



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Sociedade Brasileira de Física
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

**PROPOSTA DIDÁTICA DIFERENCIADA PARA O ESTUDO DOS
PRINCÍPIOS DA DINÂMICA, EM NÍVEL FUNDAMENTAL, COM
ÊNFASE NA EXPERIMENTAÇÃO E NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

Campos dos Goytacazes/RJ



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE



Aluno: Gedmar Santos Carvalho

Orientador: Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé

PROPOSTA DIDÁTICA DIFERENCIADA PARA O ESTUDO DOS PRINCÍPIOS DA
DINÂMICA, EM NÍVEL FUNDAMENTAL, COM ÊNFASE NA EXPERIMENTAÇÃO E
NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Campos dos Goytacazes/RJ



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE



PROPOSTA DIDÁTICA DIFERENCIADA PARA O ESTUDO DOS PRINCÍPIOS DA
DINÂMICA, EM NÍVEL FUNDAMENTAL, COM ÊNFASE NA EXPERIMENTAÇÃO E
NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Gedmar Santos Carvalho


Orientador:

Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé.

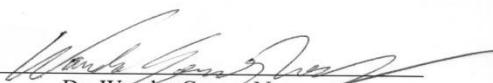
Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação (IFF Campos dos Goytacazes) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:


Dr. Pierre Schwartz Augé
Orientador e Presidente da Banca Examinadora
IFFluminense


Dr.ª Maria Lúcia Grillo
UERJ


Dr.ª Renata Lacerda Caldas
IFFluminense


Dr. Wander Gomes Ney
IFFluminense

FICHA CATALOGRÁFICA

S586p Carvalho, Gedmar Santos
Proposta didática diferenciada para o estudo dos princípios da Dinâmica em nível Fundamental, com ênfase na experimentação e na História da Ciência / Gedmar S. Carvalho - Campos dos Goytacazes: IFF Campos dos Goytacazes , 2019.

viii, 77 f.: il.;30cm.

Orientador: Pierre S. Augé

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ, 2018.

Referências Bibliográficas: f. 94-99.

1. Ensino de Física. 2. Dinâmica. 3. Experimentação/História da Ciência. I. Augé, Pierre S.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação.

A Jesus, causa primeira de minha existência e meu
modelo de mestre.

À minha família: Helo, Rafa e Miguelzinho, cujo amor,
nenhuma teoria da Física é capaz de explicar ou
medir.

AGRADECIMENTOS

Ao meu amigo-irmão-mestre, Pierre S. Augé, pela amizade, confiança e paciência. Há amigos mais queridos que irmãos.

Ao IFF e MNPEF, que com maestria oportunizam a pesquisa e a reflexão acadêmica aos docentes em todo o Brasil.

Aos professores do MNPEF-IFF Campos dos Goytacazes, pelas aulas e lições preciosas que nos deram, tanto no campo acadêmico quanto nos exemplos de humildade, compreensão, empatia e incentivo.

Ao amigo Eduardo Cordeiro (Dadau), pelo empenho em preparar com tanto carinho e competência o material a ser usado nas aulas experimentais.

À CAPES, pelo incentivo financeiro que muito contribuiu para permitir que me dedicasse mais à pesquisa e dar menos aulas semanais.

Aos meus alunos, direção e coordenação do Colégio Municipal Dr. Cláudio Moacyr de Azevedo, pela participação e incentivo na aplicação do produto pedagógico.

RESUMO

PROPOSTA DIDÁTICA DIFERENCIADA PARA O ESTUDO DOS PRINCÍPIOS DA DINÂMICA, EM NÍVEL FUNDAMENTAL, COM ÊNFASE NA EXPERIMENTAÇÃO E NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Gedmar Santos Carvalho

Orientador:

Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé.

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

O objetivo da presente pesquisa é investigar a potencialidade de uma proposta didática, baseada no uso de experimentos e na História da Ciência/Biografia, para a aprendizagem dos princípios fundamentais da dinâmica, na série final do ensino fundamental. Buscou-se no planejamento da sequência didática proposta uma variedade de atividades de modo a propiciar um repertório de oportunidades para que o aluno desenvolva uma aprendizagem significativa. A visão construtivista/humanista de Ausubel e Novak fundamenta teoricamente a pesquisa, além de aportes teórico-metodológicos sobre o uso didático de experimentos e História da Ciência/Biografia. O produto foi aplicado em uma turma do 9º ano do ensino fundamental em uma escola pública de Macaé-RJ, segundo uma abordagem metodológica qualitativa, em específico, um estudo de caso. Os dados coletados permitem inferir um engajamento cognitivo satisfatório, com bons resultados nas avaliações finais de conteúdo conceitual. Colocam-se em relevo as seguintes categorias de análise: aprendizagem significativa, uso de experimentos, História da Ciência/Biografia e atitude. Há de se ressaltar o expressivo engajamento atitudinal durante as atividades.

Palavras-chave: Ensino de Física, Experimentos, História da Ciência/Biografia.

Campos dos Goytacazes/RJ
Fevereiro/2019

ABSTRACT

**A DIFFERENTIATED DIDACTIC PROPOSAL ON THE PRINCIPLE OF DYNAMICS,
FOR ELEMENTARY SCHOOL LEVELS. EMPHASIZING EXPERIMENTATION AND
THE HISTORY OF SCIENCE.**

Gedmar Santos Carvalho

Supervisor:

Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé.

Master's thesis's abstract, submitted to Programa de Pós-Graduação (IFF Campos dos Goytacazes) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), as part of the tasks required for obtaining the degree Mestre em Ensino de Física (Master in physics teaching).

The objective of the present research is to investigate the potentiality of a didactic proposal, based on the use of experiments and in the History of Science / Biography, to learn the fundamental principles of dynamics in the final series of elementary education. A variety of activities were sought in the planning of the proposed didactic sequence in order to provide a repertoire of opportunities for the student to develop meaningful learning. The constructivist / humanist vision of Ausubel and Novak theoretically bases the research, as well as theoretical-methodological contributions on the didactic use of experiments and History of Science / Biography. The product was applied in a class of the 9th year of elementary education in a public school in Macaé-RJ, according to a qualitative methodological approach, in particular, a case study. The data collected allow us to infer a satisfactory cognitive engagement, with good results in the final evaluations of conceptual content. The following categories of analysis are highlighted: meaningful learning, use of experiments, history of science / biography, and attitude. Emphasis is placed on expressive attitudinal engagement during activities.

Keywords: Physics Education, Experiments, History of Science/Biography.

Campos dos Goytacazes/RJ
February 2019

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|---------|
| Figura 1- Livro sobre um bloco | pág. 33 |
| Figura 2- Capa do livro didático “Ciências – Matéria e Energia” | pág. 38 |
| Figura 3- Capa do livro didático “Jornadas” | pág. 40 |
| Figura 4- Engenho manual – Debret. | pág. 41 |
| Figura 5- Trilho, protótipo e soprador | pág. 71 |
| Figura 6- Trilho de ar com furos equidistantes | pág. 72 |
| Figura 7- Lançador de mola | pág. 72 |
| Figura 8- Calibragem do lançador de molas | pág. 73 |
| Figura 9- Momento do lançamento | pág. 73 |
| Figura 10- Patins com celulares e mola | pág. 77 |
| Figura 11- Momento de compressão da mola dos patins | pág. 78 |
| Figura 12- Medição das massas dos patins | pág. 79 |
| Figura 13- Momento do abandono dos patins | pág. 79 |
| Figura 14- "Grito de guerra" | pág. 80 |
| Figura 15- Prova do estilingue | pág. 80 |
| Figura 16- Prova "cabo de guerra" | pág. 81 |
| Figura 17- Prova "inércia no ônibus" | pág. 81 |
| Figura 18- Prova "corrida do bêbado" | pág. 82 |
| Figura 19- Prova "passa ou responde" | pág. 82 |
| Figura 20- Prova "passa ou responde" | pág. 83 |
| Figura 21- Mapa conceitual de Lívia e Richard | pág. 84 |
| Figura 22- Mapa conceitual de Anna e Victória | pág. 85 |
| Figura 23- Mapa conceitual de Marcela e Eduarda | pág. 85 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----------|
| Gráfico 1- Respostas à primeira questão da primeira atividade | pág. 55 |
| Gráfico 2- Respostas à segunda questão/a da primeira atividade..... | pág. 56 |
| Gráfico 3- Respostas à segunda questão/b da primeira atividade..... | pág. 57 |
| Gráfico 4- Respostas à segunda questão/c da primeira atividade | pág. 58 |
| Gráfico 5- Respostas à terceira questão/a da primeira atividade..... | pág. 59 |
| Gráfico 6- Respostas à terceira questão/b da primeira atividade | pág. 59 |
| Gráfico 7- Respostas à terceira questão/c da primeira atividade..... | pág. 60 |
| Gráfico 8- Respostas à quarta questão da primeira atividade..... | pág. 61 |
| Gráfico 9- Respostas à quinta questão/a da primeira atividade | pág. 62 |
| Gráfico 10- Respostas à quinta questão/b da primeira atividade..... | pág. 63 |
| Gráfico 11- Respostas à quinta questão/c da primeira atividade | pág. 63 |
| Gráfico 12- Respostas à sexta questão da primeira atividade..... | pág. 64 |
| Gráfico 13- Respostas à sétima questão da primeira atividade. | pág. 64 |
| Gráfico 14- Respostas à oitava questão da primeira atividade | pág. 65 |
| Gráfico 15- Respostas à nona questão da primeira atividade | pág. 66 |
| Gráfico 16- Respostas à décima questão da primeira atividade | pág. 66 |
| Gráfico 17- Respostas à primeira questão da avaliação final | pág. 87 |
| Gráfico 18- Respostas à questão 2-I da avaliação final..... | pág. 88 |
| Gráfico 19- Respostas à questão 2-II da avaliação final | pág. 89 |
| Gráfico 20- Respostas à questão 2-III da avaliação final | pág. 90 |
| Gráfico 21- Respostas à questão 3 da avaliação final | pág. 91 |
| Gráfico 22- Respostas à questão 4 da avaliação final..... | pág. 92 |
| Gráfico 23- Respostas à questão 5-I da avaliação final..... | pág. 93 |
| Gráfico 24- Respostas à questão 5-II da avaliação final | pág. 93 |
| Gráfico 25- Respostas à questão 6 da avaliação final..... | pág. 95 |
| Gráfico 26- Frequência de palavras da questão 7 | pág. 95 |
| Gráfico 27- Frequência de conceitos da questão 8 | pág. 96 |
| Gráfico 28- Frequência de palavras sobre aulas experimentais..... | pág. 97 |
| Gráfico 29- Frequência de palavras sobre aulas de História da Ciência | pág. 97 |
| Gráfico 30- Frequência de palavras sobre aula da gincana | pág. 98 |
| Gráfico 31- Frequência de palavras sobre aula de filme | pág. 99 |
| Gráfico 32- Comparação entre questionários | pág. 102 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|---------|
| Tabela 1- Valores experimentais para força e aceleração | pág. 74 |
| Tabela 2- Valores experimentais para força e aceleração com o contrapeso | pág. 74 |
| Tabela 3- Valores experimentais para a razão força/aceleração..... | pág. 75 |
| Tabela 4- Valores aferidos no primeiro lançamento | pág. 77 |
| Tabela 5- Valores aferidos no segundo lançamento | pág. 77 |

Sumário

| | |
|---|-----|
| Capítulo 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| Capítulo 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 17 |
| 2.1 TEORIAS COGNITIVAS DA APRENDIZAGEM | 17 |
| 2.1.1 Breve Histórico | 17 |
| 2.1.2 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel/Novak | 20 |
| 2.2 O USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO RECURSO DIDÁTICO | 22 |
| 2.3 O USO DE EXPERIMENTO NO ENSINO | 24 |
| 2.4 AS LEIS DE NEWTON | 28 |
| 2.4.1 Breve contexto histórico | 28 |
| 2.4.2 Newton e os princípios da dinâmica | 30 |
| Capítulo 3 METODOLOGIA DA PESQUISA | 35 |
| 3.1 A PROPOSTA DIDÁTICA | 35 |
| 3.1.1 O material didático | 35 |
| 3.1.2 Como os livros apresentam os princípios fundamentais da dinâmica em nível fundamental?..... | 36 |
| 3.1.3 A sala de aula..... | 42 |
| 3.2 A PESQUISA | 43 |
| 3.2.1 Sujeitos | 44 |
| 3.2.2 Instrumentos | 44 |
| Capítulo 4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO | 45 |
| 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 45 |
| 4.2 ROTEIRO DO PRODUTO | 46 |
| 4.3 DESCRIÇÃO DA ELABORAÇÃO DO PRODUTO | 48 |
| Capítulo 5 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO | 54 |
| Capítulo 6 ANÁLISE DOS DADOS | 100 |
| 6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 100 |
| 6.2 DIALOGANDO COM OS REFERENCIAIS TEÓRICOS | 101 |
| Capítulo 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 106 |
| BIBLIOGRAFIA | 110 |
| Apêndice A – PRODUTO EDUCACIONAL | 115 |

1 INTRODUÇÃO

Após a segunda grande guerra, a preocupação na elaboração de uma política para o ensino de ciências em todo o mundo e, mais tardiamente, no Brasil, se tornou premente, dada sua função estratégica no desenvolvimento tecnológico da nação e, por conseguinte, o seu desenvolvimento socioeconômico. A disciplina de Ciências surge no Brasil em 1932, após a "reforma Francisco Campos" de 1930 (ROMANELLI, 1988 apud¹ JUNIOR; PIETROCOLA, 2011, p. 175) e torna-se obrigatória a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN nº 4.024/61). Contudo, somente uma década depois (1970) foi possível a formação do profissional para exercer a função de ensiná-la em ambiente escolar (KRASILCHIK, 1987 apud² NASCIMENTO et al., 2010, p. 228).

A princípio, segundo Wortmann (2003, p. 142), o Conselho Federal de Educação (CFE) criticava as especializações e sugeria um profissional mais generalista. O modelo adotado para a formação de professores de Ciências de ensino fundamental foi a de curta duração, posteriormente mudado para licenciaturas científicas, tornando-se plenas em uma das áreas das ciências.

Nas décadas de 1960 a 1980, a ênfase da sala de aula era a tecnicista, onde o professor era como um técnico capaz de executar com objetividade sua função a partir da transmissão dos conhecimentos científicos, que no entendimento da época era neutro, deveria ter regras fixas e descontextualizadas da vida social do aluno. O currículo, por sua vez, ficaria cada vez mais fragmentado pela especialização dos saberes, devido à grande influência dos Estados Unidos e da Inglaterra (VIANNA, 2004 apud³ NASCIMENTO et al. , 2010, p. 228). Nessa perspectiva empirista da ciência, a experimentação nas aulas práticas era considerada o principal meio de garantir a transformação do ensino de ciências, dando ao educando a capacidade de compreender com objetividade o mundo científico-tecnológico a sua volta.

A partir da metade dos anos 80, o ensino de ciências passa a incorporar a ideia de formar um cidadão crítico, consciente e participativo e questiona as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990 apud⁴ NASCIMENTO et al. , 2010, p. 232).

¹ ROMANELLI, O. O. *História da Educação no Brasil (1930/1973)*. 10 ed. Petrópolis: Vozes, 1988.

² KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: EPU/EDUSP, 1987.

³ VIANNA, I. O. A. *A formação de docentes no Brasil: história, desafios atuais e futuros*. In: RIVERO, C. M. L; GALLO, S. (Org.). *A formação de professores na sociedade do conhecimento*. Bauru: Edusc, 2004, p. 21-54.

⁴ DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Metodologia do ensino de ciências*. São Paulo: Cortez, 1990.

O Conselho Federal de Educação publicou em 1985 uma diretriz que defendia os cursos de formação para professor de ciências, sublinhando que:

[...] A Licenciatura em Ciências é, sem dúvida, de caráter prioritário, não somente em face da sensível falta de professores neste setor, como também em virtude da natureza peculiar da disciplina Ciências Físicas e Biológicas [...]. Acresce, ainda, que, destinando-se ao adolescente, uma primeira visão científica do mundo de sua experiência, o Ensino de Iniciação às Ciências, exige um tipo de professor com formação global, e não de um especialista (BRASIL, 1985, s. p.).

No final do século passado e no início do presente, a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de n. 9.394/96 torna obrigatória a formação em nível Superior para todos os profissionais da educação (BRASIL, 1998), obrigando o profissional de ciências do nível fundamental, escolher uma especialidade científica na sua licenciatura. Há de se observar o caráter generalista do currículo neste nível de ensino, compreendendo as ciências físicas (física, química, geologia e astronomia) e as biológicas (fisiologia e anatomia humana, botânica e zoologia).

Deste modo, a disciplina de Ciências reúne diferentes conceitos oriundos de diversas disciplinas científicas (WORTMANN, 2003, p. 137), somando a isto, o profissional de ciências deve se atentar a quatro grandes eixos temáticos propostos pela Secretaria de Educação Fundamental através dos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências Naturais: Terra e Universo; Tecnologia e Sociedade; Vida e Ambiente; Ser Humano e Saúde. Esses quatro eixos devem ser abordados fazendo correlações com os temas transversais: Ética, Pluralidade Cultural, Meio Ambiente, Saúde, Orientação Sexual e Trabalho e Consumo (BRASIL, 1998). Tais elementos elencados, por certo, problematizam o ensino de ciências no ensino fundamental e exigem uma formação adequada para não comprometer a aprendizagem do aluno deste segmento. Segundo Fracalanza, Amaral e Gouveia:

[...] as dificuldades encontradas para ensinar no primeiro grau são semelhantes às encontradas nos cursos de preparação dos professores. Essa situação faz com que os professores se escravizem às propostas de ensino de ciências que nada têm com sua realidade e a de seus alunos e, o que é mais grave, pouco tem a ver com ciências. (FRACALANZA; AMARAL; GOUVEIA, 1986, p. 7 apud⁵ JUNIOR; PIETROCOLA, 2011, p. 186).

No contexto regional desta pesquisa, mais propriamente no município de Macaé-RJ, o ensino de ciências, em especial da Física no ensino fundamental II, é somente visto de forma mais consistente no 9º ano, conforme o currículo do município, COC (Caderno de Orientação

⁵ FRACALANZA, H.; AMARAL, I. A.; GOUVEIA, M. S. F. *O ensino de ciências no 1º grau*. São Paulo: Atual, 1986.

Curricular), regulamentado pela Prefeitura Municipal de Macaé em 2007. Neste, a Física é apresentada panoramicamente com enfoque conceitual, no segundo semestre, já que o primeiro é dedicado ao ensino de Química.

O profissional que se dedica a essa tarefa em nossa região é um educador sem graduação específica em Física, normalmente com uma formação especialista no campo das Ciências Biológicas, que por vezes encontra dificuldade no ensino da Física, limitando seu ensino pela repetição do livro didático (JUNIOR; PIETROCOLA, 2011, p. 188-189). Tais elementos geram uma experiência de aprendizagem potencialmente superficial e pouco motivadora para o aluno, na introdução dos primeiros conceitos (Ibid., p. 176).

Somando-se à situação curricular das escolas de ensino fundamental II e a formação predominantemente do especialista em Ciências Biológicas, vemos também a ausência de condições materiais e estruturais na aplicação e sistematização dos conhecimentos científicos. Nelas quase que inexitem laboratórios e instrumentos para facilitar o processo de aprendizagem do aluno, o que possivelmente é mais um fator complicador da formação adequada dos alunos.

Logicamente, respeitando as diferenças das características motivacionais dos alunos e tendo em conta que “os melhores materiais didáticos são inúteis” quando não há interesse do aluno (MARTÍN DÍAZ; KEMPA, 1991, p. 60), é quase que uma unanimidade entre os especialistas a importância dos experimentos para a melhor compreensão das ciências (CARRASCOSA et al., 2006; LABURÚ, 2006; SILVA; ZANON, 2000). Segundo Freire (1997), para se compreender a teoria é preciso experienciá-la, de modo que o aluno desenvolva um interesse maior nos saberes científicos, passando de ouvinte do saber para ator desse saber.

Entendendo que a ciência é uma construção humana, portanto, subjetiva e inserida no universo de valores humanos, como ética e religiosidade, seu desenvolvimento se dá a partir das interações sociais e das complexidades da vida humana. É possível concluir que ela não pode ser considerada uma atividade neutra (GIL-PÉREZ, 2001; MASSONI; MOREIRA, 2007; SILVA; MOURA, 2008). Neste sentido, uma das formas de se entender a natureza da ciência é através do estudo de seu desenvolvimento ao longo da História (BOAS et al., 2013).

A abordagem da História da Ciência em sala, por certo, é um caminho que contribuirá para o entendimento de que a ciência atual é uma construção histórica e progressiva e que a mesma não surgiu abruptamente (GIL-PÉREZ et al., 2001; MEDEIROS; BEZERRA, 2000). De acordo com Silva e Moura (2008),

[...] conhecimento científico é estruturado e consistente, porém, ao mesmo tempo sofreu ao longo da história modificações e alterações importantes para o seu avanço, mostrando que o conhecimento atualmente aceito não é de forma alguma definitivo, sendo as teorias aceitas atualmente passíveis de modificações, da mesma forma que as anteriormente aceitas também o foram (SILVA; MOURA, 2008, p. 8).

Diante das observações elencadas anteriormente, a presente pesquisa construiu e implementou em sala de aula uma proposta didática diferenciada sobre o estudo dos princípios fundamentais da dinâmica, com enfoque na História da Ciência e uso de experimentos (Apêndice A, p. 115). Nesta perspectiva, possui o seguinte objeto de pesquisa: **o que se pode apreender, com relação ao aprendizado, diante de uma proposta didática diferenciada com ênfase na História da Ciência e uso de experimentos, sobre os princípios fundamentais da dinâmica, em nível fundamental?**

A hipótese principal sugere que o material e suas peculiaridades didáticas possuem potencial de suscitar uma aprendizagem mais consistente e significativa e que tais peculiaridades serão postas em relevo pelos alunos como o principal contributo para desencadear uma interação relevante entre eles e os conteúdos abordados. A estratégia de ensino evidencia a abordagem dos conceitos da dinâmica a partir de experimentos, com materiais do cotidiano do aluno, que possam ser trazidos para a sala de aula e as contribuições de cientistas ao longo da história, na formulação desses conceitos.

Com relação aos fundamentos teóricos da pesquisa, são evocadas as teorias cognitivas da aprendizagem (POZO, 1998; POZO; GÓMEZ CRESPO, 2001), em especial, as propostas de Ausubel referentes à aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; MOREIRA, 2010); também servem de suporte teórico para a investigação as pesquisas sobre o uso didático da História da Ciência (MARTINS, 2006; MATTHEWS, 1995) e também sobre o uso de experimentos (ARAÚJO; ABIB, 2003; CARRASCOSA; GIL PÉREZ; VILCHES; VALDÉS, 2006).

Quanto à metodologia de pesquisa, a investigação usa referenciais de pesquisa qualitativa. De acordo com Alves (1991), tal enfoque abarca uma grande variedade de denominações, sendo o estudo de caso o viés que mais se adéqua à presente investigação. O estudo de caso concentra-se na observação minuciosa de um contexto, um indivíduo, uma fonte documental ou um acontecimento específico (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 89). Técnicas específicas de coleta de dados foram utilizadas como, por exemplo, a observação participante e entrevistas informais. Assim, foi realizado um “estudo de caso de observação” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 90), na interface entre o descritivo e o interpretativo (MOREIRA; ROSA, 2016, p. 14), ou seja, focou uma turma do ensino fundamental e

investigou em que medida uma intervenção didática possui relevância no que concerne à construção dos conteúdos específicos de Física.

A dissertação está estruturada em 7 capítulos. O capítulo 2 versa sobre a fundamentação teórica: teorias cognitivas da aprendizagem, o uso da História da Ciência como recurso didático e o uso de experimentos no ensino.

No capítulo 3, que trata da metodologia da pesquisa, destacam-se dois aspectos: o ensino, pano de fundo da pesquisa, e a pesquisa propriamente dita. Com relação ao ensino, procurar-se-á fazer uma breve descrição da experiência didática e o contexto de aplicação, tentando situá-la frente a alguns livros didáticos e propostas curriculares. Com relação à pesquisa, são feitos comentários sobre o caráter qualitativo da investigação, as observações do professor em sala de aula, as atividades do produto educacional e os sujeitos envolvidos.

No capítulo 4 é realizada uma descrição do produto didático aplicado em sala de aula, em função dos critérios que balizaram sua elaboração. A descrição da aplicação do produto didático em sala de aula é encontrada no capítulo 5.

Em seguida, no capítulo 6, são feitas algumas considerações sobre os dados da pesquisa em confronto com o objeto de investigação à luz do referencial teórico. Por fim, são feitas as considerações finais, tema do capítulo 7.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo é dedicado aos fundamentos teóricos da presente pesquisa. Inicialmente são feitas considerações sobre as teorias cognitivas da aprendizagem, com ênfase nas propostas de Ausubel e suas ideias sobre a aprendizagem significativa; também compõem o arcabouço teórico, pesquisas sobre o uso didático da história da ciência e de experimentos; por fim, são apresentadas as construções conceituais que são conhecidas como princípios fundamentais da dinâmica.

2.1 TEORIAS COGNITIVAS DA APRENDIZAGEM

O presente trabalho pretende se nutrir de construções cognitivistas/humanistas com enfoque na teoria de aprendizagem de David Ausubel, ressaltando-se uma visão mais humanista de Joseph D. Novak. Em seguida, há um breve histórico sobre as teorias da aprendizagem e após considerações sobre Ausubel e Novak.

2.1.1 Breve histórico

Ao longo dos séculos XX e recentemente o XXI, muita pesquisa tem sido feita no que tange a aprendizagem, como ressalta Moreira:

Uma teoria é uma tentativa humana de sistematizar uma área de conhecimento, uma maneira particular de ver as coisas, de explicar e prever observações, de resolver problemas. Uma teoria de aprendizagem é, então, uma construção humana para interpretar sistematicamente a área de conhecimento que chamamos aprendizagem. (MOREIRA, 1999, p. 12).

Pesquisadores como John B. Watson (1878-1958) e Edwin Guthrie (1886-1959) inauguraram uma postura filosófica chamada de Comportamentalista ou Behaviorista. Nela o processo de aprendizagem se baseia no estímulo-resposta, ou seja, a partir de estímulos o aluno responderá com respostas observáveis (MOREIRA, 2016, p. 10). Para Baquero (1983 apud⁶ MOREIRA, *Ibid.*), no comportamentalismo os objetivos explícitos são: 1) especificar a ação do aluno, não do professor; 2) especificar o comportamento a ser emitido pelo aluno; 3) especificar o tópico da matéria de ensino em relação ao qual o comportamento do aluno deve

⁶ BAQUERO, R. V. A. *Definição de objetivos*. In: Moreira, M. A.; *Ação Docente na Universidade*. Porto Alegre: Editora da Universidade, p. 39-52, 1983.

ser apresentado; 4) representar o produto de uma experiência de aprendizagem, não a experiência propriamente dita.

São comuns, para os behavioristas, sentenças como: "O aluno deverá ser capaz de [...]", mostrando claramente a visão de estímulo-resposta. O erro não é tolerado, mas evitado a todo custo. O papel do aluno é de apenas receptor e é visto como tábua rasa que deve ser preenchida. O professor é, portanto, o provedor dos conhecimentos, enquanto o aluno, no melhor dos casos é um consumidor destes conhecimentos acabados (POZO, 1996, p. 268). Como resultado, os educandos são obrigados a memorizar e repetir os conteúdos de forma literal e arbitrária, ou seja, o indivíduo é estimulado a expressar o conteúdo de maneira idêntica conforme ouviu nas aulas e sem se relacionar de forma lógica e clara com nenhuma ideia já existente em sua estrutura cognitiva (Ibid., p.270). Ela é comumente chamada de "aprendizagem mecânica" (MOREIRA, 2009, p. 9). A divergência e a discussão são desencorajadas, pois, os conceitos trabalhados em aula já estão fechados. O educador Paulo Freire (2005) chamava-a de "educação bancária, [...] em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem depósitos, guardá-los e arquivá-los" (FREIRE, 2005, p. 66) e ainda assevera: "o saber é uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam nada saber" (Ibid.).

Com relação ao currículo, os comportamentalistas 'bebem' no 'método científico'⁷ para hierarquizar os conteúdos disciplinares, segundo o processo indutivo, dos mais simples para o mais complexo. Esses conhecimentos ou saberes são passados como estáticos e absolutos, não mostrando ao aluno a evolução dos mesmos. Assim, o educando é encorajado a reproduzir o que lhe é ensinado através de atividades repetitivas, de forma que seu progresso é mais somativo do que formativo. Essa concepção tem tradição que remonta ao nascedouro dos sistemas educativos formais (POZO, 1996, p. 272).

Praticamente contemporâneos dos comportamentalistas, nomes como Piaget (1896-1980), Vygotsky (1896-1934), Ausubel (1918-2008), entre outros, trazem outro olhar sobre a aprendizagem. Suas contribuições enfocam aquilo que fora desprezado pelos comportamentalistas: a cognição. Sua ênfase neste ponto acaba por os batizar como cognitivistas. No cognitivismo, portanto, o foco deve estar nas variáveis intervenientes entre estímulo e resposta, nas cognições, nos processos mentais superiores, ou seja, na compreensão, na percepção, na resolução de problemas, na tomada de decisões e no processamento da informação (MOREIRA, 1999, p.14-15; POZO, 1996, p. 286).

⁷ Obviamente que concebiam o 'método científico' segundo uma visão empirista-indutivista, já há muito questionada pelos filósofos da ciência no século XX.

O educando, para os cognitivistas, não somente responde ao mundo, mas também o interpreta e o representa. Deste modo, os papéis desempenhados pelos alunos e professores mudam sensivelmente. Na medida em que se admite que o aluno, através de processos mentais, consegue atribuir significado e compreende o mundo que o cerca, sua cognição, portanto, é construída ao longo de seu progresso intelectual. Essa construção de significados atribuída pelos cognitivistas passou a se chamar construtivismo. Não podendo ser confundida com o "método construtivista" ou "aprendizagem por descoberta", muito populares no Brasil nas últimas décadas do século XX. Tais ideias se mostraram muito ingênuas e simplistas na crença de que apenas através da manipulação dos objetos que o cercam, o aluno estaria construindo seu próprio conhecimento. De outro modo, se o aluno constrói seu conhecimento, a aprendizagem deixa de ser mecânica, centrada na memorização e repetição, podendo ser facilmente submetida ao esquecimento. O aluno, para os cognitivistas, deixa de ser um mero receptor passivo para se tornar um agente ativo e protagonista da própria aprendizagem. O professor, do mesmo modo, deixa de ser aquele que dá a luz ao *a-luno*(sem luz), para se tornar o facilitador, o mediador do processo, proporcionando condições para que a construção seja o mais bem sucedida possível (MOREIRA, 1999, p.15; ZABALA, 1998, p. 38). De acordo com Zabala:

A concepção construtivista, não é mais do que um apontamento, parte da complexidade intrínseca dos processos de ensinar e aprender e, ao mesmo tempo, de sua potencialidade para explicar o crescimento das pessoas. (ZABALA, 1998, p. 39).

Um terceiro grupo de teóricos apresenta outros enfoques para a aprendizagem, nela o aluno é visto como um todo: sentimentos, pensamentos e ações, não somente seu cognitivo. Devido a isto, passaram a ser chamados de humanistas. Para eles, o centro da aprendizagem é o aluno. Seus sentimentos influem diretamente em sua aprendizagem (MOREIRA, 1999, p.16). Para os humanistas o objetivo não é o aumento do conhecimento, mas o crescimento e a autorrealização do educando. Educação para Novak (1981) é o conjunto de experiências cognitivas, afetivas e psicomotoras que contribuem para o engrandecimento (*empowerment*) do indivíduo para lidar com sua vida diária. Conseqüentemente, uma teoria de educação para ser eficiente deve levar em conta os meios pelos quais os humanos pensam, sentem e fazem (MOREIRA, 1999, p. 167-168).

A relação do professor com o aluno, para os humanistas, atinge outro patamar, pois o fenômeno da aprendizagem seria a troca de significados e sentimentos entre ambos. Proposta por Schawb (1973) e posteriormente ampliada por Novak, o processo educativo acontece

quando de alguma maneira, alguém (aprendiz) aprende algo (conhecimentos) interagindo (troca de significados) com alguém (professor) ou com alguma coisa (material). Os elementos constituintes da aprendizagem, de acordo com Novak, seriam: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação (MOREIRA, 1999, p. 168; ZABALA, 1998, p. 28).

2.1.2 A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel/Novak

No contexto educativo atual, quase não se fala mais em estímulo, resposta, reforço positivo, instrução programada, entre outros. Esses conceitos são considerados incompletos no que tange ao processo de aprendizagem humana. Atualmente, novos conceitos surgem como: aprendizagem significativa, mudança conceitual, construtivismo, etc. Apesar de se ver ainda muito comportamentalismo/behaviorismo em sala de aula, o discurso evoluiu para termos como ‘cognitivista’/ ‘construtivista’/ ‘significativo’ (MOREIRA, 2011, p.25).

A teoria da aprendizagem significativa é considerada uma teoria cognitivista/humanista (POZO, 1989, p. 209). Foi elaborada inicialmente por David Ausubel, médico-psiquiatra de formação e professor emérito da Universidade de Colúmbia em Nova York. Dedicou-se em sua carreira acadêmica à psicologia educacional, após se aposentar, voltou à psiquiatria. As ideias de Ausubel passam, então, a serem reelaboradas, refinadas e divulgadas pelo professor da Universidade de Cornell, Joseph D. Novak (MOREIRA, 1999, p.209).

Para Ausubel, o pilar principal para a aprendizagem significativa é aquilo que o aluno já sabe: são seus conhecimentos prévios.

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, enunciaria este: o fator mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aluno já sabe. Averigüe-se isto e ensine-se em consequência (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. 1).

Aprendizagem significativa, portanto, seria o processo através do qual um novo saber se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não literal) ao conhecimento já presente no sujeito (GIL-PERÉZ, 1983; MOREIRA, 2011). Ela, a aprendizagem, será não arbitrária quando existir uma lógica explícita entre o novo saber e alguns outros já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. E será substantiva quando conseguir explicar o novo saber em linguagem sinônima, com o mesmo significado. O processo descrito por Ausubel pressupõe que a nova informação interaja com uma estrutura específica do cognitivo do indivíduo (subsunçor), nele se ancore e encontre significado relevante. O próprio Ausubel defende que os indivíduos não nascem com subsunçores. Diante disto, ele evita dicotomizar a

aprendizagem significativa da mnemônica ou "mecânica". Pelo contrário, elas coexistem e são complementares na medida em que a primeira evolui para a segunda (MOREIRA, 1999, p. 154,155; POZO, 1989, p. 212; 215-216).

Ausubel elabora que o armazenamento de informações no cérebro humano se faz de maneira conceitualmente hierárquico, de tal forma que conceitos mais específicos são ligados aos mais gerais, mais inclusivos. Segundo os teóricos da aprendizagem significativa, tanto o conhecimento disciplinar quanto a aprendizagem devem estar estruturados de acordo com o princípio da “diferenciação progressiva”. Deste modo, o currículo deveria partir do mais geral para o mais específico (MOREIRA, 1999, p.153-155; POZO, 1996, p.160). Nas palavras de Ausubel:

[...] a organização do conteúdo de um material particular na mente de um indivíduo consiste em uma estrutura hierárquica em que as ideias mais inclusivas ocupam o ápice e incluem as proposições, conceitos e dados fáticos progressivamente menos inclusivos e mais facilmente diferenciados. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. 190).

Os conteúdos também devem estar interconectados através de uma estrutura hierárquica já previamente elaborada de modo a evitar que não se aprenda por acumulação em forma de compartimentos estanques. Para isto, os novos conceitos devem sempre ser relacionados aos posteriores, num processo denominado “reconciliação integradora” (MOREIRA, 1999, p. 160; POZO, 1996, p. 282). Para Ausubel, o processo de aprendizagem de conceitos se dá por “assimilação” e que apenas em crianças na idade pré-escolar o processo se daria por descobrimento, baseado em experiências empírico-concretas (AUSUBEL, 1983, p. 91; MOREIRA, 1999, p. 33).

Para Novak, segundo Moreira (1999, p. 170), uma aprendizagem significativa não é apenas uma troca de significados, mas também uma troca de sentimentos. O processo educativo, portanto, é um processo afetivo. A aprendizagem significativa depende de que o aluno tenha predisposição em aprender e que o material a ser aprendido seja significativo. A predisposição em aprender está intimamente ligada ao afetivo do aprendiz e influenciaria decisivamente tanto positivamente quanto negativamente na aprendizagem.

Tendo em vista um construtivismo humanista, amparado nas ideias de Joseph Novak (MINTZES; WANDERSEE; NOVAK, 2000 apud⁸ VALADARES, 2012, p. 86-87), é função

⁸MINTZES, J.; WANDERSEE, J.; NOVAK, J.; *Ensinando a ciência para a compreensão*; Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

do professor: 1. Procurar conhecer as opiniões dos alunos; 2. Proporcionar atividades que gerem interação do aluno; 3. Colocar problemas relevantes ao universo do aluno; 4. Estabelecer estratégias de ensino a partir dos *subsunçores* do aluno, sempre partindo das ideias gerais para as mais específicas, através da *diferenciação progressiva*; 5. Avaliar a aprendizagem de modo contínuo e sistemático, recorrendo aos mais variados possíveis de instrumentos.

Em conclusão, a sala de aula, de acordo com as ideias de Novak, deve ser um ambiente de cooperação, de modo que os alunos desenvolvam competências sociais que propiciem relações educativas positivas para todos. Desta forma, tanto alunos como professores deverão zelar para construção ativa e significativa do conhecimento, numa relação de pares de caráter construtivo (VALADARES, 2012, p. 87).

2.2 O USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO RECURSO DIDÁTICO

Nestas últimas décadas, a abordagem da História da Ciência tem sido bastante focada em todos os níveis de escolaridade, fato observável quando folheamos os livros textos de disciplinas de ciências. Para Matthews (1995), é uma tendência mundial e muito oportuna diante da crise do ensino contemporâneo de ciências e pelos índices elevados de analfabetismo científico. As primeiras ideias de aplicação da HC ao ensino ocorreram em Harvard, em 1950, com estudos de casos históricos baseados em análises dos processos de desenvolvimento da ciência (ERTHAL; LINHARES, 2009, s. p.).

Países como Inglaterra e Estados Unidos têm realizado esforços no sentido de não somente incluir a história e filosofia de ciências no currículo, mas também dar um destaque mais rico e abrangente dessas disciplinas aos alunos de todos os níveis (MATTHEWS, 1995, p. 167; QUINTAL; GUERRA, 2009, p. 21). Os Parâmetros Curriculares Nacionais, já na década de 1990, também enfatizam o uso da história da ciência no contexto educativo (BRASIL, 2002; QUINTAL; GUERRA, 2009, p. 22); o Programa Nacional de livro didático – PNLD ressalta que o conhecimento científico é uma construção humana e socialmente construída (BRASIL, 2007, p. 44) e que não existe neutralidade na evolução das ideias científicas (ERTHAL; LINHARES, 2009, s.p.). Os Parâmetros Curriculares Nacionais defendem que

[...] na escola média, [a história da ciência] contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos,

fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. (BRASIL, 2002, p. 229).

Na introdução à secção de HC, o Conselho Britânico de Currículo Nacional afirma que:

[...] os estudantes devem desenvolver seu conhecimento e entendimento sobre como o pensamento científico mudou através do tempo e como a natureza desse pensamento e sua utilização são afetados pelos contextos sociais, morais, espirituais e culturais em cujo seio se desenvolvem. (NCC, 1988, p. 113 apud⁹ MATTHEWS, 1995, p. 167).

Historiadores e filósofos da ciência ressaltam que o conhecimento científico não está apenas circunscrito à interpretação da realidade, mas é fruto da progressiva construção de modelos e teorias de modo a dar sentido a essa realidade. A ciência “não é um discurso sobre o ‘real’, mas um processo socialmente definido de elaboração de modelos para interpretar a realidade” (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2002, p.18). Segundo Gil-Peréz et al. (2001), os estudantes, seus professores e o público geral possuem uma grande variedade de concepções ingênuas, mal fundamentadas e, afinal, falsas sobre a natureza das ciências e sua relação com a sociedade. Uma dessas concepções ingênuas é que a ciência se desenvolve em uma ‘torre de cristal’. Os historiadores da ciência têm praticamente ‘demolido’ este discurso e mostrado que a ciência é uma construção humana, que sofre influências sociais, culturais e econômicas (BOAS, 2013; MARTINS, 2006; MASSONI; MOREIRA, 2007).

Gagliardi (1988, p. 294) assinala dois motivos principais para introduzir a HC: 1. para compreender a sociedade humana; 2. para compreender os mecanismos de produção e reprodução social e individual do conhecimento científico.

Muitos autores têm sublinhado sobre a importância da HC ao ensino de ciências. Inclusive, ela tem sido objeto de investimento por parte de editoras de livros didáticos em todos os níveis de ensino (QUINTAL; GUERRA, 2009, p. 21). Por outro lado, os livros científicos didáticos, em sua maioria, têm priorizado os resultados acabados da ciência e não apresentam outros aspectos, como o desenvolvimento das teorias e dos conceitos e/ou como os cientistas trabalham a suplantação de ideias (Ibid., p. 23). Considerando que a aprendizagem se dá através da superação de obstáculos ao desenvolvimento cognitivo, conhecer o desenvolvimento histórico de um tema dá subsídios à compreensão das dificuldades dos alunos, o que favorece a definição de encaminhamentos de conteúdo. Para Gagliardi, o uso da história da ciência pode criar um positivo paralelismo com o

⁹ MATTHEWS não cita a referência com precisão.

desenvolvimento da inteligência e do conhecimento individual¹⁰, de modo que o aluno consiga refletir sobre os obstáculos que ele enfrenta para seu desenvolvimento cognitivo com os obstáculos enfrentados pelos diversos personagens do desenvolvimento da ciência (GAGLIARDI, 1988, p. 292-293).

Segundo a tradição ‘contextualista’ (MATTEWS, 1995, p. 166), a HC é interessante porque humaniza a matéria, promove uma melhor compreensão dos conceitos, evidencia episódios históricos, mostra uma ciência mutável e instável, opõe-se ao cientificismo, e “permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente” (Ibid., p. 172). É possível vislumbrar uma humanização da ciência através da apresentação das idiosincrasias pessoais dos cientistas, bem como o enfoque da interdisciplinaridade intrínseca no desenvolvimento da ciência (BOAS, 2013, p. 292-293; MATTHEWS, 1994, p. 49-53).

A História da Ciência permite o desenvolvimento de uma concepção de ciência dinâmica, em construção, sujeita a influências histórico-sociais. A ciência é uma elaboração complexa e sua simplificação ao nível de um conjunto de conhecimentos estáticos torna-a “passível de mera transmissão”, como salientam Castro e Carvalho (1992, p. 227), e recepção passiva pelos alunos, via memorização.

Por fim, de acordo com Matthews, a HC contribui para a aprendizagem porque: (1) motiva e atrai o aluno; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) possui um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais da HC; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável, opondo-se ao cientificismo; (6) finalmente, permite a compreensão mais profunda do método científico (MATTHEWS, 1995, p. 172-173).

2.3 O USO DE EXPERIMENTOS NO ENSINO

O uso de experimentos como instrumento didático é uma prática há bastante tempo usada. Provavelmente a primeira instituição que usou dispositivos experimentais para demonstração de princípios físicos foi o museu de Alexandria, criado por Ptolomeu I, por volta do ano 300 a.C. (GASPAR et al., 2005, p. 229; RONAN, 1987, p. 121). Taylor (1988)

¹⁰ Entendemos que não é possível traçar um paralelismo ingênuo entre o desenvolvimento científico e o desenvolvimento cognitivo de jovens aprendizes, mas são possíveis algumas comparações pontuais e usar a história como subsídio para traçar mecanismos de superação ao desenvolvimento de jovens aprendizes em ciências.

cita uma gravura do século XVII que mostra o físico Willian Gilbert demonstrando princípios de magnetismo para a rainha Elisabeth I, bem como demonstrações experimentais de renomados físicos como Thomas Young, Michael Faraday, John Tyndall, entre outros, na *Royal Society*, desde a sua fundação na Grã-Bretanha em 1660. Na metade do século XIX até metade do século XX, houve um notável crescimento no uso de laboratórios nas escolas, nessa época os equipamentos tinham alto custo e costumavam ser usados em demonstrações pelo próprio professor.

O uso de experimentos como ferramenta para uma aprendizagem significativa, tem sido frequentemente reafirmada pelos pesquisadores, no sentido de que a ausência deles nas aulas podem ser um dos fatores que propiciam a deficiência de aprendizagem dos conceitos de Física (HODSON, 1994, p.304; PORTELA; CAMARGO; 2012, p. 2).

A prática experimental desempenha um importante papel na relação da teoria-prática, onde a teoria organiza os fatos enquanto o experimento adapta a teoria à realidade (ARRUDA; LABURU; 1988; DELIZOCOIV; ANGOTTI, 1991, p. 22). Como afirma Araújo (2003, p. 190): "pode possibilitar um ambiente propício ao aprendizado de diversos conceitos científicos sem que sejam desprezados os conceitos prévios do estudante".

O emprego de atividades experimentais, quando feitas com um planejamento que busque despertar o desafio e a curiosidade do aluno, tem um caráter motivador, podendo prender a atenção e desempenhar importante papel na aprendizagem dos conceitos dados (DIAZ; KEMPA; 1991; FIGUEROA; GUTIERREZ; 1992; LABURU, 2006). Segundo Moreira (1980), o trabalho prático consegue certos objetivos de aprendizagem que os outros métodos nem se aproximam (HODSON, 1994).

Um outro aspecto que a estratégia didática da experimentação possibilita é uma maior interação social professor-aluno e aluno-aluno, Gil-Pérez ressalta:

[...] há uma melhora da relação docente-aluno e se percebe a existência de um maior contato entre professores e alunos, permite também discussões e a discussão de várias posições contrastantes para se chega a uma conclusão válida. (GIL-PÉREZ, 1993, p. 45).

É importante, no entanto, se evitar as generalizações simplistas que atribuem à experimentação qualidades intrínsecas sem considerar as complexidades decorrentes das diferentes formas de se realizar a atividade prática. Nas últimas décadas muitas pesquisas foram feitas no sentido de desmistificar esses equívocos. Em resumo, as críticas focam nos dois polos da questão. Por um lado, o pensamento empiricista-indutivista, pelo outro, a falácia da aprendizagem autônoma ou aprendizagem por descobrimento autônomo (BARBERÁ,

VALDÉZ; 1996; GIL-PÉREZ, 1986; GIL-PÉREZ; GONZÁLEZ, 1993; GIL-PÉREZ et al.; 2006; SCHNETZLER et. al., 2000; SILVA; ZANON, 2000).

O pensamento empiricista-indutivista vê a experimentação como a possibilidade dela validar a teoria. Normalmente isto é feito com experiências controladas e minuciosamente detalhadas como "receita de bolo", obrigando o aluno a repetir procedimentos e, por vezes, sem conectá-los corretamente à teoria. Frequentemente veem a ciência de forma dogmática, de modo que somente exista uma forma correta para explicar qualquer fenômeno e que as leis e teorias são fixas e intocáveis. Contrário a esta ideia, Martins (2012) afirma:

[...] Sua descrição simplista é construída de modo a convencer as pessoas de que a ciência funciona descobrindo erros e substituindo-os pela "verdade". Embora isso possa ser incômodo, os estudantes e professores devem aprender que a ciência é algo extremamente complexo e que, em cada momento, podem existir boas razões para aceitar ideias que, depois serão rejeitadas. Percebendo isso pelo estudo do passado, devemos nos tornar mais humildes, admitindo que aquilo que ensinamos, embora nos pareça correto, é apenas uma passo de uma caminhada que não terminou, e que as teorias que nos parecem sólidas e corretas poderão, dentro de algum tempo, ser derrubadas e substituídas por outras muito diferentes, que nem conseguimos ainda vislumbrar. (MARTINS, 2012, p. 69 apud¹¹ WESENDONK et al., 2016, p. 800).

A visão empiricista-indutivista acaba por gerar falsas premissas tais como, uma ciência linear, objetiva, acumulativa, fortalecendo a ideia de um aprendiz passivo que reproduz aquilo que lhe é apresentado sem a devida reflexão. Nesta perspectiva, somente é considerado verdadeiro o conhecimento que advém de fenômenos observados empiricamente. Esta objetividade e trivialidade assumida por esta visão a respeito da ciência, acaba por lançá-la num 'limbo' de simplismos e incoerências e gera uma supervalorização da prática em detrimento da reflexão (HODSON, 1994, p. 306).

O inverso da visão empiricista-indutivista é a ideia de que no laboratório se consiga chegar, a partir de experiências realizadas por alunos, "por descoberta", a uma determinada teoria, sem a intermediação do professor e sem uma teoria de aprendizagem coerente (AMARAL; SILVA, 1999; SILVA; ZANON, 2000). Essa concepção adotada nas últimas décadas do século passado em muitos países desenvolvidos, acreditava que o método científico podia ser aprendido a partir de um treinamento objetivo dos alunos nas aulas experimentais, tal proposta produz uma profunda desvirtualização e trivialização daquilo que constitui a prática científica, sendo também uma interpretação grosseira da teoria

¹¹ MARTINS, R. A.; O éter dos corpos em movimento: A teoria de Fresnel e as tentativas de detecção do movimento da Terra, antes dos experimentos de Michelson e Morley (1818-1880); Cad. Bras. Ens. Fís.; v. 29, n. 1: p. 52-80, abr. 2012.

construtivista (CARRASCOSA et al., 2006; GIL-PÉREZ, 1986; GIL-PÉREZ; GONZÁLEZ, 1993).

Por outro lado, deseja-se que o uso de experimentos em sala de aula contemple o aluno, em uma aprendizagem significativa, de modo a familiarizá-lo ao método científico sem incorrer em um indutivismo inflexível, nem numa suposta "aprendizagem autônoma" ingênua. Segundo Gil-Pérez (1986),

[...] para uma correta abordagem para a integração do método científico à aprendizagem, exige superar o indutivismo habitual e, muito concretamente, desistir das propostas de ensino por investigação com referências exclusivas às práticas de laboratório, estendendo estas propostas a todo o trabalho de construção de conhecimentos. (GIL-PÉREZ, 1986, p. 117).

Para Hodson (1994, p. 305-308), o ensino de ciências deve atender três aspectos principais: 1) a aprendizagem de ciências, adquirindo e desenvolvendo conhecimentos teóricos e conceituais; 2) aprendizagem sobre a natureza da ciência, seus métodos e sua interação com a sociedade; 3) a prática da ciência, desenvolvimento dos conhecimentos técnicos sobre a investigação científica e a resolução de problemas. No que tange a prática, algumas fases precisam ser sublinhadas: uma primeira fase de explanação e exposição, onde se possa formular perguntas e hipóteses; uma segunda fase de realização da prática para recolhimento de dados; uma terceira para a reflexão dos resultados em suas mais diversas perspectivas; e uma quarta e última fase de elaboração de interpretação e conclusão.

Há de se ressaltar a importância de se propiciar um ambiente onde o aluno possa ser estimulado a emitir suas opiniões e a partir daí fazê-las reelaborá-las e modificá-las quando necessário, ao invés de reiniciá-las partindo da matriz teórica existente. Para isto, a interação professor-aluno bem como aluno-aluno é fundamental. Segundo Driver e colaboradores (1999 apud¹² SILVA; ZANON, 2000), o conhecimento e o entendimento, inclusive o científico, são construídos quando os indivíduos se engajam socialmente em conversações e atividades sobre problemas e tarefas comuns. Para ela, quem aprende precisa ter acesso não apenas às experiências físicas, mas também aos conceitos e modelos da ciência. Deste modo, a intervenção do professor é essencial, tanto para fornecer evidências experimentais apropriadas como para disponibilizar para os alunos as ferramentas e convenções usuais à comunidade científica.

¹²DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J; MORTIMER, E; SCOTT, P. *Construindo conhecimento científico na sala de aula*. In Química nova na escola, n. 9; p. 31-40, 1999.

2.4 AS LEIS DE NEWTON

Este item é dedicado ao conteúdo conceitual de Física, com aportes na História da Ciência, referente aos princípios fundamentais da dinâmica.

2.4.1 Breve contexto histórico

A questão do movimento sempre foi discutida pelos filósofos e sábios em todo mundo. Suas explicações eram as mais diversas e sofriam influência da religião e da filosofia. Um grande personagem desta discussão foi o filósofo e matemático Aristóteles (384-322 a.C.), nascido na Grécia Antiga, que se dedicou também ao estudo das mais diversas áreas do conhecimento, como a Astronomia, a Matemática, a Física, a Biologia, entre outras (GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008).

Segundo ele, nosso mundo é dividido em dois subsistemas, o Sublunar e o Supralunar. O Sublunar, como o nome indica, seria o mundo abaixo da Lua, enquanto o Supralunar seria o mundo acima da Lua. Desta maneira, no mundo Supralunar os movimentos seriam circulares e uniformes, considerados perfeitos. No sublunar haveria dois tipos de movimento, o natural (vertical) e o forçado ou violento (horizontal e oblíquo). Suas explicações sobre o movimento eram pautadas em elaborações filosóficas e observações intuitivas, sem um compromisso empírico rigoroso.

De acordo com Aristóteles, o movimento violento estava relacionado à força que o produz e, ao cessar a força, o movimento cessa. Para torná-la crível, Aristóteles tinha que fazer ‘malabarismos’ físicos e filosóficos como, por exemplo, para explicar o movimento de uma flecha ao deixar o arco. De acordo com ele, quando a flecha se desloca, passa a ocupar o lugar do ar que, conseqüentemente, a empurra. Por muito tempo as ideias de Aristóteles foram respeitadas, pois elas, de certa forma, respondiam ao senso comum.

A Cosmologia sempre foi um campo fértil de discussões e elaborações da ciência, de maneira que tais ideias sempre contribuíram também nas questões da Mecânica. Um dos principais autores a elaborar teorias complexas e tentar explicar os movimentos celestes foi Ptolomeu (90-168). Ele construiu um elaborado sistema para prever esses movimentos e sua obra *Almagesto* persistiu durante séculos como principal tratado astronômico. De acordo com Kuhn:

[...] quando de sua elaboração, no período de 200 a.C. a 200 d.C., o sistema precedente, o ptolomaico, foi admiravelmente bem-sucedido na predição da

mudança de posição das estrelas e dos planetas. Nenhum outro sistema antigo saía-se tão bem: a astronomia ptolomaica é ainda hoje usada para cálculos aproximados [...]. (KUHN, 1996, p. 95).

O sistema, no entanto, com o passar dos séculos passou a gerar anomalias, ou seja, aquilo que era previsto em seu tratado não correspondia ao que era observado no céu (KUHN, 1996, p. 97). Ptolomeu seguia fielmente a física aristotélica ao descrever as órbitas celestes como circulares, contudo, os planetas teimosamente descreviam trajetórias muito complexas no céu, o que o obrigou a incluir em seu sistema os epiciclos planetários. Conforme Ponczek e colaboradores (2002, p. 69 apud¹³ GONZATTI; SARAIVA; RICCI, 2008), “[...] o que Ptolomeu conseguiu, em linguagem atual, foi atribuir órbitas elípticas aos planetas sem, contudo, deixar de usar o círculo como figura básica”.

Um dos principais questionadores da cosmologia aristotélico-ptolomaica foi Copérnico (1473-1543)¹⁴. Para ele os epiciclos não explicavam de fato, além de parecer uma solução inadequada:

[...] nenhum outro motivo me levou a pensar num método diferente de calcular os movimentos das esferas do Universo senão o fato de ter verificado que os matemáticos não estão de acordo consigo próprios na investigação de tais movimentos. É que em primeiro lugar eles se encontram de tal maneira inseguros quanto ao movimento do Sol e da Lua que nem a duração regular do ano corrente é capaz de explicar e formular. Em segundo lugar, ao determinarem os movimentos das esferas do Universo e dos cinco planetas não usam até dos mesmos princípios e premissas que nas demonstrações dos movimentos e revoluções aparentes. Com efeito, uns apenas se servem de círculos concêntricos e outros de círculos excêntricos e de epiciclos com os quais, porém, não atingem completamente o que pretendem. (COPÉRNICO, 1984, p. 8 apud¹⁵ MOSCHETTI, 2004).

Copérnico, em sua obra *Revolutionibus Orbium Coelestium*, dá um importante passo numa cosmologia mais próxima à atual, heliocêntrica. No entanto, ele não conseguiu desenvolver uma dinâmica adequada e lógica. Segundo Martins (1986, p. 74), “[...] não há em Copérnico a ideia de um movimento por inércia, mas algum tipo de acompanhamento de um movimento natural”. Na verdade, Copérnico não foi tão revolucionário, pois sua física estava ainda muito sedimentada nas concepções aristotélicas e na órbita circular.

Outros tentaram desenvolver o tema, como Giordano Bruno, Tycho Brahe, Ludovico, Galileu, etc. Contudo, foi Isaac Newton (1643-1727) quem conseguiu montar, no sentido

¹³ PONCZEC, R. L.; PINHO, S. T. R.; ANDRADE, R.F.S.; ROCHA, J.F.M.; JUNIOR, O. F.; FILHO, A. R. *Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da mecânica. Origem e evolução das ideias da física*. In: ROCHA, R. F. (org.). Salvador: EDUFBA, cap. 1, p. 17-135, 2002.

¹⁴ Houve inúmeros predecessores do heliocentrismo, inclusive representantes da Igreja, como Buridan e Oresme.

¹⁵ COPÉRNICO, N. *As revoluções dos orbes celestes*. Trad. de A. D. Gomes e G. Domingues. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1984. ÉVORA, F. R. R. A revolução copérnico-galileana. 2v. Campinas: CLE-UNICAMP, 1993.

kuhniano, os ‘quebra cabeças’ que compõem o que hoje chamamos de princípios da dinâmica clássica, bem como contribuiu vigorosamente para o entendimento da gravidade e sua relação com as órbitas planetárias em torno do Sol. De acordo com Cohen:

A publicação dos *Principia* de Isaac Newton, em 1687, foi um dos acontecimentos mais notáveis de toda a história da física. Nessa obra encontramos o clímax de milhares de anos de esforços para compreender o sistema do mundo, os princípios da força e do movimento e a física dos corpos em movimento através de meios diferentes. É um testemunho significativo do gênio científico de Newton o fato de, embora a física dos *Principia* tenha sido alterada, aperfeiçoada, e até contestada, ainda solucionarmos hoje muitos problemas de mecânica celeste e de física dos corpos comuns procedendo, no essencial, como Newton fez há cerca de 300 anos. (COHEN, 1988, p. 185).

2.4.2 Newton e os princípios da dinâmica¹⁶

Em seu tratado *Philosophia Naturalis Principia Mathematica* (em 1687), publicado pela *Royal Society*, Newton sistematiza a mecânica celeste e a da Terra em uma elaborada argumentação empírica, solidamente fundamentada na matemática. Westfall (1995) cita um discurso de Halley à *Royal Society* onde apresenta a monumental obra de Newton:

[...] O Dr. Vincent apresentou à sociedade [dizem as atas] um tratado manuscrito, intitulado *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* e dedicado à sociedade pelo Sr. Isaac Newton, onde ele fornece uma demonstração matemática da hipótese copernicana, tal como proposta por Kepler, e explica todos os fenômenos dos movimentos celestes pela suposição única de uma gravitação para o centro do Sol, que decresce em proporção inversa ao quadrado das distâncias dele. Ordenou-se que seja escrita uma carta de agradecimento ao Sr. Newton, e que a impressão desse livro seja encaminhada ao conselho para consideração; e que, nesse meio tempo, o livro seja colocado nas mãos do Sr. Halley, para que este submeta ao conselho um relatório sobre ele (WESTFALL, 1995, p. 162-163).

Uma das maiores contribuições de Newton para a elaboração de uma explicação plausível para os movimentos foram indubitavelmente as chamadas Leis de Newton, válidas para sistemas inerciais.

Eis as leis de Newton segundo os *Principia*:

¹⁶ A física contida nessa seção está baseada em:

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos da Física 1*. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. *Os fundamentos da Física – Mecânica*. 7ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 1999.

[Primeira Lei:] todo corpo continua em seu estado de repouso, ou de movimento uniforme em linha reta, a menos que seja compelido a modificar esse estado por forças imprimidas sobre ele.

[Segunda Lei:] A variação do movimento é proporcional à força motriz imprimida, e ocorre na direção da linha reta em que essa força é imprimida.

[Terceira Lei:] para cada ação existe sempre uma reação igual e contrária: ou as ações recíprocas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas para partes contrárias. (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p. 286-287).

Mais a frente, Newton passa a desenvolver suas teorias com rigor matemático.

Pois a velocidade, que uma força dada pode gerar em uma matéria dada em um tempo dado, é diretamente proporcional à força e ao tempo, e inversamente proporcional à matéria. Quanto maior a força ou o tempo, ou quanto menor a matéria, maior a velocidade que será gerada. Isto é manifesto da segunda lei do movimento. (NEWTON apud GOMES, 2005, p. 692).

De acordo com Newton, a resistência à mudança do estado de repouso ou movimento retilíneo e uniforme de uma partícula é denominada inércia. Portanto, quanto maior for a inércia de uma partícula, menor deve ser a variação de sua velocidade e, conseqüentemente, a sua aceleração. A medida da inércia de uma partícula é feita através da sua massa inercial (ou, simplesmente, massa). Sua definição operacional pode ser feita da seguinte maneira: consideremos duas partículas A e B e apliquemos sobre elas uma mesma força \vec{F} constante. Sejam as acelerações dessas partículas resultantes da aplicação da força. Como a inércia mede a resistência à variação da velocidade da partícula, podemos escrever que:

$$m_A/m_B = \vec{a}_B / \vec{a}_A.$$

A experiência nos mostra que se aplicarmos sobre as mesmas massas uma força \vec{F}' diferente de \vec{F} , a razão das acelerações de A e B é a mesma que a obtida sob ação da força \vec{F} :

$$\vec{a}_A' / \vec{a}_B' = \vec{a}_B / \vec{a}_A.$$

Portanto, a razão das massas de duas partículas é independente da força comum usada. Se tomarmos a partícula A como padrão, atribuindo a ela a massa unitária, podemos escrever que a massa da partícula B, relativamente à da A, é:

$$m_B = \vec{a}_A / \vec{a}_B,$$

isto é, definimos a massa da partícula como a razão inversa das acelerações adquiridas por ela e uma partícula padrão quando sujeitas à ação de uma mesma força.

A segunda lei estabelece a relação entre força e aceleração. Ela afirma que: a aceleração adquirida por uma partícula sob ação de uma força é diretamente proporcional à força e inversamente proporcional à massa da partícula. Então, se a força \vec{F} que atua na partícula de massa m é constante e se a aceleração adquirida pela partícula for \vec{a} , tem-se que:

$$\vec{a} \propto \vec{F}/m .$$

Devemos lembrar que uma grandeza proporcional a outras duas é proporcional ao produto delas. A equação anterior pode ser transformada em uma igualdade se for introduzida uma constante de proporcionalidade k :

$$\vec{F} = K m . \vec{a} .$$

Nessa equação há quatro variáveis, mas até agora temos unidades para apenas duas delas: a massa e a aceleração. Para que a equação seja fisicamente aceitável, é preciso definir uma unidade para a força e determinar experimentalmente o valor de k (para que a equação fique dimensionalmente correta), ou, alternativamente, definir um valor para a constante k e determinar a unidade de força que satisfaça a equação. O caminho escolhido por Newton e seus sucessores foi o de escolher k adimensional e tomar o valor de $k = 1$. A equação acima pode então ser escrita como:

$$\vec{F} = m . \vec{a} .$$

Assim, a unidade de força passou a ser a força que produz em uma massa unitária a aceleração unitária. Como a massa é medida em quilogramas (kg), no S.I., e a aceleração em metros por segundo ao quadrado (m/s^2), podemos definir o Newton (N), a unidade de medida de força, como:

$$1N = 1kg . \frac{m}{s^2} .$$

Quando atuam várias forças sobre a partícula, a força passa a ser a força resultante do sistema. Desse modo, podemos escrever que:

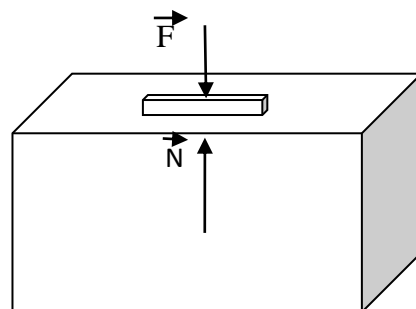
$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}.$$

É importante ressaltar que a primeira lei está contida na segunda, pois se $\vec{F} = 0$, e $\vec{a} = 0$ a partícula está em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme. Note também que a equação $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ é uma equação vetorial. Para resolvê-la, você tem que escrevê-la em termos das componentes da força e da aceleração em um sistema de coordenadas. Da mesma forma que na primeira lei de Newton, a segunda lei só é válida em referenciais inerciais.

Uma força é um aspecto da interação entre duas ou mais partículas. Portanto, as forças que atuam sobre determinada partícula são devidas às outras partículas que formam a sua vizinhança.

Veja a figura 1, que mostra um livro de massa m em repouso sobre um bloco horizontal. Se não houvesse o bloco, o livro cairia verticalmente com uma aceleração constante \vec{g} . Então, de acordo com a segunda lei de Newton, a Terra exerce sobre ele uma força vertical constante $\vec{F} = \vec{P} = m \cdot \vec{g}$, ou seja, o seu peso (força da Terra sobre o livro). Da mesma forma, o livro exerce sobre a Terra uma força vertical constante apontada para cima (força do livro sobre a Terra). Pares de ação/reação, conforme a terceira lei de Newton. Mas, como o livro está sobre o bloco, ele exerce uma força sobre ela, que tem a direção vertical, sentido para baixo e mesmo módulo de seu peso. O bloco reage aplicando sobre o livro uma força na direção vertical, sentido para cima e mesmo módulo.. Essas observações são sintetizadas na terceira lei de Newton:

Figura 1: Livro sobre um bloco.



Fonte: autoria própria.

Essas forças são referenciadas como uma par ação/reação e nunca se anulam, pois atuam em corpos diferentes. São de mesma classe (campo ou contato), os módulos são iguais, a direção é a mesma, o sentido é contrário. Portanto, nunca duas forças de um par, ação/reação devem ser somadas, sob o risco de achar que elas produzem uma força resultante nula.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo são apresentadas, inicialmente, algumas considerações sobre o material didático elaborado e suas relações com alguns referenciais no âmbito do ensino de ciências e livros didáticos. Posteriormente, são feitos aportes específicos sobre a pesquisa: abordagem metodológica qualitativa, sujeitos da pesquisa e instrumentos de coleta dos dados.

3.1 A PROPOSTA DIDÁTICA

Segue uma breve descrição do material didático e sua relação com livros e projetos didáticos relacionados à Física.

3.1.1 O material didático

O principal objetivo de uma proposta didática é que o aluno construa de forma consistente os conteúdos de ensino, sejam verbais, procedimentais ou atitudinais (POZO; GÓMEZ CRESPO, 1998). Tais propostas devem focar aspectos relevantes no processo de ensino e aprendizagem, ou seja, os conhecimentos prévios, sejam inatos ou construídos; os conteúdos e sua construção de forma significativa; o nível de desenvolvimento cognitivo do aluno e a adequação dos conteúdos a tais níveis; os conflitos cognitivos e sua superação; a construção de uma atitude favorável para com o ensino da disciplina; a construção de atitudes positivas no âmbito do convívio social; o fomento de um senso crítico construtivo, dentre outros aspectos (ZABALA, 1998).

Em contextos de ensino tradicionais, os conteúdos escolares são escolhidos e organizados de acordo com critérios internos relativos à lógica dos assuntos. A figura do professor como a detentora do saber é posta em primeiro plano e os conteúdos atitudinais não são evidenciados, quando muito para despertar uma postura de disciplina junto aos discentes (Ibid.).

Há, no entanto, a possibilidade de desenvolver um ambiente de aprendizagem mais dinâmico, focado no aluno e seus interesses, sem perder de vista a construção adequada e contextualizada dos conteúdos em seus diversos níveis. Os aspectos centrais a serem destacados por esta pesquisa são: visão do aprendiz como sujeito da aprendizagem; concepções alternativas, sobre os temas trabalhados, postas em relevo; respeito à estrutura

cognitiva do aprendiz; ensino centrado no diálogo professor-aluno; valorização da experimentação e da história dos conceitos; ênfase na construção dos conteúdos verbais procedimentais e atitudinais; olhar privilegiado sobre as questões sociais e ambientais; uso didático das novas tecnologias. De uma maneira geral, o material didático da proposta de ensino aqui apresentada procurará se inspirar nos temas elencados anteriormente.

No âmbito do ensino de ciências, Gil Perez (1983) apresenta o modelo de ensino caracterizado por valorizar o processo de produção científica, denominado *modelo de ensino e aprendizagem por investigação*. Segundo Gil Perez (1986), tal enfoque valoriza o trabalho em equipe, a participação do aluno na formulação de hipóteses, a experimentação, o uso da história e a construção discente de modelos explicativos.

3.1.2 Como os livros apresentam os princípios fundamentais da mecânica em nível fundamental?

A preocupação com o livro didático (LD) no Brasil nasce a partir do decreto lei 1006/1938. Nesta ocasião o livro didático era considerado uma ferramenta político-ideológica e o estado detinha a premissa de controlá-lo. Os professores faziam apenas escolhas em uma lista previamente analisada pelo governo (SIGANSKI et al., 2008, s. p.).

Com a democratização do ensino, no final do século passado, novos ares sopraram sobre a educação brasileira com novas reflexões pedagógicas e, conseqüentemente, nas publicações dos LDs. Mais recentemente, ele é considerado um espécie de orientador do currículo e orientador do professor, bem como a principal fonte impressa para uso em sala de aula, tornando-o um recurso imprescindível na aprendizagem do aluno no Brasil (APPLE, 1995 apud¹⁷ OLIVEIRA; HOSOUME, 2009; SIGANSKI et al., 2008, s.p.).

Há de se atentar ao perigo de se apropriar no LD como se fosse um “manual”, no sentido kuhniano da palavra, onde os conhecimentos são estanques e fixos, sem contexto social e cuja verdade dogmática subjaz os conhecimentos científicos. Como ressalta Kuhn:

[...] esses textos frequentemente parecem implicar que o conteúdo da ciência é exemplificado de maneira ímpar pelas observações, leis e teorias descritas em suas páginas. Com quase igual regularidade, os mesmos livros têm sido interpretados como se afirmassem que os métodos científicos são simplesmente aqueles ilustrados pelas técnicas de manipulação empregadas na coleta de dados de manuais, juntamente com as operações lógicas utilizadas ao relacionar esses dados às generalizações teóricas desses manuais. O resultado tem sido um conceito de ciência

¹⁷APPLE, M. W. *Trabalho docente e textos*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

com implicações profundas no que diz respeito à sua natureza e desenvolvimento. (KUHN, 1996, p. 20).

Nas últimas décadas, o governo, através do MEC, tem buscado o aprimoramento na qualidade, na distribuição e democratização do LD através do PNLD- Programa Nacional do Livro Didático. Com avaliações constantes que contemplem as questões éticas, científicas, metodológicas, pedagógicas e estéticas, de acordo com as diretrizes curriculares nacionais (BRASIL, 2007). Através dos PCNs e constante avaliação do MEC, hoje o professor conta com instrumentos que podem nortear suas escolhas trazendo mais qualidade para sala de aula e ao mesmo tempo dando-lhe autonomia na seleção e análise do LD. De acordo com Nunez,

[...] o professor deve estar preparado não só para selecionar os livros de uma "lista" organizada por "especialistas", como também para saber lidar com os erros presentes nos livros ao alcance de seus alunos. (NUNEZ, 2006, p. 9 apud¹⁸ SIGANSKI et al., 2008, s. p.).

Em seguida são brevemente analisados dois livros didáticos que podem ser representativos para o ensino das leis de Newton, em nível fundamental, possibilitando um parâmetro de comparação com o material didático sugerido na presente investigação. Ambos os livros foram aprovados pelo último guia de livros didáticos (PNLD-2017), sendo que o primeiro deles é o livro adotado pela unidade escolar onde será realizada a pesquisa. Também procuraremos estabelecer alguns critérios que contemplem as estratégias pedagógicas ressaltadas nesta pesquisa:

- Formação do autor;

Diante da diversidade de especificidades no currículo do ensino fundamental II, é importante que o LD seja planejado e produzido no coletivo de sujeitos com formações distintas e que cada um possa contribuir na busca da qualidade do material (SIGANSKI et al., 2008, s. p.).

- Qualidade conceitual;

Os conceitos físicos referentes às leis de Newton devem ter uma linguagem acessível, sem perder o rigor do tema. Neste quesito, penso que devem-se evitar simplificações e linguagem muito resumida e superficial.

¹⁸NÚÑEZ I. B.; RAMALHO B. L.; SILVA I. K.P.; CAMPOS, A. P. N. *A seleção dos livros didáticos: Um saber necessário ao professor. O caso do Ensino de Ciências*. Disponível em <http://www.darwin.futuro.usp.br/>

- Experimentação;

Como abordado anteriormente, é importante que o LD contemple a experimentação, evitando o modelo “receita de bolo” ou experimentos distantes da realidade do aluno ou muito sofisticados, que tornem improvável sua realização.

- História da Ciência;

O tema HC deve ser trazido para o LD, evitando as visões românticas a respeito dos cientistas e linearidade acumulativa do saber científico.

- Atividades/avaliação;

As atividades que visam a assimilação dos conceitos devem ser diversificadas. Com diferentes linguagens (ilustrações, tabelas, gráficos, etc.) e evitando perguntas que visem respostas meramente objetivas e que favoreçam apenas a memorização e repetição.

Livro 1 – GEWANDSZNAJDER, Fernando. Ciências – Matéria e Energia. Projeto Teláris. Ed. Ática. Livro adotado atualmente pela unidade escolar alvo da pesquisa.

Figura 2: Capa do livro didático “Ciências – Matéria e Energia”.



Fonte: Editora Ática.

Em primeiro lugar, há se destacar a formação do autor. Ele é licenciado em biologia pela UFRJ, com um mestrado em educação e outro em filosofia, respectivamente pela FGV-RJ e pela PUC-RJ. Tem ainda um doutorado em educação pela UFRJ. É autor único e não menciona nenhuma participação de coautores de outras áreas.

Sua divisão de conteúdos contempla a Física nas duas últimas unidades do livro. Na penúltima unidade é trabalhado os conceitos de movimento, força e energia e na última unidade são trabalhados o calor, ondas e eletromagnetismo; os conteúdos são elencados da seguinte forma:

- Cap. 8- O movimento.
 1. O movimento é relativo.
 2. Trabalhando com velocidades.
 3. Calculando a aceleração.
 4. A queda dos corpos.

- Cap. 9- Forças
 1. Medindo forças.
 2. O atrito.
 3. Força e aceleração.
 4. Ação e reação.

Procurei me ater a unidade 9, pois está diretamente ligada ao objeto desta pesquisa. No capítulo, o autor tenta contextualizar os conceitos com pequenos textos introdutórios que ele chama de "ciência e sociedade", onde fala da relação das ciências e a sociedade como, por exemplo, segurança no trânsito. Outro tópico usado é chamado de "ciência e tecnologia", onde se observa a relação das últimas tecnologias com as mais diversas áreas das ciências.

Há ainda outro tópico que é chamado "ciência e história", onde o tema HC é trabalhado. A unidade 3 possui alguns desses textos. O primeiro, sobre as supostas experiências de Galileu na Torre Piza, o segundo, sobre astronomia e o terceiro, sobre a construção das pirâmides do Egito e sobre as invenções das máquinas simples. Ambos os textos têm linguagem simples e de fácil compreensão para o aluno. São bem fundamentados historicamente apesar de apresentarem uma visão linear e acumulativa da HC.

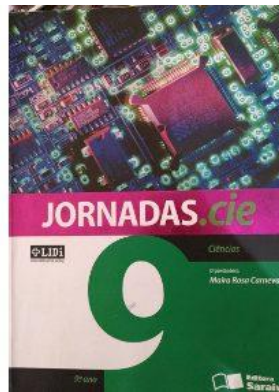
Ao final dos capítulos, as atividades avaliativas são bastante extensas com 3 tipos de avaliação. A primeira é chamada pelo autor de "trabalhando as ideias do capítulo". Nela os conceitos são relembrados e não há privilégio da descrição matemática. São usados gráficos e tabelas para estimular a leitura desses instrumentos, mas ainda nota-se uma certa objetividade nesse tipo de atividade. O segundo tipo é chamado de "pense um pouco mais". Nele, os conceitos tomam uma complexidade maior e exigirão maior reflexão dos alunos. Há ainda um terceiro tipo chamado de "aprendendo com a prática". Nele alguns experimentos são sugeridos: são relativamente fáceis em sua execução sem exigir equipamentos ou espaços especiais. No entanto, são poucos experimentos e simples demais, podendo incorrer em desinteresse por parte dos alunos. Há também, esporadicamente, sugestões de atividades em

grupo com discussão dos temas da Física. Tem-se uma boa variedade de linguagens nas atividades, desde tabelas, gráficos, textos extraídos da internet, etc.

As leis de Newton são trabalhadas dentro do capítulo de forças e são discutidas em apenas quatro páginas. Apesar de mencionar o conteúdo como Leis de Newton, nenhuma informação é dada ou creditada a Isaac Newton, nem no texto teórico, nem nas atividades ao final do capítulo.

Livro 2 – CARNEVALLE, Maria Rosa. Jornadas. Ciências. Editora Saraiva.

Figura 3: Capa do livro didático “Jornadas”.



Fonte: Editora Saraiva.

A autora é bacharel e licenciada em Ciências Biológicas pela UFSCar.

O livro também contempla os conceitos da Física na segunda parte do livro, mais precisamente a partir da unidade 5. Os temas referentes às Leis de Newton estão contidos na unidade 6, cap. 11 e são discutidos em apenas 3 páginas. Os conteúdos de Física são elencados como segue abaixo:

- Unidade 5 - Calor e Movimento.
 - Cap. 10: Movimento.
 - Conceitos básicos da cinemática.
 - Queda dos corpos.
 - Tipos de movimento.

- Unidade 6: Força, Trabalho e Energia.
 - Cap. 11: Conceitos básicos de força.
 - Força resultante.
 - Leis de Newton.

Cap. 12: Trabalho e Energia.

Trabalho.

Potência.

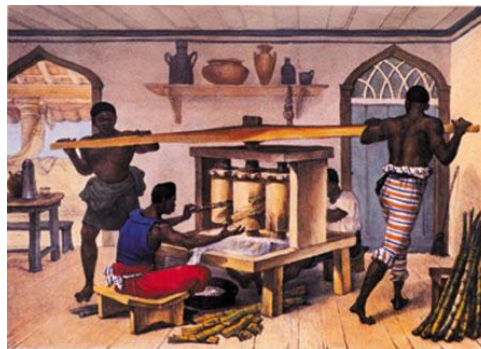
Energia.

- Unidade 7: Ondas, som e luz.
- Unidade 8: Eletricidade e magnetismo.

Da mesma maneira que no primeiro livro, procurei me ater às unidades relacionadas ao tema da pesquisa.

O Livro é bastante colorido e com muitas ilustrações. O capítulo de força traz uma ilustração de Debret, com escravos movendo uma moenda manual de cana de açúcar. Na página, ele discute ideias conceituais de força, mas não faz nenhuma menção ao tratamento desumano que se dava aos sujeitos oriundos da África. Seria pertinente discutir racismo diante de imagem tão grotesca.

Figura 4: Engenho manual – Debret.



Fonte: <http://enciclopedia.itaucultural.org.br/>

O autor usa linguagem coloquial e acessível à faixa etária dos alunos deste segmento, dispõe também de muitas ilustrações que podem facilitar a aprendizagem.

Ao introduzir os conceitos das leis de Newton, o autor faz uma breve referência biográfica de Isaac Newton, não se veem erros históricos nem exageros na biografia, no entanto, na página anterior o autor sugere dois livros: Isaac Newton e sua maçã, de K, Poskitt. Ed, Companhia da Letras, 2001 e Newton e o triunfo do mecanicismo, de Andréa Guerra e

outros. Ed. Atual, 2006. Penso que seria mais viável a ilustração de trechos dos livros do que a sugestão.

No final da exposição há uma atividade experimental simples para se verificar o atrito das superfícies, tentando relacioná-lo aos conceitos anteriores.

As atividades, ao final do capítulo, chamadas de “teias do saber” são diversificadas e contemplam tanto a "matematização" dos conceitos quanto a aplicação dos conceitos no cotidiano do aluno. Ainda no final do capítulo o conceito físico de plano inclinado é abordado e relacionado ao importante e atual tema da acessibilidade.

A HC não foi contemplada nas unidades relacionadas à pesquisa.

3.1.3 A sala de aula

A turma foi previamente sensibilizada para o trabalho desenvolvido, não só quanto às características do material didático elaborado, como também quanto à sua participação como avaliadores da proposta. Há de se pôr em relevo a importância do engajamento de todos para o sucesso dos objetivos desejados, que são a construção dos conceitos e possíveis ajustes na proposta didática.

O material aplicado em sala estava estruturado em apostilas previamente preparadas e entregues nos dias das aulas. Composto por textos históricos, o passo a passo das experiências, os equipamentos dos experimentos e vídeo do filme "Céu de Outubro". Os equipamentos dos experimentos consistiram em dinamômetro e suporte adaptados sobre trilho de ar para se fixar um celular que, através de aplicativo, poderá aferir as acelerações produzidas a partir de determinadas forças. O detalhamento dos equipamentos pode ser visto na descrição do produto (Cap. 04).

A pesquisa foi realizada em uma turma de 9º ano do ensino fundamental da Escola Municipal Dr. Cláudio Moacyr de Azevedo, localizada em Macaé-RJ. A dinâmica das aulas promoveu a formação de grupos de trabalho para realização de experimentos e disposição circular de cadeiras nas aulas de HC para propiciar uma maior interação entre os alunos.

Os alunos tiveram liberdade de discutir entre si e com o professor, que por sua vez não forneceu respostas, mas orientações. Sempre que necessário, intervenções didáticas ocorreram.

3.2 A PESQUISA

A investigação usa referenciais de pesquisa qualitativa. De acordo com Alves (1991), tal enfoque abarca uma grande variedade de denominações: naturalista, pós-positivista, antropológica, etnográfica, estudo de caso, humanista, fenomenológica, hermenêutica, ideográfica, ecológica, construtivista, entre outras. Portanto, sua caracterização não é uníssona, refletindo origem e ênfase diversas. O termo qualitativo utilizado é uma questão de ênfase e não de exclusividade.

Para Patton (1986 apud¹⁹ ALVES, 1991), há três características que são tidas por diversos autores como os pilares dos estudos qualitativos: i) visão holística, ou seja, valorização do contexto para a compreensão de um evento; ii) abordagem indutiva, ou seja, o pesquisador parte de observações mais livres para destacar as relevâncias; iii) investigação naturalista, ou seja, apesar da importância do investigador, há uma minimização de sua intervenção no contexto.

Segundo Moreira e Rosa (2016), a pesquisa qualitativa apresenta três metodologias principais: a etnografia, o estudo de caso e a pesquisa-ação. A etnografia tem como principal objetivo descrever elementos de uma cultura, por exemplo, uma tribo indígena (ANDRÉ, 1998, p. 19).

O estudo de caso, por sua vez, concentra-se na observação minuciosa de um contexto, um indivíduo, uma fonte documental ou um acontecimento específico (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 89). Tais estudos podem ainda ser subdivididos em três tipos principais: estudos de caso de organizações, estudos de caso de observação e histórias de vida (Ibid., p. 90-93). Técnicas específicas de coleta de dados são utilizadas como, por exemplo, a observação participante e entrevistas.

Por fim, a pesquisa-ação ou investigação-ação, cujo objetivo principal consiste em melhorar a prática em vez de gerar conhecimentos. O investigador atua para influenciar o processo de tomada de decisão de um grupo em prol da mudança social (Ibid., p. 266; 292).

A presente investigação realizou um “estudo de caso de observação” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 90), na interface entre o descritivo e o interpretativo (MOREIRA; ROSA, 2016, p. 14), ou seja, focou um grupo específico (uma turma do ensino médio) dentro da instituição escolar e investigou em que medida uma intervenção didática possui relevância no que concerne a construção dos conteúdos relacionados ao tema energia no âmbito da Física.

¹⁹PATTON, M. *Qualitative evaluation methods*. Beverly Hills, Sage Publ., 1986.

Nos estudos de caso de observação, é possível utilizar uma técnica de recolhimento de dados denominada *observação participante* (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 90), ocasião em que o observador compartilha, em graus distintos, as atividades e os interesses de um grupo de pessoas ou de uma comunidade. Na observação participante, há uma possibilidade de entrevista denominada “conversação continuada” (GASKELL, 2003, p. 69), oportunidade em que o investigador mantém um diálogo com os sujeitos participantes de viés informal permeado pelas questões inerentes à pesquisa.

3.2.1 Sujeitos

O material didático foi aplicado em uma turma de 9º ano do ensino fundamental em uma escola municipal já citada anteriormente. De uma maneira geral, toda a turma foi avaliada mediante a participação nas atividades do material didático e na avaliação escrita aplicada ao final dos trabalhos.

3.2.2 Instrumentos

Foram consideradas as observações/anotações efetuadas pelo professor/pesquisador durante a aplicação da proposta didática, principalmente relativas ao engajamento cognitivo dos alunos no processo de aprendizagem conceitual e procedimental, sem desmerecer os vieses atitudinais relevantes.

Também fazem parte do instrumental de coleta de dados as questões presentes ao longo do material didático, principalmente focadas nos conteúdos relativos aos conceitos relacionados ao tema em evidência.

Por fim, foi acionada uma avaliação escrita, inclusive com perguntas abertas e conceituais. Segundo Bogdan e Biklen (1994, p. 209), as perguntas abertas garantiriam uma das características dos estudos qualitativos, que é uma maior preocupação com os “processos e significados”. O foco da avaliação repousa, preponderantemente, sobre os conteúdos conceituais concernentes aos princípios fundamentais da dinâmica (Leis de Newton).

4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

Este capítulo é dedicado à descrição do produto educacional a ser aplicado em sala de aula. Primeiro são feitas algumas considerações introdutórias sobre as características didáticas e de conteúdo do material. Em seguida, é apresentado um roteiro ilustrativo das etapas investigativas do mesmo.

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O produto didático construído para esta pesquisa corresponde a uma sequência de atividades aglutinadas em **onze etapas investigativas**, onde são utilizadas estratégias de ensino múltiplas, em consonância com diferentes perfis motivacionais discentes (KEMPA; MARTIN, 1989). Se estrutura a partir de várias estratégias, tais como: textos com inclinação histórica, experimentos, atividades extraclasse, filmes e aulas dialogadas. O objetivo principal é propor uma intervenção que tenha potencial para suscitar nos alunos uma aprendizagem significativa de conceitos e procedimentos relacionados aos princípios fundamentais da dinâmica.

Quanto à aprendizagem, Pozo (2001, p. 212), trabalhando as proposições de Ausubel, afirma que para que haja aprendizagem significativa são necessárias certas condições. Primeiramente, o material de ensino deve possuir uma coerência interna, ou seja, seus elementos devem ser organizados em uma estrutura lógica não arbitrária; deve haver uma predisposição motivacional por parte do sujeito; por fim, os conceitos inclusivos, relacionados às concepções prévias, formam os requisitos básicos indispensáveis para a aprendizagem significativa.

Complementando esse comentário introdutório sobre as bases teóricas que nutriram a elaboração do material didático investigado nessa pesquisa, é preciso citar a história da ciência e o uso de experimentos. Desempenham um importante papel nas escolhas das estratégias didáticas, dos conteúdos propostos e sua sequência. Deseja-se que tais elementos sejam colaboradores para a efetivação da aprendizagem dos temas da Física em evidência.

4.2 ROTEIRO DO PRODUTO

Em seguida são identificadas as etapas investigativas que compõem a estrutura ou roteiro do produto educacional (Apêndice A, p. 115). Cada momento será brevemente descrito. A descrição detalhada dessas etapas será feita no próximo item, sob a rubrica ‘descrição do produto’, e está em fase de elaboração.

Etapas investigativas - Princípios da Dinâmica

Primeira Etapa Investigativa: Questionário de coleta das concepções alternativas (50 min.).

Essa primeira etapa tem como fim fazer com que os alunos evoquem suas concepções prévias sobre o tema da Física e também nortear o processo de ensino e de aprendizagem. O docente estará intencionalmente voltado para a catalogação de possíveis subsunções, que servirão de base para o processo de aprendizagem (MOREIRA, 1999).

Segunda Etapa Investigativa: Leitura e discussão de texto biográfico sobre Isaac Newton. Questões de orientação para o debate após a leitura (100 min.).

Deseja-se nesta tarefa suscitar entre os alunos um pequeno debate, com intenções motivacionais, com respeito a biografia do Newton. Ao mesmo tempo buscar a interação social e a humanização da figura do Newton, muitas vezes tido como um mito. Aproximar o aluno da pessoa do cientista pode favorecer o aprendizado da ciência (MATTHEWS, 1995; POZO, 1998, p. 211).

Terceira Etapa Investigativa: Aula dialogada introdutória e panorâmica sobre os princípios da dinâmica (50 min.).

Esta aula contempla a ideia de que é preciso partir dos conceitos gerais para os específicos, contemplando as proposições ausubelianas sobre diferenciação progressiva (MOREIRA, 1999, p.153-155; POZO; GOMEZ CRESPO, 1998, p.160).

Quarta Etapa Investigativa: Resolução de questões (50 min.).

Quinta Etapa Investigativa: Experiência sobre o princípio da inércia e princípio fundamental da dinâmica. Vídeos explorando eventos ilustrativos (100 min.).

A experiência será realizada pelos alunos, através de grupos e terá como objetivo principal ser um fator gerador de discussão. Os vídeos, de curta duração, terão caráter de assimilação de conteúdo, explorando eventos sobre as leis de Newton. Ao final, o professor descreverá a primeira e a segunda leis de Newton e suas implicações (ARAÚJO; ABIB, 2003; CARRASCOSA; PERES; VILCHES, 2006).

Sexta Etapa Investigativa: Leitura e discussão de texto sobre HC. Questões sobre o texto (100 min.).

Os avanços da astronomia a partir de Newton, o rompimento com a visão Aristotélica. O movimento contínuo dos astros e sua relação com o princípio da inércia e o princípio fundamental da dinâmica. O texto e as questões buscarão relacionar-se às aulas anteriores para contemplar a consolidação da assimilação dos conceitos trabalhados.

Sétima Etapa Investigativa: Experiência sobre o princípio da ação e reação ou terceira lei de Newton (100 min.).

A experiência será feita pelos alunos, em grupos, e visará a terceira lei de Newton, trazendo suas aplicações ao cotidiano do aluno.

Oitava Etapa Investigativa: gincana da Física em ambiente não formal – quadra da escola (quadra esportiva) (150 min.).

O objetivo é que o aluno realize atividades de cunho procedimental como cabo de guerra, levantamento de pesos, foguetes de garrafa pet, etc. Ao voltar à sala, pedir aos alunos para elaborarem uma redação com suas próprias conclusões sobre os fenômenos trabalhados e suas relações com os conceitos construídos.

Nona Etapa Investigativa: Mapa conceitual (50 min.).

O processo de revisão através do mapa conceitual tem importante função numa Aprendizagem Significativa, tendo em vista sua reconciliação integrativa (MOREIRA, 2009).

Décima Etapa Investigativa: Filme: Céu de outubro (150 min.).

O filme apresenta uma história real envolvendo experimentação com protótipos de foguetes feitos por adolescentes numa pequena cidade da Virgínia (EUA). Nele, o desejo por desenvolvimento técnico-científico é focado, juntamente com a descrição emocionante de uma amizade que é sempre colocada a prova. Elementos históricos como Guerra Fria e Corrida Espacial terão destaque.

Décima Primeira Etapa Investigativa: Avaliação final escrita (50 min.).

A avaliação final será importante, mas não será a única forma de avaliação. Ao longo do processo, todas as atividades e a participação do aluno serão consideradas.

4.3 DESCRIÇÃO DA ELABORAÇÃO DO PRODUTO

Agora faremos a descrição pormenorizada das **dez etapas investigativas** que constam na sequência didática, com sua respectiva fundamentação teórica.

Na **primeira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 118) pretende-se apresentar a proposta de trabalho, conscientizando os alunos da importância da participação de todos durante as aulas e nas atividades a serem desenvolvidas. A seguir apresentamos um questionário para se verificar as concepções prévias dos alunos. Este tema é considerado um dos pontos centrais nas teorias de Ausubel e de Novak (GIL-PERÉZ, 1983; MOREIRA, 2011). Para Moreira (2011, p. 25), este conceito é subjacente à grande maioria das teorias construtivistas e humanistas. De modo que, a busca em conhecer essas concepções é fundamental para nortear o trabalho e adaptá-lo nas pesquisas na sala de aula.

Outro aspecto que reitera a importância desta etapa são as concepções intuitivas ou alternativas que o aluno carrega em sua estrutura cognitiva. De acordo com Peduzzi:

Desde a infância, a criança desenvolve crenças e explicações sobre o mundo em que vive e que não são simples ideias isoladas; apresentam-se como partes de estruturas conceituais que proporcionam uma compreensão sensível e coerente do mundo, do seu ponto de vista. (PEDUZZI, 1985, p. 6).

O grande problema das concepções alternativas é que muitas vezes elas estão em desacordo com as teorias científicas existentes, tornando-se resistentes à mudança conceitual e com isto, passam a ser um obstáculo à aprendizagem (AUGÉ, 2014; PEDUZZI, 1985; PEDUZZI, 1992; SILVEIRA; MOREIRA; AXT, 1992). De acordo com Silveira, Moreira e Axt (1992, p. 187), a ressignificação desses conceitos intuitivos, processo chamado de mudança conceitual, não é nada trivial. Últimas pesquisas relatam até que o aluno pode apresentar superposição de estruturas conceituais no seu sistema cognitivo, a intuitiva e a científica, gerando uma complexificação em sua aprendizagem (AUGÉ, 2014).

No sentido de diagnosticar as possíveis concepções alternativas, faz-se necessário buscar ferramentas para aferir sua existência e quantificá-la. A entrevista Clínica parece ser a principal ferramenta para esse fim (SILVEIRA; MOREIRA; AXT, 1992), no entanto, na sala de aula com um grande número de alunos, essa técnica se faz inapropriada. O uso de testes objetivos tem se mostrado eficiente nesta tarefa (Ibid.), neste sentido, tentamos adaptar testes da literatura já consolidada para os alunos de 9º ano (PEDUZZI, 1992).

Na elaboração dos testes, levamos em conta algumas concepções alternativas comuns na literatura, como a relação aristotélica entre força e movimento, as concepções de uma história linear e cumulativa, a visão "icônica" dos cientistas, etc (AUGÉ, 2014; GOMES, 2008; PEDUZZI, 1992; 1985; SILVEIRA; MOREIRA; AXT, 1992). Procuramos dosar questões objetivas e subjetivas de modo a retirar o máximo de informações possíveis sobre as concepções alternativas dos sujeitos da pesquisa.

Na **segunda etapa investigativa** (Apêndice A, p. 123), introduzimos o conteúdo com uma história biográfica do Newton; nela além dos aspectos objetivos das descobertas de Newton e seu grande intelecto, são postos aspectos subjetivos como temperamento, relacionamentos e emoções. Abordar estes aspectos, de acordo com Martins (2006, p. 32), se torna importante, na medida que mostra a ciência como parte do desenvolvimento histórico-humano, sofrendo as influências sociais nas suas mais complexas relações. O uso de História da Ciência durante a investigação pode, além de combater as concepções ingênuas sobre a natureza da Ciência, também ser útil na transformação conceitual do aprendiz (Ibid.).

O caráter histórico-biográfico do texto é proposital neste trabalho. Biografias sempre fascinaram este autor. As narrativas biográficas podem ser vistas desde a antiguidade neoplatônica há mais de 2000 anos. Demaskios, no século V a.C. teria inaugurado o uso da

palavra biografia (de *bios*, vida e *gráphein*, escrever, descrever, desenhar). Segundo Cantarino,

biografar é, pois, descrever a trajetória única de um ser único, original e irrepetível; é traçar-lhe a identidade refletida em atos e palavras; é cunhar-lhe a vida pelo testemunho de outrem; é interpretá-lo, reconstruí-lo, quase sempre revivê-lo. O mistério do singular é, também, fortíssimo como elemento constitutivo do imaginário cultural de qualquer sociedade ou mesmo civilização. (CANTARINO, 1999, p. 154).

Biografias, portanto, são importantes veículos educativos, mas há poucos trabalhos na literatura educacional brasileira (Ibid., p. 157). Há de se ressaltar, entretanto, a necessidade de se buscar um certo realismo e a tão necessária neutralidade da pesquisa científica. A "canonização apaixonada" de alguns biógrafos ou a proliferação de histórias fantasiosas sem compromisso real com a verdade deve ser combatida. Logicamente, as figuras biográficas sempre serão emblemáticas do ponto de vista educacional, já que educação, em sua natureza teleológica, é a criação de imagens modelares que se deseja forjar (Ibid.), como resalta Madélenat (apud²⁰ CANTARINO, 1999, p. 157): "a história das biografias é então a história de seus recomeços sucessivos, de suas adaptações às novas imagens do homem".

Vale ressaltar que a biografia, enquanto forma de narrar a vida individual, com suas particularidades e idiossincrasias, conforme acrescenta Dilthey (apud²¹ CANTARINO, 1999, p. 173), é a representação da vida da pessoa e seus acontecimentos, uma combinação indissociável de vida e obras. Esta "simbiose" não pode ser objeto de simplificações grosseiras.

Na **terceira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 128) pretende-se fazer uma aula dialogada e panorâmica sobre a dinâmica newtoniana, lembrando alguns conceitos de forças, discorrendo sobre as relações da aceleração e as forças, a resistência ao movimento das forças dissipativas, reconciliando cognitivamente os conceitos dados anteriormente com os atuais (POZO; GOMEZ CRESPO, 1998, p. 160).

Algumas questões de verificação são propostas na **quarta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 135) no intento de analisar o progresso dos alunos e possíveis dúvidas no sentido de nortear o trabalho e, se necessário, suscitar adaptações e redirecionamentos (POZO, 2001, p. 91). Suscitar momentos de questionamentos do aluno são fundamentais para análise dos dados ao final da pesquisa.

²⁰ MADÉLENAT, D.; *La biographie*. Paris: PUF, 1984.

²¹ DILTHEY, W.; *Psicología y teoría del conocimiento*. México: Fondo de Cultura Económica, 1945.

Um experimento qualitativo será realizado pelos alunos com o auxílio do professor na **quinta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 138). Nele o professor dividirá a turma em equipes de três a quatro pessoas. A intenção é que as equipes realizem o mesmo experimento e a seguir discutam os resultados com a mediação do docente. Esta interação social propicia a participação ativa dos alunos na construção de hipóteses explicativas (AUSUBEL apud²² GIL PÉREZ, 1986, p. 118). Logicamente o professor deve estar atento a fazer as intervenções necessárias, adicionando informações, sugerindo alternativas, ou seja, dirigindo a investigação. O modelo experimental adotado é o modelo de investigação orientada (BARBERÁ, O.; VALDÉZ, P., 1996; CARRASCOSA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A., 2006; GIL PÉREZ et al., 2001) e não deve ser confundido com a aprendizagem autônoma. De acordo com Carrascosa e colaboradores (2006, p. 163-164), o trabalho experimental que pretenda aproximar-se de uma investigação deve apresentar alguns elementos tais quais: apresentar situações-problemas abertas, favorecer a reflexão do estudante, potencializar a análise qualitativa, sugerir a emissão de hipóteses pelos alunos, buscar usar da dimensão tecnológica já sob o domínio dos estudantes, possibilitar a análise de resultados, estando atento aos conflitos cognitivos, estimular uma compreensão mais sistêmica dos resultados e suas implicações, fomentar a interdisciplinaridade, contribuir na elaboração das memórias científicas, potencializar o trabalho de equipe e a cooperação mútua, relacionando o trabalho realizado com as descobertas científicas, fruto da interação e cooperação entre os cientistas. Por fim, o ambiente investigativo poderá propiciar um ambiente positivo para aprendizagem (ARAÚJO; ABIB, 2003; BARBERÁ; LABURÚ, 2006; VALDEZ, 1996). Ao final, alguns vídeos ilustrativos ajudam na corroboração dos temas discutidos no experimento.

Após o uso de diferentes instrumentos didáticos, a História da Ciência volta a ser tema de discussão na **sexta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 142). Desta vez, a ênfase é no desenvolvimento da Mecânica ao longo da história. O texto aborda os caminhos e descaminhos da Mecânica, desde Aristóteles, Buridan e Galileu até chegar em Newton; as revoluções científicas, segundo aborda o filósofo da Ciência Tomas Kuhn, perpassam sutilmente o texto, desconstruindo a equivocada ideia de uma História linear e cumulativa (KUHN, 1996; MARTINS, 2006; MATTHEUS, 1995).

Um novo experimento qualitativo é o tema da **sétima etapa investigativa** (Apêndice A, p. 147). O mesmo protótipo usado na quarta etapa investigativa. Desta vez, é abordada a lei da ação e reação ou terceira lei de Newton. Como anteriormente, a turma novamente é

²² AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. Psicologia Educativa. Um punto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1978.

dividida em grupos e, com mediação do professor, realizam o experimento de caráter investigativo (CARRASCOSA et al., 2006; GIL PÉREZ et al., 1991; GIL PÉREZ; VALDÉZ, 1996; GIL PÉREZ et al., 1995).

Na intenção de fazer uma reconciliação integradora dos conteúdos dados até aqui, na **oitava etapa investigativa** (Apêndice A, p. 149) os alunos fazem uma série de atividades lúdicas na quadra da escola. Desde foguetes de garrafas pet, estilingues, até brincadeiras de cabo de guerra, o objetivo é trazer um novo olhar sobre atividades corriqueiras na vida dos alunos. Atentar pra isso é possibilitar uma aprendizagem significativa.

O objetivo da aprendizagem significativa é que na interação entre os materiais de aprendizagem (texto, explicação, experiência, etc.) e os conhecimentos prévios ativados para este sentido, modifiquem esses conhecimentos prévios, surja um novo conhecimento. (POZO; GOMEZ CRESPO, 2001, p.94).²³

Além do mais, segundo POZO (2001, p. 93), um bom material de aprendizagem consiste em se ter uma estrutura conceitual explícita, um vocabulário acessível ao aprendiz e que seja motivador. Diante disto, quando as atividades, por si só, puderem produzir uma atitude favorável (motivação intrínseca) de aprendizagem, isto se torna mais eficiente do que estimular os alunos através de recompensas (motivação extrínseca).

Segundo Moreira (1997, p. 5), os Mapas Conceituais são diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos. A técnica foi desenvolvida em meados da década de setenta por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos. A teoria por trás desse mapeamento conceitual é a teoria cognitivista de aprendizagem de David Ausubel. Nesta **nona etapa investigativa** (Apêndice A, p. 151), pretende-se usar esta técnica com os alunos. De acordo com Moreira (1997, p. 6), os mapas conceituais podem ser utilizados como recursos em todas as etapas da investigação, assim como na obtenção de evidências de aprendizagem significativa.

A **décima etapa investigativa** (Apêndice A, p. 153) consiste na apresentação do filme "Céu de Outubro", baseado no romance de Homer H. Hickam Jr., o filme conta uma história de quatro garotos de uma pequena cidade da Virginia, EUA, no final dos anos 1950. Contagiados pela "corrida espacial" entre americanos e russos, esses meninos passam a construir protótipos de foguetes que agitam sua pacata cidade. Inspirado na vida do

²³ Estamos cientes que algumas abordagens teóricas vão defender uma evolução dos conhecimentos prévios ou uma manutenção de dois modelos explicativos: o intuitivo e o científico. Não havendo, portanto, uma substituição dos mesmos. Inclusive, alguns são de natureza inata e evolutiva, não havendo a possibilidade de modificá-los (AUGÉ, 2014).

romancista, o filme traz importantes lições de amizade, coragem, iniciativa científica e superação.

O uso de recursos audiovisuais é reconhecido como importante ferramenta no ensino de História das Ciências (REZENDE, 2008, p. 1), apesar de se saber que tanto os filmes de ficção quanto os documentários não são testemunhos diretos e neutros da História, no entanto, o recurso audiovisual pode ser um importante meio de análise de um recorte da História e da interação humana em sua construção. Em se tratando de um filme com inspiração em fatos reais, pretende-se uma abordagem CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente), apesar de não ser o foco do produto, enriquecer a abordagem centrada na História. De acordo com Santos e Mortimer (2000 apud²⁴ REZENDE, 2008, p. 5), numa abordagem CTSA os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados conjuntamente com seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos.

Finalmente, na **décima primeira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 155), uma avaliação escrita individual que contemple os conteúdos dados. Logicamente, esta avaliação pretende focar a aprendizagem conceitual com critérios abertos e flexíveis, no lugar de respostas corretas ou incorretas (POZO, 2001, p. 91). Pode também ser uma importante ferramenta para relacionar com o questionário da primeira etapa investigativa e verificar as concepções alternativas persistentes e possíveis mudanças/evoluções conceituais dos alunos.

²⁴ SANTOS, W. & MORTIMER, E. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio: *pesquisa em educação em ciências*, vol.2, n.2, p.133-162, 2000.

5 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

O produto educacional foi aplicado no Colégio Municipal Dr. Cláudio Moacyr de Azevedo, localizado no município de Campos dos Goytacazes-RJ, em quatro turmas de nono ano do ensino fundamental II, em um período de oito semanas, nos meses de setembro e outubro de 2018. As turmas possuem no total 125 alunos, com idades e realidades sociais fundamentalmente homogêneas.

Para efeito de coleta de dados para a pesquisa, uma turma foi selecionada de forma aleatória, levando-se em consideração a possibilidade de uma participação mais ativa dos alunos. Na primeira etapa investigativa, de coleta das concepções alternativas, foram levadas em consideração as respostas dos alunos das quatro turmas. A pesquisa não possui foco voltado para essa temática e os resultados entram em ressonância com a literatura sobre o tema (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978; HARRES, 2002).

Houve uma primeira conversa sobre a importância da participação de todos junto à sequência didática, a forma que esta participação seria avaliada e os conteúdos da Física que seriam contemplados. Ressaltou-se ainda que a avaliação seria de caráter qualitativo e de maneira continuada, ao longo das aulas que comporiam a implementação do material educacional.

O produto didático, conforme mostrado no apêndice A (p. 115), foi dado ao aluno ao longo das 11 etapas investigativas, compostas de atividades e questões que se configuraram nos instrumentos de coleta de dados para a pesquisa, juntamente com as observações docentes. Ao final da intervenção didática foi programada uma excursão pedagógica com destino ao Planetário da Gávea, na cidade do Rio de Janeiro.

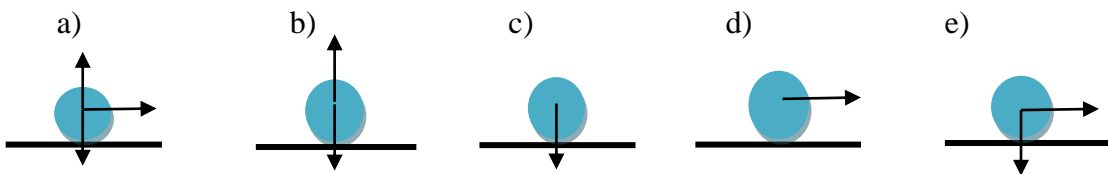
A **primeira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 118) foi a participação em um questionário de coleta das concepções alternativas de forma individual e sem consulta. Foi dado um tempo de 50 minutos e todo o questionário foi lido pelo professor de modo a evitar interpretações dúbias. O questionário foi composto de 10 questões. Desejava-se verificar as possíveis concepções alternativas sobre a relação força-movimento, a linearidade do entendimento da evolução da ciência ao longo da História e a possível mitificação dos cientistas históricos.

Tal verificação é apontada pela literatura como de suma importância, pois as concepções prévias são a base para as elaborações teóricas de cunho científico e são também apontadas como obstáculos para tais construções. Segundo Ausubel, num processo de

aprendizagem, a variável mais relevante seria justamente o que o aluno já sabe (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. 1).

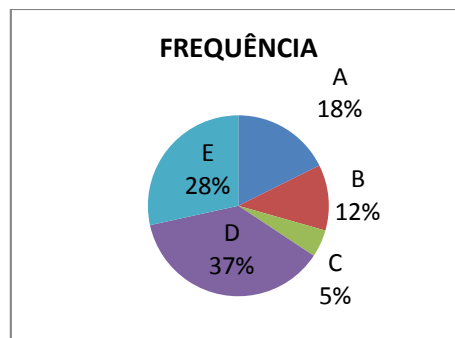
A seguir mostraremos as questões do questionário bem como os gráficos representativos das respostas dos alunos.

1) *Um jogador de sinuca dá uma tacada em uma bola de bilhar na direção de uma caçapa. Assinale a alternativa abaixo que representa a(s) força(s) que agem nesta bola um pouco antes de chegar à caçapa.*



As respostas encontram-se no gráfico 1:

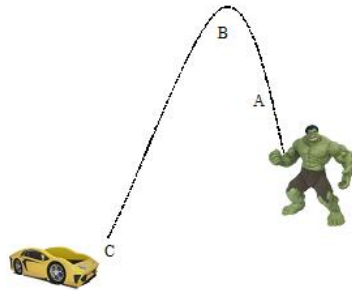
Gráfico 1: Respostas à primeira questão da primeira atividade.



Fonte: autoria própria.

A resposta ‘correta’ seria a letra **b**, no entanto, as opções mais selecionadas foram as letras **d** e **e** (65%), exatamente as questões que mostram uma possível força horizontal no sentido do movimento. Fica tácita a concepção alternativa de uma força na direção e sentido do movimento (HARRES, 2002; PEDUZZI; PEDUZZI, 1985). Note-se que a pergunta deixa claro que a bola já não sofria a ação do taco. Ainda podemos notar que a maioria não reconhece a força peso e a reação a ela.

2) *O Hulk lança verticalmente um carro como mostra a figura. Os pontos A, B e C identificam algumas posições do carro lançado, sendo B o ponto mais alto da trajetória. É desprezível a resistência do ar.*



a) No ponto A, o carro está subindo, qual dos esquemas melhor representa a(s) força(s) exercidas no carro.

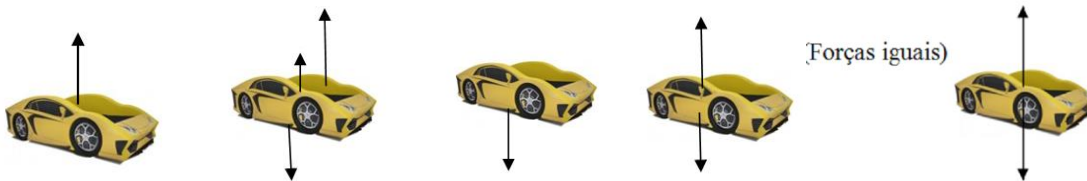
I)

II)

III)

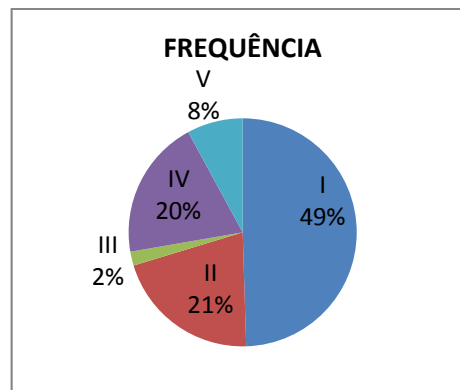
IV)

V)



Vejamos as respostas no gráfico 2:

Gráfico 2: Respostas à segunda questão/a da primeira atividade.

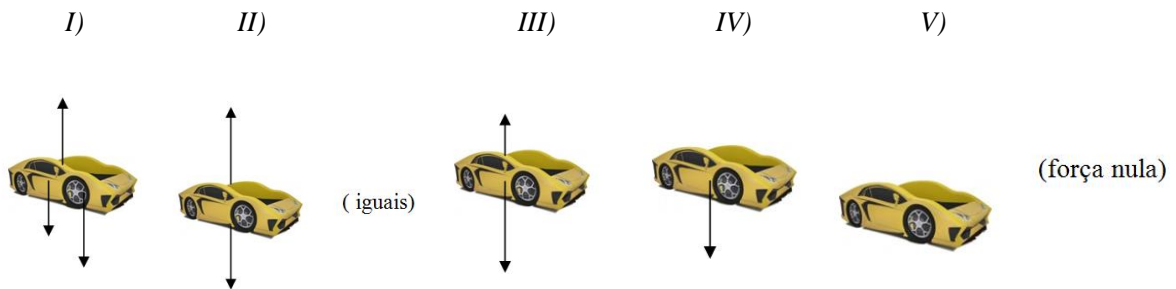


Fonte: autoria própria.

A resposta correta de número III foi a menos selecionada (2%), quase metade dos alunos marcou a de número I, demonstrando mais uma vez a visão Aristotélica/medieval entre força e velocidade. De acordo com Peduzzi e Peduzzi:

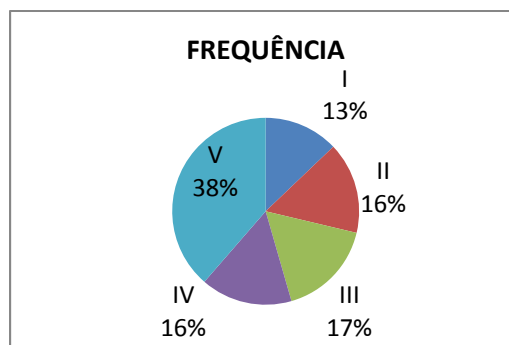
A observação diária das pessoas e suas experiências em relação ao movimento de objetos fazem com que o considerem coerente, junto as suas causas, com o mundo em que vivem, que é um mundo com atrito. Esta vivência induz as pessoas (e o estudante em particular) a estabelecerem relações intuitivas entre força e movimento. Como os conceitos de força e velocidade vão se formando desde a infância, o estudante já os tem bem arraigados quando começa a estudar Física. (PEDUZZI; PEDUZZI, 1985b, p. 7).

b) No ponto B, quando o carro atinge a altura máxima, qual esquema melhor representa as força(s) exercida(s) no carro?



Segue a distribuição das respostas no gráfico 3:

Gráfico 3: Respostas à segunda questão/b da primeira atividade.

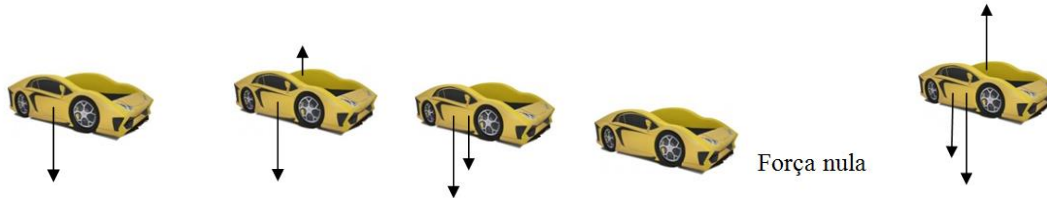


Fonte: autoria própria.

A resposta correta IV teve apenas 16% de escolha. A alternativa mais marcada foi a V, cujo entendimento era de que não havia forças sobre o carro quando este está em repouso na altura máxima do lançamento. Fica mais uma vez demonstrada a concepção alternativa de que quando há repouso não há forças sobre o corpo, ou seja, quando $v = 0$, então $F = 0$, mesmo quando a aceleração não é nula. A outra quase metade dos alunos (46%) concebe a ideia de uma força vertical pra cima, o que justificaria o movimento do corpo que foi lançado para cima.

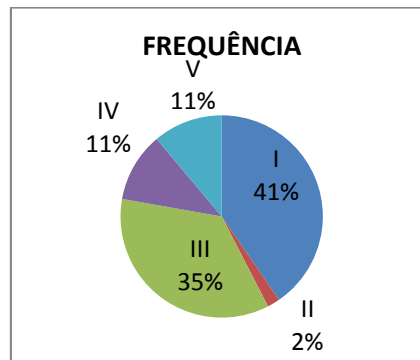
c) No ponto C o carro está descendo, qual esquema melhor representa as força(s) exercida(s) no carro?

I) II) III) IV) V)



Vejaamos como foram as respostas:

Gráfico 4: Respostas à segunda questão/c da primeira atividade.



Fonte: autoria própria.

Um percentual de 41% dos alunos respondeu corretamente a alternativa I. Como era de se esperar, o entendimento geral é que há uma força para baixo, o que justificaria o movimento para baixo; uma grande parcela de alunos (35%) optou pela alternativa III, pelo que parece, relacionando a maior velocidade do carro ao chegar próximo ao chão, em queda livre, à existência de duas forças ao invés de uma. Ou seja, há, de acordo com este entendimento, uma relação entre as forças sobre o objeto e a quantificação do movimento.

3) *Uma pessoa empurra uma caixa exercendo uma força horizontal sobre ela. A caixa está sobre uma superfície horizontal e com atrito como mostra a figura abaixo. Despreze a resistência do ar sobre a caixa e responda:*

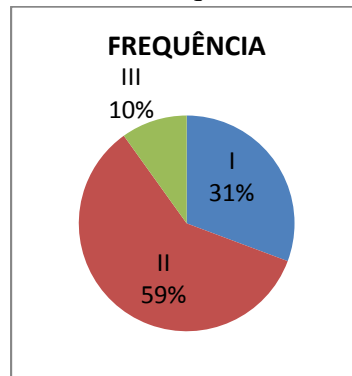


a) *No começo a pessoa realiza uma força com intensidade um pouco maior que a força de atrito. Então a caixa:*

- I) *Aumentará sua velocidade;*
- II) *Terá velocidade pequena e constante;*
- III) *Terá uma velocidade grande e constante.*

Vejamos as respostas dos alunos:

Gráfico 5: Respostas à terceira questão/a da primeira atividade.



Fonte: autoria própria.

Apenas 31% dos alunos escolheram a alternativa correta I. Para a maioria (59%), a ideia de velocidade ‘pequena’ e constante (II) é a mais plausível, talvez influenciada pela sua própria experiência. Parece que para esses alunos não existe uma correlação entre força e aceleração, mas apenas entre força e velocidade.

Vamos ver a parte b da questão:

b) Se a pessoa exercer uma força com intensidade muito maior que a força de atrito, então ela diminui a intensidade da força, mas a força aplicada continua sendo maior que a força de atrito. Com isso, a velocidade da caixa:

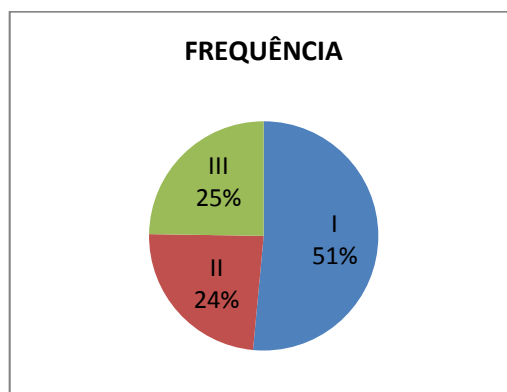
I) Diminui.

II) Diminui a princípio, mas depois volta a aumentar.

III) Permanece constante.

Eis as respostas:

Gráfico 6: Respostas à terceira questão/b da primeira atividade.



Fonte: autoria própria.

Mais da metade dos alunos respondeu erroneamente a alternativa I, numa clara demonstração de sua concepção força-velocidade. Apenas 25% responderam a alternativa correta (III). A outra parcela (24%) parece optar pela experiência prática quando empurram algum objeto e percebem que o objeto tem velocidade constante. O aluno ainda não possui o conhecimento de equilíbrio dinâmico, o que explicaria as opções de respostas.

c) Se a pessoa exercer uma força com intensidade muito maior que a força de atrito, então ele diminui a intensidade da força até que ela se iguale a força de atrito. O que acontecerá à caixa?

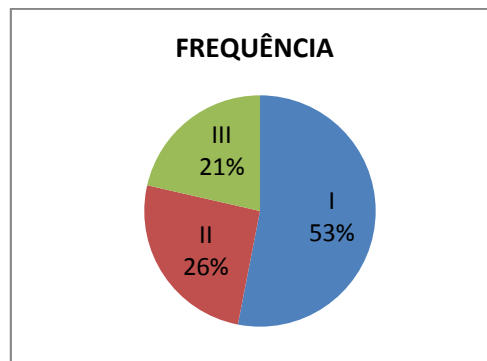
I) Diminuirá a velocidade até parar.

II) Para logo em seguida;

III) Continuará se movimentando com velocidade constante.

Vejamos o gráfico:

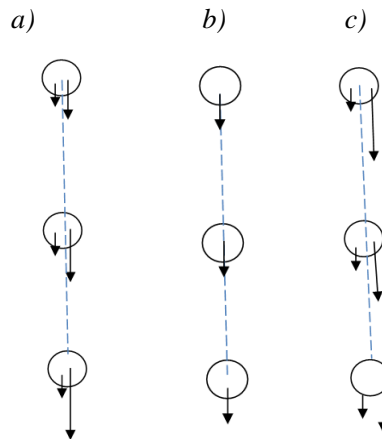
Gráfico 7: Respostas à terceira questão/c da primeira atividade.



Fonte: autoria própria.

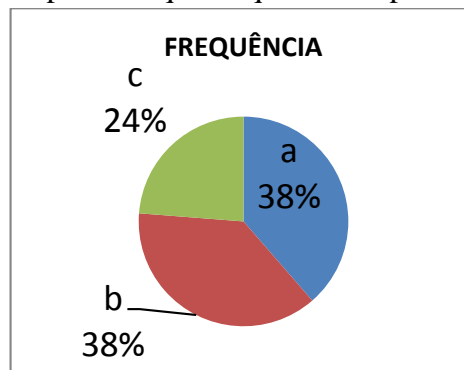
O entendimento geral é que a caixa pararia, pois 79% entendem as opções I e II como respostas corretas. Parece que na estrutura cognitiva destes alunos a ideia de forças antagônicas e iguais sempre resultarão em repouso. Para eles a ideia de equilíbrio dinâmico (III), que corresponde à opção certa, não é possível.

4) Uma pessoa arremessa uma bola de bilhar do alto de uma torre. Considere os esquemas como a representação das forças que agem sobre a bola nas diferentes alturas da trajetória da bola. Despreze a resistência do ar e assinale o esquema que melhor representa essas forças.



Vamos aos resultados:

Gráfico 8: Respostas à quarta questão da primeira atividade.



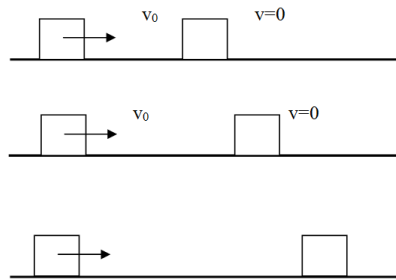
Fonte: autoria própria.

As alternativas **a** e **c**, que contemplavam a ideia da relação e quantificação da força relacionada com a velocidade, somaram 62%. Apenas 38% optaram pela alternativa correta (**b**).

As próximas questões não são objetivas como as anteriores, portanto nossa análise contemplará o conteúdo através da categorização de conceitos. Segundo Bardin,

[...] a categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento segundo o gênero, com critérios previamente definidos. (BARDIN, 2016p. 74).

5) Vamos analisar o movimento de um bloco sobre três superfícies horizontais distintas como mostram as figuras abaixo:

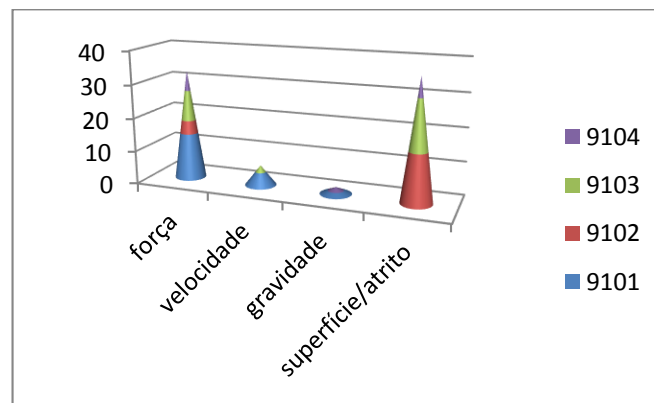


Em todas as situações, o bloco é lançado da mesma posição com a mesma velocidade inicial. Diante disso:

a) O que possibilitou o bloco alcançar cada vez maiores distâncias?

Vejamos os resultados da questão, considerando também as turmas envolvidas (9101 até 9104).

Gráfico 9: Respostas à quinta questão/a da primeira atividade.

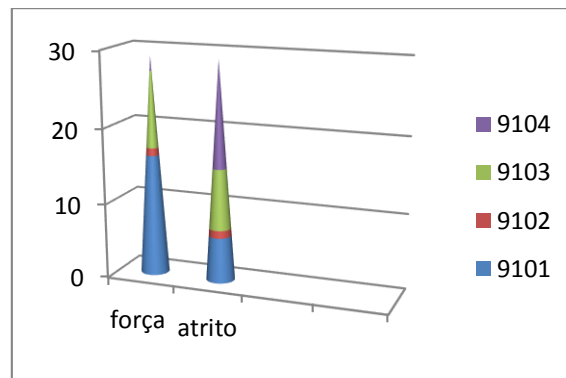


Fonte: autoria própria.

Nota-se que o conceito mais recorrente foi o de superfície/atrito. Ou seja, o aluno reconheceu corretamente que a razão do aumento das distâncias nas diferentes situações era a superfície com menor atrito. No entanto, uma grande parcela de respostas relacionou as diferentes distâncias à força. Não se sabe se por não perceber que o enunciado afirmava categoricamente que em todas as situações a força aplicada era a mesma, ou por achar que os objetos alcançavam maiores distâncias porque uma força mantinha este movimento por mais tempo. Talvez a segunda possibilidade seja a mais provável, já que houve a leitura e explicação das questões detalhadamente.

Vejamos a alternativa b da mesma questão:

b) Que força foi responsável por isto?

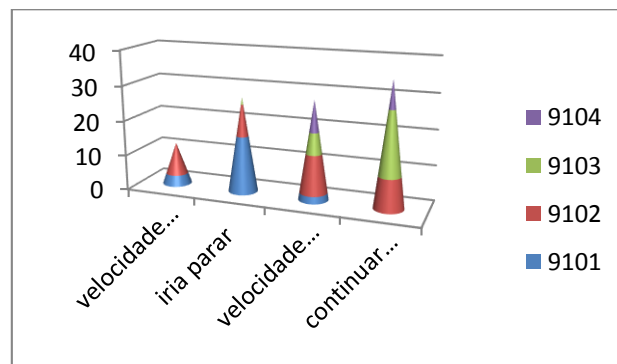
Gráfico 10: Respostas à quinta questão/b da primeira atividade.

Fonte: autoria própria.

As respostas a esta questão foram distribuídas entre atrito e a força que gerou o movimento, sendo que o conceito 'atrito' esteve presente em todas as turmas.

c) *O que aconteceria se essa força fosse nula?*

Eis as respostas:

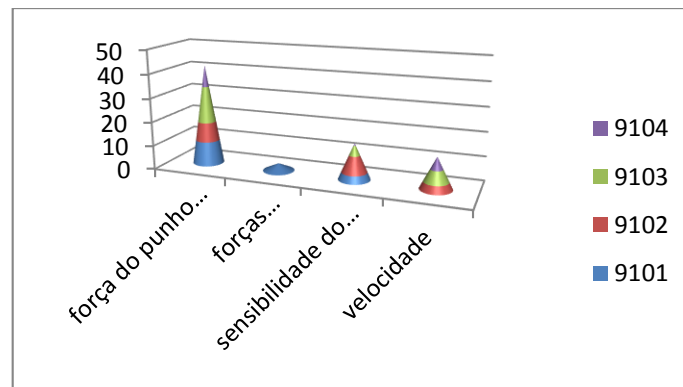
Gráfico 11: Respostas à quinta questão/c da primeira atividade.

Fonte: autoria própria.

Nessa questão houve, talvez, uma falha na interpretação, já que se referia à força relacionada com a alternativa b. Parece que grande parte considerou que a força geradora do movimento fosse nula ou talvez não aceitasse um movimento infinito. Somente 25 alunos (de um total de 125) imaginaram um movimento com velocidade constante.

6) *Por que um boxeador ao atingir um adversário no rosto infringe maiores danos a ele do que a seu punho? Responda baseado na ideia de forças.*

Eis as respostas:

Gráfico 12: Respostas à sexta questão da primeira atividade.

Fonte: autoria própria.

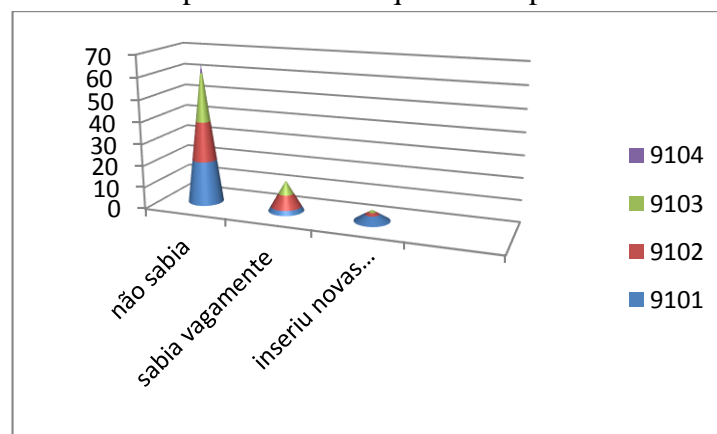
Uma parcela significativa de alunos entendeu que a razão seria a força maior aplicada pelos punhos do boxeador. Não foi surpresa, já que a ideia de forças contrárias e equivalentes é um conceito bastante complexo e pouco intuitivo. Ainda persistiu a ideia da maior velocidade do punho ter gerado uma maior força sobre o rosto do outro boxeador. Mais uma vez vemos a relação persistente entre força e velocidade.

Segue a narrativa de um aluno que vislumbra intuitivamente a lei da ação e reação de Newton:

Porque, ao mesmo tempo que ele usa uma força grande e machuca o homem, também causa impacto na sua mão com o osso do rosto do adversário (Sharyele).

7) Existe uma história muito popular sobre Newton e a maçã, nela Newton estaria debaixo de uma macieira quando vê uma maçã cair e tem uma ideia genial. Você já ouviu esta história? Comente a respeito.

Vejamos as respostas dos alunos:

Gráfico 13: Respostas à sétima questão da primeira atividade.

Fonte: autoria própria.

A maioria dos alunos não conhecia a história, um pequeno grupo de cerca de 10 alunos relatou terem ouvido falar e um grupo ainda menor detalhou a história incluindo novas informações. Seguem alguns desses relatos.

O aluno Erick R. substituiu a macieira pelo chuveiro. Não se sabe qual a origem de seu relato, mas muda completamente o cenário da história. Talvez esteja fazendo referência à história lendária de Arquimedes na banheira, por ocasião do empuxo.

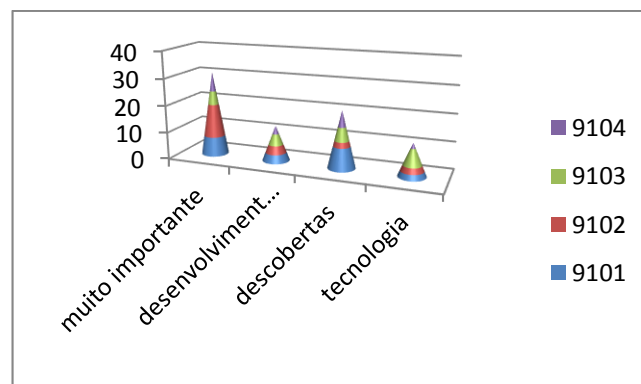
Um segundo aluno (Diego M.) inclui à história uma melancia. Apesar de hilária, demonstra uma noção de quantidade de movimento e sua relação com a massa dos corpos, quando afirma que o “impacto ia ser maior”.

Vamos à próxima questão.

8) *Na sua opinião, que papel desempenha a Ciência para o desenvolvimento da humanidade?*

Eis as respostas:

Gráfico 14: Respostas à oitava questão da primeira atividade.



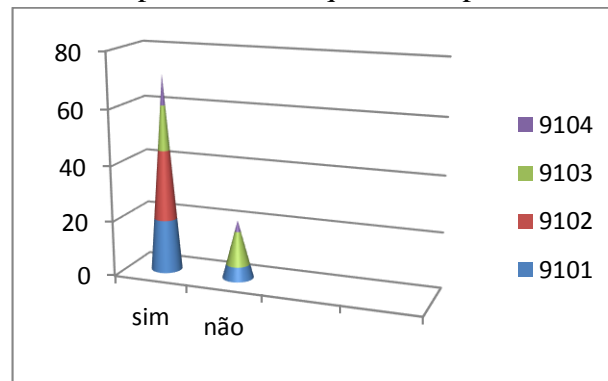
Fonte: autoria própria.

As respostas tiveram a maior frequência das palavras citadas no gráfico; a categoria de "muito importante" esteve em quase todas as respostas; a segunda categoria mais citada foi relacionada a "descobertas, descobrimento, etc.", bem como as categorias de "tecnologia" e "desenvolvimento". Os alunos demonstraram reconhecer a importância da ciência no desenvolvimento humano. Não houve nenhuma citação dos aspectos negativos da ciência.

9) *Você acha que os experimentos são a única forma definitiva para provar a validade de uma teoria científica? Por quê?*

Eis as respostas:

Gráfico 15: Respostas à nona questão da primeira atividade.



Fonte: autoria própria.

Como podemos ver no gráfico anterior, a maioria dos alunos acredita que os experimentos são definitivos para 'provar' uma teoria. Nos textos identifica-se uma imaturidade na compreensão das demais ferramentas da ciência, além dos experimentos. Era esperada esta reação diante da pouca leitura dos alunos, bem como a faixa etária.

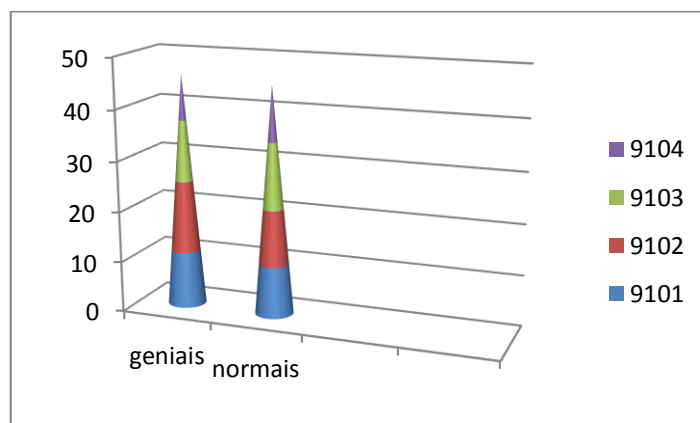
A resposta a seguir mostra isso (Geovanna R.):

Sim. Pois os experimentos são o que comprovam que uma teoria vale ou não, e sem eles isso não poderia ser 100% comprovado.

Vamos prosseguir com as questões.

10) *Você considera os cientistas homens 'normais' que aprenderam o ofício da Ciência ou homens geniais diferentes das pessoas comuns? Fale a respeito.*

Gráfico 16: Respostas à décima questão da primeira atividade.



Fonte: autoria própria.

As respostas foram bastante equilibradas. Um grande número de alunos considerou os cientistas como indivíduos especiais e dotados de capacidades superiores, quase míticos, como se vê a seguir:

Homens geniais. Qualquer um pode aprender sobre a ciência, mas em minha opinião apenas gênios como Isaac Newton são capazes de criar grandes teorias (Eduarda V.).

Homens geniais, diferentes de pessoas comuns. Ao contrário da maioria, esses homens foram responsáveis por grandes descobertas científicas, que hoje são utilizadas tanto para o estudo quanto para o desenvolvimento de tecnologias, que ‘cresce’ e se aprimora, cada vez mais, graças a esses homens que não se contentaram de ser mais um na sociedade (Victória F.).

Homens geniais, pois eles conseguem desenvolver coisas surreais e sem eles ainda estaríamos nas cavernas (Kamila B.).

Outros, ao contrário, consideram os cientistas “homens normais” que tiveram um treinamento para exercer a função: “basta querer e se esforçar” (Pedro O.).

Após o término dos questionários iniciais, seguiu-se a **segunda etapa investigativa** (Apêndice A, p. 123). Foi distribuído o texto Biográfico de Isaac Newton, "Tudo o que sobe ... Newton". Para uma atividade mais dinâmica, foram formados seis grupos para a leitura e discussão do texto. Cada grupo comentaria dois parágrafos com suas impressões do mesmo. O tempo estipulado foi de trinta minutos para leitura e discussão. Ao final, houve uma exposição oral.

A princípio, os grupos ficaram muito apreensivos e confessaram que não estavam acostumados com aulas desse jeito. Reafirmei a importância de que aprendam a se comunicar e trabalhar em coletivo, já que é condição importante para o sucesso no mercado de trabalho atual. Tentei tranquilizá-los no sentido que não estavam sendo avaliados por seus conhecimentos, mas por sua participação e evolução ao longo das aulas.

Os dois primeiros parágrafos chamaram a atenção dos alunos que se surpreenderam com as dificuldades da infância de Newton. Uma das alunas chegou a perguntar, depois de ler os problemas que Newton tinha de relacionamento interpessoal: " professor, será que Newton era altista?" (Geovanna R.).

Os dois próximos parágrafos contam a infância e juventude de Newton, seus problemas familiares, ida para a universidade e seu retorno, por ocasião da peste negra e os anos mais produtivos do Newton. Foi comentado pelos alunos sobre as fatalidades que ocorreram na vida de Newton e que, surpreendentemente, não o paralisou.

O quinto e sexto parágrafos foram comentados por outro grupo. Neles são narradas as dificuldades de Newton com Hooke e sua amizade com Halley. O primeiro aluno a discorrer disse:

"Eu acho, cara, que Newton tinha tanto senso de superioridade, que ele não aceitava opiniões negativas sobre os projetos dele. Também acho que ele tinha uma mente tão brilhante, que não precisava das tecnologias de hoje para poder fazer o que ele fez, tá ligado." (Luiz Felipe M.)

Foi discutido pelo grupo que, de maneira análoga, em nossas vidas encontraremos pessoas para nos criticar e outras para nos incentivar.

O sétimo e oitavo parágrafos falam textualmente das Leis de Newton. O grupo responsável pela explanação comentou a lei da inércia e a lei fundamental da dinâmica. Foram dados alguns exemplos por parte do grupo de modo a exemplificar as leis. Foi debatida também a possibilidade do movimento infinito.

O grupo a seguir explicou o nono e décimo parágrafos. Nele, a segunda lei é reafirmada e é explicada a terceira, ou lei da ação e reação. Um dos alunos mencionou a experiência do foguete de garrafa *pet*, feito na feira de ciências como exemplo de ação e reação.

O último grupo comentou os dois últimos parágrafos. Neles o autor faz um resumo das contribuições de Newton ao longo de sua história.

A seguir veremos as questões dadas ao final da etapa. A primeira pergunta se refere a que fatores, segundo o entendimento do texto, teriam levado a Newton não ter tido o mesmo sucesso em sua vida pessoal como teve em sua vida acadêmica. A maioria citou as tragédias da morte de seu pai na infância e a separação de sua mãe.

Na segunda questão tem a seguinte indagação: O ano em que Newton obteve mais sucesso foi exatamente o mesmo ano em que aconteceram muitas coisas ruins para ele. Reflita, colocando-se no lugar dele, como você reagiria numa situação parecida? Que lições você tira deste fato? Uma grande parte de alunos conseguiu se "colocar no lugar" do Newton e tiraram preciosas lições para suas vidas. Vejamos agora algumas respostas:

Eu tentaria ser o mais forte possível e tiraria a lição que da mesma forma que em nossas vidas tem coisas boas, também tem ruins (Kauan A.).

Não tenho ideia, pois eu ajo muito pela emoção. Mas temos que superar e passar por cima de tudo com um sorriso no rosto (Larissa S.).

Não me importaria com as situações ruins, mas continuaria desenvolvendo meus artigos e experimentos. Aprendo que devemos nos importar com o que nos favorece (Alex A.).

A terceira questão explora as imagens de Hooke e Halley, como figuras negativas e positivas na vida de Newton. Pede-se, ao final, qual lição o aluno tirou disto.

Edmund Halley. Halley fez com que Newton deixasse a teologia e a alquimia de lado, fazendo que ele se dedicasse ao trabalho e produzisse sua maior obra, uma das mais importantes da História da Ciência (Andressa R.).

Halley. Que várias pessoas irão querer te colocar para baixo. Porém, temos que ser mais fortes e ouvir pessoas que querem nosso bem e que nos ama (Fernanda dos S.).

A questão quatro indaga o aluno se o temperamento do cientista pode, de alguma maneira, afetar sua produção acadêmica. A maioria respondeu que sim. Ressaltaram a importância da perseverança e o otimismo como elementos fundamentais para o sucesso.

Na quinta e última questão foi pedido que os alunos definissem, com suas palavras, as três leis de Newton. A maioria teve dificuldade em responder com as próprias palavras. Um grande grupo fez a cópia das definições dadas no texto.

A **terceira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 128) foi uma aula dialogada introdutória e panorâmica sobre os princípios da dinâmica. Fizemos um resumo do que havíamos visto até ali, sobre os conceitos de força, as características das grandezas vetoriais, as principais forças no nosso cotidiano, etc. Esse momento desempenhou um importante papel na reconciliação integradora, numa perspectiva ainda introdutória (MOREIRA, 1999, p. 160; POZO, 1996, p. 282). A seguir foi distribuído o material escrito para abordagem do tema.

Mais uma vez o contexto histórico da dinâmica, segundo Aristóteles, foi abordado, procurando relacioná-lo ao questionário de concepções prévias. Há uma ênfase à concepção alternativa que relaciona a força à velocidade, encontrada nos ensinamentos aristotélicos, sua visão astronômica geocêntrica e suas definições puramente filosóficas. Os alunos demonstraram surpresa diante da ideia de que um corpo poderia manter-se em movimento sem que haja uma força agindo sobre ele.

Dando um salto no tempo, surgem as visões de Galileu sobre dinâmica (na verdade cinemática), sua preocupação em demonstrar empiricamente suas teorias, a sua "quase" definição de inércia, fato que posteriormente ele negou devido sua dificuldade em imaginar um movimento infinito.

Logo a seguir, finalmente, Newton com sua visão detalhista e matemática é apresentado aos alunos. Muitos se mostraram surpresos em reconhecer os efeitos da inércia, sem ao menos ter indagado o porquê ao longo de suas vidas. Aproveitei o assunto para

discorrer sobre a peculiar forma de ver o mundo por parte de cientistas e físicos, a necessidade de entendê-los, decifrá-los. Afinal, conhecer é também prever e controlar.

A segunda lei de Newton foi abordada e, assim, ressaltada que há realmente uma relação entre força e movimento, mas não com a velocidade e sim com a aceleração. Neste momento, a turma se mostrou agitada, quase incomodada com a informação. Ressaltou-se que a razão existente entre a força aplicada a um corpo em movimento e a aceleração do mesmo, era numericamente igual a sua massa. Foram feitas algumas atividades matemáticas de fixação, aplicando a segunda lei.

A terceira lei foi discutida na sequência, sua relação com o movimento e demais acontecimentos no cotidiano do aluno, numa perspectiva de diferenciação progressiva.

Foi pedido que formassem duplas, no sentido de resolver os problemas da **quarta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 135). O caráter coletivo da atividade tem como justificativa a melhor compreensão dos aspectos científicos a partir da interação dos alunos (DRIVER, 1999 apud²⁵ SILVA; ZANON, 2000). Há aqui também a possibilidade de explorar a diferenciação progressiva através das questões propostas, situando o conhecimento construído teoricamente (MOREIRA, 1999, p. 160; POZO, 1996, p. 282).

Na primeira questão, apenas oito, de um total de vinte e cinco alunos, corresponderam ao conhecimento teórico estabelecido como referência. Parece que a relação força-velocidade permanece. Outro aspecto que fica patente é a ausência do entendimento de equilíbrio dinâmico, já que todos que se equivocaram, optaram por alternativas que concebem uma velocidade nula quando as forças contrárias são equivalentes. A mesma coisa parece acontecer na questão 3, que pergunta o comportamento da força total em uma situação de um paraquedista caindo com velocidade constante. Nove alunos apenas a reconhecem como nula. A grande maioria pensa que ela é vertical e para baixo.

A segunda questão se tratava do comportamento de uma pedra em movimento circular que fora abandonada. Apenas dois alunos sugeriram que a pedra pararia, os demais consideraram que continuaria o movimento. Parece ter havido um problema de interpretação da direção. Apenas oito consideraram uma direção perpendicular à corda, o restante optou por uma direção condizente com a corda. Talvez, em minha avaliação, não souberam reconhecer a palavra perpendicular.

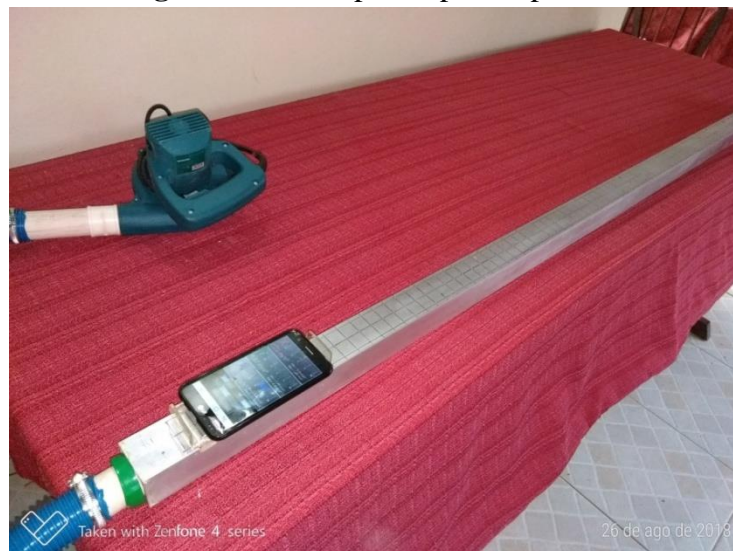
²⁵DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J; MORTIMER, E; SCOTT, P. *Construindo conhecimento científico na sala de aula*. In Química nova na escola, n. 9; p. 31-40, 1999.

Na questão quatro e cinco, a maioria esmagadora entende a reação ao peso no ombro de João e consegue desenvolver a equação fundamental da dinâmica. Já na sexta, os alunos voltam a afirmar, majoritariamente, que apenas forças contrárias equivalentes podem gerar uma situação de equilíbrio.

As demais questões levavam em conta a aplicação matemática da segunda lei de Newton e, surpreendentemente, obtiveram um resultado bastante satisfatório.

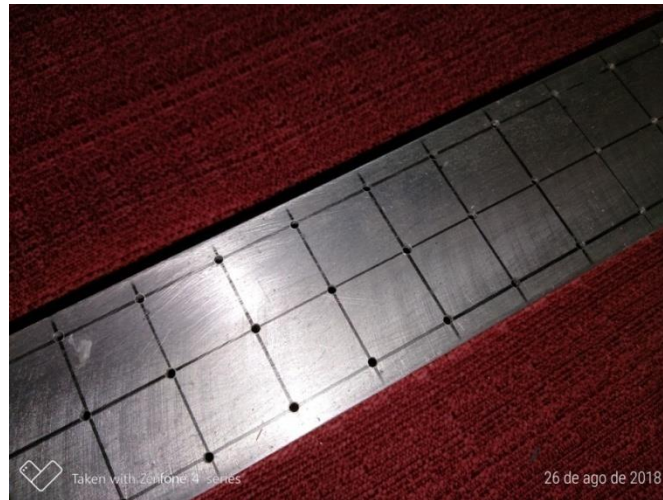
A **quinta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 138) foi realizada no auditório da escola para favorecer o bom andamento da aula, já que havia todo um aparato, bem como a necessidade de uma mesa grande para colocação do experimento. A turma foi dividida em 8 grupos com no máximo 4 componentes. Foram apresentados os equipamentos do experimento e explicado como seria o encaminhamento da aula. O experimento consistia em fazer sucessivos lançamentos de um protótipo compreendido de uma base de acrílico preso a um celular, quase suspenso sobre um "trilho de ar"; o protótipo passa a ser empurrado a partir de um lançador de mola calibrado para gerar diferentes forças e assim obter diferentes acelerações, aferidas por um aplicativo de celular (Figuras 5, 6 e 7).

Figura 5: Trilho, protótipo e soprador.



Fonte: autoria própria.

Figura 6: Trilho de ar com furos equidistantes.



Fonte: autoria própria.

Figura 7: Lançador de mola.



Fonte: autoria própria.

Antes de fazer os lançamentos, houve a calibração do lançador de mola, usando massas de 500g e 1000g (Figura 8). Então, cada grupo fez um lançamento para aferir o valor correspondente de aceleração (Figura 9). Houve a necessidade de mais de um lançamento, pois o lançador deveria estar devidamente encostado na superfície do protótipo para que os valores de aceleração fossem precisos.

Figura 8: Calibragem do lançador de molas.



Fonte: autoria própria.

Figure 9: Momento do lançamento.



Fonte: autoria própria.

À medida que os grupos faziam seus lançamentos, houve o preenchimento da tabela do roteiro da experiência. Ao mesmo tempo, foi feita uma tabela similar no quadro branco onde os grupos faziam o preenchimento correspondente.

Seguem os valores obtidos pelos oito grupos com os respectivos cálculos, com precisão de duas casas decimais:

Tabela 1: Valores experimentais para força e aceleração.

| Grupos | F-forças (N) | | a-aceleração (m/s ²) | | F/a |
|----------------|----------------|-----|----------------------------------|------|------|
| G ₁ | F ₁ | 0,5 | a ₁ | 2,40 | 0,21 |
| G ₂ | | | a ₂ | 2,51 | 0,20 |
| G ₃ | F ₂ | 0,5 | a ₃ | 2,65 | 0,19 |
| G ₄ | | | a ₄ | 2,41 | 0,20 |
| G ₅ | F ₃ | 1,0 | a ₅ | 3,60 | 0,28 |
| G ₆ | | | a ₆ | 3,44 | 0,29 |
| G ₇ | F ₄ | 1,0 | a ₇ | 4,45 | 0,22 |
| G ₈ | | | a ₈ | 4,99 | 0,20 |

Fonte: autoria própria.

Discutiu-se com a turma a constante da razão F/a e pedido para calcular a média desta razão, verificando-se que era 0,22.

A seguir foi usado um contrapeso bem leve para anexar ao protótipo e perguntado sobre as consequências para o próximo experimento. Alguns disseram peso, outros disseram massa. Reiterei que era a massa, fazendo a distinção do peso. Seguem os novos valores com o contrapeso:

Tabela 2: Valores experimentais para força e aceleração com o contrapeso.

| Grupos | F-forças (N) | | a-aceleração (m/s ²) | | F/a |
|----------------|----------------|-----|----------------------------------|------|------|
| G ₁ | F ₁ | 1,0 | a ₁ | 3,76 | 0,27 |
| G ₂ | | | a ₂ | 4,79 | 0,20 |
| G ₃ | F ₂ | 1,0 | a ₃ | 4,46 | 0,22 |
| G ₄ | | | a ₄ | 4,93 | 0,20 |
| G ₅ | F ₃ | 1,5 | a ₅ | 6,64 | 0,23 |
| G ₆ | | | a ₆ | 5,57 | 0,27 |
| G ₇ | F ₄ | 1,5 | a ₇ | 6,41 | 0,23 |
| G ₈ | | | a ₈ | 6,65 | 0,23 |

Fonte: autoria própria.

A seguir foi solicitado o cálculo das médias de $F/a = 0,23$. Comentamos o leve aumento da razão e as possíveis causas. Alguns sugeriram que pudesse ser a massa do contrapeso. Sugeri a seguir fazermos o preenchimento da terceira tabela, como segue:

Tabela 3: Valores experimentais para a razão força/aceleração.

| | Massa do protótipo (m_p) Kg | Massa do contrapeso (m_c) Kg | $m_p + m_c$ Kg | Média aritmética de F/a |
|---------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------|
| Experiência 1 | 0,22 | 0 | 0,22 | $M_1 = 0,21$ |
| Experiência 2 | 0,22 | 0,02 | 0,24 | $M_2 = 0,23$ |

Fonte: autoria própria.

Após observados os valores, era unânime a opinião que F/a era numericamente igual à massa do protótipo lançado. A partir daí, fiz a demonstração da lei fundamental da dinâmica e continuamos a preencher coletivamente o roteiro. Ficou patente o sentimento de satisfação dos alunos em participar da aula e poder aferir os resultados livremente. A participação e integração superaram as expectativas.

Ao final da aula, distribuí os questionários de concepções prévias para uma correção coletiva. Ressaltei que não se preocupassem em corrigir as questões erradas, já que o questionário tinha caráter qualitativo em sua avaliação e que a correção coletiva serviria para reconhecer as concepções não científicas.

A **sexta etapa investigativa** (Apêndice A, p. 142) consistiu em ler e discutir o texto histórico. Para tal, organizamos a turma em círculo para que todos se vissem e pudessem interagir mais; foi sugerida uma leitura alternada em que cada aluno lia um parágrafo. Logo no começo, houve uma resistência por parte de alguns, dizendo que não leriam por timidez. Neste sentido, afirmei que ninguém era obrigado a ler, mas ressaltei a importância da participação de todos. No final, todos concordaram em ler. O encaminhamento adotado, portanto, foi uma leitura alternada com pausas para discussão em cada parágrafo.

O primeiro parágrafo foi introdutório e gerou pouca discussão. No segundo, terceiro e quarto parágrafos, a cosmologia aristotélica foi o tema central. A visão geocêntrica foi novamente debatida. Perguntei aos alunos por que Aristóteles e seus seguidores tinham esta visão. Muitos se manifestaram dizendo que “parecia o óbvio”. Ou seja, de acordo de nosso ponto de vista terrestre, parece que estamos parados e que os demais astros é que estão em

movimento. Foi ainda ressaltado o papel da religião grega na ideia de perfeição do cosmos em oposição à natureza terrestre imperfeita e de como isto influenciou o aristotelismo e, posteriormente, o cristianismo medieval.

Os próximos parágrafos trataram da explicação dos movimentos naturais e os violentos e do total 'divórcio' entre teoria e prática da física aristotélica. Ou seja, foi discutida a ideia do senso comum das ideias aristotélicas e a demasiada teorização, desprovida de experimentação. Alguns alunos se surpreenderam com o grande período de tempo que essas ideias prevaleceram no mundo ocidental.

Os próximos parágrafos estavam contidos no subtítulo "revolução científica" e tratavam do renascimento e a abertura para uma ciência mais contextualizada à prática. Os experimentos e as ideias de Galileu foram discutidos. Apesar do texto não mencionar, alguns alunos lembraram-se do incidente entre Galileu e a igreja Católica em relação ao dilema heliocentrismo x geocentrismo. Neste momento, ressaltéi que apesar do incidente acontecido, era preciso que contextualizássemos o evento, suas implicações para os religiosos da época e que apesar disto, a igreja Católica foi uma importante fomentadora de cultura e ciência, já que a mesma havia aberto muitas universidades e que muitos padres foram notáveis "homens de ciência".

Os demais parágrafos estavam contidos no subtítulo "desenvolvimento da dinâmica" e falavam das contribuições de Kepler e Newton para a dinâmica moderna. Neste momento, perguntei aos alunos como vemos a nossa cosmologia moderna. Alguns alunos, timidamente, responderam que tínhamos um universo com o Sol no centro e que os planetas circulam ao seu redor. Perguntei aos demais se concordavam e pareceu-me que a maioria concordava com a afirmação de seus colegas. Fiz a seguir uma nova pergunta, sobre as estrelas. Giram em volta de quem? e mais, será que as órbitas planetárias são circulares mesmo? Fez-se um silêncio geral. Alguns cochichavam entre si, mas não formalizavam suas respostas. Comentei um pouco das leis de Kepler e que, na verdade, as órbitas eram elípticas. A totalidade dos alunos confessou que não sabiam sequer o que era uma elipse e que não tinham também ideia dessas órbitas planetárias. Sugeri que buscassem vídeos no *youtube* que mostrassem estas órbitas, bem como as teorias dos movimentos dos demais astros, já que na aula seria impossível abarcar temas tão complexos.

Falamos a seguir das contribuições de Newton e, mais uma vez, mencionamos as leis de Newton e suas aplicações. Alguns alunos brincaram um pouco com a ideia de anjos estarem empurrando os planetas, como mencionava no texto e, assim, encerramos as discussões sobre o texto.

Na **sétima etapa investigativa** (Apêndice A, p. 147), a experimentação foi novamente a estratégia didática. Com o uso de dois celulares presos a patins, fez-se uma demonstração por parte do professor, do comportamento deles quando submetidos a uma mola como mostra a figura 10.

Figura 10: Patins com celulares e mola.



Fonte: autoria própria.

Logo no início, foi perguntado aos alunos o que eles esperavam que acontecesse. Unânimes disseram que os dois patins se moveriam em sentidos contrários, mas nenhum deles citou a aceleração dos mesmos em suas respostas. Vejamos as aferições nas tabelas a seguir:

Tabela 4: Valores aferidos no primeiro lançamento.

| | Aceleração (m/s ²) | Massa (kg) | Força (F = m.a) |
|---------|--------------------------------|------------|-----------------|
| Patim 1 | 1,13 | 1,0 | 1,13 |
| Patim 2 | 2,01 | 1,0 | 2,01 |

Fonte: autoria própria.

Tabela 5: Valores aferidos no segundo lançamento.

| | Aceleração (m/s ²) | Massa (kg) | Força (F = m.a) |
|---------|--------------------------------|------------|-----------------|
| Patim 1 | 1,13 | 1,0 | 1,13 |
| Patim 2 | 2,01 | 1,0 | 2,01 |

Fonte: autoria própria.

Após as aferições (Figuras 11, 12 e 13), foi indagado o porquê de valores de forças e acelerações tão diferentes dos dois patins em ambos os lançamentos, já que a terceira lei de Newton prevê acelerações iguais e forças de ação e reação equivalentes para objetos de mesma massa. Alguns citaram a possível causa fosse o atrito da mesa. Outros discordaram, pois a mesa que fora feita o lançamento era bastante lisa para produzir valores tão díspares. Outro grupo culpou os patins, já que eram modelos velhos e podiam ter pouca lubrificação entre suas rodas. Neste momento, fiz a intervenção concordando com o grupo em sua observação, ressaltando ainda que posso também ter potencializado a situação por minha possível falta de sincronia em abandonar ambos ao mesmo tempo.

O experimento apesar de não ter dado os resultados que se desejava, foi um importante momento para reflexão de que nem sempre a experimentação é determinante para a verificação de uma teoria. Ou seja, os dados experimentais são importantes, mas devem ser aferidos com cautela, com o rigor científico e ‘iluminados’ pela teoria.

Figura 11: Momento de compressão da mola dos patins.



Fonte: autoria própria.

Figura 12: Medição das massas dos patins.



Fonte: autoria própria.

Figura 13: Momento do abandono dos patins.



Fonte: autoria própria.

Na **oitava etapa investigativa** (Apêndice A, p. 149), no sentido de fazer atividades práticas e lúdicas com os alunos, foi realizada uma gincana cultural de Física na quadra da escola. As tarefas ou provas consistiam em aprofundar o estudo dado até ali. Dois grupos heterogêneos foram formados com o mesmo número de alunos, à escolha deles.

Como primeira prova, foi pedido que pensassem em um grito de guerra para o grupo, o que se realizou em 15 min. (Figura 14). Enquanto preparavam a primeira tarefa, sugeriu-se que escolhessem dois componentes para a prova do estilingue (Figura 15).

A terceira tarefa consistiu na tradicional prova de “cabo de guerra” (Figura 16). Primeiramente realizada com os meninos (cinco de cada lado) e depois com as meninas.

Figura 14: Grito de guerra.



Fonte: autoria própria.

Figura 15: Prova do estilingue.



Fonte: autoria própria.

Figura 16: Prova "cabo de guerra".



Fonte: autoria própria.

Há em seguida uma prova simulando um passeio de ônibus (quarta prova), com objetivo de reproduzir o efeito das forças inerciais durante curvas, aceleradas e freadas (Figura 17). Logo em seguida vem a “corrida do bêbado” (Figura 18), onde surgem os efeitos sobre o equilíbrio, após movimentos rotacionais (quinta prova).

Figura 17: Prova "inércia no ônibus".



Fonte: autoria própria.

Figura 18: Prova "corrida do bêbado".



Fonte: autoria própria.

A próxima prova é o "passa ou responde" (Figuras 19 e 20). Cinco alunos de cada grupo são escolhidos para responderem questões sobre as leis de Newton ou sobre detalhes da história de Newton. Foram colocadas 2 (duas) filas de frente uma para outra, representando as duas equipes, o próximo da fila ouvia atentamente a pergunta e podia responder ou passar para a equipe rival. Se errasse, perdia um ponto e levava uma "tortada" de chantili.

Figura 19: Prova "passa ou responde".



Fonte: autoria própria.

Figura 20: Prova "passa ou responde".



Fonte: autoria própria.

A prova a seguir é a "conte a história" e consistiu em fazer uma paródia criativa da história de Newton. Seguem as letras da paródia:

Paródia do grupo 1

*"Nas leis de Newton temos a inércia,
o que está parado permanecerá parado.
Força e aceleração atuam em um corpo,
modificando seu sentido e sua direção.
Terceira lei de Newton vamos te explicar,
quando um corpo A exerce uma força sobre o corpo B,
essa lei é a ação e reação."*

Paródia do grupo 2

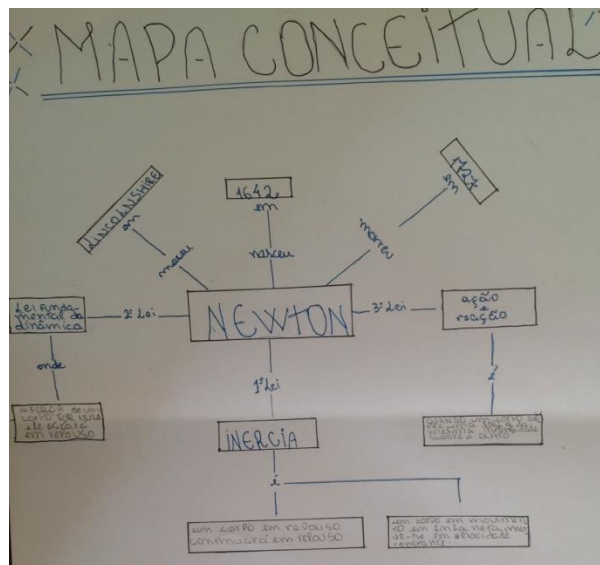
*Sabe por que Newton era desse jeito?
Porque ele tinha muito rancor no seu peito,
quando criança foi rejeitado pelos pais
e por esse motivo não comia mais.
Não gostava da mãe e odiava o padrasto,
temos que entender por este lado.
Agora vamos falar suas leis
e vê se aprende desta vez.
A sua primeira lei era a inércia,
definitivamente já aprendemos esta.
A segunda lei era a força e aceleração,
por isso se faz uma equação.
A terceira lei ação e reação
e com isso finalizamos nossa canção.*

A nona etapa investigativa (Apêndice A, p. 151) consistiu em apresentar a proposta de trabalho de construção, em duplas, de mapas conceituais. Após apresentação das noções básicas de construção de um mapa conceitual, foi pedido que os alunos se organizassem em duplas e que o fizessem sobre o conteúdo dado. Alguns perguntaram se podiam falar também da vida de Newton, no que acenei positivamente.

Durante a confecção dos mapas, procurei intervir o mínimo possível de modo a não influenciar as duplas com minhas ideias. Após concluídos os mapas, percebe-se que muitas duplas tiveram mapas bastante parecidos, com hierarquias quase idênticas. Todos enfocaram também os aspectos biográficos de Newton. A grande maioria apresentou uma hierarquia coerente dos conteúdos, apesar de alguns não terem apresentado os conectivos (palavras de enlace) entre eles.

Nota-se também a pouca inferência de conexões cruzadas entre os conceitos elencados pelos alunos, vejamos alguns dos mapas (Figuras 21, 22 e 23):

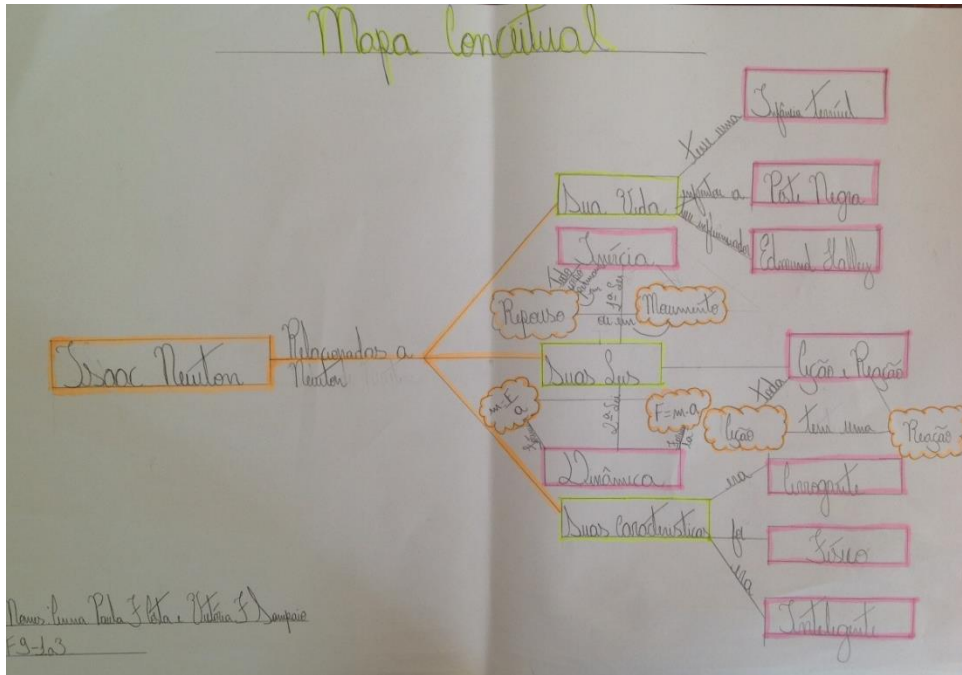
Figura 21: Mapa conceitual de Lívia e Richard.



Fonte: autoria própria.

No Mapa conceitual da figura 21, vê-se uma estrutura hierárquica centralizada na pessoa de Newton, com conectivos em direção às bordas. Os alunos reservaram a parte superior para as informações da vida de Newton e as demais direções para as suas obras. Interessante notar que não fora falado das diferentes estruturas hierárquicas dos mapas conceituais durante a apresentação. De modo que, intuitivamente os alunos apresentaram este modelo.

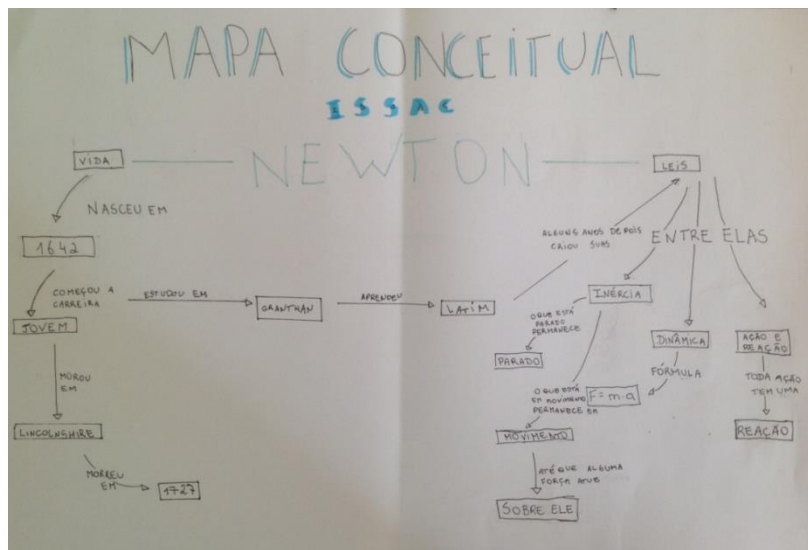
Figura 22: Mapa conceitual de Anna e Victória.



Fonte: autoria própria.

No mapa da figura 22 a estrutura hierárquica também se origina na figura de Newton e se ramifica da esquerda para a direita. As alunas fazem referência, na parte inferior, sobre suas impressões quanto às características pessoais de Newton, discutidas nas aulas com textos históricos na segunda e sexta etapas investigativas.

Figura 23: Mapa conceitual de Marcela e Eduarda.



Fonte: autoria própria.

No mapa apresentado na figura 23 há uma estrutura hierárquica dupla, onde a vida do Newton é destaque no lado esquerdo enquanto a obra é no lado direito. Identifica-se a

coerência nas relações entre os conceitos. Neste mapa houve a única conexão cruzada entre os conceitos de vida e obra de Newton.

Em outros trabalhos, algumas duplas citaram outras obras de Newton sobre gravitação e óptica, mas de modo geral foram somente citadas suas contribuições à Dinâmica. Em conclusão, as atividades deram mostras de terem sido um importante “[...] instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos [...]” (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1993, p. 36).

O filme “Céu de Outubro”, **décima etapa investigativa** (Apêndice A, p. 153), foi apresentado à turma. Houve um comentário inicial sobre o momento histórico do filme, o fato de ser baseado em fatos reais, o parece ter gerado mais interesse nos alunos. Fiquei bastante surpreso com a forma como se envolveram com a história. Por vezes, de maneira voluntária, aplaudiam algumas cenas.

Ao final, houve um debate com a turma sobre os fatos que mais marcaram cada um deles. A princípio, unânimes concordaram que o tema central era a relação do pai com o filho. A teimosia do menino em realizar os experimentos com protótipos de foguete. Foi também ressaltado pelos alunos o sentimento de baixa autoestima ante as possibilidades de futuro pouco promissor naquela cidade onde viviam aqueles meninos e as poucas chances de chegar a uma universidade. Os alunos mencionaram também a importância da influência da professora de ciências ao estimular os alunos a participarem da feira de ciências regional e as chances de bolsas de estudo advindas desta participação.

A cena considerada a mais marcante foi o encontro do pai com o filho após ele ganhar o prêmio de primeiro lugar na feira de ciências nacional. Durante a discussão, percebi a atmosfera de empatia com o personagem e suas conquistas. Ao final, entreguei algumas questões a respeito do filme e pedi que fizessem em casa com calma e trouxessem na próxima aula. A seguir transcrevo algumas respostas:

1) *Que cena do filme mais te marcou? Por quê?*

A cena que mais me marcou foi quando todos estavam rindo deles, porque todo mundo achava isso ridículo, mas eles não desistiram. Foram fazer os foguetes e ficaram famosos. Todo mundo zombava deles, aí teve um menino que foi mais além do que os outros e quando ele cresceu virou um engenheiro da NASA (Vinícius O.).

A cena do filme que mais me marcou foi quando Homer disse ao seu pai que não trabalharia mais na mina de carvão. Pois, apesar de ser um sonho de seu pai, não era o dele. Nesta cena Homer demonstrou muita coragem e determinação. E mesmo tendo dificuldades em algumas situações e até mesmo na escola, ele e seus amigos não desistiram de tentar, mesmo confrontando seu pai e não tendo apoio do mesmo. Ele aprimora suas ideias. Se Homer e seus

amigos tivessem desistido e aceitado que seus destinos era a mina, eles não teriam tido o futuro brilhante os quais tiveram (Victória F.)

4) *Os sonhos podem mover muitas histórias de vida. Você tem algum sonho? Se tiver, qual é?*

Sim, me tornar professora, sempre admirei muito esta profissão que deveria ser mais valorizada e respeitada. Acredito que o professor exerce um papel fundamental na vida do aluno, não apenas lhe acrescentando conhecimento, mas incentivando e apoiando-o em seus sonhos e objetivos. No filme, por exemplo, a professora Riley foi uma das pessoas que mais incentivou o Homer e seus amigos a criarem um foguete (Victória F.).

A **décima primeira etapa investigativa** (Apêndice A, p. 155), a avaliação final, foi aplicada após uma breve revisão através de *slides*. Veremos a seguir as respostas dos alunos.

1) *Um jogador de futebol dá um chute na bola em direção ao gol. Assinale a alternativa abaixo que representa a(s) força(s) que agem nesta bola um pouco antes de chegar ao gol.*

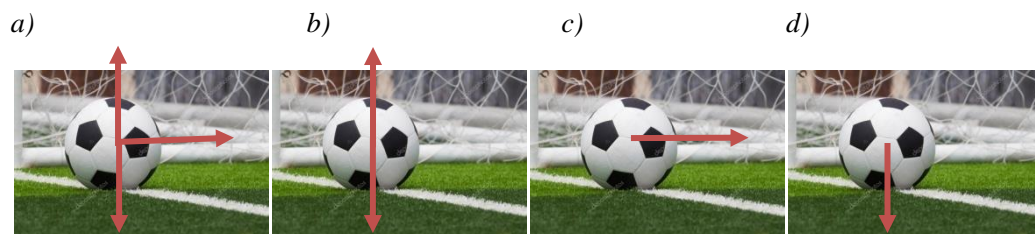
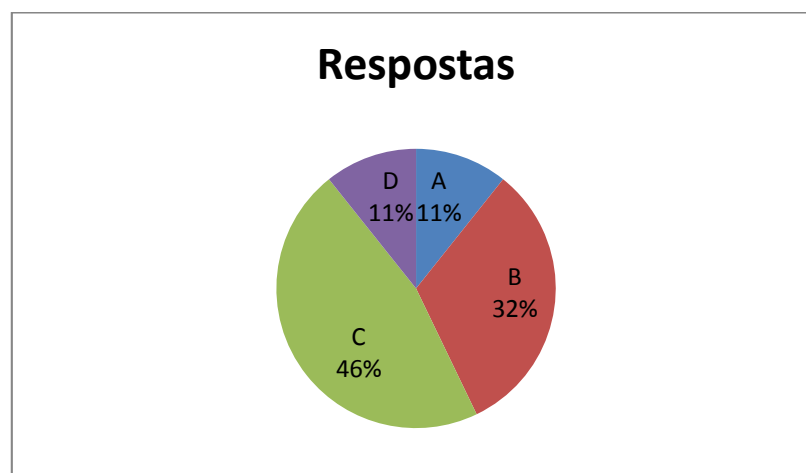


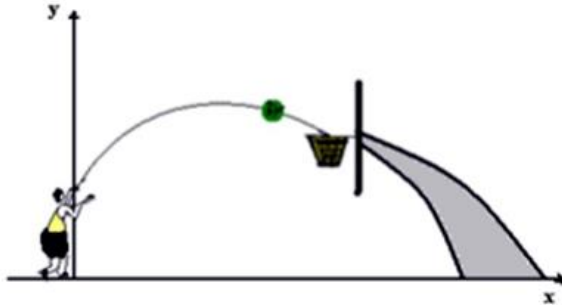
Gráfico 17: Respostas à primeira questão da avaliação final.



Fonte: autoria própria.

Aparentemente a concepção de força-velocidade persiste, pois as alternativas A e C que atribuem uma suposta força na direção do movimento somam 57%, enquanto a alternativa correta B tem 32% de escolha.

2) Um jogador de basquete faz um lançamento como mostra a figura abaixo.



1) Considerando a bola no ato do lançamento, assinale a opção que mostra a(s) força(s) sobre ela.

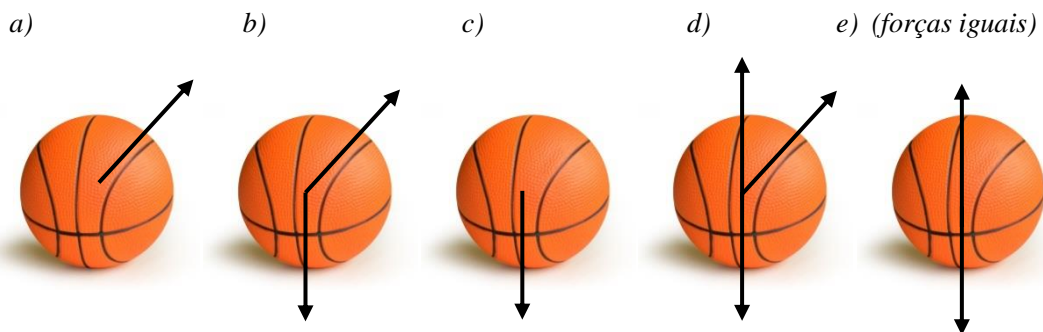
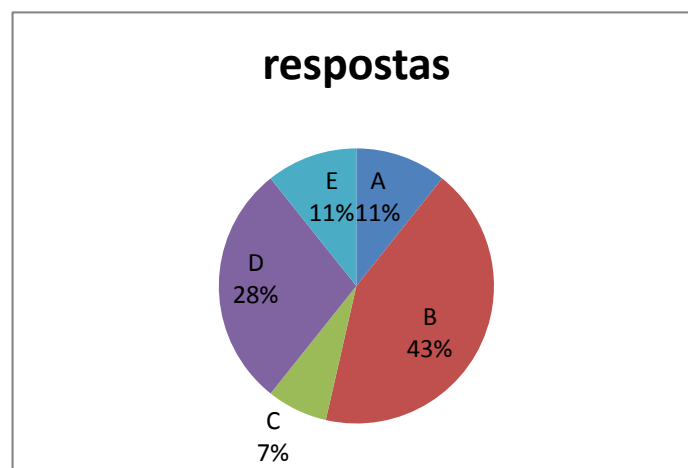


Gráfico 18: Respostas à questão 2-I da avaliação final.



Fonte: autoria própria.

A maioria (43%) responde corretamente a alternativa B, reconhecendo as forças peso e a força aplicada pelo arremessador sobre a bola.

II) Quando a bola chega na altura máxima e para, assinale a figura que mostra a(s) força(s) sobre ela.

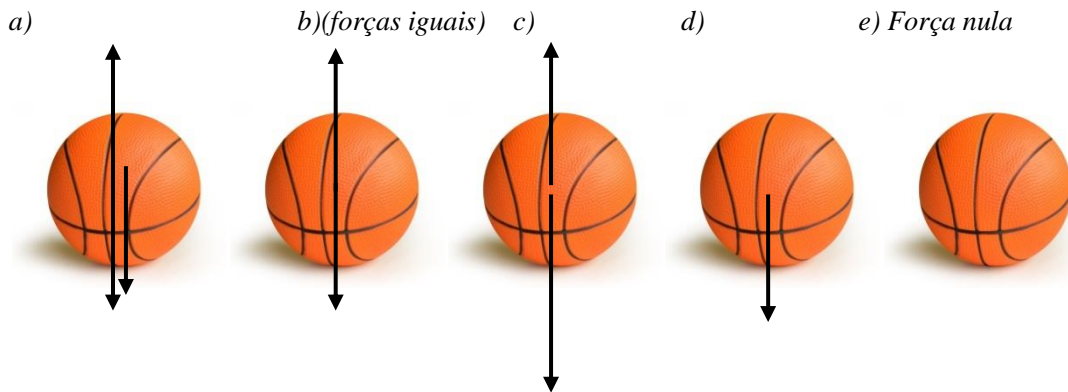
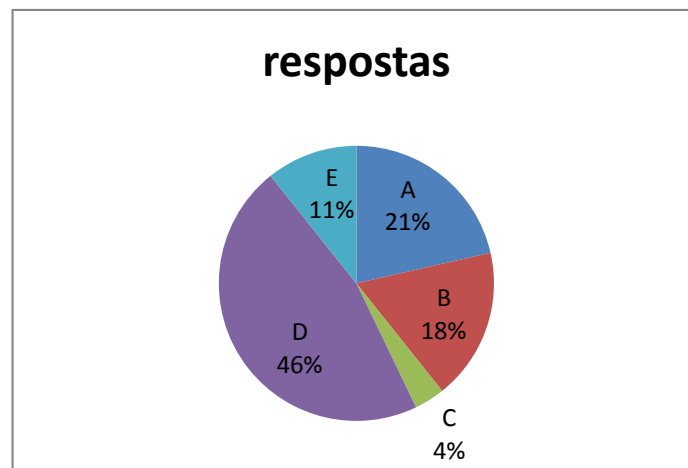


Gráfico 19: Respostas à questão 2-II da avaliação final.



Fonte: autoria própria.

Novamente a maioria reconhece a correta (alternativa D). No entanto, quase metade da turma (39%) confunde-se, sustentando a ideia de uma força vertical para cima das alternativas A e B.

III) Quando a bola está descendo em direção à cesta, a figura que representa a(s) força(s) sobre a bola é:

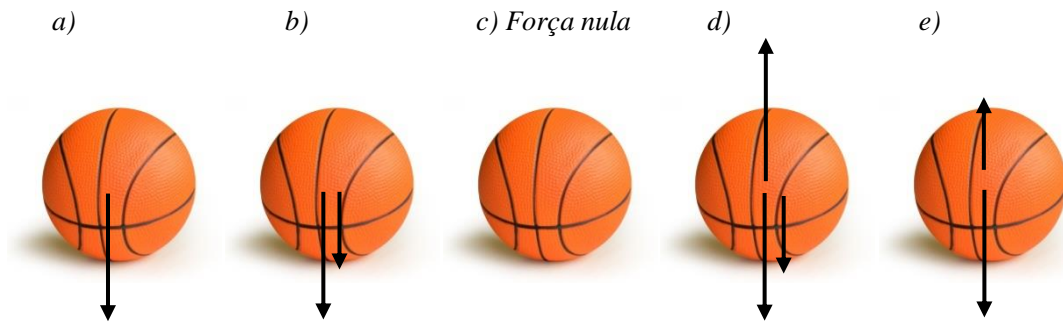
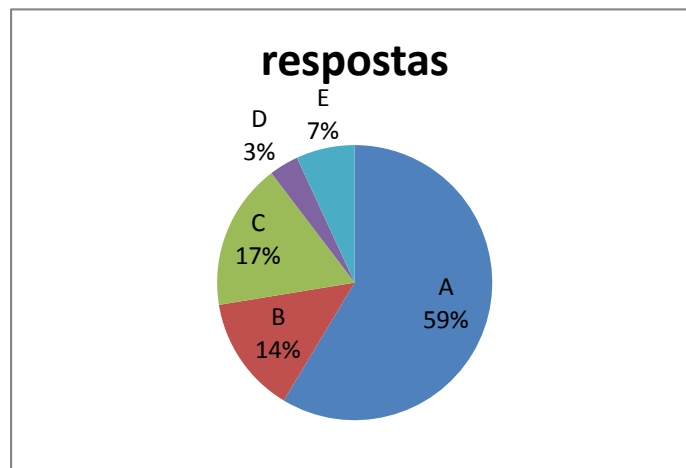


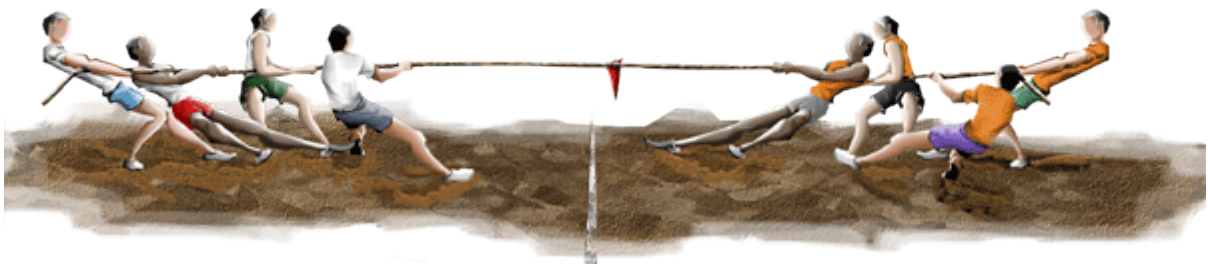
Gráfico 20: Respostas à questão 2-III da avaliação final .



Fonte: autoria própria.

A maioria da turma responde a alternativa correta A (59%), reconhecendo a força peso da bola. Parece-me que talvez o fato da força ter direção e sentido iguais ao da aceleração da bola tenha contribuído para os acertos.

3) Numa disputa de cabo de guerra como mostra a figura abaixo.

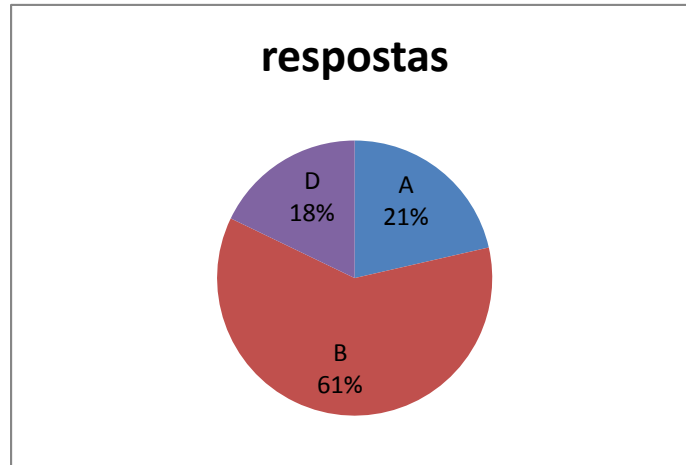


Se os atletas da direita estiverem vencendo a disputa podemos afirmar que:

a) A ação dos atletas da direita é menor que a reação dos da esquerda.

- b) A reação dos atletas da direita é maior que a ação dos da esquerda.
 c) A força resultante é nula e a velocidade também.
 d) A força resultante terá sentido da esquerda para a direita gerando uma aceleração no mesmo sentido.

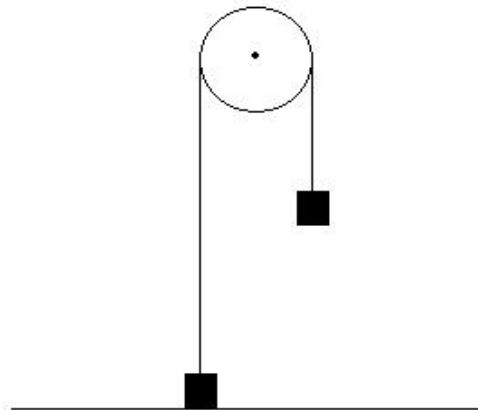
Gráfico 21: Respostas à questão 3 da avaliação final .



Fonte: autoria própria.

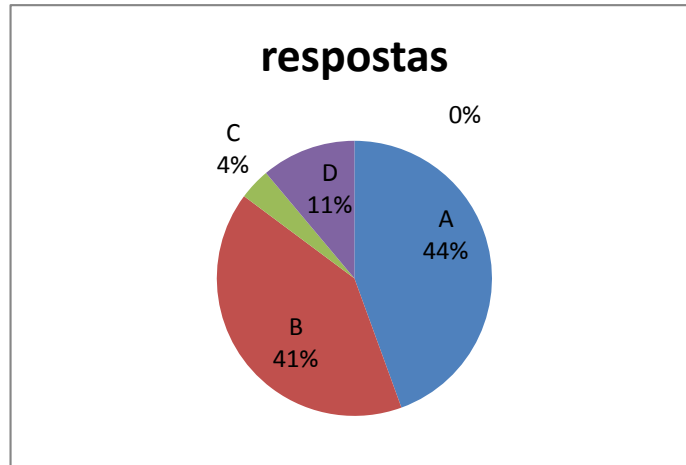
Nesta questão, a maioria se confunde com a ideia de ação e reação e escolhe a alternativa B (61%), apenas 18% reconhecem o conceito de força resultante que envolve a questão.

4) Na figura abaixo dois blocos com mesma massa ligados a um fio ideal são abandonados. Este fio está ligado à uma roldana. A respeito do sistema é correto afirmar que:



- a) O bloco mais baixo subirá até alcançar o mesmo nível do outro bloco;
 b) O bloco mais baixo subirá enquanto o mais alto descera.
 c) Ambos vão se manter em repouso.
 d) O bloco mais baixo exerce uma força sobre o piso de intensidade igual ao seu peso.

Gráfico 22: Respostas à questão 4 da avaliação final.



Fonte: autoria própria.

As opiniões ficaram divididas entre as letras A e B, ambas incorretas. Talvez a causa da confusão tenha sido o fato de não ter sido apresentada nenhuma questão similar a esta durante todas as etapas investigativas.

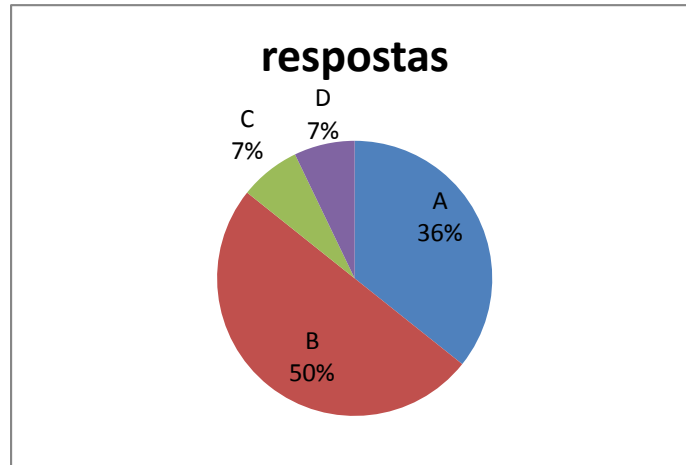
5) *Uma pessoa empurra um piano em uma superfície horizontal e com atrito, como mostra a figura. Não há resistência do ar.*



1) Para retirar o piano do repouso a pessoa precisa produzir uma força maior que a força de atrito. Se ele mantiver a intensidade da força, o piano:

- a) Aumentará sua velocidade.*
- b) Manterá velocidade constante.*
- c) desacelerará progressivamente.*

Gráfico 23: Respostas à questão 5-I da avaliação final.

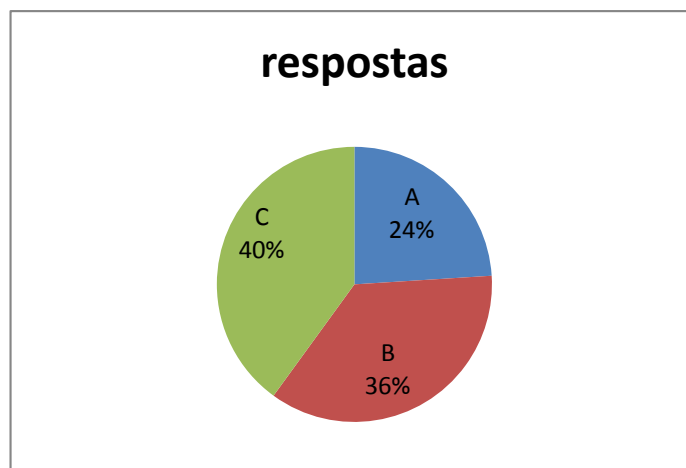


Fonte: autoria própria.

Apenas 36% dos alunos acertam a questão reconhecendo que haveria uma aceleração do piano. Parece que os alunos não conseguiram se "livrar" do senso comum de seu dia-a-dia e relacionar a questão à segunda lei de Newton.

- II) Se a pessoa diminuir a intensidade da força até ser igual a força de atrito, o que acontecerá ao piano.
- para logo em seguida.
 - diminuirá sua velocidade até parar.
 - terá velocidade constante.

Gráfico 24: Respostas à questão 5-II da avaliação final.

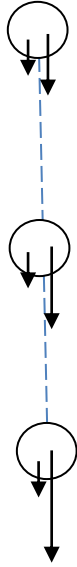


Fonte: autoria própria.

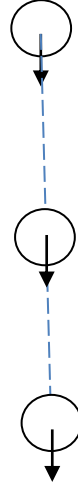
A questão teve uma considerável mostra de que houve compreensão de equilíbrio dinâmico por um grupo (40%), mas a maioria ainda persiste no senso comum (60%).

6) Uma pessoa arremessa uma bola de futebol do alto de um prédio. Considere os esquemas como a representação das forças que agem sobre a bola nas diferentes alturas da trajetória da bola. Despreze a resistência do ar e assinale o esquema que melhor representa essas forças.

a)



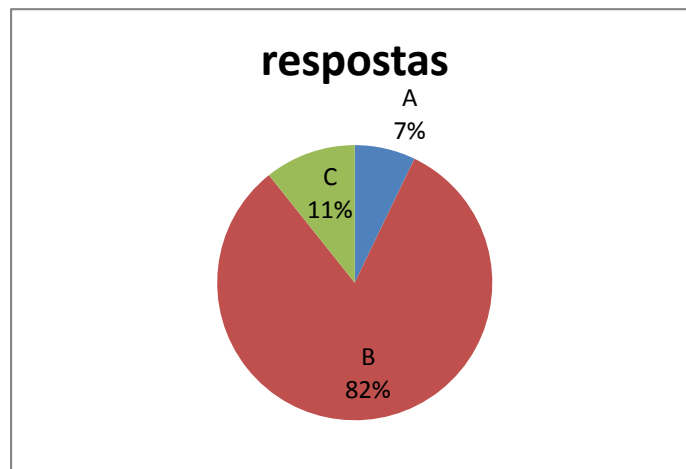
b)



c)



Gráfico 25: Respostas à questão 6 da avaliação final.

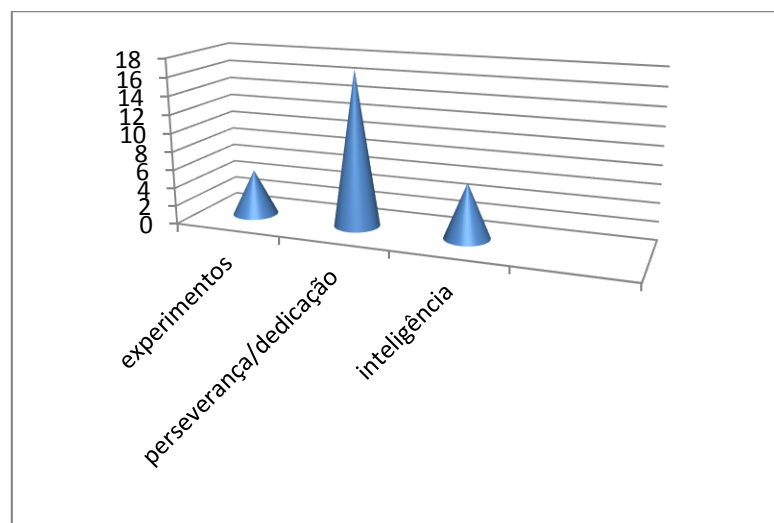


Fonte: autoria própria.

A questão foi a única repetida do questionário inicial, da primeira etapa investigativa. Nas respostas a maioria ampla (82%) escolhe a alternativa correta B, reconhecendo apenas uma força para baixo, ao contrário do que se viu na análise do primeiro questionário.

7) Agora, conhecendo um pouco da história do Isaac Newton, que fatores na sua opinião foram determinantes em seu sucesso?

Gráfico 26: Frequência de palavras da questão 7.

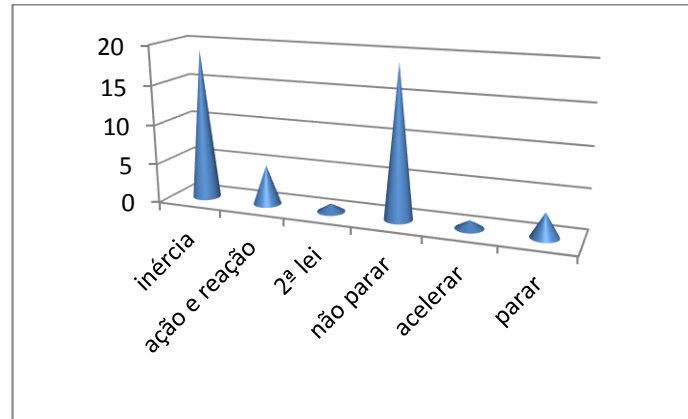


Fonte: autoria própria.

De maneira geral os alunos desconstruíram a ideia de genialidade, já que a grande maioria atribui o sucesso de Newton à perseverança e a dedicação dele. Apenas seis alunos mencionaram inteligência/genialidade em suas respostas.

8) Nas experiências em sala usamos um "trilho de ar" que diminuía muito o atrito no movimento. Se aquele trilho anulasse completamente o atrito, o que aconteceria? Que lei de Newton explica isso?

Gráfico 27: Frequência de conceitos da questão 8.

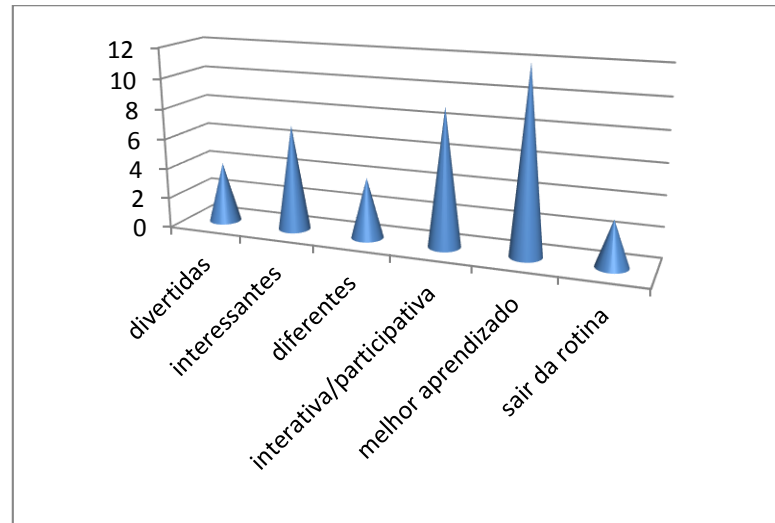


Fonte: autoria própria.

A grande maioria mencionou a lei da Inércia como responsável na explicação do fenômeno; alguns creditaram à terceira lei e apenas um à segunda lei de Newton. Quase todos também reconhecem que o corpo permaneceria em movimento, alguns o chamaram "movimento infinito", expressão usada nos textos históricos para citar o MRU. Nenhum aluno citou o MRU nem mencionou a trajetória retilínea dos corpos citados.

9) Ao longo das aulas tivemos várias estratégias didáticas. Dê sua opinião a cada uma delas abaixo:

a) Aulas experimentais.

Gráfico 28: Frequência de palavras sobre aulas experimentais.

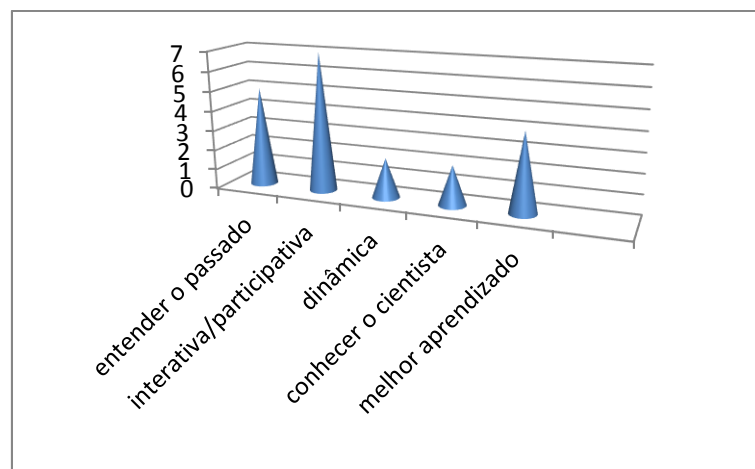
Fonte: autoria própria.

Não houve citação de pontos negativos e os pontos positivos elencados pelos alunos foram os mais diversos. Muitos manifestaram que as aulas e a interação entre alunos e professor foram determinantes para a aprendizagem.

Mudar nossa percepção através de algo que realmente estamos vendo. Além da interação entre os alunos e professor, o que tornou as aulas mais prazerosas e interessantes (Anna Paula F.).

As aulas experimentais foram maravilhosas e demais em minha concepção, mudou muito o meu ponto de vista sobre a física e, com elas, obtive muitos conhecimentos os quais não tinha (Victória F.).

b) Aulas com textos históricos.

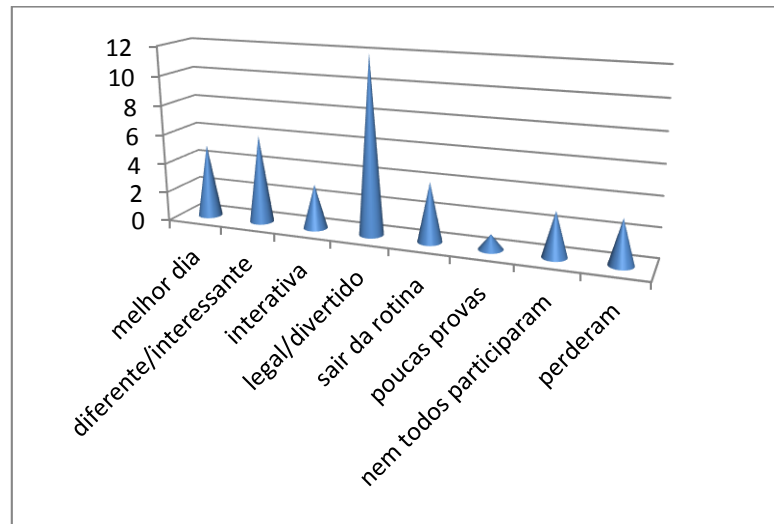
Gráfico 29: Frequência de palavras sobre aulas de História da Ciência.

Fonte: autoria própria.

Na avaliação da maioria, a interação e participação de todos os alunos foi o ponto mais importante das aulas históricas, além de possibilitar melhor aprendizado do conteúdo. Apenas um aluno aludiu seu ponto negativo ao fato de ter feito a aula com um grupo que não queria.

c) *Gincana.*

Gráfico 30: Frequência de palavras sobre aula da gincana.

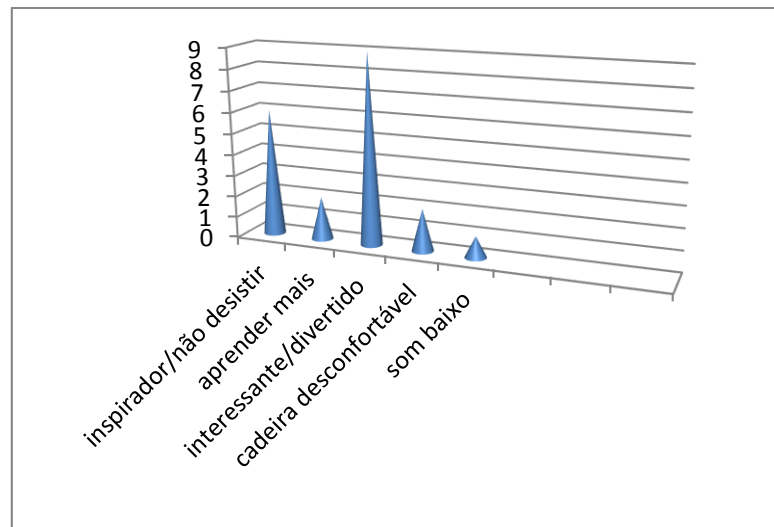


Fonte: autoria própria.

A etapa mais lúdica foi bastante elogiada e ressaltaram a 'quebra' da rotina escolar. Alguns pontos negativos foram citados como a não participação de todos, a pouca quantidade de provas e o fato de que seu grupo perdeu. Muitos mencionaram que a atividade foi motivacional: “saímos da rotina para brincarmos e nos divertimos, enquanto aprendemos (Paulo F.).

d) Aula com filme.

Gráfico 31: Frequência de palavras sobre aula de filme.



Fonte: autoria própria.

Na avaliação dos alunos o filme foi bastante motivacional e inspirador, a história lhes pareceu muito divertida também. Alguns pontos negativos foram citados como o desconforto das cadeiras e o som baixo.

6 ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo serão feitas as devidas interpretações dos dados da pesquisa à luz do referencial teórico apresentado no segundo capítulo, em função do objeto de pesquisa.

6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De maneira geral, o produto pedagógico foi bem aceito pela maioria dos alunos do ponto de vista atitudinal e quanto à percepção de aprendizagem. Houve sempre uma grande participação e envolvimento durante as aulas. Nas primeiras atividades, os alunos se mostraram bastante tímidos, principalmente devido à inversão da maneira passiva de aprendizagem que estavam acostumados para uma forma ativa. A estranheza foi tão grande, que em uma avaliação feita pela coordenação pedagógica com as turmas, no sentido de avaliar todos os professores e suas aulas, a turma elegeu as aulas de Ciências como as melhores e mais dinâmicas dentre todas as disciplinas. Ao mesmo tempo, dentre os pontos negativos citaram a "explicação" do professor. Ao indagar a orientação pedagógica sobre o significado da crítica feita pelos alunos, a mesma diz que eles sentiram falta da aula formal expositiva, uma clara evidência da dificuldade do aluno em romper com o paradigma tradicional, que David Ausubel chama de "aprendizagem por recepção" (AUSUBEL, 1965, p. 87) e Paulo Freire (1921-1997) de "educação bancária" (FREIRE, 1987, p. 36).

Um outro fato importante a se registrar, foi o comentário da professora de História, que me confidenciou que os alunos estavam bastante entusiasmados e que a perguntavam em sua aula sobre as questões históricas debatidas nas aulas de Ciências.

Ao Analisar as respostas e observações orais dos alunos, a princípio, numa leitura "flutuante" (BARDIN, 2016, p. 75), consubstanciando essas impressões à teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel/Novak, identifica-se a evolução dos alunos ao longo das aulas. Logicamente, neste momento de pré-análise, a leitura ainda é intuitiva e muito aberta.

No sentido de sistematizar a análise dos resultados e dar um caráter mais objetivo, primamos por categorizar em quatro temáticas mais explicitadas nesta pesquisa. Segundo Bardin:

A categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por agrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos (BARDIN; 2016; p. 147).

Boas categorias devem ter qualidades como exclusão mútua, homogeneidade, pertinência, objetividade/fidelidade e produtividade (Ibid.; p. 149-150). Neste sentido, guiados por essas premissas, escolhemos as seguintes categorias a partir das respostas dos alunos às questões propostas e pelas observações docentes: Aprendizagem (incluindo a diferenciação progressiva e reconciliação integradora), História da Ciência/Biografias, Experimentos e Atitude/Motivação.

6.2 DIALOGANDO COM OS REFERENCIAIS TEÓRICOS

Neste item serão apresentadas as categorias de análise elencadas anteriormente e submetidas a uma análise à luz do referencial teórico proposto no capítulo 2.

Aprendizagem

Ao longo da aplicação do produto educacional, vários instrumentos de avaliação e verificação foram usados, de modo a possibilitar uma observação mais cuidadosa sobre a aprendizagem dos alunos quanto aos conteúdos conceituais. Também serão levadas em consideração as intervenções orais dos alunos e as observações docentes expostas no capítulo anterior. Apesar de não fazer parte dos dados da pesquisa, foram considerados, de maneira informal, os depoimentos de professores e coordenadores.

Era nosso intento desde o princípio, fundamentados nas ideias de Ausubel/Novak, fomentar uma aprendizagem significativa para que os constructos cognitivos pudessem ter uma estabilidade, ancorados nas premissas de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Segundo Moreira (2012, p. 5), esses processos são marcados por organizar e hierarquizar os subsunçores, estruturas conceituais já presentes no cognitivo do aluno.

Como havíamos previsto, em função de pesquisas já realizadas, os alunos possuem uma visão muito parecida com a ‘dinâmica aristotélica’ e ‘medieval’ (GOMES, 2008). Isto ficou claro na análise do questionário de concepções prévias (Apêndice A, p. 118). Tais temas foram exaustivamente trabalhados nas aulas, no entanto, o que se evidenciou foi ainda uma resistência muito grande à mudança conceitual. Augé (2014) reitera que, na verdade, a estrutura cognitiva pode conviver com duas concepções, apesar de conflitantes, uma científica

e outra intuitiva, e também insiste na existência de concepções alternativas inatas que fazem parte estruturante do cérebro humano (POZO, 2005).

Analisando os ‘erros’ cometidos no questionário inicial, verificamos uma média de 65% nas questões 1, 2.a, 2.b, 2.c e 4, onde a relação força-velocidade foi explorada. Já no questionário final (questões 1, 2-II e 2-III), verifica-se que esses ‘erros’ conceituais caem para 28%.

Nas questões do questionário inicial que tratavam sobre a lei fundamental da dinâmica, a média de acertos foi de 27,5%. Já no questionário final o percentual de acertos foi de 36%. De novo o senso comum de achar que quando um objeto é empurrado, continua com uma velocidade pequena e por vezes constante, mesmo após cessado o contato do agente, está muito arraigado ao cognitivo do aluno.

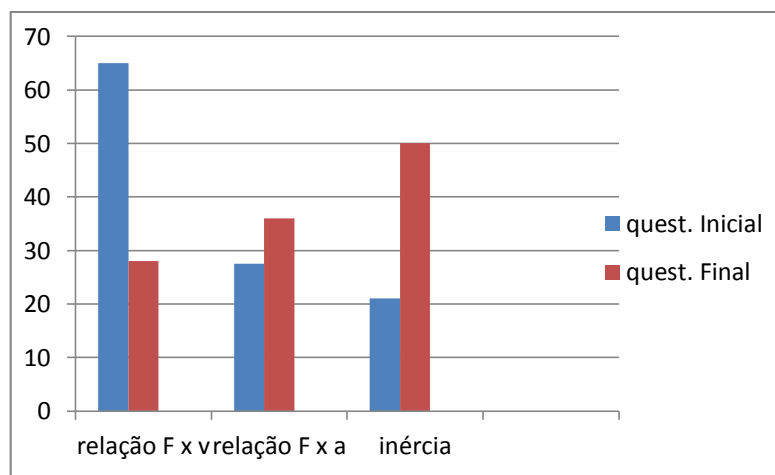
A inércia é apenas concebida em 30% dos alunos no questionário inicial mas é reconhecida por 50% dos alunos no questionário final.

A questão 3 do questionário final aponta uma confusão conceitual por parte dos alunos entre forças contrárias em um sistema de forças, com a ideia de ação e reação contida na terceira lei de Newton, ou seja, conceberam a ação e a reação como forças presentes em um mesmo corpo e não em corpos diferentes como defende a teoria.

Analisando os mapas conceituais, observa-se uma boa hierarquização dos conceitos trabalhados. Teoricamente, os alunos relacionaram com coerência as leis entre si e com o meio externo onde elas são aplicadas.

Em conclusão, os dados parecem apontar indícios de aprendizagem das concepções científicas, em parte da turma, apesar das resistências apontadas. No gráfico 32 são apresentados os resultados para as relações força x velocidade, força x aceleração e inércia.

Gráfico 32: Comparação entre questionários.



Fonte: autoria própria.

Muitos momentos de diferenciação progressiva foram proporcionados para os alunos. Ao final da segunda etapa, questões relacionadas ao texto biográfico de Newton foram um importante instrumento de aprofundamento dos assuntos discutidos durante a leitura e também interessantes para verificar as impressões da turma com respeito à vida de Isaac Newton. Nas descrições feitas dos eventos mencionados no texto, houve muita empatia por parte dos alunos.

Na quarta etapa, após apresentação formal do conteúdo através da aula dialogada e expositiva, outro momento de diferenciação progressiva foi sugerido através de questões diversas. Os experimentos da quinta e sétima etapas foram também fundamentais neste sentido.

A gincana de Física (oitava etapa investigativa) foi bastante interessante para que o aluno pudesse relacionar todos os conceitos trabalhados até aquele momento. Atividades lúdicas que abordavam conceitos como sistemas de forças, velocidade média, aceleração, ação e reação, inércia, história da ciência, dentre outros, demonstraram ser importantes para propiciar uma reconciliação integradora. Da mesma forma, os mapas conceituais da nona etapa investigativa se mostraram eficientes na função de hierarquizar e correlacionar os conceitos trabalhados.

Finalmente, a décima etapa encerra o ciclo e nela o aluno pode rever os conteúdos e consolidá-los.

História/Biografia

O tema História da Ciência perpassou quase toda a proposta. Esteve presente em duas aulas com textos históricos/biográficos, na aula dialogada e expositiva dando suporte à teoria e na aula com vídeo biográfico. De maneira geral, a interação dos alunos foi muito positiva e por certo enriquecedora.

Nas conversas iniciais e no próprio questionário inicial, via-se muita "mitificação" das figuras científicas. Um 'abismo' intransponível parecia existir entre o aluno e os cientistas. Metade da turma os consideravam homens geniais, seres especiais. Aos poucos, nas discussões em sala, a figura de Newton foi sendo "humanizada". De forma que, já se via as limitações, os defeitos, as ambiguidades, etc. No questionário final, a minoria relacionou o sucesso de Newton à sua inteligência, enquanto a maioria creditou a sua perseverança e dedicação.

Nas aulas com os textos históricos priorizou-se a participação e discussão dos grupos. Confesso que tal tarefa não é fácil quando se tem mais de trinta adolescentes em sala. No

primeiro texto, na segunda etapa investigativa (Apêndice A, p. 123), cujo teor era mais biográfico, houve muitos juízos negativos à vida pessoal de Newton. Procurei intermediar e atenuar os excessos de interpretação. Fica patente o efeito das biografias sobre os alunos. Sua repercussão inclusive pode ser vista até nas paródias da gincana de Física (oitava etapa investigativa).

O segundo texto histórico, na sexta etapa, mais uma vez se buscou uma interação dos grupos evitando monólogos do professor. Extrair os pontos mais importantes do texto de maneira implícita não é tarefa fácil, é um desafio fazê-lo sem monopolizar a discussão, por um lado, e por outro permitir que se perca a objetividade. Nas discussões, identifica-se uma certa ingenuidade por parte dos alunos no tocante à forma como a ciência progride. A ideia de uma história linear e acumulativa é senso comum entre eles (KUHN, 1996; MARTINS, 2006; MATTHEUS, 1995).

Na aula dialogada (terceira etapa investigativa), os conceitos físicos foram trazidos à discussão. De maneira cronológica, o aluno pode ver as diferentes visões de mundo.

O Filme "Céu de outubro" (décima etapa investigativa) deu uma certa contemporaneidade ao tema. Pois, ao mesmo tempo que trata de experimentos de dinâmica feitos por alunos americanos na época da "guerra fria", foi também uma importante ferramenta de identificação para os alunos. Temas presentes no cotidiano daqueles adolescentes, como pobreza, conflitos familiares, rebeldia adolescente, etc, também são comuns nos dias de hoje e são magistralmente enfocados pelo filme. Confesso ter me surpreendido com a atenção quase "hipnotizante" e os repetidos aplausos espontâneos por parte dos alunos.

Sem dúvida alguma, as aulas históricas contribuíram bastante nas discussões e foram importante instrumento motivacional para os alunos, conforme ressalta Matthews:

A história, a filosofia e a sociologia da ciência podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do "mar de falta de significação" que diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Experimentos

As aulas experimentais estiveram presentes na quinta e na sétima etapas. Como relatado na descrição da aplicação, nos experimentos da quinta etapa investigativa tivemos formação de grupos e participação direta dos alunos na execução dos experimentos e posteriormente nas conclusões. O modelo de investigação orientada (BARBERÁ, O.; VALDÉZ, P., 1996; CARRASCOSA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A., 2006; GIL PÉREZ et al., 2001) se mostrou bastante eficiente para propiciar interação e uma participação mais ativa dos alunos. Apesar dessa participação, percebe-se ainda uma resistência do aluno no sentido em não ter as respostas do professor. Os dados coletados e testados pelos alunos foram satisfatórios e puderam dar uma perspectiva mais prática dos fenômenos envolvendo a primeira e segunda Lei de Newton.

A sétima etapa investigativa teve novos contornos em sua aplicação, diante da necessidade de uma maior celeridade nas aulas optei por demonstrar o experimento sem a participação dos alunos na execução. Mesmo assim, estimulei a participação dos mesmos, indagando as relações do experimento com a terceira lei de Newton. Apesar dos dados não terem correspondido a contento, foi uma excelente oportunidade de discutir a relação experiência x teoria e ainda para discutir as variáveis que podem falsear resultados em experiências.

Por fim, os experimentos se mostraram eficientes na motivação do aluno, no treinamento científico e na realização de uma diferenciação progressiva dos conteúdos trabalhados (ARRUDA; LABURU; 1988; DELIZOCOIV; ANGOTTI, 1991, p. 22).

Atitude/Motivação

Um dos grandes desafios de qualquer educador é realizar um ensino onde se haja evidências que o aluno tenha construído construtos verbais, atitudinais e procedimentais. Talvez o mais difícil a se construir são os atitudinais. São públicas e notórias as dificuldades enfrentadas pelos professores na motivação do aluno e quase que sempre transferimos a culpa ao desinteresse e às questões externas que acometem o aluno.

Ao longo da aplicação do produto pedagógico para quatro turmas heterogêneas de uma escola de um bairro pobre e periférico da cidade de Macaé, percebi o crescente envolvimento e interesse desses alunos. As conversas paralelas constantes quase cessaram, o comportamento desinteressado de muitos foi substituído por atitudes de maior engajamento e a relação professor-aluno melhorou significativamente.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa nasceu do desejo de promover uma aprendizagem de ciências que pudesse ser relevante e inspiradora para adolescentes de uma escola pública e periférica do município de Macaé-RJ. Neste ambiente, como em outras escolas de clientela pobre de periferia no Estado do Rio de Janeiro, é comum a evasão escolar e os baixos índices de aprendizagem. As possíveis causas podem ser sociais, pessoais e/ou educacionais. Dentre as quais destacaria: a má condição familiar, necessidade de busca de emprego, falta de interesse, falta de escolas, currículo extenso, relação professor-aluno, a ineficiência dos gastos públicos, etc. (AURIGLIETTI, 2014, p. 3-4; TEIXEIRA, 2003, p. 99).

O ensino de ciências no Brasil apresenta elementos singulares em seu histórico, sobretudo o do ensino fundamental II. Conforme ressaltado no capítulo 1 dessa pesquisa, a especialização do professor em oposição ao currículo generalista, as influências positivistas americanas e inglesas, a quase ausência de investimentos estruturais para o ensino e os baixos salários dos educadores, entre outros, parecem ter contribuído para aumentar o fosso na educação científica brasileira (KRASILCHIK, 1987 apud²⁶ NASCIMENTO et al., 2010, p. 228; WORTMANN, 2003, p. 137; VIANNA, 2004 apud²⁷ NASCIMENTO et al., 2010, p. 228)

É premente uma educação científica crítica e que contribua numa formação cidadã e não apenas técnica e formadora de mão de obra para o mercado de trabalho. Fazer isto é romper com a lógica positivista de uma ciência neutra que esteja submissa aos interesses econômicos e políticos. A neutralidade científica é uma falácia, pois questões como energia nuclear, alimentos geneticamente modificados, aquecimento global, entre outros, mostram claramente o conflito de interesses entre os direitos de todos e o de alguns (ERTHAL; LINHARES, 2009; FREIRE, 2005; MOURA, 2012).

Ao debruçar sobre os diferentes teóricos, Ausubel e Novak me pareceram os mais afinados à pesquisa e a minha forma de fazer-pensar pedagógico. Suas concepções cognitivistas e humanistas trouxeram fundamentais substratos teóricos na execução e na avaliação deste projeto. Procurei manter-me fiel aos principais fundamentos do arcabouço teórico Ausubeliano e de Novak. As concepções prévias foram verificadas, foram criados momentos de diferenciação progressiva e de reconciliação integradora. Foram privilegiados

²⁶ KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: EPU/EDUSP, 1987.

²⁷ VIANNA, I. O. A. *A formação de docentes no Brasil: história, desafios atuais e futuros*. In: RIVERO, C. M. L.; GALLO, S. (Org.). *A formação de professores na sociedade do conhecimento*. Bauru: Edusc, 2004, p. 21-54.

ainda os aspectos coletivos de aprendizagem e a participação ativa do aluno no processo educativo, de modo a promover uma aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1983, p. 91; MINTZES; WANDERSEE; MOREIRA, 1999, p. 33; NOVAK, 2000 apud²⁸ VALADARES, 2012, p. 86-87).

O uso de História da Ciência/Biografia buscou contribuir no sentido de melhor compreender a dinâmica das evoluções científicas, já que tal abordagem delineia contornos sociológicos tão necessários para melhor entender a ciência. Neste sentido, preferimos a abordagem Khuniana, de uma ciência menos acumulativa, como ingenuamente se pensava, e que reconheça os aspectos sociais de sua epistemologia e de seu desenvolvimento (BOAS, 2013, p. 304; MARTINS, 2006; MASSONI; MOREIRA, 2007; MATTHEWS, 1995, p. 167).

Outra estratégia de ensino sublinhada nesta pesquisa foi o uso de experimentos em aula. Logicamente sem um viés empírico-indutivista, citado no capítulo 2, mas inspirada no modelo de investigação dirigida de Gil Perez (1983). Compreendendo que a experimentação quando corretamente usada, colabora em dar uma melhor compreensão do processo investigativo do ‘método científico’²⁹ e contribui na motivação e na facilitação da aprendizagem (DIAZ; KEMPA; 1991; FIGUEROA; GUTIERREZ; 1992; LABURU, 2006).

Em termos metodológicos, esta pesquisa usou referenciais qualitativos, numa abordagem correspondente a um estudo de caso. Tal metodologia focou em analisar minuciosamente o contexto de aprendizagem de uma turma de nono ano de Ciências do Colégio Municipal Dr. Cláudio Moacyr de Azevedo, Macaé-RJ. As conclusões que seguiram, foram fruto da observação da aplicação da sequência didática sob o tema Leis de Newton, seus aspectos atitudinais, procedimentais e conceituais, através das participações em atividades propostas, em debates e nas respostas escritas no produto didático (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 89-93). A abordagem qualitativa, na sua tipologia estudo de caso, se mostrou bastante adequada para descrever o evento em questão, permitindo um olhar minucioso sobre aspectos que se mostraram relevantes.

Na elaboração da sequência didática procurei me pautar em planejar aulas interativas, com conteúdo acessível e aulas preocupadas na diferenciação progressiva e na reconciliação integradora dos conteúdos de Física. Na escolha de estratégias, também se buscou a diversidade de atividades (textos históricos, experimentos, gincana, passeios pedagógicos, etc.). Do mesmo modo, a aplicação também teve a premissa de interatividade professor-aluno

²⁸MINTZES, J.; WANDERSEE, J.; NOVAK, J.; *Ensinando a ciência para a compreensão*; Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

²⁹ Estamos cientes da problemática em torno desse tema.

e aluno-aluno, o desenvolvimento de atitudes e procedimentos favoráveis a uma aprendizagem significativa.

Ao final, depois de avaliados os instrumentos utilizados e as respostas observáveis dos alunos, identifiquei avanços significativos, em termos procedimentais e atitudinais, e avanços moderados em termos conceituais (principal foco da pesquisa). Quanto às questões conceituais, apesar da persistência de algumas concepções alternativas, de modo geral, os alunos demonstraram um domínio dos conceitos relacionados à dinâmica newtoniana. Suas concepções históricas iniciais, nitidamente influenciadas pela visão simplista acumulativa dos avanços da ciência, na "mitificação" das figuras dos cientistas e na ideia ingênua do experimento como "prova" da teoria, sofreram significativa mudança. Nos questionários finais e nas falas em sala de aula no final da sequência, vê-se agora eles comparando-se com os cientistas, discursando sobre a importância do empenho pessoal, no lugar de um 'dom especial'. Também o reconhecimento da importância do experimento no processo científico, mas não mais como fundamental para se validar uma teoria.

Nos quesitos procedimental e atitudinal, percebi também uma melhor 'abertura' em participar dos experimentos e na leitura dos textos; a resistência inicial foi substituída pela motivação em dar sua opinião e de aferir os resultados experimentais. Na gincana, inclusive, alguns reclamaram de não terem todos podido participar das provas. Na viagem pedagógica, ao Planetário da Gávea, muitos arriscaram perguntas ao astrônomo que palestrou e reconheceram as fotos de Galileu Galilei e de Issac Newton nas dependências do Planetário.

Ao final da sequência, percebo uma turma mais unida, mais receptiva às aulas e ao conhecimento. Mais 'amiga' e menos 'barulhenta'. Ao longo da aplicação do produto, muitas emoções foram compartilhadas e não apenas conceitos.

Não desejando ser simplista, mas ao mesmo tempo convidando o leitor destas páginas a uma reflexão, penso que este produto pedagógico me ensinou mais do que eu aos alunos. Ensinou-me que é possível atrair o educando usando doses de saber científico, consolidados pela literatura científica, juntamente com doses de boa vontade e esperança.

Pude experienciar isso nas duas funções. Como aluno do MNPEF, tendo o privilégio de ter professores com competências técnicas e educacionais, cujo exemplo carregarei para minha própria experiência e, como professor, ao ver os resultados alcançados pelos meus alunos. Diante disso, permitam-me afirmar que a atitude e a motivação do educando estão, a meu ver, estritamente ligadas à do educador. Citando Paulo Freire:

É preciso que saibamos que, certas qualidades ou virtudes como amorosidade, respeito aos outros, tolerância, humildade, gosto pela alegria, gosto pela vida, abertura ao novo, disponibilidade a mudança, persistência na luta, recusa aos fatalismos, identificação com a esperança, abertura a justiça, não é possível sem a prática pedagógica progressista (FREIRE, P.; 2005; p. 58).

BIBLIOGRAFIA

AMARAL, L. O.; SILVA, A. C. Trabalho prático: concepções de professores sobre as aulas experimentais das disciplinas de química geral. *Cadernos de Avaliação*, n. 3, Belo Horizonte: MG, UFMG, p. 130-140, 2000.

ARAÚJO, M.S.T., ABIB, M.L.V.S., Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Física*, vol. 25, no. 2, Junho 2003.

ARRUDA, S. M.; LABURU, C. E. *Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências*. In: NARDI, R. (org.). *Considerações atuais do ensino de ciências*. São Paulo: Editora Escrituras, p. 73-87, 1998.

AUGÉ, P. S. Restrições cognitivas e o desenvolvimento na história da ciência e no indivíduo das concepções sobre queda dos corpos e ação física. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

AURIGLIETTI, R. C. R., *Evasão e abandono escolar: causas, consequências e alternativas – O combate a evasão escolar sob a perspectiva do aluno*, 2014.

AUSUBEL, D. P. In defense of verbal learning. In: ANDERSON, Richard; AUSUBEL, David (Ed.). *Readings in the Psychology of Cognition*. 1. ed. New York: Holt, Rinehart & Winston. p.87- 102. 1965.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. *Psicologia Educativa. Um ponto de vista cognoscitivo*. México: Trillas, 1978.

BAQUERO, R. V. A. *Definição de objetivos*. In MOREIRA, M. A. *Ação Docente na Universidade*. Porto Alegre: Editora da Universidade, p. 39-52, 1983.

BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El Trabajo Práctico en la Enseñanza de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3). 365-379, 1996.

BARDIN, L.; *Análise de Conteúdo*. Primeira edição, Almedina, 2016.

BOAS, A. V. *História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos*. *Cad. Bras. Ens. Fís.* v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013.

BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. Dados Qualitativos. In BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. *Investigação qualitativa em educação - uma introdução à teorias e aos métodos*. Porto: Porto Editora, 1994. P.147- 202.

BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Lei nº 9394, 20 de dezembro de 1996.

_____. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria da Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais*. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. Ministério da Educação. *Guia de livros didáticos PNLD 2008: Ciências*. Ministério da Educação. Brasília: MEC, 2007.

CANTARINO, J. A biografia e sua instrumentalidade educativa; *Educação e sociedade*, ano XX, n. 67, agosto 1999.

CARRASCOSA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. *O Papel de la actividad experimental en la educación científica*. Cad. Bras. Ens. Física, v.23, n.2, ago. 2006.

CASTRO, R. S.; CARVALHO, A. M. P. *História da ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau*. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis: IF-UFSC, v. 9, n. 3, p. 225-237, dez. 1992.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Metodologia do ensino de ciências*. São Paulo: Cortez, 1992.

DIAS, M.; KEMPA, R. F. *Los alumnos prefieren diferentes estrategias didácticas de la enseñanza de las ciencias en función de sus características motivacionales*, p. 59-68, 1991.

ERTHAL, J. P. C.; LINHARES, M. P. *História da ciência em sala de aula: o que tem aparecido em nossas revistas?* Simpósio Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências, Florianópolis, 2009.

ESPINDOLA, A. C. G.; BARLETTE, V. E. *O uso de projetos experimentais para integração entre teoria e prática no ensino de física*. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 17, 2007.

FIGUEROA, D.; GUTIERREZ, G. *Demostraciones de física: elemento motivador en la formación del docente*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 14, n. 4, 1992.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. São Paulo: Cortez, 2005.

FREIRE, P. Carta de Paulo Freire aos professores. *Estudos avançados* 15 (42), 2001.

GAGLIARDI, R. *Historia de las ciencias y enseñanza: cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias*. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona/València: U. Barcelona/U. València, 6(3), p.291- 296, 1988.

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

GIL-PÉREZ, D. *Três paradigmas básicos a la enseñanza de las ciencias*. *Enseñanza de las Ciencias*, 1983.

GIL-PÉREZ, D. *La Metodologia Científica y las Enseñanza de las Ciencias. Unas relaciones controvertidas*. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 111-121, 1986.

GIL-PÉREZ, D.; FERNANDEZ-MONTORO, I.; CARRASCOSA-ALÍS, J. CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. *Para uma imagem não deformada do trabalho Científico*. *Ciência e Educação*, 7(2): 125-153, 2001.

GOMES, L. C. *Concepções alternativas e divulgação: da relação entre força e movimento em uma revista de popularização científica*, U.E. Maringá, 2008.

GONZATTI, S. E. M.; SARAIVA, F. M. O.; RICCI, T. F. *Um curso introdutório à astronomia para a formação inicial de professores de ensino fundamental, em nível médio*. UFRGS, 2008.

HODSON, D. Hacia un Enfoque más crítico del Trabajo de Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313, 1994.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1996.

JUNIOR, C. A. O. M.; PIETROCOLA, M. Atuação de Professores Formados em Licenciatura Plena em Ciências. *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.4, n.1, p. 175-198, maio 2011.

LABURU, C.E.; Fundamentos para um experimento cativante. *Cad. Bras. Ens. Fís.* v. 23, n. 3, dez. 2006.

SILVEIRA, F., MOREIRA, M.A., AXT, R.; Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: Um exemplo em Mecânica; *Investigacyon y experiencias didácticas*; 10(2), 187-194, 1992.

MARTINS, R. A. O éter e a óptica dos corpos em movimento: a teoria de Fresnel e as tentativas de detecção do movimento da Terra, antes dos experimentos de Michelson e Morley(1818-1880). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 1, 2012.

MARTINS, R.A. Introdução. *A história das ciências e seus usos na educação*. Pp. xxi-xxxiv, in: Silva, Cibelle Celestino (ed). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. O cotidiano da sala de aula de uma disciplina de história e epistemologia da física para futuros professores de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.12, n. 1, p. 7-54, 2007.

MATTHEUS, M. R. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994.

MATTHEUS, M. R. *História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação*. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v. 12, n. 3: p. 164-214, 1995.

MEDEIROS, A.; BEZERRA FILHO, S. A natureza da Ciência e a instrumentação para o ensino de Física. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico. Lisboa: Plátano, 1993.

MOREIRA, M.A. A non-traditional approach to the evaluation of laboratory instruction in general physics courses. *European Journal of Science Education*, 2, p. 441-448, 1998.

- MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: E.P.U., 1999.
- MOREIRA, M. A. O Que é afinal Aprendizagem Significativa? *Curriculum, La Laguna, Espanha*, 2012.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: Um conceito subjacente. *Aprendizagem significativa em revista/Meaningful learning review*, VI(3), p. 25-46, 2011.
- MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. S. *Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: comportamentalismo, construtivismo e humanismo*. Porto Alegre, 2009; 2016.
- MOSCHETTI, M. *Crise e revoluções: a revolução copernicana segundo Thomas Kuhn*. Guarapuava, Paraná, v. 5, n. 1, p. 45-54, jan/jun. 2004.
- MOURA, M. A. *Educação científica e cidadania: abordagens teóricas e metodológicas para a formação de pesquisadores juvenis/ Maria Aparecida Moura (Org.)*. - Belo Horizonte: UFMG / PROEX, 2012.
- NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. O ensino de Ciências no Brasil: História, formação de professores e desafios atuais. *Revista HISTEDBR on line*, Campinas, n. 39, p. 225-249, set. 2010
- NOVAK, J. D. *Uma teoria de Educação*. São Paulo: Pioneira. 1981.
- OLIVEIRA, E. A. G.; HOSOUME, Y. *Análise dos conteúdos da física nos livros didáticos de ciências das séries iniciais do ensino fundamental*. VII Enpec, 2009.
- PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI, S. S. O conceito de força no movimento e as duas primeiras leis de Newton; *Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis*, 2(1): 6-15, abr. 1985.
- PEDUZZI, L. O. Q., MOREIRA, M. A. As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da Ciência numa sequência de conteúdos em Mecânica: O referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento; *Revista Brasileira de Ensino de Física* vol. 14 no 4, 1992.
- PORTELA, A. B.; CAMARGO, S. O que dizem os principais eventos da área de ensino de Física com relação às atividades experimentais; *Ciência em tela* v. 5 n.1, 2012.
- POZO, J. I. *Aprendizes e mestres. A nova cultura da aprendizagem*. Trad. Ernani Rosa. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- _____. *Aquisição de conhecimento: quando a carne se faz verbo*. Trad. Antônio Feltrin. Porto Alegre: Artmed Editora, 2005.
- _____. *Teorias cognitivistas del aprendizaje*. Madrid: Morata, 1989.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata, 1996.

QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. A história da ciência no processo ensino-aprendizagem. *Física na Escola*, v. 10, n. 01, 2009.

REZENDE, L. A. *História das Ciências: Contribuições dos recursos audiovisuais*. Ciência em Tela, v. 1, n. 2, 2008.

RONAN, C. A. *História ilustrada da ciência da universidade de Cambridge* - vol. I. São Paulo: Zahrar, 1987.

SCHWAB, J. The practical 3: translation into curriculum. *School Review*, p. 201-522, 1973.

SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. *Ensino de ciências: fundamentos e abordagens*, Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000.

SIGANSKI, B. P.; FRISON, M. D.; BOFF, E. T. O. O livro didático e o ensino de ciências. *XIV Encontro Nacional de Ensino de Química*, UFPR, 2008.

SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. *Experimentação no ensino de ciências*. In: SCHNETZLER, R.P.; ARAGÃO, R. M. R. (org.) *Ensino de ciências: fundamentos e abordagens*. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000.

SILVA, C. C.; MOURA, B. A. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: O caso da polarização da óptica newtoniana. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, v. 30, n. 1, C. 1602, 2008.

SILVEIRA, F., MOREIRA, M.A. e AXT, R. Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 187-194, 1992

TAYLOR, C. A. *The art and science of lecture demonstration*. Adan Hilger, Bristol and Philadelphia, 1988.

TEIXEIRA, P. M. M., Educação Científica e movimento C.T.S. no quadro das tendências pedagógicas no Brasil, 2003.

TRINTIN, R. S.; GOMES, L. C. A física newtoniana é de Newton? *Arquivos do MUDI*, v. 21, n. 03, p. 178-189, 2017.

WESTFALL, R. S. *A vida de Isaac Newton*. São Paulo: Ed. Nova Fronteira, 1995.

WORTMANN, M. L. *Currículo e ciências: as especificidades pedagógicas do ensino de ciências*. In: COSTA, M. V. (org.). *O Currículo nos liminares do contemporâneo*. 3. Ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2003.

ZABALA, A. *A prática educativa, como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

PRODUTO EDUCACIONAL
PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA DINÂMICA
ENSINO FUNDAMENTAL

Gedmar Carvalho

APRESENTAÇÃO

Caro professor,

Este produto didático se destina a alunos do nono ano do ensino fundamental II (Estado do Rio de Janeiro). O tema é a dinâmica newtoniana, mais especificamente, as chamadas leis de Newton. A sequência segue uma lógica pautada nas ideias de Ausubel/Novak. Toda a sua estrutura busca verificar as concepções prévias do aluno, permitir a reconciliação integradora e a diferenciação progressiva dos conceitos e, por sua vez, propiciar uma aprendizagem significativa.

Duas abordagens, usadas como recursos didáticos, são sublinhadas neste produto didático: a experimentação e o uso da História da Ciência. Além disso, foi explorado o uso de variadas atividades em sala e em outros ambientes não formais. Não haverá rotina durante a aplicação deste produto! Espero que o mesmo possa proporcionar momentos de aprendizado para você e seu aluno.

Quero dizer que ensinar e aprender se vão dando de tal maneira que quem ensina aprende, de um lado, porque reconhece um conhecimento antes aprendido e, de outro, porque, observado a maneira como a curiosidade do aluno aprendiz trabalha para apreender o ensinando-se, sem o que não o aprende, o ensinante se ajuda a descobrir incertezas, acertos, equívocos (FREIRE, 2001, p. 259³⁰).

Forte abraço e bom trabalho!

Gedmar Carvalho

³⁰ FREIRE, P. Carta de Paulo Freire aos professores. Estudos avançados 15(42), 2001.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| Primeira etapa- Questionário de concepções prévias | 118 |
| Segunda etapa- Texto Histórico | 123 |
| Terceira etapa- Aula dialogada expositiva | 128 |
| Quarta etapa- Questões..... | 135 |
| Quinta etapa- Experimentos | 138 |
| Sexta etapa- Texto histórico | 142 |
| Sétima etapa- Experimentos | 147 |
| Oitava etapa- Gincana de física..... | 149 |
| Nona etapa- Mapa conceitual | 151 |
| Décima etapa- Filme " Céu de outubro" | 153 |
| Décima primeira etapa- Avaliação final..... | 155 |
| Apêndice I – Acelerômetro em <i>smartphones</i> | 161 |
| Apêndice II – Equipamento Experimental | 165 |
| Apêndice III – Mapa Conceitual | 167 |

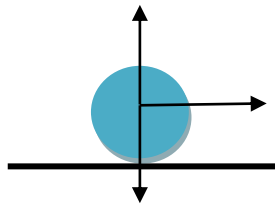
Primeira etapa – Questionário de concepções prévias

Tempo estimado: 50 min.

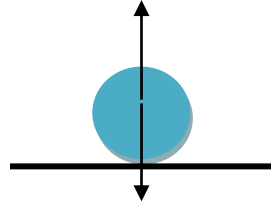
Sugestão de aplicação: individual e sem consulta, de forma escrita ou pelo Google formulário.

1) Um jogador de sinuca dá uma tacada em uma bola de bilhar na direção de uma caçapa. Assinale a alternativa abaixo que representa a(s) força(s) que agem nesta bola um pouco antes de chegar à caçapa.

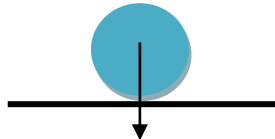
a)



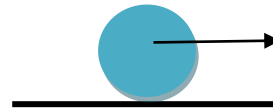
b)



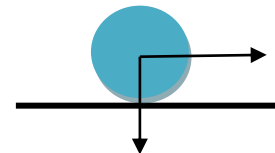
c)



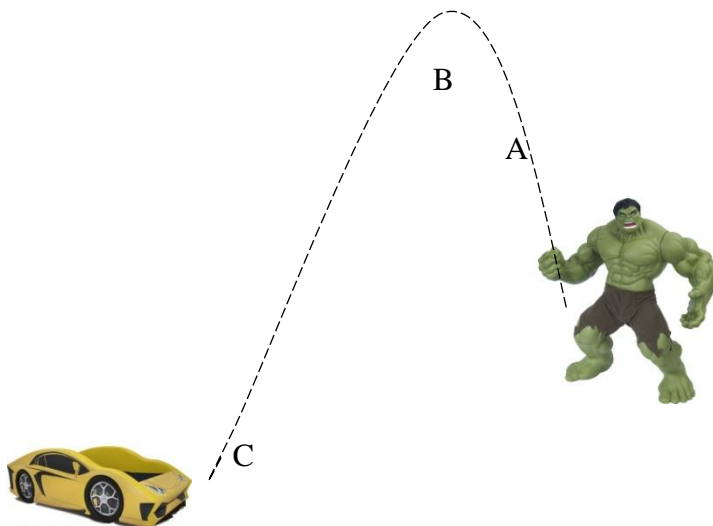
d)



e)




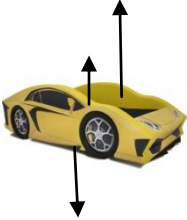
2) O Hulk lança verticalmente um carro como mostra a figura. Os pontos A, B e C identificam algumas posições do carro lançado, sendo B o ponto mais alto da trajetória. É desprezível a resistência do ar.

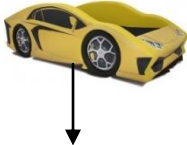


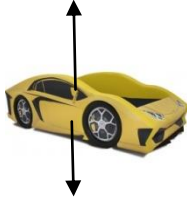
Responda as questões a seguir:


a) No ponto A, o carro está subindo, qual dos esquemas melhor representa a(s) força(s) exercidas no carro.

I) 

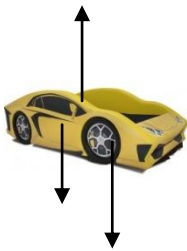
II) 


III) 

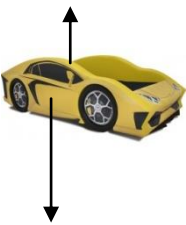
IV) 

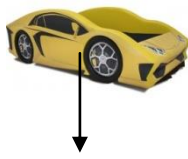
V) (Forças iguais) 


b) No ponto B, quando o carro atinge a altura máxima, qual esquema melhor representa as força(s) exercida(s) no carro?

D) 

II)  (iguais)

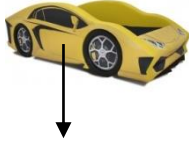
III) 

IV) 

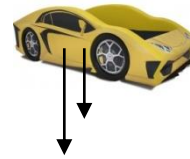
VI)  (força nula)

c) No ponto C o carro está descendo, qual esquema melhor representa as força(s) exercida(s) no carro?

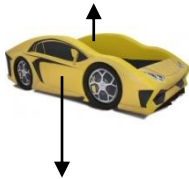
I)



III)



II)

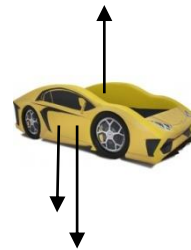


IV)

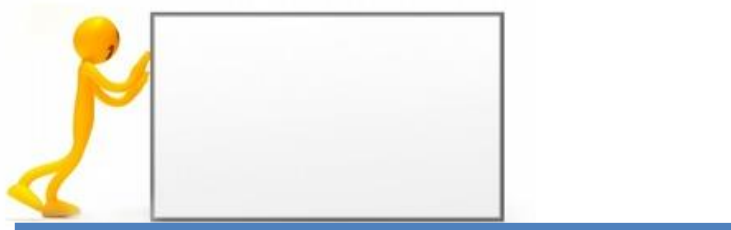


Força nula

V)



3) Uma pessoa empurra uma caixa exercendo uma força horizontal sobre ela. A caixa está sobre uma superfície horizontal e com atrito como mostra a figura abaixo. Despreze a resistência do ar sobre a caixa e responda:



a) No começo a pessoa realiza uma força com intensidade um pouco maior que a força de atrito. Então a caixa:

I) Aumentará sua velocidade;

II) Terá velocidade pequena e constante;

III) Terá uma velocidade grande e constante.

b) Se a pessoa exercer uma força com intensidade muito maior que a força de atrito, então ela diminui a intensidade da força, mas a força aplicada continua sendo maior que a força de atrito. Com isso, a velocidade da caixa:

I) Diminui.

II) diminui a princípio mas depois volta a aumentar.

III) Permanece constante.

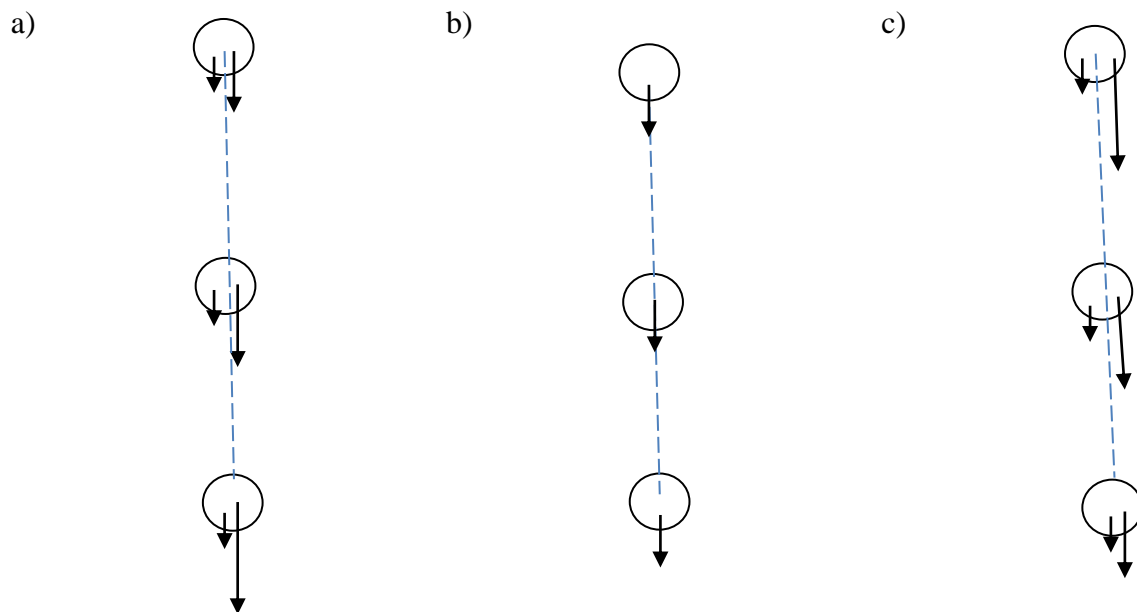
c) Se a pessoa exercer uma força com intensidade muito maior que a força de atrito, então ele diminui a intensidade da força até que ela se iguale a força de atrito. O que acontecerá à caixa?

I) Diminuirá a velocidade até parar.

II) Para logo em seguida;

III) Continuará se movimentando com velocidade constante.

4) Uma pessoa arremessa uma bola de bilhar do alto de uma torre. Considere os esquemas como a representação das forças que agem sobre a bola nas diferentes alturas da trajetória da bola. Despreze a resistência do ar e assinale o esquema que melhor representa essas forças.



5) Vamos analisar o movimento de um bloco sobre três superfícies horizontais diferentes como mostram as figuras abaixo:

Situação 1:



Situação 2:



Situação 3:



Em todas as situações, o bloco é lançado da mesma posição com a mesma velocidade inicial. Diante disso:

- a) O que possibilitou o bloco alcançar cada vez maiores distâncias?
 - b) Que força foi responsável por isto?
 - c) O que aconteceria se essa força fosse nula?
- 6) Por que um boxeador ao atingir um adversário no rosto infringe maiores danos a ele do que a seu punho? Responda baseado na ideia de forças.
- 7) Existe uma história muito popular sobre Newton e a maçã, nela Newton estaria debaixo de uma macieira quando vê uma maçã cair e tem uma ideia genial. Você já ouviu esta história? Comente a respeito.
- 8) Na sua opinião, que papel desempenha a Ciência para o desenvolvimento da humanidade?
- 9) Você acha que os experimentos são a única forma definitiva para provar a validade de uma teoria científica? Por quê?
- 10) Você considera os cientistas homens 'normais' que aprenderam o ofício da Ciência ou homens geniais diferentes das pessoas comuns? Fale a respeito.

Segunda etapa – Texto histórico

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em grupos para a leitura. Ao final, sortear dois parágrafos para cada grupo discutir.

TUDO O QUE SOBE...: NEWTON³¹

Duvido que você já tenha conhecido alguém tão inteligente quanto Isaac Newton – eu jamais conheci. Talvez tenha encontrado pessoas tão desagradáveis quanto ele. Ele não gostava da maioria das pessoas, tinha acessos de raiva e achava que quase todo mundo o estava perseguindo. Era reservado, vaidoso e esquecia-se de fazer as refeições. Tinha muitas outras características desagradáveis, mas era inteligente, e é da inteligência que lembramos hoje, mesmo que seja bem difícil entender o que ele pensou e escreveu.

Isaac Newton (1642-1727) poderia ter sido desagradável sem considerar o que havia acontecido a ele, mas sua infância foi horrível. Seu pai morreu antes de ele nascer, e sua mãe, que não esperava que ele sobrevivesse, deixou-o com os pais dela depois de casar novamente e ter outra família. Ele odiava o padrasto, tinha aversão ao avô e não morria de amores pela mãe nem pela avó. Na realidade, desde muito jovem, começou a não gostar de gente. Preferia ficar sozinho, quando criança e depois de idoso. Porém, não havia dúvida de que era inteligentíssimo, e foi enviado à escola de gramática em Grantham, próximo a onde morava, em Lincolnshire. Aprendeu latim bem (escrevia em inglês e em latim com a mesma facilidade), mas dedicou a maior parte do tempo na escola a fazer modelos de relógios e de outros aparelhos mecânicos e a construir relógios de Sol



³¹ Texto adaptado de: BYNUM, William. Uma breve história da ciência. Tradução de Iuri Abreu. Porto Alegre: L & PM, 2014.

Newton formulou muitas de suas ideias em dois anos incrivelmente produtivos. Nenhum cientista, exceto Einstein (Capítulo 32), fez tanto em tão pouco tempo. Os anos mais incríveis de Newton foram 1665 e 1666. Parte do tempo foi passada na residência materna em Woolsthorpe, Lincolnshire, porque a epidemia da peste que na época varria a Inglaterra fez com que a Universidade de Cambridge fechasse as portas e enviasse os estudantes para casa. Foi durante esse período que Newton viu maçãs maduras caindo das árvores do pomar de sua mãe. Não deve ter sido tão dramático quanto contam as histórias, mas aquilo o lembrou de um problema que ainda precisava de explicação: por que as coisas caem na terra.

Durante esses anos da peste, Newton também progrediu no trabalho sobre mecânica: as leis que governam os corpos em movimento. Vimos como Galileu, Kepler, Descartes e outros desenvolveram ideias para explicar (e representar de forma matemática) o que acontece quando uma bala de canhão é disparada ou quando a Terra se move ao redor do Sol. Robert Hooke também estava interessado nisso. Newton leu os escritos desses homens, mas foi além. Certa vez, escreveu para Hooke: “Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes”. Você se lembra de andar sobre os ombros de seu pai? Aumentar de tamanho duas ou três vezes de maneira súbita revela todo tipo de coisa que não seria possível ver sozinho. E era aí onde Newton estava querendo chegar. Essa imagem maravilhosa descreve como cada cientista e cada geração de cientistas podem obter vantagens das descobertas daqueles que os precederam. Essa é a essência da ciência.

Mas Newton também era, ele próprio, um gigante, e sabia disso. Os problemas surgiram quando pensou que os outros não reconheciam esse fato. As dificuldades de Newton com Robert Hooke começaram quando Newton ofereceu seu primeiro artigo à Sociedade Real. A Sociedade fez o que boas revistas científicas modernas ainda fazem: enviaram-no a outro especialista para comentar sobre o artigo. Isso é chamado de “revisão por pares”, e o processo é parte da abertura da qual se orgulham os cientistas. A Sociedade Real escolheu Hooke para ler o artigo, uma vez que ele também havia investigado a luz. Newton não gostou nem um pouco dos comentários de Hooke e quis inclusive deixar de ser membro da Sociedade Real. A entidade ignorou em silêncio sua carta de renúncia.

Em meados dos anos 1680, a pesquisa de Newton em matemática, física e astronomia estava ficando conhecida. Escreveu muitos artigos e publicou alguns, mas muitas vezes observou que seu trabalho científico era apenas para ele mesmo ou para os que viessem após a sua morte. Em 1684, o astrônomo Edmund Halley visitou Newton em Cambridge. (Fique atento ao cometa Halley, nome dado em homenagem a Edmund Halley, em 2061, quando deve ser visível da Terra.) Halley e Hooke estavam discutindo a forma do trajeto percorrido

por um objeto em órbita de outro (como a Terra em torno do Sol ou a Lua em torno da Terra). Queriam saber se a gravidade afetaria o caminho do objeto, agindo sob o que hoje chamamos de “lei do inverso do quadrado”.

A visita de Halley fez com que Newton deixasse a teologia e a alquimia de lado. Dedicou-se ao trabalho e produziu sua maior obra, uma das mais importantes na história da ciência, mesmo que não seja uma leitura fácil. Hoje, é conhecida como os *Principia*, mas o título completo em latim (Newton escrevia em latim) é *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (“Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”: lembrando que “filosofia natural” era o nome antigo para ciência). A obra de Newton fornecia detalhes completos sobre como sua nova matemática podia ser aplicada e explicava muitos aspectos da natureza física em números, em vez de usar descrições rebuscadas. Poucas pessoas foram capazes de entendê-la com facilidade durante a vida de Newton, mas sua mensagem foi reconhecida de maneira muito mais ampla. Era uma nova forma de ver e descrever o universo.

Vários aspectos da visão de mundo e do firmamento de Newton estavam contidos nas três famosas leis do movimento, escritas por ele no *Principia*. A primeira lei enunciava que todo corpo permanece em repouso ou se move em linha reta, a menos que outra coisa – alguma força – atue sobre ele. Uma rocha em uma encosta permanecerá lá para sempre, a não ser que algo – vento, chuva, um ser humano – a faça se mover; e, sem qualquer perturbação (“atrito”), ela se moveria em linha reta.

De acordo com a segunda lei, se algo já está se movendo, uma força pode alterar seu sentido. O tamanho da alteração depende da intensidade da força, e a alteração do sentido ocorre ao longo de uma linha reta, no sentido da nova força. Por exemplo, se você atingir a lateral de um balão que está caindo, ele se moverá para o lado; se você der uma batida de cima, ele cairá ainda mais rápido.

A terceira lei do movimento concluía que, para qualquer ação, há sempre uma reação igual e contrária. Isso quer dizer que dois corpos sempre atuam entre si com mesma força, mas em sentidos opostos. Você pode dar um ‘tapa’ em um balão e ele se afastará de sua mão, mas também terá uma ação sobre a mão (você o sentirá). Se você golpear uma rocha, esta não se moverá, mas pode ser que sua mão volte para trás, ficando dolorida. Isso ocorre porque é mais difícil para objetos leves influenciar objetos pesados do que o contrário. (Vimos que o mesmo acontecia com a gravidade.)

Essas três leis agruparam as dificuldades dos primeiros filósofos naturais. Nas mãos de Newton, explicavam muitas observações, dos movimentos dos planetas até a trajetória da flecha disparada de um arco. As leis do movimento possibilitaram ver o universo inteiro como

uma máquina gigantesca e regular, à semelhança de um relógio que marca as horas em função de suas molas, alavancas e movimentos. Os *Principia* de Newton eram reconhecidos como uma obra de grande poder e genialidade. Essa obra transformou um homem recluso e perturbado em uma espécie de celebridade.

Newton foi o primeiro cientista a ser condecorado cavaleiro, tornando-se Sir Isaac. Desfrutava de poder, mas não de grande felicidade. Não era o que se chamaria de pessoa legal, porém foi um grande homem, um dos cientistas mais criativos de todos os tempos, celebrado pelas incríveis contribuições feitas para o entendimento do universo. Os *Principia* de Newton foram o ponto alto da astronomia e da física que foram buscadas de forma tão ativa por Kepler, Galileu, Descartes e muitos outros. Nessa obra, Newton combinou céu e terra em um único sistema, pois suas leis aplicavam-se a todo o universo. Ele ofereceu explicações matemáticas e físicas sobre o modo como os planetas se movem e os corpos caem em direção a Terra. Forneceu a base da física utilizada pelos cientistas até o século XX, quando Einstein e outros demonstraram que havia mais no universo do que Sir Isaac havia imaginado.

Questões

1) Apesar do sucesso de Newton no campo acadêmico, o mesmo não pode ser visto em sua vida pessoal. Que fatores, em sua opinião, podem ter pesado para isso?

2) O ano em que Newton obteve mais sucesso foi exatamente o mesmo ano em que aconteceram muitas coisas ruins para ele. Reflita, colocando-se no lugar dele, como você reagiria numa situação parecida? Que lições você tira deste fato?

3) Ao mesmo tempo que Hooke foi uma pessoa que, de alguma forma, teve participação negativa na vida do Newton, outra pessoa participou positivamente dela. Quem foi? O que podemos aprender com isto?

4) No texto há uma menção de uma pequena rixa de Newton com Hooke. A que se deveu essa disputa? Em sua opinião, esses aspectos do temperamento de Newton podiam ter afetado sua vida e conseqüentemente o desenvolvimento da Ciência?

5) Depois de ler as leis pensadas por Newton que são citadas no texto, defina-as resumidamente com suas próprias palavras.

Terceira etapa – Aula dialogada expositiva

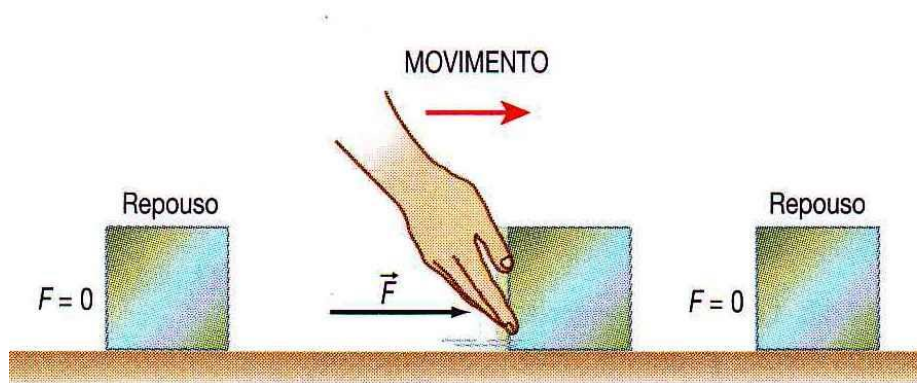
Tempo estimado: 100 min.

Sugestão de aplicação: apresentação de conteúdo com o uso de quadro branco ou slides.

Um pouco de teoria³²

Força e Movimento – Aristóteles

As relações entre força e movimento sempre foram objeto de estudo desde a Antiguidade. O filósofo Aristóteles (384-322 a.C.), por exemplo, ao analisar estas relações, acreditava que um corpo só poderia permanecer em movimento se existisse uma força atuando sobre ele. Então, se um corpo estivesse em repouso e nenhuma força atuasse sobre ele, este corpo permaneceria em repouso. Quando uma força agisse sobre o corpo, ele se poria em movimento, mas, cessando a ação da força, o corpo voltaria ao repouso. As afirmações de Aristóteles podem parecer corretas à primeira vista, pois, em nossa experiência diária, vemos que os objetos, de um modo geral, só se encontram em movimento quando estão sendo puxados ou empurrados. Um bloco empurrado sobre uma mesa, por exemplo, para imediatamente quando se deixa de empurrá-lo.



Fonte: <http://luznafisica.wikidot.com/printer--friendly//leis-de-newton-forca-e-movimento>

Durante toda a Idade Média as ideias de Aristóteles foram aceitas sem muitos questionamentos.

³² Texto baseado em:

- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. Curso de Física, vol. 1, São Paulo: Ed. Scipione, 2000.

- COHEN, Bernard I. *O Nascimento de uma Nova Física*. Trad. Maria Alice Gomes da Costa. Lisboa: Gradiva, 1988.

A partir de Galileu (1564-1642), no século XVII, as teorias Aristotélicas sofreram críticas mais acirradas, apesar de já terem sido questionadas por diversos personagens durante a Idade Média.

Força e Movimento – Galileu

Introduzindo o método experimental para o estudo dos fenômenos físicos, Galileu realizou uma série de experiências que o levaram a conclusões diferentes daquelas de Aristóteles.

Estando uma esfera em repouso sobre uma superfície horizontal, Galileu observou que, empurrando-a com uma certa força, ela entrava em movimento. Entretanto, a esfera continuava a se mover, percorrendo uma certa distância, mesmo depois que deixava de empurrá-la. Assim, Galileu verificou que um corpo podia estar em movimento sem a ação de uma força que o empurre.

Repetindo a experiência, usando uma superfície horizontal mais lisa, ele observou que o corpo percorria uma distância maior após cessar a ação da força. Baseando-se numa série de experiências semelhantes, Galileu concluiu que o corpo parava, após cessado o empurrão, em virtude da ação do *atrito* entre a superfície e o corpo, cujo efeito era sempre o de retardar o movimento. Assim, se fosse possível eliminar totalmente a ação do atrito, o corpo continuaria a se mover indefinidamente, sem nenhum retardamento, isto é, em movimento retilíneo uniforme. Generalizando este pensamento:

se um corpo estiver em repouso, é necessária a ação de uma força sobre ele para colocá-lo em movimento. Uma vez iniciado o movimento, cessando a ação das forças que atuam sobre o corpo, ele continuará a se mover indefinidamente em linha reta, com velocidade constante (GALILEU apud MÁXIMO; ALVARENGA, 2000, p. 123).

Curioso é que Galileu não acreditava que um plano infinito existisse e depois negou suas afirmações. Portanto, seus estudos sobre o movimento são limitados a fórmulas sobre o movimento, sem se preocupar com a ação da força. Os estudos envolvendo força são conclusivos nos trabalhos de Newton. Vejamos as próprias palavras de Galileu (apud COHEN, 1988, p. 155):

[...] sendo o movimento retilíneo por natureza infinito [...], é impossível que alguma coisa possa ter por natureza o princípio do movimento retilíneo [...], ou se mova em direção a um lugar onde é impossível chegar, não havendo fim finito.

É triste ver como ele chegou tão longe, quase formulando uma teoria que foi depois chamada de ‘princípio da inércia’, para depois negá-la, pois simplesmente não admitia um movimento infinito. Ele estava muito preso ao pensamento vinculado ao mundo real, apesar de ter feito tantas experiências de pensamento. Mas outros foram além, dando prosseguimento à história.

Força e Movimento – Newton

Ao estruturar os princípios da Mecânica, Newton se baseou em estudos de grandes físicos que o precederam, entre eles Galileu e Kepler. Assim, a *primeira lei de Newton* é um aprimoramento da *inércia* de Galileu. Por isso mesmo, é também chamada de *Lei da Inércia*.

- Primeira lei de Newton (Lei da Inércia)



Na ausência de forças resultantes, um corpo em repouso continua em repouso e um corpo em movimento move-se em linha reta, com velocidade constante.

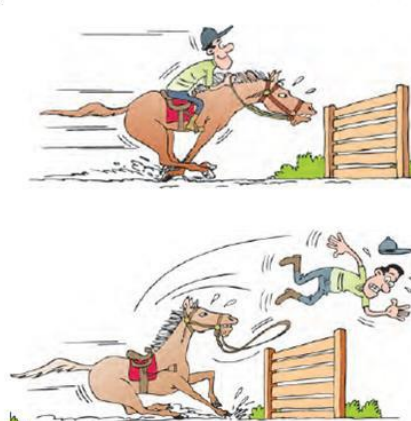


Caso esteja em repouso, tende a permanecer em repouso.



O ônibus inicia o movimento, mas o passageiro tende, por inércia, a permanecer imóvel.

Caso esteja em movimento, tende a permanecer em movimento.



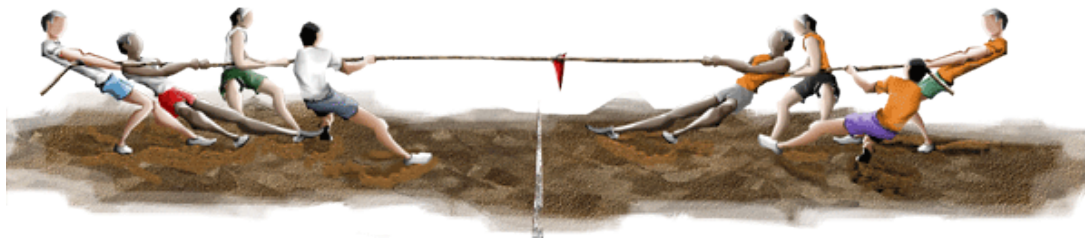
O cavalo para abruptamente, mas o cavaleiro se mantém, por inércia, em movimento.

Fonte: <http://1000fisica.blogspot.com/2015/06/inercia.html>

- Segunda Lei de Newton (Lei Fundamental da Dinâmica)

Vimos anteriormente, quando estudamos a 1ª lei de Newton, que se a resultante das forças que atuam em um corpo for nula, este corpo estará em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. Em qualquer dessas situações, a aceleração do corpo será nula. Assim,

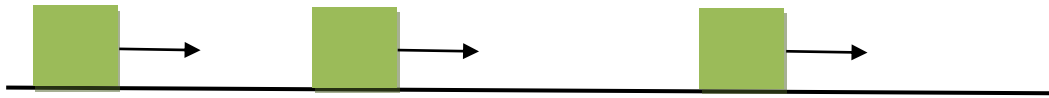
$$\vec{F} = \vec{0} \quad \text{teremos} \quad \vec{a} = \vec{F}/m$$



Fonte: <http://rodrigoconstantino.blogspot.com/2008/10/conflito-de-interesses.html>

Então, que tipo de movimento teria o corpo se a resultante das forças que nele atua fosse diferente de zero? Consideremos um corpo colocado sobre uma superfície horizontal lisa e sem atrito, sendo puxado por uma força \vec{F} . Como as forças de direção vertical (peso e

normal) se equilibram, podemos considerar \vec{F} a única força que atua sobre o corpo, como mostra a figura abaixo:



Fonte: Própria.

A figura acima mostra as posições do corpo tomadas em intervalos de tempo iguais, em seu movimento sob a ação da força \vec{F} . Como há um aumento entre as posições sucessivas do corpo, evidentemente podemos considerar uma velocidade crescente, ou seja, o movimento é *acelerado*. Concluimos que:

Um corpo sob a ação de uma força única adquire uma aceleração.

- Relação entre Força e aceleração

Na figura mostrada anteriormente, para um dado valor de \vec{F} aplicada no corpo, podemos medir o valor da aceleração \vec{a} que o corpo adquire; repetindo a experiência com vários valores de força \vec{F} , verificamos que:

- duplicando \vec{F} , o valor de \vec{a} também duplica;
- triplicando \vec{F} , o valor de \vec{a} também triplica;
- quadruplicando \vec{F} , \vec{a} também quadruplica; e daí por diante.

Portanto, podemos concluir que:

• • •

A força F (resultante)
que atua em um
corpo é diretamente
proporcional à
aceleração a que ela
produz no corpo

• • •

- Massa do corpo

Sendo \vec{F} e \vec{a} diretamente proporcionais, a razão entre \vec{F} e \vec{a} (\vec{F} / \vec{a}) é constante e é conhecida como sua massa. Então,

A massa de um corpo é o quociente entre a força que atua no corpo e a aceleração que ele produz, isto é,

$$\vec{a} = \vec{F}/m \quad \text{ou} \quad \vec{F} = m \cdot \vec{a}.$$

- Terceira lei de Newton (Lei da Ação e Reação)

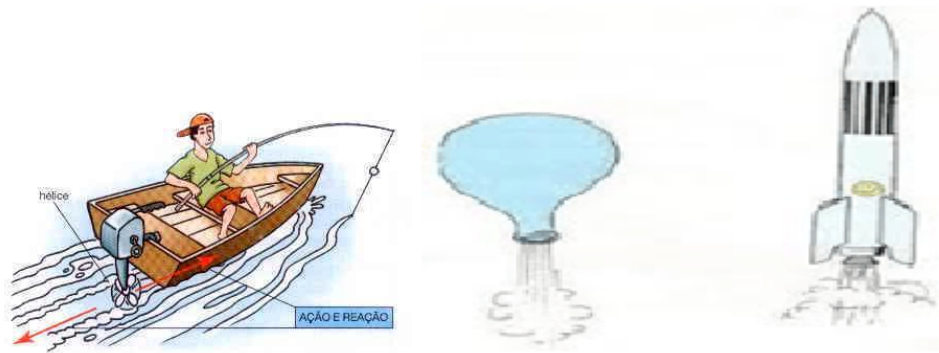
Em seus estudos de Dinâmica, Newton percebeu que as forças sempre aparecem como interação de dois corpos. Em outras palavras, a ação de uma força sobre um corpo não pode se manifestar sem que haja um outro corpo que provoque esta ação. Além disso, Newton constatou que, na interação entre dois corpos, as forças sempre aparecem aos pares: para cada ação de um corpo sobre outro existirá sempre uma reação igual e contrária desse outro sobre o primeiro. Diante disso, Newton propôs que:



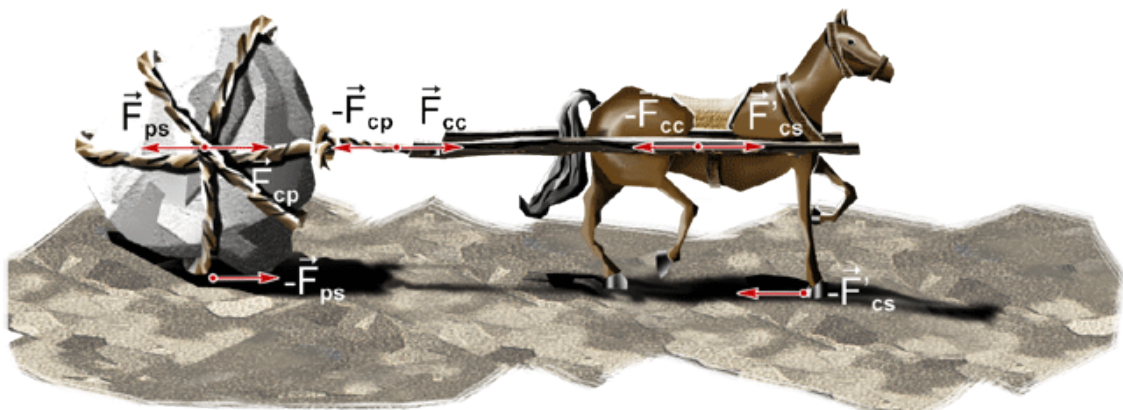
Quando um corpo A
exerce uma força
sobre um corpo B, o
corpo B reage sobre
A com uma força de
mesma intensidade,
mesma direção e de
sentido contrário



Essas duas forças mencionadas no enunciado anterior são denominadas de *ação e reação*. É importante notar que as forças agem em corpos diferentes, de modo que elas nunca poderão se equilibrar mutuamente.



Fonte: <https://vamosestudarfisica.com/terceira-lei-de-newton-acao-e-reacao/>



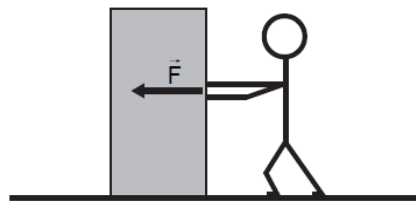
Fonte: <http://rodrigoconstantino.blogspot.com/2008/10/conflito-de-interesses.html>

Quarta etapa – Questões

Tempo estimado: 50 min.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em duplas para realizar a tarefa.

1) (PUCRS) Um estudante empurra um armário, provocando o seu deslizamento sobre um plano horizontal, ao mesmo tempo em que o armário interage com o plano por meio de uma força de atrito. Essa força de atrito mantém-se constante enquanto o armário é empurrado e o efeito da resistência do ar é desprezado. No instante representado na figura, a força F exercida pelo estudante tem módulo ligeiramente superior ao módulo da força de atrito entre o armário e o plano.



Se o módulo da força permanecer inalterado, o módulo da velocidade do armário _____; se o módulo dela diminuir, mas permanecer ainda superior ao módulo da força de atrito, o módulo da velocidade do armário, nos instantes subsequentes, _____; se o módulo dela diminuir até tornar-se igual ao módulo da força de atrito, o módulo da velocidade do armário, nos instantes subsequentes, _____.

A sequência correta de preenchimento das lacunas acima é:

- (A) permanecerá constante – permanecerá constante – permanecerá constante
- (B) aumentará – aumentará – permanecerá constante
- (C) aumentará – permanecerá constante – diminuirá
- (D) permanecerá constante – diminuirá – atingirá o valor zero
- (E) aumentará – diminuirá – atingirá o valor zero

2) (Fuvest) Uma pedra gira em torno de um apoio fixo, presa por uma corda. Em dado momento corta-se a corda, ou seja, cessam de agir forças sobre a pedra. Pela Lei da Inércia, conclui-se que:

- a) a pedra se mantém em movimento circular.

- b) a pedra sai em linha reta, segundo a direção perpendicular à corda no instante do corte.
- c) a pedra sai em linha reta, segundo a direção da corda no instante do corte.
- d) a pedra para.
- e) a pedra não tem massa.

3) (UCS) Um paraquedista salta de um avião e cai em queda livre até sua velocidade de queda se tornar constante. Podemos afirmar que a força total atuando sobre o paraquedista após sua velocidade se tornar constante é:

- a) vertical e para baixo.
- b) vertical e para cima.
- c) nula.
- d) horizontal e para a direita.
- e) horizontal e para a esquerda.

4) (UFGO) É frequente observarmos, em espetáculos ao ar livre, pessoas sentarem nos ombros de outras para tentar ver melhor o palco. Suponha que Maria esteja sentada nos ombros de João que, por sua vez, está em pé sobre um banquinho colocado no chão.

Com relação à terceira lei de Newton, a reação ao peso de Maria está localizada no:

- a) chão
- b) banquinho
- c) centro da Terra
- d) ombro de João

5) Um corpo com massa de 0,6 kg foi empurrado por uma força que lhe comunicou uma aceleração de 3 m/s^2 . Qual o valor da força?

6) Se duas forças agirem sobre um corpo, que condições essas forças precisam obedecer para que o corpo fique em equilíbrio?

7) Partindo do repouso, um corpo de massa 3 kg atinge a velocidade de 20 m/s em 5s. Descubra a força que agiu sobre ele nesse tempo.

- 8) Um caminhão com massa de 4000 kg está parado diante de um sinal luminoso. Quando o sinal fica verde, o caminhão parte em movimento acelerado e sua aceleração é de 2 m/s^2 . Qual o valor da força aplicada pelo motor?
- 9) Sobre um corpo de 2 kg atua uma força horizontal de 8 N. Qual a aceleração que ele adquire?
- 10) Uma força horizontal de 200 N age num corpo que adquire a aceleração de 2 m/s^2 . Qual é a sua massa?
- 11) Partindo do repouso, um corpo de massa 3 kg atinge a velocidade de 20 m/s em 5s. Descubra a força que agiu sobre ele nesse tempo.
- 12) A velocidade de um corpo de massa 1 kg aumentou de 20 m/s para 40 m/s em 5s. Qual a força que atuou sobre esse corpo?

Quinta etapa – Experimentos

Tempo estimado: 100 min.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em grupos de 3 ou 4 alunos para realizarem os lançamentos e as aferições.

Objetivo

O objetivo do experimento é investigar o comportamento do protótipo formado por um protótipo preso a um celular, quando submetido a diferentes forças geradas por um dispositivo de mola. O dispositivo imprimirá diferentes intensidades de forças, que produzirá diferentes acelerações ao protótipo. Através de aplicativo que mede a aceleração do celular, poderemos aferi-la com uma certa precisão.

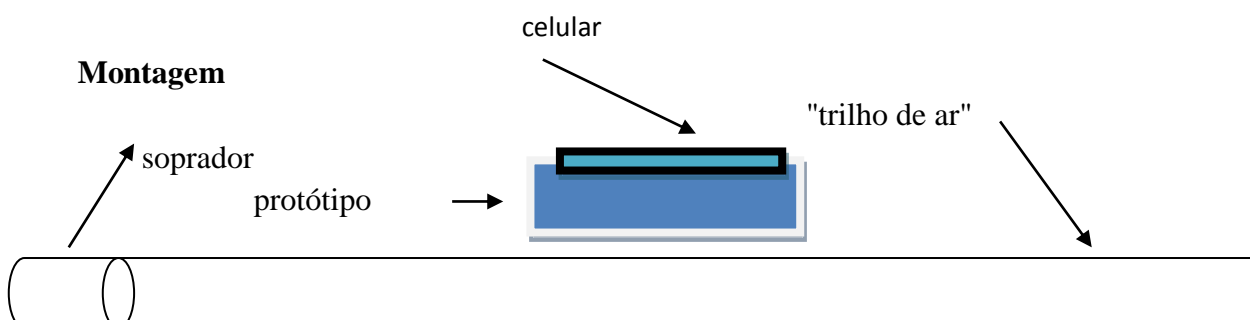
O experimento

O protótipo deverá ser lançado em piso liso para se ter o mínimo de atrito possível, em ambiente fechado para também minimizar a resistência do ar. Através de sucessivos lançamentos do protótipo, com forças e acelerações conhecidas, buscaremos demonstrar as relações entre força, aceleração e massa, contempladas nas leis de Newton.

Material

- protótipo de acrílico
- *Smartphone*
- Lançador de molas
- Balança
- Contrapeso de 50g

Montagem



fonte: autoria própria

• • •
Nestes experimentos foi feito um trilho de alumínio com furos equidistantes alimentado por um soprador. Sobre ele corria um protótipo de acrílico preso a um celular. O aplicativo para aferir a aceleração é o *accelerometer meter*.

• • •

Experiência 1

A turma deve ser dividida em grupos de quatro e cada grupo deverá fazer um lançamento com uma diferente intensidade de força, de forma a preencher a seguinte tabela:

| Grupos | F-forças (N) | | a-aceleração (m/s ²) | | F/a |
|----------------|----------------|-----|----------------------------------|--|-----|
| G ₁ | F ₁ | 0,5 | a ₁ | | |
| G ₂ | | | a ₂ | | |
| G ₃ | F ₂ | 0,5 | a ₃ | | |
| G ₄ | | | a ₄ | | |
| G ₅ | F ₃ | 1 | a ₅ | | |
| G ₆ | | | a ₆ | | |
| G ₇ | F ₄ | 1 | a ₇ | | |
| G ₈ | | | a ₈ | | |

Descreva o que ocorreu com a razão F/a, à medida que a intensidade da força aumentava.

Calcule a média aritmética (M_1) dos valores obtidos de F/a.

$$M_1 = \frac{\sum_1^8 F/a}{8}$$

Experiência 2

Repita o mesmo procedimento anterior. Só que desta vez coloque um contrapeso sobre o patins e preencha a tabela abaixo.

| Grupos | F-forças (N) | | a-aceleração (m/s ²) | | F/a |
|----------------|----------------|-----|----------------------------------|--|-----|
| G ₁ | F ₁ | 1 | a ₁ | | |
| G ₂ | | | | | |
| G ₃ | F ₂ | 1 | a ₂ | | |
| G ₄ | | | | | |
| G ₅ | F ₃ | 1,5 | a ₃ | | |
| G ₆ | | | | | |
| G ₇ | F ₄ | 1,5 | a ₄ | | |
| G ₈ | | | | | |

Calcule novamente a média aritmética (M₂) dos valores obtidos de F/a.

$$M_2 = \frac{\sum_1^8 F/a}{8}$$

Agora preencha a nova tabela usando a balança de precisão em quilogramas:

| | Massa do protótipo (m _p) Kg | Massa do contrapeso (m _c) Kg | m _p + m _c Kg | Média aritmética de F/a |
|---------------|---|--|---------------------------------------|-------------------------|
| Experiência 1 | | 0 | | M ₁ = |
| Experiência 2 | | | | M ₂ = |

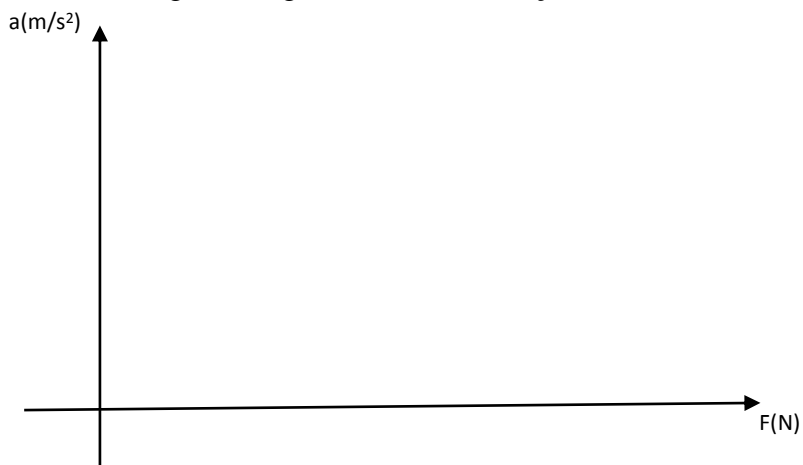
Comparando os resultados de m_p + m_c com a razão F/a das duas experiências, o que você conclui?

Deste modo, podemos concluir que:

A força aplicada é _____ (diretamente/inversamente) proporcional à massa do protótipo.

A massa do protótipo é _____ (diretamente/inversamente) proporcional à aceleração produzida.

Construa agora um gráfico de F em função de a.



Sexta etapa – Texto Histórico

Tempo estimado: 100min.

Sugestão de aplicação: dispor a turma em círculo, fazer uma leitura alternada por parágrafos com pequenas intervenções do professor e ampla participação de todos os alunos.

Texto histórico³³

Aristóteles x Galileu

Para entender a confiança depositada na Física Clássica, em particular na Mecânica Newtoniana, faremos, neste capítulo, um breve passeio no tempo. Começaremos pelo estudo da Física Aristotélica, que prevaleceu no pensamento ocidental por quase 2.000 anos, até o século XVII, quando se consolidou a revolução científica associada aos nomes de Galileu Galilei, Kepler (1571-1630) e Isaac Newton.

A física aristotélica

Aristóteles, que viveu na Grécia Antiga (aproximadamente, 300 a.C.), foi um dos pensadores mais importantes da História. Elaborou uma física e uma cosmologia que se apoiavam em duas ideias fortemente enraizadas no senso comum: a Terra é imóvel e está localizada no centro do universo.

A essas duas ideias, Aristóteles adicionou outras construindo um sistema teórico altamente sofisticado e coerente. Ele propôs a divisão do mundo em duas partes: de um lado o mundo em que vivemos, nascemos, crescemos e morremos, o mundo das mutações, da corrupção, como diziam os gregos; de outro, o céu, no qual os corpos celestes estavam incrustados em esferas girantes.

Nesse mundo celeste, considerado perfeito, os movimentos naturais eram os mais harmônicos possíveis, isto é, circulares. Nele cabia a aplicação da matemática, considerada

³³ Texto baseado em:

COHEN, Bernard I. *O Nascimento de uma Nova Física*. Trad. Maria Alice Gomes da Costa. Lisboa: Gradiva, 1988.

ÉVORA, Fátima R. R. *A revolução copernicana-galileana – a revolução galileana* (vol. II). Campinas: UNICAMP – Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 2v., 1988b. (Coleção CLE).

FEINMA, R. P. *Física em seis lições*. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

FREIRE JR. O.; CARVALHO NETO, R. A. *O universo dos quanta*. São Paulo: Editora FTD, 1997.

ciência das formas perfeitas. Já no mundo em que vivemos, chamado de sublunar, sendo o mundo das coisas mutáveis, não perfeitas, não cabia o recurso à matemática.

O nosso mundo era descrito qualitativamente. Os corpos eram formados por quatro elementos (terra, água, fogo e ar), cada um deles tendo um lugar próprio, denominado de lugar natural. Os movimentos eram divididos em naturais e violentos. Os movimentos naturais (subida e descida de corpos) eram movimentos de retorno dos corpos aos seus lugares naturais.

Desse modo, um corpo composto pelo elemento terra tinha um movimento natural para baixo, enquanto outro corpo, composto pelo elemento fogo, dirigia-se naturalmente para cima. Os movimentos violentos eram todos aqueles que não eram a volta de um corpo ao seu lugar natural, a exemplo do lançamento oblíquo de uma pedra. Aristóteles acreditava ser indispensável a aplicação permanente de uma força para manter os corpos em movimentos violentos.

Como vemos, o universo aristotélico era um mundo completamente hierarquizado. Além disso, devemos registrar que, no pensamento de Aristóteles – como aliás no pensamento grego em geral – havia um completo divórcio entre a teoria, considerada uma atividade nobre, e as técnicas, vistas como atividades de menor prestígio social. Não havia entre os gregos, portanto, o que hoje denominamos de experimentação, que é uma articulação entre as atividades teóricas e práticas.

Essa sumária exposição das ideias aristotélicas nos leva, de um lado, a identificar o desenvolvimento de conceitos e teorias bem elaborados e sofisticados, muitas vezes apoiados no senso comum. Essa é, possivelmente, uma das razões pelas quais a física aristotélica permaneceu no pensamento do homem ocidental por tantos séculos, ao lado, naturalmente, de razões históricas, como a apropriação desse pensamento pela Igreja Católica durante a Idade Média.

De outro lado, a distância da física aristotélica ante o que, modernamente, compreendemos como ciência é tão evidente que levou o físico Pierre Lucie (apud FREIRE JR.; CARVALHO NETO, 1997, s. p.) a afirmar:

A física aristotélica não é ciência. Embora partindo de uma doutrina que pode ou não parecer razoável, ela é incapaz de deduzir objetivamente, rigorosamente, consequências verificáveis pela experiência. É ainda menos capaz de prever fenômenos ainda não observados, sendo, conseqüentemente, estéril [...]", ainda assim "[...] não faltou a Aristóteles o espírito científico. Faltou-lhe, sim, o método.

A revolução científica

No século XVII, uma parte da Europa, especialmente a Itália, foi palco de mudanças significativas no modo de pensar. Isso naturalmente influenciou as questões da ciência e vice-versa. A gradativa substituição de uma visão de mundo centrada nas doutrinas teológicas e religiosas pelo estudo sistemático da natureza, que tivera origem no Renascimento (XIV-XVI), consolidava-se cada vez mais. Um representante dessa atitude renascentista foi Leonardo da Vinci (1452-1519), que exerceu, ao mesmo tempo, a engenharia, a arquitetura e a pintura, dentre outras atividades. Da Vinci (apud FREIRE JR.; CARVALHO NETO, 1997, s. p.) afirmava que

aqueles que se entregam à prática sem ciência são como o navegador que embarca em um navio sem leme nem bússola. Sempre a prática deve se fundamentar na boa teoria. Antes de fazer de um caso uma regra geral, experimente-o duas ou três vezes e verifique se as experiências produzem os mesmos efeitos. Nenhuma investigação humana pode-se considerar verdadeira ciência se não passa por demonstrações matemáticas.

A semente dessa nova forma de conhecimento germinou e deu seus maiores frutos no século XVII, quando se consolidaram as propostas galileanas, keplerianas e newtonianas. Da vasta obra deixada pelo italiano Galileu Galilei (1564-1642), o primeiro aspecto a destacar é a sua adesão ao modelo heliocêntrico. Galileu seguiu o caminho que havia sido aberto pelo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) e seus antecessores medievais³⁴, acrescentando, porém, novos e decisivos argumentos a favor de um modelo cosmológico em que o Sol se encontra no centro do sistema – em vez do modelo geocêntrico da doutrina aristotélica.

Pela primeira vez na história da nossa civilização, foi usado um instrumento óptico para olhar os céus de forma sistemática³⁵: a luneta, que acabara de ser reintroduzida na Europa pelos holandeses. Com esse instrumento, Galileu observou que existiam corpos celestes girando em torno do planeta Júpiter.

Essa constatação contrariava o modelo geocêntrico, pois este afirmava que todos os corpos celestes giravam em torno da Terra. Galileu viu também que a Lua tinha crateras e relevo análogos à Terra, também contrariando a tese de que haveria uma diferença essencial entre os elementos da Terra e os celestes, presente na doutrina aristotélica.

³⁴ Dentre eles: Jean BURIDAN (1295-1361), Cônego de Arras; Nicolau de CUSA (1401-1464), Bispo de Brixen (Tirol); Nicolau ORESME (1330-1382), Bispo de Lisieux. Curiosamente, todos padres. Inclusive, Buridan teria sido um dos primeiros a sugerir que as leis que regem o universo são as mesmas para os 'céus' e para a Terra.

³⁵ A luneta teria sido inventada pelos chineses e era usada para a navegação.

A resposta galileana, que rompia com a física Aristotélica, explicava que todos os corpos acima da superfície da Terra acompanhavam-na em seu movimento, porque tendiam a manter seu estado de movimento, sendo um dos precursores do princípio da inércia.

Desenvolvimento da dinâmica

Enquanto Kepler sugeria as leis que regiam os movimentos dos astros, Galileu estudava as leis do movimento dos corpos aqui na Terra. O problema era: o que faz os planetas girarem? Naquela época, uma das teorias propostas era que os planetas giravam porque anjos invisíveis atrás deles batiam asas e os impeliam para a frente. Galileu sugeriu algo notável sobre o movimento, que foi essencial para a compreensão dessas leis. Trata-se do princípio da inércia circular – se algo estiver se movendo, sem nada o tocando e totalmente imperturbado, prosseguirá pra sempre, com velocidade circular uniforme. Com relação ao movimento retilíneo, ele chegou perto de uma inércia do movimento retilíneo uniforme, mas voltou atrás.

Newton complementou essa ideia, dizendo que o único modo de mudar o movimento de um corpo é aplicar força. Se o corpo se acelera, uma força foi aplicada na direção do movimento. Por outro lado, se seu movimento muda para uma nova direção, uma força foi aplicada lateralmente. Newton assim acrescentou a ideia de que é necessária uma força para mudar a velocidade ou direção do movimento de um corpo. Por exemplo, se uma pedra estiver girando em círculo presa a um barbante, será necessária uma força para mantê-la no círculo. Teremos de girar o barbante. Na verdade, a lei é que a aceleração produzida pela força é inversamente proporcional à massa, ou a força é proporcional à massa vezes a aceleração. Quanto mais maciço um objeto, maior a força necessária para produzir a aceleração. A ideia brilhante resultante dessas considerações é que não é necessária nenhuma força tangencial para manter os planetas em órbita (os anjos não precisam voar tangencialmente), porque os planetas deslizariam naquela direção de qualquer maneira. Se nada o perturbasse, o planeta prosseguiria em linha reta. Mas o verdadeiro movimento desviava-se da linha que o corpo percorreria se não houvesse força, o desvio sendo essencialmente em ângulos retos ao movimento, não na direção do movimento. Em outras palavras, devido ao Princípio da Inércia, a força necessária para controlar o movimento de um planeta ao redor do sol não é uma força ao redor do sol, mas em direção a ele (havendo uma força em direção ao sol, este poderá ser um anjo, é claro!).

Questões

- 1) A Ciência tem tentado ao longo da história explicar os fenômenos a nossa volta. Vimos nos textos diferentes maneiras de interpretar a realidade. Identifique algumas dessas visões.

- 2) Na sua opinião, em que se baseava a visão aristotélica? Você acha que alguma coisa dessa visão ainda persiste nos dias de hoje?

- 3) O texto cita uma ‘revolução científica’. Que elementos produziram esta revolução, de acordo com o texto?

- 4) Na sua opinião, para praticarmos a ciência devemos repetir os ensinamentos daqueles famosos cientistas da história? Por quê?

- 5) Quais foram as contribuições de Newton para o estudo da dinâmica?

Sétima etapa – Experimento

Tempo estimado: 50 min.

Sugestão de aplicação: demonstração do experimento e discussão dos resultados com os alunos.

Princípio da ação e reação ou terceira lei de Newton

Objetivo

O objetivo do experimento é investigar o comportamento dos protótipos formados por patins presos a celulares, quando submetido a diferentes molas. O dispositivo imprimirá uma força sobre ambos os patins e através de aplicativo que mede a aceleração do celular poderemos aferi-la com uma certa precisão.

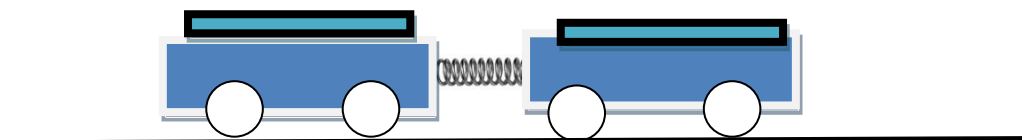
O experimento

Os protótipos deverão ser lançados em piso liso para se ter o mínimo de atrito possível, em ambiente fechado, para também minimizar a resistência do ar. Através de sucessivos lançamentos do protótipo, com forças e acelerações conhecidas, buscaremos demonstrar as relações entre forças geradas pela mola.

Material

- Patins
- *Smartphone*
- Lançador de molas
- Mola
- Balança

Montagem



Após montagem do modelo acima, o aluno deverá abandonar o sistema para diferentes trações das diferentes molas, conforme a tabela abaixo:

Primeiro abandono com primeira mola.

| | Aceleração (m/s^2) | Massa (kg) | Força ($F = m.a$) |
|---------|------------------------|------------|---------------------|
| Patim 1 | | | |
| Patim 2 | | | |

Segundo abandono com segunda mola.

| | Aceleração (m/s^2) | Massa (kg) | Força ($F = m.a$) |
|---------|------------------------|------------|---------------------|
| Patim 1 | | | |
| Patim 2 | | | |

O que você observou com relação à força produzida nos dois abandonos?

A que lei de Newton o experimento se refere?

Defina, com suas palavras, a lei de Newton da sua resposta anterior.

Oitava etapa – Gincana de Física

Tempo estimado: 100 min.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em grupos heterogêneos e realizar as provas.

A gincana cultural de física é uma excelente oportunidade de rever os conteúdos estudados na sala de aula. As brincadeiras terão uma estreita relação com os temas abordados.

A turma deverá ser dividida em dois grupos heterogêneos, cada um deles deverá escolher um nome para a equipe relacionado à física e deverá cumprir as provas propostas. Cada uma delas terá uma pontuação proporcional ao seu nível de dificuldade. Seguem as provas:

Prova 1 – Grito de Guerra (10 pontos).

Cada grupo de alunos deverá escolher um grito de guerra.

Prova 2 – Prova do estilingue (5 pontos).

Alguns alvos serão postos a uma distância de aproximadamente 10 metros e cada grupo deverá eleger dois componentes, um menino e uma menina, para acertarem os alvos. Deverão ser colocadas 5 latinhas de refrigerantes de 300mL a uma distância aproximada de 6 metros e cada acerto vale 1 ponto. Ao final, cada grupo deverá responder que Leis da Física estão relacionadas ao funcionamento do estilingue.

Prova 3 – Cabo de guerra (5 pontos).

Nesta prova serão escolhidos seis componentes de cada grupo, sendo que metade de meninas. O grupo que puxar os componentes rivais até o meio da prova vencerá. Eles deverão associar com a terceira lei de Newton e fazer uma interpretação física da brincadeira.

Prova 4 – Passa ou repassa (10 pontos).

A prova consiste em responder questões da física sobre conteúdo dado no bimestre. Cada grupo fará uma fila e deverá responder ou passar a pergunta. Cada resposta certa corresponde a um ponto para o grupo. Os componentes que responderem errado perderão o ponto e levarão "torta na cara".

Prova 5 – Conte a história (5 pontos).

Cada grupo deverá contar uma história da vida de Newton através de uma paródia. Ganha a paródia mais criativa.

Prova 6 – Prova do bêbado (5 pontos).

Igual à prova anterior, mas antes de correr é preciso dar 25 voltas com a testa grudada em um cabo de vassoura. Ganha a equipe cujo participante chegar primeiro. Se cair, levanta e continua.

Prova 7 – A inércia no ônibus (10 pontos).

Esta prova visa fixar a ideia da INÉRCIA junto os alunos. As equipes deverão sentar no chão como se estivessem em um ônibus. O professor dará orientações do tipo, "o ônibus dobrou a direita", "o ônibus freou", etc. Os alunos deverão simular o movimento dos passageiros sob a ação da inércia. Ganha a equipe com melhor sincronia.

**Material para a gincana:**

Caixa de som, microfone,

corda com 10 metros, 2 vassouras,

12 cadeiras dispostas como em um ônibus,

2 estilingues, 10 latinhas de refrigerante vazias,

pratos descartáveis com chantilly para a prova do passa ou responde,

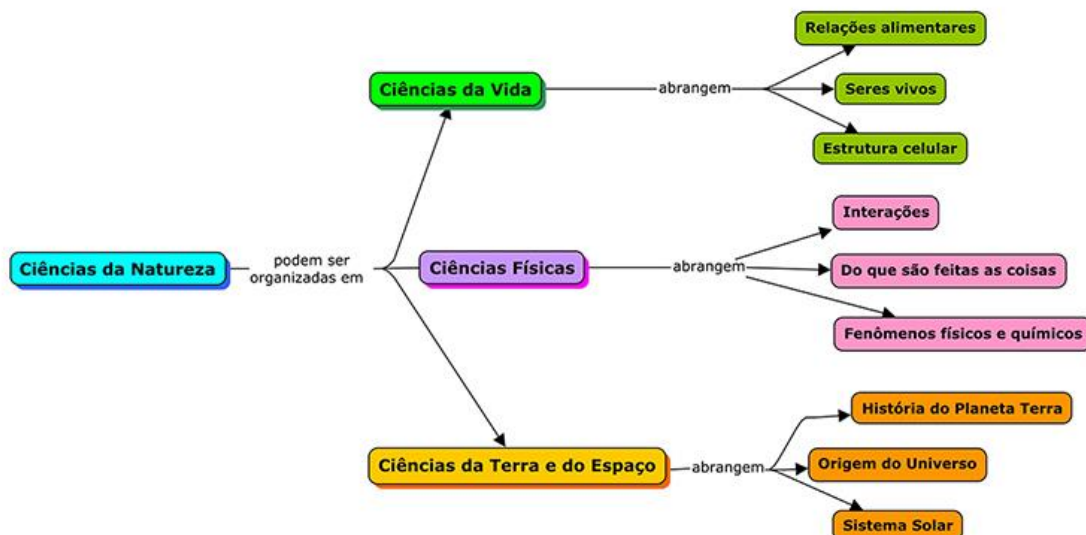


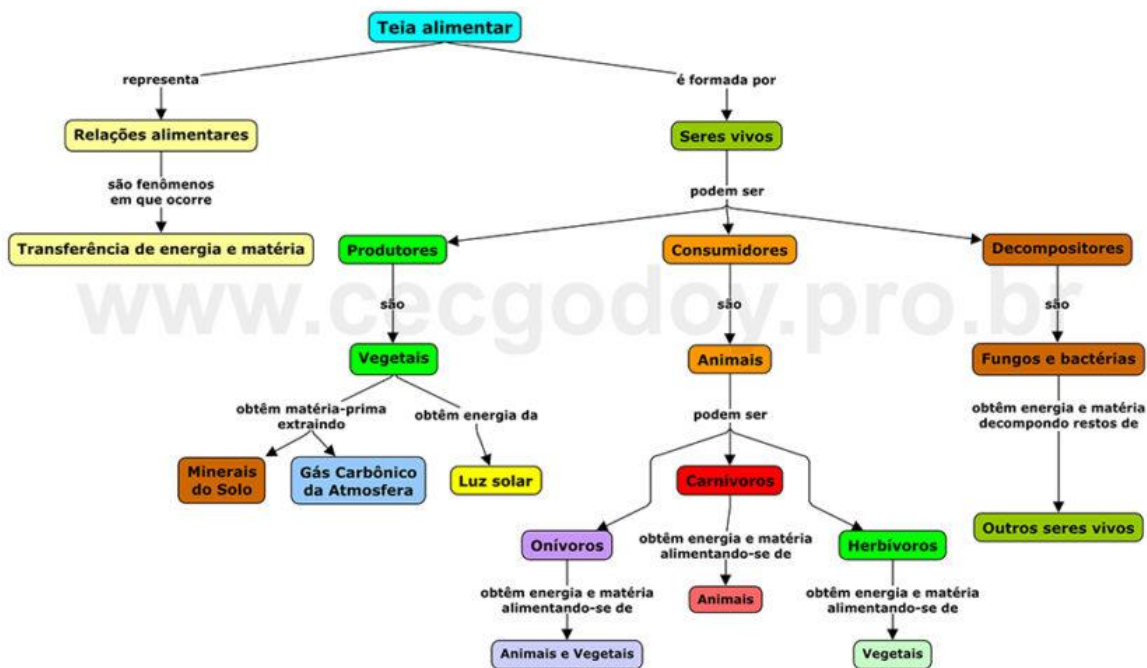
Nona etapa – Mapa conceitual

Tempo estimado: 50 min.

Sugestão de aplicação: fazer uma breve exposição do significado do mapa conceitual, dividir a turma em duplas para realizá-lo.

Mapas conceituais ou mapa de conceitos são diagramas que mostram relações entre conceitos aprendidos. Explicitar essas relações podem contribuir na aprendizagem. Através deles também é possível avaliar o quanto o aluno entendeu e correlacionou os conceitos dados. Vejamos alguns exemplos de mapas conceituais:





Figuras disponíveis em: <http://cecgodoy.net/estrategia-para-elaborar-um-mapa-conceitual/>

Note que os conceitos são relacionados através de setas e estas nomeiam a relação existente entre os conceitos. Diante disto, pretendemos fazer um mapa conceitual sobre todo o conteúdo de Leis de Newton. Reúna-se com mais três colegas e construa seu mapa conceitual

Décima etapa – Filme "O Céu de Outubro"

Tempo estimado: 100 min.

Sugestão de aplicação: assistir o filme, realizar uma discussão e sugerir a realização da atividade em casa.



A aula de hoje será um filme baseado no romance de Homer H. Hickam Jr., CÉU DE OUTUBRO (1999). Ele conta a história de quatro garotos da pequena cidadezinha de Coalwood, West Virginia, que no final dos anos 1950, resolvem ousar e fazer experimentos com protótipos de foguetes.

O filme tem como "pano de fundo" a “corrida espacial” entre Estados Unidos e Rússia, quando os russos lançaram ao espaço o foguete Sputnik. O fato abalou todo o mundo de até então.

Homer Hickam, um dos protagonistas do filme, é uma dessas pessoas extraordinárias que, motivado pelas circunstâncias, passa a fazer testes de lançamento de foguetes na zona rural de sua cidade. Sem chance nos estudos ou nos esportes, para almejar uma bolsa numa universidade conceituada, seu destino seria certamente o de trabalhar com o pai na mina de carvão, futuro quase certo para todos os jovens da cidade, mas os fatos mudariam pra sempre sua vida.

Após ver o filme e discutir com seus colegas, diga sua opinião nas questões abaixo:

1) Que cena do filme mais te marcou? Por quê?

2) Você já tinha ouvido falar de "guerra fria"? Depois do filme, como você explicaria o seu significado?

3) Um daqueles meninos apresentados no filme se tornou um engenheiro espacial da NASA. Na sua opinião, que fatores podem ter gerado isso?

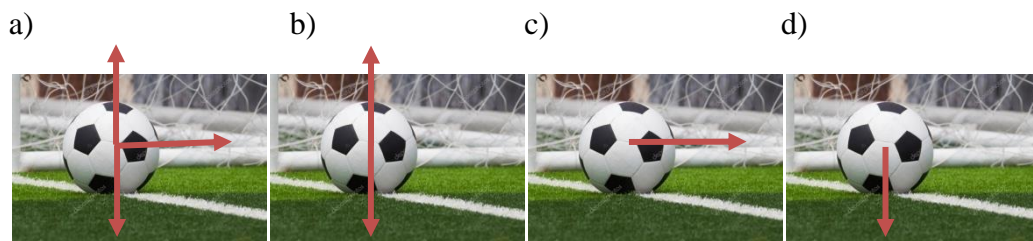
4) Os sonhos podem mover muitas histórias de vida. Você tem algum sonho? Se tiver, qual é?

Décima primeira etapa – Avaliação final

Tempo estimado: 50 min.

Sugestão de aplicação: realizar individualmente, sem consulta, em atividade escrita ou no Google formulário.

1) Um jogador de futebol dá um chute na bola em direção ao gol. Assinale a alternativa abaixo que representa a(s) força(s) que agem nesta bola um pouco antes de chegar ao gol.



2) Um jogador de basquete faz um lançamento como mostra a figura abaixo.

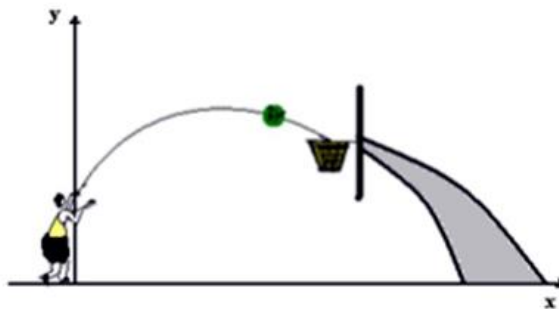
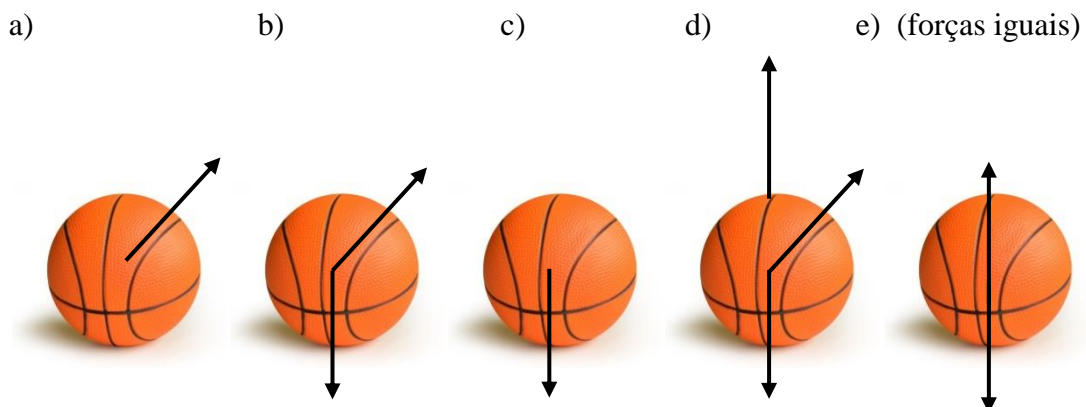
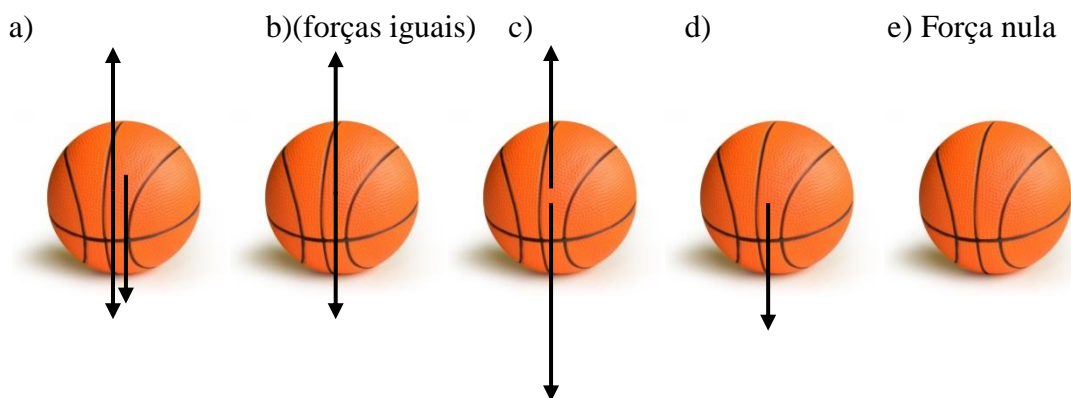


Figura disponível em <https://www.tutorbrasil.com.br/forum/viewtopic.php?t=37533>

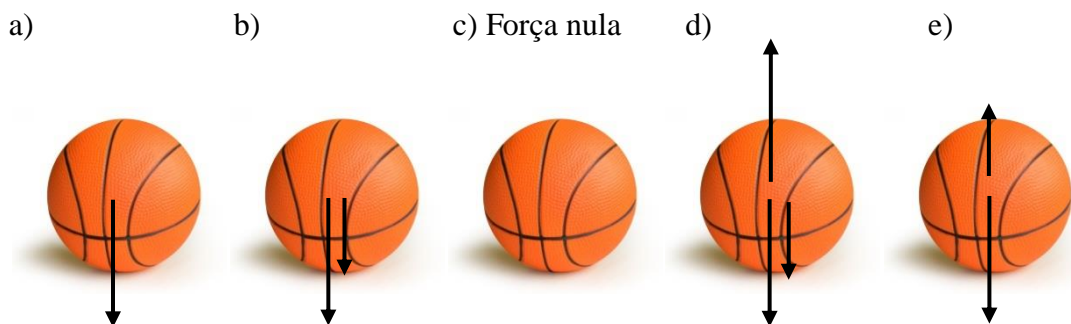
I) Considerando a bola no ato do lançamento, assinale a opção que mostra a(s) força(s) que sobre ela.



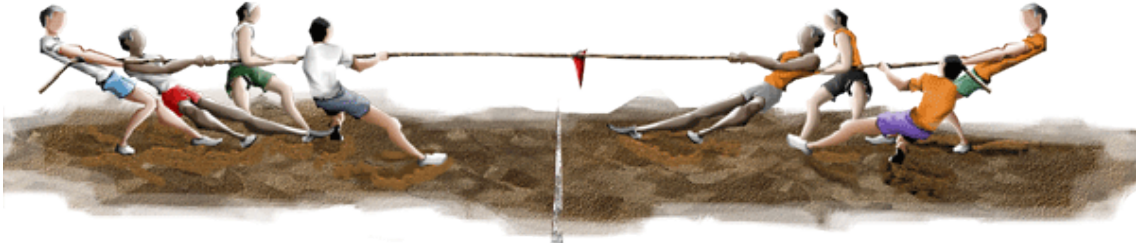
II) Quando a bola chega na altura máxima e para, assinale a figura que mostra a(s) força(s) sobre ela.



III) Quando a bola está descendo em direção à cesta, a figura que representa a(s) força(s) sobre a bola é:



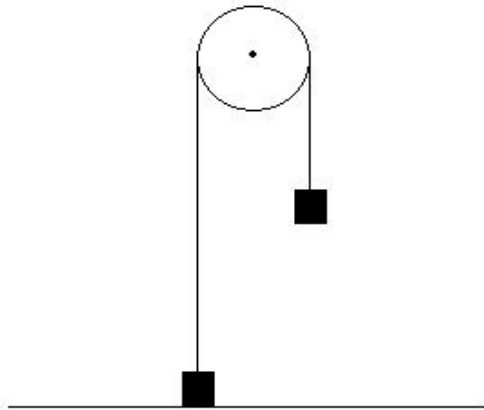
3) Numa disputa de cabo de guerra como mostra a figura abaixo.



Se os atletas da direita estiverem vencendo a disputa podemos afirmar que:

- a) A ação dos atletas da direita é menor que a reação dos da esquerda.
- b) A reação dos atletas da direita é maior que a ação dos da esquerda.
- c) A força resultante é nula e a velocidade também.
- d) A força resultante terá sentido da esquerda para a direita gerando uma aceleração no mesmo sentido.

4) Na figura abaixo dois blocos com mesma massa ligados a um fio ideal são abandonados. Este fio está ligado à uma roldana. A respeito do sistema é correto afirmar que:



- a) O bloco mais baixo subirá até alcançar o mesmo nível do outro bloco;
- b) O bloco mais baixo subirá enquanto o mais alto descera.
- c) Ambos vão se manter em repouso.
- d) O bloco mais baixo exerce uma força sobre o piso de intensidade igual ao seu peso.

5) Uma pessoa empurra um piano em uma superfície horizontal e com atrito, como mostra a figura. Não há resistência do ar.



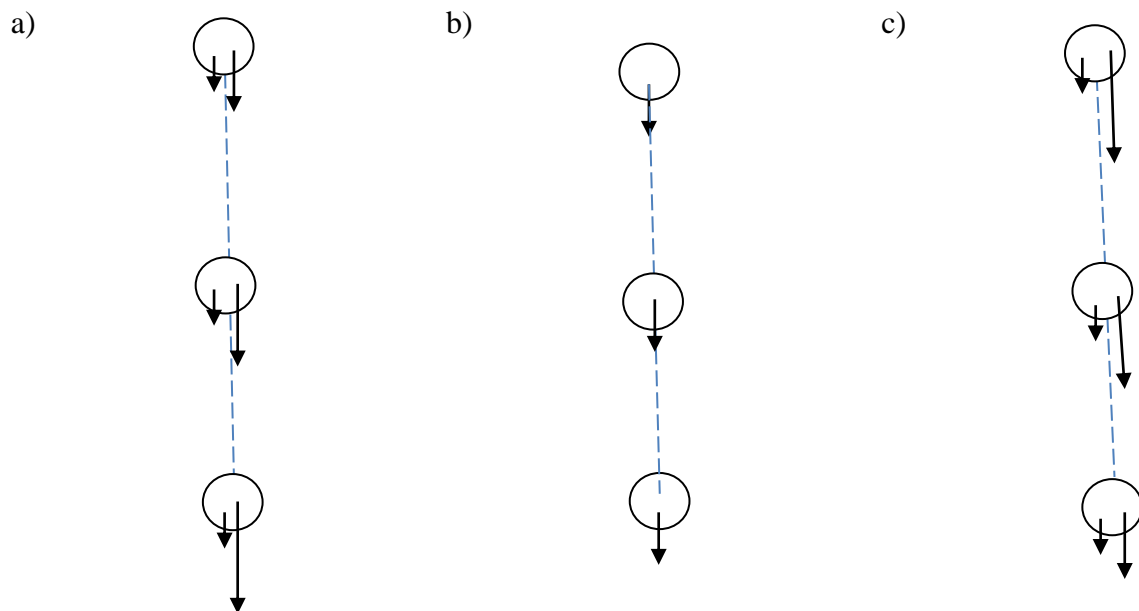
I) Para retirar o piano do repouso a pessoa precisa produzir uma força maior que a força de atrito. Se ele mantiver a intensidade da força, o piano:

- a) Aumentará sua velocidade.
- b) Manterá velocidade constante.
- c) desacelerará progressivamente.

II) Se a pessoa diminuir a intensidade da força até ser igual a força de atrito, o que acontecerá ao piano.

- a) para logo em seguida.
- b) diminuirá sua velocidade até parar.
- c) terá velocidade constante.

6) Uma pessoa arremessa uma bola de futebol do alto de um prédio. Considere os esquemas como a representação das forças que agem sobre a bola nas diferentes alturas da trajetória da bola. Despreze a resistência do ar e assinale o esquema que melhor representa essas forças.



7) Agora, conhecendo um pouco da história do Isaac Newton, que fatores na sua opinião foram determinantes em seu sucesso?

8) Nas experiências em sala usamos um "trilho de ar" que diminuía muito o atrito no movimento. Se aquele trilho anulasse completamente o atrito, o que aconteceria? Que lei de Newton explica isso?

9) Ao longo das aulas tivemos várias estratégias didáticas. Dê sua opinião a cada uma delas abaixo:

a) Aulas experimentais.

Pontos positivos:

Pontos negativos:

b) Aulas com textos históricos.

Pontos positivos:

Pontos negativos:

c) Gincana.

Pontos positivos:

Pontos negativos:

d) Aula com filme.

Pontos positivos:

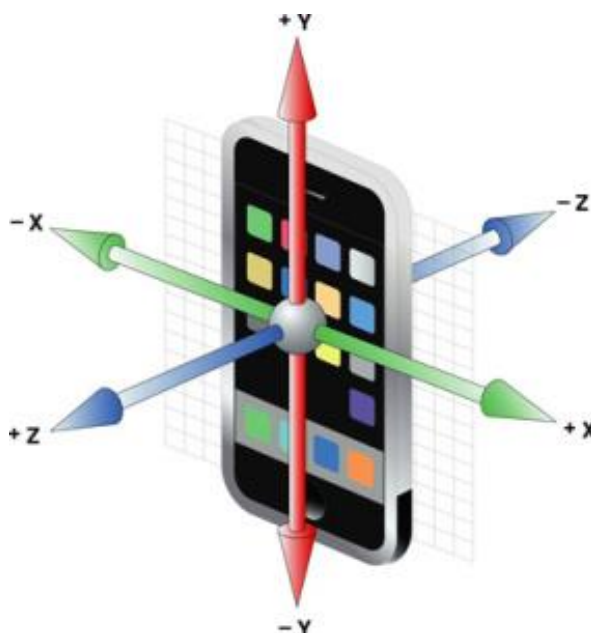
Pontos negativos:

APÊNDICE I – O acelerômetro em *smartphones*³⁶

A maioria dos smartphones possuem o acelerômetro. Ele é utilizado para organizar as telas desses dispositivos, mantendo textos e figuras orientadas na direção de leitura, gerando maior conforto na leitura.

O acelerômetro é capaz de medir acelerações em intervalos de $\pm 2g$ (g é a aceleração da gravidade), em relação a um referencial inercial. Isto é possível graças a minúsculos capacitores cujas placas têm uma certa elasticidade, o que faz com que a distância entre elas varie quando o dispositivo sofre uma aceleração, isto altera as capacitâncias que possibilitam a medição da aceleração. Estes capacitores estão dispostos de forma a medir acelerações em três eixos distintos X, Y e Z como mostra a figura.

Figura: Orientações dos eixos dos componentes da aceleração.



Fonte: <https://ismaiasmoreira.wordpress.com>

O App *Accelerometer meter*.

Existem vários aplicativos de aceleração para IOS e para *android*. Em nosso caso, escolhemos o *accelerometer meter* pois se adaptou bem ao experimento com medições muito precisas. A seguir falaremos mais sobre o aplicativo utilizado.

³⁶ Uma adaptação de VIEIRA, L. P.; AGUIAR, C. E. Mecânica com o acelerômetro de smartphones e tablets. Física na Escola, v. 14, n. 1, 2016.

Tutorial do Accelerometer meter³⁷

Descrição

Este aplicativo registra os dados do sensor do acelerômetro. Pode dar saída para um gráfico com a opção de salvar os dados. Ou o transforma em um espectro de frequência. Ou até mesmo transforma seu dispositivo em uma luz ou instrumento musical que é controlado pela saída do sensor do acelerômetro.

Tela inicial

Selecione uma das seis opções clicando duas vezes. As seis opções são:

Medidor - Veja a saída em tempo real do acelerômetro.

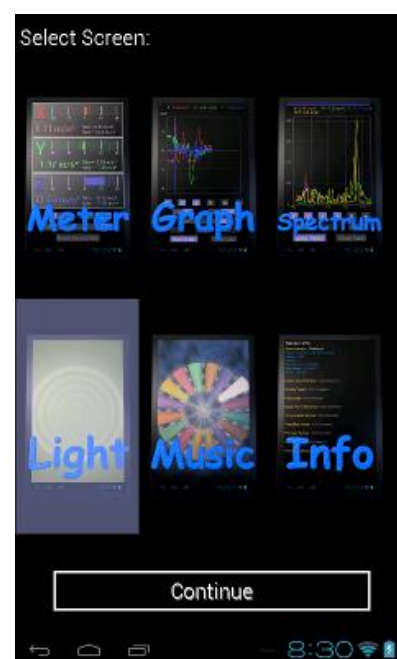
Gráfico - Para registrar a saída do acelerômetro em um gráfico.

Espectro - Plota o espectro de frequência.

Luz - Transforme seu dispositivo em uma luz que depende da orientação.

Música - Um instrumento musical baseado na orientação.

Info - Especificações dos sensores detectados no seu dispositivo.



Metro

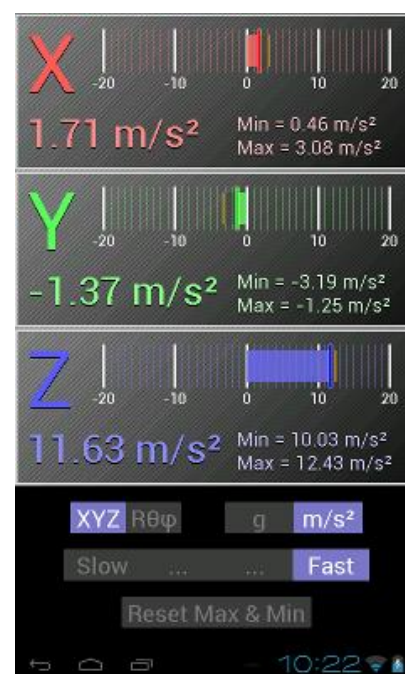
Exibe a saída atual do sensor do acelerômetro junto com os valores mínimo e máximo medidos para cada eixo.

XYZ / Rθφ - Seleciona se o vetor de aceleração é apresentado em coordenadas cartesianas ou esféricas.

g ou **m / s²** - unidades de aceleração podem ser selecionadas para m / s² ou g. Na terra g = 9,81 m / s².

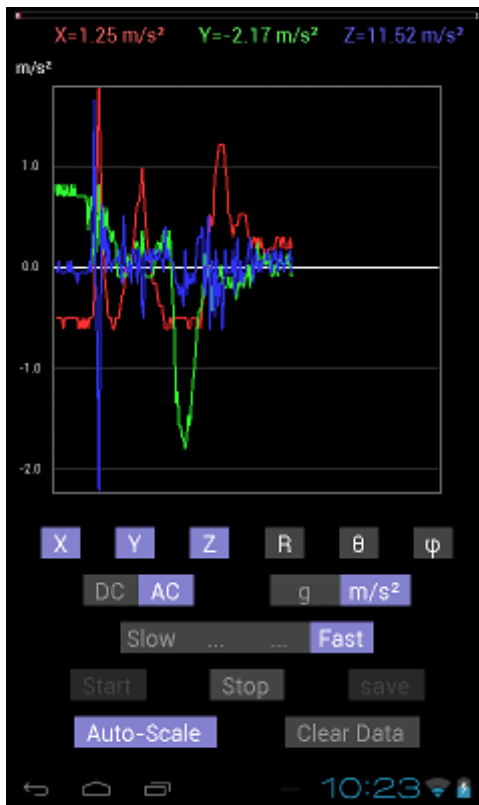
Lento ... Rápido - Seleciona a velocidade na qual o acelerômetro retorna dados.

Reset Min & Max - Isso redefine os valores mínimo e máximo.



³⁷ Extraído texto e figuras do site: <<http://www.keuwl.com/Accelerometer/>>.

Gráfico



Esta tela permite registrar e salvar os dados do acelerômetro.

A barra de progresso na parte superior mostra a quantidade de memória usada em relação ao total reservado (20000 pontos de dados). O marcador vermelho mostra a posição atual dos dados que estão sendo registrados. Se a memória estiver cheia, ela será envolvida e começará a sobrescrever os dados mais antigos. A parte mais clara da barra de progresso mostra os dados atualmente plotados no gráfico abaixo.

Abaixo da barra de progresso estão as últimas leituras para cada um dos parâmetros mostrados no gráfico.

O gráfico tem até seis linhas, dependendo dos parâmetros (XYZR θ φ) selecionados nos controles abaixo. Cada linha tem sua própria cor exclusiva, conforme indicado pela última leitura acima do gráfico. O eixo y esquerdo é para valores de aceleração. O eixo direito é para graus. Com a autoescala ativada, as leituras mais recentes serão mostradas e o eixo y é ajustado para acomodar os dados. Apertando o gráfico no eixo x, o gráfico pode ser

feito para mostrar mais ou menos pontos de dados. Com a autoescala desligada e mais dados do que caberão na tela, outros dados podem ser exibidos. Com a autoescala desligada, o eixo y também pode ser ampliado e movido conforme desejado.

Controles:

XYZR θ φ - Selecione quais parâmetros são exibidos no gráfico.

DC / AC - acoplamento DC ou AC. No modo AC, a média de longo prazo é removida de cada leitura.

g ou m / s² - Selecione unidades dos dados medidos.

Lento ... Rápido - Selecione a velocidade na qual o acelerômetro retorna dados.

Start - Se o log estiver pausado, clique aqui para reiniciar.

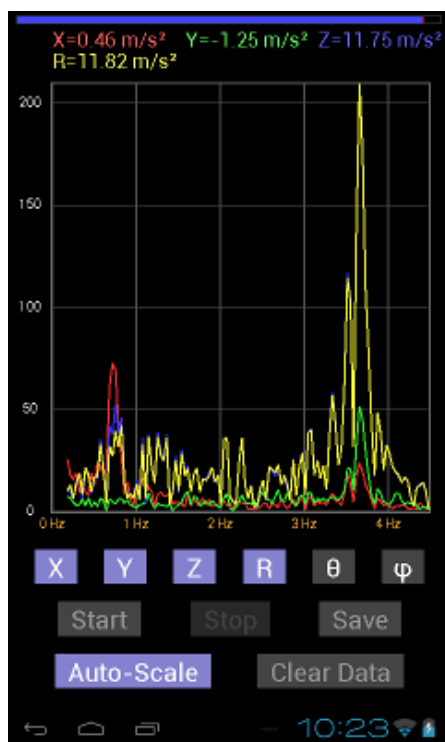
Parar - Parar / pausar o registro. O registro deve ser pausado para que os dados sejam salvos.

Salve - Salve os dados em um arquivo de texto delimitado por vírgula contendo Time, X, Y, Z, R, θ e φ. O arquivo é salvo no diretório raiz do dispositivo com o nome de arquivo "Acelerômetro Dados YYYY-MM-DD HH-MM-SS", onde YYYY, MM e DD são Data e HH-MM-SS informa a hora.

Escala automática - O eixo y é dimensionado automaticamente se estiver ativado. Se estiver desativado, beliscar o gráfico será dimensionado de acordo.

Limpar dados - limpa os dados gravados para que você possa iniciar um novo teste.

Espectro



Esta tela permite obter o espectro de frequência dos dados recentes do acelerômetro.

A barra de progresso no topo mostra a memória usada para fazer o espectro de frequência. Os dados são ponderados em relação aos dados mais recentes. O marcador mostra o progresso da amostragem através desta memória. Os dados são primeiro interpolados e reamostrados antes que uma FFT seja executada. A faixa de frequência da transformada de Fourier é selecionada com base na taxa de amostragem. Assim, o intervalo de frequência irá variar entre os dispositivos, mas deve representar o melhor para esse dispositivo.

Abaixo da barra de progresso estão as últimas leituras para cada um dos parâmetros mostrados no gráfico.


O gráfico tem até seis linhas, dependendo dos parâmetros (XYZR θ ϕ) selecionados nos controles abaixo. Cada linha tem sua própria cor exclusiva, conforme indicado pela última leitura acima do gráfico. O eixo y mostra a magnitude do sinal nessa frequência. Unidades são arbitrárias. Com a autoescala ativada, o

eixo y ajustado para acomodar os dados, caso contrário, beliscar ou tocar na tela permitirá que você se movimente e amplie os dados conforme necessário.

XYZR θ ϕ - Selecione quais parâmetros são exibidos no gráfico.

Iniciar - Se o log. estiver pausado, clique aqui para reiniciar.

Parar - Parar / Pausar o registro.

Salve  - Salve os dados em um arquivo de texto delimitado por vírgula contendo a frequência em Hz e os parâmetros selecionados. Nome de arquivo "Acelerômetro Espectro Dados AAAA-MM-DD HH-MM-SS", onde AAAA, MM e DD são Data e HH-MM-SS informa a hora.

Escala automática - O eixo y é dimensionado automaticamente se estiver ativado. Se estiver desativado, beliscar o gráfico será dimensionado de acordo.

Limpar dados - limpa os dados gravados para que você possa iniciar um novo teste.

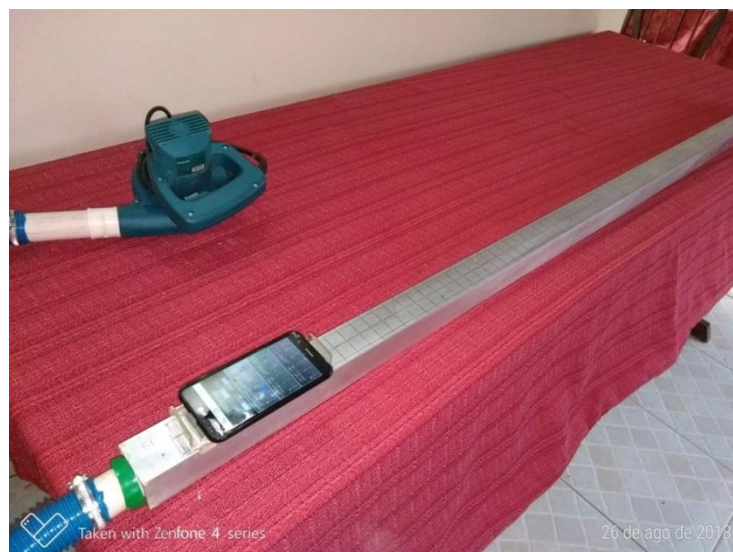
Arquivo de dados de amostra com os primeiros 2 pontos de dados mostrados.

APÊNDICE II – Equipamento experimental

O equipamento experimental foi preparado pensando em se reduzir o máximo de atrito. Neste sentido, um tubo de perfil quadrado de cinco centímetros foi usado como trilho; foi feita uma malha de dois centímetros em uma de suas faces e logo a seguir foram feitos furos na malha, de modo a ter furos equidistantes como mostra a figura abaixo.



Em uma das extremidades do tubo foi vedada usando fita crepe, enquanto na outra foi encaixada um tubo adaptado a um soprador;



A última etapa foi construir a estrutura que suportaria o celular. A mesma foi feita de material acrílico de modo a ser leve e de fácil moldagem. Na parte inferior da estrutura de acrílico

foram feitas pequenas abas cujo objetivo era mantê-la ao trilho. Usando fita dupla face foi finalmente colada a capa do celular a ser usado no experimento.



← Aba para manter estrutura no trilho

APÊNDICE III – Mapa conceitual

Os Mapas Conceituais são diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos. A técnica foi desenvolvida em meados da década de setenta por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos. A teoria por trás desse mapeamento conceitual é a teoria cognitivista de aprendizagem de David Ausubel. De acordo com Moreira (1997, p. 6), os mapas conceituais podem ser utilizados como recursos em todas as etapas da investigação, assim como na obtenção de evidências de aprendizagem significativa.

