



Evento	Salão UFRGS 2013: IX SALÃO DE ENSINO
Ano	2013
Local	Porto Alegre - RS
Título	Uma Investigação sobre os efeitos do ensino de laboratório em uma disciplina de Física Básica voltada para cursos de engenharia
Autor	Neusa Teresinha Massoni

Resumo

O presente relato mostra resultados de um Estudo Preliminar que compõe uma pesquisa mais abrangente, que envolve três estudos, e está sendo conduzida no Instituto de Física da UFRGS a partir de uma hipótese inicial de trabalho a respeito da perspectiva e das expectativas de alunos das engenharias sobre o valor e relevância do estudo da Física, em uma disciplina de Física Básica voltada para esse público e ministrada pelo Instituto de Física: *de que estudantes de engenharia podem perceber o estudo de princípios, leis e teorias da Física com um viés menos teórico e explicativo e mais voltado para suas aplicabilidades práticas*. Apresenta-se aqui achados do primeiro estudo, que envolveu a construção, validação e aplicação de um questionário a 142 estudantes de diferentes cursos de engenharias da UFRGS que frequentavam a disciplina de Física IC no segundo semestre de 2011. O questionário foi construído com 15 itens tipo *likert* e 5 questões abertas, em que se procurou levantar perspectivas, opiniões e sugestões sobre as atividades de laboratório da disciplina. Os principais achados indicaram que a hipótese de trabalho assumida na pesquisa se confirma. Isto nos levou à segunda etapa, em que modificamos algumas atividades práticas de laboratório, remodelando-as para um formato de problema-desafio, em que não mais se oferece um roteiro fechado e nem os instrumentos de laboratório são previamente montados. Os novos roteiros, ou problemas-desafio, contêm apenas pistas fotográficas sobre a montagem dos equipamentos e foram pensados para gerar interação, discussão, argumentação, planejamento e execução por parte dos grupos, visando rever conceitos e leis físicas, refletir sobre o fenômeno físico em questão, negociar e significados e estratégias e, assim, gerar uma aprendizagem mais significativa e mais útil. Os resultados e a influência dessas modificações nas atividades práticas de laboratório estão em fase de análise.

Introdução

A melhoria do ensino de ciências, e em especial de Física, tem sido uma preocupação de pesquisadores e educadores em distintos níveis de ensino, do básico ao superior, nas últimas décadas. Particularmente o ensino de Física voltado para as engenharias é um tema presentemente em debate, alvo de reflexões, análises, dúvidas e incertezas. Defendem alguns autores que deve ser um ensino diferenciado visando oferecer uma noção da complexidade estrutural das teorias da Física e de suas relações com um “saber fazer” ligado ao cotidiano (Nassar *et al.*, 2008). Para Bazzo, Pereira e Linsingen (2008) muitos aspectos desse debate resultam de novidades associadas à tecnologia e às profundas transformações que ocorrem nas sociedades, mais ainda com relação às tecnologias de informação e comunicação que, de um lado desfazem fronteiras geográficas e colocam à vista enormes diferenças sociais e, de outro, ensejam novos entendimentos sobre a tecnologia, seu papel, e sua condição de produto social. Essas novidades ensejam reflexões sobre a formação de mão de obra qualificada necessária para sustentar a continuidade das evoluções tecnológicas, mas também colocam dúvidas sobre a eficácia dos métodos e dos conteúdos do ensino de engenharia. Segundo esses autores, o ensino de engenharia carrega, ainda hoje, influências das escolas técnicas francesas (positivistas) que fundamentaram o ensino técnico brasileiro, um modelo que gerou a fragmentação das unidades de ensino nas instituições de ensino superior, e que resultou na passagem da perspectiva de uma realidade posta, pronta e acabada para um viés técnico-científico, com explicações da natureza intermediadas pelo laboratório, que culminou no afastamento entre as práticas produtivas e a educação científica, ou seja, afastou a educação das coisas em si (objetos e fenômenos) e adotou um ensino através modelos teórico-científicos (ibid, p. 23-28).

Investigações sobre a importância, influência e eficácia de atividades de laboratório como um fator motivador para o estudo da Física remetem à questão da *idealização em ciências* e à necessidade de o aluno compreender o papel dos modelos científicos. Schecker (1988 apud Matthews, 1995) assevera que possivelmente o maior progresso da física de Galileu e Newton foi libertar o pensamento das fronteiras da experiência direta e sensorial e considerar que os fenômenos diretamente perceptíveis e mensuráveis são representações imperfeitas da ordem real, alcançada apenas pela idealização. Linhas de pesquisa nessa direção defendem o uso da História e da Filosofia da Ciência no ensino de ciências desde 1970. Em geral, assumem que as concepções sobre a natureza e o processo da ciência podem influenciar na tomada de decisões tanto em sala de aula como na vida profissional e cotidiana (Shim, Young e Paolucci, 2010). Aspectos como a tese de Piaget de que o desenvolvimento psicológico individual reflete o desenvolvimento dos conceitos na história da ciência também compõem a lista de temas em debate Matthews (1995). Villani e Nascimento (2003) asseveram que a coleta e análise de dados empíricos no laboratório pode ser um mediador para a argumentação em busca de respostas e de significados às questões propostas na atividade. Outros pesquisadores (Drivel *et al.*, 1994) entendem a educação em ciências como um processo de apropriação da cultura científica. Park Rogers & Abell (2008) defendem que é preciso envolver os estudantes em situações em que pratiquem ciência, propondo-se algum contexto em que venham com alguma ideia para investigar e desenhar experimentos de sua livre escolha. De outro lado, Laburú (2003), defende que o professor deve ter uma atuação direta nas aulas de laboratório para estimular os alunos a observar, classificar, fazer, inferir, levantar e testar hipóteses, propor argumentos. O professor deve ensinar o aluno a “como fazer” e “como pensar”, dando-lhe informações explícitas para que o aluno não se sinta perdido.

Física e Matemática são disciplinas que recebem grande atenção nos primeiros anos do currículo de engenharia, mas isto não é suficiente para gerar a confiança necessária para que os estudantes consigam resolver problemas do mundo real e pode levar a uma progressiva erosão da motivação necessária para concluir o curso, segundo Mickleborough & Wareham (1994). A motivação pode ser estimulada introduzindo-se um *design* formativo nas engenharias, estruturado de forma a forçar os estudantes a procurar, e não simplesmente receber a informação, criando condições para combinar as expectativas iniciais dos estudantes e o desejo genuíno de se envolverem com problemas do cotidiano e aumentando as relações da engenharia com outras áreas do conhecimento em vez de assumir o ensino de engenharia como um processo isolado do todo social, o que alimenta a dicotomia trabalho intelectual *versus* trabalho manual, prático.

A literatura é rica em sugestões e relatos de experiências sobre a importância do ensino de laboratório. Em pesquisas mais recentes, percebe-se que as atividades experimentais são concebidas como investigações coletivas sobre situações problemáticas abertas, interessantes e que favorecem a busca de respostas pelos estudantes à luz do corpo de conhecimento disponível, das hipóteses manejadas, estimulando também uma reflexão sobre ciência, tecnologia e sociedade. Mas essa dimensões nem sempre são contempladas nos laboratórios de ensino de Física.

Referencial teórico

A presente pesquisa partiu de críticas colocadas na literatura sobre o ensino tradicional no laboratório e também de uma reflexão pessoal, como professora ministrante da disciplina em pauta, sobre a possibilidade de tornar as atividades de laboratório de Física mais eficazes e mais atraentes.

Nesse sentido, o primeiro estudo teve um objetivo modesto, mas possivelmente útil: investigar e buscar compreender em que medida alunos de engenharias percebem a Física sob uma perspectiva distinta, menos teórica, mais voltada a aplicabilidade dos princípios, teorias e conceitos físicos. Com base em ideias de Nancy Cartwright (1983), epistemóloga que nos serve de referencial, poderíamos colocar a questão da seguinte forma: em que medida estudantes de engenharia têm um olhar menos voltado às explicações fundamentais e mais voltado ao fenomenológico? Em que medida o estudo dos fenômenos e suas causas adquirem significado quando associados a aplicabilidades práticas?

A pesquisa segue a metodologia qualitativo-interpretativa e apoia-se no aporte teórico da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que se ocupa-se da cognição, da atribuição de significados. O conceito central dessa teoria é o de *aprendizagem significativa*, definida como um processo em que uma nova informação interage de forma não arbitrária e não literal com algum aspecto relevante e preexistente da estrutura cognitiva do aprendiz chamado subsunçor. Assim, o conhecimento prévio é uma variável importante para o sucesso da aprendizagem, mas também o aprendiz deve ter disposição para aprender (Moreira e Veit, 2010).

Resultados e discussão

Nosso primeiro passo foi construir um questionário buscando levantar expectativas, opiniões e sugestões dos próprios alunos sobre as aulas de laboratório. O questionário contém 20 questões, sendo 15 itens *likert* e 5 questões abertas, como referido. As respostas de algumas dessas questões são mostradas na sequência.

Tabela 1: respostas à **Questão 1**. O estudo, em geral, exige esforço, mas é importante porque prepara para a vida profissional.

	TOTAIS	Até 20 anos	> 20 anos	Feminino	Masculino	Não identificou	Eng. Ambiental	Eng. Cartográfica	Eng. Civil	Eng. Contr. Automac.	Eng. de Computação	Eng. de Alimentos	Eng. de Energia	Eng. de Materiais	Eng. de Minas	Eng. de Produção	Eng. Elétrica	Eng. Mecânica	Eng. Metalúrgica	Eng. Química	Matemática	Não identificou	Química
Concordo fortemente	61	49	12	11	49	1	4	0	10	2	0	0	1	0	3	0	7	10	2	2	1	4	14
Concordo	70	42	28	24	43	3	4	1	12	3	2	2	2	1	5	1	3	10	2	2	0	5	16
Indiferente	8	6	2	3	5	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1
Discordo	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Discordo fortemente	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	142	99	43	38	100	4	9	2	25	5	2	2	3	1	8	1	10	22	4	4	1	1	33

A maioria, 92,3%, do grupo de 142 estudantes das engenharias de 2011/2 disseram concordar que *estudar é importante para sua formação*.

Na segunda questão, 86,6% informou que esse estudo da Física *estimula a reflexão sobre o mundo que nos cerca*. Um percentual idêntico (80,3%), na terceira questão, concordou que a *aprendizagem de princípios, leis e teorias da Física pode ser facilitada pelas atividades de laboratório*.

Por outro lado, quase a metade (41,5%) do grupo de 142 estudantes pesquisados informou na questão 4, que nunca esteve antes, ao longo da vida escolar, em um laboratório de Física. Ainda assim, 65,5% desse universo disse na questão cinco ter *gostado das aulas de laboratório de Física*.

Apenas 104 do total de 142 alunos responderam à questão 6 em que se pergunta *quais eram suas expectativas para as aulas de laboratório no início da disciplina de Física I?* Destes, 51,9% apresentaram respostas que foram agrupadas em uma categoria que escolhemos chamar “*Física, uma ciência útil porque permite visualizar sua base teórica através da prática e assim perceber sua aplicabilidade*”. Nesta categoria foram incluídas respostas como: *que explicassem/esclarecessem melhor a teoria e/ou os conceitos* (12,5% dos alunos que responderam); *visualizar os fenômenos estudados em aula, na teoria* (10,6%); *aprender melhor o conteúdo com aulas práticas* (9,6%); *colocar em prática o que aprendemos na teoria* (8,7%); *relacionar os conceitos físicos com situações do cotidiano* (3,8%); *ver a aplicabilidade e utilidade da teoria* (3,8%); *que fossem voltadas para a realidade da engenharia* (2,9%).

Um total de 113 estudantes (79,6%) disse concordar que *as aulas de laboratório permitem visualizar o que os princípios, leis e teorias expressam de forma abstrata* (questão 7).

Tabela 2: respostas à **Questão 8**. *As aulas de laboratório pouco esclarecem sobre os princípios, leis e teorias da Física porque não abordam sua aplicação no cotidiano e na Engenharia.*

	TOTALS	Até 20 anos	> 20 anos	Feminino	Masculino	Não Identificou	Eng. Ambiental	Eng. Cartográfica	Eng. Civil	Eng. Contr. Automaç.	Eng. de Computação	Eng. de Alimentos	Eng. de Energia	Eng. de Materiais	Eng. de Minas	Eng. de Produção	Eng. Elétrica	Eng. Mecânica	Eng. Metalúrgica	Eng. Química	Matemática	Não Identificou	Química
Concordo fortemente	12	9	3	1	11	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	3	3	0	0	0	2	0
Concordo	21	14	7	6	15	0	2	0	5	2	0	0	0	0	1	1	2	1	2	0	1	1	3
Indiferente	34	26	8	8	25	1	0	1	10	0	0	1	1	1	2	0	0	7	1	2	0	2	6
Discordo	69	45	24	21	45	3	6	0	7	3	2	1	2	0	4	0	5	11	1	1	0	5	21
Discordo fortemente	6	5	1	2	4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3
	142	99	43	38	100	4	9	2	25	5	2	2	3	1	8	1	10	22	4	4	1	10	33

As respostas à questão 8 mostraram-se divididas. Um número significativo de estudantes (52,8%) discordou da afirmação desse item e quando comparado com as respostas à questão 7, onde um percentual de 79,6% dos respondentes disse concordar que *as aulas experimentais permitem (ou deveriam permitir) visualizar o que as teorias expressam de forma abstrata* parece contraditório. Mas nossa interpretação é de que as respostas da questão 8 podem estar indicando que os alunos atribuem importância às aulas de laboratório, o que é um achado positivo.

Na questão 9, um percentual de 60,6% do grupo pesquisado manifestou alguma sugestão para *tornar as aulas de laboratório mais proveitosas*. Isto foi tomado como uma preocupação dos estudantes - após cursar a disciplina - de gerar certas mudanças nas atividades de laboratório, que tradicionalmente são desenvolvidas com roteiros fechados, quase uma receita. As sugestões mais comuns entre os que efetivamente responderam foram: *experimentos diferenciados e mais relacionados com o cotidiano* (16,3%); *mais professores em aula, mais acompanhamento e mais tempo para as atividades* (11,6%); *experimentos mais aplicáveis/direcionados aos cursos* (10,5%). Essas “falas” parecem sustentar a hipótese inicial de pesquisa.

Tabela 3: respostas à **Afirmção 12**: *As atividades experimentais para os cursos de Engenharia, Química e outros cursos deveriam ter um perfil diferenciado, voltado para a aplicabilidade dos princípios, leis e teorias da Física.*

	TOTALS	Até 20 anos	> 20 anos	Feminino	Masculino	Não Identificou	Eng. Ambiental	Eng. Cartográfica	Eng. Civil	Eng. Contr. Automaç.	Eng. de Computação	Eng. de Alimentos	Eng. de Energia	Eng. de Materiais	Eng. de Minas	Eng. de Produção	Eng. Elétrica	Eng. Mecânica	Eng. Metalúrgica	Eng. Química	Matemática	Não Identificou	Química
Concordo fortemente	50	40	10	12	37	1	5	1	9	1	0	2	1	0	3	0	3	4	0	2	0	3	16
Concordo	66	40	26	21	44	1	3	1	13	3	1	0	2	0	3	1	4	11	2	2	1	5	14
Indiferente	16	10	6	4	10	2	1	0	2	1	0	0	0	0	1	0	2	3	2	0	0	2	2

Discordo	8	8	0	1	7	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	1	
Discordo fortemente	2	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
	142	99	43	38	100	4	9	2	25	5	2	2	3	1	8	1	10	22	4	4	1	10	33

Um total de 116 dentre os 142 estudantes pesquisados, correspondendo a um percentual elevado de 81,7%, disse concordar (46,5% “concorda” e 35,2% “concorda fortemente”) com a afirmação que se correlaciona com a hipótese de trabalho da presente pesquisa, ou seja, de que *as atividades experimentais para os cursos de Engenharia deveriam ter um perfil diferenciado, voltado para a aplicabilidade dos princípios, leis e teorias da Física*.

As respostas às questões 10, 12 e 13 mostram-se concordantes com aquelas da questão aberta de número 6 (*Quais eram suas expectativas para as aulas de laboratório no início da disciplina de Física I?*), onde 51,9% dos respondentes informaram expectativas que foram agrupadas em uma categoria, que em função do uso de expressões textuais que foram interpretadas como tendo significados idênticos, escolhemos chamar “*Física, uma ciência útil porque permite visualizar sua base teórica através da prática e assim perceber sua aplicabilidade*”. Isto parece reforçar a hipótese inicial de que esses estudantes tinham expectativas iniciais associadas a certa perspectiva de aplicabilidade das leis e teorias físicas.

Na Questão 14, uma parcela importante (53,5%) dos alunos pesquisados não respondeu. Mas entre os respondentes, as sugestões que mais apareceram para “tornar possível a percepção de princípios, leis e teorias nas aulas de laboratório” foram: *poder observar, desmontar/estudar o funcionamento de equipamentos do cotidiano* (10,6%); *simular situações úteis na vida profissional* (10,6%); *focar nesses aspectos e ter mais aulas práticas* (9,2%). O que há de relevante é que as sugestões apresentadas na Questão 14 reproduzem, com outras palavras, aquelas oferecidas na questão 9, o que mostra que os estudantes pesquisados foram coerentes em suas respostas. E isto agrega confiabilidade à pesquisa.

Outras repostas que também foram consideradas importantes são, por exemplo, aquelas da Questão 15, onde 44,4% dos estudantes pesquisados disse que acha as *atividade de laboratório proveitosas no sentido de melhorar a aprendizagem* e aquelas da Questão 19, em que 67,6% disse que *não se sente perdido no laboratório de Física*, bem como 64,8% dos estudantes disseram na Questão 18 que “discordam” ou “discordam fortemente” da afirmação *não gostei das aulas de laboratório da Física I*. Isto, mais uma vez, mostra coerência com relação às respostas à Questão 5, onde 65,5% disse *gostar das aulas de laboratório de Física*.

A questão 16 teve o objetivo de levantar a necessidade de *modificar os relatórios* produzidos pelos estudantes após os experimentos, que é uma continuação do próprio roteiro que guia a atividade. As respostas estiveram divididas (38% “concorda”; 46% “indiferente” e 16% “discorda”). Quando se examina o nível de concordância com a afirmação da Questão 17, de que o formato atual dos roteiros é *rígido, tipo receita* percebe-se que as respostas também se mostraram bastante divididas (30% “concordo”; 31% “indiferente” e 39% “discordo”). A dispersão das opiniões parece sugerir que este ponto é uma questão em aberto para esses estudantes. Em suma, este ponto pode estar mostrando que existe espaço para se trabalhar, se repensar roteiros e relatórios das atividades experimentais das disciplina estudada (Física IC, para engenharias).

Com base nos dados tabulados e analisados neste Estudo Preliminar e sintetizados nos parágrafos anteriores, é possível dizer que, em boa medida, a hipótese inicial de trabalho da pesquisa em curso se mostra corroborada. Ou seja, os *estudantes das engenharias mostraram um perfil mais voltado à aplicabilidade, uma perspectiva menos teórica e explicativa e mais fenomenológica, e parecem perceber o ensino de Física, particularmente o ensino de laboratório de Física, como uma oportunidade de dar significado às leis e teorias*. Manifestaram expectativas de poder vislumbrar relações entre as leis e teorias da Física com as aplicações práticas e tecnológicas comuns em seus cursos de origem.

Respaldados por esse panorama, pensamos em modificamos, inicialmente, uma das seis atividades experimentais previstas na disciplina de Física IC voltada às engenharias da UFRGS e cujo objetivo em sua súmula é oferecer conhecimentos básicos de “medidas físicas, cinemática, estática e dinâmica do ponto e do corpo rígido e Gravitação”, adotando-se um modelo de roteiro que chamamos semiaberto, pois oferece algumas fotografias para sugerir a montagem dos equipamentos e evitar que os alunos fiquem perdidos no laboratório (mostrado no Apêndice I).

Referências:

BAZZO, W.A.; PEREIRA, L.T.V; LINSINGEN, I.V. (2008). *Educação Tecnológica*. Florianópolis: Editora da UFSC.

CARTWRIGHT, N. (1983). *How the Laws of Physics Lie*. New York: Oxford University Press, 221 p.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.F.; SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, v. 23(7), 1994.

LABURÚ, C. E. (2003). Problemas abertos e seus problemas no Laboratório de Física: uma alternativa dialética que passa pelo discursivo multivocal e univocal. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.8 (3), p. 231-256.

MATTHEWS, M. R. (1995). História, Filosofia e ensino de ciência: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3: p. 164-214.

MICKLEBOROUGH, N.C.; WAREHAM, D.G. (1994). Teaching Engineering to increase motivation. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, Vol. 120, n.1, p 29-35.

MOREIRA, M.A.; VEIT, E.A. (2010). *Ensino Superior: bases teóricas e metodológicas*, São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.

NASSAR, A.B.; ALMEIDA, J.F.; BASSALO, J.M. F. (2008). A física e os novos rumos da Engenharia na Amazônia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 1, 1307.

SHIM, M.K.; YOUNG, B.J; PAOLUCCI, J. (2010). Elementary teachers' views on the Nature of Scientific knowledge: a comparison of inservice and preservice teachers approach. *Electronic Journal of Science Education* , Vol. 14, n. 1.

VILLANI, C.E.P.; NASCIMENTO,S.S. (2003). A argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de Física do Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 8(3), pp. 187-209.

APÊNDICE I (atividade modificada e utilizada em 2012/1 na Física IC)

Atividade experimental 1: Lançamento horizontal de projétil - FÍSICA IC/2012-1

NOME:

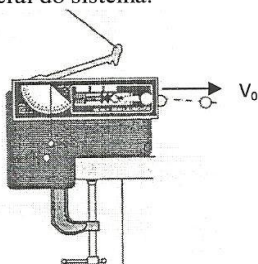
Cartão:

Turma:

Você já estudou diferentes tipos movimentos que uma partícula pode ter como MRU, MRUV e o MQL. O movimento de projéteis é uma composição dos movimentos horizontal e vertical facilmente observável no cotidiano. Então, você está habilitado a resolver um pequeno desafio. Para isso, podem ser úteis algumas fórmulas: $y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$; $v_y = v_{0y} - gt$; $x = x_0 + v_{0x}t$.

Desafio Prático:

Um lançador de projéteis, consistindo de uma mola que pode ser comprimida por um êmbolo dentro de um tubo metálico cujo esquema é mostrado na sequência, lança uma pequena esfera metálica, com velocidade inicial V_0 . A inclinação do sistema pode variar desde uma posição vertical até uma posição horizontal e o ajuste pode ser feito com o fio de prumo acoplado na lateral do sistema.



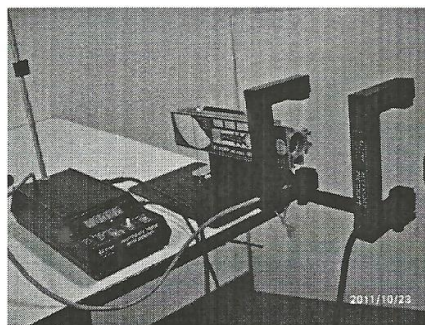
Equipamentos para montagem instrumental:

- lançador de projéteis c/suporte, grampo de fixação e alavanca disparadora (usar o primeiro estágio de compressão da mola)
- cronômetro digital com dois fotossensores
- esfera de aço
- bastão plástico
- papel de seda
- papel carbono
- fita durex
- trena

QUESTÃO: Como você faria para determinar o alcance de um lançamento horizontal da esfera (projétil)? Planeje um experimento que permita medir a velocidade inicial (V_0), estime usando as equações de movimento o alcance horizontal e, na sequência, faça medidas experimentais para verificar se o alcance da esfera se aproxima do valor estimado.

Utilize os equipamentos fornecidos, listados na tabela, sendo que uma sugestão de montagem é oferecida nas fotografias e faça as medidas que julgar necessárias para resolver esse problema.

Escreva em seu relatório o procedimento utilizado, os valores das medidas que você realizou, o valor encontrado para a velocidade inicial, o alcance horizontal estimado e o obtido experimentalmente.



Referências:

PASCO SCIENTIFIC (1995). *Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model ME-6825, Mini Launcher*. Roseville, USA.

SILVA, M. T. X. (1997). *Atividades Experimentais*. Instituto de Física, UFRGS.

CIDEPE (2011). *A Ciência além das formulas*. Livro de Atividades Experimentais (Física experimental – Unidade mestra Física geral – para computador com sensores, interface e software/EQ800), V. 2, Rev. 23.