

Clayrton Monteiro Henrique

**MONTAGEM DE APARATOS EXPERIMENTAIS DE BAIXO
CUSTO PARA EQUIPAR LABORATÓRIO DE FÍSICA DOS
ENSINOS MÉDIO E SUPERIOR**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Santos

Florianópolis/SC
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Henrique, Clayrton

Montagem de aparatos experimentais de baixo custo para equipar laboratório de física dos ensinos médio e superior / Clayrton Henrique; orientador, Márcio Santos, 2017.

151 p.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Montagem. 3. Aparatos Experimentais. 4. Atividade Experimental. 5. Laboratório de Física. I. Santos, Márcio. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Montagem de aparatos experimentais de baixo custo para equipar laboratório de física dos ensinos médio e superior.

Clayrton Monteiro Henrique

**MONTAGEM DE APARATOS EXPERIMENTAIS DE BAIXO
CUSTO PARA EQUIPAR LABORATÓRIO DE FÍSICA DOS
ENSINOS MÉDIO E SUPERIOR**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, nível Mestrado Profissional.

Florianópolis, 05 de outubro de 2017.

Prof. Dr. Márcio Santos
(UFSC/FSC – Orientador)

Prof. Dr. Oswaldo de Medeiros Ritter
(UFSC/FSC – Coordenador do Programa)

Prof. Dr. Oswaldo de Medeiros Ritter
(UFSC – Presidente)

Prof. Dr. Sidney dos Santos Avancini
(Membro titular) – UFSC/FSC

Prof. Dr. Wagner Figueiredo
(Membro titular) – UFSC/FSC

Prof. Dr. José de Pinho Alves Filho
(Membro externo) – UFSC/FSC

Dedico esta dissertação ao meu pai, *in memoriam*, e à minha mãe que, com toda dedicação e perseverança, conduziram-me no caminho do conhecimento, bem como à minha amada esposa, que sob o percurso do conhecimento, caminha a meu lado em mais uma conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela idealização do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

A todas as pessoas do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) pela execução do programa.

Ao Prof. Dr. Márcio Santos, pela atenção e dedicação empregadas na orientação deste trabalho de modo que fosse possível sua realização.

Em especial, à Área de Processos Industriais do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) Campus Lages que apoiaram a iniciativa deste projeto desde o início, sempre contribuindo para o desenvolvimento, bem como a Coordenação de Pesquisa do referido Campus pelo aporte financeiro, mediante bolsa de pesquisa, que financiou boa parte dos materiais utilizados neste trabalho.

À empresa metalúrgica que apoiou com ideias e dedicação a proposta, sem a qual não seria possível a conclusão deste trabalho e, atendendo ao seu pedido, registro aqui meu agradecimento anônimo.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho, as quais não poderia citar individualmente aqui porque foram muitas, todavia deixo registrado aqui o meu reconhecimento e agradecimento.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,
mas pensar o que ninguém pensou sobre aquilo que
todo mundo vê”.

(Arthur Schopenhauer)

RESUMO

Este trabalho pesquisou, selecionou e construiu aparatos experimentais para aplicá-los na montagem de um laboratório de física experimental. O produto didático oriundo dessa pesquisa são os referidos aparatos aplicados em roteiros experimentais. Tais aparatos foram desenvolvidos de modo que pudessem proporcionar ao professor grande flexibilidade na montagem, de tal forma que se possa adequá-los a mais de um tema de acordo com os conteúdos e objetivos definidos pelo docente. A aplicação do produto ocorreu no laboratório de física do IFSC Campus Lages e atenderá as turmas dos cursos técnico de nível médio em Eletromecânica e Mecatrônica e, desde que seja adequada a abordagem utilizada, atenderá também as turmas dos cursos superiores em Engenharia Mecânica e de Tecnologia em Processos Químicos do referido campus. A economia proporcionada na montagem do laboratório, em relação à compra de conjuntos prontos, pode facilmente ser verificada incentivando os órgãos governamentais a investir nesse ambiente que é tão importante para o ensino de Física. Além disso, a possibilidade de adequação dos aparatos foi uma grande melhoria para que se possa desenvolver novos roteiros de atividades experimentais, ampliando-se assim a gama de conteúdos teóricos que poderão ser comparados com os fatos observados na natureza que cerca o aluno constantemente. Ampliando-se ainda a possibilidade de o aluno sair do ambiente de total abstração, passar pela atividade experimental e evoluir para uma discussão do modelo por trás do fenômeno observado da origem à sua validade.

Palavras-chave: Construção. Aparatos Experimentais. Atividade Experimental. Laboratório de Física.

ABSTRACT

This work investigated, selected and built experimental apparatus to apply them in the assembly of an experimental physics laboratory. The teaching product from this research are the referred apparatuses applied in experimental scripts. Such devices were developed so that they could provide the professor with great flexibility in the assembly, so that they can be adapted to more than one theme according to the contents and objectives defined by the professor. The application of the product was performed in the physics laboratory of the IFSC Campus Lages and will attend the classes of the technical courses of high school in Electromechanics and Mechatronics and, provided the approach is appropriate, will also attend the classes of the higher education courses in Mechanical Engineering and Technology in Chemical Processes of referred campus. The economics provided in assembling the lab, concerning to the purchase of ready sets, can easily be checked by encouraging government agencies to invest in that environment that is so important to physics teaching. In addition, the suitability of the devices was a great improvement so that new routes of experimental activities can be developed, thus expanding the range of theoretical contents that can be compared with the facts observed in nature that surrounds the student. Further expanding the possibility of the student leaving the environment of total abstraction, passing through the experimental activity and evolve for a discussion of the model behind the phenomenon observed from the origin to its validity.

Keywords: Built. Experimental Devices. Experimental Activity. Physics Laboratory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Montagem do Aparato I – Haste Vertical.	59
Figura 2 – Foto do aparato haste vertical.....	61
Figura 3 – Desenho do Aparato II – Trilho.	63
Figura 4 – Detalhe do perfil do trilho.	64
Figura 5 – Foto do aparato trilho.	65
Figura 6 – Figura do Aparato III.	66
Figura 7 – Foto do aparato plano inclinado.	67
Figura 8 – Peça de aço inox adaptado com morsa.	68
Figura 9 – Peça desenvolvida com polia (rolamento).....	69
Figura 10 – Montagem final do aparato IV – Polia.	70
Figura 11 – Foto do Aparato IV – Polia.	70
Figura 12 – Régua escolar comum com duas unidades.	74
Figura 13 – Paquímetro de plástico.	75
Figura 14 – Balança digital Diamond.....	76
Figura 15 – Balança digital SF-400.	77
Figura 16 – Cronômetro digital MJ-2005.....	78
Figura 17 – Termômetro analógico (a) e digital (b).	79
Figura 18 – Estrutura de montagem para pêndulo simples.....	81
Figura 19 – Figura de Montagem Lei de Hooke.....	82
Figura 20 – Foto das molas com gancho.	83
Figura 21 – Trajetória do deslocamento ABC para medição.....	85
Figura 22 – Montagem do experimento para análise do MRUV.86	
Figura 23 – Montagem do experimento plano inclinado.	87
Figura 24 – Exemplo de aplicação do aparato plano inclinado. .	88
Figura 25 – Montagem do experimento atrito.	89
Figura 26 – Flexibilização do experimento atrito.....	90
Figura 27 – Acessório com parafuso liso para fixação da polia. 90	
Figura 28 – Integração dos aparatos haste vertical e polia.	91
Figura 29 – Foto dos acessórios e instrumentos no Campus. ...	102
Figura 30 – Foto dos aparatos entregues no Campus.	102
Figura 31 – Foto da entrega do aparato trilho.....	103
Figura 32 – Peças-padrões do próprio Campus.	103
Figura 33 – Identificação das partes do paquímetro.	113
Figura 34 – Sólidos geométricos padrões.....	113
Figura 35 – Tempo de oscilação do pêndulo simples.....	114
Figura 36 – Montagem do pêndulo simples.	119
Figura 37 – Medição de tempo de oscilação de um pêndulo....	120
Figura 38 – Situação do sistema massa-mola (Lei de Hooke)..	123

Figura 39 – Montagem do aparato com mola.....	126
Figura 40 – Plataformas de suporte de massas.....	127
Figura 41 – Corpo se deslocando horizontalmente em MRU. .	130
Figura 42 – Montagem do aparato para MRU.....	131
Figura 43 – Ilustração da queda livre de um corpo.	134
Figura 44 – Forças que agem sobre o corpo.....	138
Figura 45 – Plano inclinado para experimento de atrito.....	140
Figura 46 – Montagem para análise de atrito.	144
Figura 47 – Diagrama da situação apresentada na Figura 46...	144
Figura 48 – Experimento de forças de atrito.	146

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Prefixo das unidades mais utilizadas.....	112
Tabela 2 - Prefixo das unidades definidas no SI.....	112
Tabela 3 - Tabela para medição de comprimento.....	115
Tabela 4 - Tabela para medição de massa.	115
Tabela 5 - Tabela para medição de tempo.	116
Tabela 6 - Tabela para medição de temperatura.	116
Tabela 7 - Dados do pêndulo para comprimento L.	121
Tabela 8 - Dados coletados para determinada mola.	128
Tabela 9 - Dados coletados para o deslocamento da esfera.....	132
Tabela 10 - Dados coletados para queda livre da esfera.....	135
Tabela 11 - Dados coletados para um cubo.	141
Tabela 12 - Dados coletados para um cubo.	147

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AE	Atividade Experimental
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Comissão de Aperfeiçoamento da Educação Superior
CEPE	Colegiado de Ensino, Pesquisa e Extensão (UFSC)
CFM	Centro de Ciências Físicas e Matemáticas (UFSC)
CES	Câmara do Ensino Superior (MEC)
CNCT	Catálogo Nacional dos Cursos Técnicos
CNE	Conselho Nacional de Educação (MEC)
CPI	Controle e Processos Industriais
EaD	Educação à Distância
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
INAF	Indicador Nacional de Alfabetismo Funcional
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério da Educação
MHS	Movimento Harmônico Simples
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
MRUV	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Orientações Educacionais complementares aos PCN
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PPC	Projeto Político Pedagógico do Curso
SAEB	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica
SETEC	Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (MEC)
SI	Sistema Internacional de Unidades
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	REFERENCIAL TEÓRICO	31
2.1	ATIVIDADE EXPERIMENTAL	31
2.1.1	Abordagem de Demonstração	34
2.1.2	Abordagem de Verificação	35
2.1.3	Abordagem de Investigação	37
2.2	DOCUMENTOS NORTEADORES	40
2.2.1	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional	40
2.2.2	Parâmetros Curriculares Nacionais	42
2.3	PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM	43
2.3.1	O Ensino	44
2.3.2	A Aprendizagem	45
2.3.3	Os Sujeitos	46
2.3.4	O Ambiente Escolar	46
3	METODOLOGIA	49
3.1	A CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	49
3.2	A CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA	50
3.3	O LABORATÓRIO DE FÍSICA	52
3.4	A ESCOLHA DOS TEMAS	54
3.5	O LEVANTAMENTO	54
3.6	OS MATERIAIS	55
4	DESENVOLVIMENTO	57
4.1	DOS APARATOS EXPERIMENTAIS	57
4.1.1	Aparato I – Haste Vertical	58
4.1.2	Aparato II – Trilho	62
4.1.3	Aparato III – Plano Inclinado	65
4.1.4	Aparato IV – Polia	67
4.2	DOS ACESSÓRIOS	71

4.3	DO EXPERIMENTO I.....	72
4.3.1	Medição de Comprimento.....	73
4.3.2	Medição de Massa.....	76
4.3.3	Medição de Tempo.....	77
4.3.4	Medição de Temperatura.....	78
4.4	DO EXPERIMENTO II.....	79
4.5	DO EXPERIMENTO III.....	81
4.6	DO EXPERIMENTO IV.....	84
4.7	DO EXPERIMENTO V.....	85
4.8	DO EXPERIMENTO VI.....	87
4.9	DO EXPERIMENTO VII.....	88
5	ANÁLISE DE RESULTADOS.....	93
5.1	APLICAÇÃO.....	93
5.2	COLETA DE DADOS.....	94
5.2.1	Curso Superior.....	94
5.2.2	Cursos Técnicos.....	95
5.3	ANÁLISE.....	98
6	CONCLUSÃO.....	101
6.1	GERAL.....	101
6.2	DIFICULDADE ENCONTRADAS.....	104
6.3	TRABALHOS FUTUROS.....	104
6.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
REFERÊNCIAS.....		107
APÊNDICE A Roteiro I – Medidas Físicas.....		111
APÊNDICE B Roteiro II – Pêndulo Simples.....		117
APÊNDICE C Roteiro III – Lei de Hooke.....		123
APÊNDICE D Roteiro IV – MRU.....		129
APÊNDICE E Roteiro V – Queda Livre.....		133
APÊNDICE F Roteiro VI – Atrito I.....		137

APÊNDICE G Roteiro VII – Atrito II.....	143
APÊNDICE H Ficha de Avaliação – Docente	149
APÊNDICE I Ficha de Avaliação – Discente.....	151

1 INTRODUÇÃO

Não é novidade que a educação brasileira chegou a um momento que necessita de severas mudanças, em especial no Ensino Médio, onde a evasão é bastante alta e, dos poucos que se formam, a maioria não consegue se habilitar para o ensino superior. O acompanhamento dos indicadores educacionais traz números alarmantes, principalmente, sobre uma categoria mais recente da sociedade intitulada de “analfabetos funcionais” que geraram ainda mais debates na comunidade acadêmica. Segundo Lacanallo et al. (2007), a educação vem sofrendo críticas diante dos indicadores avaliativos (SAEB, ENEM, INAF e PISA)¹ em razão da baixa qualidade apresentada.

É fato que alguns desafios já foram superados com a evolução tecnológica como, por exemplo, o de levar o conhecimento a localidades longínquas – em um país com dimensões continentais como o Brasil – graças ao desenvolvimento e a expansão de plataformas para a Educação a Distância (EaD). Novas discussões sobre as práticas de ensino transcenderam o ensino tradicional em sala de aula para formas mais integradas de ensino, as quais o aluno é, de fato, o ator principal do processo de ensino e aprendizagem.

Quanto à formação docente, Bastos (2017) afirma que:

[...] a preparação de professores tem sido assunto de intensas e constantes discussões, tanto no Brasil quanto em âmbito internacional, envolvendo problemas não só pedagógicos, mas também ideológicos e filosóficos e à proporção em que se vai debatendo tais problemas, novos elementos surgem ao debate. (BASTOS, 2017, p. 08).

Transformações também ocorreram nos processos avaliativos que se resumiam a provas bimestrais e, atualmente, já se encontram inseridos em novas metodologias que oportunizam avaliar diversos aspectos da aprendizagem, utilizando-se de diferentes métodos de avaliação. Apesar de grandes evoluções, o país ainda vivencia uma crise econômica e política que culminou em grandes transformações na sociedade, em

¹ Os principais indicadores utilizados na avaliação do ensino no Brasil são o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB), o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), o Indicador de Alfabetismo Funcional (INAF) e o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA).

diversas áreas, deixando a educação um pouco afastada do foco das discussões mais significativas durante esse período.

Um grande debate ainda em curso se refere a alteração do ensino médio que, face às suas nuances específicas, ainda depende da aprovação da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e que, até a conclusão deste trabalho, ainda não havia sido aprovada. Desta aprovação depende a implementação do novo ensino médio, pois ela apresentará o conjunto de conteúdos essenciais que norteará os novos currículos escolares.

Uma grande discussão na comunidade acadêmica ainda se dá sobre os melhores métodos a serem aplicados no processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, ainda paira outra discussão acerca do uso das Atividades Experimentais (AE) em relação às atividades computacionais (ou simulações). Mas se há um consenso, pode-se atribuir ao fato de que ambas as atividades podem, a partir de modelos físicos, aproximar o aluno à realidade da natureza que o cerca.

O foco deste trabalho é construir aparatos experimentais que permitam a flexibilidade de uso em AE sugeridas, contribuindo para as disciplinas de Física nos ensinamentos técnicos de nível médio e superior, de modo a viabilizar a aprendizagem de todos os sujeitos. Sobre a aprendizagem Lacanallo et al. (2007) afirma que:

Atualmente muitos educadores procuram entender e responder aos desafios da educação considerando somente os elementos da contemporaneidade. Numa época de crises e transformações não só nas esferas políticas e sociais como também nas científicas e pedagógicas, os processos de ensino objetivam viabilizar a aprendizagem a todos. A multiplicidade de sujeitos, saberes, espaços e tempos não pode ser secundarizada nas práticas escolares. (LACANALLO et al., 2007, p. 01).

Muitas são as contribuições que as AE podem trazer para alunos e professores de Física, seja dentro ou fora da sala de aula, pois permite despertar no aluno o senso crítico a partir de observações que se aproximam da situação real cotidiana, enquanto que, para o professor, constitui poderosa ferramenta na prática docente de disseminador do conhecimento científico. Adicione-se, aos fatos motivacionais e cognitivos, o fato de que o erro medido entre o valor esperado (modelo) e o valor observado (experimental) podem, dependendo da abordagem utilizada, trazer contribuições mais proveitosas do que desastrosas às AE, como geralmente se acredita.

Diferentemente da atividade computacional (ou simulação) – na qual, geralmente, não se foge muito do modelo físico teórico por ser um ambiente mais controlado e ainda que possamos inserir perturbações no sistema em estudo – as AE estão sujeitas a diversos erros que, se detectados e bem aproveitados, tornam-se poderosas ferramentas de auxílio à aprendizagem.

Muitas escolas públicas, e até mesmo escolas privadas, não dispõem de Laboratório de Física, ainda que haja espaço disponível em sua estrutura física para isso, fazendo com que muitos professores de Física levem consigo aparatos simples para demonstrações experimentais dos mais diversos conteúdos. No entanto, tal atitude pode tornar desgastante a rotina do professor que, além de manter tais materiais consigo, precisa deslocá-los de uma escola para outra, na maioria das vezes, no mesmo dia. Dessa forma, um local específico para manter todas as AE nas escolas é de fundamental importância para o Ensino de Física, pois permite ao professor, além de interromper essa “migração de materiais”, preocupar-se mais em buscar novas ferramentas e recursos para melhorar o processo de ensino e aprendizagem na escola onde atua.

Dessa forma, há necessidade de se ampliar a oferta dos ambientes experimentais, tornando-os parte essencial na infraestrutura escolar, visando atender ao estabelecido na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB (2016), a qual apresenta:

Art. 35. O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de 3 (três) anos, terá como finalidades:

[...] IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (LDB, 2016, p. 14).

Entretanto, ao tentar equipar um laboratório de Física somente utilizando aparatos de empresas especializadas, iremos esbarrar em custos que podem tornar o ambiente inviável para a escola, em especial, às públicas. Cabe salientar que não se pretende discutir aqui a qualidade dos materiais fornecidos por empresas especializadas, pois, certamente, estes atendem de sobremaneira as necessidades para as quais foram desenvolvidos, portanto salienta-se somente a possível inviabilidade na aquisição desses produtos, em termos de custos, pela escola.

Dessa forma, considerando-se o custo como um dos critérios para o desenvolvimento dos aparatos experimentais, visando aplicá-los em AE

na escola, deve-se ter consciência de que é importantíssimo que a relação custo/benefício seja atendida, de modo que não se perca a qualidade nas atividades propostas em sala como, por exemplo, inserindo erros absurdos nas etapas de coleta de dados devido, mais especificamente, às falhas na confecção do aparato experimental em si. Neste contexto, busca-se responder aos seguintes questionamentos: (i) como montar um laboratório de Física de baixo custo para atender os conteúdos da Mecânica? e (ii) como construir aparatos experimentais que permitam ser flexíveis para atender mais de uma AE?

Este trabalho tem por objetivo construir aparatos experimentais para equipar um laboratório de Física de baixo custo, aos quais serão desenvolvidos de modo a proporcionar ao professor um rol significativo de AE distintas para aplicação nos ensinamentos técnicos de nível médio e superior. Os aparatos desenvolvidos, instrumentos e acessórios deste trabalho equipam o Laboratório de Física do IFSC Campus Lages e atendem aos Cursos Técnicos de Nível Médio em Mecatrônica e em Eletromecânica, além dos Cursos Superiores em Engenharia Mecânica e de Tecnologia em Processos Químicos. Visando melhor organização dos materiais apresentados no trabalho, este foi estruturado em seis capítulos, os quais serão descritos a seguir.

No **Capítulo 1** foram apresentadas introdução, justificativa e os objetivos propostos neste trabalho, bem como a sua divisão no decorrer de seu desenvolvimento. No **Capítulo 2** são apresentados os referenciais teóricos, os documentos norteadores da educação e os processos envolvidos, além de apresentar algumas das abordagens mais recorrentes na aplicação das AE, e ainda, alguns dos fatores sobre a viabilidade de aplicá-las. No **Capítulo 3** são apresentadas a caracterização da pesquisa, a caracterização da escola, as técnicas da seleção dos materiais e a forma de seleção dos temas abordados, além dos procedimentos utilizados para levantamento e seleção dos materiais, de tal forma que atinjam os objetivos propostos em cada atividade sugerida.

No **Capítulo 4** são apresentados os métodos de construção dos aparatos experimentais, a seleção de materiais e as formas de montagem de cada aparato visando atender às finalidades que se destinam em cada um dos roteiros sugeridos. Ainda neste capítulo, são apresentadas algumas limitações e considerações de contorno, de forma mais detalhadas, visando auxiliar o professor em sua aplicação do produto final em uma futura montagem do laboratório.

No **Capítulo 5** são apresentados os resultados parciais da aplicação na escola caracterizada, bem como os formulários de coletas dos dados e suas análises. Finalmente, no **Capítulo 6** será apresentada a conclusão do

trabalho, incluindo-se as principais dificuldades encontradas em seu desenvolvimento, bem como sugestões de propostas para trabalhos futuros. Nos **Apêndices** são apresentados os roteiros experimentais elaborados como sugestões para a aplicação dos aparatos experimentais, proporcionando ao professor ferramentas para facilitar sua aplicação. Ainda nesta parte do trabalho constam dois formulários desenvolvidos para prover a avaliação dos aparatos por parte do professor, bem como das AE por parte dos alunos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são apresentados os referenciais teóricos que embasam o objeto de estudo. A AE é um recurso didático para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Este processo é tema recorrente na área de educação, pois abrange, além dos alunos – principais sujeitos do processo – docentes, pedagogos, psicólogos e especialistas em neurociência. Estes últimos buscam saber como a mente humana é capaz de apropriar-se do conhecimento, a fim de tornar a aprendizagem significativa² para os sujeitos.

2.1 ATIVIDADE EXPERIMENTAL

A importância das AE já está bem fundamentada na comunidade acadêmica, destacando-se como importante recurso didático no ensino de Física. Sobre tal importância Cassaro (2012) afirma que:

A atividade experimental é reconhecida pelos mais representativos modelos de ensino das ciências pelo que somos levados a admitir que este possui efetivamente potencialidade educativas relevantes. Mas, não são suficientes as atividades de “mãos na massa”; é necessário também recorrer a experiências que envolvam “cabeça na massa”, ou seja, para lá de manipular equipamento, é preciso manipular idéias. Nesta perspectiva, propiciar a Aprendizagem Significativa implica colocar aos alunos situações problemáticas cuja procura de solução conduza à reestruturação do conhecimento que já possui. (CASSARO, 2012, p. 29-30).

Nesse contexto, soltar uma laranja de uma determinada altura, por mais comum que possa parecer a “olhos simplistas”, pode ser uma AE de grande valor científico. Certamente, você deve ter imaginado a referida situação e, provavelmente, até pensado rapidamente em uma explicação coerente para o fenômeno. No entanto, as AE são muito mais amplas do que meras observações cotidianas, elas devem aproximar a teoria, pautada em modelos, à realidade que vivenciamos diariamente por estarmos envolvidos pela natureza, ainda que não sejamos capazes de compreendê-la ou explicá-la em sua totalidade.

² Teoria de aprendizagem proposta por David Paul Ausubel (1908-2008).

Sobre o papel da AE, Araújo e Abib (2003) explicam que:

[...] A análise do papel das atividades experimentais desenvolvida amplamente nas últimas décadas revela que há uma variedade significativa de possibilidades e tendências de uso dessa estratégia de ensino de Física, de modo que essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas idéias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo assim atingir um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 177).

Oliveira (2010) destaca algumas das possíveis contribuições das AE para o ensino e aprendizagem de ciências, são elas:

- Motivar e despertar a atenção dos alunos;
- Desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo;
- Desenvolver a iniciativa pessoal e a tomada de decisão;
- Aprimorar a capacidade de observação e registro de informações;
- Aprender a analisar dados e propor hipóteses para os fenômenos;
- Aprender conceitos científicos;
- Detectar e corrigir erros conceituais dos alunos;
- Compreender a natureza da ciência e o papel do cientista em uma investigação;
- Compreender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade;
- Aprimorar habilidade manipulativas; e
- Estimular a criatividade. (OLIVERA, 2010, p. 141-146).

Dentre as inúmeras pesquisas acerca das AE, Araújo e Abib (2003) enfatizam que a forma e os meios para que a experimentação seja empregada podem diferir nas propostas investigadas, uma vez que os trabalhos dos diferentes autores acerca do tema apontam para diversas tendências no uso desse tipo de estratégia de ensino. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 177).

Muito se discute sobre a AE no ensino de ciências na educação básica, mas é unânime o entendimento sobre a necessidade de se ter objetivos bem definidos e que, ao aluno, sejam garantidos meios ou recursos para atingi-los. As AE se tornam mais intuitivas aos alunos a medida que se deparam com ela de forma frequente. No entanto, não é somente a frequência com que as situações podem ser impactantes no processo de ensino e aprendizagem do aluno. O processo para uma aprendizagem eficaz depende de inúmeros fatores, dentre os quais os mais prementes são: o talento do professor, o tipo intelectual do aluno, as oportunidades oferecidas pelo ambiente imediato da escola, perspectivas futuras de vida do aluno. (MOTA; PEREIRA, 2001, p. 02).

Adicione-se a esses fatores: a extensão dos conteúdos, os materiais experimentais disponíveis, a quantidade de aulas, o tempo disponível para preparação pelo professor e a abordagem dos livros didáticos. Um critério importante a ser observado é que os fatores listados aqui não se encontram em ordem de importância, uma vez que a realidade da escola onde as AE serão aplicadas irá ponderar maior peso em alguns fatores em detrimento de outros de acordo com a realidade local.

Cabe salientar ainda alguns aspectos que Cassaro (2012) afirma ser necessário intervir para melhorar a aprendizagem baseada em AE:

- as tarefas propostas devem ser motivadoras, podendo assumir a forma de problemas abertos, promovendo a discussão e desafiando o pensamento crítico dos alunos e permitindo-lhes dar asas à sua criatividade;
- os materiais curriculares devem ser pensados e elaborados tendo em conta os conhecimentos que os alunos já possuem e as aprendizagens que se pretendem promover, fazendo-os refletir sobre os conceitos e suas relações;
- os professores devem ser sensibilizados para postura diferente em relação ao que é ciência e fazer ciência, ultrapassando um posicionamento empirista da resposta única e correta;
- as escolas devem assegurar as condições físicas e temporais que permitam uma boa interrelação teoria/prática, no ensino das ciências. (CASSARO, 2012, p. 30).

Existem outros fatores que podem impactar a viabilidade da aplicação das AE em sala de aula, mas estes foram selecionados por terem maior impacto no processo de ensino e aprendizagem, os quais serão priorizados neste estudo. Qualquer que seja a estratégia de ensino, ela pode estar pautada em diferentes abordagens (ou métodos) de acordo com os objetivos propostos pelo professor. Assim, as AE também permitem ser aplicadas sob diferentes abordagens, com destaque maior para as AE de demonstração, de investigação e de verificação, as quais serão apresentadas a seguir.

2.1.1 Abordagem de Demonstração

Esta é uma das formas mais utilizadas das abordagens da experimentação no âmbito acadêmico, pois possibilita ilustrar alguns aspectos dos fenômenos físicos, propiciando aos alunos a elaboração de representações mais concretas do que as relativas ao conteúdo abordado em sala de aula, as quais são, geralmente, abstratas. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 181).

Elas se caracterizam como atividades de laboratório realizadas pelo professor e sendo de sua inteira responsabilidade, fazendo com que o aluno seja mero espectador, pois sua interação com o material experimental é praticamente nula. Estas atividades devem ser simples, rápidas e, conforme já mencionado, devem ser claras em relação aos objetivos pretendidos pelo professor. (FORÇA; LABURÚ; SILVA, 2011, p. 03).

Gaspar e Monteiro (2005) explicam que:

A expressão ‘atividade de demonstração’, no ambiente escolar, pode referir-se a qualquer apresentação em sala de aula, não vinculada ao uso do quadro-negro, como, por exemplo, a exibição de um filme ou de um slide, cuja atividade pode ser considerada pedagogicamente válida. [...] As atividades de demonstração dessa natureza não se restringem à sala de aula. Podem ser apresentadas também em outros ambientes em função dos quais adquirem características diferentes. (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p. 228).

Para os autores, tanto as AE de demonstração quanto as demais atividades tradicionais de laboratório apresentam dificuldades comuns para sua aplicação, desde a falta de materiais e equipamentos até a

inexistência de orientação pedagógica apropriada. Porém, alguns fatores favorecem este tipo específico de abordagem:

- Possibilidade de ser realizada com único equipamento;
- Sem a necessidade de uma sala de laboratório específico;
- Possibilidade de se utilizar em meio à apresentação teórica; e
- O fator mais importante: a motivação ou interesse dos alunos (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p. 227-228).

Esta abordagem ainda é bastante aplicada, todavia cabe enfatizar que se deve ter bem claro a sua finalidade, as nuances da sua organização, os momentos da aplicação, bem como a organização do ambiente e, até mesmo, dos aparatos e materiais que serão utilizados, para que se atinjam os objetivos propostos na discussão do fenômeno observado. Nessa temática, Oliveira (2010) conclui que:

[...] embora as atividades experimentais demonstrativas sejam fechadas e definidas pelo que se deseja abordar na aula, na maioria das vezes não favorecendo variações nas discussões com os alunos, é importante que o professor, ao adotá-las, propicie oportunidades para que os alunos possam refletir sobre os fenômenos observados, formulem hipóteses, analisem variáveis que interfiram no experimento, discutam criticamente os conteúdos científicos que explicam os fenômenos. (OLIVEIRA, 2010, p. 148).

2.1.2 Abordagem de Verificação

São atividades que permitem ao aluno acompanhar, por meio de um roteiro (ou texto-guia) estruturado de forma semelhante a uma “receita de bolo”, a sequência das AE. Apesar de permitir uma participação mais ativa por parte do aluno, sua tomada de decisão é limitada, uma vez que o roteiro, geralmente, impossibilita a modificação da montagem experimental. (FORÇA; LABURÚ; SILVA, 2011, p. 04).

A importância dessa abordagem é bem conhecida pelos professores que atuam no ensino de Física, uma vez que o próprio docente, quando aluno, já realizara algumas AE nesses moldes, geralmente. É fácil perceber que essa abordagem se aplica de forma muito clara, pois sua metodologia permite ao aluno seguir uma sequência

completa para aplicação das AE, desde a preparação do ambiente até a coleta de dados, de acordo com os objetivos propostos pelo professor.

Embora novos formatos de aulas experimentais venham sido relatadas atualmente, Oliveira (2010) alerta que tal abordagem ainda está presente nas práticas adotadas nas escolas por terem algumas vantagens, apontadas pelos professores, em sua utilização, ainda que pese a necessidade de prévia do conteúdo abordado, ou seja, que deva ser realizada após atividade de aula expositiva do conteúdo. (OLIVEIRA, 2010, p. 148-149).

O formato de “receita de bolo” representa uma maneira clássica de aplicação das AE, a qual é apresentada por Seré et al. (2003):

A maneira clássica de utilizar o experimento é aquela em que o aluno não precisa discutir; ele aprende como se servir de um material, de um método; a manipular uma lei fazendo variar os parâmetros e a observar um fenômeno. (SERÉ et al., 2003, p. 31).

Nesta temática, o PCN+ (2000) alerta que:

A experimentação faz parte da vida, na escola ou no cotidiano de todos nós. Assim, a idéia de experimentação como atividade exclusiva das aulas de laboratório, onde os alunos recebem uma receita a ser seguida nos mínimos detalhes e cujos resultados já são previamente conhecidos, não condiz com o ensino atual. As atividades experimentais devem partir de um problema, de uma questão a ser respondida. Cabe ao professor orientar os alunos na busca de respostas. (PCN+, 2000, p. 55).

Este tipo de abordagem se aproxima de mera repetição, pois não permite ao aluno, principal sujeito do processo de ensino e aprendizagem, a alteração de suas concepções antigas por novas e também por considerarem os roteiros como uma forma repetitiva e mecânica de se desenvolver uma AE. Todavia, vale ressaltar a necessidade da sequência metódica incluídas nos roteiros experimentais que, como em manuais de operação de qualquer dispositivo, previne quanto ao manuseio, à segurança e à integridade das pessoas, dos equipamentos e dos ambientes.

Como todo experimento é concebido à luz de um modelo teórico, e deve representar a realidade, sob determinadas condições iniciais e de contorno, escolher corretamente as atividades deve ser um ponto muito relevante quando pretende-se utilizar essa abordagem, pois não são todos os conteúdos que poderão ser vivenciados e confrontados às situações teóricas, nem tampouco na forma de situações práticas que façam “saltar aos olhos” dos alunos uma nova concepção cognitiva de determinado fenômeno natural.

Segundo Giani (2010), a grande maioria das atividades experimentais utilizadas atualmente possuem protocolos de laboratório (ou roteiros) “fechados”, pois não permitem ao aluno seguir um caminho diverso do definido, ou seja, com pouca ou nenhuma flexibilidade, o que não permite a reflexão por parte dele, sendo de forma predominante como experimentos de verificação. (GIANI, 2010, p. 34-35).

2.1.3 Abordagem de Investigação

Ao contrário das duas últimas abordagens apresentadas, a abordagem de investigação não faz uso de roteiros fechados ou, caso exista, é flexível, permitindo ao aluno, no decorrer das etapas experimentais, diversas possibilidades de modificação ou intervenção visando a explicação do fenômeno observado. Assim, o método investigativo se mostra interessante no tangente à educação científica, oportunizando desenvolver no aluno as habilidades de observação, formulação, manipulação, sistematização, discussão, etc. (OLIVEIRA, 2010, p. 150).

O erro nesta abordagem é, de certa forma, um aliado importante para a discussão do modelo, diferentemente da abordagem de verificação onde eram minimizados, pelo fato de que os roteiros eram bem criteriosos e, praticamente, evitava-se ao máximo a ocorrência de erros. No entanto, devem ser dadas condições ao aluno de explorar e responder as dúvidas que surgiram durante as AE, bem como dar tempo para que debatam, após as AE, a análise dos resultados obtidos confrontando-os com a teoria estudada. Sobre este tema, Seré et al. (2003) destaca que:

Um enfoque cada vez mais considerado graças ao uso da informática consiste em traduzir sob diferentes formas um conjunto de dados relativos a um fenômeno: coletar dados e selecioná-los eventualmente; encontrar modelos diferentes e testá-los no computador. Essa é uma maneira de

servir-se da teoria. Assim, é possível comparar modelos e determinar o domínio de validade de uma lei. Pode-se também, antes de ensinar uma lei, pedir aos alunos que imaginem um modelo. (SERÉ et al., 2003, p. 32).

Acerca de algumas dificuldades para a implementação deste tipo de abordagem, por parte do professor, Giani (2010) ressalta que:

[...] uma das preocupações referente às investigações é o tempo de realização. Este problema preocupa a maioria dos professores e pesa na hora de selecionar uma atividade. Os docentes em geral são pouco conscientes de que a aprendizagem, que implica conhecimentos, procedimentos e atitudes, requer tempo, pois é necessário expressar ideias, confrontá-las, testá-las e comprová-las ou refutá-las com a reflexão durante todo o processo. Este é um processo lento e demorado. O professor que queira desenvolver uma investigação tem que ter consciência das dificuldades que terá. (GIANI, 2010, p. 36).

A autora destaca também as dificuldades por parte do aluno:

O aluno também não está habituado com este tipo de atividade, pois desde as séries iniciais foi condicionado a receber tudo pronto. Sendo assim, pode haver uma resistência por parte do estudante na utilização de protocolos mais flexíveis, uma vez que estão familiarizados com o roteiro tipo “receita”, em que tudo já vem pronto. Além disso, ele pode se sentir inseguro para a execução das atividades, quando não recebe orientação considerada adequada. (GIANI, 2010, p. 36).

Araújo e Abib (2003) concluem que o caráter de investigação deste tipo de abordagem pode ser considerado um elemento facilitador para uma abordagem centrada nos aspectos cognitivos do processo de ensino e aprendizagem, objetivando uma transformação mais profunda nos alunos. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 186).

Quadro 1 – Principais características das AE.

	Tipos de abordagens das AE		
	Demonstração	Verificação	Investigação
Professor	Executa as AE; Provê explicações para os fenômenos.	Fiscaliza a atividade dos alunos; Dirimi dúvidas sobre a montagem; Avalia e corrige erros.	Orienta as atividades; Incentiva e questiona as decisões dos alunos.
Aluno	Observa as AE. Solicita ou sugere explicações.	Executa as AE; Explica os fenômenos observados.	Pesquisa, planeja e executa as AE; Debate as explicações.
Roteiro	Fechado, estruturado e de posse exclusiva do professor.	Fechado e estruturado.	Ausente ou, quando presente, aberto ou não estruturado.
Momento	Central, para ilustração; ou após a abordagem expositiva	Após a abordagem do conteúdo em aula expositiva.	A atividade pode ser a própria aula ou antes da abordagem do conteúdo.
Vantagens	Demandam pouco tempo; podem ser integradas à aula expositiva; úteis quando não há recursos materiais ou espaço físico suficiente para todos os alunos realizarem a prática.	Os alunos têm mais facilidade na elaboração de explicações para os fenômenos; é possível verificar através das explicações dos alunos se os conceitos abordados foram compreendidos.	Os alunos ocupam uma posição mais ativa; há espaço para criatividade e abordagem de temas socialmente mais relevantes; o “erro” é mais aceito e contribui para o aprendizado.
Desvantagens	A simples observação do experimento pode ser um fator de desmotivação; é mais difícil para manter a atenção dos alunos; não há garantia de que todos estarão envolvidos.	Pouca contribuição do ponto de vista da aprendizagem de conceitos; o fato dos resultados serem relativamente previsíveis não estimula a curiosidade dos alunos.	Requer maior tempo para sua realização. Exige um pouco de experiência dos alunos na prática de atividades experimentais.

Fonte: OLIVEIRA, 2010, p. 151. (adaptado)

Cabe salientar que, independentemente da abordagem utilizada, o professor deve sempre buscar a que não permita aos seus alunos se sentirem deslocados dentro do ambiente escolar, de modo a proporcionar uma boa integração em grupo, incentivando a participação dos alunos na solução dos problemas apresentados no decorrer da atividade prática.

Não é objetivo deste trabalho prover abordagem específica para os roteiros sugeridos, ainda que eles se apresentem na forma de abordagem de verificação, o professor tem total liberdade para adaptá-los à abordagem que acreditar ser conveniente ao público, turma, fase, série, ano ou ambiente de aplicação que dispuser. Recomenda-se, contudo, que sejam adaptados os conteúdos e objetivos para que, se possível, seja utilizada a abordagem de investigação, principalmente pelas vantagens apontadas no Quadro 1. Quanto a transposição didática, cabe ao professor adequá-la de acordo com o nível e modalidade de ensino da turma.

2.2 DOCUMENTOS NORTEADORES

Nesta seção são apresentados os principais documentos que norteiam a educação básica no Brasil. Tais documentos são resultados de intensas discussões entre a sociedade, comunidade acadêmica e especialistas, e foram traduzidas em políticas públicas com a finalidade de melhoria da educação em nosso país. Este documento está dividido em duas partes, a primeira se refere à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9.394/1996 em sua décima segunda edição publicada no ano de 2016. A segunda parte se refere aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e suas orientações (PCN+), os quais definem os conteúdos comuns a serem aplicados ao ensino médio de modo a garantir a uniformidade dos conteúdos em nível nacional.

2.2.1 Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

A educação nacional é um assunto que sempre gera grandes debates na sociedade. Atualmente, esta discussão se intensificou, principalmente, após grandes episódios que eclodiram sobre as mais diversas formas de corrupção que assolam o Brasil. O ponto mais relevante dessas discussões, excetuando-se o problema da corrupção, refere-se ao que os professores devem ou não abordar em cada um dos níveis da educação básica.

Conforme a LDB (2016), o ensino médio é a etapa final da educação básica no Brasil, com duração mínima de três anos e tem como uma de suas finalidades aprimorar o educando como pessoa humana,

incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico (LDB, 2016, p. 14). Não é objeto deste trabalho discutir aspectos das leis, nem mesmo a possível alteração nas leis que regem a estrutura de funcionamento do ensino médio no Brasil. Independentemente do que possa vir a acontecer, face as alterações em andamento na BNCC, as AE para apropriação de conhecimento continuarão a ser de extrema importância.

Para muitas pessoas o ensino médio é um divisor de águas, justamente por ser o ponto de decisão para os jovens que pretendem acessar o curso superior e, assim, realizar a escolha de sua profissão. Nesse contexto, os familiares, amigos e a própria sociedade “pressionam” o jovem a tomar uma decisão, até o momento da realização do exame de avaliação (vestibular). Questiona-se então: O vestibular é, de fato, um exame de conhecimentos, pautado em avaliar se foram atingidos os objetivos do ensino médio ou é, simplesmente, uma forma de limitação dos indivíduos ao curso superior?

Acerca desse tema, são finalidades do ensino médio, conforme destaca a LDB (2016) em seu Art. 35:

- I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (LDB, 2016, p. 14).

Baseado no texto acima, pode-se afirmar que não há como realizar uma reforma curricular **apenas no ensino médio**, pois ele depende dos conhecimentos do ensino fundamental de modo a consolidá-lo e aprofundá-lo em seguida. Sobre as abordagens dentro do processo de ensino e aprendizagem a LDB (2016) sugere que o currículo do ensino

médio observará como diretriz a adoção de “metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa de estudantes”. (LDB, 2016, p. 14).

Acerca da discussão sobre o que se deve ou não abordar, isto é, sobre o currículo a LDB (2016) é bem clara e define que:

Art. 26. Os currículos da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos. (LDB, 2016, p. 12).

A LDB cita algumas disciplinas, em especial, quanto a forma de suas ofertas, enquanto os conteúdos específicos a serem abordados estão definidos nos PCN's, pois, até o momento da finalização deste trabalho, ainda não foi concluída a edição da nova BNCC. Os PCN serão apresentados no item a seguir.

2.2.2 Parâmetros Curriculares Nacionais

Após grandes discussões, debates e mobilizações, surge o PCN com o objetivo de atender ao preconizado na LDB sobre a base nacional comum curricular. No entanto, sabe-se que universalizar um único currículo nacional exige um esforço muito grande, pois o conhecimento científico está sempre em constante evolução. Logo, os PCN trazem uma divisão por áreas de conhecimento, permitindo estruturar melhor os parâmetros. Assim, os PCN's são divididos em três grandes áreas, as quais englobam-se as subáreas descritas a seguir:

- **Linguagens, Códigos e suas Tecnologias** que engloba as disciplinas de Língua Portuguesa, Língua Estrangeira e Artes.
- **Ciências da Natureza, Matemáticas e suas Tecnologias** que engloba as disciplinas de Biologia, Física, Química e Matemática.
- **Ciências Humanas e suas Tecnologias** que engloba as disciplinas de História, Filosofia, Geografia e Sociologia.

Ao novo modelo, definido por temáticas/competências, chamou-se de PCN+, com a ideia de acrescentar ao PCN novas abordagens e metodologias para vencer o desafio de definir eixos específicos para o

currículo do ensino médio nacional. Cabe ressaltar que as três áreas acima organizam e interligam as disciplinas, mas não as diluem e nem as eliminam. Para que haja uma boa articulação entre as diversas áreas acima, faz-se necessário, a partir de determinado conhecimento, desenvolver métodos comuns e preparar o trabalho de cada disciplina e de seu conjunto (PCN+, 2000). Assim,

Essa articulação interdisciplinar intra-área não deveria ser vista simplesmente como um produto novo, a ser apresentado à escola, pois, sob certos aspectos, é uma dívida antiga que se tem com o aluno. Uma parcela dessa dívida poderia ser paga com a apresentação de uma linguagem e da nomenclatura realmente comuns entre várias das disciplinas. Por exemplo, quando na Biologia se fala em energia da célula, na Química se fala em energia da reação e na Física em energia da partícula, não basta que tenham a mesma grafia ou as mesmas unidades de medida. São tratados em contextos distintos os três temas, que o aluno não pode ser deixado solitário no esforço de ligar as “coisas diferentes” designadas pela mesma palavra. O problema da escola é que, a despeito de estarem estas três energias relacionadas, nem mesmo os professores que usam esses termos estão à vontade para interpretar seu significado em outra disciplina além da sua. Enfim, com um objetivo mais pedagógico do que epistemológico, é preciso um esforço da escola e dos professores para relacionar as nomenclaturas e, na medida do possível, partilhar culturas. (PCN+, 2000, p. 19).

Todas as normatizações apresentadas, e suas derivações, são fundamentadas nos princípios da formação dos sujeitos, os quais são subsidiados pelo processo de ensino e aprendizagem, o qual visa formar cidadãos com senso crítico mais atuantes para o desenvolvimento do país. Este processo será abordado no tópico seguinte.

2.3 PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Nesta seção são apresentados aspectos fundamentais do processo de ensino e aprendizagem, focando nos principais atores que contribuem

direta ou indiretamente para a sua melhoria, bem como nos principais problemas e desafios encontrados pela comunidade acadêmica quando do planejamento, apresentação, execução e análise dos resultados da educação. A seguir inicia-se a parte mais conhecida do processo: o ensino.

2.3.1 O Ensino

É a parte responsável pela transposição didática³ do conteúdo do professor aos alunos. No entanto, atualmente, sabe-se que muitas são as formas de atuar na interação professor-aluno de modo a integrar diversos conhecimentos envolvidos. Para isso, faz-se o uso de ferramentas de ensino visando atender determinados objetivos, bem como determinados públicos-alvo. Como exemplo, pode-se citar a aprendizagem intuitiva que algumas pessoas têm em visualizar um vídeo e saber apresentá-lo aos demais; outras pessoas têm a capacidade mais focada na leitura de um texto sobre determinado conteúdo e, dessa forma, são capazes de apropriar o conhecimento a partir dos detalhes relativos a cenário, personagens, datas e eventos que se apresentam ali; outras, por sua vez, são mais susceptíveis ao método tradicional de ensino, no qual o professor discursa e o aluno pode copiar o conteúdo em um quadro, assimilando-o por meio da audição e escrita. Apesar disso, devemos ter claro que:

O ato de ensinar envolve sempre uma compreensão bem mais abrangente do que o espaço restrito do professor na sala de aula ou às atividades desenvolvidas pelos alunos. Tanto o professor quanto o aluno e a escola encontram-se em contextos mais globais que interferem no processo educativo e precisam ser levados em consideração na elaboração e execução do ensino. (MOTA; PEREIRA, 2001, p. 05).

Independentemente da forma de melhor aproveitamento de cada aluno, o professor deve transpor o conteúdo de forma que atenda a grande maioria dos alunos e, como isso não é tarefa fácil, deve sempre buscar mecanismos que possibilite uma melhor forma de compartilhar o conhecimento, dentre os quais, atualmente, destacam-se o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na educação.

³ Termo que se refere à análise da transposição do saber científico para o saber a ensinar (livros didáticos) e, por este, ao saber ensinado em sala de aula. (POLIDORO; STIGAR, 2010, p. 153-154).

Assim, Souza e Lohn (2002) definem que:

[...] ensinar, portanto, não é atividade que, inexoravelmente, produza conhecimento, pois, para isso, é preciso que o que ensinamos se conecte com interesses, crenças, valores ou saberes daqueles que se colocam em situações de copartícipes do processo de aprendizagem. Trata-se de um processo singular, substantivado pelas variadas expressões da cultura local e das formas de linguagem com as quais as culturas se expressam e permitem aos sujeitos dizer sua palavra, vivenciar seu estar no mundo, exercer sua interferência na história. (SOUZA e LOHN, 2002, p. 34).

São muitos os conhecimentos a serem desenvolvidos nas diversas áreas que foram delimitadas no PCN e, para isso, objetiva-se muito a interdisciplinaridade nos cursos o que pode ser expandido para as provas do ENEM, no qual uma questão muito próxima da realidade do aluno, como por exemplo, realizar uma compra em determinada loja, pode envolver temas como comunicação (língua portuguesa), bem como operações lógicas e aritméticas (matemática). Logo, a interdisciplinaridade, neste caso, pode ser apresentada como uma integração entre diversas áreas do conhecimento humano aplicada em situações cotidianas. Ela está intimamente ligada com a forma com a qual os sujeitos aprendem – a aprendizagem – tema que será abordado a seguir.

2.3.2 A Aprendizagem

Segundo Mota e Pereira (2001), “a aprendizagem é um processo contínuo que ocorre durante toda a vida do indivíduo, desde a mais tenra infância até a mais avançada velhice”. Assim, a aprendizagem é um processo de desenvolvimento do indivíduo que permite que sejam desenvolvidas novas habilidades durante as várias fases de sua vida, pois está relacionada diretamente com o desenvolvimento cognitivo. (MOTA; PEREIRA, 2001, p. 03).

Dessa forma, a aprendizagem é o que se espera alcançar como resultado de um planejamento de ensino, visando a significação de determinado conteúdo – previsto no PPC do curso – estabelecendo-se novas concepções que modificarão às antigas do aluno, assimiladas no decorrer de sua vida.

Portanto, a aprendizagem é um processo de assimilação de determinados conhecimentos e modos de ação física e mental, organizados e orientados no processo de ensino e aprendizagem. Portanto, a escola não pode se esquecer de que a aprendizagem de um novo conceito, por parte do aluno, envolve a relação com o que o aluno já aprendeu. Logo, as experiências e vivências do aluno favorecem novas aprendizagens no contexto escolar. (MOTA; PEREIRA, 2001, p. 02-04).

2.3.3 Os Sujeitos

São os principais protagonistas do processo de ensino e aprendizagem, pois são para os alunos que professores, diretores, pesquisadores e demais membros da comunidade escolar trabalham. Neste trabalho, consideramos como sujeitos do processo os alunos do ensino médio, técnico ou superior que poderão vir a utilizar os aparatos desenvolvidos em roteiros de AE (sugeridos ou novos).

Dada a grande diversidade do público de acordo com faixa etária, em especial, em cursos técnicos subsequentes e cursos superiores, não abordaremos aqui as nuances inerentes a cada um desses públicos, mas deve ser observado que fatores como o meio de convívio, a família, o bairro, a escola, a classe social e a interação entre as pessoas do círculo do aluno poderão afetar o desempenho deles no ambiente escolar.

2.3.4 O Ambiente Escolar

O ambiente escolar é um termo que leva muitos a pensarem somente na escola, como local de ensino da forma mais tradicional que se tem notícia. Porém, este conceito vai muito além da escola e deve considerar diversas dimensões, conforme é apresentado por Bär (2012):

O ambiente escolar possui amplas dimensões que estão relacionadas com a arquitetura da instituição; com a história da construção dos processos pedagógicos; com as normativas e políticas educacionais, que são condicionadas pelos interesses sociais, econômicos, culturais e políticos presentes na história do magistério. Para a compreensão do ambiente escolar faz-se necessário aprofundar dois conceitos que se inter-relacionam: a Cultura Escolar e a Cultura da Escola. [...] O primeiro diz respeito ao processo histórico de construção do imaginário coletivo acerca da

instituição escolar, sua finalidade e os sentidos da educação; é também marcado pelos aspectos legais e pelas políticas públicas, construídos e que normatizam e direcionam o fazer educativo. A Cultura da Escola está relacionada, por sua vez, à dinâmica própria de cada instituição de ensino, que é produzida na inter-relação entre os aspectos sociais, culturais, geográficos e humanos (relativos aos sujeitos que a compõem) que produzem a cultura onde ela está inserida; às formas de gestão educacionais e à Cultura Escolar. (BÁR, 2012, p. 09).

Assim, esse tema é de grande relevância para toda a comunidade escolar, pois a escola, como espaço, deve prover ao aluno um ambiente acolhedor que lhe permita ampliar o seu convívio social, facilitando a troca de experiências e proporcionando interações, bem como ser um ambiente propício para o aprendizado, com infraestrutura que permita a formação do cidadão crítico e participativo para a sociedade. A seguir, será apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento das atividades deste trabalho.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia das pesquisas utilizadas neste trabalho, bem como as técnicas utilizadas para a construção dos aparatos experimentais que serão utilizados nas AE propostas. Não é objeto deste trabalho realizar uma minuciosa descrição de todos os materiais envolvidos, mas apresentar de forma mais ampla os critérios de seleção dos materiais baseados em economia de recursos de modo que se possa construir os aparatos, permitindo assim que se desenvolva, a partir deles, AE mais proveitosas tanto para alunos quanto para professores, garantindo a qualidade necessária para se atingir os objetivos pedagógicos propostos de cada atividade em sala de aula.

Dessa forma, outros materiais poderão ser utilizados para a confecção das AE desde que atendam os critérios de economia de recursos, bem como respeitem os modelos físicos, ou seja, que não proporcionem erros absurdos às atividades desenvolvidas. A seguir será apresentada a caracterização da pesquisa e suas etapas.

3.1 A CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para Gerhardt e Silveira (2009):

A pesquisa é a atividade nuclear da Ciência. Ela possibilita uma aproximação e um entendimento da realidade a investigar. A pesquisa é um processo permanentemente inacabado. Processa-se por meio de aproximações sucessivas da realidade, fornecendo-nos subsídios para uma intervenção no real. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 31).

Quanto à abordagem, esta pesquisa se define como qualitativa, pois constitui-se uma abordagem que permite enfatizar a importância de evidenciar o aspecto qualitativo das informações, não se preocupando com a representatividade numérica, focando-se em explicar o porquê das coisas. Quanto à natureza, constitui-se como pesquisa aplicada, pois tem o objetivo de gerar conhecimentos para aplicação práticas, direcionados a solucionar problemas específicos. Quanto aos objetivos, esta pesquisa se caracteriza como descritiva, pois pretende-se desenvolver materiais que buscam aproximar situações cotidianas aos fenômenos físicos e, portanto, necessita de critérios estabelecidos pelas AE, sendo transpostos para um novo Laboratório de Física. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Uma vez definidos os temas e as áreas de atuação, passou-se então para o levantamento dos temas em reunião de área, delimitando-se assim o escopo do trabalho. Em seguida foi realizada a etapa de definição dos temas, para a partir deles, definir quais os seriam melhores aparatos que mais pudessem contribuir para aquele tema.

Quanto aos procedimentos será utilizada pesquisa documental para buscar fontes para fundamentar o tema estudado, neste trabalho foram utilizados livros, dissertações, monografias, artigos científicos, sites e visitas a outros laboratórios, de modo que fosse possível perceber quais seriam as melhores formas de proceder quanto à confecção dos aparatos, visando atender as AE com flexibilidade – para que possam ser utilizados em mais de uma atividade fechada – e, ainda, serem de baixo custo.

A pesquisa de levantamento foi utilizada para buscar os principais materiais construtivos dos aparatos, bem como as limitações acerca de cada tipo de aparato. A seguir será apresentada a escola onde este trabalho foi aplicado.

3.2 A CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA

O Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) é uma organização pública que tem como missão “promover a inclusão de cidadãos, por meio da educação profissional, científica e tecnológica, gerando, difundindo e aplicando conhecimento e inovação, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico e cultural” (IFSC, 2016). Para tal, a instituição promove a oferta de cursos tecnológicos tanto em nível médio – nas modalidades integrado, concomitante e subsequente – quanto de nível superior – nos níveis de bacharelado e de tecnologia.

O Campus Lages é um dos vinte e dois *campi* do IFSC, localizado na serra catarinense e, atualmente, oferece três cursos superiores – Ciência da Computação, Engenharia Mecânica e Processos Químicos – e sete cursos técnicos – Agroecologia, Agronegócio, Análises Químicas, Biotecnologia, Eletromecânica, Informática e Mecatrônica. Os aparatos experimentais que serão descritos no próximo capítulo estarão disponíveis no Laboratório de Física e têm por finalidade atender ao Curso Superior em Engenharia Mecânica, podendo ainda atender ao recém-criado Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos. No entanto, tais aparatos podem ainda ser aplicados nos Cursos Técnicos de Nível Médio em Mecatrônica e Eletromecânica da Área de Controle e Processos Industriais, desde que adaptadas as abordagens pedagógicas

pelo docente de modo que atenda aos objetivos específicos das disciplinas para o novo público alvo.

A atitude de se realizar a montagem de aparatos para o laboratório experimental de física surge como uma necessidade de constante melhoria para o processo de ensino e aprendizagem, de tal forma que os professores não permaneçam somente no campo de analogias e abstrações, os quais são métodos comuns no ensino de física. É nítido que tais métodos são eficientes dependendo do tema abordado, contexto, sujeitos, concepções do professor, bem como dos materiais que ele dispõe para o ensino, pois nem todas as situações analisadas, na maioria dos modelos físicos, podem ser reproduzíveis no âmbito da educação básica, por exemplo. No ensino médio, a capacidade dos sujeitos de assimilar algumas abstrações, inerentes a determinados conteúdos, já se torna mais fácil, o que pode facilitar o aprendizado e torná-las mais aprofundada dependendo da metodologia e abordagem que o professor realiza em sala de aula. No curso superior, por sua vez, percebe-se que o impacto da Física, geralmente abordada nos dois primeiros anos de graduação na maioria dos currículos das universidades e institutos, pode não ser tão fácil como se espera, pois, o professor se depara com alunos de diferentes classes sociais, religiões, comunidades, concepções e, ainda, níveis acadêmicos, situações em que um nivelamento básico faz-se necessário para poder conduzir a maioria dos alunos aos objetivos propostos na disciplina. Neste momento, percebe-se que a deficiência do ensino médio fica mais evidente, cabendo ao professor tentar mitigá-la com novas abordagens e metodologias, além das convencionais muito utilizadas na escola tradicional.

Assim, a ideia fundamental deste trabalho é utilizar recursos que alguns professores já utilizam para tentar mitigar os problemas conceituais da grande maioria dos alunos: o emprego de materiais de baixo custo preparados e contextualizados de tal maneira que possam auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de alguns temas em sala de aula, os quais podem melhorar a percepção de mundo dos alunos em relação à Física estudada em anos anteriores.

Sem esquecer da necessidade de atendimento dos requisitos obrigatórios de infraestrutura mínima, para atender os cursos superiores de engenharia, face à crise financeira que o Brasil enfrenta nos últimos dois anos, equipar um laboratório de Física apresenta-se como um desafio, pois pleitear os aparatos para montá-lo, geralmente, demandam muitos recursos financeiros, além de demasiada burocracia no setor público. Dessa forma, a montagem de um laboratório experimental com aparatos mais baratos, e com recursos próprios, apresenta uma alternativa

que contribui para o desenvolvimento do ensino, da pesquisa e, ainda, para o desenvolvimento da educação. Cabe salientar ainda, que tais atividades têm grande potencial para fazer com que mais pessoas se sintam atraídas pelo conhecimento científico na área de ciências exatas. A seguir será apresentado o ambiente do laboratório, foco da proposta deste trabalho.

3.3 O LABORATÓRIO DE FÍSICA

É o espaço físico alocado no qual se dará a realização das AE e, como qualquer outro ambiente, deve ter regras bem definidas quanto ao seu uso, conservação, manutenção organização e, principalmente, segurança. Por ser um ambiente de uso para todos dentro da instituição, faz-se necessário o estabelecimento de regras, as quais devem ser observadas e cumpridas por todos os usuários daquele ambiente. Algumas dessas regras podem ser inseridas nos roteiros experimentais, de modo que sirva de lembrete, no entanto, é prática comum em laboratórios manter afixado, em local visível, as regras gerais daquele ambiente sejam elas de uso (operação), de organização (conservação e locais de armazenamento) ou de segurança (riscos).

Algumas regras mais comuns se referem à proibição do consumo de alimentos no interior dos laboratórios, visando manter o local limpo; outra regra importante se refere à organização do local (cadeiras, mesas, objetos, instrumentos, entre outros) de uso específico daquele ambiente em seu devido lugar, após a utilização. Não foram incluídas as regras nos roteiros apresentados porque cada professor/instituição que desejar adotar tais roteiros, poderá definir suas próprias regras que podem diferir de instituição para instituição.

Cabe destacar como principais, as regras que se referem à segurança das pessoas, quanto ao manuseio de ferramentas e instrumentos, vestimenta, acessórios e materiais cortantes, pois podem causar grande dano a integridade física dos usuários. Uma boa ferramenta a ser implementada nesse tipo de local é o mapa de riscos, o qual identifica o espaço físico por meio de planta baixa com suas dimensões e divisões, apresenta os tipos de riscos com o auxílio de um código de cores e a sua intensidade, ou grau, pelo tamanho de círculos desenhados em cada uma das divisões do ambiente. Assim, tal ferramenta possibilita informar, mediante uma ilustração, os riscos que as pessoas estarão expostas quando executarem qualquer atividade naquele ambiente e, assim como,

as regras citadas anteriormente, deve também ser fixado em local de fácil visualização.

O local escolhido como laboratório necessita comportar capacidade para no máximo, 20 (vinte) alunos, porque para este trabalho foram realizadas as divisões de equipes de três a quatro alunos por bancada, em um total de seis bancadas disponíveis para o ambiente no IFSC Campus Lages. Tal número deve ser adaptado de acordo com a realidade do ambiente escolar que for aplicado o projeto, uma vez que além das limitações físicas do ambiente – área total – temos ainda a limitação de qualquer professor em conseguir organizar AE com uma turma inteira de aula teórica, geralmente 40 (quarenta) alunos, pois a organização e otimização dos recursos e tempo dedicado para cada equipe não são as mesmas, seja para sanar dúvidas ou auxiliar no manuseio dos equipamentos e materiais disponíveis. Assim, buscou-se para cada aparato experimental realizar seis repetições – uma para cada bancada. As bancadas serão adquiridas como materiais permanentes do mobiliário da instituição e não será foco de estudo aqui porque, no caso do IFSC Campus Lages, elas são mesas antigas de professores, reaproveitadas para atender este ambiente. Cada bancada deve ter dimensões que comporte três alunos e os permita manipular, de forma adequada, os equipamentos que serão necessários para a realização das AE.

A Física como ciência, com papel de preparar o cidadão para o exercício do trabalho, está intimamente enraizada na estrutura curricular dos referidos cursos (técnico e superior), sendo disciplina obrigatória em todos os cursos de engenharia, independentemente de sua modalidade, como parte integrante do núcleo básico, o qual compreende 30% (trinta por cento) da carga horária mínima (CNE/CES, 2002). É parte integrante também dos cursos técnicos de nível médio no eixo de Controle e Processos Industriais (CPI) conforme Catálogo Nacional dos Cursos Técnicos (CNCT) emitido pelo Ministério da Educação (MEC) por meio da secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC). A Física é disciplina obrigatória no ensino médio até o momento de desenvolvimento deste trabalho, pois há grande discussão sobre a reforma do ensino médio por parte do governo e de especialistas, bem como sobre o que será ensinado em cada etapa do novo ensino médio, ou seja, a definição da BNCC, não sendo objeto de discussão neste trabalho.

3.4 A ESCOLHA DOS TEMAS

A escolha dos temas a serem inicialmente abordados foram feitas baseada na sequência de conteúdos abordados pelas disciplinas de Física (I, II e III) da Engenharia Mecânica, pois, até então, o curso de Tecnologia de Processos Químicos ainda estava em processo de construção. Para que não ficasse tão longo o referido trabalho, optou-se em reunião da Área de Processos Industriais do Campus Lages que seriam atendidos os conteúdos de Física I (Mecânica), de acordo com o Projeto Político do Curso⁴ (PPC) da Engenharia Mecânica aprovado pelo Colegiado de Ensino, Pesquisa e Extensão (CEPE) da instituição. Seguindo-se a ementa da unidade curricular Física I, bem como após o levantamento de seu referencial bibliográfico, optou-se por prover experimentos que atendem aos seguintes conteúdos: **medidas físicas; pêndulo simples; lei de Hooke; movimento retilíneo uniforme; queda livre; e atrito.**

A cada experimento relacionado, há a confecção de um roteiro sintetizando uma sequência didática que pode ser alterada pelo professor para que atenda seus objetivos específicos. Cada um deles contém em sua descrição uma abordagem mínima sobre cada tema, bem como a descrição ampla dos materiais (aparatos, instrumentos e acessórios) que serão necessários durante a realização das AE. A seguir são apresentados uma introdução, objetivos, materiais utilizados e a metodologia de aplicação dos aparatos experimentais, enquanto que os roteiros experimentais das AE são apresentados nos **Apêndices de A a G** deste trabalho.

3.5 O LEVANTAMENTO

Esta etapa é parte integrante do trabalho e antecede o desenvolvimento por se referir à pesquisa bibliográfica de acordo com as ementas da unidade curricular ofertada e de acordo com o PPC do curso, complementadas por bibliografias mais recentes na literatura. Após ser discutido em reunião da Área de Processos Industriais do IFSC Campus Lages, foram definidos os principais temas e experimentos que poderiam ser reproduzidos para que se atenda a ementa do curso em questão. A escolha dos temas partiu também da necessidade de se levantar o que seria

⁴ Neste trabalho foi utilizada a nomenclatura aplicada aos documentos da instituição de aplicação, no entanto o PPC pode ser conhecido, em outras instituições, como Projeto Político Pedagógico (PPP) – termo sinônimo para o mesmo documento.

mais prioritário para o curso, cabendo ressaltar que o apoio e a parceria entre os professores do curso foram primordiais para um bom andamento desta etapa.

Para este trabalho foram desenvolvidos sete experimentos com seis repetições cada um, pois o Laboratório de Física conta com seis bancadas experimentais reaproveitadas, as quais comportam até três alunos cada. Lembrando que esta situação deve ser adequada à realidade de cada escola, em especial, de acordo com o espaço físico e o mobiliário que se dispõe para a instalação do laboratório.

Nesta pesquisa de levantamento foram pesquisados os principais materiais disponíveis no mercado para que pudessem ser construídos os aparatos experimentais. Cabe destacar que, em algumas situações, foram selecionados diversos materiais interessantes para uma etapa do projeto construtivo, porém tais materiais não atendiam aos critérios dos processos construtivos, o que limitavam seu uso. Assim, foram acatadas sugestões diversas dos profissionais da metalurgia que afirmavam que estes obstáculos na execução limitariam sua aplicação como, por exemplo, o material alumínio não poder ser soldado à estrutura, logo precisou ser substituído por ferro ou aço.

3.6 OS MATERIAIS

Este levantamento foi o mais demorado para iniciar, pois dependia não somente dos professores como de recursos para adquirir materiais usados, o que tornaria o custo relativamente baixo, no entanto encontrar as peças usadas que se aproximassem da necessidade dos projetos não foi tarefa fácil. Muitos materiais apresentados no próximo capítulo foram adquiridos sem acabamento (ou finalização), o que poderia ser um risco a integridade física de quem o manuseasse, esta atividade coube ao professor pesquisador. Um bom levantamento de materiais, do que se tem internamente na instituição, reduz significativamente o tempo desta etapa, pois como no IFSC Campus Lages há um laboratório de mecânica e de metrologia, muitos instrumentos podem ser cedidos para auxiliar o laboratório de Física, como veremos no próximo capítulo do desenvolvimento acerca da adequação do ambiente.

4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão apresentadas a forma de desenvolvimento dos aparatos experimentais dando opções para que possam ser montados e realizados. As informações aqui prestadas podem servir de base para a aquisição dos materiais e servem como sugestões de aplicação, pois como o objetivo do trabalho é o desenvolvimento de aparatos experimentais de baixo custo, será dada ênfase na economia e na praticidade de aquisição dos materiais, cabendo ao professor a escolha que melhor atenda a sua necessidade no ambiente escolar. Os preços, dimensões e tipos dos materiais apresentados neste capítulo foram observados nos anos de 2015 e 2016 nas cidades pertencentes à Grande Florianópolis, onde se deu a construção e montagem dos projetos. Por solicitação dos proprietários das oficinas metalúrgicas serão mantidos os sigilos acerca dos nomes e locais de confecção.

4.1 DOS APARATOS EXPERIMENTAIS

Os aparatos experimentais que serão apresentados nesta seção foram desenvolvidos para atender, principalmente, os temas definidos no Capítulo 3, uma vez que o projeto visa atender o laboratório de física para a disciplina de Física I com AE relacionadas à Mecânica. No entanto, a confecção de todos os aparatos foi realizada para permitir grande flexibilidade quanto à utilização pelo professor, de tal forma que este possa aplicá-los para outros temas e finalidades que julgar necessários, inclusive desenvolver novos roteiros experimentais utilizando-se de dois ou mais deles de forma integrada, a fim de atender, a conteúdos específicos e adequando-os a novas abordagens didáticas. Assim, levou-se em consideração dispositivos que servissem para mais de um experimento, permitindo o reuso dos aparatos em atividades distintas de acordo com o planejamento de aula, conforme sugerido nos roteiros de aplicação que serão apresentados na seção de **Apêndices** deste trabalho.

A seguir é descrito o desenvolvimento da confecção de cada um dos aparatos experimentais de acordo com critérios de economicidade e simplicidade, para que possam ser reproduzidos em qualquer escola, para a montagem de um laboratório de física experimental de baixo custo com finalidade didática.

4.1.1 Aparato I – Haste Vertical

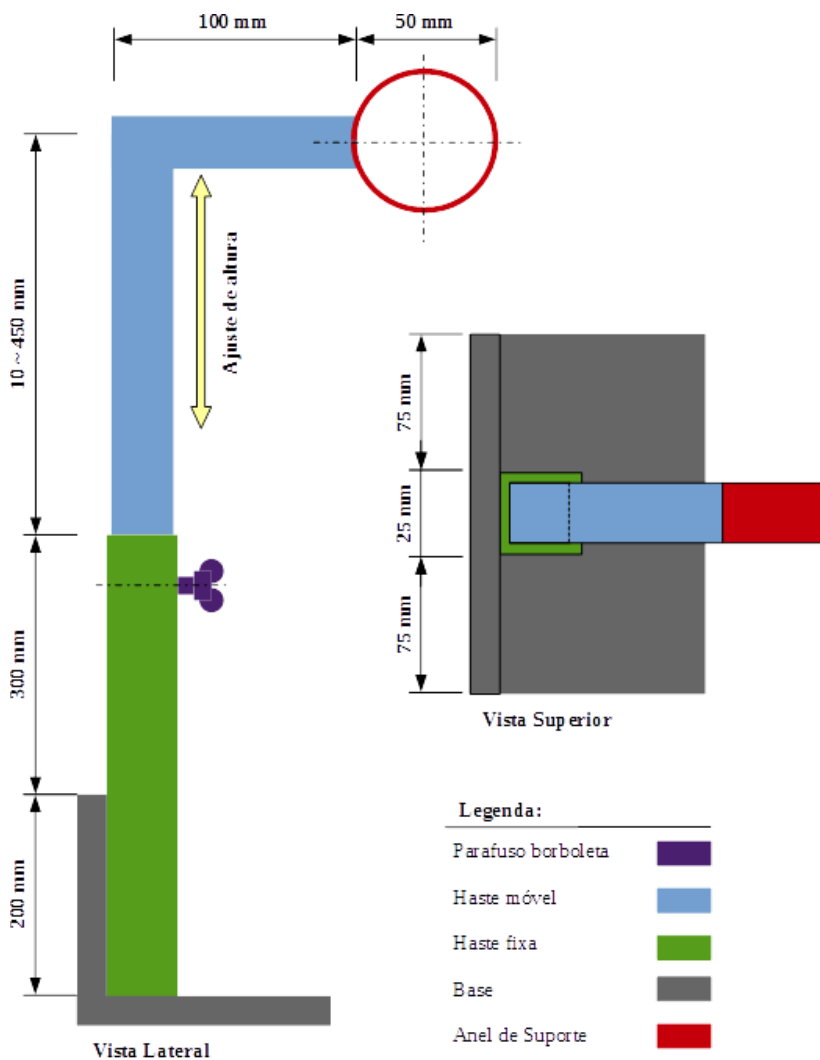
Por questão de economia no desenvolvimento, percebeu-se que a confecção de materiais novos na serralheria sairia muito caro e inviabilizaria o projeto. Atendendo a sugestões de professores da área Mecânica foram buscados, em sucata de ferros-velhos, materiais que poderiam ser reutilizados no desenvolvimento do referido aparato, a começar por sua base de apoio na superfície. Outra importante decisão se referiu a não realizar a fixação do aparato a uma mesa, mas sim que este fosse um dispositivo de fácil movimentação para qualquer lugar, bem como para guardá-lo quando necessário. Assim, precisa-se de uma base de massa significativa e de perfil quadrado, circular ou retangular que possa ser apoiado sobre uma mesa plana e nivelada. A procura, inicialmente, concentrou-se em encontrar suportes de manequins, pois são estruturas bem reforçadas e niveladas. No entanto, um grande desafio surgiu nesse momento: encontrar seis bases iguais em estado razoável de conservação, uma para cada aparato experimental, de modo que mantivesse uma certa padronização dos materiais.

Após um acordo com o proprietário de uma serralheria da Grande Florianópolis que, percebendo a importância do projeto, agregou com sua experiência muitas ideias na etapa de desenvolvimento, realizamos inúmeras buscas por materiais em sucata na cidade com a finalidade de encontrar os materiais para confeccionar os aparatos.

Dessa forma, a haste vertical (Aparato I) foi desenhada e consistiu na junção de três partes principais: base, haste fixa e haste móvel. Todas as partes foram procuradas em material de reciclagem, buscou-se por seis unidades semelhantes de cada uma das partes, nos critérios de dimensões e tipo de material, a fim de que não houvesse diferenças significativas entre os seis aparatos a serem produzidos.

A seleção para a base fixa consistiu em buscar seis unidades idênticas de ferro (ou aço) com formatos circular, quadrado ou retangular que tenham massa significativa, a fim de que permaneçam estáticas em uma superfície plana e horizontal. A seleção para a haste fixa consistiu em buscar seis unidades idênticas de varas de ferro, ou outro material que possa ser soldado, com comprimentos menores que um metro e perfil quadrado (ou circular) com dimensões menores que duas polegadas. A seleção para as hastes móveis consistiu em buscar seis varas de ferro (ou aço), com perfil igual ao das hastes fixas, porém de aresta (ou diâmetro) ligeiramente menor, a fim de que fosse possível inserir uma dentro da outra. A construção da haste vertical é ilustrada na Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Montagem do Aparato I – Haste Vertical.



Fonte: próprio autor.

A base encontrada, após demasiada busca, foram seis chapas retangulares idênticas de ferro fundido e dobrado em perfil “L” com massa aproximada de 1,5kg cada um, suficientes para suportar a estrutura. Para a haste fixa foram encontrados seis perfis quadrados de ferro com

uma polugada de aresta e comprimento de 500mm. Tanto as peças da base quanto das hastes fixas encontravam-se com bastante oxidação, logo foi necessária uma etapa de lixação para removê-la para que, em seguida, fosse realizada a soldagem da haste fixa à base retangular.

Para a haste móvel não foram encontrados seis perfis que se adequassem a estrutura da haste fixa, assim foram confeccionadas seis peças novas de ferro com perfil quadrado e de aresta ligeiramente menor que a do perfil da haste fixa, para que a haste móvel pudesse ser inserida, e se movimentar, dentro da fixa. O suporte circular poderia ser fixado por parafuso na haste móvel, no entanto optou-se por fixar o suporte por meio de solda na haste móvel para que não houvesse movimentos relativos que poderiam vir a prejudicar o experimento e por ser, do ponto de vista de confecção, mais prático para garantir a repetibilidade na confecção da peça. Dessa forma, soldando-se o suporte circular de 50mm de diâmetro à haste móvel foi criada uma única peça composta a qual será chamada no decorrer deste trabalho apenas de haste móvel. Inserindo-se a haste móvel dentro da haste fixa, o usuário pode realizar o ajuste de altura do aparato e, para garantir a fixação do conjunto, foi confeccionado um parafuso de fixação do tipo “borboleta” a ser fixado em um furo na haste fixa, permitindo-se assim o fácil ajuste da altura desejado no aparato haste vertical.

O custo total das peças de ferro adquiridas no ferro-velho foi de R\$80,00 e a mão-de-obra da serralheria que compreendeu em lixação, soldagem, confecção das peças não encontradas, pintura (acabamento) na cor cinza para os seis aparatos da haste vertical foi de R\$500,00.

Dessa forma, a haste móvel poderá movimentar-se no sentido vertical, sendo fixada por parafuso na estrutura e contará com suportes que servirão de pontos de engates para a fixação de acessórios auxiliares às AE, tais acessórios serão definidos no item 4.2 deste trabalho. Neste aparato optou-se por um suporte circular soldado à haste móvel, no entanto poderão ser adaptados outros tipos de suportes e engates de acordo com os objetivos e necessidades que o aparato visa atender, todavia cabe ressaltar que o principal objetivo da haste vertical (aparato I) é prover o deslocamento vertical da estrutura ajustando-se à altura dos acessórios em relação à estrutura fixa da base.

Figura 2 – Foto do aparato haste vertical.



Fonte: próprio autor.

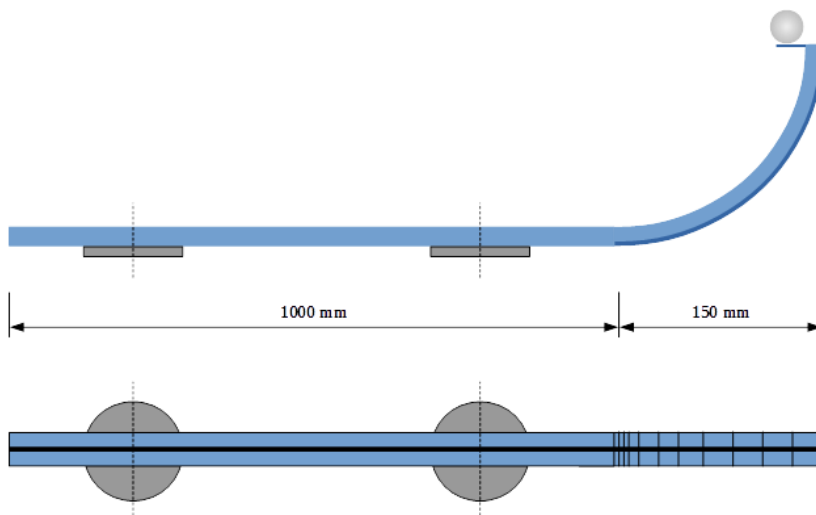
Pode-se, ao final da confecção, colar um pedaço de fita métrica (de costureira) na lateral da haste fixa, de 0 a 400 mm, e outro pedaço da mesma fita na haste móvel (a partir de 410 mm) de modo que possa ser realizado o ajuste de altura tomando-se como referência a base do aparato. Observe que, para que não ocorram erros significativos, antes de colar a fita métrica no aparato, deve-se realizar as marcações dos locais colocando o aparato sobre uma superfície plana e nivelada, uma mesa por exemplo, utilizar uma trena e ser auxiliado por outra pessoa. Esta etapa não foi realizada nos aparatos entregues porque deseja-se que os próprios alunos se familiarizem com as medidas de altura quando da montagem das AE.

4.1.2 Aparato II – Trilho

O segundo aparato experimental, denominado de trilho, consiste de um dispositivo que permite a reprodução de um movimento retilíneo uniforme. Para construí-lo foram realizadas diversas pesquisas bibliográficas, além de pesquisas de especialista da área Mecânica para então chegar ao que foi desenvolvido. O trilho consiste em um perfil de uma peça única de ferro fundido, curvado de tal forma que não se fizesse necessário o uso de solda, de modo a permitir o deslocamento de uma esfera por toda sua extensão. O perfil do trilho selecionado foi do tipo “V” e sua fixação e nivelamento foi obtida mediante solda do vértice inferior a discos de suportes, garantindo-se assim um correto nivelamento de toda a estrutura desde que esta seja apoiada sobre uma superfície plana e horizontal como, por exemplo, uma mesa.

Após algumas tentativas de utilização de alumínio na confecção deste aparato percebeu-se que, devido a maleabilidade excessiva desse tipo de material, o próprio manuseio ou a movimentação da estrutura poderia vir a deformá-lo, o que poderia acarretar em erros muito grandes entre os aparatos, não garantindo a uniformidade na sua construção, além do que o custo com o alumínio seria muito elevado. Assim, o aparato precisou ser totalmente confeccionado na serralheria com ferro fundido em um único trilho derivado de um perfil em “V”, serrado nas dimensões solicitadas com um raio de curvatura de 15cm e comprimento em torno de 100cm.

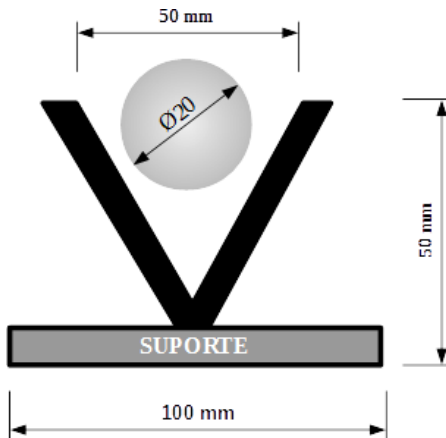
Figura 3 – Desenho do Aparato II – Trilho.



Fonte: próprio autor.

Para que a curvatura do perfil pudesse ser realizada sem danos estruturais significativos, foi necessário utilizar uma única peça com comprimento total aproximado de 1160 mm, pois caso optasse por utilizar duas peças (uma curvada e uma reta) unidas por solda, por mais perfeito que pudesse ser feita a solda, iria acarretar em um desnível para o corrimento da esfera, impactando de forma negativa nas AE por adicionar erros significativos. Outra ideia descartada foi de aproveitar diversos perfis de sucata, no entanto os pequenos pedaços encontrados em ferros-velhos eram diferentes e muitos, apesar de até serem de dimensões semelhantes, iriam precisar de três a seis pontos de soldas ao longo da estrutura. Alguns pedaços de perfis que foram encontrados até poderiam ser dobrados, no entanto não possuíam dimensões próximas a dos perfis retos encontrados, o que inviabilizava o desenvolvimento do projeto, por inserir muitos desníveis e, conseqüentemente, problemas nas montagens das AE. Assim, os discos de suporte da base foram as únicas peças que puderam ser aproveitadas de material de descarte e soldadas à estrutura principal em toda a sua extensão conforme ilustra a Figura 4 a seguir.

Figura 4 – Detalhe do perfil do trilho.



Fonte: próprio autor.

Um problema encontrado para o desenvolvimento dessa estrutura, além de não encontrar material disponível de baixo custo para seis repetições, foi o fato de que o trilho sobre o qual ocorrerá o movimento deve ter poucos pontos de contato com a esfera, de tal sorte que dessa forma reduzisse a ação de forças de atrito, de modo que se possa desprezar o efeito do atrito da esfera com os pontos de contato com a superfície do perfil. Outra consideração importante para o uso deste trilho é a forma de abandono da esfera para que se possa desprezar o efeito rotacional dela em torno do seu próprio eixo no movimento analisado.

Os serviços relacionados à confecção deste aparato consistiram em curvatura do perfil, nivelamento, soldagem, lixação e pintura da estrutura. O custo total de todo o serviço descrito para as seis repetições do trilho (aparato II) foi de R\$720,00. Cabe ressaltar que tal preço está bem abaixo do que seria cobrado pelo mercado para um cliente final, por ser tratar de uma atividade de pesquisa em acordo feito com o proprietário da serralheria. A Figura 5 a seguir apresenta a fotografia da estrutura montada e acabada entregue na escola.

Figura 5 – Foto do aparato trilho.



Fonte: próprio autor.

4.1.3 Aparato III – Plano Inclinado

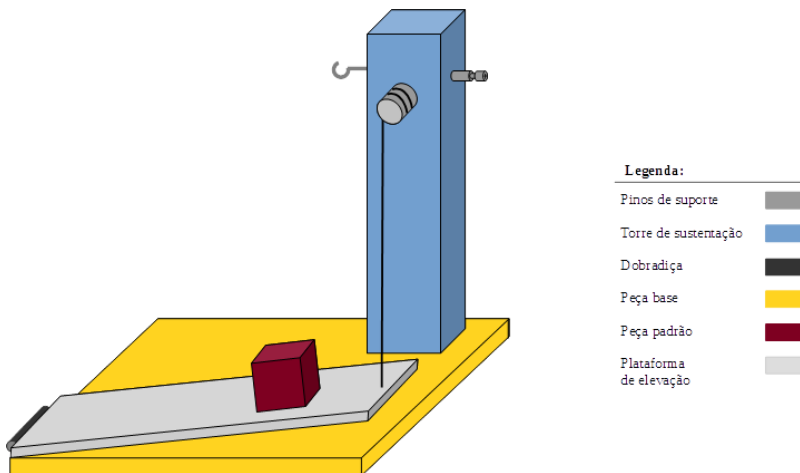
Apresentar O terceiro aparato foi desenvolvido principalmente para prover um plano inclinado, o qual é um dos principais dispositivos utilizados na área da Mecânica para estudo dos esforços dos corpos, bem como para analisar seu movimento a partir da variação do ângulo de inclinação. Foram analisados diversos materiais entre ferro, alumínio e alguns tipos de madeiras para a confecção, concluindo-se que este último material se apresentou como o mais econômico e de mais fácil obtenção dentro todos os outros materiais, pois a manipulação da madeira se torna mais fácil face a quantidade de materiais e ferramentas disponíveis no mercado de ferragens próprias para este material específico.

Uma dificuldade identificada foi encontrar uma madeira que pudesse cortar e entregar as peças em pequenas dimensões, pois assim como nas serralherias, não vale a pena para estas empresas realizar tais serviços por contar com maquinário para grandes obras. Após buscar em diversas madeiras, o pesquisador deste trabalho conseguiu uma madeira que aceitasse o trabalho de prover as peças nos tamanhos específicos do projeto, de tal forma que toda a lixação, furação, fixação e acabamento foi feito pelo próprio pesquisador no laboratório de mecânica e em sua residência.

O tipo de madeira adotada foi **angelim-pedra** por proporcionar maior vida útil do que outros tipos encontrados no mercado, além de ter

um preço razoável. Apesar de existirem outros tipos de madeiras, com custos maiores ou menores, a relação custo/benefício do angelim, principalmente referente à sua vida útil, é melhor, uma vez que mesmo sem tratamento e com os devidos cuidados, este tipo de madeira torna-se a escolha ideal para a confecção do plano inclinado (Aparato III). Os principais cuidados com este tipo de madeira se referem ao armazenamento, como por exemplo, evitar exposição direta à luz solar e evitar locais com alta umidade (condensação). Para acabamento não foi realizado tratamento com tinta do tipo verniz, pois para aplicação do plano inclinado necessita-se de uma superfície polida, logo procedeu-se com lixação com diferentes granulações de modo que proporcionasse uma superfície mais polida possível.

Figura 6 – Figura do Aparato III.



Fonte: próprio autor.

A Figura 6 ilustra o desenho para a montagem do conjunto. O desenvolvimento do aparato consiste em três peças de madeira plainadas e lixadas: uma peça base medindo 400 x 300 x 25,4mm (comprimento, largura e altura); uma plataforma de inclinação medindo 400 x 100 x 10mm; e uma torre de sustentação medindo 100 x 100 x 400mm. Para a fixação de uma das extremidades da plataforma de inclinação à base foi necessário desbastá-las até o ponto em que se pudesse adaptar uma dobradiça metálica de 140mm, de tal forma que não permitisse folga entre ambas as peças quando totalmente posicionada sobre o plano horizontal da base. Foram confeccionadas seis repetições de cada um dos conjuntos

por um valor total de R\$300,00. Em cada um dos referidos conjuntos foram necessários realizar lixação, recortes e furações.

Os demais componentes (suportes, pinos, roldanas, parafusos e dobradiças) presentes na Figura 6 são acessórios adquiridos e montados à estrutura para que auxiliem na montagem dos experimentos e serão descritos na construção do roteiro no item 4.2. A Figura 7 a seguir é uma foto da estrutura final montada e acabada do **plano inclinado** entregue na escola.

Figura 7 – Foto do aparato plano inclinado.



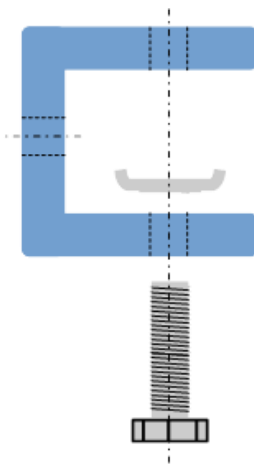
Fonte: próprio autor.

4.1.4 Aparato IV – Polia

O quarto aparato experimental, aqui denominado de polia, foi desenvolvido inicialmente para ser um acessório de outros aparatos,

todavia durante as buscas por materiais em sucata foram encontrados mais de doze peças idênticas em aço inox com um formato tal que, com pequenas adaptações, pode-se desenvolver um aparato independente dos demais, o qual pode ainda ser utilizados como acessório experimental para auxiliar os demais aparatos, permitindo uma grande flexibilidade no desenvolvimento das AE. O custo das seis peças com seus respectivos parafusos foi de R\$40,00.

Figura 8 – Peça de aço inox adaptado com morsa.

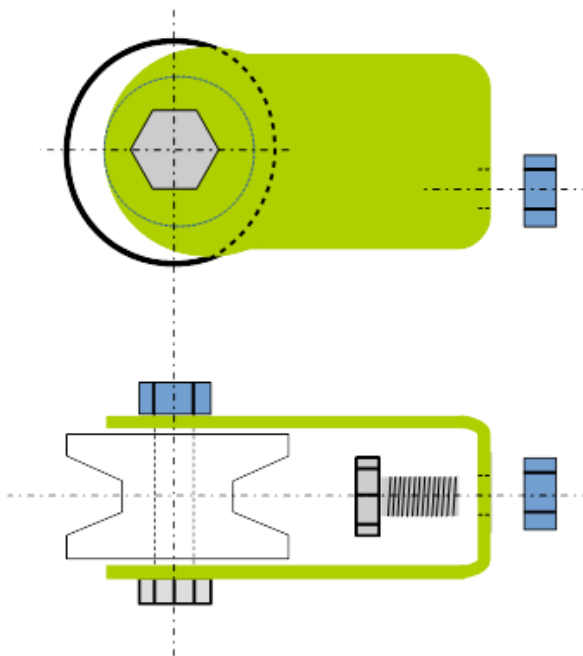


Fonte: próprio autor.

Ele consiste de um perfil em “U” com dois furos passantes do tipo “M10”, onde foi inserido um parafuso sextavado de 50mm. Após inseri-lo, foi prensado em sua extremidade final uma pequena chapa metálica fazendo com que a estrutura se tornasse um engate de mesa, também conhecido como engate tipo “morsa”, o qual é ilustrada na Figura 8.

A Figura 9 apresenta o dispositivo desenvolvido para ser adaptado a estrutura da Figura 8, ela consiste de uma roldana com rolamento utilizada em elevadores que suporta cargas consideráveis e que, segundo o proprietário da serralheria, é de fácil aquisição no mercado de ferragens custando em torno de R\$15,00 a unidade.

Figura 9 – Peça desenvolvida com polia (rolamento).



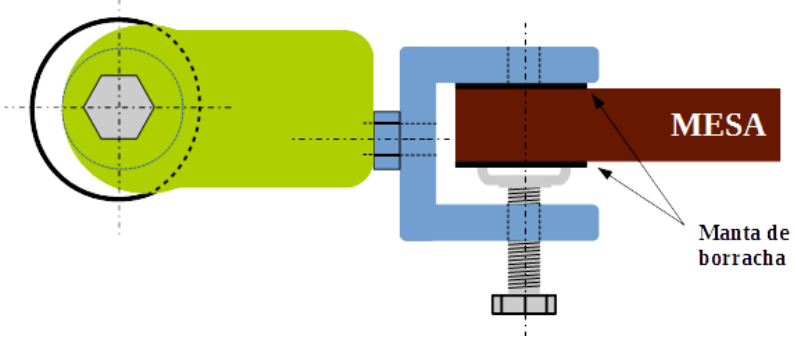
Fonte: próprio autor.

A estrutura da Figura 9, conta ainda com duas pequenas chapas paralelas de aço que servem de suporte para o eixo (parafuso “M10”) no qual será montada a roldana, girando livremente no rolamento interno. Este conjunto será fixado por parafuso à estrutura de engate (morsa), enquanto esta última será fixada à bancada experimental (mesa).

É interessante, ao se utilizar essa polia (aparato IV), inserir nas interfaces do engate com a mesa (superior e inferior) um pequeno pedaço de manta de borracha industrial, facilmente encontrada em lojas de ferramentas, com o intuito de conservar os pontos de apoio onde se dará a sustentação do aparato, de modo que não risque ou amasse a mesa quando da fixação do parafuso tipo “morsa”.

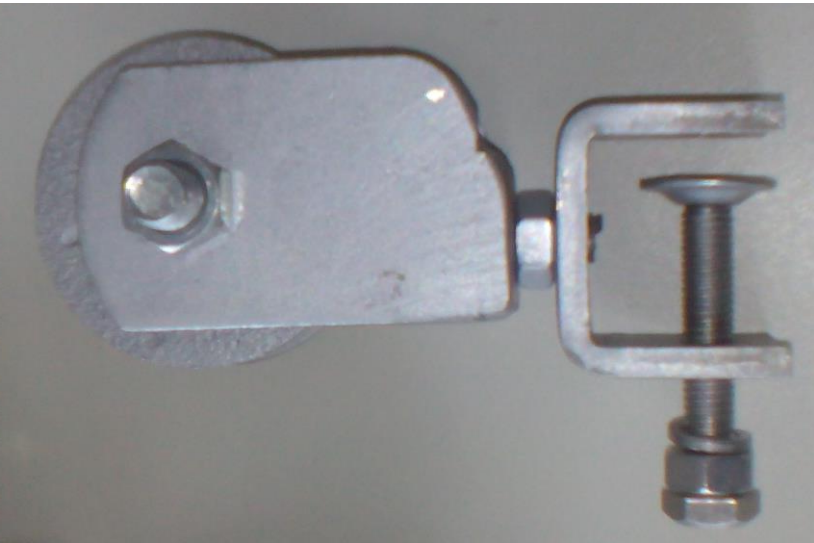
A Figura 10 ilustra a montagem completa do Aparato IV, enquanto a Figura 11 apresenta a fotografia do aparato montado na sua versão final entregue na escola.

Figura 10 – Montagem final do aparato IV – Polia.



Fonte: próprio autor.

Figura 11 – Foto do Aparato IV – Polia.



Fonte: próprio autor.

4.2 DOS ACESSÓRIOS

Neste trabalho, denomina-se “**acessórios**” quaisquer materiais que não façam parte dos aparatos, mas que sem os quais não seria possível aplicá-los de forma que se produza um resultado válido. Neste item serão apresentados alguns dos principais acessórios que serão utilizados como algumas sugestões para utilização nos aparatos desenvolvidos, todavia cabe frisar que o professor tem plena flexibilidade em encontrar acessórios de forma fácil, simples ou, até mesmo, mais baratos para a sua aplicação.

Para fins de utilização como fio inextensível são utilizados linhas de pesca (nylon) ou material semelhante, uma vez que essas linhas suportam cargas expressivas, sem deformar, em geral cargas superiores a 20kg. Além dessas características, tais linhas são muito finas e possuem massa desprezível em relação a carga suportada. As linhas foram obtidas por doação com profissionais de pesca, em torno de 10m de linha.

As esferas para utilização nos diversos experimentos foram obtidas de rolamentos esféricos danificados em sucata, pois são abundantes a quantidade de rolamentos descartados por apresentarem defeitos. Abrindo-se os rolamentos encontramos diversas esferas metálicas de diversos tamanhos, a maioria encontrada servirá como massas-padrão, enquanto que as mais perfeitas serão utilizadas para movimentos. Outro tipo de esfera, muito útil e barata, são as bolas de gude de vidro (brinquedos), geralmente vendidas em três tamanhos distintos. Conseguimos ainda esferas de plástico oriundas de desodorantes do tipo *roll-on* que seriam descartados. Para medir a massa das esferas foi necessário um acessório comumente encontrado em pizzarias: um espaçador de plástico do tipo “tripé” que é utilizado no centro da caixa de pizza para serviço de entrega, o qual não permite que a embalagem de papelão entre em contato com o recheio no centro da pizza.

Para a simulação de massas infinitesimais é interessante utilizar areia grossa, pois é uma solução bem fácil de se obter e barata. Os grãos de areia podem representar massas praticamente infinitesimais, ou seja, cada grão individualmente representa uma massa muito pequena, no entanto para que a massa total do conjunto “bolsa de areia” seja significativa, devemos reunir dezenas ou centenas de milhares desses grãos em um único recipiente. O cuidado em se trabalhar com grãos de areia se deve ao fato de, caso a bolsa rasgue, sujar todo o ambiente aumentando o risco à segurança das pessoas, pois estas podem escorregar no piso sujo. Outra solução é a confecção de pedaços de metal cortados no formato de moedas com um corte do tamanho de seu raio partindo do

centro, onde cada moeda será reunida a partir deste corte por meio de um parafuso com gancho e com uma arruela de base na outra extremidade fixa por uma porca de sustentação (vide Figura 19).

Outro acessório importante foram as molas com ganchos, facilmente encontradas em lojas de ferragens de diferentes tipos, comprimentos e diâmetros precisam ter alça em ambas as extremidades para proporcionar melhor engate e fixação. Foram adquiridas seis unidades de cinco tipos diferentes, um conjunto para cada bancada experimental pelo valor de R\$20,00.

Foram confeccionadas algumas peças em madeira para servirem de padrão de medição de comprimento, dentre as quais foram confeccionados três cubos-padrão distintos, de arestas 50, 70 e 90mm, em madeira, para serem utilizados no aparato do plano inclinado. Todas estas foram plainadas e lixadas de modo que não liberasse farpas que possam vir a machucar o usuário. No próximo item serão apresentados os instrumentos utilizados para o desenvolvimento dos roteiros experimentais.

Os pinos de suporte do aparato plano inclinado consistem de um parafuso do tipo “*philips*” com rosca pequena, geralmente utilizado para unir peças de MDF. O gancho utilizado é um parafuso com ilhós que permite ser inserido na estrutura de madeira do aparato. A roldana de plástico foi comprada em loja de ferragens e é a mesma utilizada em varais de roupas, consiste de uma roldana de PVC montada em um eixo que pode girar livremente, esta estrutura é fixada por uma chapa metálica dobrada, a qual foi soldada a um parafuso e este, por sua vez, é fixado na estrutura de madeira (aparato III).

4.3 DO EXPERIMENTO I

Este é o primeiro roteiro que será apresentado aos alunos, pois ainda não se sabe como cada aluno compreende as grandezas e as etapas para realizar suas medições. Em todo o mundo, atualmente, realizar medidas é uma atividade tão comum quanto caminhar. Certamente, você já deve ter sido questionado sobre as horas por alguém e, logo após consultar um relógio (instrumento), informou a marcação das horas naquele momento. De forma similar, já visualizou a medição de temperatura em um termômetro, geralmente em graus Celsius [°C]; a distância que irá percorrer para chegar em outra cidade, em quilômetros [km]; a área que será comprada em uma fazenda, em hectares [ha]. A esse conjunto número e unidade damos o nome de grandeza escalar.

A maioria das medidas realizadas necessitam de, pelo menos, essas duas informações: a primeira se refere ao valor absoluto representado por um número, o qual representa a quantidade, enquanto a segunda é a unidade fundamental do que se está medindo N (força), g (massa), Pa (pressão), etc. Todas estas grandezas são apresentadas baseadas em um sistema, neste trabalho será abordado o Sistema Internacional de unidades (SI).

Este primeiro experimento busca familiarizar as principais grandezas compreendidas no SI de unidades, entre as quais destacam-se: comprimento, massa, tempo e temperatura. É importante que antes dessas AE ocorra uma aula de introdução à notação científica e as formas de representação de múltiplos das unidades fundamentais, explicitando-se que algumas grandezas fundamentais são muito grandes para serem representadas por valores absolutos, enquanto que outras são muito pequenas. Além disso, antes deste experimento é importante ainda os alunos terem uma introdução básica sobre as conversões entre as diferentes unidades, pelo menos as mais usadas atualmente, que visam medir a mesma grandeza física, por exemplo, medir um determinado comprimento usando a unidade metro [m] e, em seguida, medi-lo novamente utilizando a unidade polegada [in].

Para a medição de comprimento neste experimento, foram utilizados dois instrumentos distintos para sua verificação: paquímetro e régua. Estes foram escolhidos porque estavam disponíveis no laboratório de mecânica do Campus. No entanto, o mesmo roteiro pode ser implementado com réguas, trenas ou fitas métricas. São utilizados termômetros (digital e analógico), cronômetro digital e balanças. É interessante que em qualquer um dos instrumentos que forem utilizados para medição tenha, pelo menos, duas escalas distintas para cada uma das grandezas mensuradas, pois isso facilitará a compreensão dos alunos sobre as conversões ente unidades da mesma grandeza física. A proposta de roteiro experimental sobre Medidas Físicas é apresentada como Experimento I no Apêndice A deste trabalho. Para possibilitar a sua aplicação, foram utilizados diversos acessórios e instrumentos, os quais serão descritos a seguir.

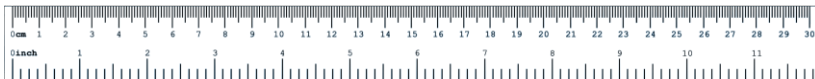
4.3.1 Medição de Comprimento

Para esta medição, pode-se utilizar réguas (escolares), trenas (obras) ou, ainda, fitas métricas (costura). É muito importante que, como dito anteriormente, os instrumentos escolhidos tenham em suas escalas, pelo menos, duas unidades distintas e, por observação, a maioria dos

instrumentos buscados para este projeto já atende a esse critério. Eles apresentam como unidades principais de comprimento metros[m]/pés[ft] ou metro[m]/polegada[in] e, dessa forma, tais instrumentos facilitarão a compreensão dos alunos quanto a conversão de unidades. Cabe destacar que tais instrumentos podem ser facilmente adquiridos em lojas de escritório, ateliês de costura ou loja de ferragens e, para todos eles, estão disponíveis nas mais variadas marcas, modelos e comprimentos.

Como existem diversas réguas no mercado, foi escolhida a mais comum de âmbito escolar, uma régua de plástico transparente de 30cm com duas escalas (metro e polegadas) encontrada em qualquer papelaria. O seu preço final, por unidade varia entre R\$1,00 a R\$2,00 em lojas físicas, mas pela internet pode-se encontrar por valores mais baixos. As réguas de alumínio são mais resistentes e de melhor acabamento, no entanto a unidade pode custar de R\$2,00 a 4,00.

Figura 12 – Régua escolar comum com duas unidades.



Fonte: Google Images (2016).

Como havia disponibilidade de paquímetros no IFSC Campus Lages, devido aos cursos técnicos ali ofertados, foram utilizados os paquímetros de aço inox disponíveis. O preço médio de um desses paquímetros está em torno de R\$35,00 a R\$80,00; no entanto existem disponíveis no mercado, paquímetros de plástico que custam entre R\$2,00 e R\$5,00 a unidade e atendem tão bem a finalidade quanto os de uso profissional. No caso dos paquímetros, sugere-se que sejam utilizados os que possuem escala com marcações milimétrica e não os com *display*, pois assim os alunos poderão perceber a ocorrência de alguns erros inerentes à leitura na escala do instrumento, enquanto que para o professor, se configura em uma poderosa ferramenta para ampliar o aprendizado dos alunos nas AE.

Figura 13 – Paquímetro de plástico.



Fonte: Wikipèdia (2016).

As medições serão feitas em peças específicas para este fim. Tais peças podem ser adquiridas em material de descarte ou ainda serem materiais comuns do cotidiano escolar como objetos de escritório. Neste trabalho, foram confeccionadas algumas peças, a partir de pedaços de madeiras que seriam descartados, com elementos para a medição após serem limpas, lixadas e pintadas. Os pedaços de madeira foram doados e o custo se referiu às lixas, serras, brocas e tinta, pois a mão de obra foi do próprio pesquisador. Estes materiais já estão disponíveis no Campus Lages, pois já são ferramentas de ensino utilizado nos cursos da área de Processos Industriais, principalmente como moldes para as disciplinas de Desenho Técnico.

Consultadas algumas oficinas mecânicas externas, percebeu-se que é muito mais interessante que sejam comprados metais de refugo (descarte) em ferro-velho do que mandar usar novos, pois o custo cai significativamente e paga-se apenas pelo acabamento final que são realizadas à máquina (cortar, lixar, desbastar, limar, furar, fresar ou retificar). Isto se justifica pelo fato de que as peças precisam ter elementos a serem medidos tais como comprimentos externos (chanfros, ressalto ou desníveis), diâmetros (externos e internos) e furos para medição de profundidade.

Como o IFSC Campus Lages é dotado de laboratório de mecânica, serão usinadas peças de alumínio/aço para que se tornem padrões de medição com adequado acabamento. Estes materiais serão foco de desenvolvimento de outras unidades curriculares, na forma de projeto, visando verificar o aprendizado dos alunos dos cursos técnicos de nível médio quanto ao desenvolvimento de habilidades de desenho técnico, dimensionamento (metrologia), execução (usinagem) e finalização (acabamento) das peças. Tais peças, quando disponíveis, serão alocadas

no laboratório de Física para fins de peças padrão para medição de comprimento e massa.

É importante destacar que antes desta aula experimental (ou no seu início), deve-se abordar a forma de utilização/operação dos instrumentos apresentados, de modo que as dúvidas se concentrem na atividade em si e não na interpretação dos instrumentos de medida, o que poderia atrapalhar o desenvolvimento das AE.

4.3.2 Medição de Massa

Para a medição de massa, as mesmas peças confeccionadas para a medição de comprimento poderão ser utilizadas agora nesta etapa. Foram adquiridas três balanças digitais de cozinha modelo SF-400, na cor branca, com duas unidades massa – grama[g] e onça[oz] – com capacidade para medir de 1g a 10kg, utilizando duas pilhas tipo “AA”, com preço por unidade entre R\$15,00 e 25,00 cada.

Foram adquiridas ainda outras três balanças digitais de precisão para a medição de massas menores, modelo Diamond, capacidade de 0,1 a 500g, utilizando duas pilhas tipo “AAA”, com preço por unidade entre R\$10,00 e R\$20,00. Estas balanças podem ficar disponíveis em uma mesa nivelada no laboratório, onde cada equipe irá até elas com suas peças e realizará as medições. É importante seguir o manual de instruções para a correta operação de cada uma das balanças, como o fato de ser acondicionada em uma superfície nivelada e não colocar materiais cujas massas estejam acima das capacidades informadas.

Figura 14 – Balança digital *Diamond*.



Fonte: Google Images (2016).

Figura 15 – Balança digital SF-400.



Fonte: Google Images (2016).

4.3.3 Medição de Tempo

Para a medição de tempo pode-se utilizar a função cronômetro de relógios digitais de pulso ou ainda a mesma função em aplicativos de celulares do tipo “smartphone”, se disponível. No entanto, foi mais interessante realizar a aquisição de seis cronômetros digitais modelo MJ-2005 com resolução de 0,01s, baterias inclusas, fio de suporte e preço por unidade entre R\$10,00 e R\$20,00. Optou-se por estes cronômetros pelas funções disponíveis, porém existem diversos modelos disponíveis seja em lojas físicas, seja na internet. No entanto, é importante que se compre todos do mesmo modelo, pois mantem a padronização quando da explicação do funcionamento do instrumento aos alunos. Os cronômetros ficarão disponíveis nas bancadas experimentais para que cada grupo realize suas medições de tempo de acordo com o que foi definido no roteiro das AE.

Figura 16 – Cronômetro digital MJ-2005.



Fonte: Google Images (2016).

4.3.4 Medição de Temperatura

Para a medição de temperatura foram adquiridos dois tipos de termômetros: um analógico e outro digital. O termômetro de expansão é um dos tipos de termômetro analógico mais conhecidos do mundo, ele consiste em uma coluna de fluido confinado em um bulbo, o qual sofre dilatação térmica de acordo com a variação da temperatura do ambiente e indica o valor da temperatura por meio de uma régua graduada.

Este tipo de termômetro é menos preciso que o digital, todavia a sua aquisição foi importante para representar o erro de escala (ou erro de instrumento), pois dependendo de quem efetua a leitura do valor da temperatura no grupo, observará variações consideráveis na medição entre componentes da mesma equipe, tal erro deve ser considerado um aliado para o professor no momento da discussão da atividade. Foram adquiridos três termômetros analógicos de expansão de 160 x 60mm com preço entre R\$4,00 e R\$15,00.

Foram adquiridos outros três termômetros digitais, com *display* LCD, para a medição de temperatura ambiente. Eles podem ser fixados em locais de fácil acesso, para que os alunos realizem a medição da temperatura em diferentes ambientes: área interna e área externa ao laboratório, por exemplo. Algumas características importantes são sua resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$; capacidade de medir valores entre -50° a $+110^{\circ}\text{C}$; fio do sensor com um metro de comprimento e bateria inclusa, além do seu preço por unidade ser relativamente baixo, variando entre R\$8,00 e R\$15,00.

Figura 17 –Termômetro analógico (a) e digital (b).



(a)



(b)

Fonte: Google Images (2016).

O roteiro sugerido para ser abordado as **Medidas Físicas** é apresentado no **Apêndice A** deste trabalho, podendo o professor avaliar e alterar sua seqüência de acordo com ao tipo de abordagem e com os objetivos que deseja alcançar na aplicação.

4.4 DO EXPERIMENTO II

Uma das atividades experimentais mais ilustradas em livros didáticos e que permite a determinação do valor da aceleração da gravidade local é o **pêndulo simples**. Além disso, pode-se observar o princípio básico do movimento oscilatório que, até hoje, é utilizado como unidade de tempo para grandes relógios mecânicos. A montagem deste experimento é bem fácil e simples, consistindo na utilização do aparato

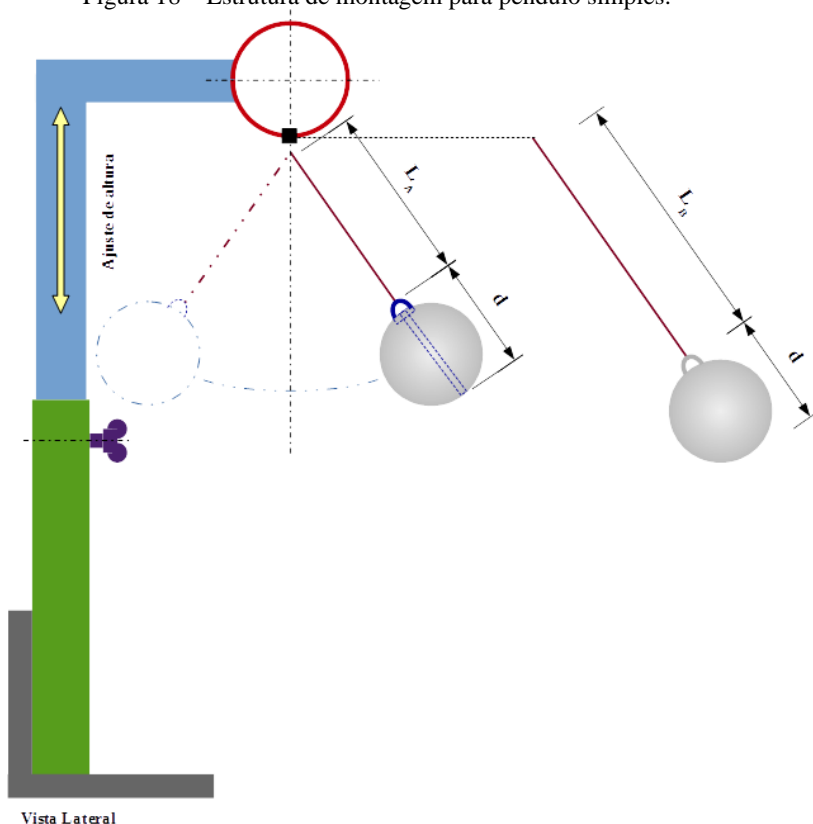
haste vertical; como **acessórios** são utilizados três fios finos e inextensíveis de comprimento conhecidos (L_1 , L_2 e L_3) e uma esfera com engate de diâmetro D ; e como **instrumento** utiliza-se apenas um cronômetro (profissional ou um relógio/celular com tal função).

Uma extremidade do fio será amarrada ao engate da esfera, enquanto a outra será fixada ao suporte circular da haste móvel do aparato. Deve-se mover a esfera até um ponto de referência física (uma linha ou ponto) no qual o usuário abandone a esfera que, por efeito gravitacional, irá oscilar de uma extremidade até a outra, retornando para o mesmo ponto de início do movimento. O tempo decorrido desde o abandono da esfera até seu retorno à posição inicial é chamado de período de oscilação, T . Deve-se ter atenção para que o cronômetro seja acionado no instante em que a esfera é abandonada e pará-lo quando esta retornar à posição inicial.

Montada a estrutura do experimento, percebeu-se que a melhor esfera a ser utilizada para a atividade era a plástica de desodorantes *roll-on* que, apesar de possuir massa pequena, possui dimensões significativas para diversas aplicações e, ainda, ser maleável o suficiente para que se insira um pino de fixação passante para amarração da linha que será tracionada durante o movimento oscilatório.

A tarefa de fixação dos pinos de engates nas esferas, bem como a confecção de alguma de aço ficou a cargo do laboratório de mecânica do IFSC Campus Lages. A estrutura da montagem do experimento é ilustrada na Figura 18. O roteiro sugerido para ser abordado no **Pêndulo Simples** é apresentado na sua forma mais completa no **Apêndice B** deste trabalho, podendo o professor avaliar e alterar sua sequência, forma de montagem ou materiais, de acordo com o tipo de abordagem adotada, bem como de acordo com os objetivos que deseja alcançar na aplicação.

Figura 18 – Estrutura de montagem para pêndulo simples.

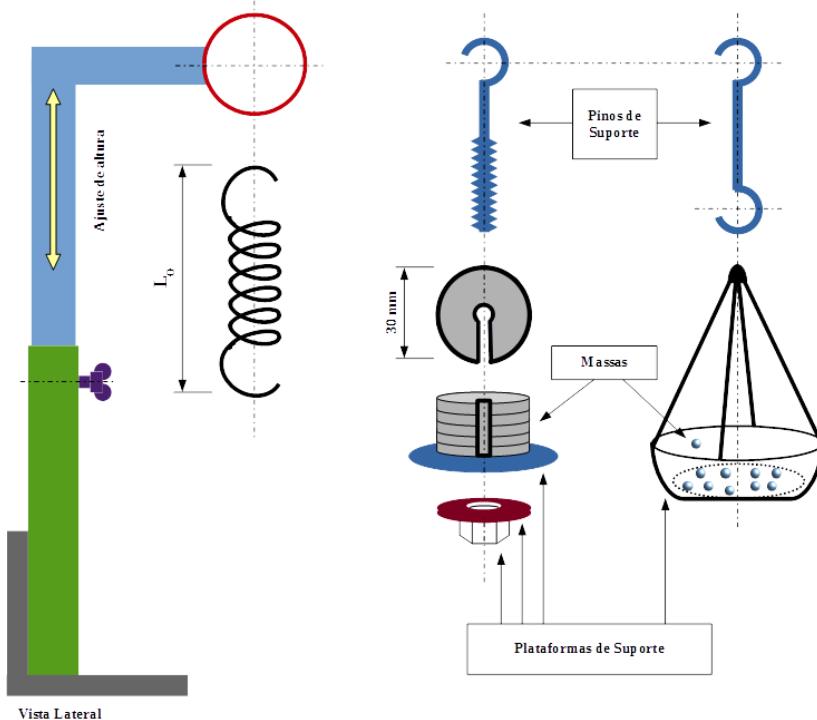


Fonte: próprio autor.

4.5 DO EXPERIMENTO III

Este experimento visa observar as proposições da Lei de Hooke, de tal forma que seja possível determinar o valor da constante da mola k (rigidez da mola) e plotar o gráfico de resposta para cada mola utilizada nas AE. A montagem desse experimento consiste na utilização do aparato **haste vertical**; como **acessórios** serão utilizadas as molas com engates e para simular massas infinitesimais podem ser utilizadas as pequenas esferas (de rolamentos) ou grãos de areia, todos esses acessórios foram descritos no item 4.2.

Figura 19 – Figura de Montagem Lei de Hooke.



Fonte: próprio autor.

As molas possuem engates do tipo gancho de constante k desconhecidas, de diversos comprimentos e diâmetros e foram compradas para atender este experimento. Uma das extremidades da mola será fixada ao suporte da haste móvel, permanecendo sua outra extremidade livre para receber o pino de suporte que fixará as massas padrão ao aparato, conforme ilustra a Figura 19.

Os pinos de suporte podem ser feitos com parafusos com gancho e rosca, aliado a porcas e arruelas de maior diâmetro para suportar as massas. Todos estes itens podem ser encontrados em lojas de ferragens de diversos tamanhos e tipos de materiais (aço, ferro, inox). Um pino mais difícil de ser encontrado é o gancho duplo, que pode ser encontrado em lojas de pesca ou pode ser feito unindo-se dois parafusos com gancho mediante um eixo com rosca (também chamado de estaio).

As massas padronizadas para o experimento do tipo “moeda” devem ser feitas com moedas cortadas ou ainda por uma barra de

aço/ferro cortada em pastilhas de espessura não maior que 2mm, apesar de ser mais cara, face à mão de obra e a necessidade de máquinas, ficam com melhor aparência e uniformidade. Uma outra forma de conseguir as massas padrão, seria coletar esferas de pequenos rolamentos em ferro-velho, pois considerando-se o mesmo tipo de rolamento as suas esferas internas não diferem significativamente no valor das massas, mesmo que se encontrem visivelmente deformadas.

Este experimento se refere ao tema Lei de Hooke e aqui serão apresentados os materiais, métodos e recursos utilizados para o seu desenvolvimento e aplicação. A lei de Hooke representa a força realizada por uma mola e seu deslocamento (distensão ou compressão) de acordo com a rigidez (k) inerente a ela. Assim, foram adquiridas algumas molas no mercado de fácil obtenção com valores que variam de R\$0,50 a R\$5,00 a unidade. Foram adquiridas seis unidades de cinco modelos distintos (rigidez, comprimento, material e diâmetro), porém todas com o gancho de suporte em ambas as extremidades da mola conforme apresentado na na Figura 20.

Figura 20 – Foto das molas com gancho.



Fonte: próprio autor (2016).

O pino de suporte a ser utilizado deverá ter um gancho para que seja conectado à extremidade livre da mola, para isso conta-se com diversos tipos no mercado dentre os quais podem atender a esta aplicação.

As plataformas de suporte podem ser feitas com porcas e arruelas (no caso de massas do tipo “moeda”) ou uma bolsa firme fixada por linha de nylon até o ponto de apoio, a qual receberá as massas infinitesimais (pequenas esferas de aço ou grãos de areia). Não é interessante a utilização de sacolas plásticas (de supermercado) como plataforma de suporte do tipo bolsa e nem outro material que possa deformar ou rasgar com facilidade, logo sugere-se cortiça ou napa, pois são materiais mais firmes e resistentes, além de serem fáceis de se encontrar em qualquer loja de tecidos, os quais possuem preço entre R\$4,00 a R\$10,00 por metro. É importante que se utilize linha reforçada para sua fixação ao engate do pino de suporte, um pedaço de linha de nylon, preferencialmente de pesca, costurada ao tecido moldando a bolsa, de modo que permita o confinamento das massas em seu interior (principalmente se forem utilizados grãos de areia).

Uma forma ainda mais simples de conseguir as massas padrão para utilizar na bolsa neste experimento seria utilizar pequenas pedras de construção (brita) que, apesar de não possuírem grande uniformidade entre elas, quando unidas em uma mesma bolsa podem prover uma massa significativa para “vencer” a rigidez da mola, além de que são de fácil obtenção e sem custo.

O roteiro sugerido para ser abordado a **Lei de Hooke** é apresentado na sua forma mais completa no **Apêndice C** deste trabalho, podendo o professor avaliar e alterar sua sequência, métodos ou materiais, de acordo com o tipo de abordagem adotada, bem como de acordo com os objetivos que definir.

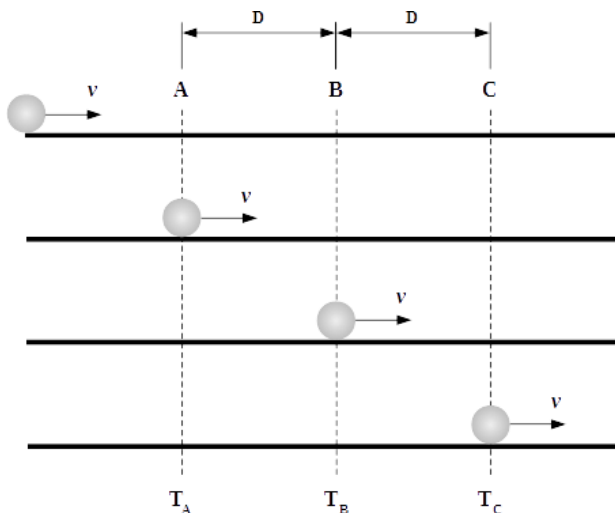
4.6 DO EXPERIMENTO IV

Este experimento apresenta uma versão simplificada de um Movimento Retilíneo Uniforme (MRU). A montagem deste experimento consiste na utilização do aparato **trilho**; como **acessórios** serão utilizadas pequenas esferas e como **instrumento** utiliza-se apenas um cronômetro (profissional ou um relógio/celular com tal função).

O deslocamento da esfera sobre o trilho se dá por intermédio de abandono no ponto mais alto da curvatura, permitindo que se desloque por toda a extensão da estrutura. É interessante que se busque por esferas de pequeno raio para que seja possível desprezar os efeitos rotacionais.

Deve-se realizar marcações com fita na própria mesa de forma que permita iniciar e parar o cronômetro, iniciando-o no ponto A ($T_A = 0,00s$) e interrompendo-o em B (T_B) e em C (T_C).

Figura 21 – Trajetória do deslocamento ABC para medição.



Fonte: próprio autor (2016).

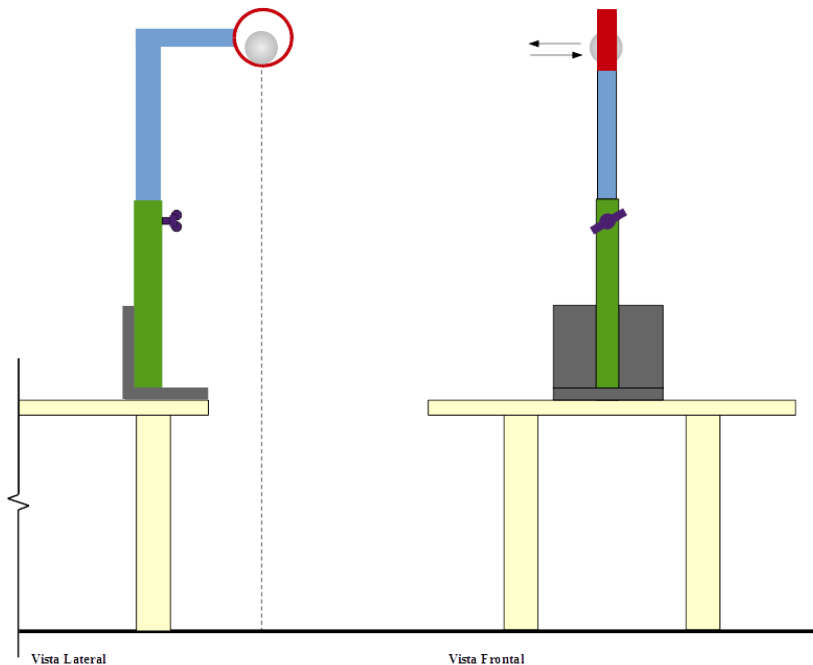
Para que seja considerado um movimento retilíneo uniforme devemos ter a velocidade constante durante todo o percurso, ou seja, entre os pontos A e C e, dessa forma, a velocidade entre os pontos A e B deve ser igual à entre B e C . O roteiro sugerido que abordará o **MRU** é apresentado na sua forma mais completa no **Apêndice D** deste trabalho, podendo o professor alterá-lo de acordo com o tipo de abordagem adotada, bem como de acordo com os objetivos que deseja alcançar na aplicação. A tabulação dos dados pode ser realizada por cada membro da equipe de laboratório ou, o professor poderá utilizar a tabela disponível no referido roteiro experimental.

4.7 DO EXPERIMENTO V

O Experimento V consiste em atestar os experimentos sobre queda livre de corpos. Denomina-se de queda livre o movimento realizado por um corpo sujeito exclusivamente à ação da força gravitacional, desprezando-se os efeitos da resistência do ar e com velocidade inicial

nula. Portanto, este é um movimento considerado como de aceleração constante, uma vez que a variação da gravidade local é desprezível.

Figura 22 – Montagem do experimento para análise do MRUV.



Fonte: próprio autor (2016).

A montagem deste experimento consiste na utilização do aparato **haste vertical**; como **acessórios** são utilizados apenas uma esfera de diâmetro D e massa m ; e como **instrumento** utiliza-se apenas um cronômetro (profissional ou um relógio/celular com tal função). Este experimento visa determinar a aceleração da gravidade local e compreender o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) com a possibilidade de plotagem dos gráficos de resposta do movimento.

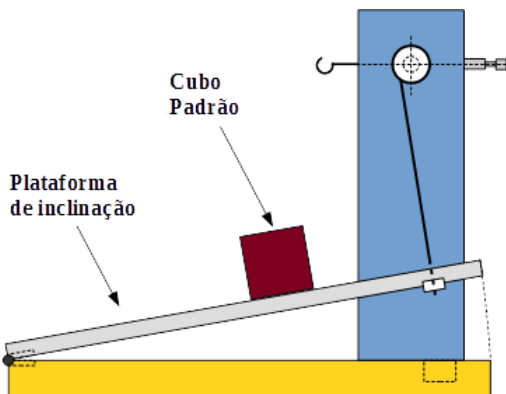
Posicionando sobre uma mesa nivelada o aparato haste vertical, escolha uma esfera com diâmetro menor que a espessura do anel de suporte, de tal forma que ela permaneça estática na posição. Movimente vagarosamente a esfera até que ela saia do anel de suporte e caia por efeito da força gravitacional. É importante ter cuidado quando da repetição desta atividade, pois dependendo do material, da massa da esfera e da altura de abandono, pode-se danificar o piso ou machucar os pés de alguém.

Recomenda-se que sejam realizadas dez repetições de queda livre na mesma altura, com a mesma esfera e medidos seus tempos para que possa ser retirado um tempo médio do deslocamento. O roteiro sugerido que abordará o **MRUV** é apresentado no **Apêndice E** deste trabalho, podendo o professor alterá-lo de acordo com os objetivos que deseja alcançar na aplicação, inclusive em relação as formas de tabulação dos resultados (forma e quantidade de repetições do experimento).

4.8 DO EXPERIMENTO VI

Este experimento apresenta uma análise de plano inclinado para a análise de forças de atrito e trata-se de um plano inclinado com uma plataforma de elevação sobre a qual repousa um bloco padrão. A plataforma é elevada por meio de um fio inextensível em uma das extremidades, enquanto a outra é fixa a uma dobradiça que permite apenas o trabalho de abertura angular da estrutura. Porém, este conceito vai muito além da escola e deve considerar diversas dimensões.

Figura 23 – Montagem do experimento plano inclinado.

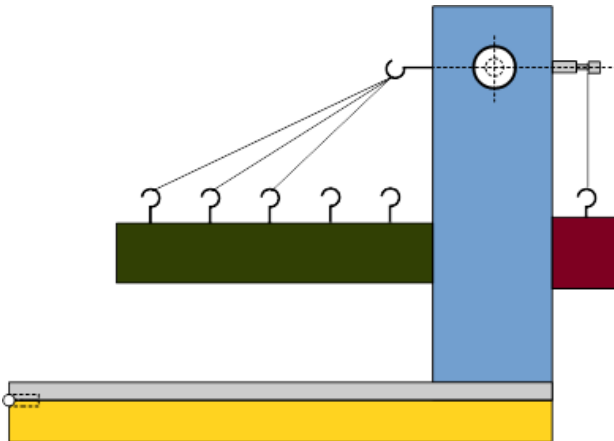


Fonte: próprio autor (2016).

A montagem deste experimento consiste na utilização do aparato **plano inclinado**; como **acessórios** são utilizados blocos padrão de 50, 70 e 90mm e como **instrumentos** régua (ou trena) para medição do comprimento e altura que foi elevada a plataforma. Este mesmo aparato poderá ser utilizado para outros tipos de experimentos como, por exemplo, o içamento de estruturas para a determinação do centro de gravidade de algumas estruturas mecânicas padrões. Tal pedido foi feito pelos professores da Área de Mecânica do IFSC Campus Lages durante o

desenvolvimento do plano inclinado. Para esta finalidade foram adicionados à torre de sustentação pinos e suportes com ganchos, da mesma forma estes últimos foram também adicionados aos cubos e vigas de suporte.

Figura 24 – Exemplo de aplicação do aparato plano inclinado.



Fonte: próprio autor (2015).

Recomenda-se que sejam feitos vários polimentos na estrutura de madeira com diferentes granulações de lixas, de modo que proporcione um acabamento mais polido possível, reduzindo-se o risco de farpas durante o seu manuseio desse experimento. A transposição didática para diferentes níveis de ensino, bem como o tipo de abordagem utilizada podem ser adaptados de acordo com os diferentes públicos que se deseja atender. O roteiro sugerido que abordará o **Atrito I** é apresentado no **Apêndice F** deste trabalho, podendo o professor alterá-lo de acordo com a sua abordagem de aplicação.

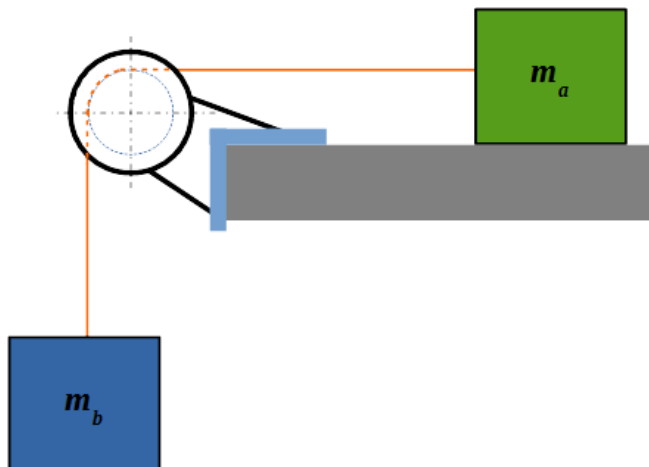
4.9 DO EXPERIMENTO VII

Este experimento apresenta, de outra maneira, uma análise de forças de atrito e trata-se de um bloco padrão m_a sendo tracionado pela força peso de um conjunto de massa m_b , por intermédio de um fio inextensível em conjunto com uma polia. A montagem deste experimento consiste na utilização do aparato **polia**; como **acessórios** serão utilizadas linha fina de pesca de nylon e ganchos de suporte (nos blocos e no

conjunto de massas); e como **instrumento** utiliza-se apenas as balanças para medição de massas (preferencialmente, a de maior resolução).

O deslocamento do bloco de massa m_a , inicialmente em repouso, se dará de acordo com a massa total do conjunto m_b conforme ilustra a Figura 25.

Figura 25 – Montagem do experimento atrito.

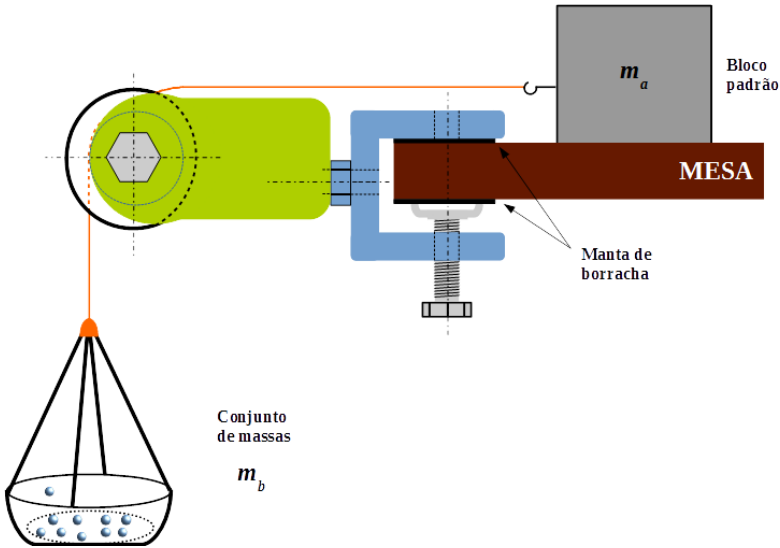


Fonte: próprio autor (2015).

A montagem do aparato consiste em posicionar em uma mesa nivelada o **aparato polia**. Para isso, deve-se proteger a mesa com dois pedaços de borracha de tal forma que o parafuso do tipo “morsa” não arranhe ou risque a mesa. Fixando o aparato à mesa, escolha o bloco padrão que permanecerá estático sobre a mesa. Uma vez escolhido o bloco, deve-se inserir um gancho de suporte (parafuso com gancho) nele para que possamos amarrar o fio de nylon. Meça a massa do bloco m_a somente após fixar o parafuso com gancho. Selecione o bloco (ou a bolsa para conjunto de massas) e amarre-o a outra extremidade da linha. Adicione massas ao conjunto até que o bloco em repouso passe a se movimentar e, quando isso ocorrer, meça a massa de todo o conjunto de massas (gancho de suporte, bolsa, grãos de areia ou esferas).

Neste experimento a linha de nylon utilizada se refere a um pedaço de 400mm de linha de pesca profissional que, além de muito fina e de massa desprezível, suporta cargas acima de 40kg. A Figura 26 ilustra a montagem do experimento.

Figura 26 – Flexibilização do experimento atrito.



Fonte: próprio autor (2015).

Uma flexibilização que pode ser explorada pelo professor para montar outros experimentos é integrar o aparato polia ao aparato haste vertical. Para isso, deve-se desmontar da estrutura do aparato polia a parte responsável pela fixação (morsa) e inserir na estrutura que sobrou o acessório apresentado na Figura 27 (sem o gancho). Isso é possível pelo fato de que ambos os acessórios são da mesma bitola (M10), além de serem do mesmo material (aço inox).

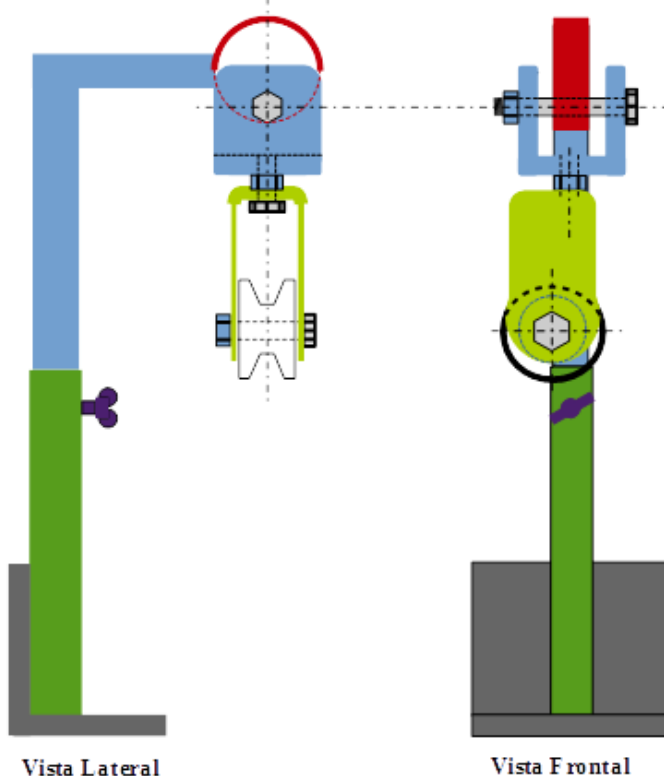
Figura 27 – Acessório com parafuso liso para fixação da polia.



Fonte: próprio autor.

A Figura 28 ilustra um exemplo de integração dos aparatos com a integração do acessório da Figura 27 ao aparato polia e a fixação deste por parafuso liso ao anel de suporte do aparato haste vertical. Esta flexibilização se tornou possível por terem sido encontradas diversas peças idênticas de aço inox com parafusos M10 em sucata.

Figura 28 – Integração dos aparatos haste vertical e polia.



Fonte: próprio autor (2015).

Dessa forma, é possível utilizar o conjunto acima para simular polias e proceder análise acerca do cálculo do suporte de cargas (tração) nos fios inextensíveis utilizados de acordo com a massa do objeto. O roteiro sugerido que também abordará **Atrito II** é apresentado no **Apêndice G** deste trabalho, podendo o professor alterá-lo de acordo com a sua abordagem de aplicação, pois os aparatos construídos permitem flexibilidade de aplicação para muitas montagens.

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados parciais coletados da aplicação das AE, no decorrer do semestre corrente, nos cursos regulares. Para a coleta dos dados aqui apresentados foram utilizados os formulários disponíveis nos **Apêndices H e I** os quais serão descritos a seguir.

5.1 APLICAÇÃO

Como este pesquisador não pôde aplicar os aparatos devido a sua transferência ter sido realizada durante o desenvolvimento deste trabalho, fez-se necessário construir um formulário de coleta de dados para que pudesse ser aplicado ao professor que realizou a aplicação em sala de aula e outro para coletar as informações dos alunos que receberam a abordagem.

O primeiro formulário visa coletar informações gerais do público (turma/série/semestre); quais roteiros foram aplicados (temas); como se deu sua operacionalização (quantidade de alunos, divisão, ambiente); principais dificuldades encontradas pelos alunos (e pelo próprio professor) durante a aplicação; quais as formas utilizadas na avaliação da aprendizagem e, ainda, uma opinião geral sobre a aplicação. O referido formulário encontra-se disponível no **Apêndice H** e o formulário busca coletar informações dos aparatos e das AE pelo ponto de vista do docente.

O segundo formulário foi desenvolvido com o intuito de coletar as informações relevantes sobre as experiências dos alunos quanto ao uso de AE e os aparatos desenvolvidos, suas dificuldades encontradas durante a aplicação, avaliação dos materiais e instrumentos utilizados, bem como a opinião dos alunos em geral sobre a abordagem, ele encontra-se disponível no **Apêndice I**. Como orientação geral para coleta de informações, sugere-se que este formulário seja aplicado somente ao final de todo semestre/disciplina, a todos que fizeram parte da turma de aplicação, sem a necessidade de identificação do aluno.

Como não há dados anteriores acerca da aplicação das AE em sala de aula, uma vez que a montagem do laboratório se deu a partir da proposta deste trabalho, foi solicitado ao professor de Física do IFSC Campus Lages a aplicação da proposta deste trabalho em 2017/2. Cabe enfatizar que a submissão para aprovação se deu em meados de maio do corrente ano, enquanto que a aprovação da realização da defesa se deu em setembro, logo os dados coletados se referem a aplicação parcial dos aparatos experimentais no referido semestre, os quais foram compilados

a partir da Ficha de Avaliação Docente (**Apêndice H**) respondida pelo professor de Física para aplicação no curso superior em Engenharia Mecânica. Outra aplicação deste trabalho ocorreu pelos Professores de Metrologia e de Desenho Técnico, ambos da Área Mecânica, para o curso técnico de nível médio em Mecatrônica e Eletromecânica, respectivamente. Os referidos docentes também responderam ao formulário do **Apêndice H**. Todos os dados coletados são apresentados no item a seguir na forma de relato de experiência.

5.2 COLETA DE DADOS

Neste item são apresentados os dados da aplicação dos aparatos experimentais aplicados aos roteiros sugeridos nos **Apêndices A a G**.

5.2.1 Curso Superior

Q1) Em qual turma ocorreu a aplicação?

“2ª fase – Engenharia Mecânica | Física I”

Q2) Quais roteiros foram aplicados?

“Roteiro III - Lei de Hooke, Roteiro IV - MRU e Roteiro V - MRUV”.

Q3) Como foi a operacionalização da aplicação?

“Grupos de três a quatro alunos por bancada”.

Q4) Quantos alunos na turma?

“Dezenove alunos assíduos, logo não foi necessário realizar a divisão da turma porque o ambiente comportava todos”.

Q5) Quais as suas principais dificuldades durante a aplicação?

“A carga horária da disciplina é curta para que todo o conteúdo teórico e a parte experimental sejam desenvolvidos integralmente, por isso a parte teórica possui preferência”.

Q6) Como você avalia o uso dos aparatos pelos alunos?

“Pareceram ter facilidade e gostaram das atividades, pois sai do ambiente clássico da sala de aula”.

Q7) Como você avaliou a aprendizagem dos alunos nas AE?

“Pela participação na realização das atividades, bem como pelas próprias atividades em si”.

Q8) *Você pensou em utilizar os aparatos experimentais para outras montagens ou em roteiros diferentes dos sugeridos?*

“Pensei em outras configurações de montagem, mas ainda não planejei nada para este semestre devido ao pouco tempo”.

Q9) *Você pretende continuar aplicando as AE?*

“Sim, pois o emprego de experimentos no ensino de Física, apesar de ser um recurso didático clássico, desperta maior motivação nos discentes. Os estudantes mostraram-se entusiasmados com as montagens experimentais e sua operação, embora a coleta e transformação dos dados tenha ocasionado envolvimento mais comedido, talvez por se aproximar da abordagem teórica tradicional de resolução de exercícios”.

Q10) *Na sua opinião, como você avalia a proposta dos aparatos experimentais e dos roteiros sugeridos para aplicação deles?*

“Os experimentos apresentaram como principais benefícios a capacidade de complementar a explicação dos fenômenos físicos, ao elucidá-los através de demonstrações práticas, e provocar certa predisposição para aprender, como se constatava pelos questionamentos lançados pelos estudantes, fosse sobre seu funcionamento ou por algum conhecimento relacionado resgatado.”

5.2.2 Cursos Técnicos

Q1) *Em qual turma ocorreu a aplicação?*

“1ª fase – Técnico em Eletromecânica / Metrologia e Desenho Técnico”

Q2) *Quais roteiros foram aplicados?*

“Roteiro I – Medidas Físicas”.

Q3) *Como foi a operacionalização da aplicação?*

“Divida a turma em A e B (vinte alunos cada). A estratégia é utilizar duas disciplinas com divisões em turnos, enquanto a turma A cursa a disciplina 1, a turma B cursa a disciplina 2, depois do

intervalo, invertem-se as turmas. A mesma aula é ministrada duas vezes por cada professor, apesar de sacrificar o professor, esta estratégia viabiliza as aulas práticas”.

Q4) Quantos alunos na turma?

“40 alunos, logo foi necessário realizar a divisão da turma em A/B porque o ambiente não comportava todos”.

Q5) Quais as suas principais dificuldades durante a aplicação?

“A carga horária da disciplina é curta (40h) e a conversão de unidades demanda muito tempo, além do que os atrasos e a evasão dos alunos no curso noturno é muito grande ainda”.

Q6) Como você avalia o uso dos aparatos pelos alunos?

“Os alunos gostam das atividades práticas, mais inclusive do que das teóricas. A análise dos erros, bem como a identificação do tipo de erro nas medições é muito importante para eles, logo a familiaridade com os instrumentos é fundamental nesta etapa”.

Q7) Como você avaliou a aprendizagem dos alunos nas AE?

“Avaliações práticas (com instrumentos) e avaliação teórica (acerca do manuseio dos instrumentos), bem como de conversão de medidas”.

Q8) Você pensou em utilizar os aparatos experimentais para outras montagens ou em roteiros diferentes dos sugeridos?

“Novas peças com níveis de dificuldades crescentes com a finalidade de ampliar as medidas realizadas, são utilizados seis kits de peças distintos com variados níveis de dificuldades tanto em Desenho Técnico quanto em Metrologia”.

Q9) Você pretende continuar aplicando as AE?

“Sim, pois muitos conhecimentos são melhor adquiridos pelos alunos através da materialização da teoria, o que ocorre durante a aplicação prática”.

Q10) Na sua opinião, como você avalia a proposta dos aparatos experimentais e dos roteiros sugeridos para aplicação deles?

“As atividades experimentais são de fundamental importância, principalmente alinhadas à finalidade dos cursos técnicos”.

Q1) Em qual turma ocorreu a aplicação?

“1ª fase – Técnico em Mecatrônica | Metrologia”

Q2) Quais roteiros foram aplicados?

“Roteiro I – Medidas Físicas”.

Q3) Como foi a operacionalização da aplicação?

“Turma tem que ser dividida devido o ambiente não comportar todos os alunos adequadamente e ser inviável, do ponto de vista pedagógico, trabalhar com muitos alunos em laboratório”.

Q4) Quantos alunos na turma?

“40 alunos ingressante na primeira fase, porém as turmas podem chegar até 55 alunos, devido aos alunos que ficaram pendentes nos semestres anteriores”.

Q5) Quais as suas principais dificuldades durante a aplicação?

“Dificuldade dos alunos na conversão de unidades e no uso dos instrumentos de medida, bem como no uso de casas decimais (frações) e notação científica, além de faltar tempo hábil para cumprir totalmente a ementa da disciplina, apenas 40h”.

Q6) Como você avalia o uso dos aparatos pelos alunos?

“A maioria dos alunos tem facilidade no uso dos aparatos, materiais e instrumentos, no entanto os métodos de leitura e os cuidados na operação são pontos relevantes para o desenvolvimento das atividades”.

Q7) Como você avaliou a aprendizagem dos alunos nas AE?

“Avaliações práticas com auxílio de instrumentos e avaliação teórica versando sobre operação, formas de leitura e tipos, além de atividades sobre conversão e a participação na aula”.

Q8) Você pensou em utilizar os aparatos experimentais para outras montagens ou em roteiros diferentes dos sugeridos?

“Peças de diferentes materiais e com diversos elementos diferentes para realizar as medidas. Alternando-se os níveis de dificuldades com a finalidade de ampliar as medidas realizadas”.

Q9) Você pretende continuar aplicando as AE?

“Sim, porque é uma excelente estratégia de ensino e, para aplicação nos cursos técnicos, é de extrema importância”.

Q10) Na sua opinião, como você avalia a proposta dos aparatos experimentais e dos roteiros sugeridos para aplicação deles?

“Muito importante para a montagem do laboratório de Física em nosso Campus, a iniciativa foi bem aceita pela Área de Processos Industriais, pois proporciona melhoria no processo de ensino”.

5.3 ANÁLISE

Pode-se perceber, a partir dos relatos dos professores, que as AE é uma importante ferramenta e que sua aplicação como estratégia de ensino, proporciona uma grande motivação nos alunos. Apesar de não ter sido realizada a aplicação total dos materiais e ainda temos materiais sendo desenvolvidos em outras disciplinas, verifica-se que a forma de divisão de turma no IFSC Campus Lages, apesar de dobrar a carga horária docente, é uma forma interessante de se poder viabilizar a aplicação das AE em laboratórios, uma vez que os laboratórios do referido Campus, bem como da maioria das escolas que visitei, não comportam mais do que vinte alunos.

No caso dos cursos técnicos de nível médio, percebe-se que a preocupação com a qualidade das AE é bem latente, uma vez que este público precisa estar alinhado com as demandas da indústria que, em um mercado de trabalho cada dia mais exigente, precisam estar pautados em conhecimentos, habilidades e atitudes que permeiam a educação profissional e formam cidadãos capazes de atender tais demandas. Portanto, as abordagens utilizadas para aplicação das AE precisam ser variadas, ainda que a verificação e a repetição de procedimentos sejam muito usuais, outras abordagens podem ser experimentadas no ambiente escolar de acordo com os objetivos propostos pelo docente.

Nos cursos superiores, percebe-se que a possibilidade de abordagem de verificação é muito presente, no entanto, geralmente, a capacidade de abstração dos alunos permite ao professor desenvolver novas atividades, de modo que os roteiros sugeridos não fiquem tão “engessados”, assim a abordagem de investigação pode se apresentar mais interessantes neste público. A adaptação do conteúdo dentre as turmas e níveis pode se apresentar como um desafio para alguns professores, no entanto a flexibilidade do professor e sua formação

apresentam-se mais preponderantes neste momento, pois cabe a ele debater, discutir e apresentar a abordagem que mais se sentir seguro.

Cabe salientar que a atividade docente não é como a maioria das profissões, pois apresenta nuances que vão desde seu planejamento até sua transposição do saber ensinado em sala de aula, assim essa profissão necessita constantemente se atualizar, melhorar para que se possa prover novas formas de trabalhar e de conhecer novas metodologias, permitindo sua melhoria contínua em se tratando de todas as possibilidades a serem exploradas com a finalidade de melhorar o que será ensinado.

Não foi aplicado a Ficha de Avaliação Discente (**Apêndice I**), pois esta será aplicada no processo de avaliação dos cursos, realizada no final de cada semestre junto a avaliação institucional.

6 CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas agora as conclusões acerca do projeto, da metodologia e do desenvolvimento dos aparatos experimentais. Serão apresentados ainda, de forma ampla, os principais pontos que contribuíram para a melhoria do trabalho, bem como as principais dificuldades encontradas durante seu desenvolvimento, enaltecendo desde já as pessoas que colaboraram para que este trabalho pudesse ser realizado. Ao final do capítulo são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros visando aprofundar ou dar continuidade na proposta deste trabalho.

6.1 GERAL

A necessidade do projeto foi muito bem aceita pela área de Processos Industriais do IFSC Campus Lages que viu na propositura deste trabalho uma grande alternativa para a limitação orçamentária, daquela área, em adquirir todos os materiais para a montagem de um laboratório de Física.

O trabalho em questão não pôde ser aplicado em sua integralidade pelo pesquisador no Campus Lages porque este foi transferido no início do 2016 para o Campus São José e, por isso, boa parte do seu desenvolvimento foi realizado na Grande Florianópolis. Muitas ideias não puderam ser aplicadas por falta de tempo hábil para desenvolvimento, como um canhão para lançamento oblíquo, que não foi possível ser executado, apesar de ter sido desenvolvido o projeto e com diversas revisões para a sua concepção.

O aparato **plano inclinado** foi adicionado a este trabalho como uma contemplação da necessidade da Área Mecânica em atuar na parte de estática de estruturas e, por tal demanda, foram buscados meios de atender a mais de uma atividade experimental com o referido aparato. Foram construídos novos blocos para escoramento. O custo total de todos os quatro aparatos apresentados (haste vertical, trilho, plano inclinado e polia) com seis repetições cada, ficou no valor de R\$2.600,00. Tal valor demonstra que, apesar do grande esforço despendido para obtenção dos materiais e acessórios, bem como do tempo e da quantidade de discussões acerca do referido projeto, satisfaz os objetivos propostos de economia e flexibilidade dos materiais, uma vez que com tal valor poderíamos adquirir (mediante licitação, por se tratar de órgão público) no máximo duas unidades de um único aparato experimental.

A entrega de todos os materiais foi realizada no dia cinco de agosto do ano de 2016 (final do semestre 2016/1) e, portanto, não foi possível para este pesquisador aplicá-los nas turmas dos cursos superior e técnico de nível médio a tempo. A seguir são apresentadas fotos da entrega de aparatos, materiais e acessórios ao IFSC Campus Lages.

Figura 29 – Foto dos acessórios e instrumentos no Campus.



Fonte: próprio autor.

Figura 30 – Foto dos aparatos entregues no Campus.



Fonte: próprio autor.

Figura 31 – Foto da entrega do **aparato trilho**.



Fonte: próprio autor.

Alguns acessórios ficaram sob responsabilidade do laboratório de mecânica, do próprio campus, para seu desenvolvimento tais como as peças-padrão em aço usinadas (foram utilizadas, até então, peças de madeira lixadas).

Figura 32 – Peças-padrões do próprio Campus.



Fonte: próprio autor.

6.2 DIFICULDADE ENCONTRADAS

Como em qualquer atividade de pesquisa não são poucas as dificuldades encontradas pelo caminho do conhecimento científico, no entanto nos cabe buscar caminhos alternativos de modo que possam ser superados os problemas, eliminando-os ou, pelo menos, reduzindo seu impacto no seu desenvolvimento da pesquisa.

Encontrar em sucata seis bases de manequins idênticas para garantir a uniformidade do aparato de haste vertical foi uma tarefa complicada, pois apesar de encontrar algumas em diversos locais diferentes, a maioria delas encontrava-se em estágio avançado de deterioração, além do que, possuíam dimensões muito diferentes umas das outras.

Foi difícil encontrar uma oficina mecânica, principalmente uma serralheria que desejasse realizar os acabamentos nas peças pequenas, pois o custo é tão pequeno que não compensaria para a oficina o retorno para a execução deste trabalho, motivo pelo qual muitos acabamentos foram realizados pelo próprio pesquisador. Após inúmeras visitas, finalmente encontrou-se uma serralheria disposta a ajudar. Após conversar com o proprietário e informá-lo de que se tratava de um projeto de pesquisa para fins educacionais, ele se convenceu de que a relevância do projeto sobrepujava o retorno financeiro e prontamente auxiliou na confecção, acabamentos e, até mesmo, na melhoria de alguns dos projetos desenvolvidos neste trabalho.

Apesar da grande dificuldade de se encontrar os materiais desejados, durante as buscas em diversos locais na Grande Florianópolis, encontramos diversos materiais que oportunizariam outros tipos e formas de experimentos. O deslocamento entre as cidades de São José e Lages, de forma frequente, se mostrou inviável, ao passo que o pesquisador optou por contato telefônico com o Campus Lages para dirimir dúvidas e receber sugestões acerca da construção dos aparatos experimentais.

6.3 TRABALHOS FUTUROS

A automatização dos dispositivos no sentido de coleta das informações com sensores, dispositivos de acionamento e liberação é uma atividade que pode ainda ser explorada. Por exemplo, o acionamento dos cronômetros é uma atividade que pode adicionar um erro relativo ao tempo de resposta que um observador tem entre ver o fato e acionar o

cronômetro. Tal erro é sistêmico e varia de pessoa para pessoa, no entanto é um erro interessante para se trabalhar nas AE. A automatização desta e de outras atividades pode melhorar os resultados apresentados de forma significativa.

Outros aparatos poderiam ser propostos para ampliar a quantidade de temas experimentais englobados como, por exemplo, um aparato para lançamento oblíquo que pode permitir variar a compressão da mola (velocidade inicial) e o ângulo de lançamento do projétil (ângulo de lançamento). O aparato para lançamento oblíquo foi proposto inicialmente, porém não houve tempo hábil para sua construção, teste e adequações.

A aplicação destes aparatos experimentais em escolas, turmas e por professores distintos pode ser objeto de estudo para fins comparativos de níveis de aprendizagem, de facilidade na montagem e operação, de adequação de novos roteiros ou de propositura de nova abordagem. A aplicação dos referidos aparatos poderá ainda ser foco de estudo para propor melhorias nos projetos apresentados com o uso de outras formas de montagem, acessórios e materiais desde que atendam aos objetivos propostos na atividade experimental em questão.

É interessante ainda prover pesquisas para realizar montagens de aparatos e experimentos para as disciplinas de Física II – (Termodinâmica) e de Física III (Eletromagnetismo) com finalidade didático-pedagógica visando ampliar ainda mais as AE do novo laboratório de Física.

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deixo neste momento algumas considerações importantes para a aplicação, em especial aos professores que desejam adotar os aparatos. A necessidade de tempo disponível para conteúdo conceitual antes de cada uma das AE, bem como o momento de discussão do modelo após o tratamento dos dados para fins de apropriação do conhecimento. Os questionamentos precisam ser debatidos e este, na minha opinião, é o principal momento do processo, pois a confrontação das ideias e opiniões pode contribuir com a motivação de cada aluno, permitindo-o compreender os “porquês” do que ocorreu.

A importância de manter a organização dos materiais, acessórios, instrumentos, equipamentos, mobiliário e as bancadas. A substituição de pilhas ou baterias dos equipamentos, bem como ligar e desligar. A definição das equipes e designação das bancadas pode ser feita durante a

aula teórica. Solicitar um relato do que foi realizado nas AE é uma forma de poder avaliar como o aluno pode perceber a atividade, bem como saber a sua forma de expressão escrita. A definição e atenção às normas de saúde e segurança das instalações, equipamentos, materiais e acessórios, bem como na preservação do patrimônio público.

Este trabalho é apenas um pequeno pedaço de como podemos ampliar e, por que, de como podemos melhorar o ensino de Física a partir de atividades experimentais simples e de baixo custo. Pelo tempo que participei deste mestrado profissional pude perceber, a partir do convívio com diversos professores das mais variadas localidades, o engajamento que cada professor tem na intenção de buscar e/ou melhorar estratégias que ampliem o aprendizado de seus alunos contribuindo para a melhoria do Ensino de Física em nosso país.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. **Atividades experimentais no ensino de física**: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, n. 2, jun. 2003. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>>.
Acesso em: 15 jan. 2017.

BÄR, Eliana C. **Ambiente escolar**. Universidade Aberta do Brasil (UAB). Florianópolis: Publicações do IF-SC, 2012.

BASTOS, M. de J. **A formação de professores para a educação básica**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 2, vol. 14, p. 82-97 jan. 2017. Disponível em:
<<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/page/6>>.
Acesso em: 08 out. 2017.

BRASIL. LDB [recurso eletrônico]. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional**. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. – 12. ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2016. (Série legislação; n. 254). Disponível em <<http://bd.camara.leg.br/bd>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

_____, MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio**. Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica: 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2016.

_____, MEC. **PCN+ Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica, 2000. Disponível em:
<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>.
Acesso em: 22 out. 2016.

CASSARO, Renato. **Atividades experimentais no ensino de Física**. Universidade Federal de Rondônia – Campus Ji-Paraná. Ji-Paraná: UNIR, 2012. Disponível em:
<http://www.fisicajp.unir.br/downloads/1892_tccrenato.pdf>.
Acesso em: 30 jan. 2017.

FORÇA, A. C.; LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. da. **Atividades experimentais no ensino de física:** teoria e práticas. VIII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas, dez. 2011. Disponível em:

<<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiipec/listaresumos.htm>>

Acesso em: 16 out. 2017.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. de C. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula:** uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. Revista Investigações em Ensino de Ciências. v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005. Disponível em:

<<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/issue/view/43>>.

Acesso em: 10 out. 2017.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. (Série Educação à Distância).

Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/serieead.htm>>.

Acesso em: 17 out. 2017.

GIANI, Kellen. **A experimentação no ensino de ciências:** possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa. (dissertação). Brasília/DF, UnB, mai. 2010. Disponível em:

<<http://ppgec.unb.br/dissertacoes/12-dissertacoes/21-2010>>.

Acesso em: 10 jan. 2017.

GOOGLE IMAGES. **Imagens diversas.** Disponível em:

<<https://images.google.com/>>. Acesso em: 30 out. 2017.

HALLIDAY; D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física.** v. 1. Mecânica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

IFSC. **Missão, visão e valores do IFSC.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Disponível em:

<<http://www.ifsc.edu.br/menu-institucional/missao>>.

Acesso em: 10 set. 2016.

LACANALLO, L. F. et al. **Métodos de ensino e de aprendizagem:** uma análise histórica e educacional do trabalho didático. VII Jornada do HISTEDBR. Campo Grande/MS, 2007. Disponível em:

<http://www.histedbr.fe.unicamp.br/acer_histedbr/jornada/jornada7/03tr-ab-gt-gt4.htm>. Acesso em: 12 jul. 2016.

MEC/CNE/CES. **Resolução CNE/CES 11 de 11/03/2002** – Institui diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia. Diário Oficial da União, seção 1, p. 32. Brasília: 09/04/2002. Disponível em: <portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

MOTA, M. S. G.; PEREIRA, F. E. de L. **Desenvolvimento e aprendizagem**: processo de construção do conhecimento e desenvolvimento mental do indivíduo. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/tcc_desenvolvimento.pdf> Acesso em: 12 nov. 2016.

OLIVEIRA, Jane R. S. de. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências**: reunindo elementos para a prática docente. Revista Acta Scientiae, v. 12, n. 1, p. 139-153, jan./jun., 2010. Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/issue/view/2>>. Acesso em: 08 out. 2017.

PIACENTINI, João. J. et al. **Introdução ao laboratório de física**. 5. Ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2015.

POLIDORO, L. de F.; STIGAR, R. **A transposição didática**: a passagem do saber científico para o saber escolar. Revista de Teologia e Cultura – n. 27, ano VI, jan./fev. 2010. Disponível em: <<http://ciberteologia.paulinas.org.br/ciberteologia/index.php/category/edicao27/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. S. **Os fundamentos da física**: volume I. Mecânica. 11. ed. São Paulo: Moderna, 2015.

SERÉ, M. G. et al. **O papel da experimentação no ensino de física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 20, n. 1: p. 30-42, abr. 2003. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6560>> Acesso em: 11 nov. 2016.

SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. dos S. **Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 1, e1401, 2017. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v39n1/1806-1117-rbef-39-01-e1401.pdf> >. Acesso em 10 out. 2017.

SOUZA, V. S. S.; LOHN, L. G. **Aspectos pedagógicos da EJA**. Universidade Aberta do Brasil (UAB). 1. ed. atualizada. Florianópolis: Publicações do IF-SC, 2012.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros – mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

WIKIPÈDIA: **Paquímetro**. Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f6/Vernier_caliper.svg/600px-Vernier_caliper.svg.png>. Acesso em: 10 jul. 2016.

YIN, Robert. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim** [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Penso, 2016.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. F. **Física 1 – Mecânica**. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

APÊNDICE A | Roteiro I – Medidas Físicas

A.1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, atualmente, realizar medidas é uma coisa tão comum quanto caminhar. A variação de temperatura, geralmente medida em graus Celsius [$^{\circ}\text{C}$], relacionando quantitativamente a variação de energia na forma de calor de um ambiente; a distância que devemos percorrer para chegar em outra cidade, geralmente em medida em quilômetros [km]; a área que deve ser plantada de um tipo de cultura de alimento, geralmente medida em hectares [ha]. A esse conjunto de número e unidade fundamental dá-se o nome de **grandeza escalar**. Algumas dessas grandezas serão abordadas neste primeiro experimento, no qual o aluno poderá realizar medidas das principais grandezas físicas do SI: tempo, temperatura, comprimento e massa.

A.2 OBJETIVOS

Sugere-se como objetivos deste roteiro experimental:

- Introduzir as principais grandezas do SI;
- Compreender os prefixos mais usados nas unidades;
- Entender a representação científica;
- Realizar medições em unidades distintas;
- Realizar conversão de unidades; e
- Observar os principais tipos de erros em medições.

A.3 REFERENCIAL

Para algumas grandezas físicas apresentar seu valor diretamente não é interessante, pois existem grandezas que uma única unidade representa um valor muito grande, ao passo que outras podem representar valores muito pequenos em uma única unidade. Por exemplo, expressar a distância entre duas cidades em metros [m] pode não ser tão interessante, pois o valor seria demasiadamente grande, por outro lado, representar o comprimento do raio atômico utilizando-se a mesma unidade [m] pode apresentar um número demasiadamente pequeno. Para que se possa representar de uma forma melhor estas situações, surge a necessidade de

se estabelecer prefixos, que serão colocados junto às unidades da grandeza física, para representar de maneira científica a expressão do valor que representam diretamente.

Tabela 1 - Prefixo das unidades mais utilizadas.

Notação	Valor	Prefixo	Abreviatura
10^{+12}	1.000.000.000.000	<i>tera</i>	T
10^{+9}	1.000.000.000	<i>giga</i>	G
10^{+6}	1.000.000	<i>mega</i>	M
10^{+3}	1.000	<i>quilo</i>	k
10^{+2}	100	<i>hecto</i>	h
10^{+1}	10	<i>deca</i>	da
10^0	1	–	–
10^{-1}	0,1	<i>deci</i>	d
10^{-2}	0,01	<i>centi</i>	c
10^{-3}	0,001	<i>mili</i>	m
10^{-6}	0,000001	<i>micro</i>	μ
10^{-9}	0,000000001	<i>nano</i>	n
10^{-12}	0,000000000001	<i>pico</i>	p

Fonte: próprio autor (2015).

A Tabela 1 apresenta os principais prefixos utilizados, enquanto a Tabela 2 apresenta as principais grandezas do SI.

Tabela 2 - Prefixo das unidades definidas no SI.

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	metro	<i>m</i>
Massa	quilograma	<i>kg</i>
Tempo	segundo	<i>s</i>
Corrente Elétrica	Ampère	<i>A</i>
Temperatura	Kelvin	<i>K</i>
Quantidade de Matéria	mol	<i>mol</i>
Intensidade Luminosa	candela	<i>cd</i>

Fonte: próprio autor (2015).

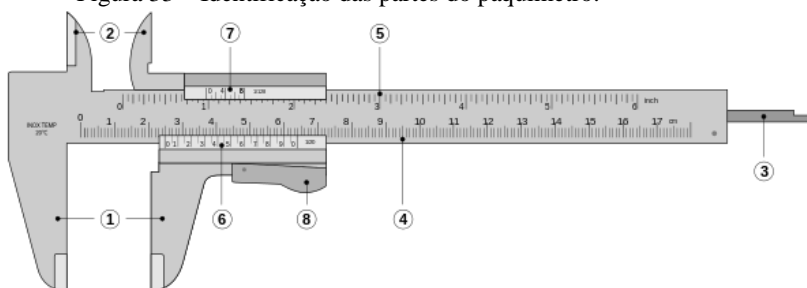
A.4 MONTAGEM

Nesta etapa são apresentados os esquemas de montagem dos experimentos, para cada uma das etapas são apresentadas duas formas distintas de medição (duas escalas), as quais serão descritas a seguir.

A.4.1 Medição de comprimento

Este roteiro utilizará um paquímetro e uma régua para obter as medidas de comprimento de um sólido geométrico padrão. Após identificar as partes que compõem o paquímetro (Figura 33), realize as medições dos sólidos (Figura 34) com três repetições e, em seguida, realize outras três medidas utilizando a régua. Os componentes do sólido que devem ser medidos se referem à altura (h), diâmetro externo (e), diâmetro interno (i) e profundidade (p).

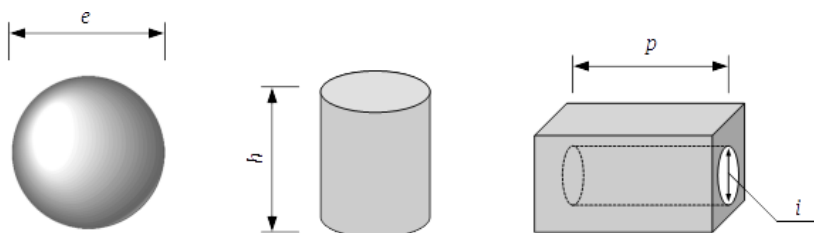
Figura 33 – Identificação das partes do paquímetro.



Fonte: Wikipédia (2016).

Onde: **1** – encostos; **2** – orelhas; **3** – haste de profundidade; **4** – escala inferior (mm); **5** – escala superior (in); **6** – vernier inferior (mm); **7** – vernier superior (in); e **8** – trava.

Figura 34 – Sólidos geométricos padrões.



Fonte: próprio autor (2015).

A.4.2 Medição de massa

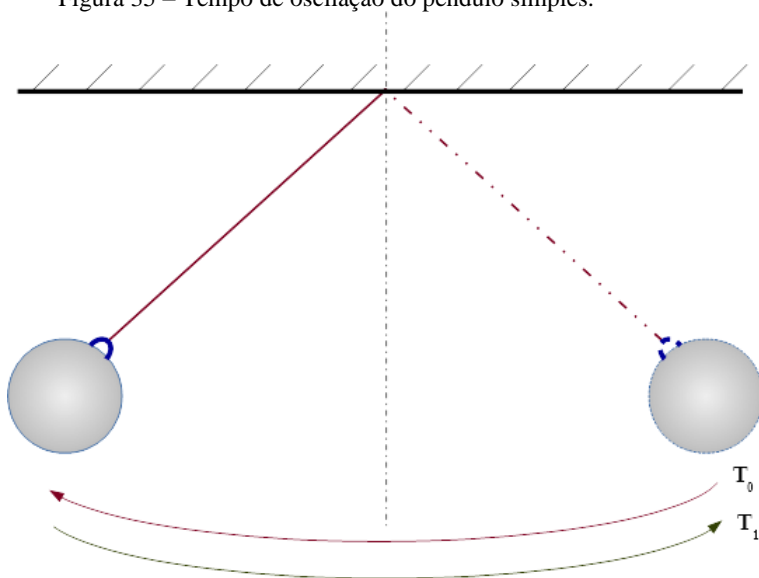
Este roteiro permitirá certificar as grandezas dos sólidos utilizados como padrões na maioria dos roteiros. Para a medição de massa serão utilizadas três balanças digitais com resolução de 1g e outras três balanças

digitais com resolução de 0,1g, todas posicionadas em mesa nivelada, as quais cada aluno levará seus sólidos padrões para serem medidos. Devem ser medidas as esferas com engate dez vezes em cada uma das balanças, anotando-se a medição de cada repetição com o intuito de prover um valor médio das medições. Para a medição da esfera deve-se utilizar um suporte tripé de plástico para mantê-la estável sobre a balança, também repetindo a medição por dez vezes.

A.4.3 Medição de tempo

Nesta etapa será realizada a medição de tempo com base no tempo de movimento que uma esfera leva para ir e retornar de uma determinada posição. Utilizando-se um cronômetro digital com resolução 0,01s, o qual será acionado no momento em que uma esfera é abandonada em um pêndulo de uma posição inicial, alcançar a outra extremidade e retornar para a posição inicial, posição de parada do cronômetro. Este tempo medido equivale ao período de oscilação do pêndulo. Esta atividade deve ser repetida por cada um dos membros da bancada do laboratório por dez vezes. O cronômetro poderá ser acionado de forma manual na posição T_0 , passando pela posição T_1 e retornando à posição inicial em T_2 .

Figura 35 – Tempo de oscilação do pêndulo simples.



Fonte: próprio autor (2015).

Outro										
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Tabela 5 - Tabela para medição de tempo.

Lançamento	Instrumento									
	<i>Medida 1</i>	<i>Medida 2</i>	<i>Medida 3</i>	<i>Medida 4</i>	<i>Medida 5</i>	<i>Medida 6</i>	<i>Medida 7</i>	<i>Medida 8</i>	<i>Medida 9</i>	<i>Medida 10</i>
<i>Esfera 1</i>										
<i>Esfera 2</i>										
<i>Esfera 3</i>										

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Tabela 6 - Tabela para medição de temperatura.

Ambiente	Instrumento									
	<i>Medida 1</i>	<i>Medida 2</i>	<i>Medida 3</i>	<i>Medida 4</i>	<i>Medida 5</i>	<i>Medida 6</i>	<i>Medida 7</i>	<i>Medida 8</i>	<i>Medida 9</i>	<i>Medida 10</i>
<i>Interno</i>										
<i>Externo</i>										
<i>Outro</i>										

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

APÊNDICE B | Roteiro II – Pêndulo Simples

B.1 INTRODUÇÃO

Um pêndulo simples consiste de um fio de comprimento conhecido L , inextensível e de massa desprezível, com uma extremidade amarrada a uma esfera de massa m enquanto a outra é fixada em um ponto de apoio de modo que possa oscilar livremente pela ação da gravidade agindo na massa da esfera (considerando-se a resistência do ar desprezível). A oscilação se dá com um período T que compreende o período de ida e volta da esfera à posição inicial do deslocamento. Este roteiro apresenta o aparato e a sequência de montagem do experimento do pêndulo simples para que se possa determinar a aceleração da gravidade local.

B.2 OBJETIVOS

Este roteiro experimental tem por objetivos:

- Medir o período de oscilação de um pêndulo simples; e
- Determinar a aceleração da gravidade local.

B.3 REFERENCIAL

A Figura B.1 ilustra o método de montagem do referido experimento que será analisado no decorrer desta AE. Para ângulos θ muito pequenos, o pêndulo executa um movimento harmônico simples (MHS) e o período de oscilação pode ser calculado de acordo com a equação a seguir:

$$T = 2\pi \sqrt{\left(\frac{L+d/2}{g}\right)} \quad (1)$$

Isolando-se o valor g resulta:

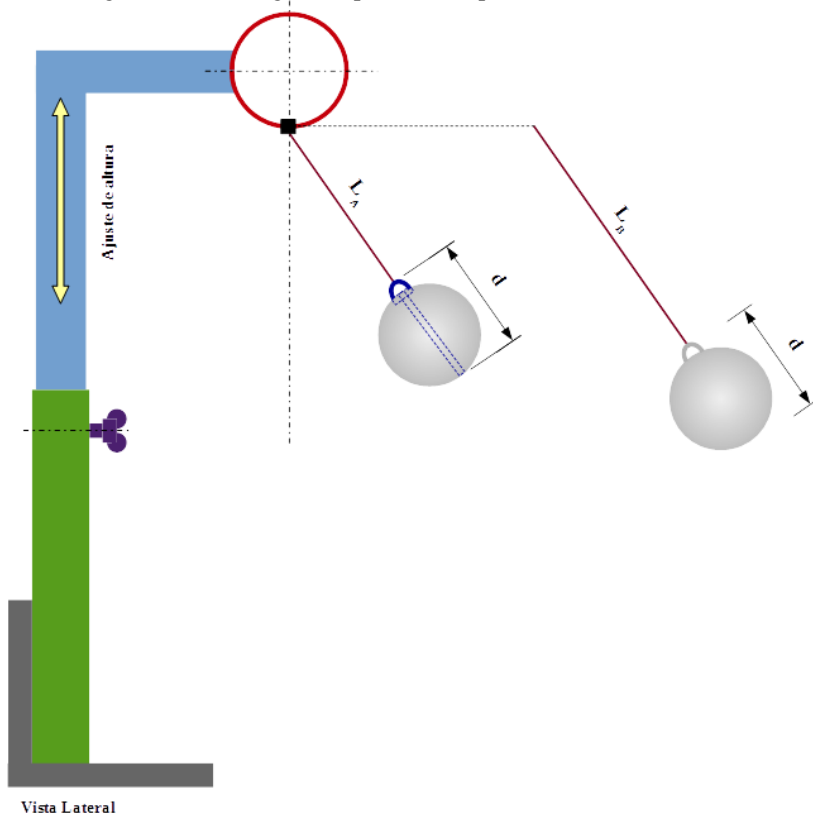
$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} \left(L + \frac{d}{2}\right) \quad (2)$$

Onde g é a aceleração da gravidade local que se deseja determinar; L é o comprimento do fio inextensível; d é o diâmetro da esfera; e T é o período de oscilação completo do pêndulo.

B.4 MONTAGEM

Coloque o aparato haste vertical sobre uma mesa garantindo que esteja bem nivelado. Erga a haste móvel até a altura que julgar confortável para visualizar o pêndulo, fixando-a com o parafuso borboleta de modo que não se movimente. Fixe um fio inextensível de comprimento conhecido à esfera e a outra extremidade ao anel de suporte de modo que a esfera permaneça sustentada pelo fio, conforme ilustra a Figura 35. Segure a esfera e afaste-a do repouso para um dos lados, de modo que forme um pequeno ângulo em relação à vertical, mantenha-a firme. Acione o cronômetro ao soltá-la e pare-o quando ela retornar à posição inicial novamente. Repita este procedimento dez vezes.

Figura 36 – Montagem do pêndulo simples.



Fonte: próprio autor (2015).

B.4.1 Medição de comprimento

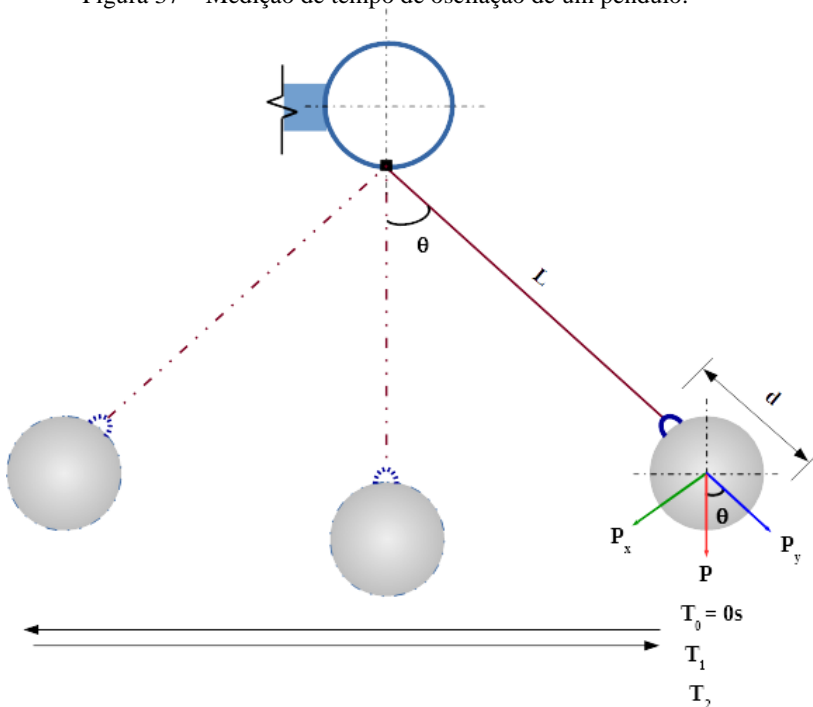
Meça o comprimento de uma linha de nylon que será utilizada, bem como o diâmetro da esfera com paquímetro ou régua. Amarre a linha na esfera de forma firme e, em seguida, amarre a outra extremidade da linha no anel de suporte do aparato haste vertical.

B.4.2 Medição de tempo

Utilizando-se um cronômetro digital com resolução de 0,01s, o qual será acionado no momento que o pêndulo é solto de uma determinada posição, alcançar a outra exterminada e retornar à posição inicial. O

período de oscilação a ser medido é o tempo compreendido entre o abandono da esfera em uma posição inicial e o seu retorno a esta mesma posição. Observe que este procedimento deve ser realizado para ângulos pequenos (fio em relação ao eixo vertical) e deve ser repetido dez vezes.

Figura 37 – Medição de tempo de oscilação de um pêndulo.



Fonte: próprio autor (2015).

Esta atividade deve ser repetida por cada um dos membros da equipe. O cronômetro deve ser reiniciado, ou *resetado*, garantindo-se assim o acionamento que seu acionamento manual em $T_0 = 0,00s$, devendo ser parado na posição T_4 após passar pelas posições T_1 , T_2 e T_3 . Solte a esfera e acione o cronômetro parando-o toda vez que retornar à posição inicial. Altere o valor do comprimento L do fio e repita o procedimento acima, cinco vezes para cada comprimento diferente. A posição inicial de abandono da esfera pode ser marcada na própria mesa (com uma fita), de tal forma que que sirva de referência para todos os usuários da equipe para abandono inicial da esfera e para medição de tempo. É importante ainda medir o diâmetro da esfera (d) e a massa da

esfera (m). Caso seja possível, realize o mesmo procedimento substituindo esferas com diâmetros e massas diferentes.

B.5 TABULAÇÃO

A tabela a seguir é apresentada como modelo para auxiliar na tabulação dos dados durante a aplicação das AE, podendo o docente, a seu critério, estabelecer outra forma de anotação ou, ainda, deixar a cargo dos alunos a devida organização dos dados coletados por eles.

Tabela 7 - Dados do pêndulo para comprimento L .

$L = \underline{\quad}$	Instrumento									
Parâmetro	<i>Medida 1</i>	<i>Medida 2</i>	<i>Medida 3</i>	<i>Medida 4</i>	<i>Medida 5</i>	<i>Medida 6</i>	<i>Medida 7</i>	<i>Medida 8</i>	<i>Medida 9</i>	<i>Medida 10</i>
d										
T										

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

APÊNDICE C | Roteiro III – Lei de Hooke

C.1 INTRODUÇÃO

A **Lei de Hooke** apresenta uma forma de se calcular a deformação causada por um corpo de massa conhecida sobre uma mola. Esta força é proporcional ao produto do deslocamento do corpo de massa m , partindo-se do equilíbrio, por uma constante inerente à mola k (rigidez). Considerando-se que a mola é fixa em um ponto e livre na outra extremidade (eixo vertical), pode-se perceber que o deslocamento se dará devido à força peso no sentido negativo de y a partir do equilíbrio (referencial). Assim, será apresentado neste roteiro um método para se calcular o valor da constante elástica da mola k em estudo a partir dos conceitos enunciados na Lei de Hooke.

C.2 OBJETIVOS

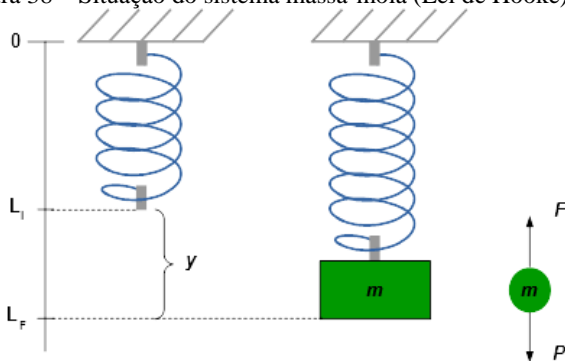
Este roteiro experimental tem por objetivos:

- Observar experimentalmente a Lei de Hooke; e
- Determinar o valor da constante da mola k ; e

C.3 REFERENCIAL

A Figura 38 ilustra um sistema massa-mola que será analisado para a determinação da constante k de uma mola.

Figura 38 – Situação do sistema massa-mola (Lei de Hooke).



Fonte: próprio autor (2017).

A Lei de Hooke é representada pela equação a seguir:

$$\vec{F} = -k \cdot \vec{y} \quad (3)$$

Onde, F é a força exercida por uma mola; y é o vetor de deslocamento da extremidade livre da mola a partir do estado relaxado (estado em que a mola não está nem comprimida, nem distendida) até a extremidade (comprimida ou distendida) devido a aplicação de uma força externa (neste caso, devido à inserção do corpo de massa m à estrutura); e k é a constante da mola (a medida de sua rigidez).

A Figura 38 ilustra a situação da montagem do sistema massa-mola utilizado para análise e determinação da constante k da mola. Considerando-se o deslocamento vertical da mola, fixa na extremidade superior, podemos aplicar a primeira Lei de Newton ao diagrama simplificado na Figura 38 (direita), considerando-se equilíbrio estático:

$$\sum \vec{F}_x = 0 \quad (4)$$

$$\sum \vec{F}_y = 0 \quad (5)$$

Sabendo-se ainda que a força peso vale $|\vec{P}| = m \cdot |\vec{g}|$ e que a força exercida pela mola vale $|\vec{F}| = k \cdot |\vec{y}|$, temos:

$$|\vec{P}| = |\vec{F}| \quad (6)$$

$$m \cdot |\vec{g}| = k \cdot |\vec{y}| \quad (7)$$

e, portanto:

$$k = m \frac{|\vec{g}|}{|\vec{y}|} \quad (8)$$

Onde, $|\vec{P}|$ é o módulo da força peso agindo sobre a mola (distensão) devido a aceleração da gravidade no corpo de massa m suspenso e y é a orientação vertical do deslocamento e g é a aceleração da gravidade local. Perceba que o módulo do valor y é a diferença entre os comprimentos inicial, L_I (sem carga), e final da mola, L_F (com carga).

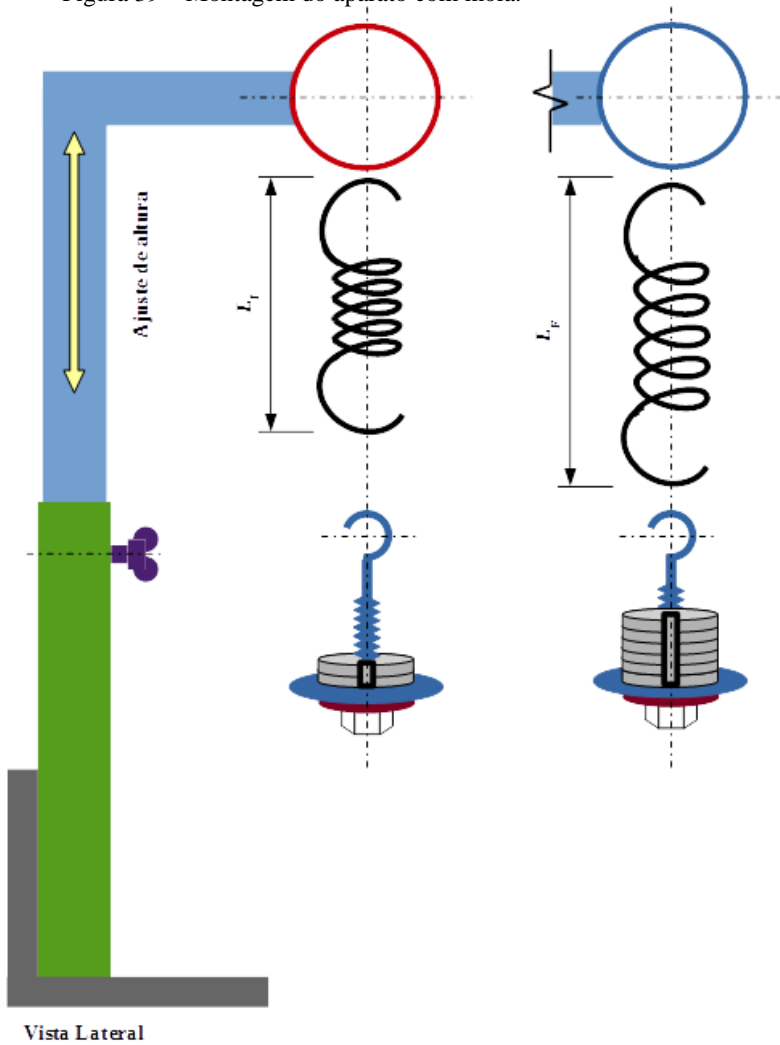
C.4 MONTAGEM

Coloque o aparato experimental haste vertical sobre a mesa garantindo que esteja bem nivelado. Erga a haste móvel até uma altura que permita acomodar o pino de suporte e suas respectivas massas (ou o compartimento de massas). Fixe a haste móvel com o parafuso borboleta de modo que não permita movimentação vertical. Escolha uma mola e meça seu comprimento inicial L_I e, em seguida, fixe uma de suas extremidades ao anel de suporte do aparato.

Realize a medição das massas dos pinos de suporte (parafusos do tipo gancho), das plataformas de suporte (bolsa ou porcas/arruelas) e, ainda, meça as massas padrão específicas (moedas, esferas ou bolsa com areia). Após todas essas medições na extremidade livre da mola insira o gancho do suporte (gancho simples ou duplo) e a plataforma de suporte (bolsa ou suporte de moedas) na outra extremidade. Insira, gradativamente, as massas (esferas, moedas, areia) na plataforma (ou na bolsa) até observar o deslocamento da mola devido a força peso agindo sobre ela. Anote os valores das massas inseridas e meça a distância do deslocamento final da mola, L_F . Repita esta operação dez vezes para as mesmas massas e mesma mola. Repita todo o procedimento anterior para outras molas (k) diferentes disponíveis no laboratório.

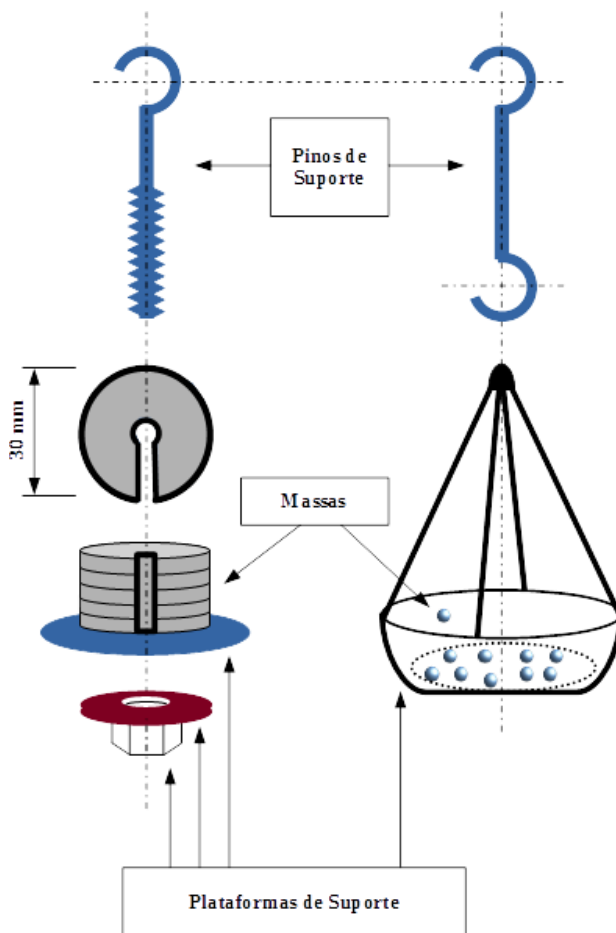
A Figura 39 ilustra a montagem do aparato utilizando-se suporte de massas do tipo moedas, bem como as principais variáveis a serem medidas durante o procedimento. A Figura 40 apresenta os principais tipos de suportes de massas que podem ser utilizados.

Figura 39 – Montagem do aparato com mola.



Fonte: próprio autor (2016).

Figura 40 – Plataformas de suporte de massas.



Fonte: próprio autor (2016).

As massas que serão utilizadas na bolsa da Figura 40 (à direita) podem variar de acordo com a disponibilidade do laboratório, mas recomenda-se fortemente que sejam utilizadas massas de pequeno tamanho, pois incrementa-se assim o peso total da estrutura de forma gradativa. É recomendado ainda utilizar esferas de aço pequenas como massas padrões, pois possuem densidade maior, sendo assim necessários menor quantidade, dependendo da rigidez da mola, para que haja o deslocamento da estrutura.

C.5 TABULAÇÃO

A tabela a seguir é apresentada como modelo para auxiliar na tabulação dos dados na etapa de coleta durante a aplicação das AE, podendo o docente, a seu critério, estabelecer outra forma ou ainda deixar a cargo dos alunos a devida organização dos dados coletados.

Tabela 8 - Dados coletados para determinada mola.

$L_1 = \underline{\quad}$	Repetições									
Parâmetro	<i>Medida 1</i>	<i>Medida 2</i>	<i>Medida 3</i>	<i>Medida 4</i>	<i>Medida 5</i>	<i>Medida 6</i>	<i>Medida 7</i>	<i>Medida 8</i>	<i>Medida 9</i>	<i>Medida 10</i>
<i>m</i>										
<i>P</i>										
<i>L_F</i>										
<i>k</i>										

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

APÊNDICE D | Roteiro IV – MRU

D.1 INTRODUÇÃO

O estudo do movimento de objetos é, e sempre foi, uma das situações cotidianas mais estudadas pela cinemática, pois a ideia de movimento sempre intrigou os estudiosos da área. Um dos tipos de movimento estudado é o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), o qual é definido como o movimento de um corpo que se desloca ao longo de uma linha reta de forma uniforme, ou seja, diz-se que um corpo móvel se deslocando possui velocidade constante, pois percorre distâncias iguais em intervalos de tempos iguais. Assim, este roteiro apresenta a montagem do aparato experimental para um MRU tomando-se como referencial três pontos marcados no aparato e utilizados para realizar as medições de tempo e de distância para que, posteriormente, se proceda o cálculo e a análise do fenômeno observado.

D.2 OBJETIVOS

Este roteiro experimental tem por objetivos:

- Realizar medições das grandezas fundamentais do MRU;
- Analisar a velocidade do corpo em trechos definidos;
- Realizar os cálculos da velocidade média do corpo; e
- Comparar as velocidades calculadas em cada trecho.

D.3 REFERENCIAL

Uma forma de avaliar a “rapidez” com que um objeto se desloca em uma determinada trajetória retilínea é determinar sua velocidade média. Considerando-se uma trajetória horizontal (eixo x), a velocidade média depende de algumas outras grandezas associadas que são fundamentais para se definir o quão rápido o objeto móvel se deslocou nesta trajetória, uma vez que a velocidade é uma grandeza derivada. A velocidade média é, portanto, calculada conforme a equação abaixo:

$$v_{med} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (9)$$

Onde, Δx é a diferença dos espaços inicial e final percorrido na trajetória horizontal (x); e Δt é a diferença dos tempos de deslocamento do corpo entre o espaço final e inicial. Assim,

$$v_m = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} \quad (10)$$

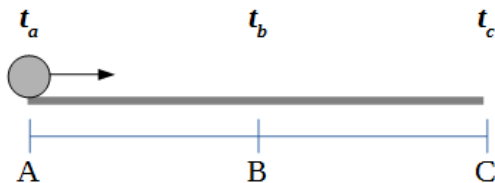
considerando-se o deslocamento horizontal apresentado na Figura D.1 a seguir, onde $\overline{AB} = \overline{BC}$ podemos definir que:

$$v_{m(AB)} = \frac{x_b - x_a}{t_b - t_a} \quad (11)$$

e

$$v_{m(BC)} = \frac{x_c - x_b}{t_c - t_b} \quad (12)$$

Figura 41 – Corpo se deslocando horizontalmente em MRU.



Fonte: próprio autor (2016).

Para o MRU devemos ter as velocidades constantes em ambos os trechos, desprezando-se o efeito do atrito, uma vez que são iguais os comprimentos e os tempos, assim:

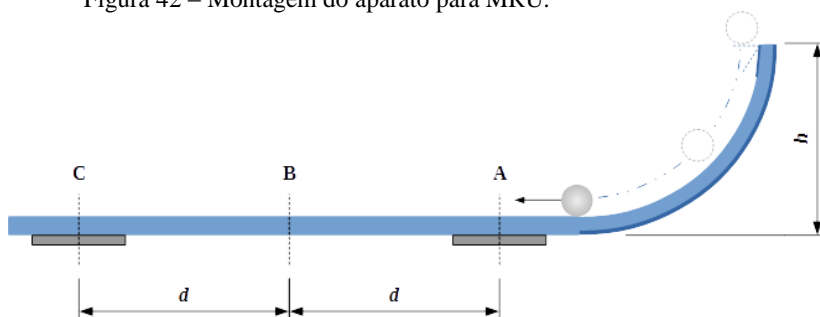
$$v_{m(AB)} = v_{m(BC)} \quad (13)$$

Pode-se considerar que $x_a = 0,00m$, pois x_a é o ponto inicial de referência do movimento, assim como $t_a = 0,00s$ que é o tempo de referência inicial do movimento analisado.

D.4 MONTAGEM

Posicione o aparato experimental trilho sobre uma superfície plana e horizontal, preferencialmente uma mesa nivelada. Serão utilizados nesse roteiro três esferas distintas. Defina três pontos equidistantes entre si (**A**, **B** e **C**) conforme apresenta a Figura D.2, tais pontos devem ser marcados na mesa com fita (e não no trilho). É importante que as distâncias medidas nos segmentos AB e BC sejam iguais ao longo da trajetória horizontal. Para a medição de tempo será necessário um cronômetro digital, podendo ser utilizado a função cronômetro de relógios de pulso ou de celulares, de tal forma que forneça a opção de medição com paradas múltiplas. Caso esteja disponível, utilize também um relógio analógico (de ponteiros) para efetuar as medições (dez vezes para cada esfera), dessa forma, ao final, será possível comparar os valores medidos com os dois tipos de relógios. Abandone a esfera da altura conhecida de modo que seu deslocamento se dê através do trilho e inicie o cronômetro somente quando atingir o ponto **A**, interrompendo-o ao atingir o ponto **B** e parando-o totalmente no ponto **C**. Caso esteja disponível, outro cronômetro poderá marcar o tempo total do movimento de A até C (sem interrupções). Deve-se atentar ao cuidado de conter a esfera no final do percurso do aparato trilho, pois sua colisão com algum móvel/pessoa poderá causar danos dependendo do tamanho e da massa da esfera.

Figura 42 – Montagem do aparato para MRU.



Fonte: próprio autor (2016).

Repita esta operação dez vezes para cada esfera diferente. Caso ainda haja tempo, altere a altura de abandono da esfera e refaça as medições nos mesmos pontos demarcados (**A**, **B** e **C**).

D.5 TABULAÇÃO

A tabela a seguir é apresentada como modelo para auxiliar na tabulação dos dados na etapa de coleta durante a aplicação das AE, podendo o docente, a seu critério, estabelecer outra forma ou ainda deixar a cargo dos alunos a devida organização dos dados coletados.

Tabela 9 - Dados coletados para o deslocamento da esfera.

<i>Esfera</i> ____	Repetições									
Parâmetro	<i>Medida 1</i>	<i>Medida 2</i>	<i>Medida 3</i>	<i>Medida 4</i>	<i>Medida 5</i>	<i>Medida 6</i>	<i>Medida 7</i>	<i>Medida 8</i>	<i>Medida 9</i>	<i>Medida 10</i>
T_{AB}										
T_{BC}										
T_{AC}										

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

APÊNDICE E | Roteiro V – Queda Livre

E.1 INTRODUÇÃO

A queda livre de corpos é um bom exemplo de movimento retilíneo com aceleração constante, tal tema foi foco de estudos e observações por diversos cientistas, dentre os quais destacam-se Galileu Galilei e Albert Einstein. A queda livre de um corpo é definida como o movimento realizado por ele quando abandonado (velocidade inicial nula) de uma dada altura sofrendo a ação exclusiva da força gravitacional com aceleração constante. Neste roteiro será apresentado experimento de queda livre como um Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) e, para isso, será desprezada a resistência do ar sobre o corpo em análise.

E.2 OBJETIVOS

Este roteiro experimental tem por objetivos:

- Compreender o movimento MRUV;
- Determinar a aceleração da gravidade local;
- Interpretar as variáveis relevantes para queda livre.

E.3 REFERENCIAL

Considerando-se que o corpo foi abandonado de determinada altura conhecida em relação ao solo, que a aceleração da gravidade é constante e desprezando-se os efeitos da resistência do ar sobre o objeto, a sua posição pode ser descrita pela equação:

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (14)$$

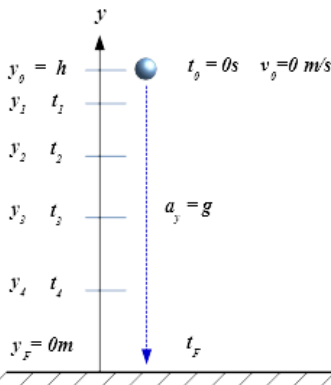
Onde, y é a distância vertical percorrida pelo corpo de massa m decorrido determinado tempo t ; y_0 é a distância vertical inicial do movimento (nula); v_0 é a velocidade inicial do corpo (nula); a é a aceleração constante agindo sobre o corpo (neste caso é a própria aceleração da gravidade g); e t é o tempo que o corpo levou para percorrer a distância vertical h até o solo.

Substituindo-se os valores na equação anterior, resulta:

$$y = \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (15)$$

A Figura 43 ilustra a trajetória do movimento desde o abandono do corpo até atingir o solo:

Figura 43 – Ilustração da queda livre de um corpo.



Fonte: Young & Freedman, 2008, p. 52 (adaptado)

E.4 MONTAGEM

Posicione o aparato haste vertical sobre uma mesa nivelada e próximo a borda da mesa, de tal forma que o corpo consiga cair até tocar no solo. Ajuste a altura desejada da haste móvel, em relação ao piso do laboratório, fixando-a com o parafuso borboleta. Deve-se colocar o anel de suporte (fixado à haste móvel) para fora da mesa conforme Figura 43. Meça a altura desde o piso até o ponto inferior do anel de suporte. Posicione a esfera dentro do anel de modo que fique em repouso (escolha uma esfera com diâmetro menor que a espessura do anel). Empurre vagarosamente a esfera, até que essa saia do repouso e caia, disparando o cronômetro e parando-o quando ela atingir o piso do laboratório (coloque um pano ou outro anteparo para amortecer o impacto da esfera no piso). Ajuste uma altura maior do aparato para que se reduza o erro entre a visualização e o acionamento do cronômetro. É interessante que esta atividade não seja realizada individualmente e que seja repetida pelo menos três vezes para cada altura definida.

Determine a aceleração da gravidade local a partir dos valores medidos de tempo e distância vertical percorrida pela esfera, desde seu abandono até sua colisão no piso. Antes de realizar o experimento, lembre-se de proteger o piso para que não seja danificado. Repita todo o procedimento alterando a esfera, de diferentes massas e de diferentes materiais, e repita os procedimentos cinco vezes para cada uma delas.

E.5 TABULAÇÃO

A tabela a seguir é apresentada como modelo para auxiliar na tabulação dos dados na etapa de coleta durante a aplicação das AE, podendo o docente, a seu critério, estabelecer outra forma ou ainda deixar a cargo dos alunos a devida organização dos dados coletados.

Tabela 10 - Dados coletados para queda livre da esfera.

<i>Esfera</i> ____	Repetições									
Parâmetro	<i>Medida 1</i>	<i>Medida 2</i>	<i>Medida 3</i>	<i>Medida 4</i>	<i>Medida 5</i>	<i>Medida 6</i>	<i>Medida 7</i>	<i>Medida 8</i>	<i>Medida 9</i>	<i>Medida 10</i>
<i>y</i>										
<i>T_F</i>										

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

APÊNDICE F | Roteiro VI – Atrito I

F.1 INTRODUÇÃO

A força de atrito é uma força existente, na maioria das vezes, por contato e é ela que garante que possamos caminhar, correr e, até mesmo, permanecer de pé. É um dos principais assuntos abordados da Mecânica porque muito contribui para análise de forças sobre um corpo (Estática), bem como para definir o seu movimento (Dinâmica). Certamente, ao empurrar um objeto, inicialmente parado, sobre uma superfície lisa percebe-se que ele poderá entrar em movimento e, após cessar a força aplicada, ele parará por ação da força de atrito entre ele e a superfície que o suporta. Neste contexto, será apresentado uma forma de mensurar os coeficientes de atrito entre as superfícies estudadas (atrito cinético e estático).

Chama-se de atrito estático o atrito que atua sobre um corpo de modo a deixa-lo estático (parado) em uma posição. Ao se aumentar, gradativamente, o módulo da força aplicada sobre este corpo (estático) chegará um momento em que o corpo passará a se deslocar e a força aplicada poderá ser menor do que a inicialmente aplicada e, neste instante, age na interface de contato entre superfície e corpo o coeficiente de atrito cinético. Neste experimento será abordado um plano inclinado no qual o valor do referido ângulo é determinante para perceber a transição entre os dois tipos de coeficiente de atrito apresentados.

F.2 OBJETIVOS

Este roteiro experimental tem por objetivos:

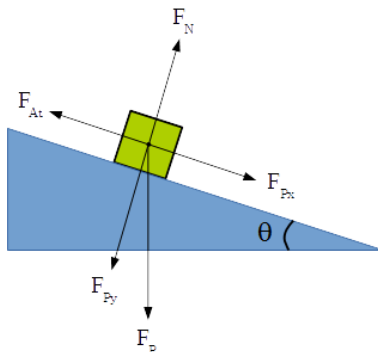
- Decompor as componentes que agem sobre um corpo;
- Determinar o coeficiente de atrito que age entre corpo e superfície que o apoia; e
- Determinar o ângulo no qual ocorre a transição da atuação do coeficiente de atrito estático para o cinético.

F.3 REFERENCIAL

Considerando-se uma plataforma que represente o plano inclinado da Figura 44, um corpo de massa m está sujeito à ação da aceleração da gravidade g , sobre um plano inclinado com elevação θ , sendo

representado pelas suas componentes decompostas. Existe, portanto, um ângulo no qual o corpo irá se deslocar, tal ângulo também chamado de **crítico**, é o ângulo no qual ocorrerá a transição do estado estático do corpo para o estado de movimento.

Figura 44 – Forças que agem sobre o corpo.



Fonte: próprio autor (2016).

Aplicando-se a primeira Lei de Newton, temos:

$$\sum \vec{F}_x = 0 \quad (16)$$

$$\sum \vec{F}_y = 0 \quad (17)$$

Sabendo-se que a força peso vale $F_p = mg$ e que a força de atrito exercida pela superfície no corpo vale $F_{At} = \mu F_N$, pode-se então calcular o valor de suas componentes como:

$$F_{Px} = F_p \cdot \text{sen}\theta \quad (18)$$

$$F_{Py} = F_p \cdot \text{cos}\theta \quad (19)$$

Assim, expandindo as equações de equilíbrio estático, resulta:

$$F_{Px} - F_{At} = 0 \quad (20)$$

$$F_N - F_{Py} = 0 \quad (21)$$

Logo, substituindo-se os valores para o eixo x :

$$F_{Px} = F_{At} \quad (22)$$

$$\mu = \frac{F_P}{F_N} \text{sen}\theta \quad (23)$$

E, substituindo-se para o eixo y , vem:

$$F_N = F_{Py} \quad (24)$$

$$F_N = F_P \cdot \text{cos}\theta \quad (25)$$

Resolvendo para o coeficiente de atrito estático (μ_e), resulta:

$$\mu_e = \frac{F_P \cdot \text{sen}\theta}{F_P \cdot \text{cos}\theta} = \text{tg}\theta \quad (26)$$

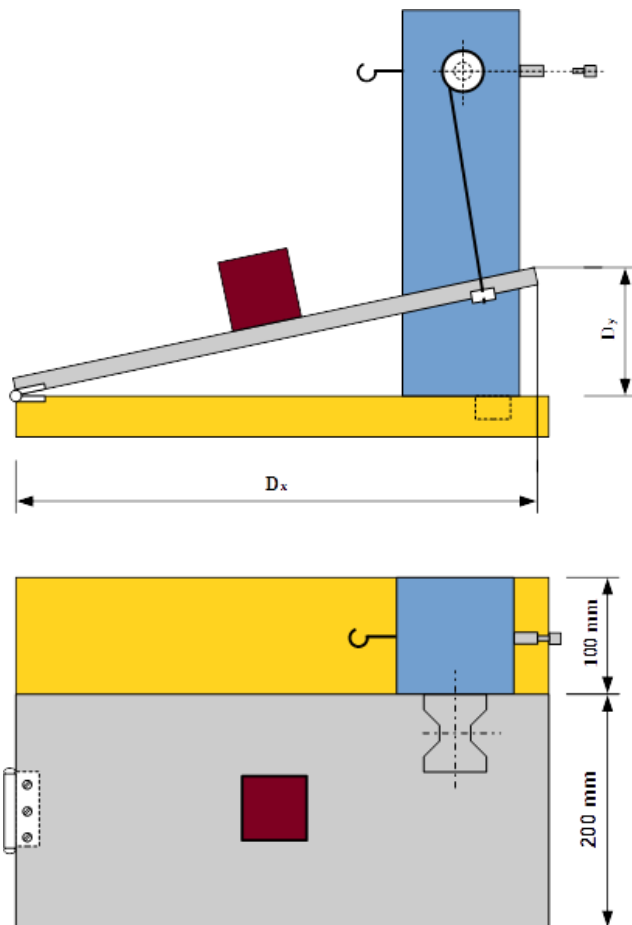
F.4 MONTAGEM

Posicione o aparato plano inclinado sobre uma superfície horizontal e nivelada. Escolha um cubo padrão dentro os disponíveis medindo sua aresta (50, 70 ou 90mm) com régua (ou paquímetro), bem como suas respectivas massas utilizando as balanças. Posicione no centro da plataforma o cubo e realize o içamento da plataforma de inclinação, por intermédio do fio de *nylon* e roldana, vagarosamente até que o cubo passe a se deslocar.

Anote as informações de comprimento e altura da plataforma com régua (ou trena, se disponível). Repita este procedimento dez vezes para cada um dos cubos disponíveis e anote os resultados na Tabela 11. A Figura 45 ilustra a forma de montagem final do experimento.

Determine o ângulo crítico no qual ocorre a alteração do estado do cubo, bem como determine o coeficiente de atrito da superfície. Repita esta operação alterando o cubo por um de maior aresta ou outro tipo de material, revezando as atividades com os outros membros da equipe. Caso esteja disponível, substitua a superfície de contato por outro tipo de material e repita todo o procedimento experimental acima.

Figura 45 – Plano inclinado para experimento de atrito.



Fonte: próprio autor (2016).

F.5 TABULAÇÃO

A tabela a seguir é apresentada como modelo para auxiliar na tabulação dos dados na etapa de coleta durante a aplicação das AE, podendo o docente, a seu critério, estabelecer outra forma ou ainda deixar a cargo dos alunos a devida organização dos dados coletados.

Tabela 11 - Dados coletados para um cubo.

<i>Cubo</i> ____	Repetições									
Parâmetro	<i>Medida 1</i>	<i>Medida 2</i>	<i>Medida 3</i>	<i>Medida 4</i>	<i>Medida 5</i>	<i>Medida 6</i>	<i>Medida 7</i>	<i>Medida 8</i>	<i>Medida 9</i>	<i>Medida 10</i>
D_x										
D_y										
θ										
μ_e										

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

APÊNDICE G | Roteiro VII – Atrito II

G.1 INTRODUÇÃO

A força de atrito é uma força existente, na maioria das vezes, por contato e é ela que garante que possamos caminhar, correr e, até mesmo, permanecer de pé. É um dos principais assuntos abordados da Mecânica porque muito contribui para análise de forças sobre um corpo (Estática), bem como para definir o seu movimento (Dinâmica). Certamente, ao empurrar um objeto, inicialmente parado, sobre uma superfície lisa percebe-se que ela poderá entrar em movimento e, após cessar a força aplicada, ele parará por ação da força de atrito sobre o objeto. Assim, será apresentado neste roteiro uma outra forma de mensurar os coeficientes de atrito entre as superfícies estudadas (atrito cinético e estático).

Chama-se de atrito estático o atrito que atua sobre um corpo de modo a deixá-lo estático (parado) em uma posição. Ao se aumentar, gradativamente, o módulo da força aplicada sobre este corpo (estático) chegará um momento em que o corpo passará a se deslocar e a força aplicada poderá ser menor do que a inicialmente aplicada e, neste instante, age na interface de contato entre superfície e corpo o coeficiente de atrito cinético.

Neste experimento será apresentado um roteiro experimental que permita calcular o coeficiente de atrito estático entre um corpo de massa conhecida e a superfície sob a qual está apoiado. Para isso, o referido corpo será tracionado por um fio inextensível apoiado em uma polia, com a outra extremidade fica a um conjunto de massas sujeito à ação da gravidade local. Adicionando-se massas ao conjunto que traciona o bloco, pode-se perceber o momento crítico da alteração do estado estático para movimento.

G.2 OBJETIVOS

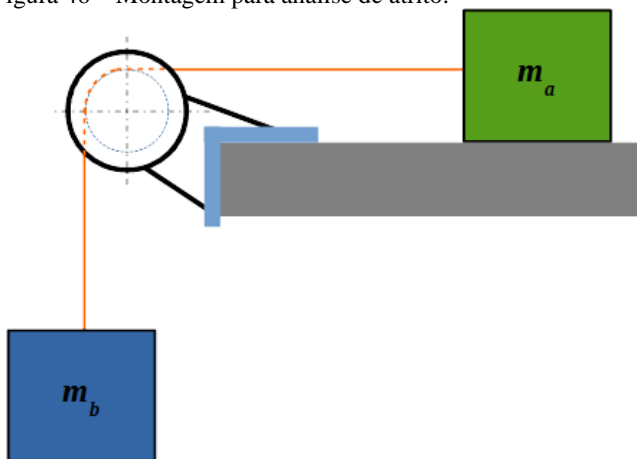
Este roteiro experimental tem por objetivos:

- Decompor as componentes que agem sobre um corpo;
- Determinar o coeficiente de atrito de uma superfície; e
- Determinar o valor do conjunto de massas que faz com que o corpo se desloque (transição da atuação do coeficiente de atrito estático para o cinético).

G.3 REFERENCIAL

A Figura 46 ilustra a situação de uma plataforma horizontal sobre a qual repousa um corpo de massa conhecida (estático), o qual só irá se movimentar se houver um desequilíbrio nas forças que atuam sobre ele. Tal corpo possui massa m_a e está sujeito a ação da força de tração horizontal exercida por um fio inextensível apoiado em uma polia (sem atrito), o qual, por sua vez, é tracionado no sentido vertical pela carga suportada por um conjunto de massas m_b .

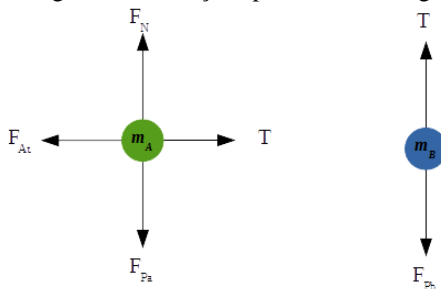
Figura 46 – Montagem para análise de atrito.



Fonte: próprio autor (2016).

Para determinar a força necessária para o deslocamento do corpo podemos traçar um diagrama conforme ilustra a Figura 47. Esta análise parte da aplicação das Leis de Newton, assim:

Figura 47 – Diagrama da situação apresentada na Figura 46.



Fonte: próprio autor (2016).

Aplicando-se a primeira Lei de Newton, temos que:

$$\sum \vec{F}_x = 0 \quad (27)$$

$$\sum \vec{F}_y = 0 \quad (28)$$

Sabendo-se que $F_{At} = \mu F_N$ e que o corpo m_a encontra-se estático:

$$F_N = F_{Pa} \quad (29)$$

$$T = F_{At} \quad (30)$$

Enquanto para a situação estática do conjunto de massas m_b , temos:

$$T = F_{Pb} \quad (31)$$

Assim, igualando-se o valor de T nas duas últimas equações, resulta:

$$F_{At} = F_{Pb} \quad (32)$$

$$\mu_e = \frac{F_{Pb}}{F_N} = \frac{F_{Pb}}{F_{Pa}} = \frac{m_b}{m_a} \quad (33)$$

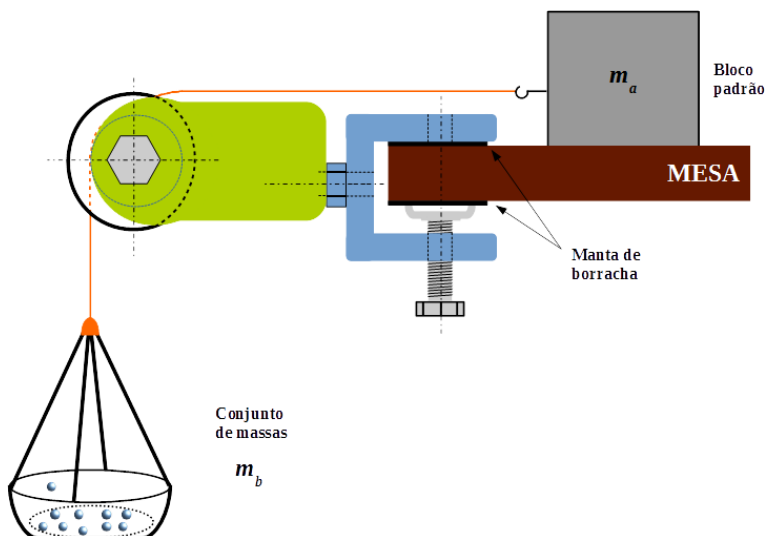
G.4 MONTAGEM

Posicione o aparato polia em uma das extremidades de uma mesa (plana e nivelada). Selecione o objeto que ficará sobre a mesa (neste roteiro será considerado um cubo com um parafuso gancho) e meça sua massa utilizando a balança. Em seguida, meça a massa do conjunto de massas (suporte, cesta, pinos, engates e qualquer outro material que faça parte do conjunto). Amarre uma das extremidades da linha de nylon (fio inextensível) no parafuso gancho de suporte do cubo, estique-a de modo que passe pelo meio do trilho de uma roldana (polia) e, em sua outra extremidade, prenda o suporte de massas de maneira que a linha permaneça esticada e os objeto estáticos.

Adicione ao suporte de massas pequenas massas no suporte (grãos de areia, pequenas esferas ou pequenas pedras) até o momento em que ocorra a transição do estado do bloco - de estático para cinético - a ideia

fundamental é que se deve acrescentar massas infinitesimais ao suporte até que este conjunto desloque o cubo de massa conhecida que está sobre a mesa. Quando isso ocorrer, meça o valor total de massa do suporte e efetue os cálculos para determinar o coeficiente de atrito da superfície da mesa em relação ao cubo. Anote as informações nas tabelas e repita o procedimento dez vezes para cada um dos cubos disponíveis. A Figura 47 ilustra a situação da montagem final do experimento.

Figura 48 – Experimento de forças de atrito.



Fonte: próprio autor (2016).

Caso esteja disponível, substitua a superfície de contato por outro tipo (como por exemplo uma lixa fina ou manta emborrachada) e repita todo o procedimento acima para o mesmo cubo e compare os resultados.

G.5 TABULAÇÃO

A tabela a seguir é apresentada como modelo para auxiliar na tabulação dos dados na etapa de coleta durante a aplicação das AE, podendo o docente, a seu critério, estabelecer outra forma ou ainda deixar a cargo dos alunos a devida organização dos dados coletados.

Tabela 12 - Dados coletados para um cubo.

<i>Cubo</i> ____	Repetições									
Parâmetro	<i>Medida 1</i>	<i>Medida 2</i>	<i>Medida 3</i>	<i>Medida 4</i>	<i>Medida 5</i>	<i>Medida 6</i>	<i>Medida 7</i>	<i>Medida 8</i>	<i>Medida 9</i>	<i>Medida 10</i>
m_a										
m_b										
μ_e										

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

APÊNDICE H | Ficha de Avaliação – Docente

Prezado Professor,

Este formulário visa coletar informações relevantes acerca da aplicação dos aparatos e roteiros experimentais em sua aula e seu preenchimento deve ser realizado de forma anônima, pois as informações levantadas servirão apenas para fins de pesquisa acadêmica.

1) Em qual turma ocorreu a aplicação? (*curso/fase, série/turma, disciplina?*)

2) Quais roteiros foram aplicados? (*I - Medidas Físicas; II - Pêndulo Simples; III - Lei de Hooke; IV - MRU; V - MRUV; VI - Atrito I, VII - Atrito II*)

3) Como foi a operacionalização da aplicação? (*qual abordagem utilizou?*)

4) Quantos alunos na turma? (*dividiu a turma em grupos menores?*)

5) Quais as suas principais dificuldades durante a aplicação? (*materiais, instrumentos, ambiente, carga horária, divisão, preparação, etc.*)

6) Como você avalia o uso dos aparatos pelos alunos? (*facilidade, interesse, motivação, questionamentos, etc.*)

7) Como você avaliou a aprendizagem dos alunos nas AE?

(participação, conceitos, exercícios, relatórios, simulação, etc.)

8) Você pensou em utilizar os aparatos experimentais para outras montagens ou em roteiros diferentes dos sugeridos? *(novas sugestões)*

9) Você pretende continuar aplicando as AE? *(caso positivo, por que?)*

10) Na sua opinião, como você avalia a proposta dos aparatos experimentais e dos roteiros sugeridos para aplicação deles?

APÊNDICE I | Ficha de Avaliação – Discente

Prezado Aluno,

Este formulário visa coletar informações relevantes acerca da aplicação das atividades experimentais nas disciplinas de Física, não sendo necessário sua identificação no formulário. Favor, preencher para cada pergunta uma única resposta, assinalando um “X” no campo que melhor reflete o seu pensamento em relação ao tema abordado. Estas informações serão utilizadas apenas para fins de pesquisa e não tem qualquer relação com sua avaliação na disciplina cursada.

1) Em seu ensino médio, como você classifica a utilização de atividades experimentais nas práticas de ensino das disciplinas?

- Nunca utilizei. Utilizei muito pouco.
 Utilizei moderadamente. Utilizei frequentemente.
 Sempre utilizei.

2) Você já participou de atividades experimentais em Física?

- SIM NÃO

3) Como você avalia o nível de dificuldade encontrada quanto à montagem da atividade experimental durante a aula:

- Muito Difícil Difícil Regular
 Fácil Muito fácil

4) Os instrumentos de medida disponibilizados foram satisfatórios para concluir sua atividade? SIM NÃO, por que?

5) Como você classifica a utilização de atividades experimentais para a compreensão dos conteúdos de Física?

- Importante. Sempre deveria ser utilizada.
 Interessante. Prefiro a Física conceitual.
 Não faz diferença. Não gosto de laboratório.

6) Qual a sua opinião geral sobre os aparatos que foram disponibilizados para estas atividades experimentais?