19,6	0,0790	0,106	0,0270
5	2,50	24,5	0,0790	0,112	0,0330
6	3,00	29,4	0,0790	0,119	0,0400

Tabela 2 – Resultados experimentais para a mola 2.

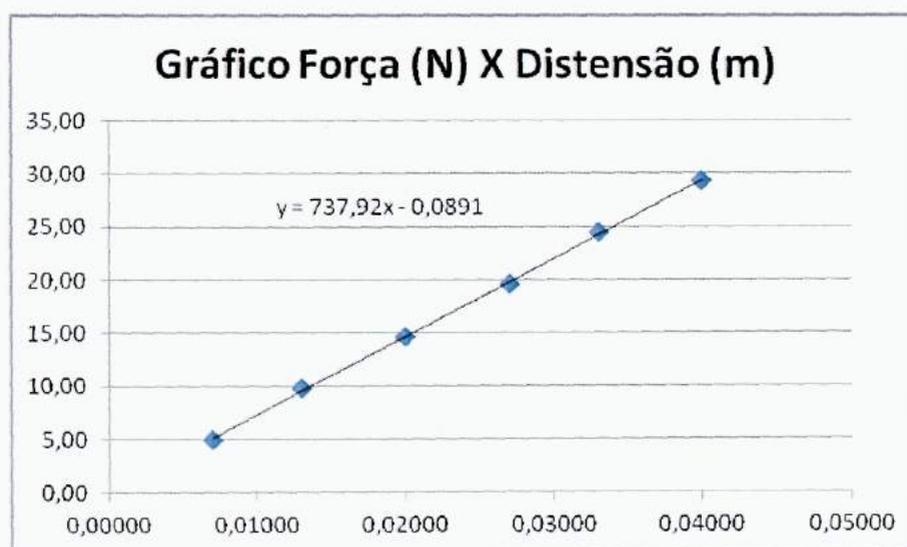


Gráfico 2 – Resultados experimentais para a mola 2.

Sendo  $k_2$  a constante elástica da mola 2, verifica-se através do Gráfico 2 que:

$$k_2 = (738 \pm 1) \text{ N/m}$$

Mola 3:

Medidas	Massa (kg)	Força (N)	Comprimento inicial (m)	Comprimento final (m)	$\Delta x$ (m)
1	0,500	4,89	0,0510	0,0520	0,00100
2	1,00	9,79	0,0510	0,0620	0,0110
3	1,50	14,7	0,0510	0,0720	0,0210
4	2,00	19,6	0,0510	0,0820	0,0310
5	2,50	24,5	0,0510	0,0920	0,0410
6	3,00	29,4	0,0510	0,102	0,0510

Tabela 3 – Resultados experimentais para a mola 3.

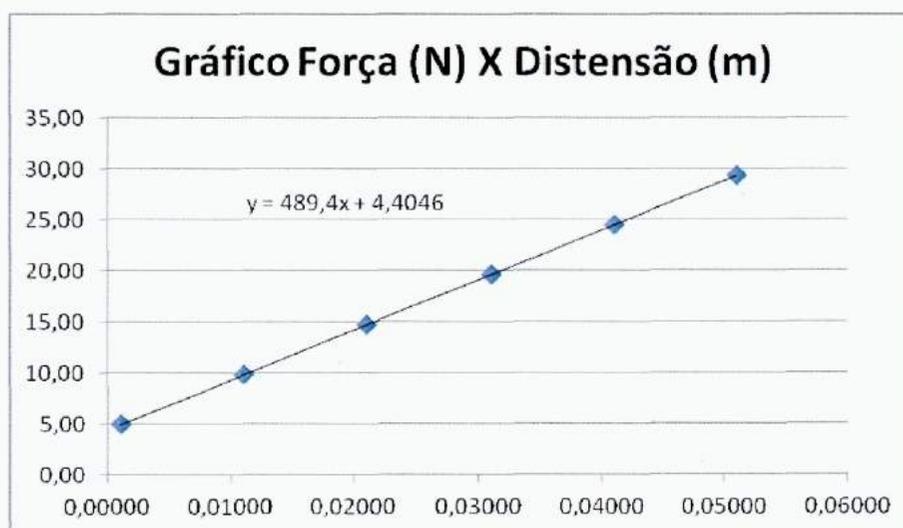


Gráfico 3 – Resultados experimentais para a mola 3.

Sendo  $k_3$  a constante elástica da mola 3, temos, através do Gráfico 3, que:

$$k_3 = (489 \pm 1) \text{ N/m}$$

### 3.1.4 – ASSOCIAÇÃO DAS MOLAS 1, 2 E 3

Conforme citado na introdução deste capítulo, será necessário fazer a associação das molas, uma vez que uma única mola não tem capacidade de erguer sequer um bloco do aparelho de musculação. É importante ressaltar que este processo de associação foi adotado uma vez que não foi encontrada uma única mola que dispusesse de uma constante elástica satisfatória, porém não é obrigatório.

De acordo com o exposto na seção 2.3.1, a constante elástica da mola equivalente, tendo em vista que o melhor tipo de associação neste caso seria a associação em paralelo das molas, é igual à soma das constantes elásticas de cada mola envolvida. Sendo  $k_p$  a constante elástica da mola equivalente, temos que:

$$k_p = k_1 + k_2 + k_3$$

$$k_p = (245 + 738 + 489) \text{ N/m}$$

$$\boxed{k_p = 1472 \text{ N/m}}$$

Contudo, é importante observar que as molas não podem simplesmente ser utilizadas ao mesmo tempo, uma ao lado da outra, utilizando o mesmo fio de sustentação, pois seria muito difícil medir separadamente o comprimento final de cada uma, estando todas elas tensionadas. O principal agravante seria o fato de que as molas ficariam “tortas” ao serem tensionadas todas juntas. Isso levaria a uma medição equivocada de seus comprimentos finais, comprometendo conseqüentemente o bom andamento da experiência.

Para evitar tal problema foi criado um dinamômetro caseiro. Tal aparelho mantém as molas presas paralelamente umas às outras, evitando que as mesmas fiquem “tortas”. Ao mesmo tempo temos outra vantagem em construir tal aparato: Não precisamos medir separadamente o comprimento final de cada mola. Todas foram presas ao aparelho de forma que seus comprimentos iniciais se mantivessem intactos e, por estarem presas ao mesmo sistema móvel, todas elas terão o mesmo valor de distensão. Em outras palavras, embora seus valores de comprimento inicial e final não sejam numericamente idênticos, o fato de estarem paralelamente presas faz com que a diferença entre seus comprimentos finais e iniciais sejam iguais.

Para a montagem do dinamômetro serão necessários alguns itens da seção 1.2.1, tais como:

- Dois tubos de ferro com 10 cm de comprimento e aproximadamente 1 cm de diâmetro;
- Molas;
- Fios resistentes.

Além desses materiais necessitaremos também de uma furadeira para furar os tubos de ferro, um alicate para desencapar os fios e cortá-los e aproximadamente 30 cm de fio condutor isolado com seção reta de  $1,5 \text{ mm}^2$ .

#### Instruções para montagem do dinamômetro caseiro:

1. Com o auxílio da furadeira faça três furos em cada tubo de ferro, igualmente espaçados, atravessando os dois lados do mesmo.
2. Corte três pedaços de aproximadamente 5 cm do fio condutor isolado e desencape-os.  
Dica: Este fio é normalmente formado por inúmeros fios mais finos postos juntos. Ao desencapar cada pedaço de fio, separe estes fios mais finos, de forma que sua espessura final seja metade da espessura inicial. Ou seja, de cada pedaço de fio desencapado, teremos ao final, dois pedaços mais finos. Após isso, enrole-os, de modo que os fios finos se tornem um só.
3. De posse dos fios enrolados, dobre-os ao meio e insira um em cada orifício feito nos tubos de ferro, de modo que o fio entre por um orifício e saia pelo outro lado.
4. Corte aproximadamente 25 cm do fio rígido e desencape-o. Feito isso, passe-o por dentro do tubo de ferro e depois por fora, de modo que ele fique sempre entre as dobras dos fios menores que estão atravessados no tubo de ferro. Após, enrole as pontas do fio rígido para que não se soltem. Repita esta operação para os dois tubos de ferro.
5. Prenda as molas às pontas dos fios menores que ficaram soltas.  
Dica: Respeite o tamanho inicial de cada mola, de forma que nenhuma fique esticada ou comprimida. Este passo é requisito para que todas elas tenham o mesmo valor de distensão quando esticadas.

6. Corte um pequeno pedaço de fio condutor isolado mais fino para utilizar como alça. Amarre alças aos dois lados do dinamômetro.

Registros da montagem:



**Figura 28 – Ferros com furos (Passo 1).**



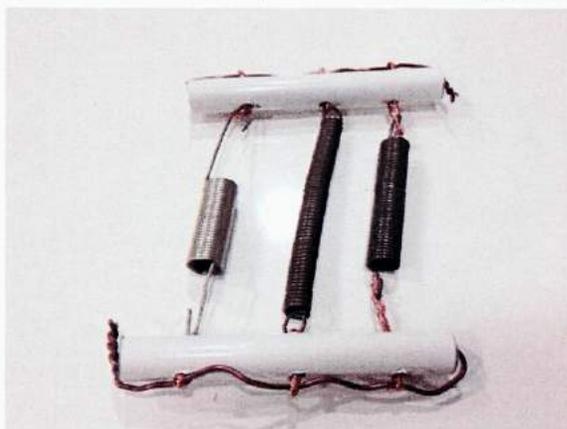
**Figura 29 – Fios condutores desencapados e enrolados (Passo 2).**



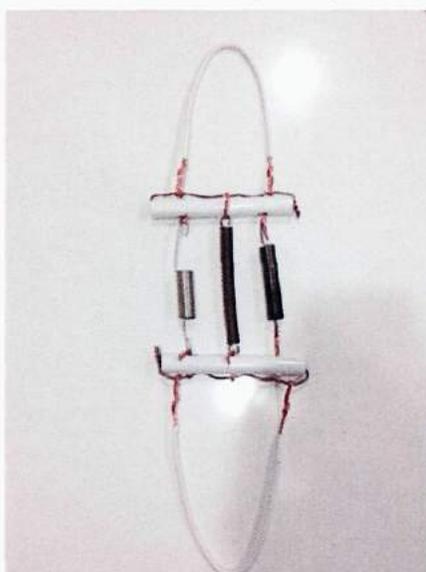
**Figura 30 – Fios dobrados atravessando o orifício do ferro (Passo 3).**



**Figura 31 – Fio rígido contornando ferro por dentro e por fora, preso na ponta (Passo 4).**



**Figura 32 – Molas presas aos fios. Detalhe na mola 3, que é menor que as outras; portanto não está presa rente ao ferro (Passo 5).**



**Figura 33 – Dinamômetro caseiro pronto, já com as alças colocadas (Passo 6).**

### 3.1.5 – ANÁLISE E DISCUSSÃO SOBRE O DINAMÔMETRO CASEIRO

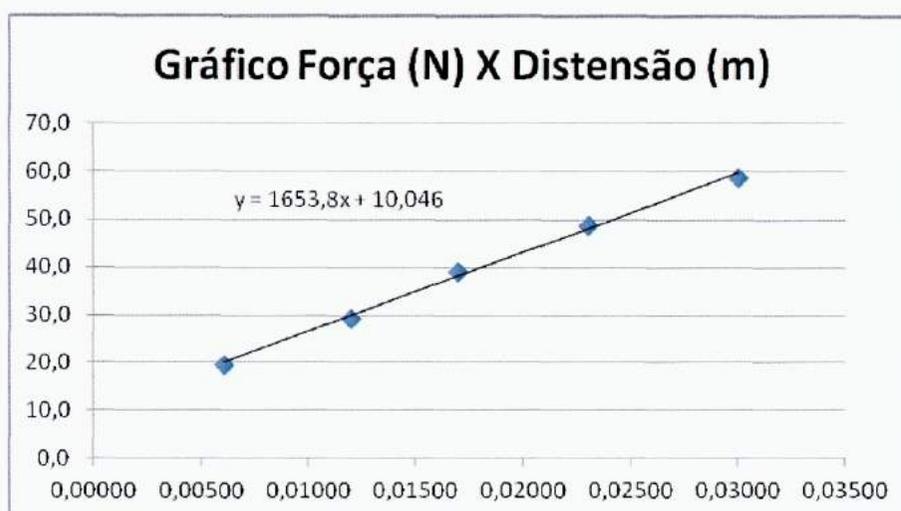
Conforme discutido na seção anterior, o valor teórico da constante elástica do dinamômetro caseiro (associação das molas 1, 2 e 3) é dado pela soma das constantes elásticas de cada mola em separado. Porém, é de extrema importância que tal valor seja verificado e conferido na prática com dois principais objetivos: verificar se os valores teórico e prático se comportam de forma minimamente coerente – validando assim a metodologia associativa – e obter o “real” valor da constante elástica do dinamômetro, que será utilizado nas futuras medições. A palavra “real” está entre aspas uma vez que não existe um valor verdadeiro convencional para tal grandeza. Contudo busca-se aqui uma comparação entre os valores obtidos e, por questões de segurança metrológica das medições, o valor a ser utilizado será aquele encontrado na experimentação prática do dinamômetro.

Para a realização desta experimentação foi utilizado o mesmo procedimento descrito na seção 3.1.2, porém com as seguintes peculiaridades: os valores referentes aos comprimentos inicial e final referem-se à mola central, conforme justificado na seção 3.1.4; foi adotada uma variação de 1 kg de massa, em detrimento da anteriormente utilizada (500 g) visto que, por ser mais robusto, verifica-se como consequência a diminuição da sensibilidade do aparelho; sendo assim, menores variações de massa não serão facilmente detectadas.

#### Resultados experimentais:

Medidas	Massa (kg)	Força (N)	Comprimento inicial (m)	Comprimento final (m)	$\Delta x$ (m)
1	2,00	19,6	0,0330	0,0390	0,00600
2	3,00	29,4	0,0330	0,0450	0,0120
3	4,00	39,2	0,0330	0,0500	0,0170
4	5,00	48,9	0,0330	0,0560	0,0230
5	6,00	58,7	0,0330	0,0630	0,0300

Tabela 4 – Resultados experimentais para o dinamômetro caseiro.



**Gráfico 4 – Resultados experimentais para o dinamômetro caseiro.**

De acordo com o **Gráfico 4**, o valor experimental para a constante elástica do dinamômetro é aproximadamente 1654 N/m. Comparado com o valor obtido através da soma das constantes de cada mola em separado (1472 N/m), obtemos uma diferença de 182 N/m, representando 11% do valor absoluto. Fazendo uma análise mais crítica desta diferença, temos que:

$$182 \text{ N/m} \approx 186 \text{ gf/cm.}$$

Ou seja, teríamos uma flutuação máxima de massa equivalente a 186 g para cada centímetro medido. Considerando que a maior distensão medida foi de 4,1 cm, teríamos uma variação máxima de 754,4 g em se utilizando um ou outro coeficiente elástico. Tendo em vista que o valor da massa apurado na medição supracitada equivale a 6,9 kg, tal variação representaria aproximadamente 11% deste mesmo valor. Sendo, portanto, uma medida com boa confiabilidade.

### 3.2 – OBSERVAÇÃO E ANÁLISE DOS APARELHOS

Nesta etapa serão descritos os aparelhos apresentados na seção 1.2.2 – APARELHOS ESCOLHIDOS. Cada aparelho terá seu mecanismo de funcionamento detalhado através de fotos, que poderão sofrer algum tipo de edição gráfica para melhor visualização. Além disso, será exposto também o resultado proveniente das medições utilizando o dinamômetro feito na seção anterior. Vale ressaltar que as observações feitas para cada aparelho que compreendam algum dado técnico serão fornecidas aos alunos de imediato ao se iniciar a aula prática com base em seu respectivo manual de instruções. Os mesmos terão livre acesso aos aparelhos durante a visita e poderão analisá-los livremente quanto ao seu funcionamento para se chegar às conclusões esperadas.

As fotos foram realizadas na Academia Acqua Fit, localizada à Rua Pinheiro Chagas, 233, Parque Anchieta – Rio de Janeiro, autorizadas pelo sócio proprietário e professor Renato Massimiliani e com o auxílio da professora e coordenadora Jaqueline da Silva Santos.

#### 3.2.1 – *CROSS OVER* ANGULAR



Figura 34 – *Cross over* angular.



Figura 35 – *Cross over* – vista lateral.

Como podemos observar nas Figuras 34 e 35, este aparelho é composto por dois conjuntos de placas simétricos (direita e esquerda), que são unidos por vigas de metal, de forma que tais conjuntos formam um determinado ângulo entre si. Portanto o lado direito é totalmente igual ao lado esquerdo em termos de roldanas e cabos. Sendo assim, um único lado será descrito futuramente, cabendo as conclusões também ao outro lado, uma vez que são totalmente independentes entre si.

A Figura 35 mostra claramente que cada conjunto possui placas de metal (parte inferior), cujo objetivo é oferecer resistência ao serem elevadas, proporcionando assim o exercício físico. Segundo o manual de instruções do aparelho, cada placa possui massa igual a 5 kg, porém uma breve explicação acerca do conjunto de placas se faz necessária.



Figura 36 – Detalhe no levantamento do conjunto de placas.

Conforme evidenciado na Figura 36, para erguermos as placas de metal, é necessário também erguer um conjunto, doravante denominado **conjunto de primeira placa**, que é composto por uma polia móvel e uma haste de metal com vários orifícios. Tais orifícios têm a função de, junto do pino de sustentação, selecionar a quantidade de placas que será erguida. Tal seleção deve ser feita com o sistema de placas em repouso (sem estarem erguidas) e introduzindo o pino no orifício da placa selecionada. A haste terá, por sua vez, o papel de sustentar todas as placas erguidas. Portanto, é impossível erguer sequer uma placa sem o

auxílio da haste de metal. Sendo assim, a haste e a polia móvel sempre acrescentarão uma determinada massa extra às placas.

Outro ponto importante no funcionamento do aparelho é a forma como o cabo de aço percorre o aparelho.

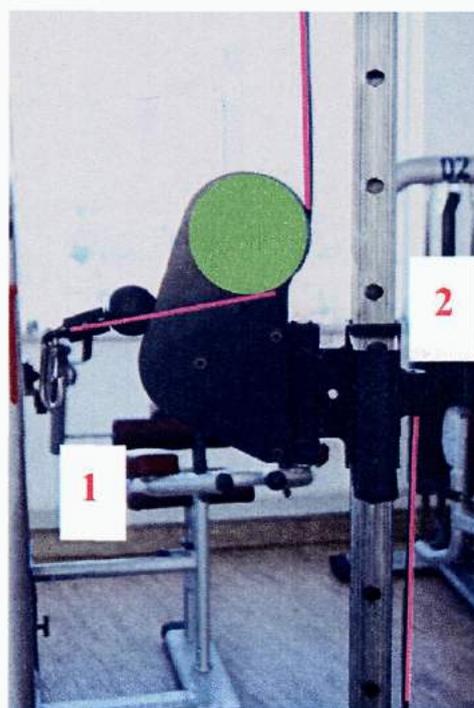


Figura 37 – Esquema de cabeamento do aparelho. Figura 38 – Detalhe no início e final do cabo.

A Figura 37 mostra um esquema de como o cabo percorre o aparelho. Tal esquema foi elaborado uma vez que as polias são cobertas por capas protetoras e não é possível sua visualização sem que as capas sejam retiradas. Além disso, o esquema facilita o entendimento de seu funcionamento.

Como visto, na verdade tem-se um único cabo que percorre o aparelho por completo. O cabo estende-se do ponto 1 ao ponto 2, passando pelas polias indicadas, sendo as polias verdes fixas e a vermelha, móvel. O ponto 1 é o ponto onde ele é tracionado, fazendo com que as placas sejam erguidas. O ponto 2 é aquele onde o cabo termina, ou seja, o cabo é preso neste ponto e não é extensível. É importante notar que o cabo começa e termina em um mesmo componente do aparelho (Figura 38). Isto se dá devido ao fato de que tal componente, o bocal de saída do cabo, pode percorrer toda a extensão do trilho vertical que o sustenta, podendo ser tracionado de cima para baixo ou de baixo para cima. Ter suas duas extremidades presas ao mesmo componente faz com que o cabo não fique “frouxo” ao se deslocar o bocal

para cima ou para baixo, pois ao mesmo tempo em que o ponto 1 sobe, o ponto 2 também sobe a mesma distância; e da mesma forma, o ponto 2 desce a mesma distância que o ponto 1, se este for assim deslocado.

De acordo com o esquema apresentado (Figura 37) há 7 polias fixas e uma móvel. O papel das polias fixas é simplesmente mudar a direção do movimento; de cima para baixo, direita para esquerda, horizontal para vertical, etc. A polia móvel, por sua vez, fica responsável pela sustentação das placas metálicas.

Conforme discutido na seção 2.2.2 – **POLIAS MÓVEIS**, a polia móvel neste aparelho será erguida em metade da distância do cabo que for puxado no terminal 1; em contrapartida, a tração no cabo será metade do peso suspenso na polia. Lembrando que neste caso temos o peso do **conjunto de primeira placa**.

A apresentação do aparelho desta forma aos alunos se faz imprescindível para que os mesmos possam compreender a atividade. O professor pode conduzir uma discussão envolvendo os pontos citados levando os alunos a tais conclusões, caso eles por si só não as visualizem.

### 3.2.1.1 – MEDIÇÕES E RESULTADOS NO *CROSS OVER* ANGULAR

O objetivo da análise funcional deste aparelho na seção anterior é verificar com a ajuda do dinamômetro caseiro a relação da força exercida no ponto 1 (bocal de saída) da Figura 37 com o peso sustentado pela polia móvel (vermelha). Para isto foi utilizado o peso de uma única placa, pois se tornou muito difícil erguer o conjunto de placas diretamente com o dinamômetro quando duas placas foram selecionadas devido ao seu peso. Além disso, esta medição seria de pouca ou nenhuma relevância, pois dificilmente haveria um aluno ou professor que conseguisse realizá-la.

De acordo com o esquema de cabeamento do aparelho (Figura 37), a força exercida no terminal 1 deverá ser **metade** do peso erguido pela polia móvel. É de se esperar que tal valor não seja exatamente a metade, pois se trata de um sistema não ideal, com algumas perdas. Porém não podemos encontrar valores com grande discrepância desta proporção.

Para medir o peso do conjunto de primeira placa utilizou-se o dinamômetro, prendendo-o ao conjunto e medindo apenas o comprimento final da mola central, pois, conforme discutido anteriormente (3.1.4 – **ASSOCIAÇÃO DAS MOLAS 1, 2 E 3**), o valor da distensão das molas será igual para as três, se as mesmas forem mantidas paralelas entre si.

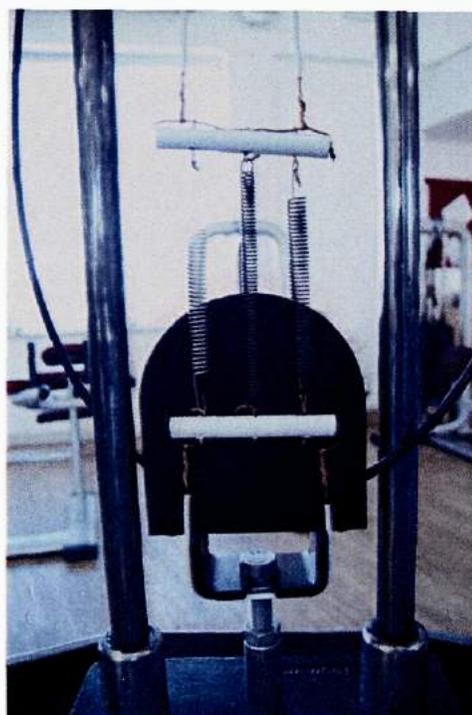


Figura 39 – Medindo o peso do conjunto de primeira placa.

Após medir o peso do conjunto de primeira placa, mede-se então a força necessária para erguê-lo. Para tal, acoplamos o dinamômetro ao terminal 1 da Figura 38 (extremidade extensível do aparelho) e medimos o comprimento final também da mola central. Portanto, todos os dados de comprimentos iniciais e finais serão tomados tendo como referência a mola central.

A régua utilizada é graduada, dentro da faixa de medição utilizada, de 1,0 em 1,0 mm, sendo esta sua menor divisão. Do ponto de vista metrológico, dado que se trata de um sistema de medição analógico (não dotado de *displays* digitais), toma-se a metade da menor divisão como incerteza de medição (0,5 mm), sendo esta legível na escala de medição do aparelho por aproximação, embora não esteja nele explicitamente discriminada.

Os resultados para o *cross over* angular são os seguintes:

	Comprimento Inicial (m)	Comprimento Final (m)	Distensão (m)	Constante Elástica (N/m)	Peso (N)	Incerteza (N)
Conjunto de Primeira Placa	0,0820	0,123	0,0410	1654	67,8	$\pm 0,8$
Terminal Extensível	0,0820	0,101	0,0190	1654	31,4	$\pm 0,8$

Tabela 5 – Resultados das medidas para o *cross over* angular.

Conforme podemos verificar, o valor da força exercida no terminal extensível é muito próximo da metade do peso encontrado para o conjunto de primeira placa; sendo exatamente igual a 0,46 vezes tal valor. Se considerarmos os valores levando em conta suas incertezas de medição, temos uma proporção ainda mais animadora, sendo igual a 0,51 vezes o valor absoluto.

Como podemos observar o sistema montado não dispõe dos mais altos padrões metrológicos. No entanto, tomando-se algumas medidas e cuidados acerca das medições, podemos concluir que é possível chegarmos a valores e resultados bastante satisfatórios.

### 3.2.2 – PULLDOWN COM POLIA SUPERIOR E INFERIOR

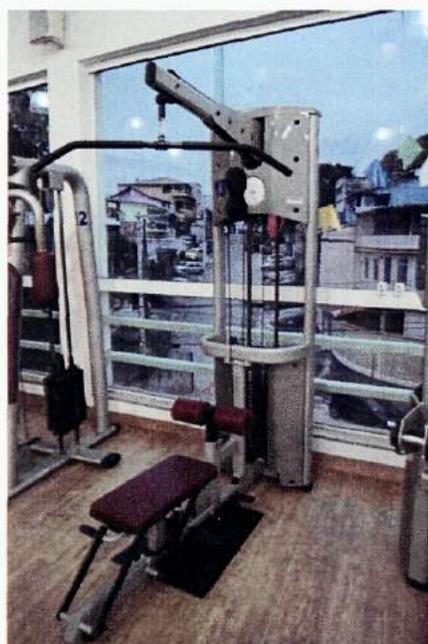


Figura 40 – Pulldown polia superior.

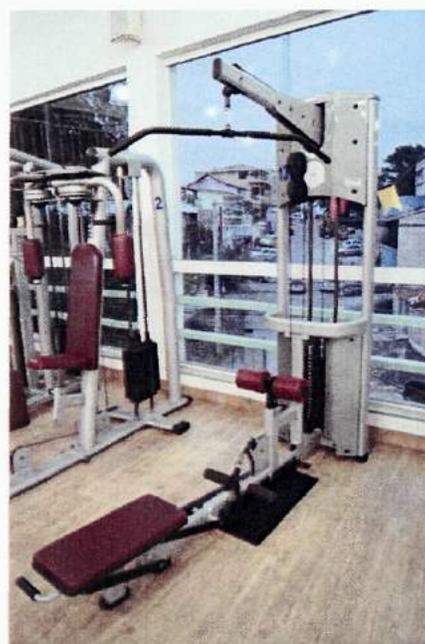


Figura 41 – Pulldown polia inferior.

O *Pulldown* é um aparelho que permite duas configurações diferentes: Ele pode ser utilizado com sua polia superior (Figura 40) ou com sua polia inferior (Figura 41). Em cada um dos casos, o esquema de cabeamento do aparelho se comporta diferentemente, visto que este aparelho possui 2 terminais extensíveis (por onde puxamos o cabo para realizar os exercícios). Sendo assim, cada configuração será detalhada separadamente, porém os resultados serão apresentados em uma tabela semelhante à Tabela 4, para facilitar a comparação dos mesmos.

É importante ressaltar que alguns princípios se fazem presentes neste aparelho, assim como no *cross over* angular. Um exemplo seria o conjunto de primeira placa: da mesma forma que é necessário sustentar uma haste de metal ao erguer as placas no *cross over* angular, o *pulldown* também apresenta uma haste semelhante que, assim como no aparelho anterior, tem a função de sustentar as placas metálicas, cujo peso será medido com o auxílio do dinamômetro. Outra semelhança entre os dois aparelhos é a massa de cada placa, sendo igual a 5 kg, de acordo com o manual de instruções.

Em contrapartida, neste aparelho percorrem 2 cabos, uma vez que temos dois terminais extensíveis. Em cada configuração utilizamos um determinado cabo.

Uma característica especial deste aparelho é a presença de um acoplamento de polias; ou seja, temos duas polias que estão presas uma à outra e que se comportam como fixas ou móveis, dependendo da situação analisada.



Figura 42 – Conjunto de primeira placa.

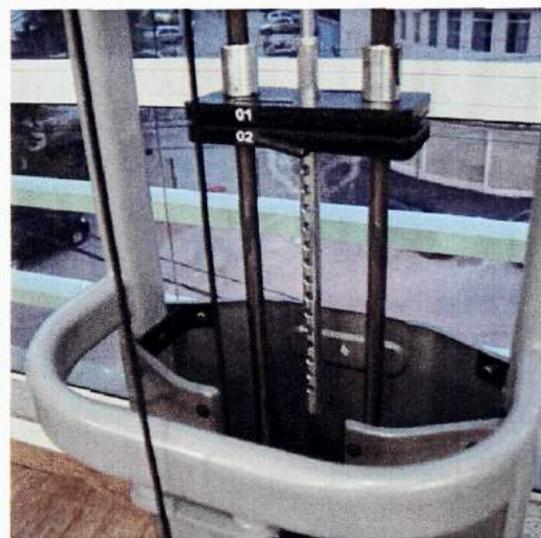


Figura 43 – Conjunto sustentando duas placas.

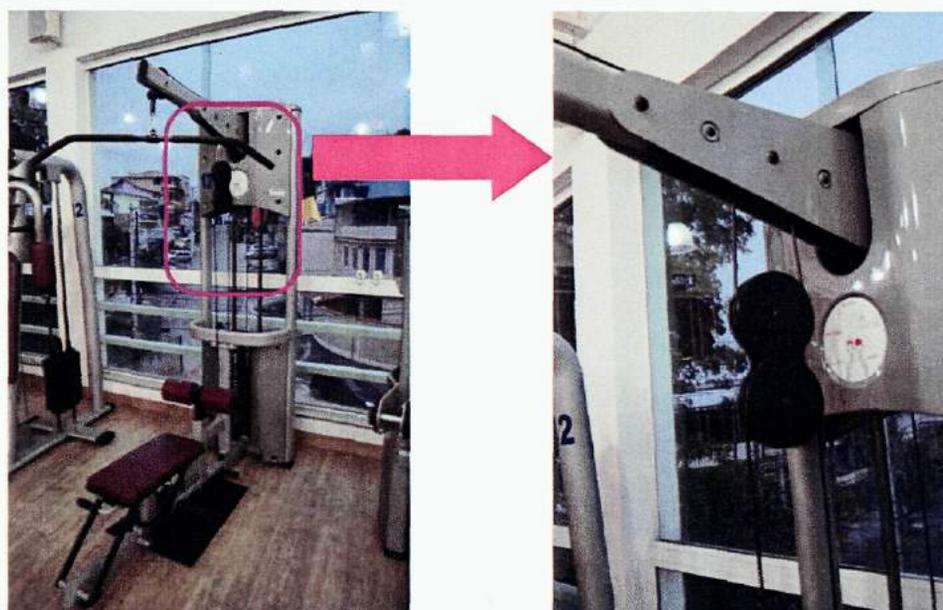


Figura 44 – Detalhe no acoplamento de polias.

### 3.2.2.1 – *PULLDOWN* COM POLIA SUPERIOR

Nesta configuração do aparelho, utilizamos o terminal extensível que fica localizado na parte superior do mesmo, onde o cabo deve ser tracionado de cima para baixo. A seguir temos o esquema de polias que é empregado nesta situação.

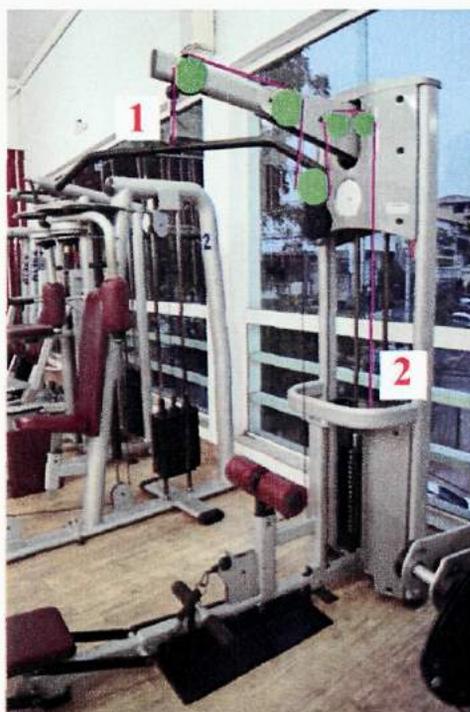


Figura 45 – Esquema de cabeamento do aparelho com polia superior.

Conforme a Figura 45, quando o *Pulldown* é utilizado utilizando sua polia superior, a configuração que se tem é composta apenas por polias fixas (verdes), que ficam responsáveis apenas pela mudança na direção do cabo. Portanto, **a força exercida no terminal 1 da mesma figura é igual ao peso erguido no terminal 2.**

Tais conclusões, assim como no aparelho anterior, devem ser instigadas pelo professor, a fim de aguçar a curiosidade e o pensamento crítico dos alunos. O professor deve evitar o hábito de dar as respostas sem que os alunos ao menos reflitam sobre o problema.

### 3.2.2.2 – PULLDOWN COM POLIA INFERIOR

Neste caso utilizamos o terminal extensível que fica localizado na extremidade inferior do aparelho. O cabo pode ser tracionado de baixo para cima, ou simplesmente na horizontal, porém, em ambos os casos as polias são empregadas da mesma forma.

A seguir temos o esquema de polias do aparelho com esta configuração. É importante notar que nesta etapa serão utilizadas todas as polias e todos os cabos do aparelho, cabendo assim uma análise mais detalhada para melhor visualização do fenômeno. Os cabos serão marcados em cores diferentes (rosa e amarelo) para facilitar a descrição, e as polias fixas (verdes) serão diferenciadas das móveis (vermelho).

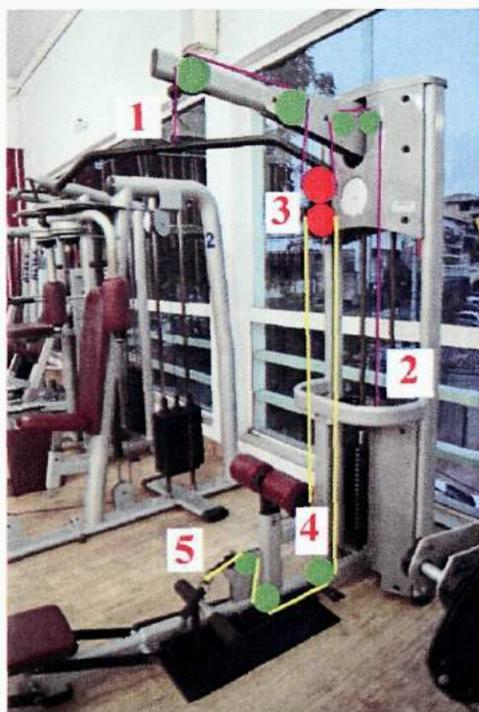


Figura 46 – Esquema de cabeamento do aparelho com polia inferior.

De acordo com a Figura 46, quando utilizada a polia inferior do aparelho (Terminal 5), as polias acopladas (Terminal 3) passam a se comportar como polias móveis, e não como fixas. Outro fator importante é que a extremidade inextensível do cabo amarelo (Terminal 4) é fixo, sendo preso ao aparelho por uma espécie de parafuso. Além disso, o terminal 1, que antes era móvel, passa a se comportar como extremidade fixa.

Para melhor visualizar as forças que agem neste sistema e como cada polia atua no mesmo, foi montado o seguinte mapa de forças para determinarmos a relação entre a tração que será exercida no terminal 5 e o peso erguido no terminal 2.

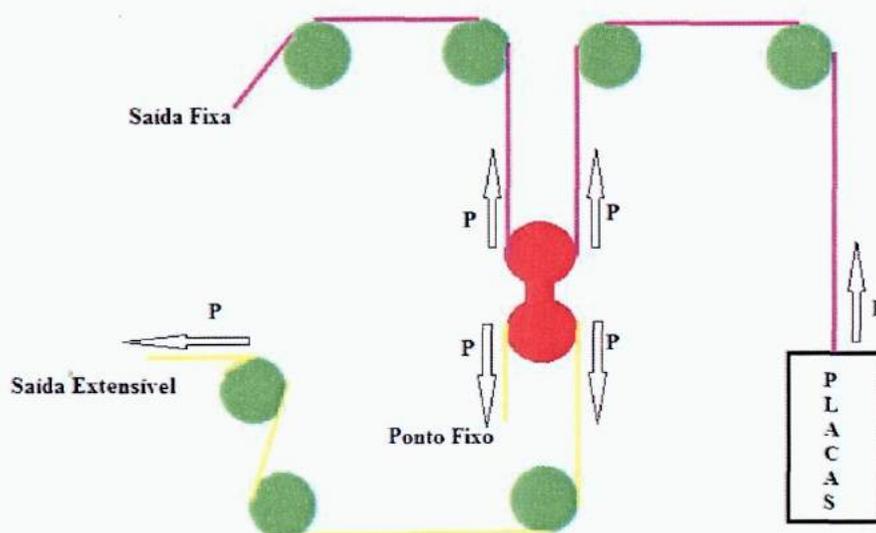


Figura 47 – Mapa de forças para polia inferior.

Como foi mostrado no esquema feito na Figura 47, a força que é exercida na saída extensível (Terminal 5 da Figura 46) é igual ao peso das placas que são erguidas (Terminal 2). Portanto, a combinação de polias móveis e fixas foi responsável não só pela mudança de direção dos cabos, mas também pela possibilidade de, em um mesmo aparelho, haver duas extremidades por onde se pode realizar o exercício, podendo o atleta, de acordo com a ênfase desejada no grupo muscular, escolher um dos dois terminais para este fim.

### 3.2.2.3 – MEDIÇÕES E RESULTADOS NO *PULLDOWN* COM POLIA SUPERIOR E INFERIOR

Assim como no *cross over* angular, o objetivo das medições com o dinamômetro é verificar se os valores esperados de acordo com as explicações anteriores são realmente observados na prática. Por se tratar de aparelhos que não fazem parte normalmente do campo de conhecimento de professores de Física, foi necessária uma explicação técnica acerca do funcionamento dos mesmos, e também sobre os aspectos relevantes em cada um dos aparelhos, para que o fenômeno pudesse ser visualizado.

Para realizar tais medições foram adotados os mesmos procedimentos descritos para o aparelho anterior, a saber: Utilização de uma placa para medição e tomada de dados com relação à mola central do dinamômetro.

Após verificar o peso do conjunto de primeira placa, mediu-se também a força necessária para erguê-lo, tanto na polia superior quanto na inferior. De acordo com as observações apresentadas nas seções anteriores, **o valor encontrado em ambas as extremidades deve ser próximo ao valor medido para o conjunto de primeira placa.** Como este sistema também não compõe um sistema ideal, não serão encontrados os valores exatos em cada uma das extremidades, porém estes não podem diferir em muito.

	Comprimento Inicial (m)	Comprimento Final (m)	Distensão (m)	Constante Elástica (N/m)	Peso (N)	Incerteza (N)
<b>Conjunto de Primeira Placa</b>	0,0820	0,120	0,0380	1654	62,9	± 0,8
<b>Polia Superior</b>	0,0820	0,118	0,0360	1654	59,5	± 0,8
<b>Polia Inferior</b>	0,0820	0,115	0,0330	1654	54,6	± 0,8

Tabela 6 - Resultados das medidas para o *pulldown* com polia superior e inferior

Como se pode perceber pelos dados acima apresentados, o valor encontrado para o conjunto de primeira placa é menor que o medido para o *cross over* angular. Isto pode ser consequência do fato de o *pulldown* não possuir uma polia junto às placas metálicas, o que acarreta uma diminuição da massa do conjunto. Nota-se também que os valores encontrados para as polias superior e inferior são muito próximos daquele obtido medindo diretamente as placas metálicas. Considerando-se as incertezas de medição, chega-se a uma diferença máxima de 9,9 N, correspondendo a 15% do valor absoluto, e a uma diferença mínima de 6,7

N, equivalente a 10% do valor absoluto, o que pode ser considerado como um resultado extremamente satisfatório.

## 4. AVALIAÇÃO FORMATIVA

O objetivo da aplicação de uma avaliação formativa aos alunos é consolidar o conhecimento adquirido, contribuindo para o esclarecimento de quaisquer dúvidas que possam não ter sido sanadas durante as explicações, bem como verificar o aproveitamento por parte dos alunos. Ou seja, a avaliação tem um caráter formativo e informativo.

Tal avaliação pode ser apresentada em formato de relatório ou prova, a ser decidido pelo professor, cabendo ainda a ele decidir se o mesmo será feito individualmente, em duplas, grupos, etc., o quanto agregará em termos de nota, critérios de correção, entre outros.

Independentemente da forma escolhida pelo professor para aplicação da avaliação, é muito importante que os alunos tenham de alguma forma, a oportunidade de apresentar e comentar seus resultados e conclusões, uma vez que a ideia central do trabalho é que o aluno participe ativamente, e não apenas como espectador.

Caso a forma de avaliação escolhida seja em formato de relatório, a sugestão é que este seja organizado contendo pelo menos alguns tópicos relevantes, como objetivo, introdução teórica, descrição da atividade prática, resultados e conclusões. Podemos também adicionar ao relatório um questionário envolvendo alguns tópicos que foram tratados em sala e que se fazem presente na atividade. Tal questionário também pode ser implementado caso o professor decida aplicar uma prova aos alunos como forma de verificação. O mais importante é que se tenha em mente os objetivos almejados com cada questão, e não aplicar um ou outro problema por parecer mais difícil. Por vezes, algumas questões que podemos julgar como sendo fáceis e, portanto descartadas de um possível rol de atividades, possuem um enorme valor instrutivo e agregam muito mais aos alunos que outros problemas com cálculos intermináveis.

A seguir serão apresentadas algumas questões, juntamente com seus respectivos objetivos, que podem ser utilizadas como questionário para verificação do aprendizado dos alunos. Tais questões são apenas sugestões, podendo o professor utilizá-las ou não, bem como fazer algum tipo de modificação ou adaptação.

1. Explique com suas palavras a função de uma polia fixa e dê exemplos relacionando com equipamentos encontrados em uma academia.

*Objetivo:* Verificar se o aluno compreendeu o mecanismo de funcionamento e o emprego de polias fixas.

2. Explique com suas palavras a função de uma polia móvel e dê exemplos relacionando com equipamentos encontrados em uma academia.

*Objetivo:* Verificar se o aluno compreendeu o mecanismo de funcionamento e o emprego de polias móveis.

3. Comente resumidamente a Lei de Hooke relacionando os conceitos de Força Elástica, Constante elástica de uma mola e alongação da mesma.

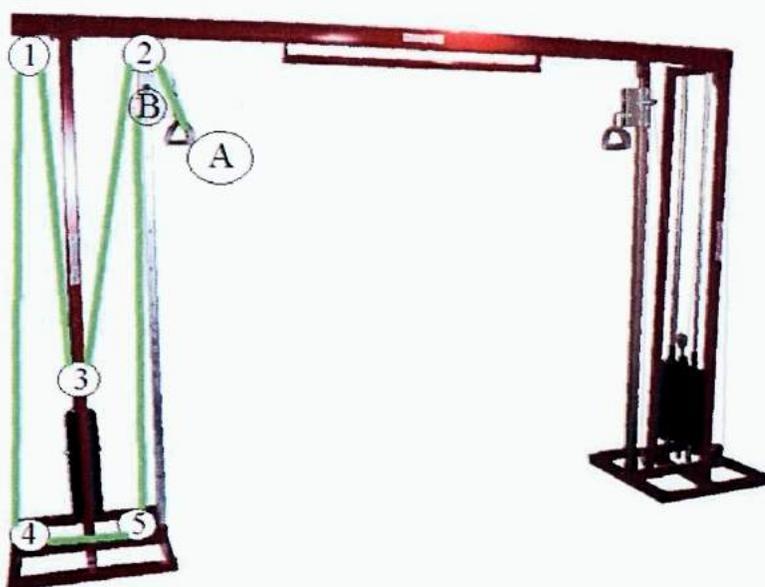
*Objetivo:* Verificar se o aluno assimilou a relação entre força exercida em uma mola, sua constante elástica e sua deformação.

4. Cite as duas principais características das associações de molas em série e em paralelo, fazendo menção à sua constante elástica em cada um dos casos.

*Objetivo:* Saber se o aluno assimilou corretamente o conceito das associações em série e paralelo de molas, bem como a constante elástica resultante de cada associação.

5. Considere o seguinte aparelho encontrado em academias, onde:

- O cabo do aparelho foi pintado em verde, sendo A e B extremidades móvel e fixa, respectivamente;
- Há 5 polias, numeradas de 1 a 5;
- As placas encontram-se abaixo da polia de número 3.



a – Explique o funcionamento de cada uma das 5 polias mostradas no aparelho e classifique-as como fixas ou móveis.

*Objetivo:* Verificar se os alunos conseguem identificar cada tipo de polia, além de descrever seu funcionamento.

b – Se um atleta deseja erguer um total de 5 placas, totalizando um peso  $\vec{P}$ , qual a relação entre o peso  $\vec{P}$  e a força  $\vec{F}$  que deverá ser exercida na extremidade A, para que as placas sejam erguidas?

*Objetivo:* Verificar se o aluno compreendeu a relação entre forças aplicadas em cabo conduzido por diferentes polias.

c – Se um atleta deseja erguer uma determinada quantidade de placas em 1 metro, quantos metros de fio ele deverá puxar na extremidade A?

*Objetivo:* Verificar se o aluno compreendeu a relação entre força e distância em polias móveis e fixas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de apresentar uma sugestão de aula um pouco diferente, fugindo das tradicionais explicações que começam e acabam em sala de aula, envolvendo principalmente os fenômenos acerca de polias e molas. Contudo, sua função vai muito além de simples experiência física; os alunos têm a oportunidade de verificar na prática os conceitos trabalhados em sala de aula.

É uma interessante forma de mostrar aos alunos, principalmente aos que cursam o Ensino Médio, que a Física nos rodeia todo o tempo, cabendo a nós mesmos observarmos com mais cautela para podermos visualizar vários fenômenos, que por muitas vezes passam despercebidos diante de nosso olhar desatento.

A proposta começa com uma prévia explicação aos alunos acerca dos temas a serem trabalhados. É muito importante que esta fase seja realizada com muita dedicação e cuidado, pois se os alunos não entenderem o conteúdo, terão dificuldades em enxergá-lo na prática.

A visita à academia de ginástica em si não demora muito tempo. Apenas o suficiente para que os alunos observem e façam algumas medições e anotações, tirem fotos e avaliem os aparelhos. Contudo é interessante que todos tenham a oportunidade de ver com seus próprios olhos o funcionamento dos aparelhos, e que também realizem alguma medição.

Como dito anteriormente, o relatório como forma de avaliação é apenas uma sugestão, porém considerada muito apropriada para este tipo de atividade, uma vez que não se trata de uma atividade que acontece pontualmente, e sim um processo que é desencadeado durante algumas aulas.

Ao final deste trabalho é esperado que o aluno seja capaz de observar e compreender um pouco melhor não somente o funcionamento de polias e molas, mas que ele seja estimulado a observar mais criticamente o mundo que o rodeia, questionando e analisando fenômenos de qualquer área da física.

No que concerne os resultados e incertezas obtidos, vimos que os mesmos apresentaram grande concordância com os valores anteriormente previstos, corroborando ainda mais com a ideia de que é possível realizar experiências com objetos e sistemas não ideais para explicitar fenômenos físicos.

Sabemos que infelizmente muitas instituições de ensino não dão o devido suporte aos professores para que estes desenvolvam aulas práticas com seus alunos. Por outro lado, há uma grande quantidade de profissionais que infelizmente não tiveram uma formação

incluindo práticas pedagógicas experimentais. Porém não há como retroceder. É cada vez mais evidente que o ensino deve ser conduzido de forma interdisciplinar e experimental, e que a abordagem isolada dos assuntos que compõe a grade curricular do Ensino Médio é, sem sombra de dúvidas, um retrocesso. Precisamos então, retirar os antolhos, principalmente aqueles que ofuscam a visão de gestores que são contra e/ou não dão importância à prática de atividades experimentais. Cabe a nós, atuais professores e futuros gestores, mudar esta realidade, esperançosamente em um futuro não muito distante.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, PCN<sup>+</sup> ENSINO MÉDIO, *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, MEC, 2002.

BRASIL, *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília, MEC, 2006.

BRASIL, *Portal do Professor*, disponível em <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1462>, acesso em 21/06/2012.

BRASIL, *MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM 2009*. Brasília, MEC, 2008.

BRASIL, *MATRIZ DE REFERÊNCIA DO ENEM 2009, Deliberação do Comitê de Governança*, disponível em [http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/matriz\\_referencia\\_novoenem.pdf](http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/matriz_referencia_novoenem.pdf), acesso em 15/05/2012.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G.; TOLEDO, P. A. de. *Os Fundamentos da Física*, v. 2, 9<sup>a</sup> ed. São Paulo: Moderna, 2007.

CARRON, W.; GUIMARÃES, O. *As Faces da Física*, volume único, 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Moderna, 2002.

FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. *Física Básica*, volume único, 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atual, 2004.

RIGHETTO, *Polia Superior/Inferior – Lat/Low Pulldown*, disponível em <http://www.righetto.com.br/produto.php?nid=318>, acesso em 13/06/2012.

RIGHETTO, *Cross Over Angular – Cable Cross Over Angled*, disponível em <http://www.righetto.com.br/produto.php?nid=372>, acesso em 19/06/2012.

UFF, ENSINO MÉDIO EM DIÁLOGO, disponível em <http://www.emdialogo.uff.br/materia/sem-professores-de-f%C3%ADsica-jovens-tem-conhecimento-cient%C3%ADfico-defasado>, acesso em 27/08/2012.

POLYPAK, disponível em [http://www.polypak.com.br/site/index.php?option=com\\_content&view=article&id=62&Itemid=59](http://www.polypak.com.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=59), acesso em 22/06/2012

EBAH, XVI SIMPÓSIO NACIONAL DO ENSINO DE FÍSICA 4, disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABsj0AA/gravidade>, acesso em 27/08/2012