



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA - ENCIMA**

**JOSÉ ELDÉSIO DE OLIVEIRA**

**O ENSINO DA FÍSICA NUMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL:  
RESIGNIFICANDO A PRÁTICA DOCENTE**

**FORTALEZA**

**2012**

JOSÉ ELDÉSIO DE OLIVEIRA

O ENSINO DA FÍSICA NUMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL: RESIGNIFICANDO A  
PRÁTICA DOCENTE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Eloneid Felipe Nobre.

FORTALEZA

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

---

O45e

Oliveira, José Eldésio de.

O ensino da física numa abordagem experimental: resignificando a prática docente / José Eldésio de Oliveira – 2012.

130 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Fortaleza, 2012.

Área de Concentração: Física.

Orientação: Profa. Dra. Eloneid Felipe Nobre.

1. Mecânica – Pesquisa e experimentação. 2. Física – ensino e aprendizagem. 3. Física - docência. I. Título.

CDD372

---

JOSÉ ELDÉSIO DE OLIVEIRA

O ENSINO DA FÍSICA NUMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL:  
RESIGNIFICANDO A PRÁTICA DOCENTE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Eloneid Felipe Nobre

Aprovada em: 08/06/2012

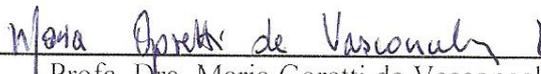
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Eloneid Felipe Nobre (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Nildo Loiola Dias  
Universidade Federal do Ceará – UFC



Profa. Dra. Maria Goretti de Vasconcelos Silva  
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Eduardo de Campos Valadares  
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Dedico este trabalho,  
Primeiramente, a Deus, pela sua imensa  
bondade e misericórdia.  
À minha esposa, Cleide, e aos meus filhos,  
Allyson e Jonathan.

## **AGRADECIMENTOS**

À profa. Dra. Eloneid Felipe Nobre, pela paciência e comprometimento dado ao trabalho de orientação.

Aos professores participantes da Banca Examinadora Nildo Loiola Dias, Eduardo de Campos Valadares e Maria Goretti de Vasconcelos Silva, pela presença e colaboração.

Aos professores e alunos entrevistados que colaboraram com este trabalho de dissertação.

Aos professores, civis e militares, da coordenação de cursos e aos demais colegas do Colégio Militar de Fortaleza, que sempre me apoiaram na realização deste mestrado.

Ao professor cap. Gilvan, pelo apoio e contribuição nas mais diversas atividades do Colégio Militar de Fortaleza.

Aos chefes e coordenadores da seção de coordenação de cursos do Colégio Militar de Fortaleza, cel. Gondim, major Assis, cel. Marçal, major Andréa e cap. Ana Nantua, pelo incentivo e credibilidade depositada.

Aos professores, direção, coordenação, funcionários e alunos da Escola Mariano Martins que tornaram possível este trabalho.

À coordenação do mestrado, em especial ao Ricardo Bruno, pela presteza e dedicação.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas críticas, sugestões, observações e ideias recebidas.

## RESUMO

Este trabalho apresenta a pesquisa e experimentação em Física como um caminho metodológico para facilitar a aprendizagem e compreensão dos conceitos básicos de Mecânica que muitos estudantes consideram difícil de compreender. As atividades propostas foram realizadas em uma Escola Pública com alunos do 1º ano do ensino médio. As atividades propostas incluem dez unidades, cada uma composta por seis aulas de 45 minutos. As atividades de investigação e experimentação utilizadas em nossa pesquisa são sugeridas pela maioria dos professores de Física e educadores citados neste trabalho. A presente proposta está em conformidade com os Parâmetros Curriculares Nacionais. Os alunos formaram grupos de quatro, a fim de realizar a pesquisa no livro-texto ou na Internet. Cartazes, quadro-branco ou *power-point* foram usados na apresentação dos seus resultados. Dois questionários foram respondidos pelos alunos, um antes e outro depois, de cada experimentação. No final de cada unidade, houve um debate/discussão entre professor e alunos para avaliar o processo de aprendizagem. Ao final de todas as unidades concluídas, professores e alunos responderam a um questionário de avaliação sobre a metodologia utilizada. Gráficos e tabelas com suas análises resumem as conclusões do trabalho. Verificou-se que a experimentação permitiu aos alunos compreender melhor os conceitos e leis da Física, contemplados durante os ensaios. O produto educacional final é um manual de experimentos sobre Mecânica, que explora práticas experimentais e situações-problema em cinemática, dinâmica e estática.

**Palavras-chave:** Pesquisa e Experimentação no Ensino Médio, Aprendizagem de Física básica, Metodologia.

## **ABSTRACT**

This work presents research and experimentation in physics as a methodological way to facilitate the learning and understanding of basic concepts of Mechanics that many students consider difficult to understand. The proposed activities were undertaken in a Public High School with students from the 1st year. The proposed activities included ten units, each consisting of six classes of 45 minutes. The research and experimental activities employed in our research are suggested by most physics teachers and educators cited in this work. The present proposal complies with the National Curriculum. Students formed groups of four in order to carry out research involving textbooks or the Internet. Posters, whiteboard or power-point were used in the presentation of their results. Two questionnaires answered by the students, one before and the other one after each trial, provided clues that led to our findings. At the end of each unit there was a debate/discussion between teacher and students to evaluate the learning process. After all units were concluded, both teachers and students answered an evaluation questionnaire about the methodology used. Graphs and tables summarize the analysis with their conclusions. It was found that the trial allowed students to better understand the concepts and laws of physics, covered during the tests. The final educational product is a manual of experiments on mechanics, which explore practical experimental and problem situations in kinematic, dynamic and static.

**Keywords:** Research and Experimentation in High Schools, Learning of basic Physics, Methodology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tubo de vidro e régua milimetrada .....	50
Figura 2 – A medida do peso de uma garrafa no ar e na água por um dinamômetro ....	57
Figura 3 – Balança de cozinha .....	105
Figura 4 – plano inclinado de altura $h$ .....	109
Figura 5 – Pêndulo simples .....	112
Figura 6 – Calha semicircular .....	116
Figura 7 – Dinamômetro e um peso .....	119
Figura 8 – Plano inclinado de altura $h$ e ângulo $\theta$ .....	122
Figura 9 – Mesa e balde na conservação da energia mecânica .....	125
Figura 10 – Carro sobre o papelão na conservação da quantidade de movimento .....	128
Gráfico 1 – Respostas à questão 1 do questionário respondido pelos alunos .....	77
Gráfico 2 – Respostas à questão 2 do questionário respondido pelos alunos .....	78
Gráfico 3 – Respostas à questão 3 do questionário respondido pelos alunos .....	79
Gráfico 4 – Respostas à questão 4 do questionário respondido pelos alunos .....	79
Gráfico 5 – Respostas à questão 5 do questionário respondido pelos alunos .....	80
Gráfico 6 – Respostas à questão 1 do questionário respondido pelos professores .....	81
Gráfico 7 – Respostas à questão 2 do questionário respondido pelos professores .....	82
Gráfico 8 – Respostas à questão 3 do questionário respondido pelos professores .....	83
Gráfico 9 – Respostas à questão 4 do questionário respondido pelos professores .....	83
Gráfico 10 – Respostas à questão 5 do questionário respondido pelos professores .....	84
Quadro 1 – Conteúdo programático das atividades .....	39
Quadro 2 – Metodologia utilizada em cada unidade .....	41
Quadro 3 – Ficha de avaliação dos alunos .....	44
Quadro 4 – Questionário de avaliação respondido pelos alunos .....	45
Quadro 5 – Questionário de avaliação respondido pelos professores .....	46
Quadro 6 – Questionário pré-experiência da unidade 2 .....	49
Quadro 7 – Questionário pós-experiência da unidade 2 .....	52
Quadro 8 – Questionário pré-experiência da unidade 10 .....	54
Quadro 9 – Questionário pós-experiência da unidade 10 .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Respostas à questão 1 do questionário pré-experiência da unidade 2 .....	61
Tabela 2 – Respostas à questão 2 do questionário pré-experiência da unidade 2 .....	62
Tabela 3 – Respostas à questão 3 do questionário pré-experiência da unidade 2 .....	62
Tabela 4 – Respostas à questão 4 do questionário pré-experiência da unidade 2 .....	63
Tabela 5 – Respostas à questão 5 do questionário pré-experiência da unidade 2 .....	63
Tabela 6 – Respostas à questão 1 do questionário pós-experiência da unidade 2 .....	64
Tabela 7 – Respostas à questão 2 do questionário pós-experiência da unidade 2 .....	64
Tabela 8 – Respostas à questão 3 do questionário pós-experiência da unidade 2 .....	65
Tabela 9 – Respostas à questão 4 do questionário pós-experiência da unidade 2 .....	66
Tabela 10 – Respostas à questão 5 do questionário pós-experiência da unidade 2 .....	66
Tabela 11 – Respostas à questão 1 do questionário pré-experiência da unidade 10 .....	68
Tabela 12 – Respostas à questão 2 do questionário pré-experiência da unidade 10 .....	68
Tabela 13 – Respostas à questão 3 do questionário pré-experiência da unidade 10 .....	69
Tabela 14 – Respostas à questão 4 do questionário pré-experiência da unidade 10 .....	70
Tabela 15 – Respostas à questão 5 do questionário pré-experiência da unidade 10 .....	71
Tabela 16 – Respostas à questão 6 do questionário pré-experiência da unidade 10 .....	71
Tabela 17 – Respostas à questão 1 do questionário pós-experiência da unidade 10 .....	72
Tabela 18 – Respostas à questão 2 do questionário pós-experiência da unidade 10 .....	73
Tabela 19 – Respostas à questão 3 do questionário pós-experiência da unidade 10 .....	74
Tabela 20 – Respostas à questão 4 do questionário pós-experiência da unidade 10 .....	75
Tabela 21 – Respostas à questão 5 do questionário pós-experiência da unidade 10 .....	76
Tabela 22 – Respostas à questão 6 do questionário pós-experiência da unidade 10 .....	77

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Anti-lock Braking System
BSCS	Biological Science Curriculum Study
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBA	Chemical Bond Approach
CEB	Câmara de Educação Básica
CECIBA	Centro de Ciências da Bahia
CECIGUA	Centro de Ciências da Guanabara
CECIMIG	Centro de Ciências de Minas Gerais
CECINE	Centro de Ciências do Nordeste
CECISP	Centro de Ciências de São Paulo
CECIRS	Centro de Ciências do Rio Grande do Sul
CNE	Conselho Nacional de Educação
CREF	Centro de Referência para o Ensino de Física
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
EDUSP	Editores da Universidade de São Paulo
EFNNE	Encontro de Físicos do Norte e Nordeste
EPEF	Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
EUA	Estados Unidos da América
FAI	Física Auto-Instrutiva
FENAME	Fundação Nacional de Material Escolar
FUNBEC	Fundação para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências
GRAF	Grupo de Reelaboração do Ensino de Física
IBECC	Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
IFUSP	Instituto de Física da Universidade de São Paulo
MEC	Ministério da Educação
MRU	Movimento Retilíneo e uniforme
MRUV	Movimento Retilíneo Uniformemente Variado
NOA	Núcleo de Construção de Objetos de Aprendizagem
OBF	Olimpíada Brasileira de Física
PBEF	Projeto Brasileiro para o Ensino de Física
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais

PEC	Projeto de Ensino de Ciências
PEF	Projeto de Ensino de Física
PhET	Physics Education Technology
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
PREMEN	Projeto Nacional para a Melhoria de Ensino de Ciências
PSSC	Physical Science Study Committee
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
SESu	Secretaria de Educação Superior
SIP	Sistema de Instrução Personalizada
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
TC	Turma Controle
TD	Trabalho Dirigido
TE	Turma Experimental
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFRGs	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>19</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS .....</b>	<b>86</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>91</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>94</b>
<b>8. APÊNDICES .....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O modelo tradicional de ensino de Física tem a preocupação básica de transmitir o conhecimento produzido pela ciência. Só recentemente temas atuais passaram a ser incluídos no conteúdo programático. O professor é o centro do processo de ensino-aprendizagem e detém todos os conhecimentos, cabendo ao aluno apenas memorizar os conteúdos para poder reproduzi-los em avaliações posteriores. É preciso mudar esse modelo em que o aluno aceita as verdades científicas sem questionamentos e discussões, tornando-se simples espectador no processo de ensino-aprendizagem, quando deveria ter uma atitude prática.

A preocupação básica deste trabalho é criar condições favoráveis para que o aluno possa questionar, discutir, elaborar, levantar hipóteses, observar e analisar resultados. Para que isso aconteça o aluno necessita participar ativamente das aulas através da pesquisa e experimentação. Assim, é preciso mapear os interesses dos alunos e conceber atividades que os estimulem a aprender Física.

O ensino de Ciências, Física em especial, tem sido criticado por seu excessivo distanciamento dos fenômenos e das situações vividas pelo universo dos alunos. Por ser apresentado de modo formal e abstrato, não contribui para o processo de ensino-aprendizagem desta ciência. Portanto, devemos questionar como ensinar Física, o que ensinar e para quem ensinar?

O aumento das expectativas em relação à educação faz com que novas metodologias pedagógicas de informação e comunicação sejam desenvolvidas e aplicadas nas escolas, havendo, assim, um desenvolvimento científico e tecnológico que tanto a sociedade necessita. A educação é hoje amplamente reconhecida como estratégia e fundamental para a inclusão das pessoas no mercado de trabalho e participação político-social, enfim na formação da sua cidadania.

Professores e alunos do ensino básico sentem a necessidade da produção de livros didáticos que abordem situações e fenômenos físicos observados no seu cotidiano. Os livros adotados são, geralmente, repletos de exercícios propostos e questões de vestibulares que se resumem no cálculo de uma incógnita por meio de fórmulas e equações matemáticas, deixando de lado o estudo da Física fenomenológica e conceitual. É fundamental que o estudante veja a Física funcionando, que realize experiências para comprovar as leis e conceitos estudados, não aceitando as respostas e conclusões do professor como definitivas em função de sua autoridade maior. Além disso, deve ser capaz de aplicar o seu conhecimento formal na solução de problemas reais.

Para tanto, é necessária uma aprendizagem mais fenomenológica, conceitual, com menos fórmulas matemáticas, que proporcione ao aluno a compreensão e assimilação dos conteúdos de forma mais consistente e satisfatória. Essa aprendizagem se dará pela pesquisa, em sala de aula, dos assuntos relacionados pelo professor, por meio do livro-texto adotado na escola ou em alguns casos, pela Internet.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a prática experimental, bem como a pesquisa, através de livros didáticos ou pela Internet, de conceitos, leis, princípios e definições, em sala de aula. O presente trabalho aborda o ensino de Física para alunos do 1º ano do ensino médio de uma escola pública estadual da periferia de Fortaleza. Os alunos estudam no turno da noite.

É consenso entre os professores de Física que a utilização da prática experimental facilita o processo de ensino-aprendizagem, melhorando a participação e o interesse dos alunos pelas aulas. É o objetivo maior deste trabalho, apresentar uma metodologia que possibilite uma aprendizagem efetiva. Os materiais utilizados nos experimentos, na sua grande maioria, são trazidos pelos próprios alunos e professores. Os alunos montam e realizam os procedimentos experimentais observando e anotando todos os passos da prática, sempre coordenados pelo docente. A pesquisa dos conceitos, leis, princípios e definições em Física é feita a partir do livro-texto adotado pela escola e em alguns momentos, no laboratório de informática.

Parte-se do pressuposto que o sistema educacional vigente nem sempre prepara os docentes e discentes para enfrentar o desenvolvimento tecnológico e científico que a globalização da economia tanto exige, deixando o Brasil numa posição de dependência frente aos países de primeiro mundo.

A formação, atualização e aperfeiçoamento dos docentes no ensino das Ciências precisa oferecer aos estudantes do ensino fundamental e médio uma melhor compreensão do ensino de Física ao proporcionar-lhes uma aprendizagem que lhes permita deter e gerar novos conhecimentos científicos e tecnológicos.

A sociedade exige uma nova formação para os docentes, através de programas de aperfeiçoamento visando habilitar e atualizar o professor. Isso inclui o uso de metodologias de ensino com experiências na sala de aula, em laboratórios e a utilização de ferramentas, como o uso da informática no desenvolvimento dos conteúdos curriculares. Os professores, diante desta nova formação, deverão ser capazes de proporcionar aos seus alunos uma Física com interação efetiva entre a teoria e a prática, usando para isto, laboratórios de ciências e informática, experimentos em salas de aula, o computador, data-show, entre outros.

A interação entre as leis e conceitos físicos com a prática experimental é sempre bem-vinda, pois esta união facilita a compreensão, por parte dos alunos, dos assuntos ministrados pelo professor.

O contato do aluno com o experimento possibilita uma melhor assimilação dos conceitos, definições e leis da Física trabalhados durante a aula expositiva. Por exemplo, o professor define aceleração como sendo a razão entre a variação da velocidade e o intervalo de tempo correspondente. Fica mais fácil para o aluno perceber que quanto maior for a variação da velocidade, maior será a aceleração durante a prática experimental em que uma esfera é solta do topo de um plano inclinado com várias inclinações. O aluno visualiza melhor o aumento da velocidade da esfera quando o ângulo de inclinação aumenta, pois o tempo de queda diminui, marcado no seu cronômetro.

Assim, é fundamental que o estudante tenha contato com a Física através de atividades experimentais que o levem à compreensão da teoria vista em sala de aula. O aluno pode construir seu próprio conhecimento através dos experimentos realizados utilizando gráficos e tabelas a partir das grandezas medidas. Enfim, está ao seu alcance o conhecimento obtido por meios de atividades experimentais em primeira mão.

Os professores universitários e do ensino básico, de um modo geral, enfatizam modelos matemáticos no ensino da Física, utilizando conceitos e leis apenas para situações de quadro-branco e de avaliações, sem, muitas vezes, vincular estas leis e conceitos ao cotidiano do aluno.

As atividades experimentais como estratégia de ensino-aprendizagem é apontada, pela maioria dos professores de Física, como sendo uma das soluções para diminuir as dificuldades dos alunos de compreensão e interpretação dos conceitos, definições, leis e fenômenos físicos. Será esta afirmação verdadeira?

Embora haja consenso entre professores e alunos que a aula experimental pode tornar o ensino de Física mais instigante, o que se constata no dia a dia das escolas, é que ainda é pouca a atividade experimental. Muitos professores apontam o grande número de alunos em sala de aula e a falta de laboratórios como sendo empecilhos para a realização das práticas experimentais. Porém, nos últimos anos vem crescendo a utilização, entre os professores, de demonstração durante as suas aulas expositivas e de laboratório.

A atividade experimental deve propiciar aos alunos, um aprofundamento de seus conhecimentos em Física e a busca de novas soluções. Portanto, a experimentação em Física é uma ferramenta importante que o professor pode utilizar no processo de ensino-aprendizagem e na construção do conhecimento científico.

O laboratório de Física, por sua vez, é um local onde existe bancada, água corrente, equipamentos em que professor e alunos podem construir seus próprios experimentos e realizar suas experiências. Este local não precisa ser sofisticado, possuir aparelhos caros, como um tubo de Kunt<sup>1</sup> e colchão de ar<sup>2</sup>, por exemplo, que exercem papéis importantíssimos na construção de conceitos científicos. É possível facilitar o desenvolvimento das aulas experimentais e a consequente aquisição de conhecimento por parte dos alunos com recursos bem acessíveis.

Os professores de Ciências devem estimular/motivar/despertar em seus alunos a capacidade de observar os fenômenos físicos. Muitas vezes eles não conseguem se concentrar, ficam alheios à aula. Interpretar os dados, tabelas e gráficos de forma coerente com o objeto de estudo e buscar explicações fundamentadas dos fenômenos físicos ocorridos durante a experimentação, é possível ampliar os conhecimentos prévios e científicos dos alunos, levando-os à concepção de novos conceitos e a identificação de problemas reais.

A aproximação dos estudantes com o estudo da Física deve ser uma preocupação constante dos professores, portanto faz-se necessário criar atividades que contextualizem as leis, conceitos e definições da Física com o dia a dia dos estudantes. Por exemplo, durante a realização de uma prática experimental sobre força de atrito, pode-se mostrar a diferença entre atrito estático e dinâmico e correlacionar esses conceitos aos freios ABS (*Anti-lock Braking System*), que aumentam a segurança dos automóveis. Outro exemplo: ao realizar a experiência sobre a 1ª lei de Newton, lei da inércia, o professor pode chamar a atenção dos alunos sobre a utilização correta do cinto de segurança como item obrigatório nos automóveis e a sua importância no salvamento de vidas durante uma colisão.

As atividades devem ser apresentadas e realizadas de forma gradual e ordenada para que os alunos consigam obter uma concepção geral das tarefas. É necessário, portanto propor situações-problema que desenvolvam no aluno a capacidade de articulação de suas idéias e atitudes. O aluno motivado interage com o professor, faz perguntas, busca respostas e discute os resultados. A aula fica mais instigante e a aprendizagem torna-se relevante.

---

<sup>1</sup> Tubo de vidro de aproximadamente 1,0 m de comprimento e 2,0 cm de diâmetro provido de um pistão ajustável em uma das extremidades capaz de fornecer a verificação experimental de vários fenômenos físicos como: ondas em tubos, velocidade de propagação da onda, ressonância, ondas estacionárias e outros.

<sup>2</sup> Equipamento formado por duas lâminas em V com 1,2 m de comprimento com cerca de 600 furos, distribuídos em 3 fileiras em cada lâmina por onde sai o ar comprimido fornecido por um gerador de fluxo de ar. O instrumento minimiza as forças de atrito e serve para o estudo dos movimentos, condições de equilíbrio numa rampa e quantidade de movimento.

O professor, como orientador e facilitador da aprendizagem, precisa estimular seus alunos a interpretar e analisar os dados fornecidos, observar os procedimentos experimentais e comparar os resultados obtidos a partir da prática experimental.

A ideia central deste trabalho não é fazer do aluno um cientista, pretende-se tão somente desenvolver sua capacidade de observação, planejamento e conclusão sobre os temas ligados à Física e compreender a ligação desta com o seu cotidiano. A realização da prática experimental em sala de aula valoriza a construção do conhecimento e a discussão dos conceitos de Física ao estabelecer uma ligação entre a teoria e a prática.

O objetivo geral deste trabalho é contribuir para o aperfeiçoamento do ensino de Física a partir de uma metodologia pedagógica que valorize a pesquisa e a experimentação em sala de aula, como exposto acima.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) proporcionar aos alunos um processo de ensino-aprendizagem fundamentado no desenvolvimento de suas habilidades de observação, comunicação, investigação, medição, classificação, construção e transformação;
- b) potencializar o ensino da Física associando a experimentação em sala de aula com os conceitos, definições, fenômenos e leis subjacentes;
- c) associar as atividades experimentais aos conteúdos ministrados, relacionando-as com a realidade vivida pelos estudantes;
- d) proporcionar e facilitar uma maior interação entre professor-aluno, aluno-aluno usando práticas experimentais e a pesquisa em sala de aula sobre fenômenos físicos que despertem nestes o gosto pelas ciências.

Este trabalho é composto por cinco capítulos divididos em: introdução, onde apresenta-se o por que, para quem e para que desta dissertação e os objetivos geral e específicos; fundamentação teórica, incluindo um histórico sobre o ensino de Ciências (Física) no país, os vários projetos de ensino de Física no Brasil, uma síntese das teorias da aprendizagem utilizadas, a defesa da pesquisa e experimentação em sala de aula por meio de citações de vários pedagogos, professores e psicopedagogos e as competências e habilidades trabalhadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) aprovadas pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) através das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM); metodologia que apresenta os métodos e técnicas empregados durante a pesquisa e experiência; resultados apresentados, onde ocorre as respostas aos questionários, gráficos e tabelas; conclusões e perspectivas, etapa em que se faz a análise e conclusão dos resultados, bem como o que se espera para o futuro.

O próximo capítulo mostra uma parte da história das Ciências no Brasil, os projetos de ensino de Física desenvolvidos pelas universidades brasileiras, os encontros e simpósios em pesquisa e ensino de Física, os principais tópicos das teorias de aprendizagem de alguns psicólogos, educadores, entre outros. Discute também o elenco de competências e habilidades contemplados nos PCN+ e aprovados pelo CNE para o Ensino de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, os fundamentos teóricos deste trabalho, incluindo as citações de vários pedagogos e educadores sobre a experimentação e a pesquisa na área de Física.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O ensino de Ciências no Brasil chegou à escola básica no começo do século XX em função das necessidades geradas pela industrialização. Novas tecnologias passaram a ser utilizadas nos meios de produção, daí a necessidade de mão de obra qualificada. Foi, então, introduzida uma formação básica em Ciências para suprir os quadros de técnicos e profissionais frente a crescente onda de industrialização do País (PERNAMBUCO; SILVA, 1985).

Na metade da década de 1940 começaram a aparecer os primeiros grupos de pesquisa em ensino de Física no Brasil como por exemplo, na Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGs). Nesse contexto surgiu o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) que implantou e apoiou diversos projetos de ensino de Ciências no Brasil, como feiras e clubes de Ciências, pesquisas na área, treinamento de professores e a produção de kits destinados ao ensino de Física, Química e Biologia para estudantes do ensino primário e secundário (NARDI, 2005).

Em oito de julho de 1948 foi criada a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) com o objetivo de fomentar o pensamento científico no país, com o ingresso de cientistas europeus de renome para a universidade brasileira, em sua maioria para a Universidade de São Paulo (USP).

A SBPC reúne as mais diversas sociedades científicas do Brasil e coloca-se em defesa do avanço científico e tecnológico, do desenvolvimento educacional e cultural do Brasil. Defende, ainda, junto aos governos, investimentos na área de ciências, tecnologia, inovação e cultura em geral.

Reuniões anuais da SBPC são realizadas em diferentes estados, contando com a presença, em cada evento, com cerca de 10 mil pesquisadores, cientistas, alunos e professores dos mais diversos níveis, inclusive estrangeiros. A sua 1ª reunião ocorreu na cidade de Campinas, São Paulo em 1949. Fortaleza foi contemplada com três encontros da SBPC nos anos 1979, 1989 e 2005.

No começo da década de 1950, observa-se a efetiva intervenção do Governo Federal na educação básica, devido, principalmente, ao modelo de desenvolvimento que tinha como base a urbanização e industrialização do Brasil.

Segundo Delizoicov e Angotti (1990- p.25) nessa época, o ensino de Ciências era desenvolvido através de aulas teóricas com o uso de quadro-negro e giz. O docente explanava, de forma oral e escrita, o conteúdo programático dos livros didáticos, reforçando as

características positivas da Ciência, ignorando as negativas e trabalhando, em momentos eventuais, as atividades experimentais em sala de aula, sempre para ilustrar a teoria exposta.

No começo da década de 60, foram implantados projetos de ensino de Ciências, tais como: Physical Science Study Committee (PSSC), Harvard Physics, Biological Science Curriculum Study (BSCS), Chemical Bond Approach (CBA), Chem Study e o projeto inglês da Fundação Nuffield (BARRA e LORENZ, 1986).

O projeto norte-americano PSSC se caracterizava pela produção de material experimental, textos e treinamento de professores com a valorização do conteúdo a ser ministrado. Em resumo, o PSSC trabalhava em dois caminhos: por um lado, criava uma nova proposta curricular de Física, e do outro, a atividade experimental como instrumento efetivo voltado para a compreensão dos conceitos, idéias e definições das Ciências.

A aplicação do projeto PSSC no Brasil não obteve os resultados esperados pela comunidade acadêmica, pois poucos professores tomaram conhecimento do projeto e alguns que o conheceram não se animaram em aplicá-lo. As dificuldades na utilização do material experimental entregue às escolas pela Fundação para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), kits experimentais incompletos, sem identificação completa ou instrução adequada, um currículo fora da nossa realidade educacional e a falta de preparo da maioria dos professores comprometeram a qualidade e a seqüência desse projeto no Brasil.

Apesar das dificuldades encontradas na implantação do projeto PSSC, houve, de certa forma, um efeito positivo no sistema educacional brasileiro. A organização curricular, a importância do ensino experimental em Física e o processo de investigação científica introduzidos pelo PSSC foram importantes para o desenvolvimento dos novos projetos nacionais na área educacional.

Seguindo os objetivos dos projetos implantados, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) criou, em 1965, vários Centros de Ciências: Centro de Ciências do Nordeste (CECINE) em Recife, Centro de Ciências do Rio Grande do Sul (CECIRS) em Porto Alegre, Centro de Ciências de Minas Gerais (CECIMIG) em Belo Horizonte, Centro de Ciências da Guanabara (CECIGUA) no Rio de Janeiro, Centro de Ciências de São Paulo (CECISP) em São Paulo e o Centro de Ciências da Bahia (CECIBA) em Salvador. Esses centros tinham como objetivos treinar professores, produzir e distribuir livros didáticos e material de laboratório nas escolas locais (NARDI, 2005).

Logo após, em 1966, foi fundada a Fundação para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC) com os seguintes objetivos:

- a) industrialização dos materiais produzidos;

- b) realização de cursos para professores primários;
- c) produção de programas específicos para o ensino superior.

Também em 1966, durante a XVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, realizada na cidade de Blumenau, Santa Catarina, foi criada a Sociedade Brasileira de Física (SBF).

O estatuto social da SBF, associação sem fins lucrativos, no seu capítulo 1, art.2º, estabelece as seguintes metas:

- d) congregar os físicos e professores de Física do Brasil;
- e) zelar por liberdade de ensino, pesquisa e interesses e direitos dos físicos e professores de Física;
- f) zelar pelo prestígio da ciência no país;
- g) fomentar pesquisas em Física;
- h) estimular a melhoria do ensino da Física, em todos os níveis;
- i) manter contato com os institutos e sociedades de física e de ciências correlatas, do país e do exterior;
- j) incentivar e promover o intercâmbio entre os profissionais do Brasil e demais países;
- k) promover reuniões científicas, congressos especializados, conferências, cursos e atividades afins, inclusive com caráter de divulgação científica;
- l) editar revistas para publicação de trabalhos científicos e didáticos, no campo da Física;
- m) editar boletins sobre as atividades da Associação Brasileira de Física e sobre assuntos gerais relacionados ao desenvolvimento da Física;
- n) estimular a divulgação de conhecimentos de Física, através da publicação de livros, textos, monografias, bem como por intermédio da imprensa, rádio, televisão e internet;
- o) abranger diferentes áreas da Física e promover programas de pós-graduação.

Durante os 45 anos de sua existência, a Sociedade Brasileira de Física tem promovido e organizado vários encontros nacionais e regionais como os: EPEF – Encontro de Pesquisa em Ensino de Física; SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física; EFNNE – Encontro de Físicos do Norte e Nordeste. Além disso, realiza todos os anos a Olimpíada Brasileira de Física (OBF) com alunos de escolas públicas e privadas de todo o Brasil. A OBF é realizada em três etapas com estudantes do Ensino Médio e do 9º ano do Ensino Fundamental.

Conforme o regulamento 2012, a OBF tem como objetivos:

- p) despertar e estimular o interesse pela Física;
- q) proporcionar desafios aos estudantes;
- r) aproximar a universidade do ensino médio;
- s) identificar os estudantes talentosos em Física, preparando-os para as olimpíadas internacionais e estimulando-os a seguir carreiras científico-tecnológicas.

A SBF publica a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) que tem como objetivo principal divulgar os trabalhos de pesquisa e de ensino na área de Física. Outra revista publicada é “A Física na Escola”, suplemento semestral da RBEF que tem como finalidade apoiar as atividades dos professores de Física do Ensino Fundamental e Médio.

No começo da década de 1970, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) instituiu o Projeto Nacional para a Melhoria de Ensino de Ciências (PREMEN) que financiou o Projeto de Ensino de Ciências (PEC), ligado ao Centro de Ciências do Rio Grande do Sul (CECIRS) e o Projeto de Ensino de Física (PEF), do Instituto de Física da USP (IFUSP). Em seguida foram criados o Projeto Física Auto-Instrutiva (FAI) e o Projeto Brasileiro para o Ensino de Física (PBEF), desenvolvidos por professores em sua maioria ligados ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP).

O Projeto de Ensino de Física e o Projeto Física Auto-Instrutiva, ligados ao IFUSP, desenvolveram projetos de ensino de Física inovadores e adequados às condições do estado brasileiro, por exemplo, o Método Keller, também chamado de Sistema de Instrução Personalizada (SIP) que enfatiza atividades experimentais dos alunos através do uso de materiais simples, a compreensão dos conceitos mais do que fórmulas matemáticas, avaliações imediatas e repetidas, divisão do curso em pequenas unidades e temas da Física contemporânea. Devido a pouca interação professor-aluno, ficando o aluno como responsável pelo seu próprio aprendizado e o professor com o papel de mero gerenciador do processo fizeram com que esses projetos não alcançassem o sucesso desejado pela comunidade acadêmica.

Conforme os dados constantes no Guia do Professor (1980), o PEF era constituído por quatro conjuntos de textos e materiais experimentais (Mecânica 1 e 2, Eletricidade e Eletromagnetismo) e de um Guia do Professor, destinados ao ensino de 2º grau, tendo sido elaborado no IFUSP mediante convênios com a Fundação Nacional de Material Escolar (FENAME) e PREMEN. Uma equipe de cerca de trinta pessoas, que incluiu professores universitários e secundários de Física, pesquisadores em Física, programadores visuais,

redatores, fotógrafos, entre outros, tendo como coordenadores os professores Ernst W. Hamburger e Giorgio Moscati, trabalhou nesse projeto.

Os textos do PEF foram publicados em fascículos que continham um capítulo, sendo composto, em geral, por um texto principal, exercícios de aplicação, texto optativo e por uma leitura suplementar. Essa leitura suplementar poderia ser utilizada em classes que com maior número de aulas semanais ou para atender alunos mais interessados. O Guia detalhava cada capítulo, apresentando seus objetivos, pré-requisitos, número de aulas previstas, sugestões para avaliação, bibliografia de apoio e ressaltava as possíveis dificuldades e soluções que poderiam ser encontradas durante a realização das experiências.

O Guia do Professor trazia orientações sobre como aplicar o PEF de modo satisfatório em função dos tipos de salas de aula disponíveis nas escolas, apresentava sugestões de como o professor deveria conduzir suas atividades em salas com laboratório ou salas com carteiras fixas cuja disposição dificultaria o trabalho em grupo, entre outros. Isso mostra o cuidado e a atenção que o projeto tinha com as possíveis dificuldades que o professor poderia encontrar na sua aplicação.

As aulas experimentais desempenhavam um papel importante na aplicação do projeto, segundo o guia do professor (1980). As aulas de Física deveriam ser geminadas, tendo, assim tempo suficiente para a realização das experiências. Isso pressupõe que os professores negociassem os horários das aulas de laboratório com a direção da escola.

Os professores foram orientados para atuarem principalmente como coordenador, organizador, avaliador, orientador e expor o mínimo possível o conteúdo no quadro negro. O docente deveria valorizar o acompanhamento dos estudantes e estimular suas respostas. O Guia ressaltava ainda, que a participação do docente deveria ser intensa e ativa para poder vencer a inércia dos alunos que estavam acostumados a terem somente aulas expositivas e não trabalharem por conta própria.

Outro importante projeto, o FAI, contemplava quase a totalidade dos conteúdos de Física do antigo segundo grau em cinco textos de instrução programada. Alberto Gaspar, Doutor em Educação pela USP, colaborador marginal na elaboração dos textos, aplicou o projeto em sala de aula, educador convicto dos seus pressupostos pedagógicos, deu o seguinte depoimento sobre o projeto:

Trabalhei com os cinco textos programados do FAI durante quase dois anos em várias turmas dos três anos do então segundo grau. Foi certamente o período mais frustrante de minha longa carreira de professor. De início, a sensação de minha inutilidade em sala de aula – os alunos, envolvidos em sua interação com o texto, mal notavam a minha presença – era compensada com a expectativa de que, agora sim, eles estariam aprendendo. Nunca os havia visto tão concentrados, lendo,

estudando, preenchendo lacunas, alguns até com afeição e entusiasmo. As avaliações pareciam indicar bons resultados, mesmo porque abordavam tópicos de conteúdo relativamente curtos e eram repetidas até que os alunos atingissem um nível de acerto considerado satisfatório. A instrução programada preconiza o respeito ao ritmo individual de compreensão do aluno e a condição para passar a um novo tópico é o domínio do conteúdo do tópico anterior, daí a repetição das avaliações até que se pudesse considerar o aluno capaz de ir adiante. Como é óbvio, não havia reprovações. Com o tempo, no entanto, percebi que a aprendizagem dos alunos era estranhamente passageira, algo que não se consolidava, uma espécie de “frente de onda” que parecia conter o domínio do aluno de algum fragmento de conteúdo, talvez induzido pelos estímulos recorrentes do próprio texto ou das próprias avaliações. Mas, logo o conhecimento adquirido desaparecia praticamente sem deixar rastros. No último bimestre do segundo ano da aplicação da proposta, angustiado e convencido da ineficiência da proposta, voltei às minhas velhas aulas tradicionais e a interagir diretamente com os alunos. Desde então começou a se consolidar em mim a convicção de que não há material ou proposta pedagógica que possa prescindir da ação direta e insubstituível do professor. (GASPAR, 1997 - p.5)

Em 1970, ocorreu no Instituto de Física da Universidade de São Paulo o primeiro Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), evento promovido pela SBF que congrega alunos e professores dos diversos níveis de ensino.

A finalidade do SNEF é a de discutir problemas relacionados ao ensino e aprendizagem de Física, à pesquisa realizada no campo de investigação do ensino de Física e à formação de profissionais para atuarem nesse campo, quer como professores ou como pesquisadores.

Durante o I SNEF foram aprovadas diversas moções dentre elas “a concessão de verbas para a implantação de projetos brasileiros de elaboração de textos e materiais de ensino de Física, destinação de mais verbas para programa intensivo de treinamento de professores em todos os níveis e aumento do salário dos professores do ensino secundário, medida indispensável para a melhoria do ensino das ciências em nível médio” (BITTENCOURT, 1977, p. 7).

Atualmente os SNEFs ocorrem a cada dois anos, alternando-se a sede do simpósio. Último, XIX SNEF, ocorreu, em 2011, no Campus da Universidade Federal do Amazonas, em Manaus. Durante o SNEF a comunidade de Ensino de Física e Ensino de Ciências em geral apresentam suas atividades de pesquisa e relatam suas experiências de docência em forma de trabalhos escritos e fóruns.

Em 1986, na cidade de Curitiba, foi realizado o primeiro Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) com o objetivo de discutir as diferentes pesquisas desenvolvidas na área de Física no país, sistematizar seus avanços e progressos, assim como identificar e discutir as dificuldades e preocupações do Ensino de Física. Os EPEFs ocorrem a cada dois anos, em anos alternados com os SNEFs.

O Encontro de Físicos do Norte e Nordeste (EFNNE), com início em 1982, tem ocorrido anualmente e de forma ininterrupta em alguma cidade do norte e nordeste do Brasil. A sua finalidade é promover o intercâmbio científico entre os participantes através dos trabalhos apresentados, discutir as atividades de pesquisa e ensino entre os grupos de trabalho e aprimorar a construção do conhecimento na área de Ciências como um todo, particularmente, Física.

No XXIX EFNNE, realizado em novembro de 2011 na cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte, foram ministradas diversas palestras em atividades de pesquisa e de ensino em Física, discussões envolvendo grupos de trabalho, mini-cursos e oficinas, além das plenárias de caráter político-científico, além de encontros informais.

Em 1984, foi criado, por um grupo de professores do IFUSP e da rede estadual de ensino médio do Estado de São Paulo, o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), tendo como finalidade a formação e preparação de professores de Física para o ensino médio.

O GREF adotou uma prática dialógica e desenvolveu uma metodologia visando estabelecer uma lista de assuntos de interesse dos alunos, ordenando-os de acordo com o currículo formal da disciplina. Também, orientou e preparou o professor a aprender a realidade dos alunos, construindo, assim, uma efetiva interlocução com os mesmos.

A presença do professor como orientador e facilitador no processo de ensino-aprendizagem e a prática experimental foram bastante difundidos pelo GREF.

Além de proporcionar uma formação continuada, prestar assessoria e realizar cursos para professores de Física, o GREF elaborou uma coleção de três volumes: Mecânica, Física Térmica e Óptica e Eletromagnetismo, dirigida aos professores e publicada pela Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP). A coleção apresenta o conteúdo a partir do desenvolvimento de uma temática e de uma linguagem, comuns ao professor e a seu aluno, contidas no universo de vivência de ambos.

A UFRGs e a USP foram as primeiras universidades a criar projetos de ensino em Física no Brasil. Devido a esta preocupação com o ensino de Física o Instituto de Física da UFRGS criou a pós-graduação *stricto sensu* em Física no ano de 1968, sendo o ensino de Física uma das áreas de concentração do Mestrado em Física. Esse Instituto ofereceu o primeiro Mestrado em Ensino de Física do Brasil, tendo formado, em 1971, o primeiro mestre do país nesta área. Desde então, tem oferecido o Mestrado Acadêmico em Ensino de Física e a partir de 2002, o Mestrado Profissional em Ensino de Física.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Secretaria de Educação

Superior (SESu), criou, em 2000, o Centro de Referência para o Ensino de Física (CREF) que tem como missão a de realizar e apoiar estudos, pesquisas e ações voltadas para a excelência e a disseminação do ensino de Física em todos os níveis, valendo-se da experiência nacional e internacional em melhoria do ensino, das novas tecnologias de informação e comunicação (TICs) e do potencial da Internet para a sua difusão.

Em 1989, surgiu o Clube de Ciências da Universidade Federal do Ceará (UFC) com o objetivo de contribuir para melhorar o ensino de ciências do ensino fundamental e médio. Professores dos departamentos de Física, Matemática, Química, Biologia, Geografia e Computação passaram a treinar e apoiar professores e alunos dos mais diversos níveis em um ambiente de pesquisa e experimentação.

No ano de 1999, dez anos depois, o Clube de Ciências foi substituído pela Seara de Ciências, onde professores e alunos do ensino fundamental e médio têm um contato direto com a ciência através dos mais variados recursos pedagógicos. Na Seara de Ciências, a interdisciplinaridade sai literalmente da teoria da sala de aula. Professores e alunos realizam apresentações teatrais, shows científicos, práticas laboratoriais, exposições, cursos e feiras de ciências.

Professores têm na Seara a oportunidade de fazer um estágio com bolsa, pesquisar novas formas de transmitir o conhecimento, desenvolver instrumentos que demonstram fenômenos e princípios científicos, orientar alunos, monitorar as exposições e colaborar nas tarefas de ensino. Os alunos, por sua vez, fazem estágio com bolsa nos laboratórios de pesquisa da UFC, orientados por professores-pesquisadores de iniciação científica.

Uma estratégia interessante desenvolvida na Seara de Ciências consiste em combinar aprendizagem, diversão e arte por meio do show Magia de Ciência, apresentado regularmente em eventos científicos, escolas e demais instituições. Um grupo de teatro, formado por estudantes da UFC apresenta as mais variadas peças, abordando temas científicos. Por exemplo, através de um monólogo que conta a biografia resumida do físico Albert Einstein.

Os projetos de ensino de Física desenvolvidos pelos centros e institutos, CECIRS e IFUSP, tinham como principais objetivos o treinamento, aperfeiçoamento e atualização de professores, bem como a produção de materiais didáticos envolvendo textos e experimentos destinados ao ensino médio.

Não se pode confundir ensino com aprendizagem. Ainda mais relevante que os projetos de ensino é a aprendizagem do aluno. As teorias de aprendizagem, cada qual com sua especificidade, foram desenvolvidas por vários educadores, filósofos, psicólogos, entre

outros. A adoção destas teorias depende do contexto em que o projeto pedagógico e os condicionamentos sociopolíticos da escola estejam inseridos.

Vários educadores têm defendido suas ideias por meio de teorias da aprendizagem que procuram explicar o desenvolvimento do indivíduo ao longo da vida, destacando-se: Carl Rogers, Frederic Skinner, Jean Piaget, Lev Vygotsky, Jerome Bruner, David Ausubel, Paulo Freire, entre outros.

Carl Rogers (1902-1987) nasceu em Oak Park, próximo a Chicago, estado de Illinois, Estados Unidos da América (EUA). Segundo Moreira (1999), Rogers graduou-se em História pela Chicago University (1924) e doutorou-se em Psicologia Educacional pela Columbia University (1931).

Para Rogers (1985, p.34) “Não se pode ensinar diretamente a uma outra pessoa, pode-se, tão somente, facilitar-lhe a aprendizagem”. O homem é essencialmente livre para fazer escolhas. Assim, por meio do seu próprio desenvolvimento ele alcança a auto-realização e aperfeiçoa sua personalidade.

O respeito às potencialidades individuais, a participação efetiva do aluno, o desenvolvimento da autocrítica e da auto-avaliação, o desenvolvimento da criatividade e da autoconfiança, o aprender a aprender são fundamentais para Rogers.

Rogers (1985, p.42) afirma que “[...] o professor deve concentrar a atenção não em ensinar, mas em criar condições que promovam a aprendizagem”. Isso significa que o melhor ambiente para a aprendizagem resulta da qualidade da interação humana, especialmente do grau de cordialidade entre professor e alunos.

Rogers, em seu livro “Liberdade para aprender” (ROGERS, 1971) apresenta três condições fundamentais que o professor deve tomar em relação à melhoria do ambiente de aprendizagem do aluno: a relação didática determinada pela atitude empática do professor, aceitar incondicionalmente o aluno e ser autêntico, assumindo suas virtudes e erros, como qualquer outra pessoa.

Rogers vê no professor um facilitador da aprendizagem, não um transmissor de conhecimento e informação. O docente não deve impor práticas, explicações ou programas, mas **fortalecer a autoconfiança de seu aluno**.

Frederic Skinner (1904-1990), psicólogo americano formado em Harvard. Foi o principal representante do condutivismo nos EUA. Os condutivistas pretendem explicar o comportamento humano e animal em termos de respostas a diferentes estímulos.

Para Skinner (1972, p.56) “Os homens agem sobre o mundo e o modificam e, por sua vez, são modificados pelas consequências de sua ação”. Para ele, a aprendizagem envolve

resposta e consequência, pois o homem é um organismo passivo, governado por estímulos externos.

Baseada na teoria skinneriana, uma verdadeira revolução tecnológica eclodiu, dando origem às máquinas de ensinar e aos textos de Instrução Programada. Segundo Moreira (1999, p.28) “as máquinas de ensinar e o ensino programado são uma técnica ou recurso didático que expõe o conteúdo a ser ensinado em seus elementos um de cada vez, numa seqüência que impede que o aluno avance sem ter aprendido as etapas anteriores.

A teoria da aprendizagem de Skinner atribui aos professores a responsabilidade pela transmissão do conhecimento, a administração, planejamento e análise desta transmissão, o comportamento adequado do aluno e a colocação das respostas apropriadas aos objetivos instrucionais. Cabe ao aluno ouvir, escrever e repetir as informações dadas pelos professores, acumulando os assuntos repassados.

A capacidade do aluno de atingir os objetivos propostos e repetir os comportamentos considerados adequados eram bem avaliados pelo programa, isto é, tinham uma aprendizagem satisfatória.

Jean Piaget (1886-1986) nasceu em Neuchâtel, na Suíça. Estudou biologia e fez doutorado na Universidade de Neuchâtel, tendo iniciado suas pesquisas em psicologia na cidade de Zurich, em 1919. Publicou vários estudos sobre psicologia infantil, elaborando uma teoria chamada “inteligência sensório-motriz” onde descrevia o desenvolvimento da inteligência de uma criança, tendo seus filhos como protagonistas do estudo em questão.

Para Piaget (2006, p.82) “[...] a aprendizagem deve ser um processo ativo porque o conhecimento é uma construção que vem de dentro”. O aluno é o centro do processo, é um elemento atuante e descobridor. Uma boa pedagogia deve envolver a apresentação de situações nas quais o aluno experimenta para chegar às suas próprias conclusões: manipulando objetos e símbolos, buscando respostas às suas indagações, realizando descobertas, criando coisas novas, relacionando conhecimentos novos a anteriores.

Em seus estudos, Piaget (1989, p.61) sugere procedimentos que envolvam trabalhos em grupo. Eles levam em conta as diferenças individuais das crianças nos vários estágios de seu desenvolvimento e o fato do crescimento intelectual do indivíduo estar firmemente ligado à cooperação e interação social entre todos do grupo.

Apesar da teoria de Piaget ser importante para a educação, a intenção dele não foi a formulação de uma teoria da aprendizagem, mas contribuir para o conhecimento da natureza humana em suas diversas fases ou estágios. Hoje, muitas escolas em todo o Brasil, adotam a teoria de Piaget como uma teoria de aprendizagem, denominada de construtivismo.

A criança apresenta em cada estágio de desenvolvimento mental uma maneira diferente de aprender, portanto o professor deve apresentar situações que permitam a criança desenvolver plenamente o seu potencial.

Piaget (2006, p.43) define seu método, denominado Psicogenético, em quatro linhas fundamentais:

- t) o desafio constante à descoberta e à pesquisa;
- u) o trabalho em grupo que estimule a solidariedade e, ao mesmo tempo, preserve a individualidade de cada um;
- v) os mecanismos utilizados de forma consciente para que possam construir o bem social;
- w) um processo de avaliação contínuo que possa auxiliar e conduzir o desenvolvimento da criança.

Em resumo, a teoria piagetiana, por meio do método Psicogenético, almeja um indivíduo capaz de discutir, descobrir, criticar, inventar e trabalhar em grupo. Estes são os pressupostos dos ambientes de inovação tecnológica encontrados no Vale do Silício, Estados Unidos. Região que possui um conjunto de empresas geradoras de inovações científicas e tecnológicas com destaques para a produção de chips, na eletrônica e informática.

Lev Vygotsky (1896-1934) nasceu na Bielo-Rússia e morreu aos 37 anos, vítima de tuberculose. Estudou Direito e Filosofia na Universidade de Moscou, onde concluiu seus estudos em 1917. Foi professor de psicologia e pedagogia em Moscou e Leningrado de 1925 a 1934, onde iniciou os estudos sobre a crise da psicologia e criou, junto com seu grupo, propostas inovadoras sobre vários temas, como: relação entre o pensamento e linguagem, natureza do processo de desenvolvimento da criança e o papel da instrução no desenvolvimento.

Para Vygotsky (2007, p. 35) “[...] a educação não se reduz a aquisição de um conjunto de informações, mas constitui uma das fontes do desenvolvimento artificial da criança”.

Vygotsky atribuía grande importância aos programas educacionais, porém distinguia o conhecimento produzido na escola do conhecimento cotidiano dos alunos. Algumas vezes ele criticava a escola por oprimir os alunos com fatos isolados e sem sentido, segundo ele, conteúdos descontextualizados não permitem uma interação sócio-ambiental com os outros saberes.

A escola tem a sua própria estruturação de tempo e espaço que possibilita o contato sistemático dos diversos sistemas de leitura e escrita, contagem e mensuração,

observação e utilização de mapas, calculadoras, entre outros. Entretanto, a escola deve instigar o aluno a reavaliar o seu conhecimento prévio relativo à escrita, quantidades e tamanho dos objetos, operações de adição e subtração, comparação, etc. A escola não pode desprezar o conhecimento anterior dos alunos, devendo orientá-lo visando uma melhor compreensão do assunto, comparar procedimentos e, em alguns casos, modificá-los.

Para Vygotsky, em contraste com Piaget, não se pode analisar o desenvolvimento da criança nem avaliar suas aptidões sem seus vínculos sociais. A criança não pode ser considerada um ser isolado do meio sociocultural. Segundo ele, as condições sociais e culturais favoráveis contribuem para uma boa aprendizagem.

Jerome Bruner nasceu em 1915 na cidade de Nova Iorque, Estados Unidos da América. Graduou-se em psicologia no ano de 1937 na Universidade de Duke na Carolina do Norte e em 1941, obteve o título de doutor em psicologia pela Universidade de Harvard (Massachusetts), onde posteriormente lecionou por vários anos. Possui obras publicadas e traduzidas nas áreas de educação, psicologia e pedagogia.

Bruner (2001) demonstra grande preocupação com o aspecto intelectual da educação e acredita na contribuição da escola para a vida familiar e comunitária de seus alunos. Para ele, o interesse no assunto em estudo constitui o maior estímulo à aprendizagem. O aluno precisa de predisposição para aprender. A maneira como os assuntos se relacionam e como ocorre a transferência de aprendizagem são aspectos importantes para o desenvolvimento intelectual do aluno.

O professor deve ser facilitador e orientador da aprendizagem. É aquele que fornece as ferramentas, dá sugestões e motiva os alunos a fazer suas próprias descobertas. O aluno constrói, revisa, modifica e enriquece seus conhecimentos por meio de suas próprias representações.

A teoria da aprendizagem de Bruner é baseada na **motivação** da criança, na estrutura da matéria a ser ensinada, na sequência dos conteúdos apresentados e no reforço da aprendizagem.

Bruner defende que todas as crianças nascem com o “desejo de aprender”, mas este desejo só é mantido se houver **motivação**.

Para Bruner (2001, p.56) “Qualquer assunto pode ser ensinado eficazmente, de alguma forma intelectualmente honesta, a qualquer criança em qualquer fase de seu desenvolvimento”. O modo de apresentação da matéria (técnica ou método utilizado), a quantidade de informação fornecida ao aluno e a simplicidade da apresentação dos assuntos são aspectos importantes para a organização da estrutura de uma boa aula.

A sequência adequada em que os assuntos vão ser ministrados é fundamental para o desenvolvimento intelectual do aluno. O professor não deve pular etapas.

Reforçar o processo de aprendizagem é importante, sobretudo nas suas fases iniciais, pois o professor mostra aos alunos os seus acertos e corrige os eventuais erros. Entretanto, Bruner reconhece que com o passar do tempo o aluno torna-se auto-suficiente.

Deve-se a Bruner uma grande contribuição na organização curricular. Para Bruner (2001, p.67) “Um currículo deverá ser construído em torno de grandes temas, princípios e valores que a sociedade considera merecedores de preocupação contínua de seus membros”.

Bruner considera a escola como fator fundamental no desenvolvimento do estudante, porém existe um movimento denominado *homeschooling*, ensino em casa, onde o aluno é ensinado individualmente por um professor ou pelos próprios pais. O ensino é sempre a partir de casa e os professores são pessoas da própria família ou comunidade. O currículo pode ser dirigido, sendo bastante semelhante ao das escolas ou os professores podem seguir um currículo livre, ou mesmo a ausência de currículo, permitindo o aluno aprender de forma auto-didática.

Segundo os defensores desse movimento há uma série de motivações que os levam a educar seus filhos em casa, por exemplo: flexibilidade de horários, possibilidade de experimentar modelos educativos alternativos, fatores religiosos ou ideológicos, ensino adaptado às necessidades do aluno, liberdade de currículo ou a própria ausência de currículo, mobilidade geográfica dos pais, entre outros.

Pesquisas feitas, principalmente nos Estados Unidos, onde o ensino em casa é mais comum, mostram que a sociabilidade, dada por critérios como participação comunitária, social-política, auto-estima e satisfação em viver, parece ser melhor, em média, em alunos que foram educados em casa do que naquelas que frequentaram a escola.

No Brasil a legislação vigente proíbe a educação em casa, fora da escola, podendo os pais serem processados por abandono intelectual. Porém, há um crescente número de famílias interessadas em adotar esse tipo de ensino.

Segundo Delizoicov e Angotti (1990, p.26) as décadas de 60 e 70 tiveram, basicamente, três principais tendências pedagógicas para o ensino de Ciências no Brasil:

- x) Escola-Nova;
- y) Escola Tecnicista;
- z) Escola das Ciências Integradas.

A Escola-Nova, movimento de renovação influenciado, principalmente nas américas, pelo filósofo e pedagogo norte americano John Dewey(1859-1952) e propagado

por muitos educadores brasileiros como Lourenço Filho(1897-1970), Anísio Teixeira(1900-1971), Fernando de Azevedo(1894-1974) e outros. O movimento da Escola-Nova, apesar de ter sido divulgado e assinado por 26 intelectuais brasileiros por meio do Manifesto da Escola Nova em 1932, defendia uma escola pública universal, laica e gratuita. Foi desenvolvido, principalmente, nas escolas públicas brasileiras, a partir do golpe de 1964, pois os militares não concordavam com as propostas pedagógicas progressivas, tendo a pedagogia libertadora de Paulo Freire como sua maior expressão.

A Escola-Nova tinha uma excessiva preocupação em valorizar as atividades experimentais, ensinar o método científico e usar uma abordagem psicológica dos conteúdos programáticos. Houve no decorrer dos anos um esvaziamento desta tendência, pois muitos docentes não conseguiam diferenciar o método científico da metodologia do ensino de Ciências. Nessa perspectiva as atividades, os métodos e as técnicas resolveriam todos os problemas de ensino-aprendizagem, pois eram consideradas mais importantes que os conteúdos programáticos.

“A criança é simplesmente o indivíduo cujo amadurecimento a escola vai realizar; cuja superficialidade vai ser aprofundada; e cuja estreita experiência vai ser alargada. O papel do aluno é receber e aceitar. Ele o cumprirá bem, quando for dócil e submisso” (DEWEY, 1971, p.46). Entretanto nem todo aluno recebe e aceita passivamente as atividades propostas. Ele questiona sobre a papel das ciências, coloca em dúvida os objetivos desejados, critica a rigidez do currículo escolar e toma atitudes, que muitas vezes vão de encontro ao autoritarismo do professor. É preciso propor novas situações-problemas que estimulem o interesse desse aluno. Construir significadamente novos conhecimentos e reconhecer os adquiridos anteriormente.

Apesar da maioria dos educadores defenderem a experimentação como uma atividade fundamental no ensino de Física, alguns autores como Barberá e Valdés, *et al.* (1996 *apud* Galiazzi, *et al.*, 2001) criticaram o uso do laboratório didático por ser semelhante a um livro de receitas, onde o aluno aprende procedimentos e comprova as teorias escritas nos livros, sem muitas vezes realizarem um processo de observação e investigação mais amplo. Entretanto, é consenso que as atividades experimentais bem trabalhadas e com objetivos claros exercem um papel importantíssimo na motivação e aprofundamento dos conhecimentos dos estudantes na área da Física. Todavia, cabe mencionar que os problemas reais são mal mencionados.

A Escola Tecnista, implantada no Brasil no final dos anos 60 com o objetivo de adequar o sistema educacional às orientações do regime militar. Foi introduzida como política

oficial de educação pelas leis 5.540/68 e 5.692/71 e caracterizou-se pelo uso de instruções programadas sem intervenção direta do professor, módulos de ensino, proposição de exercícios e tarefas, aplicação de testes para a verificação imediata dos acertos e erros, dando destaque, principalmente, as avaliações de conhecimento cognitivo dos alunos.

O principal objetivo da Escola Tecnista, considerando-se os padrões de produção da época (fordismo), era produzir indivíduos competentes para o mercado de trabalho (sistema capitalista), usando para isto, informações diretas, objetivas e precisas através de módulos instrucionais que se encontram nos livros didáticos, manuais de ensino, audiovisuais, apostilas e trabalhos dirigidos (TDs). Parte-se do pressuposto que a transmissão do conhecimento ocorre por meio de uma instrução programada e sequenciada, sendo as respostas condicionadas as metas pré-definidas. O aluno torna-se um ser passivo, pois não há debates, discussões e questionamentos sobre os diversos assuntos ministrados. Ele recebe as informações, armazena e as fixa em sua memória, como se fosse memória de computador ou robô.

A Escola das Ciências Integradas, que trabalhou a integração entre as Ciências Naturais - Física, Química e Biologia - e sua proposição era que os professores não precisavam ter conhecimento seguro e relativamente profundo dos conteúdos a serem ensinados, mas apenas saberem usar os materiais instrucionais. Os cursos de licenciatura curta que formaram milhares de professores em Ciências foram disseminados pelo País a partir dessa tendência pedagógica.

As tendências descritas acima atingiram, em cheio, os cursos de formação de professores e a produção de livros-texto didáticos redundantes que se tornaram instrumentos básicos de trabalho dos docentes e a conseqüente falta de um debate crítico sobre o conhecimento científico e das potencialidades do ensino de Ciências.

Atualmente, o ensino de Ciências preocupa-se com o desenvolvimento histórico do conhecimento científico e suas implicações no ensino, bem como as suas aplicações tecnológicas no contexto social, cultural e ambiental do ser humano, podendo, estas serem benéficas ou nefastas.

O Conselho Nacional de Educação (CNE) através da Câmara de Educação Básica (CEB) aprovou as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) determinando que a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias possa constituir competências e habilidades. Assim, há competências relacionadas principalmente com a investigação e compreensão dos fenômenos físicos, enquanto há outras que dizem respeito à utilização da linguagem da física e sua contextualização histórica e social.

As competências e habilidades na área de Física relacionadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+, 2002) e aprovadas pelo Conselho Nacional de Educação são mostradas no anexo 1.

O ensino de Física, conforme os PCN+, foi organizado em seis temas estruturadores que apresentam possíveis formas de organização das atividades escolares para o ensino médio, a saber:

- aa) movimentos: variações e conservações;
- ab) calor, ambiente e usos de energia;
- ac) som, imagem e informação;
- ad) equipamentos elétricos e telecomunicações;
- ae) matéria e radiação;
- af) universo, Terra e vida.

Não vamos aqui detalhar os objetivos de cada tema estruturador, mas apenas os temas: “movimentos: variações e conservações”, e “universo, Terra e vida”, assuntos que fazem parte da maioria dos livros didáticos de mecânica adotados nas escolas, tema deste trabalho de mestrado.

É bom lembrar que a quase totalidade dos livros didáticos adotados por nossas escolas no ensino médio não tem a divisão em temas estruturadores, mas em volumes 1 - Mecânica; 2 - Termologia, Óptica e Ondas e 3 - Eletricidade e Física Moderna. Entretanto, o professor ao escolher o tema estruturador que vai ser trabalhado em sala de aula, adotará o volume 1, 2 ou 3 correspondente aos assuntos e objetivos determinados pelos PCN+. Os principais objetivos do tema “movimentos: variações e conservações” são mostrado no anexo 2. Também faz parte da maioria dos livros de Mecânica o tema “universo, Terra e vida”, onde seus objetivos determinados pelos PCN+ são mostrados no anexo 3.

O processo de ensinar os alunos a pensar e raciocinar é o grande desafio no sistema educacional. O homem é um ser racional e necessita do pensamento para exercer suas mais diversas atividades técnicas e científicas. Entretanto, a escola não consegue transmitir para a maioria dos alunos a forma adequada de resolver problemas, exercícios e situações no mundo das Ciências de maneira organizada e planejada (DANIEL; CARVALHO, 2006). Pior, ainda, a escola não estimula os alunos a propor nem a identificar problemas.

É importante salientar que a implementação, desenvolvimento e qualificação dos Parâmetros Curriculares Nacionais em sua versão mais atualizada depende do apoio das escolas, reflexão, troca de experiências e a efetiva preparação dos docentes através de cursos de capacitação, especialização, mestrado e doutorado. Portanto, os governos municipal,

estadual e federal, juntos com as instituições superiores de ensino têm papel fundamental neste processo de aperfeiçoamento dos docentes, incentivando-os por meio de bolsas, redução de carga horária, melhorias salariais, entre outras medidas.

Conforme os PCN+ a atividade experimental e a investigação científica devem ser estimuladas pelo professor por meio de **roteiros abertos** que ensejem em seus alunos a busca de novos desafios e explicações para aqueles fatos observados durante a experiência e a pesquisa. O professor deve provocar no aluno a insatisfação pelo conceito pré-estabelecido, auto-explicado, e assim, mudar sua postura passiva, estimulando o estudante a ter um papel ativo ao propor sugestões para as soluções das situações-problema, expor suas ideias e construir novos conhecimentos.

É bom lembrar que o estudante tem cultura sócio-ambiental, idéias e conhecimentos próprios decorrentes do cotidiano que o cerca. A escola não pode acabar com estas concepções intuitivas<sup>1</sup>, mas tem o dever de enfrentá-las, explicando o que é certo e o que é errado, mostrando que o conhecimento científico não constitui uma verdade absoluta.

O estudante precisa levar o conhecimento que obteve no colégio para casa e vice-versa, deve ainda compartilhar seus saberes e descobertas com a comunidade, seus familiares e amigos, enfim mostrar que aprendeu alguma coisa útil. Transformar-se em um cidadão pleno, convicto que pode mudar a comunidade, talvez o mundo, em que vive.

O professor deve, sempre que possível, relacionar as experiências do aluno, os conteúdos trabalhados e as práticas experimentais de forma coerente e articulada para que o estudante desenvolva intencionalmente as suas próprias descobertas e, assim, adquira motivação para descobrir novos saberes.

A problematização do currículo escolar, através da experimentação e pesquisa em Física, deve permitir aos alunos reavaliar o seu conhecimento prévio em função do conhecimento científico adquirido em sala de aula. Aprender não pode ser um ato isolado, sem relação com a realidade do estudante, uma imposição da escola, trata-se de um processo em que todos são sujeitos com um mesmo objetivo, pressupondo-se que o conhecimento transforma as pessoas.

O ensino de Física nas escolas brasileiras vem recebendo, há anos, a crítica por não se realizarem atividades experimentais; o único recurso do professor tem sido 'saliva e giz'. Ao aluno cabe apenas ouvir, copiar e memorizar. Essa prática nada contribui para o ensino eficaz da ciência física na qual se insere a física moderna e contemporânea: o ensino deve estimular idéias, permitindo aos alunos pensar e interpretar o mundo que os cerca. (GASPAR, 2005-p. 83).

---

<sup>1</sup> Conceitos e ideias adquiridos previamente pelos alunos fora da escola.

A função básica da experimentação no ensino de Física é fazer com que o aluno compreenda as leis e fenômenos e os relacione à sua realidade. Para isso é necessário que o professor tenha objetivos claros e utilize uma metodologia adequada, envolvendo experiências no nível de escolaridade do aluno, conduzir as aulas de forma agradável para que não se tornem objetos de competição e estimular a troca de ideias.

Atualmente, o ensino é visto como um objeto abstrato, longe da realidade dos alunos, o qual gera um desinteresse total pelo trabalho escolar. Os alunos preocupam-se apenas com a nota e com a promoção, os assuntos estudados são logo esquecidos e aumentam os problemas de disciplina. Isso agrava também aos professores refletindo-se diretamente no aumento da problemática que se enfrenta no ensino médio. Alunos cada vez mais desinteressados estão bloqueados, o raciocínio lógico não foi desenvolvido de uma maneira satisfatória, e aí o problema se agrava. (ALVES; STACHAK, 2005 – p.12)

### Segundo Araújo e Abib

A utilização adequada de diferentes metodologias experimentais, tenham elas a natureza de demonstração, verificação ou investigação, pode possibilitar a formação de um ambiente propício ao aprendizado de diversos conceitos científicos sem que sejam desvalorizados ou desprezados os conceitos prévios dos estudantes. Assim, mesmo as atividades de caráter demonstrativo que visam principalmente à ilustração de diversos aspectos dos fenômenos estudados, podem contribuir para o aprendizado dos conceitos físicos abordados, na medida em que essa modalidade pode ser empregada através de procedimentos que vão desde uma mera observação de fenômenos até a criação de situações que permitam uma participação mais ativa dos estudantes, incluindo a exploração dos seus conceitos alternativos de modo a haver maiores possibilidades de que venham a refletir e reestruturar esses conceitos. (ARAUJO; ABIB, 2003 – p.190)

A Física é uma ciência natural, portanto sua característica principal é a experimentação, o fazer com as mãos e a observação dos fenômenos. Devido a estas características é que Richard Feynman, Prêmio Nobel de Física, 1965, por seu trabalho em eletrodinâmica quântica, afirma

O teste de conhecimento é a experiência. A própria experiência ajuda a produzir essas leis e nos fornece pistas. Mas também é preciso imaginação para criar, a partir dessas pistas, as grandes generalizações – para descobrir os padrões maravilhosos, simples, mas muito estranhos por baixo delas e, depois, experimentar para verificar de novo se fizemos a descoberta certa. Esse processo de imaginação é tão difícil que há uma divisão de trabalho na Física: existem físicos teóricos que imaginam, deduzem e descobrem as novas leis, mas não experimentam; e físicos experimentais que experimentam, **imaginam**, deduzem e descobrem. (FEYNMAN, 1999 – p.36-37).

O ensino de Física por meio de atividades experimentais tem papel fundamental no processo de construção de conceitos e definições, pois cresce o interesse e a motivação do aluno pela investigação e análise das situações-problema. O aluno passa a questionar,

interrogar, relacionar a prática com a teoria, assim, ocorrendo por parte dele uma maior reflexão sobre os significados das leis e fenômenos físicos, além de exercer a sua imaginação.

Marques escreve em seu livro que

No contexto do ensino experimental em ciências, os aprendizados enriquecem a teoria e prática, e as realimentam, ambas, uma a outra, fazendo com que a prática não seja apenas descrita e narrada, mas compreendida e explicada, melhor organizando e aprofundando os saberes que nutre ao deles nutrir-se. Dá-se, a aprendizagem, nesses contextos de interação, pelo desenvolvimento das competências de relacionar, comparar, inferir, argumentar, mediante uma reestruturação mais compreensiva, coerente e aberta às complexidades das articulações entre as idéias, os dados, os fatos, as percepções e os conceitos. (MARQUES, 1996 – p.72).

Fica evidente que Marques pretende valorizar/inter-relacionar as teorias e práticas que os alunos adquirem dentro e fora da escola. Ao desenvolverem competências e adquirirem habilidades, tornam-se capazes de discutir e levantar hipóteses sobre fenômenos, conceitos e definições da Física.

Miguens e Garret citam alguns aspectos relevantes na realização de práticas experimentais no ensino de Ciências, tais como:

Ajudam os alunos a obter um conhecimento sobre fenômenos naturais através de novas experiências: facilitam uma primeira experiência, um contato com a natureza e com o fenômeno que eles estudam; desenvolvem algumas habilidades científicas práticas como observar e manipular; oportunizam a exploração, a extensão e o limite de determinados modelos e teorias; permitem comprovar idéias alternativas experimentalmente; possibilitam aumentar a confiança ao aplicá-las na prática e explorar e comprovar a teoria através da experimentação. (MIGUENS; GARRET, 1991 – p. 146).

As habilidades básicas que os alunos devem ter para que possam aprender e compreender o ensino de Ciências em geral, Física em particular, aumentando a sua capacidade de ser um cidadão pleno de seus direitos e deveres inserido numa sociedade globalizada são:

- ag) a partir da observação o aluno deve ser capaz de gerar conhecimentos e explicar fenômenos, fatos e leis de forma racional;
- ah) os conceitos básicos devem permitir ao aluno compreender melhor o mundo físico à sua volta;
- ai) a formação consciente proporciona ao aluno uma nova atitude em relação à preservação e conservação da vida, do meio ambiente e dos direitos e deveres para com a sociedade e a natureza;
- aj) o domínio de termos técnicos básicos necessários ao uso de máquinas e equipamentos, indispensáveis no mundo atual;

- ak) a capacidade de organizar e interpretar dados para se chegar a uma conclusão coerente sobre o fato ou fenômeno observado;
- al) a aplicação do raciocínio lógico e coerente nos trabalhos científicos, de modo a favorecer a organização do pensamento;
- am) exercício de tomada de decisões a partir da análise dos resultados;
- an) mapeamento das várias etapas de um experimento: identificação do problema, metodologia empregada, aquisição de dados e conclusão;
- ao) o uso adequado de gráficos, palavras e símbolos que possam descrever fatos, fenômenos, objetos e ações no cotidiano do aluno.

Lewin e Lomascólo relatam que

A situação de formar hipóteses, preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratório como “projetos de investigação”, favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes tais como a curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas informações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais, (LEWIN; LOMASCÓLO, 1998 - p.148).

Segundo Tamir e Lunetta (1990) “a atividade experimental no ensino de Ciências prende mais a atenção do aluno e satisfaz sua curiosidade natural, favorece a iniciativa individual e o trabalho independente e autônomo”.

Segundo Ausubel (2003, p.34) “a aprendizagem torna-se significativa para o aluno quando o conteúdo exposto em sala de aula se relaciona com o seu conhecimento prévio”. Portanto os professores devem criar situações-problema que os informem sobre tais conhecimentos. Nesse contexto se insere a utilização da prática experimental, interligando teoria e experimentação. Entretanto, alguns alunos não têm conhecimento prévio, por exemplo, alunos que não tem a menor ideia do que seja um átomo. Nestes casos, resta ao professor adotar outras estratégias.

O próximo capítulo aborda a metodologia empregada no projeto: como foi concebida a divisão dos assuntos, o número de unidades/capítulos, o tempo de cada aula, os questionários pré e pós-experiência e as práticas experimentais realizadas.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados todos os procedimentos de pesquisa e práticas experimentais adotados no desenvolvimento deste trabalho, bem como os questionários pré e pós-experiência.

Método de ensino é o conjunto de momentos e técnicas logicamente coordenados, tendo como objetivo mediar, orientar e facilitar a aprendizagem do aluno de forma satisfatória. É o método que dá sentido de unidade a todos os passos do ensino e aprendizagem, transmitindo, assim, conhecimentos, atitudes e ideias aos estudantes.

Inicialmente, o aluno faz a pesquisa, em seu livro didático, dos conceitos, leis, definições e princípios da Física, a partir de algumas palavras-chave colocadas no quadro branco, por exemplo: distância percorrida, deslocamento, etc. Após a pesquisa, os alunos fazem uma apresentação da síntese elaborada a partir da palavra-chave estudada. Em seguida, responde ao questionário pré-experiência. No momento seguinte são realizadas as experiências real<sup>1</sup>, no laboratório de ciências, e virtual<sup>2</sup>, no laboratório de informática. Por fim, o aluno responde ao questionário pós-experiência, concluindo a unidade por meio de um debate/discussão sobre os assuntos estudados.

As atividades são desenvolvidas através da pesquisa no livro-texto, em alguns casos pela internet, e pelas práticas experimentais reais e virtuais em mecânica. O conteúdo programático das atividades é mostrado no quadro 1.

Quadro 1 – Conteúdo programático das atividades

Conteúdo programático	
Unidades	Assuntos
1	Medidas de comprimento, tempo e massa
2	Movimento retilíneo uniforme
3	Movimento retilíneo uniformemente variado
4	Queda livre
5	Lançamento horizontal e oblíquo
6	Lei da inércia
7	Força de atrito
8	Energia mecânica
9	Conservação da quantidade de movimento
10	Força de empuxo

Fonte: O autor.

<sup>1</sup> Experimentos que ocorrem diante do aluno, onde os instrumentos podem ser manuseados.

<sup>2</sup> Experimentos que simulam eventos físicos na tela de um monitor.

Quando uma pessoa observa, interpreta, analisa, raciocina, conclui, ela está adotando uma atitude racional e organizada para solucionar os vários problemas encontrados. Portanto, compete ao professor propiciar oportunidades para que seus alunos desenvolvam essas habilidades, favorecendo a formação de instrumentos e etapas do método de ensino proposto.

Este trabalho tem como método o lógico-dedutivo, pois o professor apresenta os assuntos relacionados em ordem de antecedente e consequente e a partir dos conceitos, princípios, definições e leis são extraídas as conclusões ou conseqüências destas deduções.

O projeto foi desenvolvido em uma Escola Pública Estadual de Ensino Médio, localizada no bairro Henrique Jorge, periferia de Fortaleza, com duas turmas do 1º ano do turno da noite. A turma denominada turma experimental (TE) começou o ano letivo de 2011 com 45 alunos matriculados, mas somente 34 alunos frequentavam as aulas regularmente durante o primeiro bimestre. A outra turma, denominada turma controle (TC) tinha 41 alunos matriculados, mas somente 28 alunos frequentavam as aulas regularmente durante o primeiro bimestre do ano letivo de 2011.

No decorrer do ano letivo, vários alunos entraram e saíram das duas turmas. A turma TE terminou o ano letivo de 2011 com 60 alunos matriculados, mas somente 22 alunos frequentaram as aulas regularmente durante o último bimestre. A turma TC terminou o ano letivo de 2011 com 62 alunos matriculados, mas somente 26 alunos frequentaram as aulas regularmente durante o último bimestre.

A diferença entre o número de alunos matriculados e o número de alunos que frequentaram as aulas regularmente é um fato que chama a atenção de todos. As razões são várias: alunos matriculados que nunca frequentaram as aulas desde o início do ano letivo, mas a secretaria não retirou seus nomes do diário de classe; a transferência de alunos para outras escolas e a evasão, causa maior dessa diferença. É bom salientar que os alunos desta referida escola são oriundos de classes menos favorecidas, portanto precisam trabalhar desde cedo. A escola é frequentada por alunos que trabalham na construção civil, no comércio, na indústria de confecção, na segurança de condomínio, como empregadas domésticas, donas de casa, entre outros.

Alguns levantamentos feitos pela escola, junto a professores e alunos, apontaram alguns fatores que determinaram a evasão/desistência de cerca de 60% dos alunos nas duas turmas, por exemplo:

- a) a mudança de horário de trabalho do aluno;
- b) o cansaço após um dia de trabalho;

- c) a falta de professores;
- d) a falta de comprometimento pelos estudos;
- e) a falta de motivação pelos assuntos ministrados;
- f) a greve dos professores;
- g) a distância entre a escola e o local de trabalho;
- h) o esposo não deixa a esposa frequentar a escola;
- i) a gravidez inesperada;
- j) a mudança para um novo endereço.

A metodologia desenvolvida é a pesquisa em sala de aula e a prática experimental real e virtual. A pesquisa no livro-texto tem por objetivos favorecer as atividades de síntese, conhecer os princípios e definições, compreender e interpretar as leis e fenômenos físicos, desenvolver a capacidade de leitura, questionar e aprofundar os novos conhecimentos.

O laboratório de Ciências através da prática experimental tem por objetivos valorizar os conteúdos, manipular instrumentos, observar fenômenos, elaborar, interpretar e analisar dados em tabelas e gráficos, além de compreender a Física de forma concreta, real, presente no cotidiano de todos eles, alunos, professores, pais e comunidade.

O laboratório de informática através dos experimentos virtuais tem como objetivos utilizar simulações interativas, comprovar resultados, interpretar gráficos e tabelas, comparar resultados a partir dos dados inseridos na tela do computador e observar a influência relativa das grandezas associadas a um fenômeno físico.

As atividades foram divididas em 10 unidades/capítulos, abrangendo os conteúdos de mecânica, assunto geralmente ministrado no 1º ano do ensino médio. Cada unidade foi trabalhada em seis aulas/momentos de 45 minutos divididas conforme o quadro 2 abaixo.

Quadro 2 – Metodologia utilizada em cada unidade.

Metodologia	
Aula 1	Pesquisa e elaboração das sínteses dos temas
Aula 2	Apresentação das sínteses das palavras-chave
Aula 3	Questionário pré-experiência
Aula 4	Prática experimental no laboratório de ciências
Aula 5	Prática virtual no laboratório de informática
Aula 6	Questionário pós-experiência

Fonte: O autor.

As atividades de pesquisa, as sínteses apresentadas, os assuntos e questionários pré e pós-experiência trabalhados nas duas turmas, experimental e controle, são os mesmos, com exceção das práticas, reais e virtuais, que são realizadas somente com a turma experimental (TE).

Na primeira aula/momento são apresentadas palavras-chave relacionadas ao assunto da unidade para que os alunos possam pesquisar no livro-texto. A turma é dividida em grupos de quatro alunos, numerados em 1, 2, 3, ... . Os alunos podem escolher seus grupos, porém o professor tem a liberdade de remanejá-los de forma que as equipes fiquem heterogêneas e em igualdades de condições. Cada equipe estuda um tópico sorteado e apresentado pelo professor. A partir da leitura e interpretação sobre o assunto apresentado, cada grupo organiza seus conhecimentos e elabora uma síntese dos conteúdos estudados. A síntese deve conter as principais características do assunto, por exemplo: definição de uma grandeza; conceitos dos fenômenos, leis e princípios envolvidos; tabelas; gráficos; quadro demonstrativo; ilustrações, entre outros.

Na segunda aula/momento, cada grupo escolhe um relator e este faz uma apresentação da síntese dos conteúdos pesquisados para o restante da classe. Esta síntese é apresentada escrita e oralmente por meio de quadro branco, cartaz ou *power-point*. Ao final da aula o assunto da unidade está todo explanado pelos próprios estudantes e o professor intervém para dirimir algumas dúvidas e sugerir soluções.

Na terceira aula/momento ocorre a apresentação de um questionário pré-experiência com situações-problema para que os alunos respondam baseados no seu conhecimento próprio ou adquiridos durante os dois primeiros momentos. Muitas vezes, essas noções não estão de acordo com as teorias científicas, mas permitem um questionamento/discussão e a necessidade de adquirir novos conhecimentos. O questionário aplicado tem como objetivo provocar o debate entre aluno/aluno e aluno/professor para que se possa atingir um grau maior de conhecimento e compreensão dos fenômenos físicos. É feito um levantamento estatístico das respostas corretas e incorretas para uma análise de seus resultados.

Na quarta aula/momento é feita a montagem e os procedimentos experimentais pelos grupos no laboratório de Ciências. O professor pode solicitar aos alunos que eles tragam alguns materiais usados durante a experiência. Os próprios alunos montam a experiência, por meio da leitura dos procedimentos experimentais fornecidos a eles e sob a orientação do docente. A prática experimental propicia aos estudantes uma situação de observação, investigação e levantamento de hipóteses. A partir daí, elaboram gráficos e/ou tabelas,

interpretam e analisam dados, relacionam as diferentes unidades e grandezas dos assuntos, conforme a atividade experimental desenvolvida.

Na quinta aula/momento os grupos são conduzidos para o laboratório de informática, onde tem acesso ao *site* Physics Education Technology (PhET)<sup>3</sup> que faz simulações de eventos físicos de um laboratório virtual. Outro programa educativo que os alunos podem acessar é o do Núcleo de Construção de Objetos de Aprendizagem (NOA)<sup>4</sup> ligado à Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Na sexta aula/momento ocorre a apresentação de um questionário pós-experiência com questões/problemas no intuito de mapear dúvidas, erros e acertos dos alunos, além de propiciar uma discussão e reavaliação do assunto ministrado. É feito novamente um levantamento estatístico das respostas corretas e incorretas para uma análise de seus resultados.

Os alunos foram avaliados de forma constante e gradual não apenas no aspecto cognitivo, mas também nos domínios afetivo e psicomotor, garantindo um acompanhamento eficiente. Essa avaliação de forma processual permitiu ao professor verificar até que ponto os objetivos foram alcançados, identificando alguns fatores que dificultavam a aprendizagem desses alunos, por exemplo:

- k) falta de raciocínio lógico;
- l) conhecimentos insuficientes de matemática elementar;
- m) atitude passiva de alguns alunos;
- n) falta de uma interpretação e compreensão adequada dos conteúdos;
- o) desinteresse pela disciplina de Física;
- p) falta de atenção durante as aulas;
- q) cansaço de alguns alunos;
- r) muitos alunos não trazem o livro para a sala de aula;
- s) conversas alheias ao assunto ministrado.

Durante cada unidade trabalhada os alunos da Turma Experimental (TE) foram avaliados em função de dez itens previamente relacionados e divulgados pelo professor. Cada aluno possui uma ficha de avaliação individual, cujo modelo é mostrado no quadro 3, contendo os itens avaliados, as notas obtidas em cada item e a média da unidade trabalhada. A ficha de avaliação possui, ainda, o nome do aluno, seu número e a unidade contemplada.

---

<sup>3</sup> [www.phet.colorado.edu](http://www.phet.colorado.edu)

<sup>4</sup> [www.fisica.ufpb.br](http://www.fisica.ufpb.br)

A ficha de avaliação dos alunos tem como objetivos principais:

- t) favorecer a organização;
- u) verificar e aferir o rendimento do aluno;
- v) obter informações durante todo o processo de pesquisa e experimentação;
- w) identificar deficiências e propor novas atividades;
- x) controlar a participação do aluno.

Quadro 3 – Ficha de avaliação dos alunos

Aluno:	Nº:	Unidade:
Itens avaliados		Nota
1) Frequencia - presença do aluno em sala de aula		
2) Pesquisa - participação e engajamento com o grupo		
3) Síntese - organização e conteúdo elaborado		
4) Apresentação - desenvolvimento do assunto		
5) Questionário pré-experiência - respostas e entrega no prazo		
6) Experiência - participação e observação		
7) Relatório - organização e entrega no prazo		
8) Prática virtual - atenção e participação		
9) Questionário pós-experiência - respostas e entrega no prazo		
10) Debate/Discussão - participação		
		Média

Fonte: O autor.

Cada item avaliado é atribuído um valor entre zero e 10 e no final da unidade trabalhada faz-se a média aritmética dos 10 itens, obtendo, assim, a média da unidade que equivale à nota parcial do aluno.

É importante salientar que o aluno é observado de forma constante não apenas com referência à aquisição de conhecimentos científicos, mas em seu crescimento multidirecional, pois durante a unidade trabalhada o professor avalia a sua capacidade de observação, reflexão, comunicação, cooperação, ação, organização, pontualidade, assiduidade, convivência e participação.

A avaliação, como observada aqui, está inserida no próprio processo de ensino-aprendizagem, tendo, assim, um sentido mais qualitativo que quantitativo, pois o aluno é avaliado em seu aspecto global e não apenas em seu aspecto cognitivo.

Ao final das atividades desenvolvidas os alunos responderam a um questionário de avaliação, mostrado no quadro 4, sobre o que acharam das atividades propostas, o tipo de aula, os instrumentos de pesquisa preferidos, as dificuldades encontradas, entre outras.

Quadro 4 – Questionário de avaliação respondido pelos alunos.

Questionário - aluno
1) As atividades experimentais durante as aulas de Física devem ocorrer com que frequência?
<input type="checkbox"/> nunca
<input type="checkbox"/> em menos de 50% das aulas
<input type="checkbox"/> em mais de 50% das aulas
<input type="checkbox"/> sempre
2) Que tipo de aula de Física você prefere ter?
<input type="checkbox"/> expositiva, onde o professor escreve no quadro e explica o conteúdo oralmente.
<input type="checkbox"/> experimental, onde você observa e analisa o experimento.
<input type="checkbox"/> virtual, onde o professor expõe os conteúdos e experiências através de um projetor ligado à Internet.
<input type="checkbox"/> não gosto das aulas de Física
3) A pesquisa durante a aula é uma etapa importante na condução do processo de aprendizagem do aluno. Se o professor pede para você pesquisar, que tipo de instrumento você prefere utilizar?
<input type="checkbox"/> o livro ou apostila
<input type="checkbox"/> o jornal ou revista
<input type="checkbox"/> a Internet
<input type="checkbox"/> não gosto de pesquisar
4) As atividades experimentais ajudam a esclarecer os conceitos e leis da Física. Você concorda com essa afirmação?
<input type="checkbox"/> sim, totalmente
<input type="checkbox"/> sim, parcialmente
<input type="checkbox"/> não, parcialmente
<input type="checkbox"/> não, totalmente
5) Você tem o costume de estudar Física com que frequência?
<input type="checkbox"/> uma vez por semana
<input type="checkbox"/> uma vez por mês
<input type="checkbox"/> apenas um dia antes das provas
<input type="checkbox"/> nunca
6) Quais as principais dificuldades que você encontrou para aprender Física? Cite 2 dificuldades.
1.
2.

Fonte: O autor.

Também foi feita uma pesquisa, por meio de um questionário, aplicado a vinte professores de cinco escolas públicas estadual e federal, de Fortaleza. A finalidade deste questionário foi conhecer as opiniões dos professores sobre as atividades desenvolvidas em sala de aula, as causas do fracasso dos alunos no processo de ensino-aprendizagem em Física e as dificuldades encontradas para a realização das práticas experimentais. O questionário,

mostrado no quadro 5, foi respondido por professores de Física que lecionam no ensino médio em escolas públicas, já mencionado.

Quadro 5 – Questionário de avaliação respondido pelos professores de Física.

Questionário - professor
1) As turmas de 1º ano do ensino médio tem quantas aulas de Física por semana?
<input type="checkbox"/> 1 aula
<input type="checkbox"/> 2 aulas
<input type="checkbox"/> 3 aulas
<input type="checkbox"/> 4 aulas ou mais
2) Você consegue trabalhar os conteúdos do livro-texto adotado na sua escola de forma integral?
<input type="checkbox"/> sim, 100%
<input type="checkbox"/> não, em torno de 75%
<input type="checkbox"/> não, em torno de 50%
<input type="checkbox"/> a escola não adota livro
3) A prática experimental na disciplina de Física é fundamental para a aprendizagem do aluno. Você concorda com essa afirmação?
<input type="checkbox"/> sim, totalmente
<input type="checkbox"/> sim, parcialmente
<input type="checkbox"/> não, parcialmente
<input type="checkbox"/> sim, totalmente
4) Quantas práticas experimentais de Física, por turma, você realizou com seus alunos no ano letivo de 2011?
<input type="checkbox"/> nenhuma
<input type="checkbox"/> 1
<input type="checkbox"/> 2
<input type="checkbox"/> 3 ou mais
5) Qual a principal dificuldade de utilizar a prática experimental durante as aulas de Física?
<input type="checkbox"/> dá mais trabalho elaborar atividades experimentais que aulas teóricas
<input type="checkbox"/> muitos alunos em uma mesma turma
<input type="checkbox"/> não vejo dificuldade
<input type="checkbox"/> outro motivo. Qual?
6) Na sua opinião, quais as principais causas do fracasso dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem em Física? Cite 2 causas.

Fonte: O autor.

O assunto trabalhado nesta dissertação foi mecânica, dividido em 10 unidades, mencionadas na tabela 1, escolhidas pelo professor, conforme o grau de importância dado por ele. Porém, somente as unidades 2 e 10 foram desenvolvidas de forma detalhada neste capítulo de metodologia. As outras unidades 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, estão nos apêndices A, B, C, D, E, F, G e H, respectivamente, desta dissertação.

A unidade 2 tem como assunto o Movimento Retilíneo e Uniforme (M.R.U.), tendo como objetivos principais:

- a) analisar a relação entre movimento e repouso a partir de um referencial.
- b) diferenciar distância percorrida e deslocamento.
- c) conceituar velocidade média.
- d) compreender as formas das trajetórias conforme o referencial adotado.
- e) caracterizar um movimento uniforme e representar este movimento através do gráfico espaço em função do tempo.

Na 1ª aula/momento a turma experimental (TE) foi dividida em oito grupos numerados (GE1, GE2, GE3, GE4, GE5, GE6, GE7 e GE8) e a turma controle (TC), em sete grupos numerados (GC1, GC2, GC3, GC4, GC5, GC6 e GC7). Cada grupo ficou com quatro alunos, com exceção dos grupos GE5 e GE6 que ficaram com cinco alunos cada. A partir deste momento os grupos da turma experimental serão chamados de (GE) e os grupos da turma controle (GC).

Após a divisão da turma em grupos o professor fez o sorteio da palavra-chave e cada grupo pesquisou no livro-texto sobre o assunto sorteado. As palavras-chave sorteadas foram:

- f) posição;
- g) referencial;
- h) distância percorrida;
- i) velocidade média;
- j) deslocamento;
- k) trajetória;
- l) movimento uniforme.

Cada grupo pesquisou no livro-texto uma palavra-chave sorteada pelo professor. A pesquisa e elaboração da síntese da palavra-chave foi feita no intervalo de tempo de 45 minutos. Durante esse primeiro momento o professor orientou os grupos sobre como elaborar uma síntese. Mostrou, também, como confeccionar a apresentação das sínteses e corrigiu alguns erros cometidos, por exemplo: falar que um carro que está no km 30 de uma rodovia significa que ele andou 30 km; mostrar um mapa e não diferenciar distância percorrida de deslocamento entre dois pontos quaisquer do mapa, entre outros.

Na 2ª aula/momento cada grupo apresentou a síntese da pesquisa elaborada por meio de cartaz, *power-point* ou quadro-branco. Durante a apresentação de um grupo, com duração em média de cinco minutos, as outras equipes eram estimuladas, pelo professor, a

participarem da apresentação através de perguntas e sugestões. As turmas TE e TC foram trabalhadas em salas e horários distintos.

Os grupos GE1 e GC5 apresentaram a síntese sobre “referencial” por meio de um cartaz que continha uma figura exemplificando o tema. Mostraram que o conceito de movimento ou repouso depende do referencial adotado.

Os grupos GE2 e GC3 apresentaram a síntese sobre “distância percorrida”, onde expuseram no quadro branco o exemplo de distâncias entre cidades e ruas, comentaram sobre as unidades de comprimento e mostraram como fazer as transformações de quilômetro para metro, entre outras.

Os grupos GE3 e GC1 apresentaram a síntese sobre “posição”, onde mostraram, por meio de exemplos, no quadro branco e através de um mapa a diferença entre posição e distância percorrida.

Os grupos GE4 e GC6 pesquisaram e fizeram a síntese sobre “trajetória” através de uma simulação mostrada no *power-point*. A simulação mostrava o tipo de trajetória, retilínea ou curvilínea, descrita por um objeto ao cair de um avião. Os grupos chamaram a atenção dos colegas sobre a relação entre o referencial adotado e o tipo de trajetória descrita.

Os grupos GE5, GE6 e GC2 apresentaram a síntese sobre “deslocamento” através de um cartaz que continha um mapa com ruas e avenidas, onde mostravam a diferença entre deslocamento, distância percorrida e posição considerando dois pontos quaisquer.

Os grupos GE7 e GC4 apresentaram a síntese sobre “velocidade média” por meio do quadro branco, onde definiram velocidade média, mostraram a sua fórmula matemática, suas unidades e as transformações de “km/h” para “m/s” e vice-versa. Os grupos mostraram, ainda, a definição de velocidade instantânea e relataram que o velocímetro do automóvel marca este tipo de velocidade.

Os grupos GE8 e GC7 apresentaram a síntese sobre “movimento uniforme”, usando o quadro branco para demonstrar a função horária do movimento uniforme, conceituar e relatar exemplos deste tipo de movimento.

Na 3ª aula/momento os alunos das turmas TE e TC tiveram vinte minutos para responder o questionário pré-experiência, mostrado no quadro 6. O referido questionário de problematização inicial é composto por cinco situações-problema que envolvem os assuntos pesquisados e apresentados nas aulas anteriores de pesquisa e apresentação das sínteses.

O objetivo deste questionário foi avaliar a capacidade do aluno de reter e compreender os conhecimentos próprios e adquiridos nas aulas anteriores, bem como aferir e comparar as turmas experimental e controle.

Quadro 6 – Questionário pré-experiência da unidade 2.

Questionário pré-experiência
1) Um passageiro pergunta ao motorista do ônibus: que terminal vem aí? O motorista responde: Não é o terminal que vem. É o ônibus que vai. O terminal está em repouso. O motorista está certo ou errado? Justifique.
<input type="checkbox"/> certo
<input type="checkbox"/> errado
2) Um estudante está no km 10 de uma BR. Isto significa que ele andou 10 km? Justifique.
<input type="checkbox"/> sim
<input type="checkbox"/> não
3) Um automóvel tem velocidade média igual a 80 km/h. Isto significa que o automóvel está o tempo todo com a velocidade de 80 km/h? Justifique.
<input type="checkbox"/> sim
<input type="checkbox"/> não
4) Um ônibus intermunicipal sai de Fortaleza (km 0), vai até Pacajus (km 50) e volta para Horizonte (km 40).
a) A distância percorrida feita pelo ônibus nesse trajeto foi de.
<input type="checkbox"/> 60 km
<input type="checkbox"/> 50 km
<input type="checkbox"/> 40 km
b) O deslocamento feito pelo ônibus nesse trajeto foi de.
<input type="checkbox"/> 60 km
<input type="checkbox"/> 50 km
<input type="checkbox"/> 40 km
5) Um atleta olímpico desenvolve a velocidade média de 10 m/s. Isto significa que ele percorre, em média, 10 metros em apenas 1 segundo. Isto é possível?
<input type="checkbox"/> sim
<input type="checkbox"/> não

Fonte: O autor.

Após a entrega do questionário respondido, houve um debate/discussão entre o professor e os grupos sobre as respostas dadas e suas justificativas. O professor escolheu, aleatoriamente, um questionário respondido por um aluno e sem citar o seu nome, comentou e analisou os seus acertos e erros. O professor fez alguns questionamentos sobre alguns erros cometidos, por exemplo:

- m) a distância percorrida entre Fortaleza e Pacajus é de 50 km. O deslocamento também é de 50 km. Justifique;
- n) a distância percorrida entre Fortaleza e Horizonte é de 60 km. O deslocamento é de 40 km. Justifique;
- o) repouso absoluto não existe. Justifique;
- p) o que significa velocidade média?

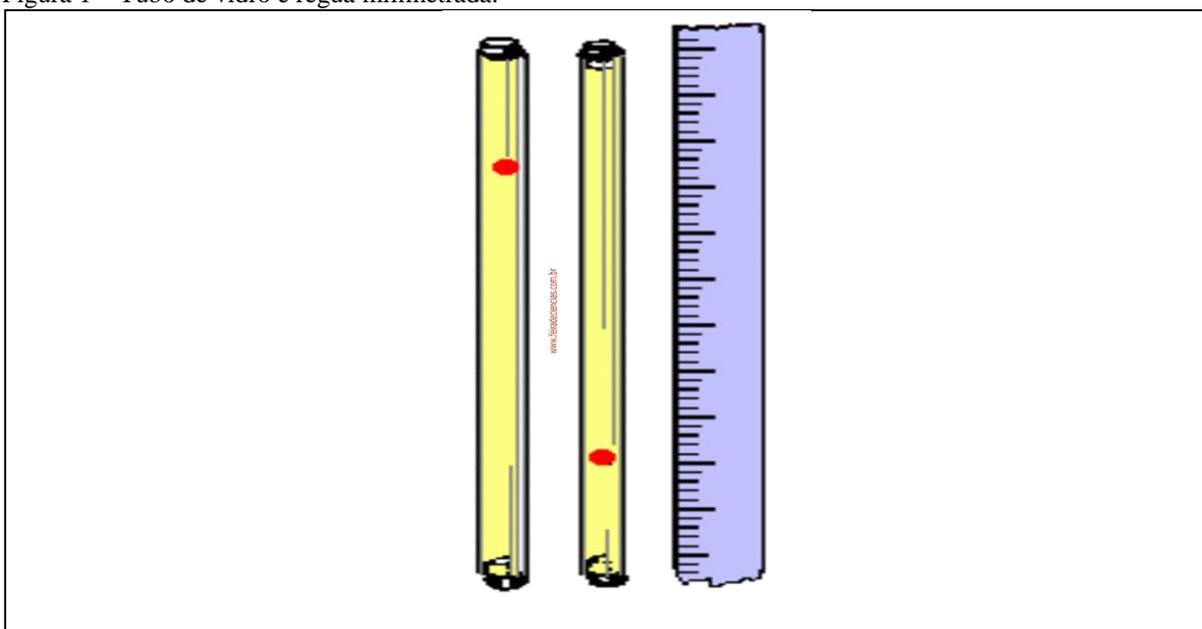
Na 4ª aula/momento foi realizada a prática experimental no laboratório de Ciências pelos grupos GE1, GE2, GE3 e GE4, com parte do material trazido pelos próprios alunos e professor.

Os alunos montaram e realizaram a experiência a partir do roteiro fornecido. O professor fez a devida mediação e orientação.

#### 1) Material utilizado:

- tubo de vidro
- régua
- bola de gude
- cronômetro(celular)
- óleo de cozinha.
- fita adesiva.

Figura 1 – Tubo de vidro e régua milimetrada.



Fonte: [www.feiradeciencias.com.br](http://www.feiradeciencias.com.br)

#### 2) Procedimentos:

Encher o tubo de vidro com óleo de cozinha e fixar uma régua ao tubo com a fita adesiva. Marcar as posições zero, 30 cm, 40 cm e 50 cm. Em seguida, colocar o tubo na posição vertical e abandonar a bola de gude com cuidado, velocidade inicial nula, na superfície do óleo, posição zero. Observar a bola de gude descer lentamente ao longo do tubo. Medir o tempo que a bola de gude leva para percorrer 30 cm. Repetir este procedimento cinco vezes e calcular o tempo médio de descida da bola. Fazer o mesmo para as distâncias

percorridas de 40 cm e 50 cm. Organizar os valores obtidos do intervalo de tempo médio ( $\Delta t$ ) e da respectiva distância percorrida ( $\Delta s$ ) em seu caderno.

Durante a experiência o professor levantou alguns questionamentos sobre o movimento da bola de gude no interior do tubo de vidro, por exemplo:

- q) se fosse usada água em vez do óleo, a bola de gude continuaria descendo lentamente? Justifique;
- r) o procedimento é repetido várias vezes. Justifique o procedimento adotado;
- s) a velocidade média encontrada para as distâncias 30 cm, 40 cm e 50 cm são, aproximadamente, iguais. Justifique;
- t) como se chama esse tipo de movimento?

Na 5ª aula/momento os grupos GE5, GE6, GE7 e GE8 assistiram, no laboratório de informática, a uma simulação de um experimento virtual em Física sobre movimento retilíneo uniforme no *site* “NOA” da UFPB. A simulação apresentava um gráfico deslocamento em função do tempo. O aluno escolhia o valor da velocidade e o quadro mostrava um caminhão em movimento com deslocamentos iguais em tempos iguais. Então, era construído, no monitor, um gráfico de uma reta crescente e inclinada conforme o valor da velocidade escolhida. Quanto maior era a velocidade, maior a inclinação da reta no gráfico. O professor mostrou que o valor da aceleração no simulador permanecia nulo.

Durante a simulação do experimento virtual, o professor fez algumas indagações aos alunos, por exemplo:

- u) o gráfico apresentado é uma reta e não uma curva. Justifique;
- v) a inclinação da reta aumenta com o aumento da velocidade. Justifique;
- w) se a aceleração fosse diferente de zero, como seria o gráfico?

A participação dos alunos, nesse momento da aula, foi bastante expressiva, dando respostas condizentes ao assunto estudado, tendo o professor corrigido os pequenos erros cometidos.

As aulas quatro e cinco da turma TE foram concomitantes devido à falta de espaço no laboratório de Ciências. Devido a esse problema, os grupos GE1, GE2, GE3 e GE4 que estavam no laboratório de Ciências foram para o laboratório de Informática e os grupos GE5, GE6, GE7 e GE8 que estavam no laboratório de Informática foram para o laboratório de Ciências.

As aulas quatro e cinco da turma controle (TC) foram ministradas na própria sala de aula, onde os assuntos foram trabalhados de forma tradicional, isto é, o professor expôs a matéria, escrita e oralmente, para todos os alunos, utilizando para isto, quadro branco e pincel.

Na 6ª aula/momento, após a observação, análise e interpretação dos dados obtidos pelas experimentações, real e virtual, os alunos da turma TE responderam ao questionário pós-experiência da unidade 2, mostrado no quadro 7.

Os alunos da turma TC não realizaram as experiências, mas responderam ao questionário pós-experiência, pois o assunto visto em sala de aula foi o mesmo da prática experimental, porém dado da forma tradicional, quadro branco e pincel, como já foi comentado antes.

Quadro 7 – Questionário pós-experiência da unidade 2.

Questionário pós-experiência
1) No movimento uniforme, o caminho percorrido pelo objeto é proporcional ao intervalo de tempo gasto para percorrê-lo?
( ) sim
( ) não
2) Se um motorista deseja medir o consumo de gasolina de seu carro, em qual dos conceitos ele deve se basear: deslocamento ou distância percorrida?
( ) deslocamento
( ) distância percorrida
3) Um homem caminha com velocidade $V_H=3,6\text{km/h}$ , uma ave com velocidade $V_A=30\text{m/min}$ e um inseto com $V_I=60\text{cm/s}$ . Qual o mais rápido?
( ) o homem
( ) a ave
( ) o inseto
4) Enquanto o professor escreve na lousa: o giz está em ___1___ em relação à lousa; a lousa está em ___2___ em relação ao chão; a lousa está em ___3___ em relação ao giz. Usando as palavras "repouso" e "movimento", marque a opção correta que preenche os números ( 1 ), ( 2 ) e ( 3 ), respectivamente.
( a ) repouso, movimento, repouso
( b ) movimento, repouso, repouso
( c ) movimento, repouso, movimento
( d ) repouso, movimento, movimento
5) Marque a opção em que existem somente exemplos de movimento uniforme que você observa no seu cotidiano.
( a ) escada rolante e ponteiros do relógio
( b ) pedra caindo e tartaruga caminhando
( c ) elevador descendo e foguete subindo

Fonte: O autor.

Em seguida ao questionário pós-experiência respondido, o professor trabalhou os conteúdos relacionados com as aulas anteriores procurando mostrar os conceitos e equações da Física envolvidos na experiência. Ele mostrou como foi a organização, a interpretação dos

dados, o uso de símbolos, unidades e a coerência entre a prática feita e as respostas dadas nos questionários.

A unidade 10 tem como assunto “Empuxo”, tendo como objetivos principais:

- a) conhecer a história de Arquimedes;
- b) conceituar e calcular a densidade de um corpo;
- c) diferenciar densidade de massa específica, bem como, conhecer as suas unidades principais;
- d) compreender o Princípio de Arquimedes e a força de empuxo;
- e) compreender o significado de peso aparente;
- f) conceituar e compreender o significado da grandeza pressão.

Na 1ª aula/momento a turma experimental (TE) foi dividida em seis grupos (GE1, GE2, GE3, GE4, GE5 e GE6) e a turma controle (TC), em sete grupos (GC1, GC2, GC3, GC4, GC5, GC6 e GC7). Cada grupo ficou com 4 alunos, com exceção aos grupos GE2, GE5, GC3 e GC6 que ficaram com três alunos cada.

O professor fez o sorteio da palavra-chave e cada grupo pesquisou no livro-texto sobre o assunto sorteado. As palavras-chave sorteadas foram:

- g) Arquimedes;
- h) densidade;
- i) massa específica;
- j) força de empuxo;
- k) flutuação dos corpos;
- l) pressão.

A pesquisa e elaboração da síntese da palavra-chave por cada grupo foi feita no intervalo de 45 minutos. Durante esse primeiro momento o professor orientou os grupos sobre como elaborar e apresentar as sínteses dos assuntos, corrigiu alguns erros cometidos e estimulou alguns alunos a participarem da pesquisa.

Na 2ª aula/momento cada grupo apresentou a síntese da pesquisa elaborada por meio de cartaz, *power-point* ou quadro-branco. Durante a apresentação de um grupo, em média cinco minutos, as outras equipes eram estimuladas, pelo professor, a participarem da apresentação através de perguntas e sugestões. As turmas, experimental e controle, foram trabalhadas em salas e horários distintos.

Os grupos GE1 e GC3 apresentaram a síntese sobre “Arquimedes” por meio de um cartaz que continha sua biografia e ilustração, relatando a história sobre a coroa de ouro do rei de Siracusa, Hierão.

Os grupos GE2 e GC5 pesquisaram sobre “densidade” e nas suas apresentações utilizaram um cartaz contendo os valores de algumas densidades, enfatizando a densidade da água líquida e suas unidades principais ( $\text{kg/l}$ ,  $\text{g/cm}^3$ ,  $\text{kg/m}^3$ ), também utilizaram o quadro-branco para conceituar densidade e apresentar sua expressão matemática.

Os grupos GE3, GC1 e GC4 apresentaram a síntese sobre “massa específica”, onde mostraram um cartaz com os valores de algumas massas específicas e a diferença entre massa específica e densidade nos sólidos. Relataram que os valores da massa específica e densidade dos líquidos e gases são iguais.

Os grupos GE4 e GC2 quarto grupo da turma TE pesquisaram e fizeram a síntese sobre “força de empuxo”. Usaram um cartaz, onde continha a descrição do princípio de Arquimedes e a definição de empuxo, utilizaram o quadro-branco para apresentar a expressão matemática do empuxo e chamaram a atenção sobre a relação entre empuxo e densidade do líquido.

Os grupos GE5 e GC7 apresentaram a síntese sobre “flutuação dos corpos” através de um *power-point*, onde mostraram o conceito de peso aparente, a relação de equilíbrio entre peso e empuxo e exemplos, como: o sobe e desce de um submarino, uma pessoa boiando no mar morto e a estabilidade de um barco.

Os grupos GE6 e GC6 apresentaram a síntese sobre “pressão” por meio de um cartaz, onde mostravam várias figuras, por exemplo: uma pessoa caminhando na areia da praia com sapato alto, um prego penetrando na madeira, entre outros. Os alunos conceituaram a grandeza pressão, mostraram as principais unidades e suas relações.

Na 3ª aula/momento os alunos das turmas TE e TC tiveram vinte e cinco minutos para responderem ao questionário pré-experiência, mostrado no quadro 8. Esse questionário de problematização inicial contém seis situações-problema que tem como objetivo avaliar a capacidade do aluno de reter e compreender os conhecimentos próprios e adquiridos nas aulas anteriores de pesquisa e apresentação das sínteses, além de permitir que o aluno sinta a necessidade de adquirir novos conhecimentos e rever os conhecimentos adquiridos anteriormente.

Quadro 8 – Questionário pré-experiência da unidade 10.

Questionário pré-experiência
1) Um copo contém 100 ml de água e outro, 100 ml de óleo. Os dois copos, idênticos, são pesados, separadamente, em uma balança digital. O peso, medido pela balança digital, do copo com água é maior, menor ou igual ao peso do copo com óleo?
( ) maior
( ) menor

## “Continua” - Questionário pré-experiência

igual

2) Duas esferas A e B, de raios iguais (volumes iguais), são compostas pela mesma substância ferro. A esfera A é maciça e a esfera B, oca.

a) A densidade da esfera A é maior, menor ou igual à densidade da esfera B?

maior

menor

igual

b) A massa específica da esfera A é maior, menor ou igual à massa específica da esfera B?

maior

menor

igual

3) Duas esferas A e B, de volumes iguais, estão totalmente mergulhadas em um recipiente com água. As esferas de ferro (A) e de isopor (B) são abandonadas e cada qual entra em movimento vertical ascendente ou descendente.

a) Qual o movimento da esfera de ferro (A)?

ascendente

descendente

b) Qual o movimento da esfera de isopor (B)?

ascendente

descendente

c) O peso da esfera de ferro (A) é maior, menor ou igual ao peso da esfera de isopor(B)?

maior

menor

igual

d) O empuxo sobre a esfera de ferro (A) é maior, menor ou igual ao empuxo sobre a esfera de isopor (B)?

maior

menor

igual

4) A densidade da água do mar é de  $1,03 \text{ g/cm}^3$  e a da água de uma piscina,  $1,00 \text{ g/cm}^3$ . É mais fácil boiar na água do mar ou na água da piscina?

água do mar

água da piscina

5) Um navio, ao passar do mar em que navegava para um rio de água doce, cuja densidade é menor do que a da água salgada, faz com que o volume de líquido por ele (navio) deslocado seja: maior, menor ou igual?

maior

menor

igual

6) Um objeto de alumínio pesa  $5,0 \text{ N}$  no ar.

a) Ao ser imerso em um recipiente com água, esse objeto tem peso aparente maior, menor ou igual a  $5,0 \text{ N}$ .

maior

menor

“Continuação” - Questionário pré-experiência

igual

b) Supondo  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , a massa desse objeto é maior, menor ou igual a 0,5 kg (500 g)?

maior

menor

igual

Fonte: O autor.

Após a entrega do questionário respondido, houve um debate/discussão entre o professor e os grupos sobre as respostas dadas e suas justificativas. O professor escolheu, aleatoriamente, um questionário respondido de um aluno, sem citar o nome, comentou e analisou os seus acertos e erros. O professor fez alguns questionamentos sobre erros cometidos, por exemplo:

- m) a confusão que os alunos fazem entre massa, volume e densidade;
- n) considerar massa e peso como grandezas iguais;
- o) a dificuldade de entender a relação entre empuxo e densidade do líquido e não do objeto;
- p) a pouca compreensão do conceito de massa específica e densidade, bem como suas igualdades e diferenças.

Na 4ª aula/momento da turma TE foi realizada a experiência no laboratório de Ciências com parte do material trazido pelos próprios alunos. Os grupos montaram a prática experimental lendo o procedimento experimental sob a orientação do professor.

1) Material utilizado:

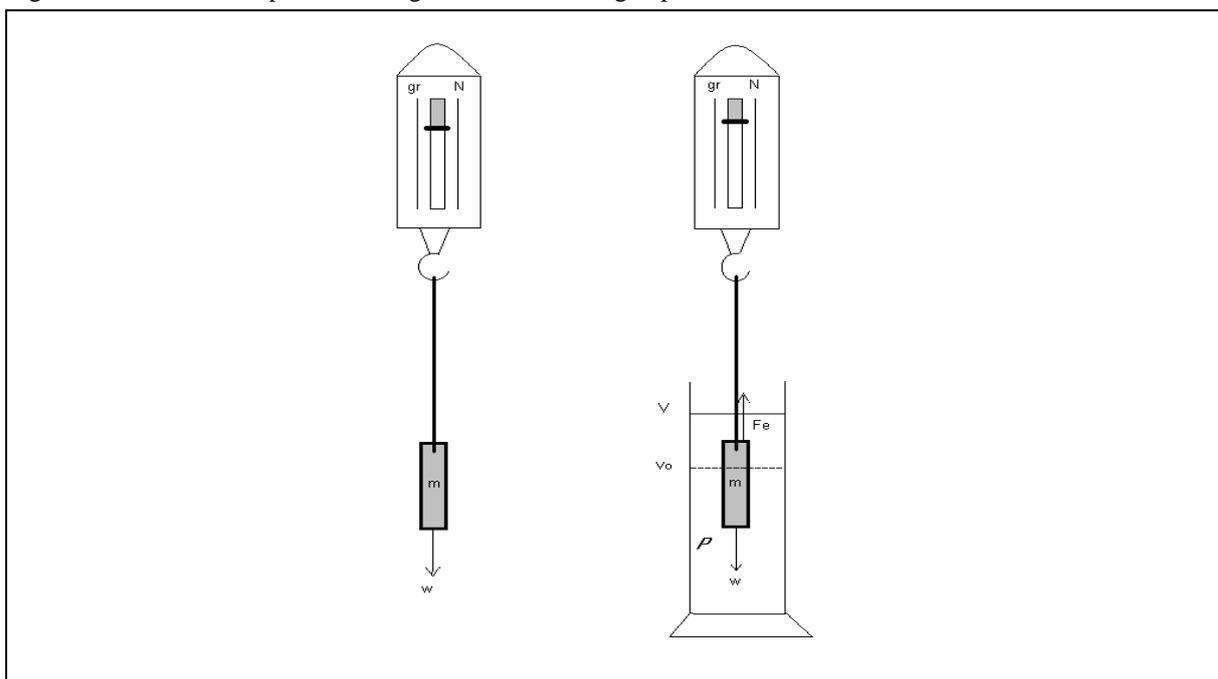
- recipiente (balde) de 15 litros
- dinamômetro
- garrafa pet de 500 ml
- fio de náilon ou algodão
- óleo de cozinha
- sal
- folha de papel alumínio

2) Procedimentos:

Primeiramente, colocar água no balde até a marca aproximada de 10 litros. Logo após, encher uma garrafa pet de 500 ml com água salgada e outra com óleo, colocando-as, separadamente, no balde com água. Observar e anotar o que acontece. Em seguida, colocar a

folha de alumínio aberta no recipiente com água. Amassar a folha de alumínio até ficar como se fosse uma bola de gude e a colocar novamente no recipiente com água. Observar o que acontece e comparar os resultados. Utilizar um fio de algodão para amarrar a garrafa pet com óleo pela boca. Pendurá-la pelo dinamômetro e anotar o seu peso no ar. Em seguida, mergulhar a garrafa pet com óleo no recipiente com água e anotar o seu peso medido pelo dinamômetro. Comparar os resultados e calcular o empuxo sofrido pela garrafa. Repetir esse procedimento usando a garrafa pet com água salgada. Comparar os resultados e fazer uma análise das suas observações.

Figura 2 – A medida do peso de uma garrafa no ar e na água por um dinamômetro.



Fonte: [www.rincondelvago.com](http://www.rincondelvago.com)

Durante a prática experimental o professor apresentou várias indagações aos alunos, por exemplo:

- q) a garrafa com água salgada afundou e a garrafa com óleo boiou. Justifique, usando argumentos físicos;
- r) as massas da folha de alumínio aberta e em forma de bola são iguais ou diferentes? por que uma afunda e a outra não? Justifique;
- s) o que aconteceu com o peso da garrafa quando foi colocada no recipiente com água? Justifique o porque ocorreu isso;
- t) o peso aparente é menor, maior ou igual ao peso real do objeto? Justifique com argumentos físicos;
- u) qual a direção e o sentido da força de empuxo?

A partir desses questionamentos, o professor comentou os erros e acertos dos alunos, chamou a atenção sobre a importância da força de “empuxo” e suas aplicações no nosso dia a dia.

Na 5ª aula/momento os grupos da turma TE foram para o laboratório de informática onde assistiram a um experimento virtual em Física sobre densidade e empuxo no *site* do PhET. Esse experimento virtual apresentou um painel onde o aluno podia selecionar o material (gelo, alumínio, madeira) e os valores de sua massa, volume e densidade. No centro deste painel tinha um recipiente com a marca de 100 litros de água. O aluno selecionava o material, por exemplo, gelo, que desejava colocar no recipiente com água e o painel mostrava qual era o deslocamento de água no recipiente, se o gelo afundava ou boiava, o seu volume imerso e emerso. Repetia-se essa operação para os outros materiais.

O aluno comparava o que acontecia quando quatro blocos de mesmas massas e volumes diferentes eram colocados no recipiente com água ou quando quatro blocos de mesmos volumes e massas diferentes eram colocados neste recipiente. Por fim, o aluno comparava quando quatro blocos de mesmas densidades com massas e volumes diferentes eram colocados no mesmo recipiente com água. O experimento, ainda, apresentou cinco blocos A, B, C, D e E com suas respectivas massas para que o aluno identificasse quais os blocos que afundavam ou flutuavam na água.

O professor durante a simulação do experimento virtual fez algumas afirmações/questionamentos para os alunos, por exemplo:

- v) objetos como a madeira e o gelo flutuam na água. Depende do tamanho da madeira e do gelo? Justifique essa afirmação;
- w) como se chama a razão entre massa e volume de um objeto? Dê sua fórmula matemática;
- x) o que significa a diferença entre o volume inicial da água e o volume final da água com o bloco de gelo boiando? Justifique;
- y) o bloco de alumínio afundou na água. Justifique;
- z) a parte imersa do bloco de gelo tem volume menor que a parte imersa do bloco de madeira. Justifique essa afirmação.

A partir dessas indagações, o professor comentou os erros e acertos dos alunos, chamou a atenção sobre a importância da grandeza chamada “densidade” e suas aplicações no nosso dia a dia.

Os alunos da turma TC tiveram as aulas quatro e cinco na própria sala de aula, onde o professor abordou o mesmo assunto das práticas experimentais, real e virtual, da turma

TE, porém utilizando a pedagogia tradicional, isto é, quadro branco e linguagem oral para transmitir a matéria proposta.

Na 6ª aula/momento, após a observação, análise e interpretação dos dados obtidos pelas experimentações nos laboratórios de Ciências e Informática, os alunos da turma TE responderam ao questionário pós-experiência, conforme o quadro 9, elaborado pelo professor com a finalidade de conhecer o que os alunos aprenderam, quais as suas dificuldades e sanar as deficiências encontradas.

Os alunos da turma TC também responderam ao questionário pós-experiência apesar deles não terem realizado as experiências. Entretanto, os assuntos das experiências, real e virtual, foram trabalhados em sala de aula, mas de forma tradicional, como já foi relatado anteriormente.

Quadro 9– Questionário pós-experiência da unidade 10.

Questionário pós-experiência
1) Em um recipiente com água são colocados objetos de diferentes densidades, por exemplo: lata com refrigerante normal, lata com refrigerante <i>diet</i> , ovo cru, ovo cozido e cortiça. Assinale com a letra “A” aquele objeto que afunda e com a letra “F” aquele que flutua.
<input type="checkbox"/> lata com refrigerante normal
<input type="checkbox"/> lata com refrigerante <i>diet</i>
<input type="checkbox"/> ovo cru
<input type="checkbox"/> ovo cozido
<input type="checkbox"/> cortiça
2) Uma folha de alumínio aberta flutua na água e esta mesma folha em forma de esfera maciça afunda na água. Sabendo-se que a esfera maciça de alumínio afunda na água porque o empuxo sobre ela diminui. Assinale V para as sentenças verdadeiras e F para as falsas.
<input type="checkbox"/> o peso da esfera maciça é maior que o peso da folha aberta.
<input type="checkbox"/> a massa específica da folha de alumínio aberta é menor que a da esfera maciça.
<input type="checkbox"/> o volume da esfera maciça é menor que o da folha aberta.
3) Em um primeiro momento, uma esfera maciça, suspensa no ar por um fio, equilibra um copinho que tem uma certa quantidade de areia, suspenso por um fio, que está no outro prato de uma balança de braços iguais. Em um segundo momento, a mesma esfera maciça é imersa na água e a balança de braços iguais continua em equilíbrio. No segundo momento, a quantidade de areia do copinho é maior, menor ou a mesma do primeiro momento?
<input type="checkbox"/> maior
<input type="checkbox"/> menor
<input type="checkbox"/> igual
4) Duas esferas maciças A e B, de mesmos volumes (mesmos raios), estão em equilíbrio (repouso) e imersas num recipiente com água. As esferas estão sendo seguradas por uma pessoa dentro d’água. Em seguida, as duas esferas são soltas. A esfera A sobe e passa a flutuar, com metade de seu volume fora d’água e a esfera B, também sobe e passa a flutuar com um terço de seu volume fora d’água.

“Continua” – Questionário pós-experiência da unidade 10.

a) O empuxo sobre a esfera A é maior, menor ou igual ao empuxo sobre a esfera B?

maior

menor

igual

b) A densidade da esfera A é maior, menor ou igual à densidade da esfera B?

maior

menor

igual

5) Uma esfera de alumínio ocupa um volume de  $300 \text{ cm}^3$  e possui massa de 200 g. Essa esfera, ao ser colocada em um recipiente com água, cuja densidade é  $1,0 \text{ g/cm}^3$ , flutua ou afunda?

flutua

afunda

6) Uma moeda está suspensa no ar por um dinamômetro que marca 2,0 N. Quando a moeda está inteiramente imersa na água, o dinamômetro marca 1,5 N. O empuxo que a água exerce sobre a moeda é igual a:

3,5 N

1,5 N

0,5 N

Fonte: O autor.

Os alunos tiveram 28 minutos para responder o questionário pós-experiência. Em seguida, o professor comentou as respostas dadas por um aluno, escolhido aleatoriamente e sem identificá-lo, relacionando os conteúdos trabalhados nas aulas anteriores com os conceitos, princípios e equações da Física envolvidos na experiência. O professor mostrou para os alunos a importância do uso correto de símbolos e unidades, bem como a relação entre os experimentos realizados e sua utilização na vida cotidiana de todas as pessoas.

No próximo capítulo são apresentados os resultados dos questionários pré e pós-experiência das unidades 2 e 10 respondidos pelos alunos das turmas, experimental e controle, do 1º ano do Ensino Médio no turno da noite. Também, é apresentado um questionário de avaliação respondido pelos alunos e outro, por professores de Física de escolas públicas.

## 4 RESULTADOS

As atividades foram realizadas em duas turmas de 1º Ano do Ensino Médio, a turma controle, denominada TC e turma experimental, TE. As unidades explanadas para as duas turmas foram as mesmas, porém na turma TE foram feitas as atividades experimentais nos laboratórios de ciências e informática, o que não foi feito na turma TC. As duas turmas responderam aos mesmos questionários pré e pós-experiência.

A unidade 2, que trata de movimento retilíneo e uniforme, foi trabalhada em seis aulas/momentos de 45 minutos no decorrer do 1º bimestre do ano letivo de 2011. Vinte e oito alunos da turma TC responderam ao questionário pré-experiência e 34 alunos da turma experimental TE responderam ao mesmo questionário. O questionário pós-experiência da unidade 2 foi respondido por 31 alunos da turma TC e por 30 alunos da turma TE.

Observou-se que a presença dos alunos não foi constante, apesar das duas turmas terem cerca de 40 alunos matriculados no primeiro bimestre. No entanto, cada, em média, frequentaram apenas 30 alunos por turma, o que corresponde a uma evasão de 25%. Devido a esta dificuldade muitas vezes teve-se um resultado não condizente com aquilo que se esperava, pois alguns alunos assistiam a aula 1 e não assistiam as aulas 2 e 3, respondiam ao questionário pré-experiência e não respondiam ao questionário pós-experiência e vice-versa.

A questão 1 do questionário pré-experiência da unidade 2 explorava o seguinte: Um passageiro pergunta ao motorista do ônibus: que terminal vem aí? O motorista responde: Não é o terminal que vem. É o ônibus que vai. O terminal está em repouso. O motorista está certo ou errado? Justifique. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 1.

Tabela 1 – Respostas à questão 1 do questionário pré-experiência da unidade 2.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Certo	16	57,14 %	20	58,82 %
Errado	12	42,86 %	14	41,18 %

Fonte: Questionário pré-experiência da unidade 2

Dezesseis alunos da turma TC (57,14%) e vinte alunos da turma TE responderam que o motorista estava certo em afirmar que o terminal está em repouso e o ônibus, em movimento, esquecendo, assim, que movimento e repouso dependem do referencial adotado. Alguns alunos justificaram que o terminal está em repouso em relação à Terra e também em relação ao ônibus e que o ônibus está em movimento em relação à Terra e em relação ao terminal.

Doze alunos da turma TC (42,86%) e quatorze alunos da turma TE (41,18%) justificaram corretamente ao relatarem que o ônibus está em movimento em relação ao terminal e este, em movimento em relação ao ônibus.

A questão 2 do questionário pré-experiência da unidade 2 explorava o seguinte: Um estudante está no km 10 de uma BR. Isto significa que ele andou 10 km? Justifique. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 2.

Tabela 2 – Respostas à questão 2 do questionário pré-experiência da unidade 2.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Sim	4	14,3 %	7	20,6 %
Não	24	85,7 %	27	79,4 %

Fonte: Questionário pré-experiência da unidade 2

Através das respostas assinaladas e das justificativas dadas percebe-se que vinte e quatro alunos da turma TC (85,7%) e vinte e sete alunos da turma TE (79,4%) compreenderam a diferença entre posição e espaço percorrido, pois muitos justificaram que o estudante estando no km 10 da BR não significava que ele tinha necessariamente caminhado 10 km, mas que poderia residir naquele local. Entretanto, quatro alunos da turma TC (14,3%) e sete alunos da turma TE (20,6%) não conseguiram diferenciar posição de espaço percorrido.

A questão 3 do questionário pré-experiência da unidade 2 explorava o seguinte: Um automóvel tem velocidade média igual a 80 km/h. Isto significa que o automóvel está o tempo todo com a velocidade de 80 km/h? Justifique. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 3.

Tabela 3 – Respostas à questão 3 do questionário pré-experiência da unidade 2.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Sim	3	10,7 %	2	5,9 %
Não	25	89,3 %	32	94,1 %

Fonte: Questionário pré-experiência da unidade 2

Vinte e cinco alunos da turma TC (89,3%) e trinta e dois alunos da turma TE (94,1%) responderam corretamente, isto é, o automóvel com velocidade média de 80 km/h não significa necessariamente que ele está o tempo todo a esta velocidade, mas que gastou 1 h para percorrer 80 km, independente das várias velocidades desenvolvidas durante o percurso e das paradas que por ventura tenham acontecidas.

A questão 4 do questionário pré-experiência da unidade 2 explorava o seguinte: Um ônibus intermunicipal sai de Fortaleza (km zero), vai até Pacajus (km 50) e volta para Horizonte (km 40). Qual a distância percorrida e o deslocamento feito pelo ônibus nesse trajeto? A resposta para esta questão é mostrada na tabela 4.

Tabela 4 – Respostas à questão 4 do questionário pré-experiência da unidade 2.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Distância percorrida	18 – 60 km	64,3 %	25 – 60 km	73,5 %
	7 – 50 km	25,0 %	4 – 50 km	11,8 %
	3 – 40 km	10,7 %	5 – 40 km	14,7%
Deslocamento	15 – 60 km	53,6 %	15 – 60 km	44,1 %
	13 – 40 km	46,4 %	1 – 50 km	2,9 %
			18 – 40 km	53,0 %

Fonte: Questionário pré-experiência da unidade 2.

Dezoito alunos da turma TC (64,3%) e vinte e cinco alunos da turma TE (73,5%) acertaram a resposta sobre a distância percorrida pelo ônibus no trajeto entre Fortaleza, Pacajus e Horizonte, isto é, responderam que o ônibus percorreu a distância de 60 km. Quinze alunos da turma TC (53,6%) e quinze alunos da turma TE (44,1%) erraram a resposta sobre o deslocamento do ônibus no trajeto entre Fortaleza, Pacajus e Horizonte. Isso demonstra que uma boa parte dos alunos das duas turmas não compreenderam a diferença entre deslocamento e distância percorrida quando um automóvel muda de sentido.

A questão 5 do questionário pré-experiência da unidade 2 explorava o seguinte: Um atleta olímpico desenvolve a velocidade média de 10 m/s. Isto significa que ele percorre, em média, 10 metros em apenas 1 segundo. Isto é possível? A resposta para esta questão é mostrada na tabela 5.

Tabela 5 – Respostas à questão 5 do questionário pré-experiência da unidade 2.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Sim	10	35,7 %	13	38,2 %
Não	18	64,3 %	21	61,8 %

Fonte: Questionário pré-experiência da unidade 2.

Dezoito alunos da turma TC (64,3%) e vinte e um alunos da turma TE (61,8%) responderam não ser possível uma pessoa percorrer 10 metros em apenas 1 segundo, portanto erraram a resposta. Foi questionado com eles o por que dessa resposta e alguns responderam

que isso era só teoria, na prática não acontecia. Ao final do questionamento foi pedido para que eles pesquisassem em livros ou na Internet, sobre o tempo que o recordista mundial dos 100 metros rasos, o jamaicano Osain Bolt, fez nas últimas olimpíadas e calculassem a velocidade média dele. Na aula seguinte alguns alunos trouxeram a pesquisa feita sobre a velocidade média desenvolvida pelo Osain Bolt e o professor aproveitou para discutir mais sobre o assunto.

A questão 1 do questionário pós-experiência da unidade 2 explorava o seguinte: No movimento uniforme, o caminho percorrido pelo objeto é proporcional ao intervalo de tempo gasto para percorrê-lo? A resposta para esta questão é mostrada na tabela 6.

Tabela 6 – Respostas à questão 1 do questionário pós-experiência da unidade 2.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Sim	26	83,9 %	28	93,3 %
Não	5	16,1 %	2	6,7 %

Fonte: Questionário pós-experiência da unidade 2.

Observa-se que vinte e seis alunos da turma TC (83,9%) e vinte e oito alunos da turma TE (93,3%) compreenderam o conceito de movimento uniforme, respondendo corretamente que o caminho percorrido é proporcional ao intervalo de tempo gasto para percorrê-lo.

Apenas cinco alunos da turma TC (16,1%) e dois alunos da turma TE (6,7%) não entenderam o que é um movimento uniforme, pois responderam de forma incorreta a referida questão. Conversando com alguns alunos que responderam de forma incorreta, eles disseram que não sabiam o que significava o termo proporcional e por isto responderam de forma errada.

A questão 2 do questionário pós-experiência da unidade 2 explorava o seguinte: Se um motorista deseja medir o consumo de gasolina de seu carro, em qual dos conceitos ele deve se basear: deslocamento ou distância percorrida? Justifique. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 7.

Tabela 7 – Respostas à questão 2 do questionário pós-experiência da unidade 2.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Distância	23	74,2 %	26	86,7 %
Deslocamento	8	25,8 %	4	13,3 %

Fonte: Questionário pós-experiência da unidade 2.

Ainda persiste a confusão que alguns alunos fazem em relação aos conceitos de deslocamento e distância percorrida, pois oito alunos da turma TC (25,8%) e quatro alunos da turma TE (13,3%) responderam de forma incorreta que para medir o consumo de gasolina de um automóvel é necessário se basear no conceito de deslocamento.

Vinte e três alunos da turma TC (74,2%) e vinte e seis alunos da turma TE (86,7%) acertaram a resposta, isto é, responderam que a distância percorrida era o conceito correto para se medir o consumo de gasolina de um carro, portanto deduz-se que estes alunos compreenderam a diferença existente entre deslocamento e distância percorrida. É bom lembrar que os conceitos de deslocamento e distância percorrida foram bastante discutidos anteriormente. Também, vale salientar que distância percorrida e deslocamento podem ter valores iguais, quando por exemplo, o percurso for feito na mesma direção e mesmo sentido. Isto pode ter atrapalhado um pouco a resposta dos alunos.

A questão 3 do questionário pós-experiência da unidade 2 explorava o seguinte: Um homem caminha com velocidade  $V_H=3,6$  km/h, uma ave com velocidade  $V_A=30$ m/min e um inseto com  $V_I=60$ cm/s. Qual o mais rápido? A resposta para esta questão é mostrada na tabela 8.

Tabela 8 – Respostas à questão 3 do questionário pós-experiência da unidade 2.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
O homem	9	29 %	16	53,3 %
A ave	11	35,5 %	9	30 %
O inseto	11	35,5 %	5	16,7 %

Fonte: Questionário pós-experiência da unidade 2.

Observa-se que apenas nove alunos da turma TC (29%) e dezesseis alunos da turma TE (53,3%) responderam corretamente que o homem era o mais rápido. Deduz-se, portanto, que eles compreenderam que as velocidades estavam em unidades diferentes e precisavam ser colocadas em uma só unidade para que se pudessem fazer a comparação adequadamente. A turma TC não observou a diferença entre as unidades e cerca de 71% de seus alunos responderam de forma incorreta a questão proposta.

A questão 4 do questionário pós-experiência da unidade 2 explorava o seguinte: Enquanto o professor escreve na lousa: o giz está em \_\_1\_\_ em relação à lousa; a lousa está em \_\_2\_\_ em relação ao chão; a lousa está em \_\_3\_\_ em relação ao giz. Usando as palavras “repouso” e “movimento”, marque a opção correta que preenche os números ( 1 ), ( 2 ) e ( 3 ), respectivamente. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 9.

Tabela 9 – Respostas à questão 4 do questionário pós-experiência da unidade 2.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
( a )	1	3,2 %	0	0 %
( b )	12	38,7 %	5	16,7 %
( c )	16	51,6 %	24	80 %
( d )	2	6,5 %	1	3,3 %

Fonte: Questionário pós-experiência da unidade 2.

Dezesseis alunos da turma TC (51,6%) e vinte e quatro alunos da turma TE (80%) acertaram a resposta marcando o item “c”, isto é, as palavras que preenchiam corretamente as lacunas 1, 2 e 3 eram, respectivamente, movimento, repouso e movimento. Nenhum aluno da turma TE (0,0%) assinalou o item “a” que tinha como resposta: repouso, movimento e repouso. Apenas um aluno da turma TC (3,2%) assinalou esse item.

Doze alunos da turma TC (38,7%) e vinte e quatro alunos da turma TE (16,7%) ainda não compreenderam que se um corpo A está em movimento em relação a um corpo B, então o corpo B está em movimento em relação ao corpo A, por isto responderam que a opção “b” que tinha como resposta: movimento, repouso e repouso, era a opção correta e erraram a questão. Dois alunos da turma TC (6,5%) e um aluno da turma TE (3,3%) marcaram o item “d” como resposta que tinha como palavras que preenchiam as lacunas: repouso, movimento e movimento. Portanto, não compreenderam que movimento e repouso dependem do referencial adotado.

A questão 5 do questionário pós-experiência da unidade 2 explorava o seguinte: Marque a opção em que existem somente exemplos de movimento uniforme que você observa no seu cotidiano. Justifique. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 10.

Tabela 10 – Respostas à questão 5 do questionário pós-experiência da unidade 2.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
( a )	25	80,6 %	26	86,7 %
( b )	4	12,9 %	3	10 %
( c )	2	6,5 %	1	3,3 %

Fonte: Questionário pós-experiência da unidade 2.

Vinte e cinco alunos da turma TC (80,6%) e vinte e seis alunos da turma TE (86,7%) assinalaram o item “a” como correto e acertaram a resposta, isto é, disseram que a

escada rolante e os ponteiros de um relógio são exemplos de movimento uniforme, pois tanto a escada como os ponteiros do relógio possuem velocidade constante em módulo. Alguns alunos responderam que somente imaginaram relógios digitais, sem ponteiros.

Quatro alunos da turma TC (12,9%) e três alunos da turma TE (10%) assinalaram o item “b” como correto e erraram a resposta, isto é, disseram que uma pedra caindo e uma tartaruga caminhando são exemplos de movimento uniforme. Alguns alunos afirmaram que a tartaruga caminha com velocidade, aproximadamente, constante.

Dois alunos da turma TC (6,5%) e um aluno da turma TE (3,3%) assinalaram o item “c” como correto e erraram a resposta, isto é, disseram que o elevador descendo e o foguete subindo são exemplos de movimento uniforme. Alguns alunos justificaram que se o elevador for do 1º andar ao 10º andar sem parar, durante este trajeto a sua velocidade é constante. O elevador acelera somente ao sair do 1º andar, pois estava em repouso, e desacelera ao chegar no 10º andar, onde para.

A unidade 10 foi trabalhada em seis aulas de 45 minutos no decorrer do 4º bimestre do ano letivo de 2011. Vinte e seis alunos da turma TC responderam aos questionários pré e pós-experiência e vinte e dois alunos da turma TE responderam aos mesmos questionários.

A pesquisa foi feita apenas com os alunos que frequentavam as aulas regularmente. Como foi relatado antes, durante o último bimestre, as turmas TE e TC tinham sessenta e sessenta e dois alunos matriculados, respectivamente, mas apenas, em torno de um terço destes alunos frequentavam as aulas de forma regular. Os outros alunos evadiram ou frequentavam as aulas esporadicamente, por exemplo, participavam das aulas/momentos 1 e 2, mas não participavam das aulas/momentos 3 e 4 e vice-versa. Estes alunos não foram computados para efeito da pesquisa.

Os resultados dos questionários pré e pós-experiência da unidade 10 que foram respondidos pelos alunos das turmas, experimental e controle, são mostrados nas tabelas 11 a 22 abaixo.

A questão 1 do questionário pré-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: Um copo contém 100 ml de água e outro, 100 ml de óleo. Os dois copos idênticos, são pesados, separadamente, em uma balança digital. O peso, medido pela balança digital, do copo com água é maior, menor ou igual ao peso do copo com óleo? Justifique. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 11.

Tabela 11 – Respostas à questão 1 do questionário pré-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Maior	4	15,4 %	6	27,3 %
Menor	0	0 %	3	13,6 %
Igual	22	84,6 %	13	59,1 %

Fonte: Questionário pré-experiência da unidade 10.

Apenas quatro alunos da turma TC (15,4%) e seis alunos da turma TE (27,3%) responderam corretamente à questão 1. Vinte e dois alunos da turma TC (84,6%) e dezesseis alunos da TE (72,7%) responderam de forma incorreta a referida questão. O que se observou foi que os alunos confundiram massa, peso na linguagem popular, com volume e esqueceram da grandeza chamada densidade. Podem, também terem associado viscosidade com densidade.

A questão 2 do questionário pré-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: Duas esferas A e B, de raios iguais (volumes iguais), são compostas pela mesma substância ferro. A esfera A é maciça e a esfera B, oca. a) A densidade da esfera A é maior, menor ou igual à densidade da esfera B? b) A massa específica da esfera A é maior, menor ou igual à massa específica da esfera B? A resposta para esta questão é mostrada na tabela 12.

Tabela 12 – Respostas à questão 2 do questionário pré-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Maior (a)	25	96,2 %	12	54,6 %
Menor (a)	0	0 %	9	40,9 %
Igual (a)	1	3,8 %	1	4,5 %
Maior (b)	14	53,8 %	15	68,2 %
Menor (b)	6	23,1 %	4	18,2 %
Igual (b)	6	23,1 %	3	13,6 %

Fonte: Questionário pré-experiência da unidade 10.

Vinte e cinco alunos da turma TC (96,2%) e doze alunos da turma TE (54,6%) responderam corretamente que a densidade da esfera A, maciça, era maior que a densidade da esfera B, oca.

Nenhum aluno da turma TC (0,0%) e nove alunos da turma TE (40,9%) responderam de forma incorreta que a densidade da esfera A era menor que a densidade da esfera B, isto é, não compreenderam a definição de densidade de um corpo. Apenas um aluno

em cada turma, TC (3,8%) e TE (4,5%) respondeu de forma, também incorreta, que as densidades das esferas A e B eram iguais.

Seis alunos da turma TC (23,1%) e três alunos da turma TE (13,6%) responderam corretamente que as massas específicas das esferas A e B eram iguais. Quatorze alunos da turma TC (53,8%) e 15 alunos da turma TE (68,2%) responderam que a massa específica da esfera A era maior que a da esfera B, portanto erraram o item “b”. Seis alunos da turma TC (23,1%) e quatro alunos da turma TE (13,6%) assinalaram de forma incorreta que a massa específica da esfera A era menor que a da esfera B.

Observa-se que os alunos das duas turmas têm grande dificuldade em compreender o conceito de massa específica de uma substância.

A questão 3 do questionário pré-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: Duas esferas A e B, de volumes iguais, estão totalmente mergulhadas em um recipiente com água. As esferas de ferro (A) e de isopor (B) são abandonadas e cada qual entra em movimento vertical ascendente ou descendente. a) Qual o movimento da esfera de ferro (A)? b) Qual o movimento da esfera de isopor (B)? c) O peso da esfera de ferro (A) é maior, menor ou igual ao peso da esfera de isopor (B)? d) O empuxo sobre a esfera de ferro (A) é maior, menor ou igual ao empuxo sobre a esfera de isopor (B)? A resposta para esta questão é mostrada na tabela 13.

Tabela 13 – Respostas à questão 3 do questionário pré-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Ascendente (a)	5	19,2 %	9	40,9 %
Descendente (a)	21	80,8 %	13	59,1 %
Ascendente (b)	21	80,8 %	13	59,1 %
Descendente (b)	5	19,2 %	9	40,9 %
Maior (c)	26	100 %	15	68,2 %
Menor (c)	0	0 %	3	13,6 %
Igual (c)	0	0 %	4	18,2 %
Maior (d)	9	34,6 %	10	45,5 %
Menor (d)	16	61,6 %	12	54,5 %
Igual (d)	1	3,8 %	0	0,0 %

Fonte: Questionário pré-experiência da unidade 10.

Vinte e um alunos da turma TC (80,8%) e treze alunos da turma TE (59,1%) responderam corretamente que a esfera de ferro teria um movimento descendente ao ser abandonada. A mesma porcentagem, turma TC (80,8%) e turma TE (59,1%) responderam corretamente que a esfera de isopor teria um movimento ascendente.

Todos os alunos, vinte e seis, da turma TC (100%) e quinze alunos da turma TE (68,2%) responderam corretamente que o peso da esfera de ferro era maior que o peso da esfera de isopor. Três alunos da turma TE (13,6%) disseram que o peso da esfera de ferro era menor que o peso da esfera de isopor e quatro alunos desta turma (18,2%) disseram que os pesos das duas esferas eram iguais.

Apenas um aluno da turma TC (3,8%) respondeu corretamente que os empuxos sobre as esferas de ferro e de isopor eram iguais. Nenhum aluno da turma TE (0,0%) respondeu corretamente o item “d” da referida questão.

Observa-se que a grande maioria dos alunos das duas turmas não compreenderam o conceito da força de empuxo, pois o empuxo não depende da densidade do corpo, mas da densidade do líquido em que o corpo está imerso. Depende, também, do volume do corpo imerso no líquido. Os alunos não observaram que os volumes eram iguais.

A questão 4 do questionário pré-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: A densidade da água do mar é de  $1,03 \text{ g/cm}^3$  e a da água de uma piscina,  $1,00 \text{ g/cm}^3$ . É mais fácil boiar na água do mar ou na água da piscina? A resposta para esta questão é mostrada na tabela 14.

Tabela 14 – Respostas à questão 4 do questionário pré-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Mar	17	65,4 %	16	72,7 %
Piscina	9	34,6 %	6	27,3 %

Fonte: Questionário pré-experiência da unidade 10.

Dezessete alunos da turma TC (65,4%) e dezesseis alunos da turma TE (72,7%) responderam corretamente que é mais fácil boiar na água do mar que na água de uma piscina, pois a densidade da água do mar é maior que a densidade da água de uma piscina.

Nove alunos da turma TC (34,6%) e seis alunos da turma TE (27,3%), responderam de forma incorreta que é mais fácil boiar na água da piscina que na água do mar.

A questão 5 do questionário pré-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: Um navio, ao passar do mar em que navegava para um rio de água doce, cuja densidade é

menor que da água salgada, faz com que o volume de líquido por ele (navio) deslocado seja maior, menor ou igual? Justifique. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 15.

Tabela 15 – Respostas à questão 5 do questionário pré-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Maior	10	38,5 %	10	45,4 %
Menor	4	15,4 %	6	27,3 %
Igual	12	46,1 %	6	27,3 %

Fonte: Questionário pré-experiência da unidade 10.

Dez alunos da turma TC (38,5%) e dez alunos da turma TE (45,4%) responderam corretamente que o volume deslocado seria maior na água doce que na água salgada, pois a densidade da água doce é menor que a densidade da água salgada. Quatro alunos da turma TC (15,4%) e seis alunos da turma TE (27,3%) responderam, de forma incorreta, que o volume deslocado seria menor na água doce. Doze alunos da turma TC (46,1%) e seis alunos da turma TE (27,3%) responderam de forma incorreta que os volumes deslocados seriam iguais.

Observa-se que os alunos das duas turmas ao responderem que os volumes seriam iguais, não compreenderam que se os líquidos têm densidades diferentes, então o corpo que está imerso neste líquido tem volumes deslocados diferentes.

A questão 6 do questionário pré-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: Um objeto de alumínio pesa 5,0 N no ar. a) Ao ser imerso em um recipiente com água, esse objeto tem peso maior, menor ou igual a 5,0 N? b) Supondo  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , a massa desse objeto é maior, menor ou igual a 0,5 kg (500 g)? A resposta para esta questão é mostrada na tabela 16.

Tabela 16 – Respostas à questão 6 do questionário pré-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Maior (a)	7	26,9 %	3	13,6 %
Menor (a)	4	15,4 %	3	13,6 %
Igual (a)	15	57,7 %	16	72,8 %
Maior (b)	10	38,5 %	12	54,5 %
Menor (b)	4	15,4 %	4	18,2 %
Igual (b)	12	46,1 %	6	27,3 %

Fonte: Questionário pré-experiência da unidade 10.

Apenas quatro alunos da turma TC (15,4%) e três alunos da turma TE (13,6%) responderam corretamente que o objeto de alumínio ao ser colocado na água tem um peso aparente menor que 5,0 N, pois atua sobre o objeto de alumínio a força de empuxo de baixo para cima, fazendo com que ele fique mais leve. Quinze alunos da turma TC (57,7%) e dezesseis alunos da turma TE (72,8%) responderam que o peso do objeto de alumínio é igual a 5,0 N tanto na água como no ar. Sete alunos da turma TC (26,9%) e três alunos da turma TE (13,6%) responderam de forma errada que o peso do objeto de alumínio é maior na água. Doze alunos da turma TC (46,1%) e seis alunos da turma TE (27,3%) responderam corretamente que a massa do objeto de alumínio é de 0,5 kg ou 500 gramas.

Aproximadamente, 54% da turma TC e 73% da turma TE responderam de forma incorreta sobre a massa do objeto de alumínio, respondendo que a massa era maior ou menor que 0,5 kg. Observa-se que os alunos têm uma grande dificuldade em fazer uma simples conta de matemática, pois a fórmula da força peso foi colocada no quadro.

A questão 1 do questionário pós-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: Em um recipiente com água são colocados objetos de diferentes densidades, por exemplo; lata com refrigerante normal, lata com refrigerante *diet*, ovo cru, ovo cozido e cortiça. Assinale com a letra “A” aquele objeto que afunda e com a letra “F” aquele que flutua. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 17.

Tabela 17 – Respostas à questão 1 do questionário pós-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Normal (A)	19	73,1 %	15	68,2 %
Normal (F)	7	26,9 %	7	31,8 %
<i>Diet</i> (A)	16	61,5 %	12	54,5 %
<i>Diet</i> (F)	10	38,5 %	10	45,5 %
Ovo cru (A)	24	92,3 %	20	90,9 %
Ovo cru (F)	2	7,70 %	2	9,10 %
Ovo cozido (A)	13	50,0 %	10	45,5 %
Ovo cozido (F)	13	50,0 %	12	54,5 %
Cortiça (A)	3	11,5 %	2	9,10 %
Cortiça (F)	23	88,5 %	20	90,9 %

Fonte: Questionário pós-experiência da unidade 10.

Dezenove alunos da turma TC (73,1%) e quinze alunos da turma TE (68,2%) responderam corretamente que a lata de refrigerante normal afunda na água. Sete alunos da turma TC (26,9%) e sete alunos da turma TE (31,8%) responderam de forma incorreta que a lata de refrigerante normal flutua na água. Dez alunos da turma TC (38,5%) e dez alunos da turma TE (45,5%) responderam corretamente que a lata de refrigerante *diet* flutua na água. Dezesesseis alunos da turma TC (61,5%) e doze alunos da turma TE (54,5%) responderam de forma incorreta que a lata de refrigerante *diet* afunda na água. Vinte e quatro alunos da turma TC (92,3%) e vinte alunos da turma TE (90,9%) responderam de forma correta que o ovo cru afunda na água. Alguns alunos relataram que já tinham feito a experiência, em casa, com o ovo cru na água e que realmente ele afunda, mas se o ovo não estiver bom para o consumo, eles vão boiar. Observa-se aqui o conhecimento adquirido pelo aluno fora da escola, ajudando-o nas tarefas em sala de aula. Treze alunos da turma TC (50%) e dez alunos da turma TE (45,5%) responderam corretamente que o ovo cozido também afunda na água. Vinte e três alunos da turma TC (88,5%) e vinte alunos da turma TE (90,9%) responderam corretamente que a cortiça flutua na água. Os alunos chegaram a dizer que isso era lógico, pois a cortiça era menos densa que a água.

A questão 2 do questionário pós-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: Uma folha de alumínio aberta flutua na água e esta mesma folha em forma de esfera afunda na água. Sabendo-se que a esfera de alumínio afunda na água porque o empuxo sobre ela diminui. Assinale V para as sentenças verdadeiras e F para as falsas. (a) o peso da esfera é maior que o peso da folha aberta. (b) a massa específica da folha de alumínio aberta é menor que da esfera. (c) o volume da esfera é menor que o da folha aberta. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 18.

Tabela 18 – Respostas à questão 2 do questionário pós-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Verdadeira (a)	2	7,70 %	1	4,50 %
Falsa (a)	24	92,3 %	21	95,5 %
Verdadeira (b)	2	7,70 %	1	4,50 %
Falsa (b)	24	92,3 %	21	95,5 %
Verdadeira (c)	23	88,5 %	21	95,5 %
Falsa (c)	3	11,5 %	1	4,50 %

Fonte: Questionário pós-experiência da unidade 10.

Vinte e quatro alunos da turma TC (92,3%) e por vinte e um alunos da turma TE (95,5%) responderam corretamente que o item “a” era falso, pois os pesos da esfera e folha aberta eram iguais. Dois alunos da turma TC (7,70%) e um aluno da turma TE (4,50%) responderam de forma incorreta que o peso da esfera era maior que o peso da folha de alumínio aberta.

Vinte e quatro alunos da turma TC (92,3%) e vinte e um alunos da turma TE (95,5%) responderam corretamente que o item “b” era falso, pois as massas específicas da esfera e da folha aberta eram iguais. Dois alunos da turma TC (7,70%) e um aluno da turma TE (4,50%) responderam de forma incorreta que a massa específica da folha aberta era menor que a massa específica da esfera.

Vinte e três alunos da turma TC (88,5%) e vinte e um alunos da turma TE (95,5%) responderam corretamente que o item “c” era verdadeiro, pois o volume da esfera maciça era menor que o volume da folha aberta. Três alunos da turma TC (11,5%) e um aluno da turma TE (4,50%) responderam de forma incorreta que o item “c” era falso.

Observa-se, pela porcentagem de acertos, em torno de 90%, da questão 2 acima, que os alunos das duas turmas compreenderam os conceitos de peso, massa específica e volume de um corpo, porém o desempenho da turma TE foi um pouco melhor que o da turma TC.

A questão 3 do questionário pós-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: Em um primeiro momento, uma esfera maciça, suspensa no ar por um fio, equilibra um copinho que tem uma certa quantidade de areia, suspenso por um fio, que está no outro prato de uma balança de braços iguais. Em um segundo momento, a mesma esfera maciça é imersa em água e a balança de braços iguais continua em equilíbrio. No segundo momento, a quantidade de areia do copinho é maior, menor ou a mesma do primeiro momento? A resposta para esta questão é mostrada na tabela 19.

Tabela 19 – Respostas à questão 3 do questionário pós-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Maior	10	38,5 %	5	22,7 %
Menor	14	53,8 %	14	63,6 %
Igual	2	7,70 %	3	13,7 %

Fonte: Questionário pós-experiência da unidade 10.

Quatorze alunos da turma TC (53,8%) e quatorze alunos da turma TE (63,6%) responderam corretamente que a quantidade de areia do copinho no segundo momento iria

diminuir. Dez alunos da turma TC (38,5%) e cinco alunos da turma TE (22,7%) responderam de forma incorreta que a quantidade de areia do copinho no segundo momento seria maior. Dois alunos da turma TC (7,70%) e três alunos da turma TE (13,7%) responderam de forma incorreta que a quantidade de areia do copinho no segundo momento seria igual.

Observa-se que os alunos da turma TE tiveram uma porcentagem maior de acertos, apesar dos números absolutos serem iguais. Entretanto, é bom lembrar que o referido questionário foi respondido por vinte e seis alunos da turma TC e por vinte e dois alunos da turma TE.

A questão 4 do questionário pós-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: Duas esferas maciças, A e B, de mesmos volumes (mesmos raios), estão em equilíbrio (repouso) e imersas num recipiente com água. As esferas estão sendo seguradas por uma pessoa dentro d'água. Em seguida, as duas esferas são soltas. A esfera A sobe e passa a flutuar, com metade de seu volume fora d'água e a esfera B, também sobe e passa a flutuar com um terço de seu volume fora d'água. (a) o empuxo sobre a esfera A é maior, menor ou igual ao empuxo sobre a esfera B? (b) a densidade da esfera A é maior, menor ou igual à densidade da esfera B? A resposta para esta questão é mostrada na tabela 20.

Tabela 20 – Respostas à questão 4 do questionário pós-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Maior (a)	16	61,5 %	10	45,5 %
Menor (a)	6	23,1 %	9	40,9 %
Igual (a)	4	15,4 %	3	13,6 %
Maior (b)	4	15,4 %	5	22,7 %
Menor (b)	10	38,5 %	12	54,6 %
Igual (b)	12	46,1 %	5	22,7 %

Fonte: Questionário pós-experiência da unidade 10.

Apenas seis alunos da turma TC (23,1%) e nove alunos da turma TE (40,9%) responderam de forma correta que o empuxo sobre a esfera A era menor que o empuxo sobre a esfera B. Dezesesseis alunos da turma TC (61,5%) e dez alunos da turma TE (45,5%) responderam de forma incorreta o empuxo sobre a esfera A era maior que o empuxo sobre a esfera B. Quatro alunos da turma TC (15,4%) e três alunos da turma TE (13,6%) responderam, também, de forma incorreta que o empuxo sobre a esfera A era igual ao empuxo sobre a esfera B.

Dez alunos da turma TC (38,5%) e doze alunos da turma TE (54,6%) responderam corretamente que a densidade da esfera A era menor que a densidade da esfera B. Quatro alunos da turma TC (15,4%) e cinco alunos da turma TE (22,7%) responderam de forma incorreta que a densidade da esfera A era maior que a densidade da esfera B. Doze alunos da turma TC (46,1%) e cinco alunos da turma TE (22,7%) responderam, também, de forma incorreta que a densidade da esfera A era igual a densidade da esfera B.

Observa-se que os alunos da turma TE tiveram um desempenho um pouco melhor que o da turma TC, mas abaixo do esperado, pois a experiência feita no laboratório mostrava a relação entre o empuxo e o volume deslocado (imerso) pelo objeto. E mais, a experiência virtual feita no *site* do Phet mostrava vários exemplos sobre a relação entre a densidade do objeto e a densidade do líquido em que o objeto estava imerso.

A questão 5 do questionário pós-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: Uma esfera de alumínio ocupa um volume de  $300 \text{ cm}^3$  e possui massa de 200 g. Essa esfera, ao ser colocada em um recipiente com água, cuja densidade é  $1,0 \text{ g/cm}^3$ , flutua ou afunda? Justifique. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 21.

Tabela 21 – Respostas à questão 5 do questionário pós-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
Flutua	22	84,6 %	19	86,4 %
Afunda	4	15,4 %	3	13,6 %

Fonte: Questionário pós-experiência da unidade 10.

Vinte e dois alunos da turma TC (84,6%) e dezenove alunos da turma TE (86,4%) responderam corretamente que a esfera de alumínio flutua quando colocada na água, pois ela possui densidade menor que da água.

Quatro alunos da turma TC (15,4%) e três alunos da turma TE (13,6%) responderam de forma incorreta que a esfera de alumínio afunda quando colocada na água. Os alunos que erraram a resposta, responderam de forma incorreta porque calcularam de forma errada, encontrando o valor de 1,5. Ao encontrarem esse valor para a densidade da esfera de alumínio, os alunos analisaram corretamente, em termos físicos, pois como a densidade da esfera era maior que a densidade da água, ela afundaria. Entretanto, o que eles não perceberam foi o cálculo matemático errado, pois preocuparam-se apenas com os números absolutos e não com as grandezas e suas unidades. Fizeram os cálculos dividindo volume por massa.

A questão 6 do questionário pós-experiência da unidade 10 explorava o seguinte: Uma moeda está suspensa no ar por um dinamômetro que marca 2,0 N. Quando a moeda está totalmente imersa em água, o dinamômetro marca 1,5 N. O empuxo que a água exerce sobre a moeda é igual a. A resposta para esta questão é mostrada na tabela 22.

Tabela 22 – Respostas à questão 6 do questionário pós-experiência da unidade 10.

Respostas	Turma TC	Porcentagem	Turma TE	Porcentagem
3,5 N	6	23,1 %	0	0,00 %
0,5 N	20	76,9 %	19	86,4 %
1,0 N	0	0,00 %	3	13,6 %

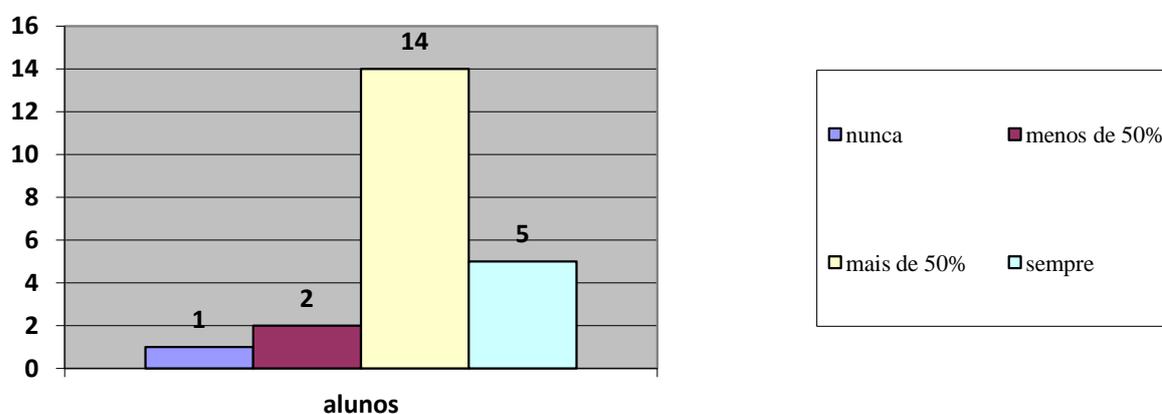
Fonte: Questionário pós-experiência da unidade 10.

Vinte alunos da turma TC (76,9%) e dezenove alunos da turma TE (86,4%) acertaram a resposta, assinalando que o empuxo que a água exerceu sobre a moeda era igual a 0,5 N. Seis alunos da turma TC (23,1%) e nenhum aluno da turma TE (0,0%) responderam que o empuxo da água sobre a moeda era de 3,5 N. Nenhum aluno da turma TC (0,0%) e três alunos da turma TE (13,6%) responderam que o empuxo da água sobre a moeda era de 1,0 N.

A seguir os gráficos 1 a 5 mostram os resultados do questionário respondido pelos alunos. As entrevistas foram feitas com vinte e dois alunos da turma experimental que frequentaram regularmente as aulas durante o último bimestre letivo do ano de 2011.

A questão 1 do questionário respondido pelos alunos explorava o seguinte: As atividades experimentais durante as aulas de Física devem ocorrer com que frequência? A resposta para esta questão é mostrada no gráfico 1.

Gráfico 1 – Respostas à questão 1 do questionário respondido pelos alunos.



Fonte: Questionário do aluno.

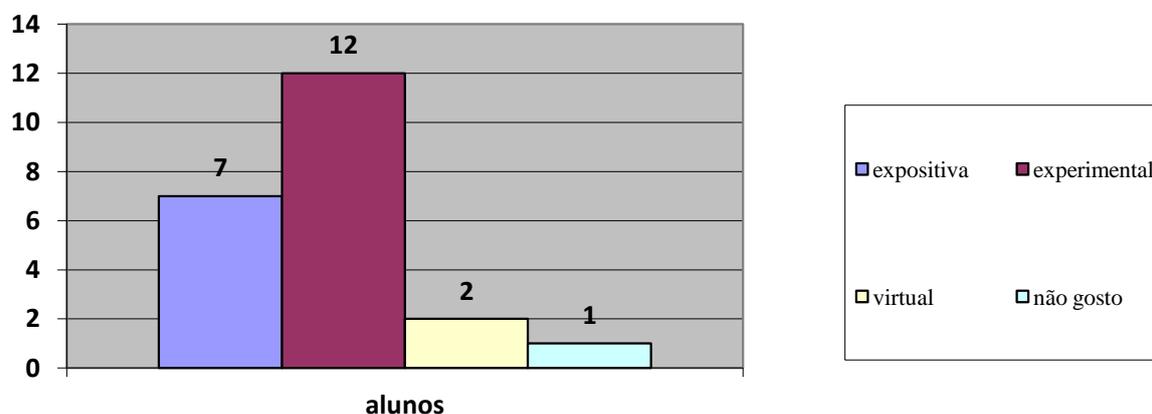
Quatorze alunos (63,6%) responderam que as atividades experimentais durante as aulas de Física deveriam ocorrer em mais de 50% destas aulas. Apenas um aluno (4,5%) respondeu que nunca deveria haver aula experimental.

Cinco alunos (22,7%) responderam que as aulas experimentais deveriam ocorrer sempre que tivessem aulas de Física e apenas dois alunos (9,1%) disseram que gostariam de aulas experimentais em menos de 50% das aulas.

Observa-se que os alunos responderam que as atividades experimentais deveriam ser trabalhadas com uma frequência maior durante as aulas da Física.

A questão 2 do questionário respondido pelos alunos explorava o seguinte: Que tipo de aula de Física você prefere ter? A resposta para esta questão é mostrada no gráfico 2.

Gráfico 2 – Respostas à questão 2 do questionário respondido pelos alunos.



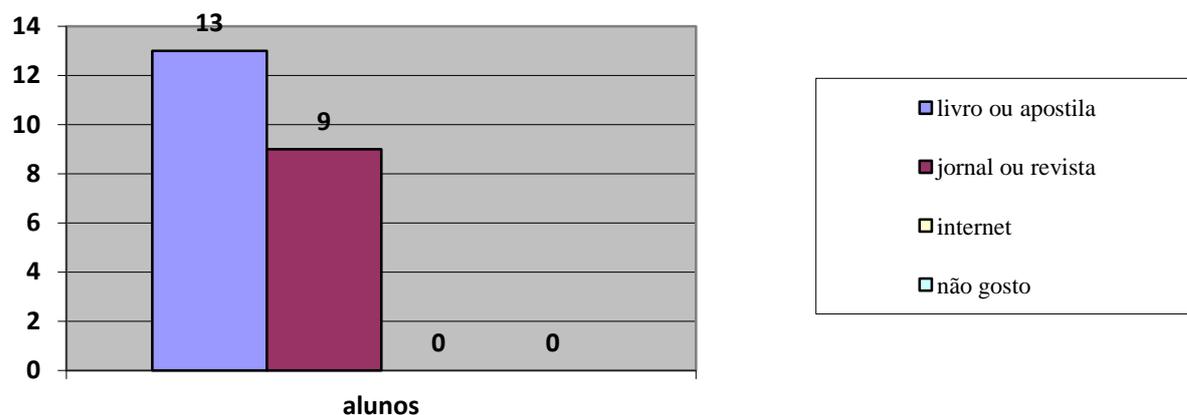
Fonte: Questionário do aluno.

Doze alunos (54,5%) responderam que preferem ter aulas experimentais, onde eles poderiam analisar e observar o experimento. Sete alunos (31,8%) responderam que preferem ter aulas expositivas, onde o professor escreve no quadro e explica o conteúdo oralmente. Alguns alunos relataram que preferem ter aulas expositivas porque já estavam acostumados com este tipo de aula.

Apenas um aluno (4,5%) respondeu que não gostava das aulas de Física e dois alunos (9,1%) responderam que preferem ter aulas virtuais, onde o professor expõe os assuntos e experiências virtuais através de um projetor ligado à internet. Alguns alunos relataram que não gostavam da forma como as aulas virtuais eram trabalhadas.

A questão 3 do questionário respondido pelos alunos explorava o seguinte: A pesquisa durante a aula é uma etapa importante na condução do processo de aprendizagem do aluno. Se o professor pede para você pesquisar, que tipo de instrumento você prefere utilizar? A resposta para esta questão é mostrada no gráfico 3.

Gráfico 3 – Respostas à questão 3 do questionário respondido pelos alunos.

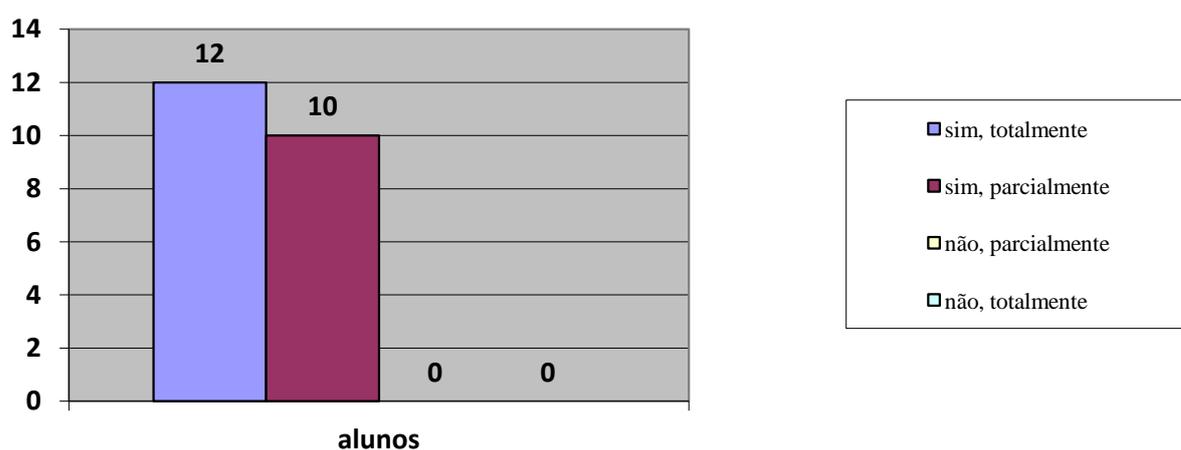


Fonte: Questionário do aluno.

Treze alunos (59,1%) responderam que preferem utilizar o livro ou apostila como instrumento de pesquisa. Nove alunos (40,9%) responderam que preferem utilizar o jornal ou revista como instrumento de pesquisa. Nenhum aluno (0,0%) respondeu que não gostava de pesquisar ou pesquisar pela internet.

A questão 4 do questionário respondido pelos alunos explorava o seguinte: As atividades experimentais ajudam a esclarecer os conceitos e leis da Física. Você concorda com essa afirmação? A resposta para esta questão é mostrada no gráfico 4.

Gráfico 4 – Respostas à questão 4 do questionário respondido pelos alunos.



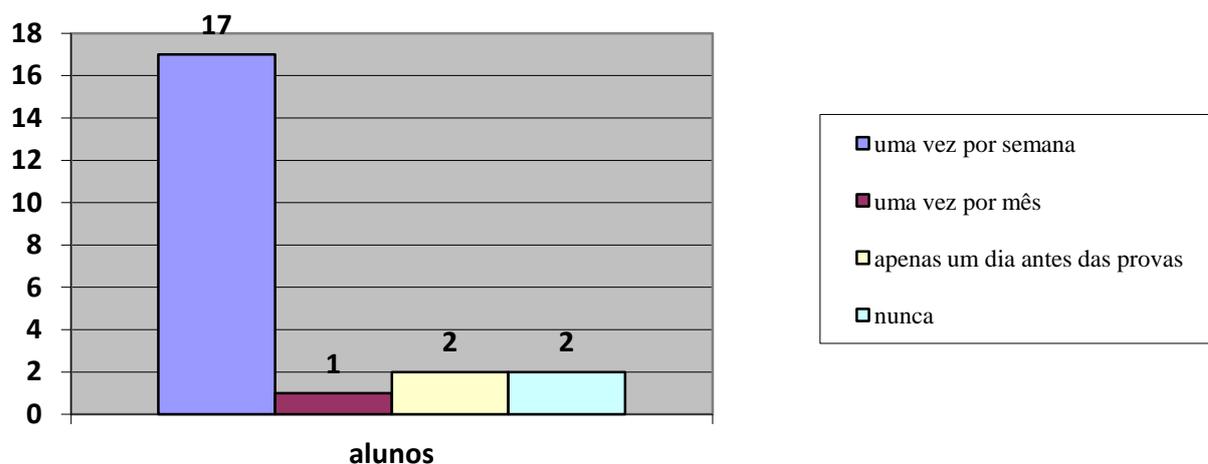
Fonte: Questionário do aluno.

Doze alunos (54,5%) responderam que concordam totalmente que as atividades experimentais ajudam a esclarecer os conceitos e leis da Física. Dez alunos (45,5%) responderam que concordam parcialmente que as atividades experimentais ajudam a esclarecer os conceitos e leis da Física.

Todos os alunos responderam que, total ou parcialmente, as atividades experimentais são importantes para o esclarecimento das leis e conceitos relacionados à Física. Nenhum aluno respondeu de forma contrária.

A questão 5 do questionário respondido pelos alunos explorava o seguinte: Você tem o costume de estudar Física com que frequência? A resposta para esta questão é mostrada no gráfico 5.

Gráfico 5 – Respostas à questão 5 do questionário respondido pelos alunos.



Fonte: Questionário do aluno.

Dezessete alunos (77,3%) responderam que estudam Física uma vez por semana. Apenas um aluno (4,5%) respondeu que estuda Física uma vez por mês e dois alunos (9,1%) responderam que estudam Física apenas um dia antes da prova. Também, dois alunos (9,1%) responderam que nunca estudam Física.

A questão 6 do questionário respondido pelos alunos é uma questão aberta. A pergunta feita para os alunos foi a seguinte: Quais as principais dificuldades que você encontrou para aprender Física? Cite 2 dificuldades.

Os alunos responderam de forma espontânea e aberta as dificuldades encontradas para aprender Física, que estão descritas nas alíneas abaixo:

- a) o cansaço atrapalha muito, não só na aula de Física, mas em todas as outras matérias;
- b) número insuficiente de aulas, apenas duas por semana;
- c) pouca explicação por parte do professor;
- d) muitas fórmulas matemáticas atrapalham a memorização;
- e) poucos conhecimentos de matemática elementar (adição, subtração, multiplicação e divisão);

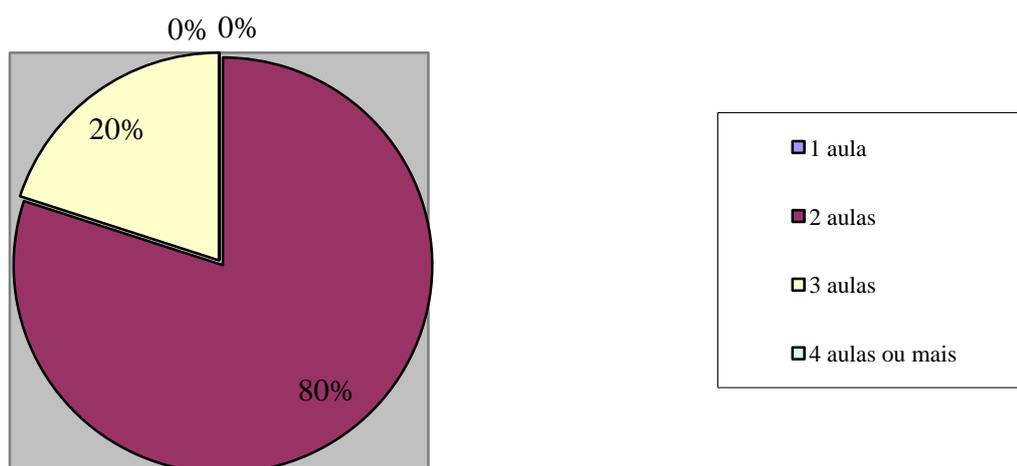
- f) a falta de concentração durante as aulas;
- g) dificuldade em interpretar os problemas;
- h) não compreendo as leis e conceitos vistos em sala de aula;
- i) a Física exige muito raciocínio;
- j) não me interessa aprender Física;
- k) não tenho dificuldades em aprender, pois o professor explica muito bem;
- l) poucas atividades experimentais.

Os alunos relataram várias e diferentes dificuldades que encontraram para aprender Física, porém as mais comentadas foram: a interpretação dos problemas de Física, o pouco conhecimento de matemática elementar (adição, subtração, multiplicação e divisão) e a falta de interesse em aprender Física.

Em seguida são mostrados os gráficos 6 a 10 com os resultados do questionário respondido pelos professores. Foram entrevistados vinte professores que lecionam em escolas públicas, estadual e federal, localizadas em Fortaleza. Todos os professores entrevistados lecionam Física (mecânica), no 1º ano do ensino médio.

A questão 1 do questionário respondido pelos professores explorava o seguinte: As turmas de 1º ano do ensino médio têm quantas aulas de Física por semana? A resposta para esta questão é mostrada no gráfico 6.

Gráfico 6 – Respostas à questão 1 do questionário respondido pelos professores.



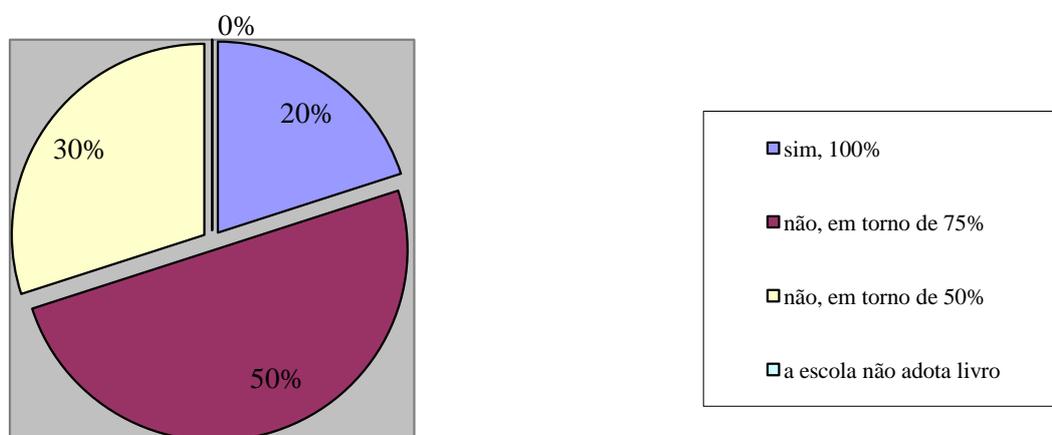
Fonte: Questionário do professor.

Dezesseis professores (80%) responderam que têm apenas duas aulas de Física por semana e quatro (20%), três aulas de Física por semana. Nenhum professor assinalou que tinha um ou quatro aulas de Física por semana.

Observa-se que o número de aulas de Física por semana, na maioria das escolas, é de apenas duas aulas, insuficientes se considerarmos a quantidade de assuntos que o livro de mecânica aborda. Os livros didáticos do 1º ano do ensino médio cobrem toda a mecânica elementar: movimentos retilíneos e circulares, queda livre, vetores, as leis de Newton e suas aplicações, entre outros.

A questão 2 do questionário respondido pelos professores explora o seguinte: Você consegue trabalhar os conteúdos do livro-texto adotado na sua escola de forma integral? A resposta para esta questão é mostrada no gráfico 7.

Gráfico 7 – Respostas à questão 2 do questionário respondido pelos professores.



Fonte: Questionário do professor.

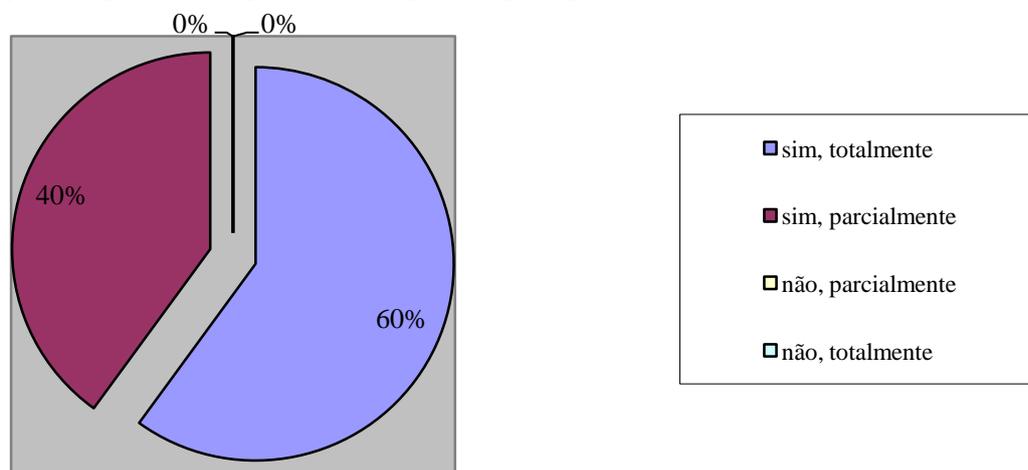
Dez professores (50%) responderam que só conseguem trabalhar em torno de 75% do conteúdo do livro-texto adotado pela escola. Seis professores (30%) responderam só conseguem trabalhar em torno de 50% do conteúdo e apenas dois professores (20%) responderam que conseguem trabalhar todo o conteúdo, isto é, 100% dos assuntos abordados pelo livro-texto.

Os professores que conseguem trabalhar todo o conteúdo programático, relataram que os assuntos são ministrados de forma apressada e que os alunos sentem muitas dificuldades na assimilação, compreensão e interpretação da matéria. Porém, relataram que são pressionados pela direção e coordenação da escola para ministrarem todo o conteúdo programático previsto no planejamento anual.

Todos os alunos das escolas envolvidas na pesquisa possuem o livro didático, que por sinal é gratuito, doado pelo governo federal através do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM).

A questão 3 do questionário respondido pelos professores explorava o seguinte: A prática experimental na disciplina de Física é fundamental para a aprendizagem do aluno. Você concorda com essa afirmação? A resposta para esta questão é mostrada no gráfico 8.

Gráfico 8 – Respostas à questão 3 do questionário respondido pelos professores.

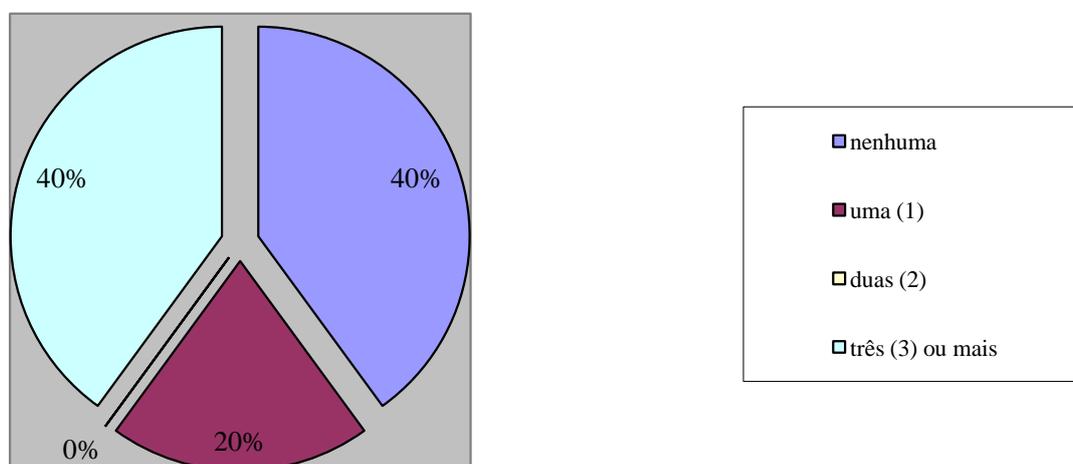


Fonte: Questionário do professor.

Doze professores (60%) responderam que a prática experimental é totalmente fundamental na aprendizagem do aluno em Física. Oito professores (40%) disseram que a prática experimental é apenas parcialmente importante na aprendizagem em Física. É importante salientar que **todos** os professores responderam que a prática experimental é fundamental na aprendizagem do aluno.

A questão 4 do questionário respondido pelos professores explorava o seguinte: Quantas práticas experimentais de Física, por turma, você realizou com seus alunos no ano letivo de 2011? A resposta para esta questão é mostrada no gráfico 9.

Gráfico 9 – Respostas à questão 4 do questionário respondido pelos professores.

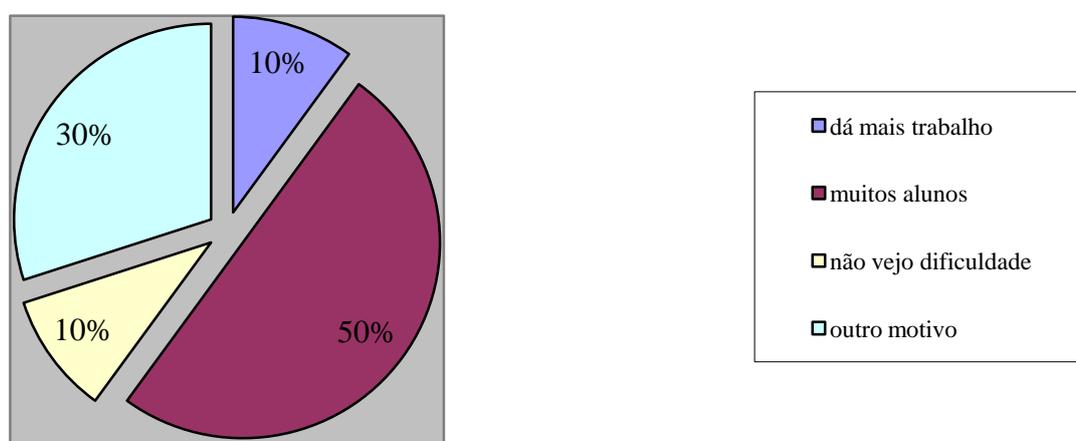


Fonte: Questionário do professor.

Oito professores (40%) responderam que não realizaram prática experimental alguma durante o ano letivo de 2011. Quatro professores (20%) disseram que realizaram apenas uma prática experimental durante todo o ano letivo e oito professores (40%) realizaram três ou mais práticas durante o ano de 2011.

A questão 5 do questionário respondido pelos professores explorava o seguinte: Qual a principal dificuldade de utilizar a prática experimental durante as aulas de Física? A resposta para esta questão é mostrada no gráfico 10.

Gráfico 10 – Respostas à questão 5 do questionário respondido pelos professores.



Fonte: Questionário do professor.

Dez professores (50%) responderam que a principal dificuldade para utilizar a prática experimental durante as aulas de Física é o grande número de alunos em sala de aula. Dois professores (10%) disseram que dá mais trabalho elaborar atividades experimentais que as aulas teóricas. Também dois professores (10%) relataram que não viam dificuldade alguma em utilizar as práticas experimentais nas aulas de Física.

Seis professores (30%) alegaram outro motivo para a não realização das práticas de Física: falta experiência ao professor para a realização das práticas; ausência de coordenador de laboratório; falta material no laboratório; a escola não tem professor suficiente.

A questão 6 do questionário respondido pelos professores é uma questão aberta. A pergunta é: Na sua opinião, quais as principais causas do fracasso dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem em Física? Cite duas causas.

Veamos nas alíneas abaixo as causas do fracasso dos estudantes na aprendizagem de Física relatadas pelos professores entrevistados:

- m) dificuldades em operações básicas da matemática (adição, subtração, multiplicação e divisão);
- n) dificuldades de interpretação dos textos;
- o) baixo nível de leitura;
- p) pouco ou nenhum raciocínio lógico;
- q) falta de domínio dos conteúdos;
- r) falta ou pouco interesse em aprender Física;
- s) escolas com poucos atrativos (laboratórios, bibliotecas, etc);
- t) preguiça de fazer esforço mental (pensar);
- u) estrutura familiar em decadência;
- v) influência negativa dos meios de comunicação;
- w) dificuldades em resolver uma simples equação de 1º ou de 2º grau.

Os professores atribuíram várias causas para o fracasso dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem em Física, descritas nas alíneas acima, porém quatro foram mais citadas: as dificuldades que os alunos têm em fazer as operações básicas de matemática (adição, subtração, multiplicação e divisão), citada nove vezes, a dificuldade de interpretação dos textos, citada sete vezes, a falta de domínio dos conteúdos e a falta ou pouco interesse em aprender Física, quatro citações cada uma.

O próximo capítulo traz as considerações finais sobre os resultados dos questionários pré e pós-experiência respondidos pelos alunos das duas turmas, experimental e controle, dos questionários de avaliação respondidos pelos alunos da turma experimental e professores de escolas públicas, bem como a consolidação dos objetivos geral e específicos alcançados. Descreve, ainda, o produto final desta dissertação: um livro de experimentação e situações-problema em mecânica.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

As aulas de Física devem ser planejadas de tal forma que possa existir uma interação entre teoria e prática, possibilitando que o aluno construa seu próprio conhecimento a partir das informações e experiências vividas em sala de aula. O aluno que compreende as definições, conceitos e leis da Física e as contextualiza com a sua realidade torna-se um aluno participativo, crítico e observador das relações entre o seu dia-a-dia e as aulas de Física na escola.

No decorrer da atividade, unidade/capítulo 2, desenvolvida durante o 1º bimestre na referida Escola Pública de Ensino Médio no turno da noite com 34 alunos da turma TE e 28 alunos da turma TC, ambas do 1º ano, observou-se, a partir dos resultados do questionário pré-experiência da unidade 2, que os alunos da turma TE tiveram uma porcentagem de acertos maior nas questões 1 (tabela 1), 3 (tabela 3) e 4 (tabela 4). Os alunos da turma TC tiveram uma porcentagem maior de acertos nas questões 2 (tabela 2) e 5 (tabela 5).

A diferença entre as porcentagens de acertos entre as duas turmas em cada questão foi de apenas 5%, aproximadamente. Isso demonstra que as duas turmas tinham, praticamente, as mesmas compreensões e dúvidas dos assuntos que foram trabalhados durante as duas primeiras aulas da unidade 2.

Apesar da presença dos alunos não ser constante, como já foi relatado anteriormente, os resultados apresentados foram animadores, pois aproximadamente 93% e 87% dos alunos da turma TE, responderam corretamente às questões 1 (tabela 6) e 2 (tabela 7), respectivamente, do questionário pós-experiência. A turma TC teve um rendimento com cerca de 10% abaixo do rendimento da turma TE, mas também considerado satisfatório. Isso demonstra que a maioria dos alunos das duas turmas compreenderam a definição de movimento uniforme e aprenderam diferenciar os conceitos de deslocamento e distância percorrida.

Os alunos da turma TE foram bem melhores que os da turma TC quanto aos resultados das questões 3 (tabela 8) e 4 (tabela 9) do questionário pós-experiência. Estima-se que a dificuldade encontrada na questão 3 foi de ordem matemática, pois os alunos não conseguiram transformar as unidades de comprimento e tempo adequadamente e fazer a devida divisão. Enquanto na questão 4, o conceito de que movimento e repouso depende do referencial adotado, não foi devidamente compreendido por alguns alunos.

Vale, aqui, salientar que as práticas experimentais, real e virtual, foram importantes para o aprendizado dos alunos da turma TE, pois teve maior porcentagem de

acertos em todas as questões do questionário pós-experiência da unidade 2 em comparação com a turma TC.

A unidade 10 foi trabalhada no decorrer do 4º bimestre do ano letivo de 2011 com vinte e dois alunos da turma experimental TE e vinte e seis alunos da turma controle TC que frequentaram as aulas regularmente.

Observa-se que a turma TE teve um melhor desempenho nas questões 1 (tabela 11), 4 (tabela 14) e 5 (tabela 15) do questionário pré-experiência da unidade 10. A turma TC obteve um desempenho maior nas questões 2 (tabela 12), 3 (tabela 13) e 6 (tabela 16) do mesmo questionário. Isso mostra que as duas turmas estavam nas mesmas condições antes da realização das práticas experimentais.

A turma TE teve um maior desempenho em todas as questões do questionário pós-experiência da unidade 10, com exceção da questão 1 (tabela 19), onde as duas turmas tiveram um desempenho, praticamente, igual.

Analisando as tabelas e seus resultados, conclui-se que a turma experimental (TE) teve um melhor desempenho que a turma controle (TC) em, praticamente, todas as questões dos questionários pós-experiência das unidades 2 e 10, isto é, após a realização das práticas experimentais, real e virtual, feitas pela turma TE. Acredita-se que algumas circunstâncias, como: dificuldades em aritmética e na interpretação dos textos; a frequência irregular dos alunos; a média de idade da turma TE é maior que da turma TC, alguns alunos da turma TE passaram vários anos sem estudar, retornando aos estudos este ano, podem ter dificultado uma maior compreensão dos assuntos ministrados.

Conforme os resultados apresentados pela turma experimental, TE, observa-se que as atividades experimentais, durante as aulas de Física, produziram uma melhor compreensão dos conceitos e definições da Física e, conseqüentemente, um melhor desempenho desta referida turma.

As atividades experimentais desenvolvidas na turma experimental, TE, permitiram uma maior participação dos alunos provocando uma discussão sobre os procedimentos e materiais utilizados. Os alunos, em geral, aprenderam a utilizar os equipamentos e instrumentos de medidas adequadamente, pois alguns deles não sabiam usar um simples cronômetro ou um transferidor. Conseguiram, também, em sua maioria, fazer transformações de unidades de comprimento, tempo e massa.

A construção do conhecimento, a discussão dos procedimentos, a observação e a análise dos experimentos realizados pelos alunos da turma TE foram importantes para uma melhor compreensão e aprendizagem dos assuntos trabalhados. Entretanto, deve-se

reconhecer que as aulas experimentais não são, por si só, suficientes para desenvolver uma efetiva aprendizagem.

Conforme o objetivo geral deste trabalho, ou seja, contribuir para o aperfeiçoamento do ensino de Física a partir de uma metodologia pedagógica que valorize a pesquisa e a experimentação em sala de aula, podemos concluir, a partir dos resultados analisados, que a maioria dos alunos foi favorecida pela implementação desta metodologia, pois houve uma melhora no aprendizado dos alunos.

Quanto aos objetivos específicos, verificou-se que todos foram plenamente trabalhados e confirmados pelos resultados apresentados, ou seja:

- a) as habilidades de observação, comunicação, investigação, medição, classificação, construção e transformação foram estimuladas e exploradas pelos alunos de forma sistemática durante as atividades de pesquisa e experimentação;
- b) a associação dos conceitos, definições e leis da Física com a experimentação em sala de aula proporcionou um ensino de Física mais fácil de ser compreendido pelos alunos, favorecendo assim uma melhor aprendizagem;
- c) os conteúdos ministrados foram, sempre que possível, associados com a realidade vivida pelos alunos, por exemplo, quando se falou da sensação de uma pessoa sentir-se mais leve ao entrar na água, mostrou-se que isto era devido a força de empuxo. Muitos outros exemplos foram relatados durante as atividades;
- d) a interação entre professor-aluno e aluno-aluno foi facilitada, de forma satisfatória, devido aos questionamentos constantes, discussões e debates durante todo o desenvolvimento das atividades de pesquisa e experimentação.

Ao final do ano letivo de 2011, comparando as turmas TE e TC, a partir dos resultados analisados, percebe-se que a turma TE teve um maior desempenho na disciplina de Física. Isso mostra que as práticas experimentais feitas pelos alunos da turma experimental ajudaram, de forma satisfatória, na melhor compreensão e conhecimento dos fenômenos e leis da Física.

Por fim, é importante que o professor tenha um plano de estudo que introduza nas aulas de Física a prática experimental, bem como as demonstrações nas próprias aulas expositivas, mas que possa, também, se preocupar com os fenômenos, leis, conceitos e definições que fazem parte da Física teórica. O fundamental é que a Física teórica e a prática

experimental sejam desenvolvidas conjuntamente e harmoniosamente, buscando um só objetivo: a aprendizagem do aluno.

Analisando os gráficos e resultados dos questionários respondidos pelos alunos e professores conclui-se que todos eles consideram que a prática experimental é fundamental, parcial ou totalmente, para uma melhor compreensão das leis, conceitos e definições em Física e a conseqüente aprendizagem dos alunos.

O número de aulas de Física por semana, 80% dos professores pesquisados têm apenas duas aulas, reflete, diretamente, na quantidade de assuntos abordados durante o ano letivo e claro na qualidade do aprendizado. Oitenta por cento dos professores não conseguem trabalhar todo o conteúdo do livro-texto adotado na escola. Sendo assim, os assuntos tratados são adicionados pelos professores de cada escola. Por exemplo, durante o terceiro bimestre, os alunos da escola A assistiram aulas sobre a primeira lei de Newton, da escola B, queda livre e da escola C, movimento circular.

As dificuldades em interpretar textos e problemas, o pouco conhecimento em matemática básica e a falta de interesse em aprender Física foram relatados, tanto por professores, como por alunos nas respostas de seus respectivos questionários. Percebe-se que a falta de interpretação de textos e a falta de conhecimentos das operações básicas de matemáticas são os dois grandes entraves para uma melhor aprendizagem na disciplina de Física. Além de que, alguns alunos não mostram interesse em aprender Física, pois não conseguem visualizar a importância da Física no mundo à sua volta.

É importante enfatizar que os alunos são oriundos de classes menos favorecidas, estudam no turno da noite, pois trabalham durante o dia, a faixa etária está, em média, acima dos 25 anos de idade, voltaram à escola depois de vários anos sem estudar, entre outros.

Embora os resultados obtidos não sejam conclusivos, tendo em vista a pequena amostragem, as práticas experimentais motivaram os alunos da turma experimental a frequentarem mais as aulas, fato observado pela diminuição da evasão escolar entre os anos letivos de 2010 para 2011, apesar de ainda ser grande. Também, vale salientar que a turma experimental teve um melhor rendimento escolar, maior aprovação e menos alunos de recuperação, que a turma controle.

As limitações encontradas e a complexidade do tema escolhido foram muitas, por exemplo: poucas escolas estão abertas a avaliação; falta de laboratórios; pouco tempo disponível; o grande número de práticas; conteúdo programático extenso, entre outras. Entretanto, o que se pretendeu aqui foi testar uma metodologia, avaliar o seu alcance e limitações e, a partir dos resultados obtidos, propor novas ações, por exemplo: motivar os

alunos a construir foguetes de ar e água, calibrar uma balança, construir uma turbina eólica, construir dispositivos que convertam uma forma de energia em outra, entre tantas outras.

O produto final deste trabalho de dissertação foi a produção de um manual de experimentos que tem como objetivo despertar o processo de observação e investigação, bem como, o interesse dos alunos pela Física.

O referido manual procurou abordar os principais assuntos relacionados à mecânica, a partir da experimentação e situações-problema que pudessem mostrar ao aluno que a Física é uma disciplina agradável, proveitosa e faz parte da vida cotidiana de todos. Foram desenvolvidas 25 atividades experimentais, cada uma com objetivos pré-definidos, material utilizado, procedimentos para preparar e desenvolver a experiência e situações-problema para os alunos responderem.

O manual, em questão, não foi o primeiro, nem será o último que aborda a temática das atividades experimentais no ensino de Física, entretanto, é mais uma pequena contribuição para que o professor possa aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem desta disciplina no ensino médio.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Vagner Camarini; STACHAK, Marilei. **A importância de Aulas Experimentais no Processo de Ensino-Aprendizagem em Física: Eletricidade.** In Simpósio Nacional de Ensino de Física, XVI, 2005, Rio de Janeiro. Trabalhos ... Sociedade Brasileira de Física. Rio de Janeiro, 2005.
- ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, n. 2, Junho, 2003.
- AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva.** Tradução: Lígia Teopisto. Plátamo Edições Técnicas, 2003.
- BARRA, Vilma M. e LORENZ, Karl M. **Produção de materiais didáticos de Ciências no Brasil, período: 1950 a 1980.** Ciências e Cultura, São Paulo, v.38, n.12, p.1970-1983.
- BITTENCOURT, Diomar R. S. **Uma análise do Projeto de Ensino de Física – Mecânica.** Universidade de São Paulo, Instituto de Física. Dissertação de mestrado, 1977.
- BRUNER, J. S. **A cultura da educação.** Porto Alegre: Artmed, 2001.
- CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L., **Física Clássica – Dinâmica e Estática.** São Paulo: Editora Atual, 1998.
- DANIEL, Gil Pérez; CARVALHO, Anna M. Pessoa. **Formação de Professores de Ciências: Tendências e Inovações.** Tradução: Sandra Valenzuela. 8ª ed. São Paulo: Cortez, 2006. (Coleção Questões da Nossa Época; v.26).
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André Peres. **Metodologia do Ensino de Ciências.** São Paulo: Cortez, 1990. - (Coleção Magistério. 2º grau. Série Formação do Professor).
- DEWEY, J. **Experiência e Educação.** Tradução: Anísio Teixeira. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1971.
- DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BOAS, Newton Villas. **Física, 1.** 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- FEYNMAN, Richard P. **Física em seis lições.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.
- FUKE, Luis Felipe; KAZUHITO, Yamamoto. **Física para o Ensino Médio, vol 1.** 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- GALIAZZI, Maria do Carmo. **Objetivos das Atividades Experimentais no Ensino Médio: A Pesquisa Coletiva como Modo de Formação de Professores de Ciências.** Revista Ciências e Educação, São Paulo, v.7, n.2, p.249-263, 2001.

GASPAR, Alberto. **Experiências de Ciências Para o Ensino Fundamental**. São Paulo: Ed. Ática, 2005.

GASPAR, Alberto. **Cinquenta anos de Ensino de Física: Muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor**. In: XV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 1997, Natal, RN.

Guia do Professor. **Projeto de Ensino de Física**. Rio de Janeiro, FENAME, 1980.

LEWIN, A.M.F e LOMASCÓLO, T.M.M. **La metodología científica em la construcción de conocimientos**. Revista Enseñanza de las Ciencias, v. 20, n. 2, p. 147-510, 1998.

MARQUES, Mário O. **Educação/Interlocução; Aprendizagem/Reconstrução de Saberes**. Rio Grande do Sul: UNIJUI, 1996.

MIGUENS, M. & GARRET, R.M. **Práticas em la Enseñanza de las Ciências. Problemas e Possibilidades**. Revista Enseñanza de las Ciências, n.3, v.9, novembro/1991.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

NARDI, R. **Memórias da Educação em Ciências no Brasil: A pesquisa em Ensino de Física**. Investigações em Ensino de Ciências. Porto Alegre, v.10, n.1, 2005.

**Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN +)**. MEC/SEMTEC, 2002.

PERNAMBUCO, M. M. C. A.; SILVA, F. W. V. **Uma retomada histórica do ensino de ciências**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, VI, 1985, Niterói. Atas ..., p. 116-125. Sociedade Brasileira de Física, Niterói, Rio de Janeiro, 1985.

PIAGET, J. **Seis estudos de Psicologia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2006.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **Psicologia da Criança**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989.

RAMALHO Junior, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO, Paulo Antonio. **Os Fundamentos da Física, vol 1**. 10ª ed. São Paulo: Moderna, 2009.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. **Física I**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1996.

ROGERS, Carls. R. **Liberdade para aprender: Uma visão de como a educação deve vir a ser**. Belo Horizonte: Interlivros, 1971.

ROGERS, Carls R. **Liberdade de Aprender em Nossa Década**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.

SKINNER, B. F. **Tecnologia do Ensino**. Tradução: Rodolpho Azzi. São Paulo: Herder e EDUSP, 1972.

TAMIR, P.; LUNETTA, V. N. **As Atividades no Laboratório**. Minas Gerais: Cecimig-UFMG, 1999.

TORRES, Carlos Magno A; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física – Ciência e Tecnologia : vol. 1**. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2010.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente: O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

## ANEXOS

### **ANEXO 1 - Competências e habilidades na área de Física relacionadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais.**

- a) reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física, por exemplo, nas informações em embalagens de produtos, reconhecer símbolos de massa ou volume; nas previsões climáticas, identificar temperaturas, pressão, índices pluviométricos; no volume de altofalantes, reconhecer a intensidade sonora (dB); em estradas ou aparelhos velocidades (m/s, km/h, rpm); em aparelhos elétricos, códigos como W, V ou A; em tabelas de alimentos, valores calóricos;
- b) conhecer as unidades e as relações entre as unidades de uma mesma grandeza física para fazer traduções entre elas e utilizá-las adequadamente. Por exemplo, identificar que uma caixa d'água de  $2 \text{ m}^3$  é uma caixa de 2000 litros, ou que uma tonelada é uma unidade mais apropriada para expressar o carregamento de um navio do que um milhão de gramas;
- c) ler e interpretar corretamente tabelas, gráficos, esquemas e diagramas apresentados em textos. Por exemplo, interpretar um gráfico de crescimento, ou da variação de temperaturas ambientes; compreender o esquema de uma montagem elétrica; ler um medidor de água ou de energia elétrica; interpretar um mapa meteorológico ou uma fotografia de radiação infravermelha, a partir da leitura de suas legendas;
- d) construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráfico, para, por exemplo, descrever o consumo de energia elétrica de uma residência, o gasto de combustível de um automóvel, em função do tempo, o da posição relativa do Sol ao longo do dia ou do ano;
- e) compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens. Por exemplo, compreender que o consumo mensal de energia elétrica de uma residência, ao longo do ano, pode

ser apresentado em uma tabela que organiza os dados; ou em um gráfico que permite analisar melhor as tendências do consumo;

- f) ler e interpretar informações apresentadas em diferentes linguagens e representações (técnicas) como, por exemplo, um manual de instalação de equipamento, características de aparelhos eletrodomésticos, ou esquemas de montagem de móveis;
- g) acompanhar o noticiário relativo à ciência em jornais, revistas e notícias veiculadas pela mídia, identificando a questão em discussão e interpretando, com objetividade, seus significados e implicações para participar do que se passa à sua volta. Por exemplo, no noticiário sobre telefonia celular, identificar que essa questão envolve conhecimentos sobre radiações, suas faixas de frequência, processos de transmissão, além de incertezas quanto a seus possíveis efeitos sobre o ambiente e a saúde;
- h) descrever relatos de fenômenos ou acontecimentos que envolvam conhecimentos físicos, tais como relatos de viagens, visitas ou entrevistas, apresentando com clareza e objetividade suas considerações e fazendo uso apropriado da linguagem da Física. Por exemplo, elaborar o relatório da visita a uma usina termelétrica, destacando sua capacidade de geração de energia, o processo de produção e seus impactos locais, tanto sociais como ambientais;
- i) elaborar relatórios analíticos, apresentando e discutindo dados e resultados, seja de experimentos ou de avaliações críticas de situações, fazendo uso, sempre que necessário, da linguagem física apropriada. Por exemplo, elaborar um relatório de pesquisa sobre vantagens e desvantagens do uso de gás como combustível automotivo, dimensionando a eficiência dos processos e custos de operação envolvidos;
- j) expressar-se de forma correta e clara em correspondência para os meios de comunicação ou via internet, apresentando pontos de vista, solicitando informações ou esclarecimentos técnico-científicos. Por exemplo, escrever uma carta solicitando informações técnicas sobre aparelhos eletrônicos, ou enviar um e-mail solicitando informações a um especialista em energia solar, explicitando claramente suas dúvidas;
- k) compreender e emitir juízos próprios sobre notícias com temas relativos à ciência e tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica, posicionando-se com argumentação clara. Por exemplo, enviar um e-

mail contra-argumentando uma notícia sobre as vantagens da expansão da geração termoeétrica brasileira;

- l) argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes, como, por exemplo, ao escrever uma carta solicitando ressarcimento dos gastos efetuados nos consertos de eletrodomésticos que se danificaram em consequência da interrupção do fornecimento de energia elétrica, apresentando justificativas consistentes;
- m) frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes, em cada caso. Assim, diante de um fenômeno envolvendo calor, identificar fontes, processos envolvidos e seus efeitos, reconhecendo variações de temperatura como indicadores relevantes;
- n) reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa-efeito, para ser capaz de estabelecer previsões. Assim, conhecer a relação entre potência, voltagem e corrente, para estimar a segurança do uso de equipamentos elétricos ou a relação entre força e aceleração, para prever a distância percorrida por um carro após ser freado;
- o) identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes para utilizar as leis que expressam essas regularidades na análise e previsões de situações do dia-a-dia. Assim, por exemplo, compreender que variações de correntes elétricas estão associadas ao surgimento de campos magnéticos pode possibilitar, eventualmente, identificar possíveis causas de distorção das imagens de tevê ou causas de mau funcionamento de um motor;
- p) reconhecer a existência de invariantes que impõem condições sobre o que pode e o que não pode acontecer em processos naturais, para fazer uso desses invariantes na análise de situações cotidianas. Assim, a conservação da quantidade de movimento pode ser utilizada para prever possíveis resultados do choque entre dois carros, a trajetória de uma bola após ter batido na parede, o movimento dos planetas e suas velocidades ao redor do Sol ou o equilíbrio de motos e bicicletas;
- q) identificar transformações de energia e a conservação que dá sentido a essas transformações, quantificando-as quando necessário. Identificar também formas de dissipação de energia e as limitações quanto aos tipos de

transformações possíveis impostas pela existência, na natureza, de processos irreversíveis. Por exemplo, avaliar o trabalho necessário para erguer um objeto ou empurrar um caixote, a potência de que o motor de um carro precisa para subir uma ladeira ou a quantidade de calorias para exercício de atividades esportivas;

- r) reconhecer a conservação de determinadas grandezas, como massa, carga elétrica, corrente etc., utilizando essa noção de conservação na análise de situações dadas. Assim, por exemplo, reconhecer a relação entre a vazão de entrada e de saída de um sistema hidráulico, ou da corrente elétrica que entra e a que sai de um resistor;
- s) fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas. Por exemplo, escolher a forma adequada para medir a quantidade de água presente em um copo ou a quantidade de alimento em uma embalagem. Ou escolher a melhor forma para medir o comprimento de uma sala ou a distância percorrida em um trajeto longo;
- t) fazer estimativas de ordens de grandeza para poder fazer previsões. Por exemplo, estimar o volume de água de um tanque ou uma piscina e o tempo necessário para esvaziá-los;
- u) compreender a necessidade de fazer uso de escalas apropriadas para ser capaz de construir gráficos ou representações como, por exemplo, a planta de uma casa ou o mapa de uma cidade;
- v) conhecer modelos físicos microscópicos para adquirir uma compreensão mais profunda dos fenômenos e utilizá-los na análise de situações-problema. Por exemplo, utilizar modelos microscópicos do calor para explicar as propriedades térmicas dos materiais ou, ainda, modelos da constituição da matéria para explicar a absorção de luz e as cores dos objetos;
- w) interpretar e fazer uso de modelos explicativos, reconhecendo suas condições de aplicação. Por exemplo, utilizar modelo de olho humano para compreender os defeitos visuais e suas lentes corretoras, ou o modelo de funcionamento de um gerador;
- x) elaborar modelos simplificados de determinadas situações, a partir dos quais seja possível levantar hipóteses e fazer previsões. Por exemplo, levantar hipóteses sobre as possíveis causas de interrupção do fornecimento da energia

elétrica ou prever o tipo de lentes e a montagem necessária para projetar uma imagem numa tela;

- y) construir uma visão sistematizada dos diversos tipos de interação e das diferentes naturezas de fenômenos da física para poder fazer uso desse conhecimento de forma integrada e articulada. Por exemplo, reconhecer que as forças elásticas, viscosa, peso, atrito, elétrica, magnética etc. têm origem em uma das quatro interações fundamentais: gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca;
- z) identificar e compreender os diversos níveis de explicação física, microscópicos ou macroscópicos, utilizando-os apropriadamente na compreensão de fenômenos. Por exemplo, compreender que o funcionamento de um termômetro clínico pode ser explicado, em termos macroscópicos, pela dilatação térmica do mercúrio, enquanto apenas o modelo microscópico da matéria permite compreender o fenômeno da evaporação de um líquido;
- aa) adquirir uma compreensão cósmica do Universo, das teorias relativas ao seu surgimento e sua evolução, assim como do surgimento da vida, de forma a poder situar a Terra, a vida e o ser humano em suas dimensões espaciais e temporais no Universo;
- ab) na utilização de um conceito ou unidade de grandeza, reconhecer ao mesmo tempo sua generalidade e o seu significado específico em cada ciência. Por exemplo, energia, caloria ou equilíbrio são conceitos com significados diferentes, embora correspondentes, em Física, Química ou Biologia;
- ac) reconhecer, na análise de um mesmo fenômeno, as características de cada ciência, de maneira a adquirir uma visão mais articulada dos fenômenos. Por exemplo, no ciclo da água, compreender que a Física releva os aspectos das transformações de estado e processos de circulação, enquanto a Química trata das diferentes reações e do papel das soluções, enquanto a Biologia analisa a influência nas cadeias alimentares e o uso do solo;
- ad) compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. Compreender, por exemplo, a transformação da visão de mundo geocêntrica para a heliocêntrica, relacionando-a às transformações sociais que lhe são contemporâneas,

identificando as resistências, dificuldades e repercussões que acompanharam essa mudança;

- ae) compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas;
- af) compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições devidas e criando novas necessidades. Esses conhecimentos são essenciais para dimensionar corretamente o desenvolvimento tecnológico atual, através tanto de suas vantagens como de seus condicionantes. Reconhecer, por exemplo, o desenvolvimento de formas de transporte, a partir da descoberta da roda e da tração animal, ao desenvolvimento de motores, ao domínio da aerodinâmica e à conquista do espaço, identificando a evolução que vem permitindo ao ser humano deslocar-se de um ponto ao outro do globo terrestre em intervalos de tempo cada vez mais curtos e identificando também os problemas decorrentes dessa evolução;
- ag) perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história. Muitas vezes, a tecnologia foi precedida pelo desenvolvimento da Física, como no caso da fabricação de lasers, ou, em outras, foi a tecnologia que antecedeu o conhecimento científico, como no caso das máquinas térmicas;
- ah) compreender a Física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como, por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de músicas etc., estando atento à contribuição da ciência para a cultura humana;
- ai) promover e interagir com meios culturais e de difusão científica, por meio de visitas a museus científicos ou tecnológicos, planetários, exposições etc., para incluir a devida dimensão da Física e da ciência na apropriação dos espaços de expressão contemporâneos;
- aj) compreender formas pelas quais a Física e a tecnologia influenciam nossa interpretação do mundo atual, condicionando formas de pensar e interagir. Por

exemplo, como a relatividade ou as ideias quânticas povoam o imaginário e a cultura contemporânea, conduzindo à extrapolação de seus conceitos para diversas áreas, como para a Economia ou Biologia;

- ak) acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, estabelecendo contato com os avanços das novas tecnologias na medicina, por meio de tomografias ou diferentes formas de diagnóstico; na agricultura, nas novas formas de conservação de alimentos com o uso das radiações; ou, ainda, na área de comunicações, com os microcomputadores, CDs, DVDs, telefonia celular, tevê a cabo;
- al) compreender a responsabilidade social que decorre da aquisição de conhecimento, sentindo-se mobilizado para diferentes ações, seja na defesa da qualidade de vida, da qualidade das infraestruturas coletivas, ou na defesa de seus direitos como consumidor;
- am) promover situações que contribuam para a melhoria das condições de vida da cidade onde vive ou da preservação responsável do ambiente, conhecendo as estruturas de abastecimento de água e eletricidade de sua comunidade e dos problemas delas decorrentes, sabendo posicionar-se, argumentar e emitir juízos de valor;
- an) reconhecer que, se de um lado a tecnologia melhora a qualidade de vida do homem, do outro ela pode trazer efeitos que precisam ser ponderados quanto a um posicionamento responsável. Por exemplo, o uso de radiações ionizantes apresenta tanto benefícios quanto riscos para a vida humana;
- ao) reconhecer, em situações concretas, a relação entre Física e ética, seja na definição de procedimentos para a melhoria das condições de vida, seja em questões como do desarmamento nuclear ou em mobilizações pela paz mundial;
- ap) reconhecer que a utilização dos produtos da ciência e da tecnologia nem sempre é democrática, tomando consciência das desigualdades e da necessidade de soluções de baixo custo, como, por exemplo, para ampliar o acesso à eletricidade.

**ANEXO 2 – Os principais objetivos do tema “movimentos: variações e conservações”.**

- a) identificar diferentes movimentos que se realizam no cotidiano e as grandezas relevantes para sua observação (distâncias, percursos, velocidade, massa, tempo, etc.), buscando características comuns e formas de sistematizá-los (segundo trajetórias, variações de velocidade etc.);
- b) caracterizar as variações de algumas dessas grandezas, fazendo estimativas, realizando medidas, escolhendo equipamentos e procedimentos adequados para tal, como, por exemplo, estimando o tempo de percurso entre duas cidades ou a velocidade média de um entregador de compras;
- c) reconhecer que as modificações nos movimentos são consequência de interações, por exemplo, identificando que, para um carro parado passar a deslizar em uma ladeira, é necessária uma interação com a Terra;
- d) a partir da observação, análise e experimentação de situações concretas como quedas, colisões, jogos, movimento de carros, reconhecer a conservação da quantidade de movimento linear e angular e, por meio delas, as condições impostas aos movimentos;
- e) reconhecer as causas da variação de movimentos, associando as intensidades das forças ao tempo de duração das interações para identificar, por exemplo, que na colisão de um automóvel o *airbag* aumenta o tempo de duração da colisão para diminuir a força de impacto sobre o motorista;
- f) utilizar a conservação da quantidade de movimento e a identificação de forças ou torques para fazer análises, previsões e avaliações de situações cotidianas que envolvem movimentos;
- g) identificar formas e transformações de energia associadas aos movimentos reais, avaliando, quando pertinente, o trabalho envolvido e o calor dissipado, como, por exemplo, em uma freada ou em uma derrapagem;
- h) a partir da conservação da energia de um sistema, quantificar suas transformações e a potência disponível ou necessária para sua utilização, estimando, por exemplo, o combustível gasto para subir uma rampa ou a potência do motor de uma escada rolante;
- i) acompanhar a evolução dos processos de utilização de potência mecânica e as implicações sociais e tecnológicas a eles associadas ao longo dos tempos

(como, por exemplo, na evolução dos meios de transportes ou de máquinas mecânicas);

- j) diante de situações naturais ou em artefatos tecnológicos, distinguir situações de equilíbrio daquelas de não equilíbrio (estático ou dinâmico);
- k) estabelecer as condições necessárias para a manutenção do equilíbrio de objetos, incluindo situações no ar ou na água;
- l) reconhecer processos pelos quais pode ser obtida amplificação de forças em ferramentas, instrumentos ou máquinas.

**ANEXO 3 – Os principais objetivos do tema “universo, Terra e vida”.**

- a) conhecer as relações entre os movimentos da Terra, da Lua e do Sol para a descrição de fenômenos astronômicos (duração do dia e da noite, estações do ano, fases da lua, eclipses etc.);
- b) compreender as interações gravitacionais, identificando forças e relações de conservação, para explicar aspectos do movimento do sistema planetário, cometas, naves e satélites;
- c) conhecer as teorias e modelos propostos para a origem, evolução e constituição do Universo, além das formas atuais para sua investigação e os limites de seus resultados no sentido de ampliar sua visão de mundo;
- d) reconhecer ordens de grandeza de medidas astronômicas para situar a vida (e vida humana), temporal e espacialmente no Universo e discutir as hipóteses de vida fora da Terra;
- e) conhecer aspectos dos modelos explicativos da origem e constituição do Universo, segundo diferentes culturas, buscando semelhanças e diferenças em suas formulações;
- f) compreender aspectos da evolução dos modelos da ciência para explicar a constituição do Universo (matéria, radiação e interações) através dos tempos, identificando especificidades do modelo atual;
- g) identificar diferentes formas pelas quais os modelos explicativos do Universo influenciaram a cultura e a vida humana ao longo da história da humanidade e vice-versa.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Medidas de comprimento, tempo e massa.

A unidade 1 tem como assunto a Física e suas relações com as medidas de comprimento, tempo e massa. Os objetivos específicos dessa unidade são:

- a) utilizar as unidades de comprimento, tempo e massa adotadas no S.I (Sistema Internacional de Unidades);
- b) transformar as unidades de tempo, hora ou minuto em segundos;
- c) transformar as unidades de massa, grama ou miligrama em quilograma;
- d) transformar as unidades de comprimento, centímetro, quilômetro, milímetro em metro;
- e) aprender a exprimir os números em notação científica;
- f) compreender os Algarismos significativos e sua importância;
- g) determinar a ordem de grandeza de uma medida.

Inicialmente, durante a 1ª aula/momento, o aluno pesquisou algumas palavras-chave que o professor colocou no quadro branco, tais como:

- h) tempo e suas unidades;
- i) comprimento e suas unidades;
- j) massa e suas unidades;
- k) algarismo significativo;
- l) notação científica;
- m) ordem de grandeza.

A pesquisa e elaboração da síntese do assunto foi feita no intervalo de tempo de 45 minutos. Durante esse primeiro momento o professor orientou os grupos como fazer a confecção das apresentações das sínteses e corrigiu alguns erros cometidos.

Na 2ª aula/momento cada grupo apresentou a síntese elaborada por meio de cartaz, *power-point* ou no quadro-branco. Os outros grupos foram estimulados a participarem da apresentação através de um debate/discussão entre professor e os próprios alunos.

Na 3ª aula/momento os alunos responderam ao questionário pré-experiência da unidade 1, de problematização inicial que teve como objetivo avaliar a capacidade de reter e compreender os conhecimentos próprios e adquiridos nas aulas anteriores.

- 1) Uma corrida de fórmula 1 tem início às 9h15min30s e termina às 11h5min20s. Determine o intervalo de tempo de duração dessa corrida.

- 2) Uma balança digital de cozinha registra a massa de um pacote de batatas como sendo igual a 1350 gramas. Qual o valor dessa massa em quilogramas (kg)?
- 3) Um aluno faz as medidas do comprimento e da largura da mesa do professor e encontra os seguintes valores: 80 cm de comprimento e 400 mm de largura. Calcule o perímetro da mesa do professor em metros (m).
- 4) Uma partida de futebol tem a duração de 90 minutos, sem os acréscimos. Calcule o tempo de duração de uma partida de futebol em horas (h) e em segundos (s).
- 5) Em uma partida de futebol entre fortaleza e ceará ocorrida no estádio castelão no ano de 2009 foi registrado um público de 54300 pessoas. Expresse o valor desse público em notação científica. Qual a ordem de grandeza desse público?
- 6) Um estudante da Escola Mariano Martins caminha de sua casa até a referida escola com passos regulares de 60 cm de comprimento a uma razão de 1 passo por segundo. Se ele leva 30 minutos para fazer esse trajeto, qual a distância, em “m” e “km”, entre a sua casa e a escola?

Na 4ª aula/momento ocorreu a montagem e realização da experiência que foi feita na própria sala de aula com materiais trazidos pelos próprios alunos e professor.

1) material utilizado:

- régua milimetrada
- trena
- fita métrica
- balança de cozinha
- livros
- cronômetro

Figura 3 – Balança de cozinha.



Fonte: <http://www.taqi.com.br/product.aspx?idproduct=4764&idDept=101430277>

## 2) Procedimentos:

Utilizar a régua milimetrada para medir o comprimento e a largura da mesa do professor. Anotar os resultados. Utilizar a balança digital para medir a massa do livro. Anotar o resultado. Sair da sala de aula e ir para a quadra de esportes da escola. Utilizar a trena para medir o comprimento e a largura da quadra. Calcular o seu perímetro. Percorrer o perímetro da quadra, em passos iguais, medindo o intervalo de tempo que o aluno gasta para percorrê-lo. Anotar o resultado. Colocar todas as medidas em unidades do SI.

Na 5ª aula/momento os grupos que estavam no laboratório de informática pesquisaram sobre medidas de comprimento, tempo e massa por meio da internet, elaborando um resumo sobre o que viram e aprenderam durante a aula.

O aluno após analisar os resultados anotados, transformações efetuadas, respondeu ao questionário pós-experiência da unidade 1, durante a 6ª aula/momento.

- 1) Você possui três instrumentos de medidas de comprimento: uma régua, uma trena e uma fita métrica. Escolha o melhor instrumento para fazer as seguintes medidas e justifique a sua escolha.
  - a) O comprimento de uma quadra de esportes.
  - b) A largura do seu livro.
  - c) A circunferência de um copo cilíndrico.
- 2) O ser humano utilizou, ao longo dos séculos, vários instrumentos para medir o tempo, por exemplo: o relógio de sol (*gnômon*), o relógio de areia (ampulheta), o relógio mecânico, o relógio de quartzo e os relógios atômicos. Desses, o mais preciso é o relógio atômico que usam as ressonâncias dos átomos como parâmetro para medir tempo e frequência. Qual deles é o menos preciso? Por que?
- 3) A duração de uma aula em uma escola no turno da noite é de 45 minutos. Após uma noite de 4 aulas, quantos segundos de aulas os alunos tiveram? É aconselhável falar em segundos de aula? Justifique.
- 4) Dona Maria, mãe de uma aluna da Escola Mariano Martins, faz bolos para uma padaria. Para fazer um bolo, ela gasta uma colher de sopa de manteiga (20 g), 2 xícaras de chá de açúcar (250 g), 2 xícaras de farinha de trigo (200 g) e uma colher de sopa de fermento (5 g), sem contar com os ingredientes líquidos. Considerando que ela tem uma encomenda de 100 bolos, qual a massa total de ingredientes, em quilogramas (kg)?

- 5) Um pequeno cão tem massa, peso na linguagem popular, igual a 2580 g. Coloque o peso desse cão em notação científica e diga a sua ordem de grandeza.
- 6) A medida do quadro branco de uma sala de aula foi feita por dois alunos. O aluno Pedro, usando uma régua, encontrou a medida de 90 cm para a altura do quadro. Já o aluno Paulo, usando uma trena, encontrou a medida de 5,2 m para o comprimento desse mesmo quadro. Calcule a medida do perímetro, em metros, desse quadro.

Após a resolução do questionário pós-experiência, professor e alunos fizeram um debate/discussão sobre a importância da realização dessa experiência e a consequente aprendizagem do assunto ministrado.

## APÊNDICE B – Movimento retilíneo uniformemente variado.

A unidade 3 tem como assunto o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (M.R.U.V.) e seus objetivos específicos são:

- a) definir aceleração;
- b) classificar e diferenciar movimento acelerado de um movimento retardado;
- c) caracterizar um movimento variado;
- d) conhecer as equações do M.R.U.V. e saber aplicá-las corretamente;
- e) classificar as grandezas em escalares e vetoriais conforme suas características.

Inicialmente, durante a 1<sup>o</sup> aula/momento, o aluno pesquisou algumas palavras-chave que o professor colocou no quadro branco, tais como:

- f) aceleração;
- g) movimento acelerado;
- h) movimento retardado;
- i) equação horária da velocidade do M.R.U.V.;
- j) equação horária do espaço do M.R.U.V.;
- k) equação de Torricelli;
- l) grandeza escalar;
- m) grandeza vetorial.

A pesquisa e elaboração da síntese do assunto foi feita no intervalo de tempo de 45 minutos. Durante esse primeiro momento o professor orientou os grupos como fazer a confecção das apresentações das sínteses e corrigiu alguns erros cometidos.

Na 2<sup>a</sup> aula/momento cada grupo apresentou a síntese elaborada por meio de cartaz, *power-point* ou no quadro-branco. Os outros grupos foram estimulados a participarem da apresentação através de um debate/discussão entre professor e os próprios alunos.

Na 3<sup>a</sup> aula/momento os alunos responderam ao questionário pré-experiência da unidade 3, de problematização inicial que teve como objetivo avaliar a capacidade de reter e compreender os conhecimentos próprios e adquiridos nas aulas anteriores.

- 1) Que tipo de velocidade o velocímetro de um automóvel indica?
- 2) Por que não tem sentido falar em movimento retardado quando o automóvel parte do repouso?
- 3) O que você entende quando alguém lhe diz que um móvel está desacelerando?
- 4) Um motorista observa que o semáforo está amarelo. Que tipo de movimento ele deve fazer para não ultrapassar o sinal vermelho?

5) O que significa dizer que um automóvel está acelerando a uma razão de  $2,0 \text{ m/s}^2$ ?

6) Um automóvel está aumentando sua aceleração, o que acontece com a distância percorrida por ele em cada intervalo de tempo igual a 1,0 segundo?

Após a entrega do questionário pré-experiência respondido, houve um debate/discussão entre o professor e os grupos sobre as respostas dadas e suas justificativas.

Na 4ª aula/momento ocorreu a montagem e realização da experiência feita no laboratório de ciências com materiais trazidos pelos próprios alunos e professor.

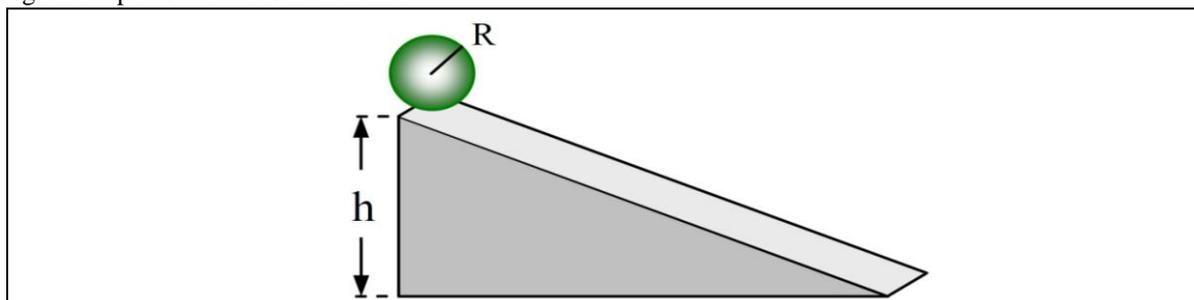
1) material utilizado:

- calha de alumínio.
- esfera de aço.
- cronômetro
- transferidor
- trena
- calculadora

2) Procedimentos:

Apoiar a calha de alumínio em alguns livros e medir o ângulo de inclinação em relação à mesa com o transferidor. Em seguida, utilizar a trena para medir as distâncias ao longo da calha, marcando com um traço na calha os pontos zero, 50 cm, 100 cm e 150 cm. Soltar a esfera de aço, isto é, partir do repouso. Deixar a esfera percorrer as distâncias de 50 cm, 100 cm e 150 cm, sucessivamente. Construir um quadro indicando na coluna 1 os valores de  $\Delta s$  (distância percorrida), em cm, e na coluna 2 os valores de  $\Delta t$  (intervalo de tempo gasto), em s, medidos no cronômetro. Repetir os procedimentos acima com um ângulo de inclinação diferente. Fazer três quadros com ângulos de inclinação diferentes.

Figura 4 – plano inclinado de altura  $h$ .



Na 5ª aula/momento os grupos que estavam no laboratório de informática observaram e analisaram o movimento retilíneo uniformemente variado, a partir dos experimentos virtuais no *site* do PhET e/ou NOA, elaborando assim um relatório sobre a experiência.

O aluno analisou os quadros que confeccionou e respondeu ao questionário pós-experiência da unidade 3, durante a 6ª aula/momento.

- 1) Calcule a aceleração média da esfera para cada ângulo de inclinação.
- 2) Calcule a velocidade da esfera, utilizando a equação  $v = v_0 + a.t$ , em cada instante  $t$ , considerando a velocidade inicial,  $v_0$ , nula.
- 3) A esfera percorre espaços iguais em tempos iguais?
- 4) A aceleração é, aproximadamente constante, para cada ângulo de inclinação?
- 5) O que acontece com a aceleração quando o ângulo de inclinação aumenta?
- 6) O que acontece com a velocidade com o passar do tempo?

Professor e alunos fizeram um debate/discussão sobre a importância da realização dessa experiência e a consequente aprendizagem do assunto ministrado.

## APÊNDICE C – Queda livre.

A unidade 4 tem como assunto a queda livre dos corpos e seus objetivos específicos são:

- a) caracterizar os movimentos verticais em acelerado e retardado;
- b) conceituar aceleração da gravidade e saber como calculá-la;
- c) descrever um movimento de queda livre;
- d) compreender a força de resistência do ar;
- e) conhecer um pouco da história de Galileu Galilei.

Na 1ª aula/momento foram colocadas as palavras-chave no quadro para os alunos pesquisarem, tais como:

- f) resistência do ar;
- g) queda livre;
- h) aceleração da gravidade;
- i) Galileu Galilei;
- j) Altura;
- k) lançamento vertical.

A pesquisa e elaboração da síntese do assunto foi feita no intervalo de tempo de 45 minutos. Durante esse primeiro momento o professor orientou os grupos como fazer a confecção das apresentações das sínteses e corrigiu alguns erros cometidos.

Na 2ª aula/momento cada grupo apresentou a síntese elaborada por meio de cartaz, *power-point* ou no quadro-branco. Os outros grupos foram estimulados a participarem da apresentação através de um debate/discussão entre professor e os próprios alunos.

O professor tirou algumas dúvidas com referência ao assunto dessas palavras e começou a 3ª aula/momento com os alunos respondendo ao questionário pré-experiência da unidade 4, de problematização inicial.

- 1) Um policial dá um tiro para cima. É possível que a bala o atinja? Justifique.
- 2) Como você poderia determinar a profundidade de um poço dispondo apenas de uma pedra e um cronômetro?
- 3) Um professor deixa cair, simultaneamente, uma bolinha de papel e um apagador, de uma mesma altura do solo, 2 m por exemplo. Quem chega primeiro ao solo?
- 4) O que acontece com a velocidade de uma pedra quando você a joga para cima? Que tipo de movimento é este?

5) Qual o valor da velocidade da pedra no ponto em que ela alcança a altura máxima? E o valor da aceleração?

6) É possível um objeto ter velocidade nula e aceleração não nula em um ponto?

Na 4ª aula/momento foi feita a montagem e a prática experimental com os materiais trazidos pelos próprios alunos.

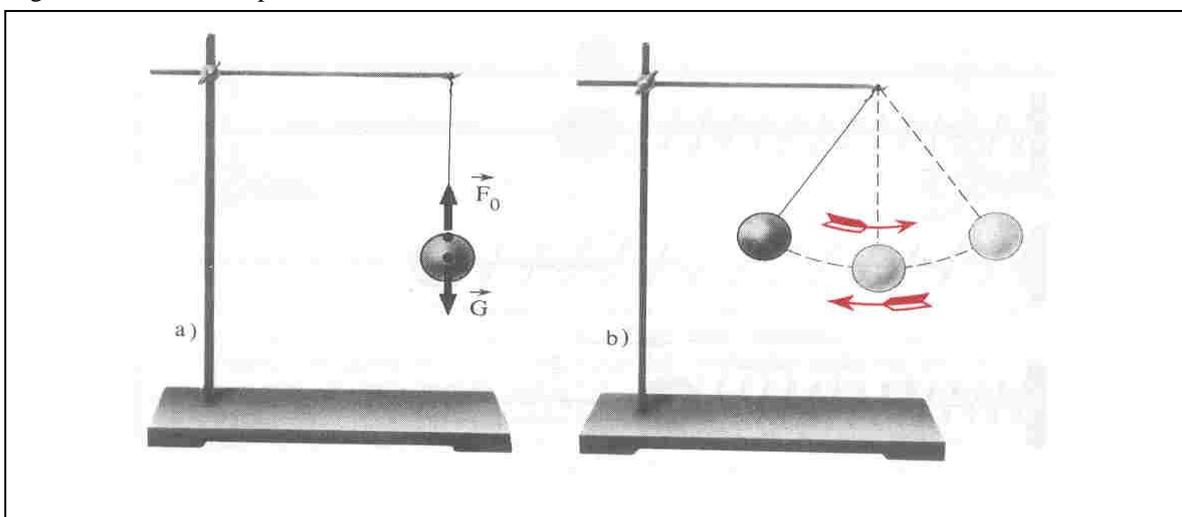
1) material utilizado:

- suporte com garra
- cronômetro
- cordão
- cliques
- borracha

2) procedimentos:

Primeiramente, cortar um pedaço de cordão com 60 cm de comprimento. Utilizar o clipe para amarrar a borracha no cordão. Pendurar o cordão no suporte ou na mesa do professor, deixando-o na vertical. Incliná-lo por cerca de 30° com a vertical. Soltar a borracha e marcar o tempo de 10 oscilações completas do pêndulo. Dividir o valor do tempo das dez oscilações por dez. O valor encontrado é o período do pêndulo. Repetir o procedimento acima usando um cordão de 30 cm de comprimento. Comparar os resultados. Usar o valor do período para calcular a aceleração da gravidade “ $g_e$ ” a partir da fórmula  $T = 2\pi\sqrt{L/g_e}$ .

Figura 5 – Pêndulo simples.



Na 5ª aula/momento os grupos que estavam no laboratório de informática observaram e analisaram a queda livre dos corpos, a partir dos experimentos virtuais no *site* do PhET e/ou NOA, elaborando assim um relatório sobre a experiência.

O aluno analisou os quadros que confeccionou e respondeu ao questionário pós-experiência durante a 6ª aula/momento.

- 1) O tempo de queda da bola de gude e da bolinha de papel são, aproximadamente, iguais. Justifique.
- 2) Se em vez de uma borracha você utilizasse um objeto de maior massa, por exemplo, um livro, o que aconteceria com o período do pêndulo?
- 3) Compare o resultado da aceleração da gravidade “ $g_e$ ” que você encontrou no experimento com a aceleração da gravidade “ $g$ ” do livro. Houve alguma diferença? O que você acha que aconteceu?
- 4) O que significa uma aceleração da gravidade “ $g$ ” igual a  $10,0 \text{ m/s}^2$ ?
- 5) O valor da aceleração da gravidade nas proximidades da superfície terrestre é igual a  $g$ , aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ . Pesquise e compare as acelerações de alguns animais e carros em função de  $g$ .
- 6) Considerando a aceleração da gravidade nas proximidades da superfície terrestre constante e usando a equação  $H = (g \cdot t^2)/2$  o que acontece com a altura de queda da bola quando o tempo é duplicado?

Logo após a resolução do questionário, mas ainda durante a 6ª aula/momento foi realizado um debate/discussão entre professor-aluno sobre as respostas dadas com a devida intervenção do professor mostrando os erros e acertos. Os alunos apresentaram grandes dificuldades matemáticas para encontrar os valores corretos da aceleração da gravidade por meio da fórmula  $T = 2\pi\sqrt{L/g_e}$ .

## APÊNDICE D – Lançamento horizontal e oblíquo.

A unidade 5 tem como assunto Lançamento Horizontal e Oblíquo de um projétil, tendo como objetivos específicos:

- a) analisar a direção e sentido da velocidade em cada instante do lançamento horizontal e oblíquo;
- b) analisar a direção e sentido da aceleração em cada instante do lançamento horizontal e oblíquo;
- c) calcular o módulo da velocidade em cada instante do percurso do projétil;
- d) calcular o alcance horizontal do projétil;
- e) compreender como parabólica a trajetória do projétil e calcular o seu tempo de queda;
- f) calcular a altura máxima alcançada por um projétil no lançamento oblíquo;
- g) compreender como se obtém o alcance máximo no lançamento oblíquo.

Os alunos foram incentivados a pesquisar no livro-texto durante a 1ª aula/momento a partir das seguintes palavras-chave colocadas no quadro pelo professor, tais como:

- h) direção da velocidade e aceleração;
- i) módulo da velocidade;
- j) tempo de subida e descida;
- k) ângulo de lançamento;
- l) alcance horizontal;
- m) altura;
- n) alcance máximo alcançado;
- o) velocidade mínima.

A pesquisa e elaboração da síntese do assunto foi feita no intervalo de tempo de 45 minutos. Durante esse primeiro momento o professor orientou aos grupos como fazer a confecção das apresentações das sínteses e corrigiu alguns erros cometidos.

Na 2ª aula/momento cada grupo apresentou a síntese elaborada por meio de cartaz, *power-point* ou quadro-branco. Os outros grupos foram estimulados a participarem da apresentação através de um debate/discussão feitas entre professor e os próprios alunos.

O professor tirou algumas dúvidas com referência ao assunto dessas palavras e começou a 3ª aula/momento com os alunos respondendo ao questionário pré-experiência da unidade 5, de problematização inicial.

- 1) Desenhe a trajetória de um projétil que foi lançado horizontalmente de cima de uma mesa até alcançar o solo.
- 2) Em que ponto a velocidade do projétil é máxima no lançamento horizontal? Justifique.
- 3) Uma bola de gude rola sobre uma mesa horizontal e cai. Despreze a resistência do ar. Existe alguma relação entre a velocidade da bola de gude e o tempo que ela leva para atingir o solo depois que abandona a mesa? Justifique.
- 4) O jogador de basquete da seleção brasileira arremessou a bola e fez uma cesta de três pontos. Desenhe a trajetória desta bola. Em que instante a velocidade da bola será mínima? Justifique.
- 5) Uma arma de brinquedo, inclinada de certo ângulo, é dirigida em linha reta para um alvo, quando dispara uma pequena bala no mesmo instante em que o alvo é solto, através de um dispositivo eletromagnético, caindo em queda livre. A bala sempre, nunca ou às vezes atingirá o alvo? Justifique.
- 6) Um canhão dispara uma bala fazendo um ângulo de  $30^\circ$  com o solo que é horizontal e plano. Despreze a resistência do ar. O que acontece com a velocidade da bala e sua aceleração durante todo o movimento? Faça um desenho da trajetória da bala mostrando os vetores velocidade e aceleração em cada instante.

Na 4ª aula/momento foram feitas a montagem e prática experimental com ajuda dos alunos que trouxeram alguns dos materiais utilizados durante a experiência. No laboratório da escola tinha uma calha semicircular.

1) material utilizado:

- bola de gude.
- cronômetro
- trena
- calha semicircular.
- papel carbono

2) procedimentos:

Utilizar uma trena para medir a altura (H) da base da calha em relação ao solo plano e horizontal. Abandonar a bola de gude na base da calha em 3 ocasiões, deixando-a cair

na direção vertical e medir o seu tempo de queda através do cronômetro para cada ocasião. Construir uma tabela com os valores de  $\Delta t$  (intervalo de tempo de queda) e fazer a média aritmética destes tempos ( $\Delta t_m$ ). Logo após, abandonar a bola de gude do topo da calha em 3 ocasiões, medindo o alcance horizontal obtido através das marcas no papel carbono colocado sobre o chão. Construir um quadro com os valores de  $\Delta s$  (alcance horizontal) e fazer uma média aritmética destes alcances ( $\Delta s_m$ ).

Figura 6 – Calha semicircular.



Fonte: <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=azed&cod=conjuntoparaestudodelanc&action=print>

Na 5ª aula/momento os grupos que estavam no laboratório de informática observaram e analisaram os lançamentos horizontal e oblíquo, a partir dos experimentos virtuais no *site* do PhET e/ou NOA, elaborando assim um relatório sobre a experiência.

O aluno analisou os quadros que confeccionou e, em seguida, respondeu ao questionário pós-experiência durante a 6ª aula/momento.

- 1) Utilizando o valor da altura  $H$  e a equação  $H = g \cdot t^2 / 2$ , calcule o tempo de queda da bola de gude. Considere “ $g$ ” constante e igual a  $10 \text{ m/s}^2$ . Compare os valores obtidos com o intervalo de tempo médio experimental. Justifique esses valores.
- 2) Utilizando os valores do alcance horizontal médio e do intervalo de tempo médio, calcule a velocidade de lançamento horizontal, a partir da equação  $\Delta s = V_x \cdot \Delta t$ .
- 3) O que aconteceria com o alcance horizontal da bola de gude se a velocidade de lançamento horizontal fosse aumentada? Considere a altura  $H$  constante.

- 4) O que aconteceria com o tempo de queda da bola de gude se a velocidade de lançamento horizontal fosse aumentada? Considere a altura H constante.
- 5) Utilizando os valores da velocidade de lançamento horizontal e do intervalo de tempo médio, calcule a velocidade de chegada ao solo da bola de gude, a partir das equações  $V_y = g.t$  e  $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ .
- 6) Dois corpos A e B de massas diferentes são lançados horizontalmente da mesma altura H com velocidades diferentes. Despreze a resistência do ar. Quem chega primeiro ao solo?

Em seguida, durante a 6ª aula/momento foi realizada uma discussão entre os alunos sobre as respostas dadas com a devida intervenção do professor mostrando os erros e acertos.

Ao final desta experiência, os alunos foram capazes de relacionar altura e tempo de queda de um projétil, verificar que o tempo de queda não depende da velocidade horizontal de lançamento, compreender que o lançamento horizontal é um caso particular do lançamento oblíquo e interpretar e comparar os dados obtidos na prática com os dados teóricos do livro-texto.

## APÊNDICE E – Lei da inércia.

A unidade 6 tem como assunto a 1ª lei de Newton ou princípio da inércia e seus objetivos específicos são:

- a) enunciar e compreender a 1ª lei de Newton;
- b) relacionar massa e inércia;
- c) diferenciar massa e peso;
- d) compreender a função do dinamômetro;
- e) compreender a relação entre massa, aceleração e força;
- f) definir referencial inercial e sua relação com as Leis de Newton.

Durante a 1ª aula/momento o professor colocou no quadro algumas palavras-chave para os alunos pesquisarem no livro-texto, tais como:

- g) força;
- h) massa;
- i) peso;
- j) dinamômetro;
- k) 1ª Lei de Newton;
- l) tipos de equilíbrio;
- m) referencial inercial.

A pesquisa e elaboração da síntese do assunto foi feita no intervalo de tempo de 45 minutos. Durante esse primeiro momento o professor orientou aos grupos como fazer a confecção das apresentações das sínteses e corrigiu alguns erros cometidos.

Na 2ª aula/momento cada grupo apresentou a síntese elaborada por meio de cartaz, *power-point* ou quadro-branco. Os outros grupos foram estimulados a participarem da apresentação através de um debate/discussão entre professor e os próprios alunos.

Em seguida o professor fez uma explanação do assunto em pauta e tirou algumas dúvidas com referência às palavras pesquisadas, começando, assim, a 3ª aula/momento com os alunos respondendo ao questionário pré-experiência de problematização inicial.

- 1) Você já deve ter observado alguma vez que, quando um automóvel freia bruscamente, os ocupantes do móvel tendem a ser lançados para à frente. Por que isto ocorre? Explique este fato.
- 2) Algumas pessoas conseguem tirar a toalha de uma mesa com objetos sobre ela puxando-a rapidamente, de modo que os objetos permaneçam em seus lugares sobre a mesa. Explique este fato com argumentos físicos.

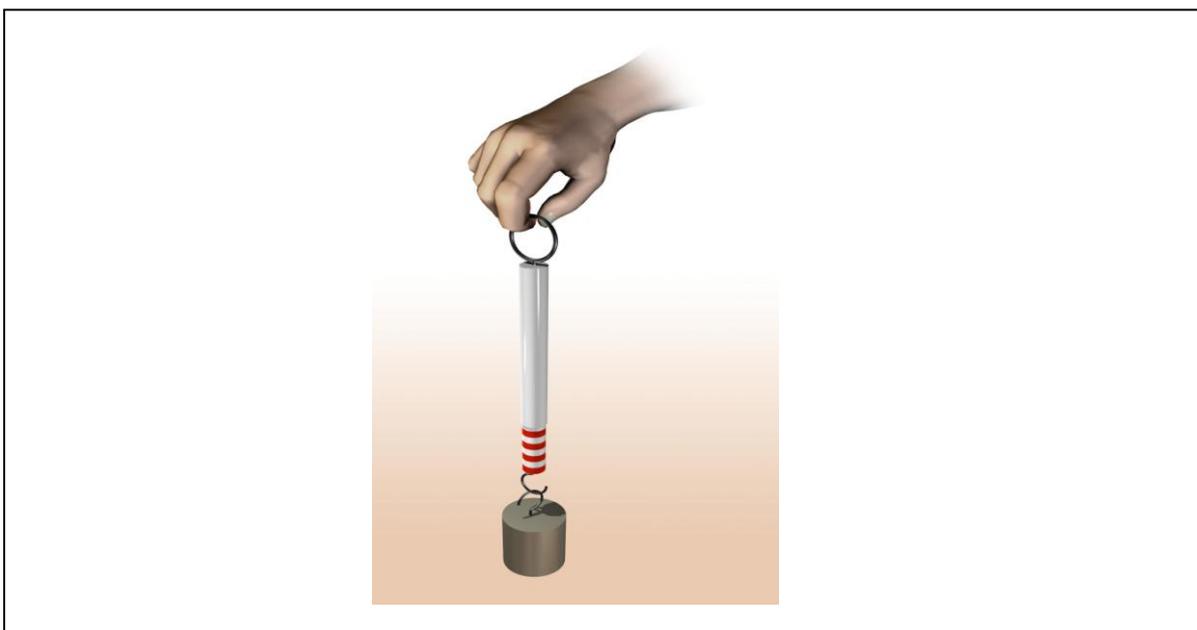
- 3) A resultante das forças exercidas sobre um bloco apoiado sobre um plano é nula. Você pode afirmar que esse bloco está parado em relação a esse plano? Justifique.
- 4) Pode haver movimento mesmo na ausência de forças, isto é, força resultante nula? Justifique.
- 5) Um bloco se desloca da esquerda para a direita, sobre uma mesa plana e horizontal, em movimento retilíneo e uniforme. Qual a direção e o sentido da resultante das forças que agem sobre o bloco?
- 6) Um lápis é solto e cai de uma altura pequena em relação ao chão. Por que o lápis sempre cai, nunca sobe quando é solto?

Na 4ª aula/momento foi feita a montagem e a prática experimental com ajuda dos alunos que trouxeram alguns materiais que foram utilizados durante a experiência.

1) material utilizado:

- livro
- garrafa d'água
- toalha lisa e fina
- dinamômetro
- madeira
- fio de algodão

Figura 7 – Dinamômetro e um peso.



2) procedimentos:

Primeiramente, colocar uma toalha lisa e fina sobre uma mesa plana e horizontal e sobre esta um livro. Puxar rapidamente a toalha. Em seguida, fazer o mesmo experimento com a garrafa d'água. Logo após, repetir o experimento com o livro e a garrafa d'água juntos. No segundo momento usando o fio de algodão amarrar o livro e pendurá-lo no dinamômetro, medindo o seu peso, em newtons (N). Repetir o experimento usando a garrafa d'água. Em seguida, usar um pedaço de madeira para fazer um plano inclinado. Colocar o livro sobre o plano inclinado e medir, com o dinamômetro, o seu peso. Repetir o procedimento usando a garrafa d'água. Anotar, no caderno, os resultados e compará-los.

Na 5ª aula/momento, os grupos que estavam no laboratório de informática observaram e analisaram o princípio da inércia, a partir dos experimentos virtuais no *site* do PhET e/ou NOA, elaborando assim um relatório sobre a experiência.

Em seguida, a partir da pesquisa realizada e da prática feita, os alunos responderam ao questionário pós-experiência no decorrer da 6ª aula/momento.

- 1) No primeiro momento da experiência, se você puxasse a toalha vagarosamente, o que aconteceria? Discutir, usando argumentos físicos.
- 2) Um passageiro de um carro que não está usando o cinto de segurança viaja a uma velocidade constante de 80 km/h. De repente, sem variar o módulo da velocidade, o carro faz uma curva fechada para a direita e o passageiro se choca contra a porta do lado esquerdo do carro. Usando argumentos físicos, explique o que aconteceu.
- 3) As embalagens de produtos alimentícios possuem expressões, como por exemplo, peso líquido: 2 kg. Esta expressão está correta? Como deveria ser a expressão correta? Calcule o peso líquido do produto.
- 4) Calcule a componente do peso do livro na direção do plano inclinado?
- 5) O famoso herói das histórias em quadrinhos, da televisão e do cinema, o super-homem, acelera o próprio corpo, freia e faz curvas sem utilizar sistemas propulsores como asas e foguetes, dentre outros. É possível a existência de um herói como o super-homem na vida real? Justifique, usando argumentos físicos.
- 6) Um rapaz mediu seu peso em duas oportunidades, encontrando os valores 700 N e 800 N. Isso é possível? Justifique.

Logo após a experiência, mas ainda durante a 6ª aula/momento foi realizada uma discussão entre os alunos sobre as respostas dadas com a intervenção do professor mostrando os erros e acertos.

## APÊNDICE F – Força de atrito.

A unidade 7 tem como assunto a força de atrito e seus objetivos específicos são:

- a) compreender a influência da força de atrito no movimento dos corpos;
- b) conceituar atrito dinâmico e atrito estático;
- c) diferenciar atrito dinâmico de atrito estático;
- d) discutir a dependência ou não da força de atrito em relação à velocidade e à área de contato do corpo que desliza sobre uma superfície;
- e) comparar os coeficientes de atrito estático e dinâmico entre alguns materiais.

Durante a 1ª aula/momento o professor colocou no quadro branco algumas palavras-chave para os alunos pesquisarem no livro-texto, tais como:

- f) força de atrito;
- g) atrito dinâmico;
- h) atrito estático;
- i) coeficiente de atrito.

A pesquisa e elaboração da síntese do assunto foi feita no intervalo de tempo de 45 minutos. Durante esse primeiro momento o professor orientou aos grupos como fazer a confecção das apresentações das sínteses e corrigiu alguns erros cometidos.

Na 2ª aula/momento cada grupo apresentou a síntese elaborada por meio de cartaz, *power-point* ou quadro-branco. Os outros grupos foram estimulados a participarem da apresentação através de um debate/discussão feitas entre professor e os próprios alunos.

Em seguida, o professor fez uma explanação do assunto em pauta e tirou algumas dúvidas com referência às palavras pesquisadas, começando, assim, a 3ª aula/momento com os alunos respondendo ao questionário pré-experiência de problematização inicial.

- 1) Por que nos dias de chuva é mais difícil frear um carro?
- 2) Sem o atrito, não seria possível caminhar, apenas mover as pernas, sem sair efetivamente do lugar. Justifique essa frase.
- 3) Por que as rodas de um automóvel carregado derrapam menos do que quando ele está sem carga?
- 4) Numa cena de um filme, o personagem puxa a toalha da mesa de um restaurante sem derrubar copos, pratos e talheres. Isso é possível? Qual a condição para que isso ocorra? Justifique.
- 5) Por que é mais fácil manter um corpo em movimento, escorregando sobre uma superfície, do que fazê-lo entrar em movimento sobre esta superfície?

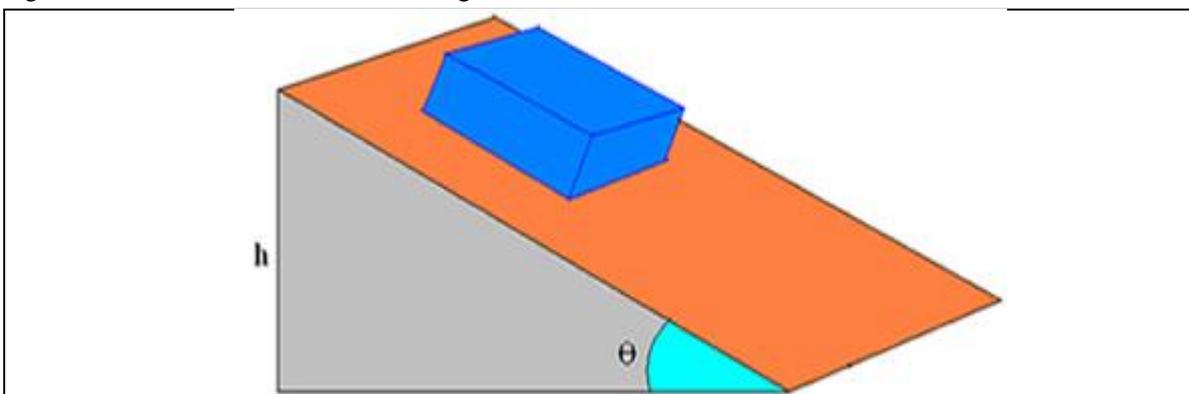
6) Um alpinista sobe por uma corda. Em que sentido atua a força de atrito entre suas mãos e a corda? E quando desce? Justifique.

Na 4ª aula/momento foi feita a montagem e a prática experimental com ajuda dos alunos que trouxeram alguns materiais que foram utilizados.

1) Material utilizado:

- apagador
- madeira
- transferidor
- tabela de razões trigonométricas

Figura 8 – Plano inclinado de altura  $h$  e ângulo  $\theta$ .



Fonte: <http://www.alunosonline.com.br/fisica/plano-inclinado.html>

2) Procedimentos:

Colocar o apagador sobre a madeira na posição horizontal. A seguir, inclinar a madeira bem devagar e observar o momento em que o apagador esteja a ponto de deslizar. Nesse momento, com a ajuda do transferidor, medir o ângulo de inclinação da madeira com a direção horizontal. Em seguida, com a ajuda da tabela de razões trigonométricas, calcular a tangente do ângulo medido. Esta tangente é o coeficiente de atrito que se procura. Virar o apagador e repetir o procedimento anterior. Observar os resultados e compará-los.

Na 5ª aula/momento os grupos que estavam no laboratório de informática observaram e analisaram o atrito estático e dinâmico, a partir dos experimentos virtuais no *site* do PhET e/ou NOA, elaborando assim um relatório sobre a experiência.

Em seguida, a partir da pesquisa realizada e da prática feita, os alunos responderam ao questionário pós-experiência no decorrer da 6ª aula/momento.

- 1) Qual a importância da força de atrito no movimento das pessoas, carros, etc? Faça um breve comentário.

- 2) Um bloco de peso igual a 400 N se encontra sobre um plano horizontal com o qual tem os seguintes coeficientes de atrito: dinâmico ( $\mu_d = 0,2$ ) e estático ( $\mu_e = 0,3$ ). Qual o módulo da força  $F$ , paralela ao plano, capaz de fazer o bloco entrar em movimento? E se mover em movimento retilíneo uniforme?
- 3) Um corpo se move para a direita sobre um plano horizontal. Para que lado, direito ou esquerdo, atua a força de atrito? Justifique.
- 4) Você arrasta um tijolo sobre uma mesa horizontal de duas maneiras diferentes: apoiando-o sobre a face de maior área, e, depois, sobre a face de menor área. Em qual dos dois casos a força de atrito é maior? E se o tijolo fosse arrastado sobre a areia da praia? Justifique.
- 5) A força de atrito estático é constante ou variável? E a força de atrito dinâmico?
- 6) Um automóvel de tração dianteira possui o eixo dianteiro das rodas ligado ao motor. As rodas dianteiras têm tração, e as de trás, não. Há automóveis de tração traseira e de tração nas quatro rodas. Qual o sentido da força de atrito sobre as rodas de um automóvel quando ele tem tração nas rodas traseiras e não, nas rodas dianteiras?

Logo após, mas ainda durante a 6ª aula/momento foi realizada uma discussão entre os alunos sobre as respostas dadas com a devida intervenção do professor mostrando os erros e acertos. Ao final desta experiência, os alunos foram capazes de compreender a importância da força de atrito nas diversas situações de movimento e repouso do nosso dia a dia.

## APÊNDICE G – Energia mecânica.

A unidade 8 tem como assunto a energia mecânica e seus objetivos específicos são:

- a) conceituar energia cinética;
- b) conceituar energia potencial gravitacional e elástica;
- c) enunciar o teorema da energia cinética;
- d) compreender a conservação da energia mecânica;
- e) analisar e conceituar as diferentes formas de energia.

Durante a 1ª aula/momento o professor colocou no quadro algumas palavras-chave para os alunos pesquisarem no livro-texto, tais como:

- f) energia cinética;
- g) energia potencial gravitacional;
- h) energia potencial elástica;
- i) energia mecânica;
- j) energia solar e energia eólica;
- k) energia química e energia térmica;
- l) energia elétrica.

A pesquisa e elaboração da síntese do assunto foi feita no intervalo de tempo de 45 minutos. Durante esse primeiro momento o professor orientou aos grupos como fazer a confecção das apresentações das sínteses e corrigiu alguns erros cometidos.

Na 2ª aula/momento cada grupo apresentou a síntese elaborada por meio de cartaz, *power-point* ou quadro-branco. Os outros grupos foram estimulados a participarem da apresentação através de um debate/discussão entre professor e alunos.

Em seguida o professor fez uma explanação do assunto em pauta e tirou algumas dúvidas com referência às palavras pesquisadas, começando, assim, a 3ª aula/momento com os alunos respondendo ao questionário pré-experiência de problematização inicial.

- 1) A energia cinética de um corpo depende do sentido do movimento do corpo? E do referencial?
- 2) Um garoto atira pedras com um estilingue. Qual a forma de energia armazenada pela borracha? Que forma de energia adquire a pedra?
- 3) Uma bola de tênis é largada de uma certa altura. Por que, ao bater no solo, a bola não pode alcançar uma altura maior do que aquela em que foi abandonada?

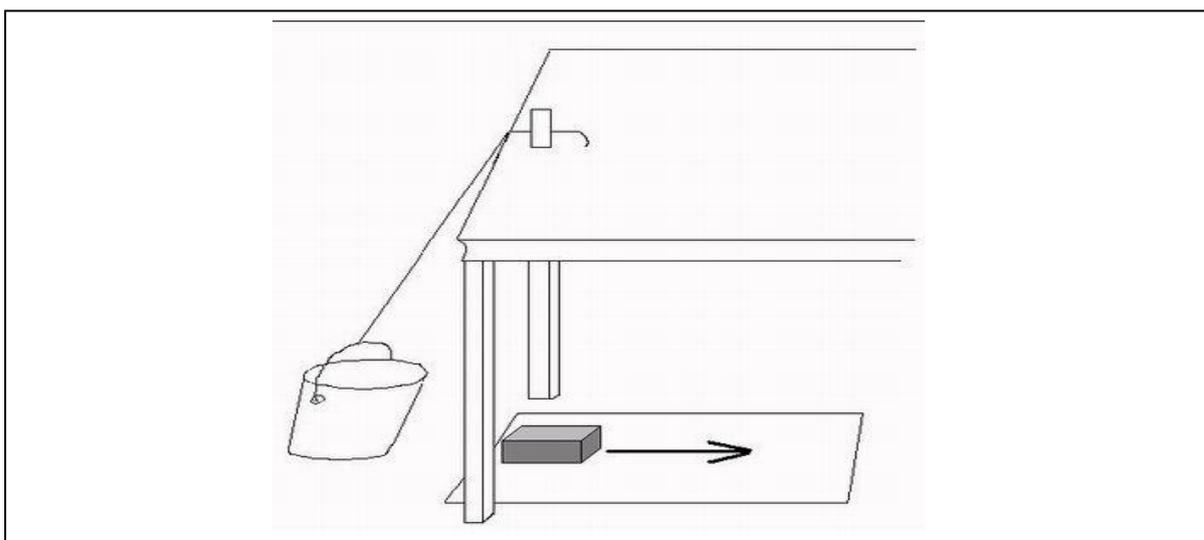
- 4) Uma pessoa dormindo tem energia cinética? Justifique, usando argumentos físicos.
- 5) O que acontece com as energias cinética, potencial gravitacional e mecânica quando um objeto está em queda livre?
- 6) Descreva pelo menos um dispositivo que converta as energias citadas a seguir:
  - a) química em elétrica;
  - b) mecânica em elétrica;
  - c) elétrica em térmica.

Na 4ª aula/momento foi feita a montagem e a prática experimental com ajuda dos alunos que trouxeram alguns materiais que foram utilizados.

1) Material utilizado:

- lata de leite em pó
- cordão
- bolas de gude
- mesa
- fita adesiva
- caixa papelão pequena

Figura 9 – Mesa e balde na conservação da energia mecânica.



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=3672>

2) Procedimentos:

Montar o balde com a lata de leite, 5 bolas de gude e o cordão. Prender o conjunto na mesa utilizando a fita adesiva. Ajustar o tamanho do cordão para que o balde quando

estiver oscilando, passe a cerca de 2 cm do chão. Posicionar a caixa de papelão no chão em frente ao balde. Levantar o balde até a altura da mesa, fazendo ele oscilar de modo a colidir com a caixa de papelão. Observar o que acontece. Repetir o procedimento, usando 10 bolas de gude no balde. Observar o que acontece e comparar os resultados.

Na 5ª aula/momento os grupos que estavam no laboratório de informática observaram e analisaram a conservação da energia mecânica, a partir dos experimentos virtuais no *site* do PhET e/ou NOA, elaborando assim um relatório sobre a experiência.

Em seguida, a partir da pesquisa realizada e da prática feita, os alunos responderam ao questionário pós-experiência no decorrer da 6ª aula/momento.

- 1) Um objeto de 2 kg é solto de uma altura  $h$  e chega ao solo com uma energia cinética igual a 200 joules (J). Qual o valor da energia cinética de um objeto de 4 kg ao ser abandonado da mesma altura  $h$ ?
- 2) No lançamento oblíquo de projéteis, a energia cinética inicial é maior do que a energia potencial gravitacional no ponto mais alto da trajetória. Justifique.
- 3) Um avião voa com velocidade de 900 km/h a 10000 m de altitude. Qual o valor da energia cinética e da energia potencial gravitacional de um passageiro do avião?
- 4) Um automóvel percorre uma estrada horizontal com velocidade constante, portanto a sua energia cinética não varia. Se não há variação de energia cinética, não há realização de trabalho sobre o automóvel, logo não há consumo de combustível. Esse raciocínio está correto? Explique.
- 5) Se um carro, movendo-se com velocidade “ $v$ ”, passa a se mover com velocidade “ $2v$ ”, o que ocorre com o valor de sua energia cinética?
- 6) Por que o carrinho da montanha-russa não precisa ter motor?

Logo após, mas ainda durante a 6ª aula/momento foi realizada uma discussão entre os alunos sobre as respostas dadas com a devida intervenção do professor mostrando os erros e acertos. Ao final desta experiência, os alunos foram capazes de compreender a importância da conservação da energia mecânica nas diversas situações do dia a dia.

## APÊNDICE H – Conservação da quantidade de movimento.

A unidade 9 tem como assunto a conservação da quantidade de movimento e seus objetivos específicos são:

- a) conceituar impulso de uma força;
- b) conceituar quantidade de movimento de um corpo;
- c) enunciar o teorema do impulso;
- d) compreender a relação entre impulso e quantidade de movimento;
- e) analisar e aplicar o princípio da quantidade de movimento em um sistema isolado;
- f) classificar os tipos de choques;
- g) relacionar o coeficiente de restituição ao tipo de choque.

Durante a 1ª aula/momento o professor colocou no quadro algumas palavras-chave para os alunos pesquisarem no livro-texto, tais como:

- h) impulso;
- i) quantidade de movimento;
- j) teorema do impulso;
- k) choque elástico;
- l) choque parcialmente elástico;
- m) choque inelástico;
- n) Coeficiente de restituição.

A pesquisa e elaboração da síntese do assunto foi feita no intervalo de tempo de 45 minutos. Durante esse primeiro momento o professor orientou aos grupos como fazer a confecção das apresentações das sínteses e corrigiu alguns erros cometidos.

Na 2ª aula/momento cada grupo apresentou a síntese elaborada por meio de cartaz, *power-point* ou quadro-branco. Os outros grupos foram estimulados a participarem da apresentação através de um debate/discussão feitas pelo professor e os próprios alunos.

Em seguida o professor fez uma explanação do assunto em pauta e tirou algumas dúvidas com referência às palavras pesquisadas, começando, assim, a 3ª aula/momento com os alunos respondendo ao questionário pré-experiência de problematização inicial.

- 1) Um vagão de trem isolado está se movendo sem atrito num trecho retilíneo e horizontal com velocidade constante. Ele transporta um monte de pedras e um menino. Se o menino começar a arremessar as pedras, mudará a velocidade do vagão?

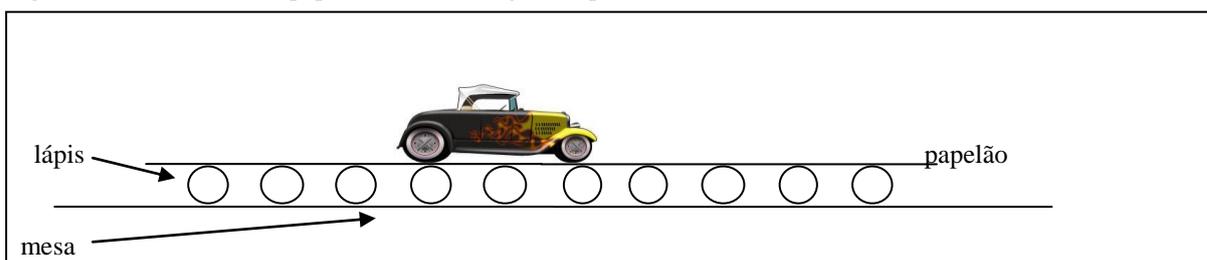
- 2) Suponha que na carroceria de um caminhão exista um reservatório de água, inicialmente vazio. Começa a chover e a chuva cai verticalmente. O reservatório começa a encher. O que acontecerá com a velocidade do caminhão?
- 3) Uma bolinha de aço cai verticalmente, a partir do repouso, atingindo uma chapa horizontal fixa no solo. O que significa dizer que o coeficiente de restituição desse choque é zero?
- 4) Um barco em repouso tem sua proa encostada num ancoradouro. Suponha o barco livre e despreze os atritos. Um homem caminha em direção à proa. Ele conseguirá atingir o ancoradouro? Justifique.
- 5) Em uma revista, leu-se que é impossível que uma bola tenha energia se sua quantidade de movimento for nula. Você concorda com essa afirmação. Justifique.
- 6) Uma situação corriqueira na aviação civil é a colisão de aves contra o parabrisa dos aviões. A inusitada colisão provoca uma brusca variação na quantidade de movimento da ave. Essa variação é maior, menor ou igual à variação da quantidade de movimento do avião? Por que os passageiros não percebem a variação da velocidade do avião?

Na 4ª aula/momento foi feita a montagem e a prática experimental com ajuda dos alunos que trouxeram alguns materiais que foram utilizados.

1) Material utilizado:

- dez lápis
- carrinho de fricção
- papelão
- livro
- mesa

Figura 10 – Carro sobre o papelão na conservação da quantidade de movimento.



Fonte: O autor.

## 2) Procedimentos:

Inicialmente, colocar os lápis em paralelo sobre uma mesa horizontal. Colocar o papelão sobre os lápis. Friccionar o carrinho e soltá-lo sobre o papelão. Observar o que acontece. Repetir o procedimento utilizando o livro sobre os lápis. Comparar e analisar os resultados.

Na 5ª aula/momento os grupos que estavam no laboratório de informática observaram e analisaram a conservação da quantidade de movimento, a partir dos experimentos virtuais no *site* do PhET e/ou NOA, elaborando assim um relatório sobre a experiência.

Em seguida, a partir da pesquisa realizada e da prática feita, os alunos responderam ao questionário pós-experiência no decorrer da 6ª aula.

- 1) Um ônibus urbano, trafegando por uma avenida de Fortaleza, colide na parte traseira de um carro de passeio que se encontra parado em um semáforo. Nessa situação,  $v_o$  e  $v_c$ , são, respectivamente, as velocidades escalares finais do ônibus e do carro, imediatamente após o choque. Sendo as quantidades de movimento do sistema  $Q_i$  antes do choque e  $Q_f$  após o choque, pergunta-se:
  - a) a velocidade  $v_o$  é maior, menor ou igual a  $v_c$ ? Justifique.
  - b) a quantidade de movimento  $Q_i$  é maior, menor ou igual a  $Q_f$ ? Justifique.
- 2) Buscando melhorar a segurança de seus veículos, as fábricas de automóveis fazem testes de impacto, a fim de avaliar os efeitos sobre a estrutura dos carros e sobre seus ocupantes. Como resultado dessa iniciativa, as pesquisas têm conduzido à construção de carros com carroceria menos rígida, que se deformam com mais facilidade em caso de colisão. Explique essa afirmação usando argumentos físicos.
- 3) Um bombardeiro voa horizontalmente com velocidade “ $v$ ”. Quando as balas de uma metralhadora, situada na cauda do avião, são disparadas para trás, a velocidade dele aumenta. Você acha que a modificação na velocidade do avião é razoável? Explique o fato, usando argumentos físicos.
- 4) Uma bola de borracha cai verticalmente de uma altura  $h_1$ , bate contra o piso horizontal e rígido, e volta alcançando a altura  $h_2$ . Se a altura  $h_2$  é menor que a altura  $h_1$ , que tipo de choque ocorreu? Justifique.
- 5) Um homem e uma criança caminham sobre patins, numa mesma direção, mas em sentidos opostos. O homem, de massa igual a 80 kg, vem com velocidade de 3 m/s, enquanto a criança vai numa velocidade de 6 m/s. Considerando que

a criança tem massa de 40 kg e que, ao se encontrarem, eles se abraçam, pergunta-se:

a) o que acontece com o movimento dos dois, no momento do abraço? Por que?

b) como você classificaria essa colisão? Justifique.

6) Cite 3 exemplos de situações do cotidiano em que você observa a conservação da quantidade de movimento.

Logo após, mas ainda durante a 6ª aula/momento foi realizada uma discussão entre os alunos sobre as respostas dadas com a devida intervenção do professor mostrando os erros e acertos. Ao final da experiência, os alunos foram capazes de compreender a importância da conservação da quantidade de movimento durante as colisões e nas diversas situações do nosso cotidiano.