



Pesquisa em Ensino de Física

Sabrina Passoni Maravieski
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2019

Sabrina Passoni Maravieski

(Organizadora)

Pesquisa em Ensino de Física

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant'Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P474 Pesquisa em ensino de física [recurso eletrônico] / Organizadora
Sabrina Passoni Maravieski. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora,
2019. – (Pesquisa em Ensino de Física; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-209-8

DOI 10.22533/at.ed.098192803

1. Física – Estudo e ensino. 2. Física – Pesquisa – Estudo de
casos. 3. Professores de física – Formação. I. Maravieski, Sabrina
Passoni. II. Série.

CDD 530.07

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa em Ensino de Física” pertence a uma série de livros publicados pela Editora Atena, e neste 1º volume, composto de 19 capítulos, apresenta uma diversidade de estudos realizados sobre a prática do docente no ensino-aprendizagem da disciplina de Física no Ensino Médio.

Com a introdução dos PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio em 1999, a presença do conhecimento da Física no Ensino Médio ganhou um novo sentido e tem como objetivo formar um cidadão contemporâneo e atuante na sociedade, pois a Física, lhe proporciona conhecimento para compreender, intervir e participar da realidade; independente de sua formação posterior ao Ensino Médio.

De acordo com os PCNEM, destacamos nesta obra, 4 áreas temáticas: Calor, Hidrostática e Óptica; Cinemática, Mecânica e Gravitação; Eletricidade e Magnetismo e Energia e Princípios de Conservação.

Desta forma, algumas pesquisas aqui apresentadas, dentro das referidas áreas temáticas, procuram investigar ou orientar os docentes e os futuros docentes dos Cursos de Licenciatura em Física e Ciências Naturais, bem como avaliar e propor melhorias na utilização dos livros didáticos, como por exemplo, no âmbito CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente); além de práticas docentes que almejam o cumprimento dos PCNEM no planejamento do docente.

Quando alusivo ao âmbito ensino-aprendizagem, devemos de imediato, pensar nas diversas teorias metodológicas e nos diversos recursos didáticos que podemos adotar em sala de aula, incluindo as atuais tecnologias. Neste sentido, esta obra, tem como objetivo principal oferecer contribuições na formação continuada, bem como, na autoanálise da prática docente, resultando assim, em uma aprendizagem significativa dos estudantes de Ensino Médio. Neste sentido, o docente poderá implementá-las, valorizando ainda mais a sua prática em sala de aula.

Além disso, a obra se destaca como uma fonte de pesquisa diversificada para pesquisadores em Ensino de Física, visto que, quando mais disseminamos o conhecimento científico de uma área, mais esta área se desenvolve e capacita-se a ser aprimorada e efetivada. Pois, nós pesquisadores, necessitamos conhecer o que está sendo desenvolvido dentro da esfera de interesse para que possamos intervir no seu aspecto funcional visando melhorias na respectiva área.

Dentro desta perspectiva, na área de Calor, Hidrostática e Óptica apresentamos um estudo que avalia o método dedutivo da equação de Gauss da óptica geométrica aplicados à formação de imagem em espelhos esféricos, contemplados em diferentes livros-texto utilizados nos cursos de Licenciatura em Física (capítulo 1). Outro estudo apresenta o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na abordagem de conceitos relacionados ao Princípio de Arquimedes em um curso de Ciências da Natureza - Licenciatura. O estudo teve como base as ideias de Gardner em relação à Teoria das Múltiplas Inteligências, de Ausubel sobre a Aprendizagem Significativa e de

Peters, Costa, Oliveira entre outros, em relação ao uso das TIC no Ensino (capítulo 2). No estudo do calor, os autores avaliaram a produção de professores em um curso de atualização sobre “Tecnologias Digitais Ampliando o uso de Metodologias Participativas e Metacognitivas em Ciências Naturais” (capítulo 3).

Na área temática: Cinemática, Mecânica e Gravitação, as metodologias e recursos apresentaram-se diversificadas. O capítulo 4, relata um experimento de colisão unidimensional em um trilho de ar utilizando sensores e o software livre CvMob para a vídeo-análise, cuja função foi a obtenção de medidas contínuas de corpos em movimento. Os resultados apontaram que o recurso utilizado foi preciso e de baixo custo para experimentação em Física, principalmente, no que diz respeito à análise do movimento de objetos. Outro estudo utilizando este mesmo tipo de recurso, com a finalidade de potencializar o ensino aprendizagem da física e da matemática, os autores utilizaram um software de vídeo-análise Tracker no estudo de lançamento oblíquo. Neste os estudantes tiveram a oportunidade de verificar a influência das condições ambientais, descartadas nos enunciados dessas questões, e ampliar a descrição matemática através de gráficos e análise de vetores, fatores que não seriam explorados nesses exercícios sem o recurso computacional. Com a ferramenta os estudantes também conseguiram desenvolver críticas aos exercícios selecionados a partir de comparações com os enunciados e os dados experimentais (capítulo 12). No capítulo 5, os autores apresentaram uma atividade experimental investigativa sobre as marés atmosféricas, comparando esse fenômeno com as marés oceânicas. Onde, para a detecção das oscilações barométricas foi possível fazer uso da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura. Já no capítulo 10, o leitor irá se deparar com outro estudo que utiliza o Arduino como recurso o qual substitui os tradicionais kits. No entanto, neste caso, fez uso do sensor LDR para determinar a posição em diversos experimentos para o ensino-aprendizagem da Física para o Ensino Médio, mostrando-se uma alternativa eficaz e de baixo custo. Outro estudo abordou a eficácia do uso do software Solar System Scope para dispositivos móveis no ensino-aprendizagem da Física no Estudo das Leis de Kepler (capítulo 6). Na proposta apoiada na história, Filosofia e Epistemologia da Ciência os autores apresentam as contribuições de Ptolomeu para a evolução do modelo geocêntrico do Sistema Solar (capítulo 7). Outra proposta pautada na construção do conhecimento por meio da experimentação pode ser verificada no capítulo 11, onde alunos de Licenciatura em Ciências Naturais tiveram contato com: a historiografia do aeromodelismo, montagem de um modelo aéreo e matematização dos conceitos (terceiro momento) em formato de oficina, mostrando a importância destas etapas no ensino-aprendizagem. No âmbito, experimentos de física em sala de aula utilizando recursos didáticos do cotidiano; o capítulo 8 tratou de uma atividade experimental realizada em uma classe de Jovens e Adultos (EJA) com carrinhos de fricção para determinar a velocidade média deste. No estudo sobre a deformação sofrida por molas, foram realizadas atividades investigativas

e de experimentação, fundamentadas na teoria cognitiva de aprendizagem utilizando o conhecimento prévio de alunos do Ensino Médio; possibilitando a discussão de conceitos estatísticos, métodos de medição e unidades de medidas (capítulo 9).

Na área temática de Eletricidade e Magnetismo o leitor irá se deparar com 4 capítulos os quais mostram uma preocupação em investigação inicial dos alunos, sequencias didáticas, experimentos de baixo custo e utilização de softwares. O primeiro (capítulo 13), os autores investigaram as diferentes situações didáticas, pertencentes ao campo conceitual da eletrodinâmica, que são propostas aos alunos nas atividades (exercícios, problemas e testes) dos livros didáticos de Física aprovados no PNLD 2012. O fundamento teórico basilar desta investigação foi a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud e tomou como base a ideia defendida pelo autor de que um conceito não se constrói ou aprende com o uso de um só tipo de situação. No capítulo seguinte (14), os autores apresentaram uma sequência didática relacionada ao tema eletricidade por meio da metodologia interativa e investigativa utilizando como recurso didáticos e tecnológicos, exercícios de apostilas de vestibular, a plataforma google forms e simuladores PhET. A sequência didática foi dividida em: a) pré-teste, b) conteúdo digital (utilizando roteiro e kit de circuito Elétrico DC), c) sistematização do conhecimento (lista de exercícios) e d) avaliação para verificação da aprendizagem. Para o estudo conceitual de algumas grandezas físicas, bem como de algumas Leis em eletricidade e magnetismo. No capítulo 15, os autores, descreveram experiências construídas e realizadas com materiais de baixo custo e de fácil aquisição para alunos do Ensino Médio. No capítulo 16, os autores também apresentaram uma sequencia didática com aplicação do simulador PhET, mas com a abordagem POE (predizer, observar e explicar) e da teoria de múltímodos e múltiplas representações. Neste caso, o estudo buscou a correlação das variáveis motivacionais no ensino-aprendizagem de eletricidade e magnetismo para alunos de graduação em Engenharia de uma instituição particular.

Ao leitor, que esta obra, contribua para sua prática em sala de aula, fazendo desta um espaço de relação entre a tríade: professor-alunos-conhecimento.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata diversas pesquisas em ensino de Física e Ciências Naturais, valorizando a prática do docente, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes, professores e pesquisadores na constante busca de novas metodologias de ensino-aprendizagem, tecnologias e recursos didáticos, promovendo a melhoria na educação do nosso país.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DEDUÇÃO DA CONVENÇÃO DE SINAL DA EQUAÇÃO DE GAUSS PARA ESPELHOS ESFÉRICOS	
<i>Niels Fontes Lima</i> <i>Rodrigo Oliveira Magalhães</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928031	
CAPÍTULO 2	12
ESTUDO DE CONCEITOS DO PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES COM USO DE AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM	
<i>Diovana Santos dos Santos Habermann</i> <i>Franciele Braz de Oliveira Coelho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928032	
CAPÍTULO 3	29
METACOGNIÇÃO NO ENSINO PARTICIPATIVO: UMA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DO CALOR	
<i>Clayton Ferreira dos Santos</i> <i>Kátia Regina Varela Roa</i> <i>Miriam Alves Dias Santana</i> <i>Vera B. Henriques</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928033	
CAPÍTULO 4	39
ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO DE COLISÃO UNIDIMENSIONAL USANDO SOFTWARE LIVRE CVMOB	
<i>Alexandro das Chagas de Sousa Nascimento</i> <i>Rodrigo Costa Veras</i> <i>Francisco Ronan Viana Araújo</i> <i>Itamar Vieira de Sousa Junior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928034	
CAPÍTULO 5	49
AS MARÉS ATMOSFÉRICAS A PARTIR DE UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA	
<i>Luiz Raimundo Moreira de Carvalho</i> <i>Helio Salim de Amorim</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928035	
CAPÍTULO 6	59
AVALIAÇÃO DO USO DO APLICATIVO SOLAR SYSTEM SCOPE NO ENSINO DAS LEIS DE KEPLER	
<i>Adriano Alves de Araujo</i> <i>Harrison Luz dos Santos</i> <i>Gabryell Malcher Freire</i> <i>Fábio Andrade de Moura</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928036	

CAPÍTULO 7	68
CONTRIBUIÇÃO DE PTOLOMEU PARA A EVOLUÇÃO DO MODELO GEOCÊNTRICO: PERSPECTIVAS HISTÓRICAS	
<i>Natalia Talita Corcetti</i> <i>Estéfano Vizconde Veraszto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928037	
CAPÍTULO 8	78
EXPERIMENTO COM CARRINHOS DE FRICÇÃO PARA TRATAR DE VELOCIDADE MÉDIA NO PRIMEIRO ANO/SÉRIE DO ENSINO MÉDIO	
<i>Arivaldo Lopes</i> <i>Marli Santana Pimentel Lopes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928038	
CAPÍTULO 9	86
MEDIÇÃO, EXPERIMENTAÇÃO E (RE)DESCOBERTA: UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA COM PESOS E MOLAS	
<i>Amsterdam de Jesus Souza Marques de Mendonça</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0981928039	
CAPÍTULO 10	99
O USO DO LDR COMO SENSOR DE POSIÇÃO COM O ARDUINO PARA O ENSINO DE FÍSICA	
<i>Lázaro Luis de Lima Sousa</i> <i>Nayra Maria da Costa Lima</i> <i>Luciana Angélica da Silva Nunes</i> <i>Leonardo Augusto Casillo</i> <i>Andreia Paulino da Silva</i> <i>Rodolfo Felipe Medeiros Alves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280310	
CAPÍTULO 11	109
USANDO A MECÂNICA DE VOOS PARA FACILITAR O APRENDIZADO DE CONCEITOS DA MECÂNICA CLÁSSICA	
<i>Juliana Oliveira Costa</i> <i>Renan de Melo Alencar</i> <i>Bianca Pereira Almeida</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280311	
CAPÍTULO 12	117
USO DE VIDEOANÁLISE PARA RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS DE LANÇAMENTO OBLÍQUO	
<i>Gustavo Affonso de Paula</i> <i>Milton Alves Gonçalves Júnior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280312	

CAPÍTULO 13	126
A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD E O CAMPO CONCEITUAL DA ELETRODINÂMICA: AS DIFERENTES SITUAÇÕES PRESENTES NAS ATIVIDADES DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA	
<i>Deivid Andrade Porto</i>	
<i>Tiago Ferraz Rodrigues</i>	
<i>Mariele Regina Pinheiro Gonçalves</i>	
<i>Marco Aurélio Clemente Gonçalves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280313	
CAPÍTULO 14	135
CIRCUITOS ELÉTRICOS- UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO RECURSOS TECNOLÓGICOS	
<i>Arthur Alexandre Magalhães</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280314	
CAPÍTULO 15	154
EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM ELETRICIDADE E MAGNETISMO PARA O ENSINO MÉDIO	
<i>Alfredo Sotto Fernandes Jr</i>	
<i>Miguel Arcanjo-Filho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280315	
CAPÍTULO 16	163
MOTIVAÇÕES, SIMULAÇÕES E DESEMPENHO NO ENSINO DE ELETRICIDADE	
<i>Alcides Goya</i>	
<i>Patrícia Beneti de Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280316	
CAPÍTULO 17	173
O CONCEITO DE ENERGIA E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	
<i>Geziane dos Santos Pereira</i>	
<i>Milton Souza Ribeiro Miltão</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280317	
CAPÍTULO 18	191
ATIVIDADE EXPERIMENTAL CATIVANTE: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA E SUA CONSERVAÇÃO	
<i>Cleidson Santiago de Oliveira</i>	
<i>Mauro Vanderlei Amorim</i>	
<i>Elizabeth Machado Baptestini</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280318	
CAPÍTULO 19	201
USO DE SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE ENERGIA E TRANSFORMAÇÕES ENERGÉTICAS PARA O 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL	
<i>Alex Arouca Carvalho</i>	
<i>Júlio Akashi Hernandez</i>	
DOI 10.22533/at.ed.09819280319	
SOBRE A ORGANIZADORA	215

DEDUÇÃO DA CONVENÇÃO DE SINAL DA EQUAÇÃO DE GAUSS PARA ESPELHOS ESFÉRICOS

Niels Fontes Lima

Instituto Federal da Bahia, Departamento de Física
Salvador, BA

Rodrigo Oliveira Magalhães

Instituto Federal da Bahia, Departamento de Física
Salvador, BA

RESUMO: Os livros textos utilizados nas disciplinas de física para bacharelados e licenciaturas em ciências e engenharias normalmente não trazem demonstração matemática das convenções de sinal da equação de Gauss de lentes ou espelhos esféricos. A convenção é apresentada como algo que “dá certo”, estendendo o conceito de distância para incluir sinais negativos para imagens, objetos ou focos virtuais. Isso é razoável na formação de engenheiros ou bacharéis em física, mas é pouco na formação de professores de física, que têm um importante campo de ensino na Ótica Geométrica. Exporemos a demonstração paradigmática da dedução da equação de Gauss encontrada em quatro livros-texto amplamente usados em cursos superiores, feita a partir dos princípios da ótica geométrica aplicados à formação de uma imagem real, cuja generalização para outras situações é feita meramente enunciando-se a

convenção de sinal e aplicando-a a exemplos. Para ir além no entendimento da convenção de sinal, fazemos um exercício de aplicação do método geométrico ao caso de imagem virtual formada por espelho côncavo que resultará numa equação diferente do primeiro caso. O caso geral de reflexão por espelho convexo é estudado explorando-se a simetria com o caso da imagem virtual em espelho côncavo, e obtém-se ainda outra equação, diferente das outras duas. A introdução do conceito de *distância ótica*, que incorpora um sinal algébrico à distância geométrica, permite escrever as três equações como uma. Não analisamos aqui o caso do chamado objeto virtual, que será deixado para trabalho subsequente dedicado à formação de imagens de refração por diopros individuais, lentes e combinação de lentes, incluindo a convenção de sinais da equação do fabricante de lentes.

PALAVRAS-CHAVE: ótica geométrica, convenção de sinal, equação de Gauss, licenciatura em física.

ABSTRACT: Textbooks used in physics courses for science and engineering degrees usually do not make a mathematical demonstration of the sign convention in Gauss equation for spherical lenses or mirrors. The convention is presented as something that “works,” extending the concept of distance to include negative

signals for images, objects, or virtual foci. This is reasonable as respects to formation of engineers or physics bachelors, but not of physics teachers, who have an important field of teaching in Geometric Optics. We present here the paradigmatic demonstration of Gauss equation found in four widely used college physics textbooks, which applies the principles of geometrical optics to the formation of a real image and which results are generalized to other situations by merely stating the sign convention and testing it in examples. To go further in understanding the sign convention, we perform an exercise of applying the geometric method to the case of a virtual image formed by concave mirror that results in a different equation for object and image distances. The general case of reflection by a convex mirror is studied by exploring the symmetry with the case of a virtual image in a concave mirror, and we obtain yet another equation, different from the first two equations. The introduction of the concept of optical distance, which adds an algebraic signal to the geometric distance, allows us to write the three equations as one. We do not analyze here the case of a so-called virtual object, which will be left for subsequent work devoted to the formation of refraction images by individual diopters, lenses and combination of lenses, including the signal convention of the lens manufacturer's equation.

KEYWORDS: geometric optics, signal convention, Gauss equation, degree in physics.

1 | INTRODUÇÃO

A Ótica Geométrica pode ser definida como uma teoria que, apesar de não abordar a natureza fundamental da luz, explica e descreve de maneira bastante satisfatória a formação de imagens por instrumentos óticos compostos por espelhos e lentes, instrumentos de enorme importância no desenvolvimento da ciência moderna e até hoje em aplicações tecnológicas extremamente relevantes.

No projeto do curso de licenciatura em física do Câmpus Salvador do IFBA a Ótica Geométrica tem um papel importante, não só pela importância do seu conteúdo, mas também como exemplo do método científico-matemático. As deduções geométricas e algébricas para obter a lei que rege a formação de imagens por espelhos e lentes são de grande importância também como aplicação exemplar da matemática à física, e é com essa ideia que a disciplina é oferecida como optativa para os alunos da licenciatura em matemática do Câmpus Salvador do IFBA.

Neste artigo analisamos, utilizando o método de pesquisa bibliográfica, a forma pela qual alguns dos principais livros texto utilizados nos cursos das disciplinas que podem ser genericamente chamadas de Física Geral e Experimental, para estudantes de engenharia e ciências, inclusive nas licenciaturas, apresentam a convenção de sinal no estudo das imagens formadas em espelhos.

Os quatro livros analisados são importantes livros-texto amplamente utilizados. São os conhecidos “Sears” (YOUNG, 2009) e “Halliday” (HALLIDAY, 2007) utilizados mundialmente e tantas vezes reeditados, o primoroso “Moisés” (NUSSENZVEIG,

1998), texto preciso e profundo do autor brasileiro, e o “Keller” (KELLER, 1999), obra menos conhecida, com uma versão mais resumida da física universitária que os outros autores, mas ainda assim adequado a disciplinas de introdução à física em cursos superiores. Não pretendemos fazer uma análise exaustiva de todos os autores, mas não conhecemos nenhum texto que difira fundamentalmente das abordagens dos autores estudados.

2 | DEMONSTRAÇÃO DA EQUAÇÃO DE GAUSS PARA ESPELHOS ESFÉRICOS

Apresentaremos aqui a dedução “paradigmática” da equação de Gauss, ou equação dos pontos conjugados, para espelhos esféricos encontrada nas obras analisadas. Os autores estudados coincidem na geometria escolhida para obter a equação dos pontos conjugados, como também na forma de obter, a partir dessa equação, as regras de formação de formação de imagens extensas na geometria considerada. O caso paradigmático é o de um ponto objeto situado no eixo de um espelho côncavo que gera um ponto imagem real também sobre o eixo do espelho, estabelecendo uma relação entre as distâncias do ponto objeto e do ponto imagem ao vértice do espelho.

Os autores também coincidem na forma de generalizar as regras obtidas na situação particular analisada e aplicá-las a situações físicas muito diferentes, como a de uma imagem virtual formada por espelho côncavo e o caso geral de formação de imagem virtual por um espelho convexo. Isso é feito pela adoção da chamada “convenção de sinal”, pela qual imagens e objetos virtuais e focos de espelhos convexos são representados por distâncias negativas na equação que foi obtida em uma geometria muito diferente.

Nenhum dos autores se preocupa em justificar previamente essa convenção, mas demonstram em aplicações e em exercícios como funciona a aplicação da equação de Gauss com essa convenção aos problemas de uma imagem virtual produzida por um espelho côncavo ou de uma imagem virtual produzida por um espelho convexo. Talvez isso seja plenamente satisfatório se o objetivo do curso é o aprendizado dos conceitos e aplicações da ótica geométrica, mas desperdiça um belo exemplo de como se dá o raciocínio matemático sobre os princípios físicos que regem a formação das imagens na reflexão, uma oportunidade de mostrar a alunos do segundo semestre da licenciatura em física como funciona a física teórica.

2.1 Formação de imagem real por espelho côncavo

Como nos livros investigados, vamos considerar um ponto objeto P situado sobre o eixo de um espelho côncavo. O ponto P está a uma distância S do vértice V, maior do que o raio de curvatura R. A Figura 1 mostra um raio de luz que emana do ponto objeto formando o ângulo α com o eixo, incide na superfície do espelho no ponto A e é

refletido, cruzando o eixo num ponto P' à distância S' do vértice do espelho.

O raio incidente forma um ângulo θ com a direção normal à superfície do espelho no ponto de incidência, o raio de C a A que forma um ângulo β com o eixo, como mostrado na Figura 1. O raio de luz refletido forma um ângulo com a normal igual ao de incidência θ e cruza o eixo formando o ângulo γ no ponto P' , com S' menor do que o raio de curvatura.

Mostra-se que os raios que emanam de P formando um ângulo pequeno com o eixo do espelho são refletidos pelo espelho e cruzam o eixo aproximadamente num mesmo ponto, formando assim uma imagem real do ponto objeto. O applet “EspelhoEsférico” (LIMA, 2017) apresenta uma simulação exata da geometria da reflexão de raio de luz por um espelho esférico e permite mostrar facilmente o fenômeno da aberração esférica, algo que a maioria das simulações existentes não permite, e como para ângulos pequenos todos os raios de luz provenientes de um ponto, o objeto, convergem para um mesmo ponto, a imagem. As figuras deste artigo foram geradas a partir da tela gráfica do applet.

É importante notar que a definição de imagem real está ligada uma condição física muito bem definida: a luz que provém de P é novamente reunida no ponto P' ; podemos colocar no ponto P' um medidor, sensor ou anteparo, que a luz será medida ou registrada e uma imagem será projetada e poderá ser vista no anteparo. Os raios de luz que divergem do objeto convergem para a imagem e divergindo a partir desse ponto o fazem ser visto como um objeto localizado na posição da imagem.

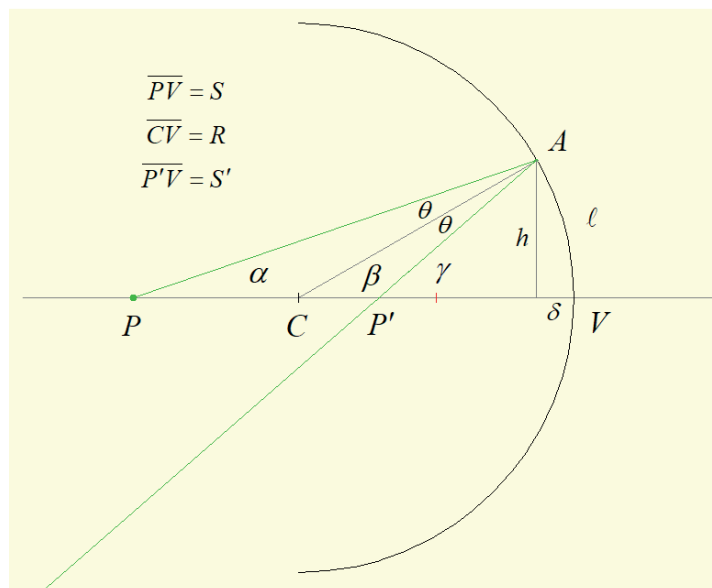


Figura 1: Formação de um ponto imagem real por reflexão em espelho côncavo.

Vamos aplicar as leis da reflexão da ótica geométrica para determinar a distância do ponto imagem em função da distância do ponto objeto e do raio de curvatura do espelho na geometria da Figura 1. Todos os autores fazem isso de forma bastante satisfatória, consistindo num belo exemplo da aplicação da matemática aos princípios

da física para a descrição de um fenômeno físico. Os autores diferem no grau de aproximação utilizado para a demonstração, que em algum momento há de se limitar a ângulos pequenos, e normalmente nesse ponto introduzem o tema da aberração esférica. NUSSENZVEIG faz uma aproximação mais criteriosa que permite considerar melhor a aberração, mas todos acabam ao final por obter a mesma relação, válida em primeira ordem nos ângulos de abertura pequenos.

Vamos dividir a obtenção da equação dos pontos conjugados em duas partes. Na primeira, obteremos uma relação entre os ângulos α, β e γ e as distâncias S, R e S' , respectivamente. Na segunda, a análise geométrica da reflexão fornecerá relações desses ângulos entre si, e daí a relação entre as distâncias que se busca.

O ângulo β é dado, pela definição de ângulo plano, como a razão entre o comprimento l do arco entre V e A e o raio de curvatura do espelho R ,

$$\beta = \frac{l}{R} \quad (1)$$

Essa relação é exata e válida também para aberturas grandes.

Na Figura 1 definimos dois triângulos retângulos, um com vértice em P e o outro em P' , que possuem em comum o lado de comprimento h , o segmento de reta entre o ponto A e sua projeção vertical sobre o eixo, situada à distância δ do vértice. Esse lado h é o cateto oposto aos ângulos α e γ , que têm como cateto adjacente os comprimentos $S - \delta$ e $S' - \delta$, respectivamente. A tangente desses ângulos é dada portanto por

$$\tan \alpha = \frac{h}{S - \delta} \quad (2)$$

$$\tan \gamma = \frac{h}{S' - \delta} \quad (3)$$

Essas relações tornam-se mais simples se tomamos a aproximação de pequenas aberturas, $\alpha \ll 1$. Nessa condição, pode-se tomar $h \sim l$ e desprezar em primeira ordem o termo δ no cálculo das tangentes dos ângulos. Além disso, como a tangente de um ângulo pequeno pode ser aproximada pelo valor do ângulo, obtemos as seguintes relações entre os ângulos e as distâncias no diagrama, válidas em primeira ordem:

$$\alpha \cong \frac{l}{S} \quad \text{e} \quad \gamma \cong \frac{l}{S'} \quad (4)$$

A segunda parte da demonstração consiste em encontrar uma relação entre os ângulos α, β e γ e daí estabelecer uma relação entre as distâncias S, S' e R . Nessa parte há naturalmente maior diversidade entre os autores, que diferem em detalhes da demonstração e na notação utilizada. Mostraremos aqui é uma forma simples para chegar ao resultado desejado.

Consideramos na Figura 1 os triângulos PAC e $P'AC$. Como se sabe da geometria euclidiana, a soma de dois ângulos internos de um triângulo é igual ao ângulo externo oposto a estes dois. Por inspeção da figura isso nos dá, no primeiro triângulo,

$$\alpha + \theta = \beta \quad (5),$$

e no segundo,

$$\beta + \theta = \gamma \quad (6).$$

Eliminando θ entre as duas equações obtemos

$$\alpha + \gamma = 2\beta \quad (7)$$

Substituindo os ângulos em (7) pelas razões (1) e (4) entre l e as distâncias encontradas na primeira parte, e dividindo a equação resultante por l , ficamos finalmente com

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = \frac{2}{R} \quad (8)$$

Essa relação é a equação dos pontos conjugados, mas ainda falta algo para termos a equação de Gauss em todo seu significado. Essa expressão por enquanto é apenas uma relação entre as distâncias ao vértice dos pontos objeto e imagem real, situados sobre o eixo do espelho. Ainda falta obter a regra de formação da imagem de pontos objetos situados fora do eixo, ou seja, imagens de corpos extensos. Também ainda é necessário generalizá-la para ser aplicada a imagens virtuais e espelhos côncavos, o que normalmente é feito pela convenção de sinal.

A formação das imagens extensas também é feita de uma forma basicamente comum por todos os autores. Como mostra a equação (8), a imagem de um ponto objeto no infinito forma-se à distância $S' = R/2$ do vértice do espelho. O sentido físico disso é que raios de luz que incidem paralelamente ao eixo convergem em um ponto que é identificado como o *foco* do espelho. A distância do foco ao vértice do espelho é chamada de *distância focal*, f e é igual à metade do raio de curvatura.

A relação obtida entre S e S' é simétrica, representando o postulado físico da reversibilidade dos raios luminosos. Mostra-se facilmente que a equação (8) se aplica também para um ponto objeto situado entre o centro de curvatura e o foco do espelho, caso no qual a imagem se formará a uma distância do vértice entre R e o infinito; um objeto pontual localizado no foco emite raios que são refletidos paralelamente ao eixo.

Essa propriedade dos raios paralelos ao eixo é utilizada para construir diagramas que representam a formação das imagens de corpos extensos (Figura 2). Da cabeça da imagem são traçados dois raios, um que incide no espelho paralelamente ao eixo e é desviado passando pelo foco e outro que passa pelo foco e depois de ser refletido propaga-se paralelamente ao eixo. Assumindo pequenas aberturas, constrói-se um diagrama de raios que mostra que raios emanando da cabeça do objeto, situada à distância vertical H acima do eixo e a uma distância do espelho aproximadamente igual a S , são refletidos no espelho e convergem num ponto a uma distância do vértice aproximadamente igual a S' e a uma distância vertical H' abaixo do eixo, formando assim uma imagem real e invertida do objeto.

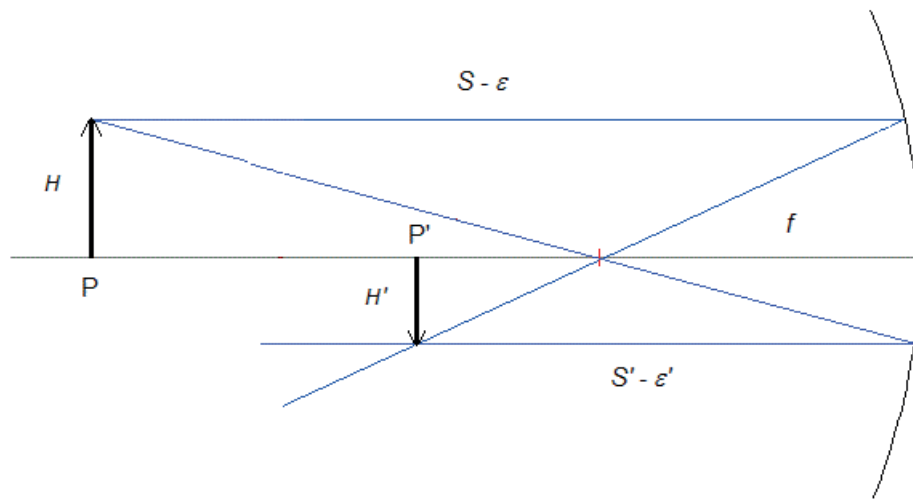


Figura 2: Formação de imagem real de corpo extenso por reflexão em espelho côncavo.

O pé do objeto está à distância S do vértice (ponto P sobre o eixo) e o pé da imagem à distância S' (ponto P'). Um raio paralelo ao eixo emitido pela cabeça, um ponto à distância H do eixo e com projeção sobre P , é refletido pelo espelho e cruza o eixo no ponto focal. Outro raio emitido pela cabeça passa pelo foco e incide no espelho, sendo então refletido ficando paralelo ao eixo. A imagem da cabeça do objeto forma-se nesse ponto onde os dois raios se cruzam. A reversibilidade dos raios luminosos garante que, se for colocado na posição da imagem um objeto com altura H' , uma imagem real será formada onde está o objeto com altura H .

A relação entre a altura da imagem e a altura do objeto é facilmente obtida por semelhança de triângulos e é dada, na aproximação de pequena abertura adotada, por

$$\frac{H'}{H} = \frac{S'}{S} \quad (9)$$

Note-se que todas as distâncias referidas aqui nessa demonstração são por definição positivas. No contexto trabalhado, uma distância negativa não tem significado físico. Note-se também que a demonstração da equação (8) e sua utilização para o estudo da formação de imagem de corpo extenso foram feitas para o caso de imagem real formada por um espelho côncavo. Ainda precisamos estudar os casos de imagem virtual, em espelhos côncavo e convexo, e vamos fazer isso de uma forma tal que a convenção de sinal será introduzida de forma natural.

Daqui em diante nossa exposição se distingue da forma paradigmática dos livros-texto, que generalizam a aplicação da equação de Gauss aos casos não estudados em detalhe apenas enunciando e aplicando as convenções de sinal.

2.2 Formação de imagem virtual por espelho côncavo.

A dedução da equação (8) não se aplica a um ponto objeto situado entre o foco e o vértice do espelho. A tentativa de usá-la para uma distância menor do que f dá um resultado negativo para a distância da imagem, algo sem sentido no contexto da demonstração desenvolvida até aqui. De fato, a análise geométrica da reflexão dos raios emanados de um objeto situado entre o foco e o vértice um espelho côncavo mostra que não se forma imagem real do ponto objeto. Forma-se, entretanto, o que se

chama uma *imagem virtual*.

A geometria desse problema está apresentada na Figura 3. A aplicação das leis da reflexão mostra que os raios que emanam de um ponto objeto P entre o foco e o vértice continuam divergindo após a reflexão; nunca voltam a convergir e não se forma imagem real do objeto. Entretanto, prolongando-se os raios refletidos na direção do que está atrás do espelho, observa-se que os raios refletidos (na aproximação de pequenas aberturas) parecem provir de um mesmo ponto P', como se houvesse ali uma imagem. A luz refletida não está lá, e não pode ser registrada ou observada com sensor ou anteparo colocado nesse ponto, mas a luz parece provir do ponto à distância S' do vértice. P' é uma imagem virtual do ponto objeto P.

Uma imagem virtual corresponde a uma situação física muito diferente da que caracteriza a imagem real, pois a luz que forma uma imagem virtual não provem fisicamente da posição da imagem. Não há luz no lugar da imagem, do outro lado do espelho. A imagem virtual não pode ser projetada num anteparo ou sobre um filme ou CCD.

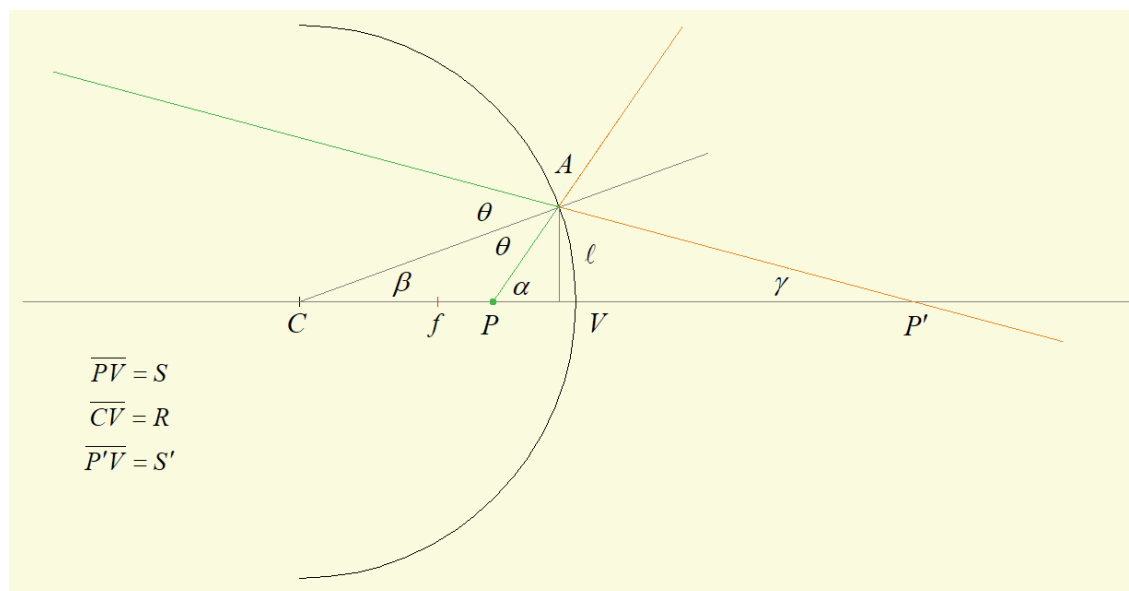


Figura 3: Formação de um ponto imagem virtual por reflexão em espelho côncavo.

Na situação mostrada na Figura 3, as relações entre os ângulos formados pelos raios e as distâncias de objeto, imagem e centro de curvatura ao vértice são muito semelhantes às anteriores. A única diferença é o comprimento do cateto adjacente ao ângulo γ , agora dado por $S' + \delta$; mas δ será desprezada como antes, quando considerarmos $\alpha \ll 1$, e assim obtemos as mesmas relações (1) e (4) entre os ângulos e as distâncias obtidas no caso anterior.

A geometria euclidiana e as leis da reflexão fornecerão, como antes, uma relação entre os ângulos α, β e γ e daí a relação entre as distâncias S, S' e R. Tomando os triângulos PAC e $P'AC$ obtemos as seguintes relações entre os ângulos:

$$\beta + \theta = \alpha \quad (11)$$

e

$$\gamma + \beta = \theta \quad (12).$$

Eliminando θ entre as duas equações, obtemos

$$\alpha - \gamma = 2\beta \quad (13)$$

Observamos que o sinal do ângulo γ é agora negativo. Ao substituir os ângulos em (13) pelas razões (1) e (4) entre l e as distâncias objeto e imagem, ficamos com uma relação muito semelhante à anterior, mas com uma diferença importante no sinal da distância da imagem S' na equação.

$$\frac{1}{S} - \frac{1}{S'} = \frac{2}{R} \quad (14)$$

Note-se que essa expressão não é simétrica por troca entre S e S' ; ou seja, a relação entre a simetria física – o postulando da reversibilidade dos raios luminosos – e a simetria matemática não é tão simples como no caso anterior. Mas existe, e será explorada adiante para descrever o problema do espelho convexo

2.3 Formação de imagem virtual por espelho convexo.

A geometria apresentada na Figura 3 pode ser usada para representar a reflexão por um espelho convexo. Imaginando a figura invertida, como mostra a Figura 4, teríamos um raio de luz saindo de P' refletido em A sendo desviado de forma que pareceria estar vindo de P . Como ângulos opostos pelo vértice são iguais, a figura pode ser interpretada como a representação de um raio de luz que sai de P e é refletido por uma superfície côncava parecendo provir de P' , como antes, ou igualmente como um raio de luz emitido por P' que é refletido por uma superfície convexa e parece vir de P , como na Figura 4.

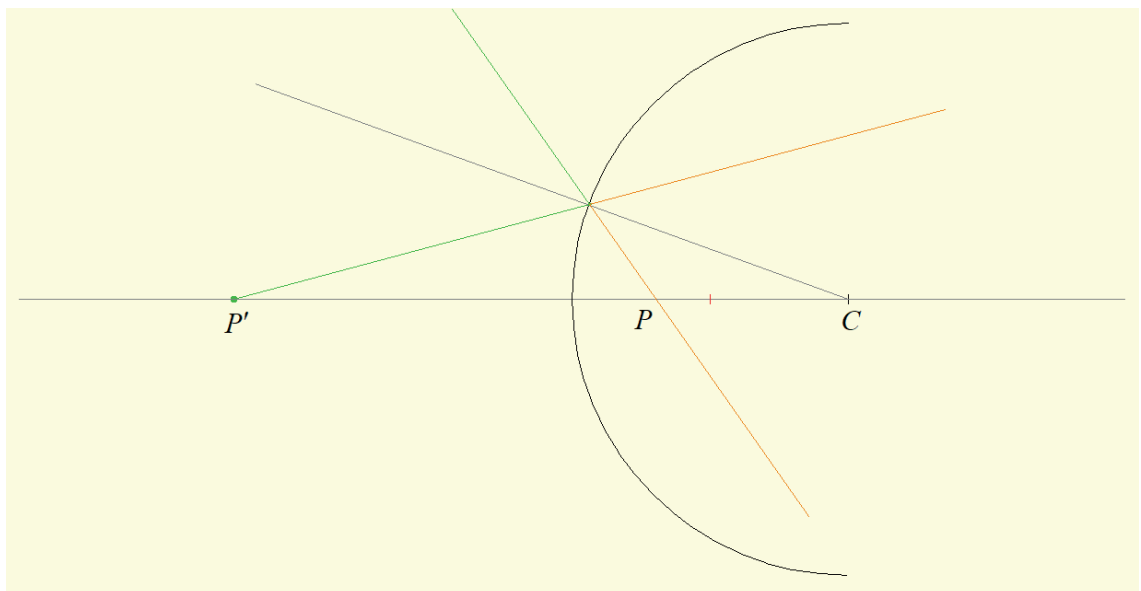


Figura 4. Formação de um ponto imagem virtual por reflexão em espelho convexo. A situação geométrica mostrada é a inversão horizontal da situação mostrada na Figura 3, portanto todas relações válidas lá valem também aqui. Apesar dos nomes, o ponto objeto está na posição P' à distância S' do vértice e o ponto imagem está na posição P à distância S do vértice, os mesmos que os da Figura 3. Pela simetria da situação, podemos trocar os papéis trocando também o tipo de espelho.

Isso significa que ainda podemos usar a equação (14), interpretando de outra forma cada termo. Para representar o espelho convexo, a distância do objeto será S' e a da imagem S . Para continuar chamando o objeto de P e a imagem de P' , precisamos trocar os nomes originais, obtendo assim

$$\frac{1}{S'} - \frac{1}{S} = \frac{2}{R} \quad (15)$$

Multiplicando por -1 de forma a comparar melhor com as expressões (8) e (14), obtemos a equação dos pontos conjugados válida para o espelho convexo:

$$\frac{1}{S} - \frac{1}{S'} = -\frac{2}{R} \quad (16)$$

A equação (16) traz, como a (14), um sinal negativo associado à imagem virtual, mas agora também a distância focal aparece com um sinal negativo.

3 | CONVENÇÃO DE SINAL E EQUAÇÃO DE GAUSS

As equações (8), (14) e (16), que representam a relação entre as distâncias de objeto e imagem e raio de curvatura, foram deduzidas para situações físicas e geométricas diferentes e são diferentes. As diferenças são importantes, mas como elas só afetam os sinais com que a distância da imagem e do foco aparecem na equação, as três equações podem ser escritas de uma forma unificada se incorporamos o sinal nas variáveis. É nisso que consiste a convenção de sinal usada pelos autores pesquisados e que apresentamos a seguir.

Vamos definir as variáveis d_o , d_i e f , que representam o que chamaremos de “distâncias óticas” respectivamente do objeto, da imagem e do foco ao vértice do espelho e diferem das distâncias geométricas S , S' e R pois incorporam um sinal algébrico. As distâncias óticas com a qual escreveremos a equação de Gauss estão relacionadas às distâncias geométricas das equações (8), (14) e (16) da seguinte forma:

- Imagem real em espelho côncavo:

$$d_o = S; d_i = S'; f = R/2$$

As distâncias do objeto, da imagem real e do foco do espelho côncavo são positivas.

- Imagem virtual em espelho côncavo:

$$d_o = S; d_i = -S'; f = R/2$$

As distâncias do objeto e do foco do espelho côncavo são positivas e a distância da imagem virtual é negativa.

- Imagem virtual em espelho convexo:

$$d_o = S; d_i = -S'; f = -R/2$$

A distância do objeto é positiva e as distâncias da imagem virtual e do foco do espelho convexo são negativas.

A distância ótica de imagens virtuais é negativa, assim como a distância focal de

espelhos convexos. Nos três casos estudados, temos o que se chama de um objeto real para o qual a distância ótica é positiva. Não elaboraremos aqui esse conceito em mais profundidade, mas só notaremos que um objeto é real se, no mesmo sentido que uma imagem é real, a luz vem de onde parece vir. No caso do objeto virtual, que nessa convenção é representado por uma distância ótica negativa, como a imagem virtual, a luz também não vem de onde parece vir.

Em termos das distâncias óticas definidas como acima, podemos escrever finalmente a equação de Gauss em todo seu pleno significado:

$$\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} \quad (17)$$

4 | CONCLUSÃO

A análise dos livros texto mostrou que nenhum dos autores apresenta uma demonstração matemática formal da convenção de sinal utilizada no estudo da formação de imagens em espelhos esféricos. Entretanto, como vimos aqui, essa demonstração está bem ao alcance dos alunos, podendo ser apresentada na forma de exercício (obtenção da equação para imagem virtual em espelho côncavo) e discussão sobre simetrias e a extensão de conceitos para unificar em uma mesma forma de expressão os resultados obtidos em situações diferentes.

REFERÊNCIAS

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos da Física, volume 4: Óptica e Física Moderna**. Tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

KELLER, Frederick J.; GETTYS, W. Edward; SKOVE, Malcolm J. **Física, volume 2**. Tradução: Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1999.

LIMA, Niels Fontes. **Applet “EspelhoEsferico”**. Salvador: IFBA, 2017.
Disponível em <http://www.ifba.edu.br/fisica/nfl/fis215/EspelhoEsferico17/EspelhoEsfericoForaDoEixoV17.html>

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica – vol. 4**. São Paulo: Blucher, 1998.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.; FORD, A. Lewis. **Física IV: Ótica e Física Moderna**. Tradução: Cláudia Martins. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

ESTUDO DE CONCEITOS DO PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES COM USO DE AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

Diovana Santos dos Santos Habermann

Universidade Federal do Pampa – Campus
Dom Pedrito, Curso de Ciências da Natureza –
Licenciatura
Dom Pedrito – RS

Franciele Braz de Oliveira Coelho

Universidade Federal do Pampa – Campus
Dom Pedrito, Curso de Ciências da Natureza –
Licenciatura
Dom Pedrito – RS

RESUMO: A manifestação das dificuldades ligadas ao processo de ensino e de aprendizagem atinge os diferentes níveis de ensino e componentes curriculares, dentre estes a Física. Este trabalho propôs a utilização de um ambiente virtual de aprendizagem (AVA), buscando contemplar as múltiplas inteligências dos estudantes, proporcionando a estes, formação integral, a fim de se construir o conhecimento a respeito da temática trabalhada. A pesquisa teve como objetivo analisar as contribuições do uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na abordagem de conceitos relacionados ao Princípio de Arquimedes em um curso de Ciências da Natureza - Licenciatura. A aplicação proporcionou uma interação de acadêmicos por meio do método Instrução aos Pares. Participaram da pesquisa 26 acadêmicos de graduação, matriculados

em um componente curricular de Física que contempla a Mecânica dos Fluidos. O estudo embasou-se nas ideias de Gardner em relação à Teoria das Múltiplas Inteligências, de Ausubel sobre a aprendizagem significativa e de Peters, Costa, Oliveira entre outros, em relação ao uso das TIC no Ensino. Os dados coletados foram analisados com auxílio da teoria de análise de conteúdo de Bardin (2015). A partir da análise das intervenções realizadas pode-se angariar resultados como: a intimidade dos acadêmicos com a utilização de vídeos no processo de construção do conhecimento, o interesse pelas simulações virtuais e pelos recursos das TIC e o domínio dos conceitos científicos que estas proporcionaram. Além disso, ficou evidente o interesse e motivação demonstrados pelos acadêmicos na utilização das tecnologias em sala de aula.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologias da Informação e Comunicação, Ensino de Física, Hidrostática, Múltiplas Inteligências, Instrução aos Pares.

ABSTRACT: The manifestation of difficulties linked to the teaching and learning process affects the different levels of teaching and curricular components, among them Physics. This work proposed the use of a virtual learning environment (AVA), seeking to contemplate the multiple intelligences of the students, providing

them with an integral formation, in order to build the knowledge about the thematic work. The research had the objective of analyzing the contributions of the use of Information and Communication Technologies (ICT) in the approach of concepts related to the Archimedes Principle in a course of Nature Sciences - Licenciatura. The application provided an interaction of academics through the Instruction to Peers method. Twenty-six undergraduate students enrolled in a curricular component of Physics that includes Fluid Mechanics participated in the study. The study was based on the ideas of Gardner in relation to the Multiple Intelligence Theory, Ausubel on meaningful learning and Peters, Costa, Oliveira among others, regarding the use of ICT in Teaching. The collected data were analyzed using Bardin's theory of content analysis (2015). From the analysis of the interventions carried out, one can gather results such as: the intimacy of academics with the use of videos in the process of knowledge construction, interest in virtual simulations and ICT resources, and the mastery of the scientific concepts they provide. In addition, the interest and motivation demonstrated by the students in the use of the technologies in the classroom.

KEYWORDS: Information and Communication Technologies, Physics Teaching, Hydrostatics, Multiple Intelligences, Instruction to the Peers.

1 | INTRODUÇÃO

Diante das constantes mudanças no contexto educacional, tanto alunos quanto professores, devem estar atualizados com as novas e emergentes tecnologias que se apresentam. Uma vez que, diferentes instituições se utilizam dos computadores e de diversas tecnologias para fins laboristas e educacionais, entre outros, transformando a sociedade na denominada Sociedade da Informação (COSTA, 2001), as tecnologias podem ser utilizadas como auxiliares no processo educacional, possibilitando a construção de conhecimentos em diferentes perspectivas.

Na escola é que se desenvolve o pensamento crítico e racional, o qual pode ser desenvolvido através das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) unificando o conhecimento dos alunos, para que estes visualizem as problemáticas sob diferentes perspectivas (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004). As ferramentas das TIC podem ser incluídas no ensino, favorecendo a comunicação, a exploração de imagens, de gráficos, otimizando o tratamento de informações e favorecendo o uso de simulações. Tal inserção, deve sempre obedecer às faixas etárias do público-alvo. Segundo Lima, Baumgarten e Teixeira (2007), as TIC possuem grande potencial em relação ao contexto educacional, podendo contribuir com a construção do conhecimento, considerando-se, as informações disponíveis nestes recursos e o desenvolvimento das habilidades da cooperação e da colaboração, possibilitando a construção de uma aprendizagem significativa.

A presente pesquisa fez uso de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), que trata-se de um recurso que visa propiciar:

[...] de maneira integrada e virtual (1) o acesso à informação por meio de materiais didáticos, assim como o armazenamento e disponibilização de documentos (arquivos); (2) a comunicação síncrona e assíncrona; (3) o gerenciamento dos processos administrativos e pedagógicos; (4) a produção de atividades individuais ou em grupo (PEREIRA, 2007, p. 07).

No estudo de conceitos relacionados às componentes curriculares de Física, mais precisamente em Mecânica dos Fluidos, se faz necessário estabelecer diferentes perspectivas dentro deste determinado assunto, explorando as diferentes potencialidades e tipos de inteligências dos educandos. Há necessidade de se buscar facilitadores para a construção do conhecimento em Física, motivando os estudantes no estudo dos ramos que compreendem a Física. Uma possível alternativa seria o professor explorar diferenciados recursos, buscando atingir as múltiplas inteligências existentes em uma turma, neste caso, explorada por diferentes objetos de aprendizagem (OA) presentes em um AVA.

Outro fator levado em consideração nesta pesquisa foi à escolha dos participantes, acadêmicos de um Curso de Licenciatura, visto a importância do domínio das tecnologias por futuros professores, com o intuito de aplicarem as mesmas, futuramente, em suas práticas pedagógicas, auxiliando seus alunos na assimilação e desenvolvimento de conceitos físicos. Ainda conforme as diretrizes que orientam os cursos de licenciatura plena, a etapa de formação docente inicial deve garantir um “[...] projeto formativo que assegure aos estudantes o domínio dos conteúdos específicos da área de atuação, fundamentos e metodologias, bem como das tecnologias” (BRASIL, 2015, p. 09).

A pesquisa teve o objetivo de analisar as contribuições do uso de TIC na abordagem de conceitos relacionados ao Princípio de Arquimedes em um curso de Ciências da Natureza – Licenciatura. O estudo teve como **problema de pesquisa** a seguinte questão: “De que forma os AVAs podem colaborar com o estudo de conceitos relacionados ao Princípio de Arquimedes?”. Com seu desenvolvimento, espera-se contribuir com a literatura da área de TIC e Ensino de Física, favorecendo o desenvolvimento de práticas pedagógicas mediadas por estas ferramentas, o que poderá colaborar com a formação docente inicial e continuada de professores de Física e de Ciências da Natureza.

2 | APRENDIZAGEM MEDIADA POR TECNOLOGIAS

A teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel (1963) é amplamente utilizada no contexto educacional, destacando-se no que se refere ao rompimento de paradigmas referentes às atuais práticas de ensino e com isto, a inserção das tecnologias no planejamento escolar, torna-se um recurso neste cenário. Neste sentido, a aprendizagem significativa ocorre, quando o aluno consegue fazer conexões entre os conhecimentos já adquiridos (subsunçores ou ideias âncora) e os novos conceitos

aprendidos, modificando assim, os esquemas que possuía (AUSUBEL, 2003).

Moreira (2012) caracteriza a Aprendizagem Significativa como uma:

[...] interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (p.2).

Ressalta-se, portanto que a aprendizagem significativa exige do estudante uma postura proativa, ou seja, que este se interesse pela aprendizagem da temática determinada. Atualmente, vivencia-se a denominada sociedade da informação, com isto, surgem diferentes perspectivas relacionadas ao pensamento e as práticas, ação e comunicação, respeitando-se as heterogêneas formas de agir e pensar de acordo com a realidade singular de cada indivíduo. Em uma sociedade moderna, tais hábitos se transformam em maneiras de construir conhecimentos através de diferentes instrumentos, sejam eles um computador, um *smartphone* ou a televisão e estes conhecimentos, podem ir ao encontro às necessidades de estudantes proporcionando uma construção de aprendizagem significativa.

Percebe-se que ao utilizar as tecnologias no contexto educacional busca-se propiciar uma modernização no processo de ensino transformando o ensinar e o aprender em um momento mais prazeroso, eficiente e proveitoso para a vida do estudante, por meio de uma ação produtiva para a condição atual (LOVATTE; NOBRE, 2011).

Através das TIC, os estudantes têm acesso a uma gama de informações expostas em diferentes contextos, sejam eles de sua realidade ou não, com isto, surgem os saberes científicos recheados de conceitos que adentram o processo educativo. Assim, as TIC constituem uma importante ferramenta, que pode vir a auxiliar o docente na difícil tarefa de apresentar os conceitos científicos, interligando-os à realidade do indivíduo e conduzindo a uma aprendizagem significativa. Para a inserção dos recursos das TIC no contexto educacional, cabe ao docente administrar o trabalho com o aluno, transformando-o em protagonista da própria aprendizagem e norteando os saberes necessários para o momento. Com isto, surgem os diferentes Objetos Virtuais de Aprendizagem (OVA) que constituem ferramentas úteis para prática pedagógica em sala de aula, de forma presencial ou à distância.

3 I AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

Entende-se o Ambiente Virtual de Aprendizagem – AVA, apesar de diferentes definições disponíveis, como uma ferramenta acessível por meio *on-line*. A qual Dillenborg e Teixeira (2011) classificam como uma “[...] sala de aula presencial física para o meio *on-line*” usufruindo de “[...] tecnologias adequadas para propiciar aos

aprendizes novas ferramentas que facilitem a aprendizagem”.

De acordo com Ribeiro; Mendonça; Mendonça (2007) Ambientes Virtuais de Aprendizagem tem a capacidade de fornecer aos seus usuários:

[...]ferramentas a serem utilizadas durante um curso, para facilitar o compartilhamento de materiais de estudo, manter discussões, coletar e revisar tarefas, registrar notas, promover a interação entre outras funcionalidades. Eles contribuem para o melhor aproveitamento da educação e aprendizagem (p.4).

Sendo assim, AVA traduz-se como alternativa interessante tendo como propósito mediar o processo de ensino aprendizagem levando em consideração as mídias existentes. Ressalta-se que um AVA adequado, deve ser conduzido e criado considerando-se alguns critérios, para que sua funcionalidade seja produtiva e enriquecedora para ambos os usuários, neste caso professor e aluno.

O Fórum é uma ferramenta essencial em um AVA, o qual visa proporcionar o debate de dúvidas, bem como, comentários entre os indivíduos conectados e interessados pelas temáticas do Ambiente, discutidas com os criadores do mesmo e com outros usuários. Deste modo, conforme Leite (2006) “[...] os fóruns permitem avaliação quantitativa ou qualitativa de cada mensagem e podem ser criados critérios diferenciados de avaliação, lembrando-se que o seu sucesso depende muito do tipo de mediação”. Ou seja, tal ferramenta necessita ser mediada e pode sim, contribuir para uma avaliação do estudante, conforme critérios adotados pelo docente em sua prática.

Conforme Pereira (2007) AVAs são mídias que se utilizam de um espaço “*ciberespaço*” para difundir argumentos, promovendo certa relação entre os personagens atuantes no processo. Estes argumentos são difundidos através de ferramentas, as quais visam promover uma aprendizagem significativa dentre elas, podemos salientar os próprios *blogs*, portfólios eletrônicos, *wikis*, vídeos presentes no *YouTube*, entre outros.

Outros recursos disponíveis na rede, também oportunizam a criação de AVAs pelos docentes, dentre estes destacam-se: o *Google Sala de Aula*, as redes sociais como o *Facebook*, que permite a criação de páginas e grupos que podem ser organizados para fins educativos, os *Blogs*, o *Google Site*, dentre outros. Quanto ao *Google Site*, este é um serviço gratuito e funcional, uma vez que permite a criação de um site de uso por tempo indeterminado em que se pode anexar ferramentas potenciais para os fins necessários. Dentre os benefícios, além da gratuidade, encontram-se a facilidade de criação uma vez que esse processo torna-se autoexplicativo, a facilidade de anexar documentos vindos do *Google Drive*, *Youtube* e da própria plataforma *Google*, a criação e incorporação de fóruns a partir do *Google Groups*, dentre outras vantagens.

No Ensino de Física os AVAs podem beneficiar a construção do conhecimento por parte dos estudantes, através da abordagem e discussão de temáticas do cotidiano. Utilizando-se de diferentes ferramentas que podem estar disponíveis em

um AVA, existe a possibilidade de demonstração com mais facilidade de temáticas de visualização mais abstrata, o que por vezes torna-se inalcançável através de outros recursos como, por exemplo, os livros didáticos (SILVA; GERMANO; MARIANO, 2011). Desta forma, os estudantes poderão usufruir desta ferramenta utilizando-a conforme suas necessidades e ritmos de aprendizagem, levando em consideração as múltiplas inteligências pertinentes a cada indivíduo e evitando a memorização por curto prazo e sobrecarga cognitiva.

4 | ENSINO DE FÍSICA E AS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Conforme discutido nas seções anteriores, as ferramentas das TIC podem agregar qualidade ao processo de ensino e de aprendizagem nas diversas áreas do conhecimento. No Ensino de Física, os recursos das TIC contribuem para o entendimento de conceitos abstratos e distantes do cotidiano dos estudantes, A inserção destes recursos no trabalho de sala de aula, necessita estar aliada à adoção de metodologias de ensino que proporcionem sua exploração adequada, otimizando o estudo de conceitos envolvendo fenômenos da Física.

De acordo com Gobara e Garcia (2007):

Em um estudo realizado sobre o ensino de física no Brasil [2] verificou-se que alguns dos problemas “atuais” do ensino de física sempre se fizeram presentes: ensino expositivo, geral, superficial e baseado na memorização e excessiva dependência dos manuais didáticos. Outros se originaram a partir da “popularização” do ensino público, iniciada na Era Vargas e consolidada no período militar: número insuficiente de aulas, má formação dos professores e má estrutura das escolas (p. 519).

Acredita-se, portanto, que as dúvidas não sanadas nesta época de escolarização e na própria formação profissional em cursos de Licenciatura serão perpetuadas através dos tempos e repassadas para seus alunos. Para a Física, encontram-se disponíveis diferentes ferramentas com o intuito de aperfeiçoar o ensino da área, tais como: *web* conferências, videoaulas, teleconferências, vídeos, animações, jogos, entre outros. Medeiros e Medeiros (2002) fazem uma análise das simulações computacionais no Ensino de Física verificando suas expectativas de aplicação bem como suas implicações no ensino.

4.1 Estudo do Princípio de Arquimedes e o AVA

A pesquisa desenvolvida teve abordagem qualitativa, sendo classificada como estudo de caso. Neste estudo, a coleta de dados ocorreu pela aplicação de questionários mistos, compostos de questões que forneceram respostas abertas e respostas fechadas. O questionário foi incluído ao AVA, em forma de pré e pós-teste, em que este último, teve seu desenvolvimento ao longo das intervenções. Os testes buscaram identificar os conhecimentos dos participantes em relação ao conteúdo do

Princípio de Arquimedes e suas aplicações. Este instrumento é definido por Gil (2007) como “[...] um conjunto de questões que são respondidas por escrito pelo pesquisado” (p. 114).

Buscou-se com este instrumento investigar as interações de uma situação de ensino mediada pelo uso de ambiente virtual de aprendizagem (AVA) e suas contribuições no processo de aprendizagem de conceitos de Física, bem como, verificar a colaboração do uso de um AVA na construção da aprendizagem de estudantes, por meio da utilização da metodologia de ensino “Instrução aos pares”.

O quadro 1 apresenta as inteligências possíveis de serem exploradas através das atividades disponibilizadas no AVA.

INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS – APLICAÇÃO		
TIPO DE INTELIGÊNCIA	CONCEITO	APLICAÇÃO
Inteligência Linguística	Ler, escrever e se comunicar.	Debate e respostas a questionamentos.
Inteligência Lógico-Matemática	Raciocínio lógico e abstrações	Resolução de cálculos e problemas matemáticos.
Inteligência Espacial	Visualização de formas, orientação, localização e equilíbrio.	Simulações e compreensão de esquemas e desenhos.
Inteligência Musical	Compor, executar e perceber a música.	Leitura de Vídeos e sons.
Inteligência Corporal e Sinestésica	Usar ferramentas através de habilidades motoras	Simulações e experimentos.
Inteligência Intrapessoal	Compreender e gerenciar os próprios sentimentos.	Identificação das próprias necessidades, autoconhecimento.
Inteligência Interpessoal	Capacidade de trabalhar em grupo, compreender circunstâncias e interpretar gestos, objetivos e metas.	Vídeos e debate.
Inteligência Naturalista	Capacidade de detectar, diferenciar e categorizar as questões relacionadas com a natureza.	Compreensão de fenômenos.

Quadro 1 - Inteligências Múltiplas - Aplicação

Fonte: Autoras da pesquisa (2018)

A análise de dados desta pesquisa será embasada em Bardin (2015), seguindo a metodologia de análise de conteúdo, a qual possui as seguintes etapas:

- 1 - Pré-análise: escolha de documentos, formulação das hipóteses e elaboração de indicadores;
- 2 - Codificação: transformação dos dados, unidades de registro, unidades de

contexto; 3 - Categorização: criação de sistemas de categorias;

4 - Análise: interpretação, conclusões.

Nesta pesquisa os dados obtidos foram codificados e categorizados da seguinte forma:

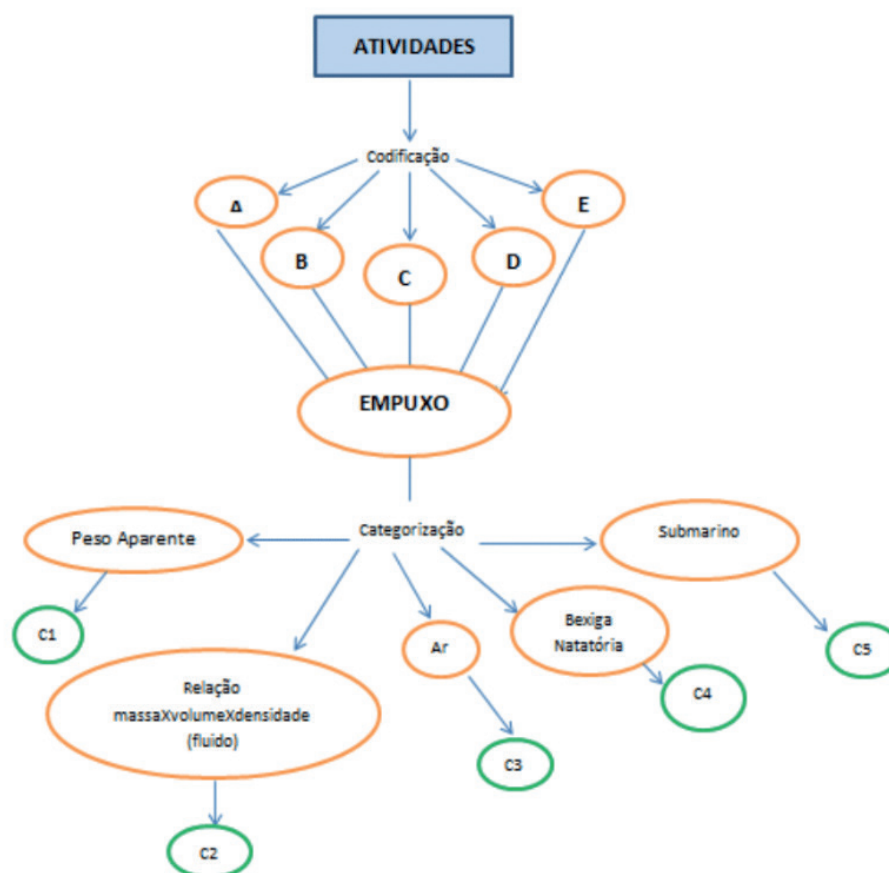


Figura 1 – Organização das categorias e codificação dos resultados da pesquisa.

Fonte: Autoras da pesquisa (2018)

Em relação à metodologia adotada para a aplicação deste estudo, foi utilizado o método apresentado por Eric Mazur (1997), intitulado de *Peer Instruction*, ou traduzido para o português, “Instrução aos Pares”. O presente método trata de exposições, em forma de diálogo, realizadas pelo docente as quais conferem um tempo aproximado de 15 minutos. Logo após, são lançados questionamentos ao grande grupo, envolvendo o que foi anteriormente comentado pelo docente. Passado um tempo pré-determinado, suficiente para a reflexão dos alunos acerca das questões, as quais são compostas de múltipla escolha, o professor solicita que a turma por inteiro escolha uma dentre as opções de respostas (MAZUR, 1997).

Assim, o docente tem a possibilidade de verificar se os estudantes compreenderam ou não a temática tratada na exposição dialogada. Vale ressaltar que com este método o professor tem a possibilidade de dar continuidade à aula ou retomar o assunto, anteriormente tratado, por outra perspectiva. Caso o percentual de acertos e erros fique por volta de (35%) a (70%), o professor deve solicitar que os alunos,

que responderam corretamente, discutam com os alunos que responderam de forma incorreta, mais precisamente em duplas ou até mesmo em pequenos grupos, para um melhor andamento do diálogo, instituindo o método de “Aprendizagem pelos Pares”. Logo após realiza-se o questionamento novamente. Este processo se repete até que a maioria dos estudantes assimile os conceitos e responda corretamente (MAZUR, 1997).

A realização das intervenções deu-se em parceria entre o docente do componente curricular e o pesquisador. Na realização das intervenções a utilização da metodologia de Instrução aos Pares foi direcionada pelo docente da turma em que as questões eram respondidas através do AVA elaborado para realização desta pesquisa. Tais questões correspondiam ao pós-teste e eram averiguadas pelo pesquisador. A exposição dialogada era realizada após a efetivação das tarefas presentes em cada “aba do site”, uma vez que cada uma destas tratava de um assunto pertinente a temática do Princípio de Arquimedes.

Caso as respostas, as quais eram verificadas através do site pelo pesquisador, não atingisse o percentual de acertos considerado satisfatório era instituído o método. Os acadêmicos reuniam-se em pequenos grupos e assim realizava-se a discussão da temática apresentando suas visões e interpretações do assunto. Após este momento o docente da Componente novamente realizava o questionamento a fim de obter índices satisfatórios o que novamente era verificado através das respostas no Ambiente Virtual de Aprendizagem.

Com relação ao instrumento de aplicação, apresenta-se o *site* “Estudando o Princípio de Arquimedes”, elaborado através da plataforma *Google Sites*. A escolha desta plataforma para a criação do *site* se deve a alguns fatores dentre eles a simplicidade na criação do ambiente com um roteiro de criação autoexplicativo, comodidades quanto a inserção de conteúdos, vídeos, textos, imagens e simulações, plataforma disponível de forma gratuita e com acesso facilitado através de uma conta *Gmail*, dentre outras competências.

Quanto à criação do referido ambiente, buscou-se utilizar uma linguagem clara e objetiva para o propósito da pesquisa. O presente *site* contou com oito abas de inserção de conteúdos organizadas conforme quadro abaixo.

Aba do site	Conteúdos por Aba
Aba 00 - Página Inicial	Mensagem de boas vindas e apresentação do propósito do <i>Site</i> .
Aba 01 - Questionário Inicial	Presença de pré-teste a respeito da temática do Princípio de Arquimedes composto por cinco questões dissertativas.
Aba 02 - Atividade A	Imagem de Iceberg, vídeo “Estados Físicos da Matéria – Por que o gelo flutua na água?” e pós-teste (questão nº 01).
Aba 03 - Atividade B	Simulador “Flutuabilidade”. Roteiro da simulação, Questões a serem respondidas através da prática no simulador, pós-teste (questão nº 02).

Aba 04 - Atividade C	Vídeo “Como funcionam os balões de ar quente na história da baloagem” e pós-teste (questão nº 03).
Aba 05 – Atividade D	Redirecionamento ao <i>site</i> , Eu quero Biologia, para tratar da bexiga-natatória dos peixes, Vídeo “Bexiga Natatória – Vertebrados – Biologia” e pós-teste (questão nº04).
Aba 06 – Atividade E	Experimento do Ludião (gravação de vídeo com a explicação do experimento).
Aba 07 – Fórum	Fórum interativo para postagem das respostas das questões da aba 03, do vídeo do experimento solicitado na aba 06, para discussão sobre a temática, acadêmico x acadêmico e acadêmico x docente e para avaliação da ferramenta bem como dos objetivos nela inseridos unidos a prática e metodologia utilizadas.

Quadro 02 – Organização do *site*

Fonte: Autoras da pesquisa (2018).

5 | RESULTADOS

Após a aplicação do pré-teste, disponibilizado no AVA, verificou-se que o conhecimento prévio dos acadêmicos sobre o Princípio de Arquimedes não foi consistente referindo-se ao conceito científico correto. Estes resultados iniciais forneceram subsídios para a realização da intervenção ocorrida, uma vez que se busca ampliar o conhecimento dos estudantes a respeito da temática do empuxo, interligando estes conceitos com a realidade destes indivíduos. De acordo com Moreira (2006) o conhecimento prévio dos estudantes, também chamado de senso comum, atua na construção dos novos conhecimentos, o que independe dos modelos teóricos adotados. Portanto, o conhecimento prévio é fator que intervém na aprendizagem, uma vez que, o que se apresenta condiz com os assuntos tratados no referencial teórico desta pesquisa, pois, embora as questões elencadas com o intuito de verificar os conhecimentos do público sejam de fácil interpretação e com conceitos pertencentes ao cotidiano dos mesmos, estes não compreendem e/ou não conseguem explicar devido a não identificação dos conceitos científicos como pertencentes ao seu contexto.

Após o pré-teste, deu-se início a intervenção no contexto da pesquisa. Na aba 02, estavam presentes as seguintes ferramentas disponibilizadas no AVA: vídeo intitulado “Estados Físicos da Matéria - Por que o gelo flutua na água?” e o questionário da atividade A, referente a questão nº 01 do pré-teste. Tais recursos visaram favorecer principalmente a inteligência interpessoal destacada pela Teoria das Inteligências Múltiplas de Gardner. Os acadêmicos foram instruídos a responderem a questão presente nesta aba, referente ao pós-teste o qual foi dividido para melhor organização das unidades presentes no AVA.

A partir das respostas coletadas nesta etapa percebeu-se grande apropriação dos conhecimentos sobre a questão explicitada em que ficou evidente o conceito de fluabilidade. Na questão citada, a fórmula molecular da água e sua organização

hexagonal enquanto em estado sólido, permite a ocorrência do fenômeno. Além disso a água é única que em estado sólido é menos densa que em estado líquido vindo a flutuar com maior facilidade.

Neste momento ocorreu a explanação referente ao método de Instrução aos Pares, utilizado como metodologia de ensino da intervenção. A partir da explanação, realizada pelo docente. Como nesta questão, apenas cinco das 26 respostas coletadas apresentaram conceitos discutidos de forma equivocada ou incompletos, totalizando 19, 23% de percentual de erro, não se fez necessário instituir o método de Instrução aos Pares nesta etapa da aplicação. De acordo com a verificação dos resultados ficou evidente a familiaridade dos acadêmicos com o uso de vídeos ou videoulas, ou seja, percebeu-se que estes já estão acostumados a utilizar tal recurso em suas rotinas de estudos.

Quanto à aba 03, a qual tratou dos conceitos de fluabilidade x massa x volume, estavam disponibilizadas as seguintes ferramentas: Simulador de Flutuabilidade “Intro e Parque da Flutuabilidade”, roteiro de simulação e formulário da atividade B. Ressalta-se que tais recursos visaram contribuir com as inteligências: lógico-matemática, espacial, corporal e cinestésica e naturalista, através da simulação e da resolução dos cálculos solicitados no roteiro da mesma. Neste momento, os acadêmicos apresentaram algumas dificuldades quanto ao entendimento do roteiro. O docente foi chamado a fornecer explicações a respeito do andamento da atividade com o uso da simulação. Ao realizar as atividades propostas no roteiro, os estudantes deveriam postar seus resultados no fórum do AVA. Após análise destes resultados, percebeu-se que não houve transposição dos seus conhecimentos sobre o empuxo nas atividades propostas pelo roteiro, em que muitos não conseguiram executar todas as etapas com exatidão.

Logo após o uso da simulação virtual, os acadêmicos direcionaram-se ao formulário da atividade B, a fim de responderem a seguinte questão: “Explique como um navio de milhares de toneladas permanece flutuando sem afundar”. Através deste formulário obteve-se maior parte das respostas relacionando a fluabilidade do navio com seu volume e densidade. Cabe ressaltar, que os estudantes não conseguiram, em sua maioria, expressar o conceito científico conforme literatura, como se observa nas respostas abaixo:

A4 - *“porque o material é volumoso e menos denso”.*

A21 - *“Por que a fluabilidade é maior que a densidade da água”.*

O percentual de erro nesta etapa da aplicação atingiu 86,37% o que demonstrou a necessidade de instituir o método de Instrução aos Pares - *Pear Instruction*. Após a verificação dos erros e acertos por parte dos estudantes, foram disponibilizados 15 minutos para discussão entre os acadêmicos, os quais se organizaram em duplas e/ou trios a fim de verificar os conceitos e as ideias em si. Neste momento, a metodologia de

instrução aos pares contribui para o desenvolvimento das inteligências interpessoal e linguística, favorecidas por meio do debate que institui o método. Logo após, o docente realizou uma nova exposição sobre o assunto e foram verificados novos índices de acertos/erros em que se apresentaram os seguintes resultados:

A12 - *“Um navio de milhares de toneladas permanece flutuando porque sua estrutura faz com que ele seja menos denso que a água e assim não afunde”.*

A22 - *“Porque a densidade é menor que a água. A massa do navio se espalha por toda sua área acabando por ser menor que a água”.*

Desta forma, verifica-se grande evolução nas respostas dos acadêmicos com relação aos conceitos que envolvem o fenômeno uma vez que, para o navio flutuar é necessário que parte dele esteja dentro da água, assim, o lugar que ele ocupa deslocará certa quantidade de água, que corresponderá ao volume do navio. Para haver flutuação é necessário que o empuxo seja igual ao peso do navio, para que se igualem ou anulem (AVANCINI, 2003). Além disso, o conceito de massa específica, representado pela razão entre massa e volume, apresenta que ao aumentarmos o volume, obtém-se massa específica menor. Desta forma, evidencia-se matematicamente a influência do volume de um objeto e sua relação com a massa específica (inversamente proporcionais).

Ainda assim, acredita-se que nesta etapa a simulação virtual não colaborou de forma positiva para a construção da aprendizagem por parte dos estudantes. Porém, o uso de simulações traz benefícios ao processo de construção do conhecimento, conforme destacam Tversky et al (2002), ressaltando que ao utilizar as simulações o estudante consegue controlar como se dará sua aprendizagem e de que forma isto irá acontecer, podendo ver e rever etapas e escolher a ordem das mesmas, a forma e velocidade com que estas acontecem, visualizando a evolução do fenômeno.

Na segunda intervenção com os acadêmicos, estes foram encaminhados mais uma vez ao laboratório de informática onde novamente foram disponibilizados computadores conectados a *internet*. Neste momento os acadêmicos acessaram novamente o AVA “Estudando o Princípio de Arquimedes” reiniciando a intervenção e sua interação com os objetos virtuais de aprendizagem dispostos na aba 05, a qual tratava da temática da bexiga-natatória dos peixes.

A aba 05 era composta pelos seguintes recursos: Acesso ao site “Eu quero Biologia”, vídeo - “Bexiga Natatória - Vertebrados” e Pós-teste. Para este momento os estudantes foram instruídos a lerem o material disponível no *site*, coletarem informações que julgassem necessárias e ainda discutirem estas informações com seus colegas na forma de debate ou simples troca de ideias e informações estimulando principalmente a inteligência linguística, tipo de inteligência múltipla elencada por Gardner (1995) a partir de sua teoria.

Logo após a interação ocasionada pela troca de ideias entre os estudantes, estes

assistiram o vídeo explicativo sobre a função da bexiga-natatória dos peixes, o que neste momento além de trabalhar a área da Física, também abordou conceitos relacionados à Biologia, tratando o assunto de forma interdisciplinar. A interdisciplinaridade é evidente principalmente em componentes curriculares ligadas às Ciências Naturais, visto que é comum que um assunto esteja presente não somente na Física, como na Biologia e na Química e ao tratar este assunto, fez-se necessário se utilizar da interdisciplinaridade. Por fim, para concluir a temática da aba 05 os estudantes responderam ao questionamento “Qual a relação da bexiga natatória dos peixes e sua flutuabilidade?”.

A partir das respostas percebeu-se um percentual de erros de 30, 76% o que levou a intervenção da metodologia de Instrução aos Pares. Novamente os estudantes se organizaram em duplas e/ou trios com o intuito da troca de ideias e debate de informações a respeito do assunto. Após este debate, o docente realizou uma nova explanação a respeito das diferenças de flutuabilidade existentes entre os peixes ósseos e cartilagosos, levando os acadêmicos a responderem novamente o questionamento. Desta forma, angariamos respostas mais completas e explicativas sobre a temática, como por exemplo:

A22 - “A bexiga-natatória é um grande saco associado ao sistema digestório que ocupa a região dorsal, é um órgão hidrostático que acumula os gases O₂, CO₂, N₂, a flutuabilidade do peixe altera a densidade do animal pela absorção dos gases pelo sangue, em grandes profundidades o gasto de energia é maior a pressão aumenta e a bexiga vai ficar comprimida, com volume menor, em profundidades menores a pressão fica menor alterando a densidade do animal começa a flutuar, sua principal função é a flutuação do animal.”

A partir da verificação das respostas e da interação entre os estudantes e uma maior explanação após a interferência ocasionada pela metodologia de Instrução aos Pares, ficou evidente o interesse sobre o assunto, uma vez que após todo o processo angariamos respostas com maior rigor científico. Evidenciando todos os fatores que influenciam o funcionamento da bexiga-natatória dos peixes e a diferenciação dos mecanismos existentes entre os peixes ósseos e cartilagosos.

A aba 06 do AVA (Figura 2), referiu-se a uma atividade à distância, em que foi apresentada a imagem do experimento Ludião ou Submarino, como também é conhecido.

Vamos colocar a mão na massa!

Você irá confeccionar o experimento disponível logo abaixo. Também irá gravar um vídeo explicando o denominado experimento e seus conceitos científicos traçando um paralelo com a temática estudada. Para isto, você poderá buscar informações em outras fontes além deste AVA.

Logo após, poste o vídeo neste Ambiente Virtual. Quaisquer dúvidas utilize o fórum deste Ambiente para comunicação com professores e colegas.

Bom trabalho!

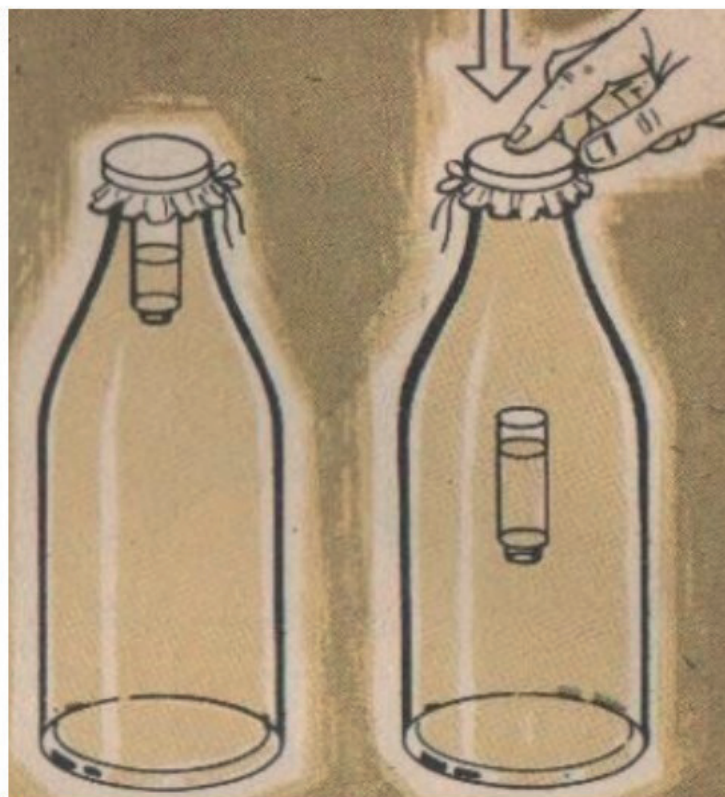


Figura 2 – Aba 06 do AVA

Fonte: Autoras (2018).

Através desta atividade, foi possível explorar três tipos de inteligência de Gardner (1995), a interpessoal - uma vez que como futuros docentes estes deveriam buscar didaticamente uma maneira de fácil entendimento dos espectadores do vídeo. A linguística - devido a expressão e comunicação a ser utilizada no vídeo. E, a Visual-Espacial - devido ao posicionamento perante a gravação do vídeo, a demonstração do experimento e a disposição e preparo do material a ser apresentado no vídeo. Porém, faz-se necessário ressaltar que as múltiplas inteligências se complementam e interagem entre si, ou seja, podem ser trabalhadas juntas e ao mesmo tempo mais de uma inteligência e outras além das elencadas acima através dos mesmos recursos.

Com esta atividade os estudantes evidenciaram domínio dos conceitos científicos a respeito do experimento, além disso, foi nítida a familiaridade destes com o uso do vídeo a fim de transmitir ideias e apresentar a explicação da temática. Conforme afirma Pereira (2008) os vídeos sejam eles didáticos ou videoaulas, são um recurso de suma importância no que se refere ao auxílio disponibilizado ao docente da área da Física, com o intuito de ofertar aos estudantes um melhor entendimento dos fenômenos tratados.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa foi pensada de forma a estabelecer relação das TIC com o processo de formação docente, abrangendo o trabalho com conceitos científicos do Princípio de Arquimedes juntamente com as tecnologias, através de um AVA, em prol da construção dos conhecimentos da área da Física de forma significativa e levando em consideração a Teoria das Múltiplas Inteligências.

Destaca-se a colaboração do AVA para a aprendizagem dos alunos os quais relatam no fórum do AVA, que tais recursos tornam a Física menos maçante e de simples compreensão. Outro fator a ser considerado se deve a interação entre os acadêmicos, momento rico para a aprendizagem ocasionado através da troca de conhecimentos e informações.

Com este trabalho, a partir dos resultados coletados através da criação e intervenção a partir do AVA e dos recursos nele disponibilizados, desenvolveu-se um ambiente de aprendizagem de forma interativa envolvendo questões de simples entendimento para domínio do tema. Desta forma, considera-se uma experiência significativa usufruir deste tipo de recurso o qual visa auxiliar não somente o estudante mas também o docente durante o processo de ensino e de aprendizagem. É evidente a importância do docente neste desenvolvimento, que vai desde a escolha dos recursos, metodologia e forma de aplicação até a intervenção em si, de forma a auxiliar o estudante na construção da aprendizagem. Desta forma, o professor deve ser um formador, um guia no processo de familiarização dos estudantes com as TIC, deixando o protagonismo para o aluno, que deve ser um sujeito proativo.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003

AVANCINI, M. B. **Por que os navios flutuam e os submarinos afundam?** Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20032/Margaret/porque_os_navios_flutuam_e_os_su.htm>. Acesso em 25 jun 2018.

BRASIL. Lei 9394/96 – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 25 Mar. 2018.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2015.

CACHAPUZ A. PRAIA, J. JORGE, M. **Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências**: um repensar epistemológico. Revista Ciência & Educação, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

COSTA, F.A. **A propósito da democratização do acesso à Internet pelas escolas**. Tecnologias em Educação. Estudos e investigações. ACTAS DO X COLÓQUIO: 135-145. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2001.

DILLENBURG, D.J., TEIXEIRA, A.C. **Uma proposta de avaliação qualitativa em ambientes virtuais de aprendizagem**. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), 22., 2011. Aracaju. Anais. 2011.

GARDNER, H. **Inteligências Múltiplas: A Teoria na Prática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.

GOBARA, S. T.; GARCIA, J. R. B. **As licenciaturas em física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, [s.l.], v. 29, n. 4, p.519-525, 2007

LEITE, M. T. M. O ambiente virtual de aprendizagem Moodle na prática docente: conteúdos pedagógicos. UNIFESP, 2006. Disponível em: http://www.pucrs.br/ciencias/viali/tic_literatura/artigos/ava/textomoodlevirtual.pdf Acesso em: 01 abr. 2018.

LIMA, G. BAUMGARTEN, M. TEIXEIRA, A. N. Sociedade e conhecimento: novas tecnologias e desafios para a produção de conhecimento nas Ciências Sociais. Sociedade e Estado, Brasília, v. 22, n. 2, p. 401- 433, maio/ago.2007.

LOVATTE, E.P., NOBRE, I. **A importância do uso de recursos computacionais na educação do século XXI**. In: NOBRE, I.A.M. [orgs]. Informática na educação: um caminho de possibilidades e desafios. Serra, ES: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2011.

MAZUR, E. **Peer instruction: A user's manual**. Upper Saddle River, N. J. Prentice Hall, 1997.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. de. **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física**. *Rev. Bras. Ensino Fis.* [online]. 2002, vol.24, n.2, pp.77-86.

MORAN, J.M. **Propostas de mudanças nos cursos presenciais com a educação online**. 11º Congresso Internacional de Educação a Distância. 2004. Disponível em: http://www.eca.usp.br/prof/moran/site/textos/educacao_online/propostas.pdf. Acesso em 25 de abr 2018.

MOREIRA, A. M. Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica. Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre – RS, 2006. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisaocritica.pdf>

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem Significativa?** Instituto de Física – UFRGS. Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, *Curriculum, La Laguna, Espanha*, 2012. Disponível em: < <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf> > . Acesso em 19 nov 2018.

PEREIRA, A. (Org.). **Ambientes Virtuais de Aprendizagem – em diferentes contextos**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2007.

PEREIRA, M.V. **Da construção ao uso sem sala de aula de um vídeo didático de física térmica**. Cadernos do Aplicação, Porto Alegre, v.21, n.2, 2008.

RIBEIRO, E. N.; MENDONÇA, G. A. A.; MENDONÇA, A. F.; A Importância dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem na busca de novos domínios da EaD. Disponível em: < <http://www.abed.org.br/congresso2007/tc/4162007104526AM.pdf> > Acesso em: maio de 2018

SILVA, J. S., GERMANO, J. S. E., MARIANO, R. S. **SimQuest** – ferramenta de modelagem computacional para o ensino de física. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 1508-1 a 1508-8, 2011.

OLIVEIRA, G. P. (2011). O fórum em um ambiente virtual de aprendizado colaborativo. Retirado de: <http://www.pucsp.br/tead/n2/pdf/artigo3.pdf>.

PETERS, O. **Didática do Ensino a distância**. Rio Grande do Sul: Editora Unisinos, 2001.

TVERSKY, B.; MORRISON, J. e BETRANCOURT; M. (2002). **Animation**: can it facilitate? Int. J. Human-Computer Studies, 57, 247.

METACOGNIÇÃO NO ENSINO PARTICIPATIVO: UMA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DO CALOR

Clayton Ferreira dos Santos

Escola Estadual Santos Dias da Silva,
claytonfisica@gmail.com

Carlos Marcelo Campos de Almeida

Escola Estadual Carlindo Reis,
cm_almeida@hotmail.com

Kátia Regina Varela Roa

Escola Estadual Prof. Mario Manoel Dantas de
Aquino
manoroa@terra.com.br

Miriam Alves Dias Santana

Escola Estadual Deputado Silva Prado
miriamadsantana@hotmail.com

Vera B. Henriques

Instituto de Física Universidade de São Paulo
vhenriques@if.usp.br

RESUMO: Neste trabalho, vamos apresentar e analisar a produção de professores de ciências das redes públicas municipais e da rede estadual do estado de São Paulo no curso de atualização “Tecnologias digitais ampliando o uso de metodologias participativa e metacognitiva em Ciências Naturais”. O curso de férias foi ministrado por um grupo de professores da escola básica e da universidade que desenvolvem pesquisa sobre estratégias metacognitivas para a sala de aula. O foco do curso consistiu em propor um conjunto de atividades voltadas

para o desenvolvimento da metacognição, em um ambiente de ensino participativo, a partir de atividades voltadas para o tema específico da teoria do calor. Alguns autores atribuem um papel crítico da metacognição no sucesso do aprendizado. Inspirados nessa ideia, e levando em conta as propostas de um ensino participativo apresentadas no documento publicado pelo Conselho Nacional de Pesquisas dos EUA, com base na pesquisa das ciências cognitivas, o grupo preparou um ambiente participativo num curso que envolveu atividades experimentais, discussão conceitual e o uso de tecnologia no estudo do calor através de estratégias metacognitivas. O registro da produção dos professores foi efetuado em um blog metacognitivo individual, o qual contendo mapas conceituais, vídeo-aulas e outros registros orais e escritos. Os professores que atuaram como ministrantes foram os próprios pesquisadores, na perspectiva de professor-pesquisador, proposta por Isabel Alarcão.

PALAVRAS-CHAVE: metacognição, ensino participativo e estudo do calor.

ABSTRACT: In this work, we will present and analyze the production of science teachers of the municipal public networks and of the state network of the State of São Paulo in the update course “Digital technologies broadening the use

of participatory and metacognitive methodologies in Natural Sciences”. The holiday course was taught by a group of elementary school and university teachers who develop research on metacognitive strategies for the classroom. The focus of the course was to propose a set of activities focused on the development of metacognition in a participatory teaching environment, based on activities focused on the specific theme of heat theory. Some authors attribute a critical role of metacognition to learning success. Inspired by this idea, and taking into account the proposals of participatory teaching presented in the document published by the National Research Council of the USA, based on cognitive sciences research, the group prepared a participatory environment in a course that involved experimental activities, conceptual discussion and the use of technology in the study of heat through metacognitive strategies. The teachers’ production record was made in an individual metacognitive blog, which contains conceptual maps, video-lessons and other oral and written records. The teachers who acted as lecturers were the researchers themselves, from the perspective of professor-researcher, proposed by Isabel Alarcão.

KEYWORDS: metacognition, participatory teaching and study of heat

INTRODUÇÃO

Neste trabalho apresentamos a produção de professores das redes públicas estadual e municipais do Estado de São Paulo em um curso de atualização voltado para práticas de sala de aula que favoreçam o desenvolvimento da metacognição. O curso contou com 22 participantes, com formação em Ciências Biológicas, Física, Química e Biologia, e ocorreu durante o 12º Encontro USP Escola, na Universidade de São Paulo.

A ideia deste curso nasceu de discussões realizadas pelo grupo de trabalho GT USP-Escola, criado em 2010 por alguns professores do ensino básico e do ensino superior envolvidos com o Encontro USP-Escola. Os Encontros USP-Escola constituem eventos de formação complementar e são realizados duas vezes ao ano, durante as férias escolares, desde 2007. No evento ocorrem diversos cursos simultâneos, com temas e abordagens diversificadas, na busca de responder a demandas atuais da escola básica. Os cursos são acompanhados de palestras, debates, oficinas e mostras de trabalhos de professores do ensino básico, além de outras atividades culturais e de divulgação científica. Nos Encontros, organizados por professores da universidade e da escola, pretende-se propiciar não apenas atualização de conhecimentos, como também a troca de experiências, vivências e práticas educacionais de professores do ensino básico e do ensino superior.

A necessidade dos professores, tanto da escola básica quanto da universidade, de manter o intercâmbio de ideias ao longo do ano letivo, levou à formação de um GT, através do qual está sendo construída uma parceria entre a universidade e a escola. O objetivo do GT é a busca efetiva de um ambiente propício

à aprendizagem. Questões trazidas por professores da escola básica pública, relativas à problemática escolar, tais como indisciplina e desinteresse pelas aulas, levaram à introdução de novos temas nos debates e cursos dos Encontros USP-Escola, relacionados às questões da prática pedagógica (como diferentes possibilidades metodológicas de ensino e estratégias para a sala de aula), às condições de trabalho no ambiente escolar e a possíveis ações para a transformação do ambiente escolar. Os novos temas levaram à necessidade de aprofundar o estudo de possíveis encaminhamentos do trabalho em sala de aula dos professores.

Mais recentemente, uma parte do GT convergiu para a ideia de que a transformação do ambiente na sala de aula exigia uma investigação mais sistemática, por parte dos professores, de sua própria prática. O grupo de leituras e estudos convergiu para uma linha de pesquisa voltada para o professor-investigador de sua própria prática, no espírito proposto por ALARCÃO (2001) e PONTE (2002, 2004), que seguisse três requisitos em prática investigativa: produzir novos conhecimentos, ter uma metodologia rigorosa e ser pública (BEILLERROT, 2001).

Enfocando os estudantes e os problemas de aprendizagem encontrados nas escolas públicas do estado de São Paulo, que envolvem uma questão geral do ambiente de aprendizagem, os professores participantes do novo GT USP-Escola-Pesquisa concluíram que uma possibilidade de transformação da sala de aula estaria no desenvolvimento de uma prática de ensino participativo. Como referencial mais geral sobre uma metodologia de ensino participativo, o grupo encontrou o texto encomendado pelo Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos, “Como as pessoas aprendem: Cérebro, Mente, Experiência e Escola” (BRANSFORD, 2007), sobre a melhor maneira de levar o conhecimento construído no campo das ciências cognitivas para a prática de sala de aula. Segundo esta grande revisão de estudos sobre o “ensinar e aprender”, provenientes de diferentes áreas específicas de conhecimento, foram sugeridos três princípios do aprendizado: a necessidade de levar em conta o conhecimento que o estudante traz para a sala de aula; a necessidade de construir um quadro de conceitos e fenômenos inter-relacionados; e a metacognição, ou a consciência sobre o próprio processo individual de aprendizado, por parte do estudante.

Como parte desta investigação, o GT-Pesquisa vem desenvolvendo, aplicando e analisando resultados da aplicação de sequências didáticas em salas de aula de escolas públicas da grande São Paulo. Com o intuito de debater e dividir tais experiências com professores da rede pública, para auxiliá-los na criação de ambientes de aprendizagem que propiciem a ação dos aprendizes, bem como o diálogo contínuo entre professor e estudantes, e entre os estudantes o grupo se propôs a oferecer o curso “Tecnologias digitais ampliando o uso de metodologias participativa e metacognitiva em Ciências Naturais”.

Na preparação deste curso, o grupo preocupou-se com o desenvolvimento de

um ambiente, no qual o professor pudesse assumir o papel de orientador das atividades que pudessem favorecer: a emergência de conhecimento prévio e de sua relação com o conhecimento “novo”, introduzido pelo professor; a profundidade do conhecimento, em oposição ao conhecimento abrangente, mas superficial; a capacidade de estender a aplicação de novos conhecimentos aos fenômenos extraescolares; a elaboração, por parte dos cursistas professores, de suas próprias perguntas e buscas de conhecimento autodirigidas.

Para a investigação sistemática, entre as várias qualidades que o ensino participativo deve apresentar, o GT escolheu a metacognição, que, segundo Livingston (1997), desempenha um papel crítico no sucesso do aprendizado. Esta se refere ao pensamento em nível superior que envolve controle ativo sobre os processos cognitivos envolvidos no aprendizado: planejamento de abordagem de uma determinada tarefa de aprendizado, monitoramento da compreensão e avaliação do progresso na direção de completar a tarefa tendo um papel crítico no aprendizado.

Metacognição e estratégias de ensino metacognitivas

O estudo acerca da metacognição é relativamente novo, sendo iniciado a partir de 1970, com Flavell (1979, 1987) e Brown (1978). Nos trabalhos de pesquisa que tratam da metacognição, não há uma definição consensual do termo. Entretanto, ela é referida, normalmente, ao conhecimento do próprio conhecimento, à auto-avaliação, à regulação e à organização dos próprios processos cognitivos, que envolvem, quase sempre, as categorias de meta-memória (Flavell e Wellman, 1977), meta-compreensão e auto-regulação.

Nossa principal referência para a introdução da metacognição em sala de aula é o artigo de revisão de Schraw e colaboradores (SCHRAW, 2006), que coloca a metacognição como um de três componentes do aprendizado da auto-regulação e discute estratégias para o desenvolvimento da mesma. Neste sentido, as estratégias de sala de aula necessitam trabalhar os outros dois aspectos de forma integrada. Na *cognição*, o estudante aprende a guardar, memorizar e recuperar informação, na *metacognição* os estudantes compreendem e monitoram seus processos cognitivos e a *motivação* inclui crenças e atitudes que influenciam o uso e o desenvolvimento de habilidades cognitivas e metacognitivas.

Há alguns anos, Ribeiro (2003), Chahon (2006) e Jou e Sperb (2006) aplicaram, na educação, a ideia de metacognição para a transformação dos aprendizes em aprendizes eficientes, através da consciência e do controle dos processos cognitivos. No curso proposto pelos autores, utilizamos a metacognição com o intuito de incentivar os professores-cursistas a tomar consciência sobre: o processo de construção do conhecimento, durante a realização de tarefas; os processos mentais que facilitam essa realização; as estratégias que utilizam para o desenvolvimento das atividades.

Para que seus estudantes desenvolvam a auto-regulação, Schraw e colaboradores (SCHRAW, 2006) propõem que o professor pode utilizar diferentes estratégias, as quais classifica em 6 categorias: o ensino investigativo, o apoio colaborativo, estratégias para melhorar a resolução de problemas e pensamento crítico, estratégias para ajudar os estudantes a construir modelos mentais e experimentar mudanças conceituais, uso de tecnologia, auto-análise das crenças de estudantes e professores. Em nosso curso, pretendemos incluir quatro destas estratégias, que são o ensino investigativo (experimentação/observação/análise em termos de argumentos simples e consistentes), o apoio colaborativo (colaboração entre pares), a construção de modelos mentais (modelo cinético como integrador) e uso de tecnologia (facilitador da comunicação e organização).

Introduzindo estratégias metacognitivas no curso de atualização de professores: o blog metacognitivo

O curso de 40 horas, distribuídas em 15 aulas, foi ministrado nas férias de inverno dos professores das redes públicas municipais e estadual de São Paulo, entre 18 e 22 de julho de 2016. As atividades do curso foram planejadas e desenvolvidas com base em tema das ciências naturais, de forma que pudesse haver um diálogo, já que o objetivo era explorar a participação e a comunicação entre professor ministrante e professor cursista e entre os próprios cursistas. Durante as aulas, as atividades foram desenvolvidas com orientação dos organizadores a partir de apresentações e roteiros, sendo previstas atividades individuais, em grupo e coletivas, com registro escrito e digital. O curso previa a utilização de diversos recursos eletrônicos, cujo uso era apresentado e orientado pelos ministrantes. O registro digital foi efetuado em termos de um blog individual, chamado de blog “metacognitivo”, construído em termos dos resultados das atividades diárias.

Neste curso, o grupo de professores ministrantes propôs aos professores e cursistas o registro do seu processo de aprendizado num **blog metacognitivo**. Neste blog, os professores cursistas registraram e anotaram suas atividades para auto monitoramento do próprio progresso e dos passos desenvolvidos na construção de conhecimento proposta. No **blog metacognitivo**, o professor cursista desenvolveu mapas conceituais a partir das atividades desenvolvidas, ilustrou sua compreensão das atividades através de vídeo aula, descreveu sua ideia de metacognição.

Coube aos ministrantes do curso propor situações de ensino participativo, voltadas especificamente para o desenvolvimento, por parte dos professores cursistas, de habilidades metacognitivas (Lovett, 2008). Na organização das atividades pretendeu-se respeitar os três princípios do aprendizado segundo Bransford: (P1) levar em conta o conhecimento prévio; (P2) a construção de um quadro de conceitos e fenômenos inter-relacionados; e (P3) a metacognição.

O tema da ciência em torno do qual o curso foi construído é *Calor e Temperatura*. Os conceitos abordados foram: aquecimento e dilatação; fluxo de energia térmica (calor) por diferença de temperatura; sensação térmica e relação com a diferença entre temperatura corporal e ambiente; modelo microscópico para a energia térmica relacionada com átomos e moléculas. A discussão dos conceitos foi encaminhada a partir de experimentos qualitativos simples e roteiros de perguntas conceituais (P1 e P2). A ideia de energia cinética molecular permite pensar fenômenos diferentes como dilatação (observável) e aumento de temperatura (sensível) em um único quadro (P2). Equilíbrio térmico pode ser pensado como estabelecimento de densidade uniforme de energia térmica.

O roteiro tem algumas características importantes: estimula a observação e a perceber a distinção entre descrição e “explicação” (P3); estimula a representação pictórica da observação; sugere que os parceiros do grupo comparem suas “explicações” individuais, discutam e revejam, se necessário, a explicação individual (P3).

As práticas de ensino do curso envolveram a comunicação por diferentes linguagens, o que foi levado em conta no processo de coleta de dados. Conseqüentemente, foi considerada a utilização de diferentes ferramentas, tais como: participação oral e escrita dos cursistas, sua construção de mapas conceituais, sua proposta de vídeo-aulas em temas propostos e o blog metacognitivo.

As figuras a seguir ilustram alguns registros de atividades do curso: mapas conceituais, vídeo-aulas e textos desenvolvidos pelos professores-cursistas.

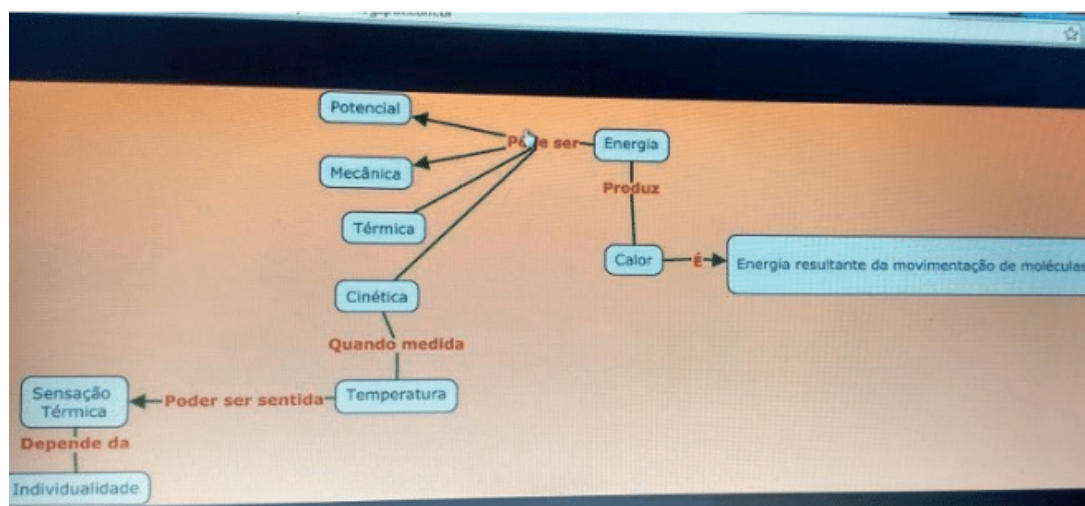


Figura 1: mapa conceitual do professor-cursista 1, inspirado nas atividades propostas relacionadas com calor e temperatura.

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados mapas conceituais de dois professores-cursistas. Uma breve análise permite entrever a forma como a discussão orientada pelos professores ministrantes pode propiciar a metacognição. Os dois mapas, 1 e 2, apresentam algumas diferenças e através de perguntas ao cursista podemos

auxiliá-lo a tomar consciência a respeito da forma como organiza o conhecimento e a refletir sobre ela.

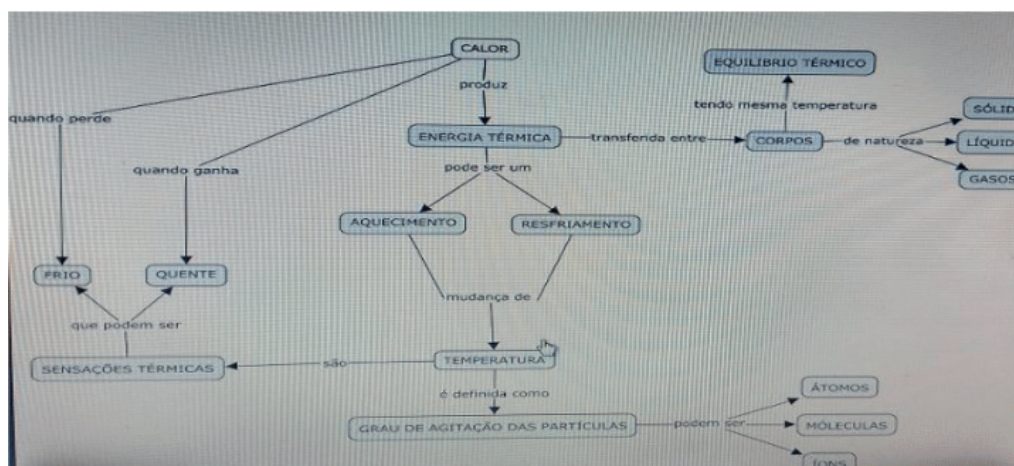


Figura 2: mapa conceitual do professor-cursista 2, inspirado nas atividades propostas relacionadas com calor e temperatura.

O mapa 1 permite discutir: energia mecânica está no mesmo “nível hierárquico” de energia potencial ou cinética? Qual o significado do termo de ligação “produz” entre “energia” e “calor”? a sensação térmica depende apenas da “individualidade”? em que sentido a “energia resultante da movimentação de moléculas” é “calor”?

No mapa 2, que contém um maior número de conceitos, a relação “produz” está invertida em relação ao mapa 1, no que diz respeito à relação entre energia e calor. A diferença conceitual entre energia **do** sistema (átomos e moléculas), refletida na temperatura e energia transferida **entre** um sistema e outro, denominada calor, na Física, não é esclarecida: “calor” produz “energia térmica” que pode ser “aquecimento” ou “resfriamento”.

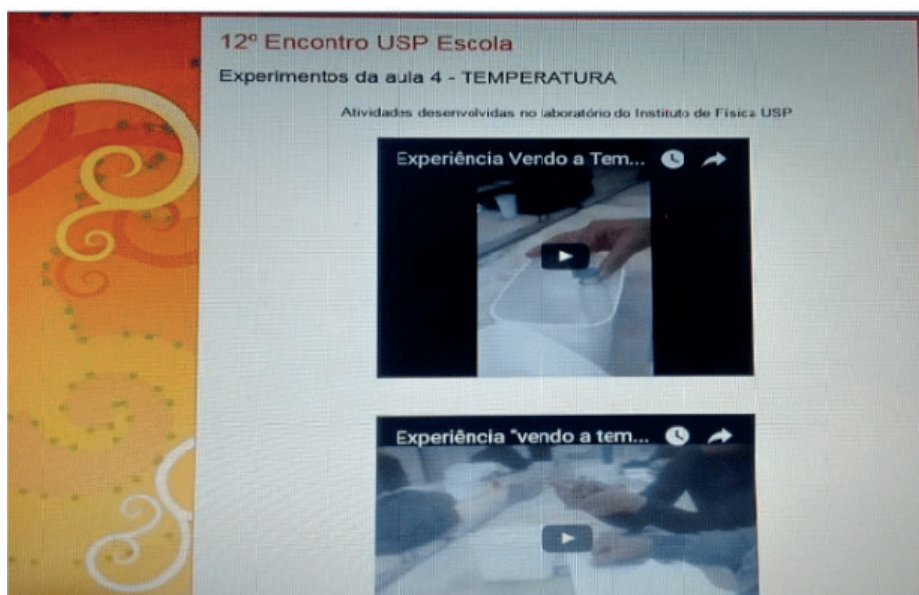


Figura 3: Blog metacognitivo e as postagens das vídeo-aulas.

A Figura 3 ilustra um dos conteúdos do blog metacognitivo individual, uma vídeo-aula elaborada em grupo a partir de uma atividade experimental proposta. A análise das vídeo-aulas está em processo de análise.

As Figuras 4 e 5 ilustram parcialmente textos escritos pelos cursistas no tema metacognição. Pode-se perceber, em uma leitura rápida, que não há precisão na própria definição de metacognição. Talvez isso seja uma consequência do fato de que o objetivo do curso foi praticar atividades metacognitivas, e não discutir a teoria da metacognição. A análise comparativa dos textos dos diferentes professores-cursistas está em andamento e poderá levar a uma revisão da proposta para novas edições do curso.

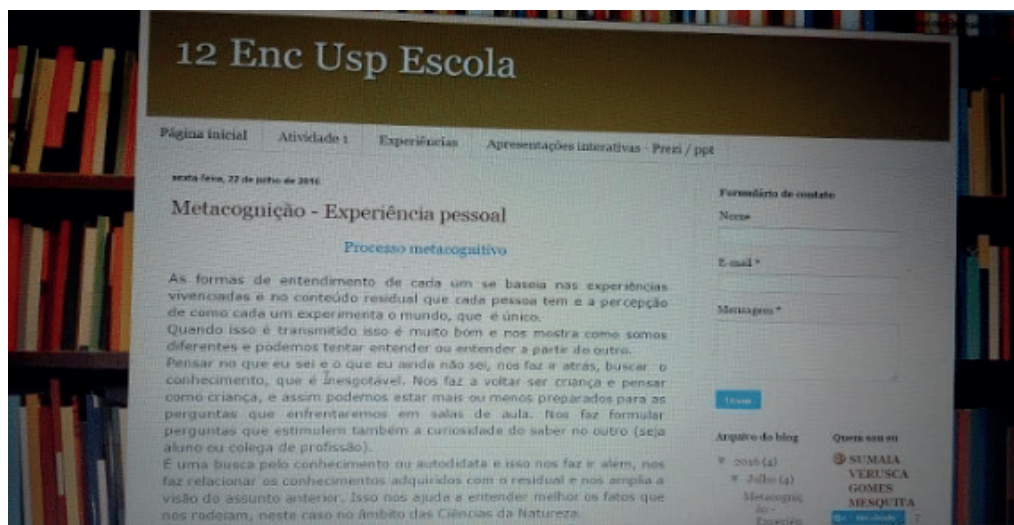


Figura 4: blog metacognitivo de um professor cursista e o seu registro sobre metacognição.

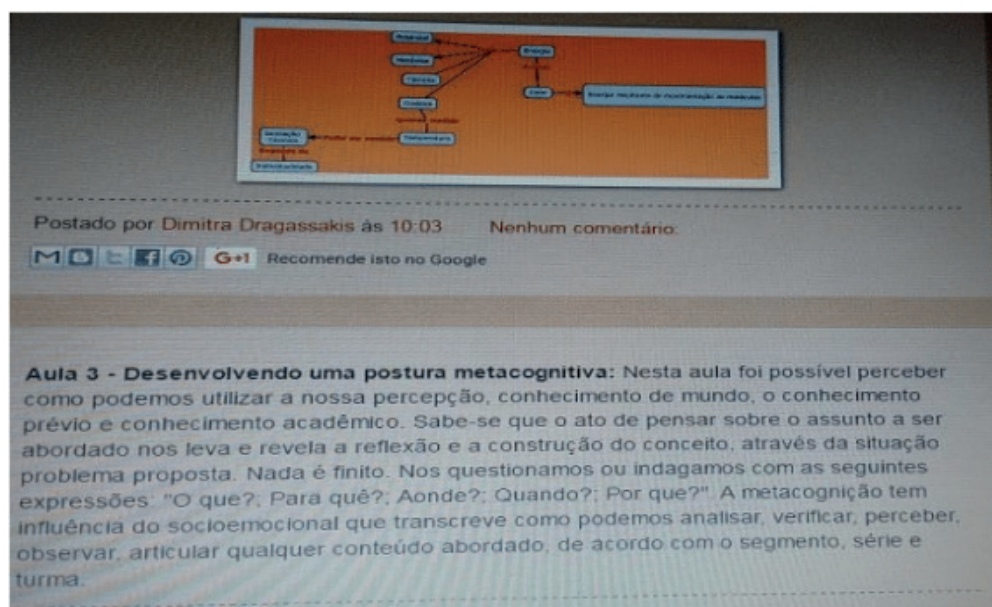


Figura 5: blog metacognitivo com mapa conceitual sobre as atividades de calor e comentários sobre metacognição

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em estudo recente, Damiani e colaboradoras (2006) efetuaram um estudo de

avaliação de uma experiência pedagógica, realizada em curso de formação de professores, em que foram utilizadas atividades metacognitivas. Os estudantes registravam em um “caderninho” como achavam que aprendiam, e escreviam suas reflexões sobre os seus próprios processos de aprendizagem. Os autores criaram algumas categorias para análise dos registros escritos, que permitiram que os dados fossem organizados em uma tabela, inclusive de forma a gerar informações quantitativas.

Os dados qualitativos coletados a partir do curso descrito neste trabalho estão em processo de análise, para a criação de categorias que os organizem. Pretendemos apresentar os resultados da categorização. Esta poderá transformar-se em instrumento de análise útil na organização de uma nova edição do curso ofertado. No entanto, podemos criar um conjunto de categorias que surgiu através dos dados coletados, que no momento ainda estamos quantificando.

REFERÊNCIAS

- ALARCÃO, Isabel. Professor – investigador: Que sentido? Que formação? In B. P. Campos (Org.). **Formação profissional de professores no ensino superior** Vol. 1, Porto: Porto Editora, 2001. P. 21-31.
- BEILLEROT, J. A “pesquisa”: esboço de uma análise. In ANDRÉ, M. (Ed.), **O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. Campinas: Papirus, 2001. P. 71-90.
- BRANSDSFORD, J. D.; BROWN, Ann L.; COCKING, R. R. (Org.). **Como as pessoas aprendem: cérebro, mente, experiência e escola**. Tradução: Carlos David Szlak. São Paulo: Senac, 2007.
- BROWN, A. L. (1978). Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. In: R. Glaser (Org.), **Advances in instructional psychology** Vol. 1. Hillsdale, N.J.: Erlbaum. P. 77-165.
- CHAHON, Marcelo. **Metacognição e resolução de problemas aritméticos verbais: teoria e implicações pedagógicas**. Revista do Departamento de Psicologia da UFF 18, 2, 2006.
- DAMIANI, M. F., GIL, R. L. e PROTÁSIO, M. R. **A metacognição como auxiliar no processo de formação de professoras: Uma experiência pedagógica**. UNIrevista, v. 1, n. 2, p.1-14, 2006.
- FLAVELL, J. H. e WELLMAN, H. M. Metamemory. In: KAIL, R.V. e Hagen, J. W. (Orgs.), **Perspectives on the development of memory and cognition**. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1977. P. 3-33.
- FLAVELL, J.H. **Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental inquiry**. American Psychologist, vol. 34, pgs. 906-911. 1979.
- FLAVELL, J. H. Speculations about the nature and development of metacognition. In: **F. E. WEINERT, F.E. e KLUWE, R. H. (Eds.), Metacognition, Motivation and Understanding**. Hillside, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1987. P 21-19.
- JOU, Graciela Inchausti de; SPERB, Tania Mara. 2006. **A metacognição como estratégia reguladora da aprendizagem**. **Psicologia: Reflexão Crítica**, v. 19, n. 2, pp. 177-185, 2006.
- LIVINGSTON, Jennifer, ERIC **Educational Resources Information Center**, 1997. Disponível em

<http://eric.ed.gov/?id=ED474273> Acesso em 20/06/2014.

LOVETT, M. **Eberly Center for Teaching Excellence**, Carnegie Mellon University, 2008 http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/metacognition/teaching_metacognition.htm acesso em 5/abril/2014

RIBEIRO, Célia. **Metacognição: um apoio ao processo de aprendizagem**. Psicologia: Reflexão e Crítica. v.16, n.1, pp. 109-116, 2003.

SCHRAW, Gregory, CRIPPEN, Kent J. e HARTLEY, Kendall. **Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning**. Research in Science Education vol 36, pp. 111–139, 2006 (DOI: 10.1007/s11165-005-3917-8)

ANÁLISE DE UM EXPERIMENTO DE COLISÃO UNIDIMENSIONAL USANDO SOFTWARE LIVRE CVMOB

Alexandro das Chagas de Sousa Nascimento

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí/*Campus* Parnaíba, Parnaíba-PI

Rodrigo Costa Veras

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí/*Campus* Parnaíba, Parnaíba-PI

Francisco Ronan Viana Araújo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí/*Campus* São Raimundo Nonato, São Raimundo Nonato-PI

Itamar Vieira de Sousa Junior

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí/*Campus* Parnaíba, Parnaíba-PI

RESUMO: O presente trabalho tem como proposta estudar um experimento de colisão unidimensional em um trilho de ar utilizando tanto sensores e softwares comerciais como uma técnica de visão computacional e movimento fotográfico com o software livre CvMob, cuja função é a obtenção de medidas contínuas de corpos em movimento. A análise de experimentos utilizando softwares livres tem se firmado como uma alternativa válida para o estudo de experimentos clássicos de mecânica em laboratórios didáticos de Física, pois estes apresentam simplicidade na análise de movimentos, observação da evolução temporal, das grandezas físicas e no tratamento de dados dos experimentos, sem detrimento dos

objetivos do experimento em si. É possível, com a utilização desse software livre, obter dados de trajetórias e analisar parâmetros tais como posição, velocidade e aceleração. O programa foi utilizado para rastrear movimento de colisão entre corpos em um trilho de ar, onde foi possível visualizar o fenômeno da colisão elástica. Para isso, foi feita uma filmagem de corpos em movimento sobre o trilho de ar com o objetivo de observar toda a trajetória, possibilitando, dessa forma, medidas de velocidades antes e após a colisão. Os resultados apontam para uma alternativa mais precisa e de baixo custo para experimentação Física, principalmente, no que diz respeito à análise de objetos.

PALAVRAS-CHAVE: colisão, software livre, videoanálise, CvMob.

ABSTRACT: The present work aims to study a one-dimensional collision experiment on an air track using both commercial sensors and software, as well as a computer vision and photographic motion technique with free software CvMob, whose function is to obtain continuous measurements of bodies in motion. The analysis of experiments using free software has been established as a valid alternative for the study of classic mechanics experiments in didactic physics laboratories, since they present simplicity in the analysis of movements, observation of temporal evolution, physical

quantities and data processing of the experiments, without detriment to the objectives of the experiment itself. It is possible, with the use of this free software, to obtain data of trajectories and to analyze parameters such as position, velocity and acceleration. The software was used to track collision motion between bodies on an air track, where it was possible to visualize the elastic collision phenomenon. For this, a video of moving bodies was made on the air track in order to observe the entire trajectory, thus enabling measurements of velocities before and after the collision. The results point to a more accurate and low cost alternative for physical experimentation, mainly with regard to object analysis.

KEYWORDS: collision, free software, videoanalysis, CvMob.

1 | INTRODUÇÃO

A presença da informática e instrumentos tecnológicos voltados para o ensino em instituições de ensino (IE) tem exigido cada vez mais dos educadores uma maior utilização desses recursos em salas de aula em todos os níveis de ensino, desta forma isso vem propiciando um aumento significativo de pesquisas relacionado ao tema em questão. No entanto, mesmo com a disponibilidade de recursos tecnológico nas IE's, sua utilização aliada a uso de experimentos em laboratórios didáticos, principalmente para coleta e análise de dados tem sido pouco frequente (SILVA, 2006). O elevado custo dos softwares educacionais ou dos kits experimentais oferecidos por empresas especializadas aliada à carência de material instrucional desestimula professores a desenvolverem atividades experimentais em ensino de física, o que acarreta em uma série de deficiências na aprendizagem de conceitos físicos por parte dos alunos.

Temos observado nos últimos anos um aumento significativo de propostas de experiências didáticas em física assistida por computadores (CAVALCANTE, 2011; SOUZA, 2011; BEZERRA-JR, 2012) e outros recursos tecnológicos de uso geral para diversas atividades voltadas ao ensino de Física (BARBETA, 2002).

O aumento da capacidade de processamento dos computadores, aliado à adoção de novos paradigmas de desenvolvimento colaborativos, permitem a construção de programas de alta complexidade com baixo custo (PEÑA, 2013). As bibliotecas de tratamento de vídeo e visão computacional (*Open Source Computer Vision*) OpenCv (OPENCV, 2014) são exemplos desse avanço, pois de forma colaborativa e gratuita disponibilizam diversas funções de vídeoanálise que permitem prever e acompanhar a trajetória de pontos no espaço utilizando uma simples câmera de vídeo digital, dado que, atualmente, é cada vez mais comum o acesso a máquinas digitais que apresentam recurso de filmagem. Essas máquinas permitem o registro de fenômenos físicos por meio de filmagens que podem ser utilizadas em atividades significativas para o ensino de física (BEZERRA-JR, 2012).

O uso de vídeoanálise é relativamente simples e funciona da seguinte forma: um objeto é rastreado através de múltiplos quadros estáticos de um vídeo, a trajetória

temporal do objeto é mapeada em coordenadas espaciais e finalmente os dados cinemáticos são analisados. Essa técnica de processamento de imagens vai além do campo da cinemática, alguns trabalhos também mostraram diversos fenômenos, por exemplo, em óptica (RAMIL, 2007; GROSS, 2005) e física moderna (NEWBURGH, 2006; ALAM, 2014).

Nesse contexto, a videoanálise de fenômenos físicos é uma tecnologia que apresenta grande potencial, pois, atualmente, é cada vez mais facilitado o uso de celulares ou máquinas fotográficas digitais que apresentam recurso de vídeo (BEZERRA-JR, 2012). O software livre CvMob (CVMOB, 2014), é tido como um desses programas que possibilita analisar parâmetros de movimentos (trajetória, velocidade e aceleração) quadro a quadro com base em algoritmos de visão computacional aplicados a vídeos de objetos em movimento (PEÑA, 2013). O instrumento tem como objeto principal uma câmera digital que fará a captura de imagem do movimento estudado e que será analisado no programa. A utilização dessa ferramenta para registros de fenômenos físicos abre caminhos para grandes aplicações no ensino de física, uma vez que o software fornece automaticamente os valores de distância a partir de um padrão (algum objeto com dimensões conhecidas dentro da filmagem). Dependendo do arranjo experimental, o software proporciona uma coleta precisa de dados e, ao mesmo tempo, mostra que os conceitos físicos podem ser aplicados em qualquer situação do dia a dia (PEÑA, 2013). O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma análise quantitativa e qualitativa, confrontando medidas realizadas por videoanálise e com utilização de sensores e softwares comerciais. Para isso, escolhemos o experimento de colisão unidimensional de dois carros sobre um trilho de ar, estudando as principais características desse tipo de fenômeno, dentre elas, a conservação da quantidade de movimento e a medida da velocidade antes e após a colisão.

2 | FUNDAMENTOS TEÓRICO: CONSERVAÇÃO DO MOMENTO LINEAR

Se considerarmos o caso mais simples de interação entre duas partículas, e designarmos as forças $\vec{F}_{1(2)}$ (força sobre a partícula 1 devido a partícula 2) e $\vec{F}_{2(1)}$ (força sobre a partícula 2 devido a partícula 1) como sendo as únicas forças existentes, pela terceira lei de Newton, essas forças são iguais e opostas. É extremamente difícil realizar na prática uma situação como esta, pois é preciso assegurar que todos os outros tipos de força que atuam sobre essas partículas sejam considerados desprezíveis. Pode-se reduzir bastante essas outras forças utilizando uma camada de ar por onde os objetos podem se mover.

Para a situação de colisão entre dois corpos de massas diferentes m_1 e m_2 , mostrado na Fig. 1, temos que a força de interação entre os dois corpos são forças de contato, que atuam somente entre o tempo de colisão, ou seja, no intervalo de tempo Δt em que os corpos permanecem em contato. Esse intervalo é tão pequeno,

comparado ao instante de movimento dos corpos, que podemos considerar esse instante de colisão como se fosse instantâneo (NUSSEZVEIG, 2013). Antes e depois da colisão, a força resultante sobre cada corpo é nula (com boa aproximação), de modo que as velocidades desses corpos antes e após a colisão são constantes. Chamando \vec{v}'_1 como sendo a velocidade do corpo 1 de massa m_1 e \vec{v}'_2 a velocidade do corpo 2 de massa m_2 antes da colisão e de \vec{v}_1 e \vec{v}_2 as velocidades correspondentes após a colisão. Os momentos lineares correspondentes são definidos como

$$\vec{p}_1 = m_1 \vec{v}_1; \vec{p}_2 = m_2 \vec{v}_2 \text{ (antes da colisão) e} \quad (1)$$

$$\vec{p}'_1 = m_1 \vec{v}'_1; \vec{p}'_2 = m_2 \vec{v}'_2 \text{ (depois da colisão),} \quad (2)$$

a segunda lei de Newton, aplicado a cada corpo, garante que $\vec{F}_1 = \frac{d\vec{p}_1}{dt}$ e $\vec{F}_2 = \frac{d\vec{p}_2}{dt}$.

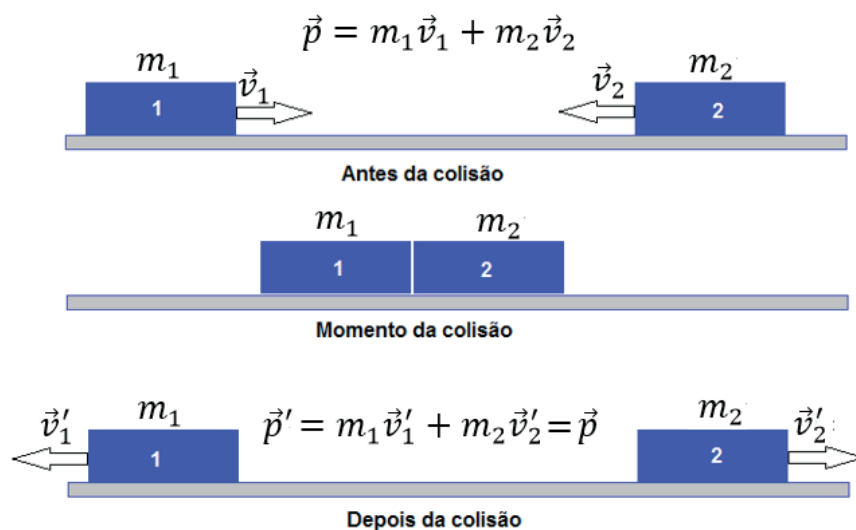


Figura 1. Colisão entre dois corpos sem a presença de forças externas.

O momento total do sistema antes ($\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$) e após ($\vec{p}' = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$) a colisão, desprezando os efeitos de atrito ou outras forças externas, são iguais. Esse é o princípio da conservação do momento linear, um dos princípios fundamentais da física e é uma das razões da importância da definição do momento linear (NUSSEZVEIG, 2013).

Quando se verifica tanto a conservação da quantidade de movimento como a conservação da energia cinética total das partículas que compõem o corpo, chamamos de colisão elástica. Esta colisão ocorre quando não há alteração na massa dos corpos, nem deformações, caso contrário, ela é chamada de colisão inelástica.

3 I INSTRUMENTOS UTILIZADOS

O experimento foi montado utilizando equipamentos comerciais, um trilho de ar foi montado e sobre o mesmo foram colocados dois carros de modo que estes ficassem flutuando sobre uma camada de ar. Foram utilizadas duas *fotogates* (sensores fotoelétricos) para aquisição de intervalos de tempo de passagem dos carros como mostra a Fig. 2. Para iniciar o movimento, foi montada uma bobina acionadora do lado

direito da Fig. 2. Por convenção, rotulamos o carro 1 como sendo o carro acionado pela bobina (lado direito) e o carro 2 do lado esquerdo. Em adição a esses equipamentos, mas não representados na figura, foi utilizado uma interface, um interruptor acionador para a bobina e um computador com software comercial específico instalado no mesmo. Todos esses instrumentos possuem um alto valor comercial e muitas escolas de ensino básico, por exemplo, não tem acesso a esses equipamentos.

Simultaneamente à coleta de dados pelas *fotogates* foi usada uma câmera digital *Canon ESO Rebel T4i* com uma lente 50 mm e com tripé para suporte, de modo a deixar a câmera fixa e estável. É importante ressaltar o cuidado no posicionamento da câmera, cujas lentes devem estar paralelas à trajetória do movimento observado, para evitar erros de paralaxe.

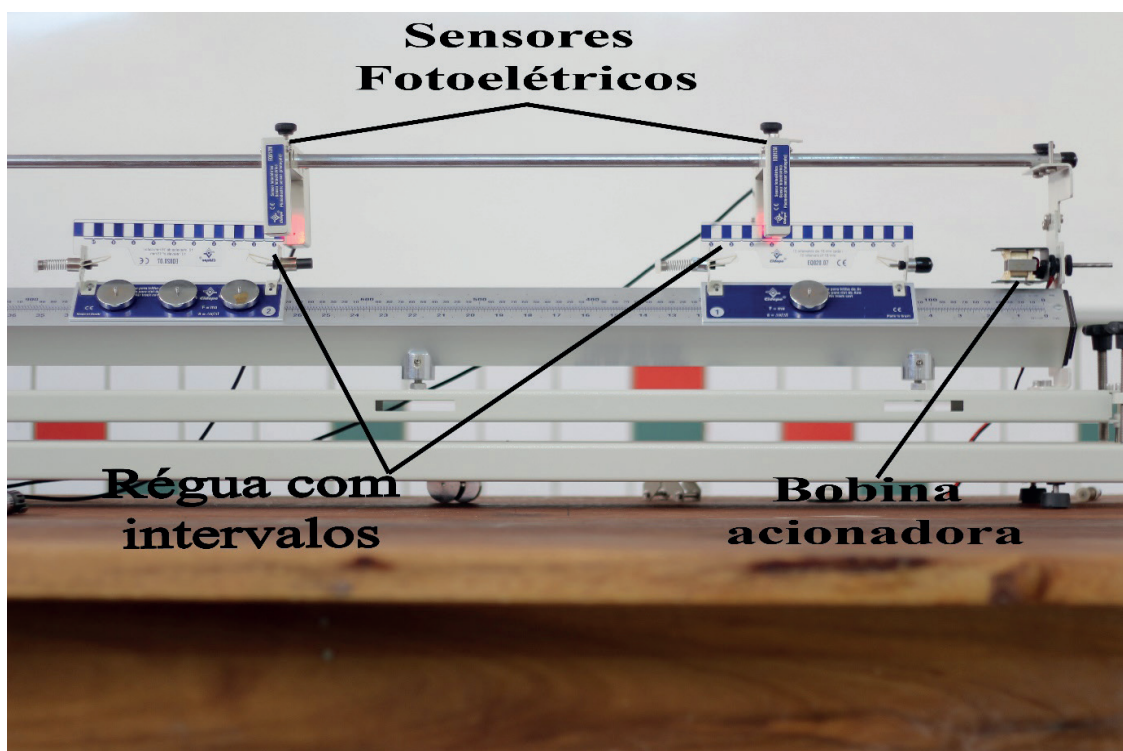


Figura 2. Aparato experimental.

Não é condição necessária utilizar uma câmera muito sofisticada, pois o CvMob permite realizar análise de vídeos quadro a quadro, dessa forma vídeos feitos com *webcams* de computadores comuns, telefones celulares, dentre outros podem ser utilizados.

4 | PROCEDIMENTOS

A bobina acionadora na Fig. 2 é ligada por um curto intervalo de tempo, fazendo com que o carro seja impulsionado inicialmente sempre com a mesma força, uma vez feito isso, o carro 1 começa a se movimentar para o lado esquerdo fazendo com que a régua graduada sobre esse carro (espaçamentos iguais de 18 mm) passe através do

sensor fotoelétrico registrando o tempo de cada espaçamento, dessa forma, obtemos 10 pontos (x, t) para análise do movimento desse carro. Na sequência o carro 1 colide com o carro 2 e esse passa a se movimentar para a esquerda fazendo o carro 1 se movimentar no sentido contrário ao seu movimento inicial, passando novamente pela *fotogate*, fazendo com que seja coletado mais 10 pontos (x, t) do retorno, da mesma forma com o carro 2. Podemos visualizar três etapas do movimento desses carros através da Fig. 3.

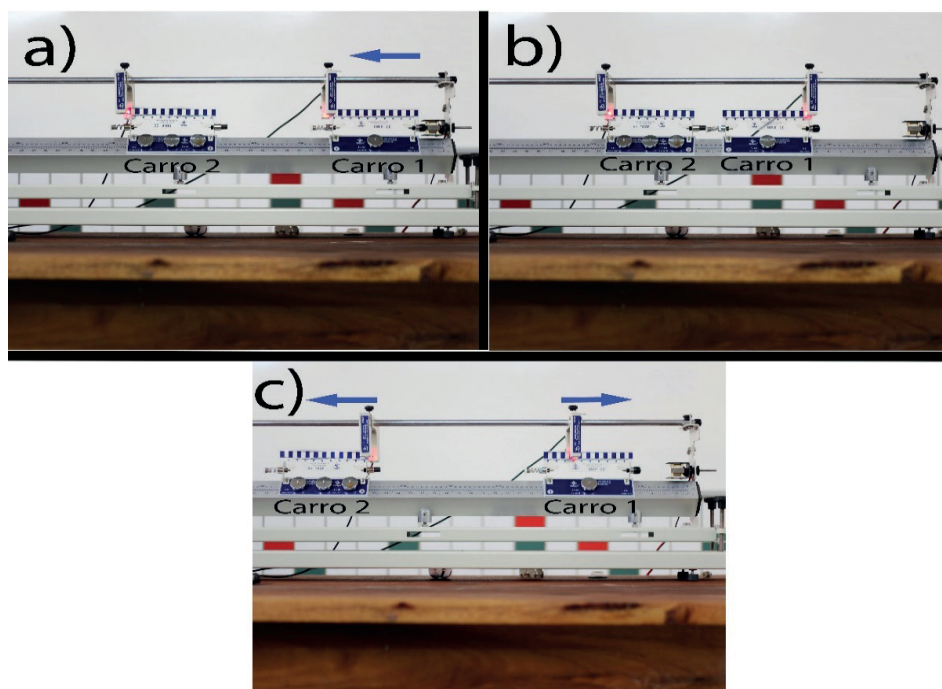


Figura 3. Imagens das etapas do movimento dos carros sobre o trilho de ar (a) início do movimento, (b) momento da colisão e (c) instante de tempo após a colisão.

Simultaneamente à coleta de dados pelos sensores fotoelétricos e *softwares* comerciais foram realizadas filmagens com a câmera digital configurada para 60 quadros por segundo e resolução de 1280 x 720 pixel. Em seguida, o arquivo de vídeo produzido pela câmera (formato MOV) foi transferido para o programa CvMob (previamente instalado no computador) e fez-se a marcação dos pontos quadro a quadro.

O próximo passo foi analisar os dados coletados pelas *fotogates* e pela videoanálise através do CvMob, em ambas as situações foi gerado uma planilha de dados, estas planilhas podem ser analisadas por meio de programas específicos destinados ao tratamento de dados experimentais, como, por exemplo, o editor de planilhas do LibreOffice (LIBREOFFICE, 2011), também integrante da comunidade do software livre.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise de dados pelas *fotogates*

Os gráficos da Fig. 4 e Fig. 5 mostram os dados de distância em função do tempo $x(t)$ coletados pelos sensores fotoelétricos. A massa do carro 1 é de 0,328 kg e do carro 2 de 0,530 kg. Através da análise dessas curvas, é possível determinar a velocidade dos carros pelas equações do movimento uniforme, pois verificamos que a distância cresce linearmente com o tempo. A velocidade do carro 1 antes da colisão é de -0,15 m/s e após a colisão é 0,04 m/s, o sinal negativo da velocidade do carro 1 nos diz que o movimento se dá contra o sentido positivo do referencial adotado (da esquerda para a direita). A velocidade do carro 2 antes da colisão é nula, pois este se encontra em repouso, e após a colisão é de -0,10 m/s.

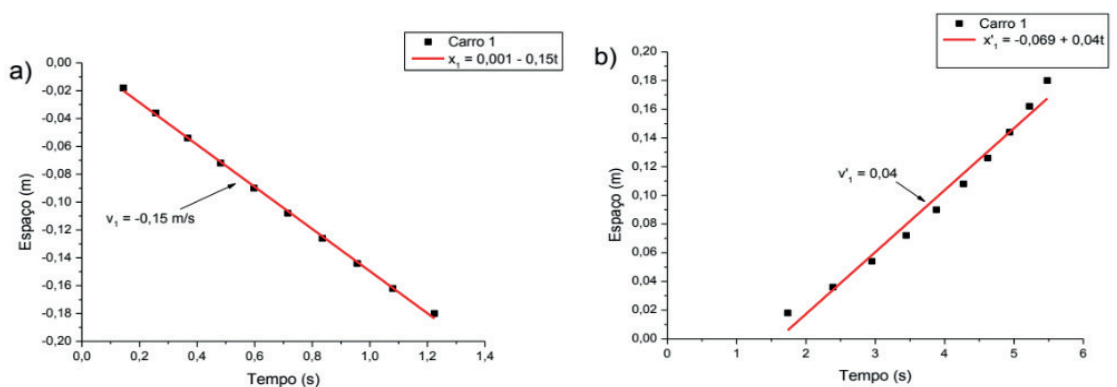


Figura 4. a) Distância vs tempo para o carro 1, antes da colisão e b) após a colisão coletados pela fotogate.

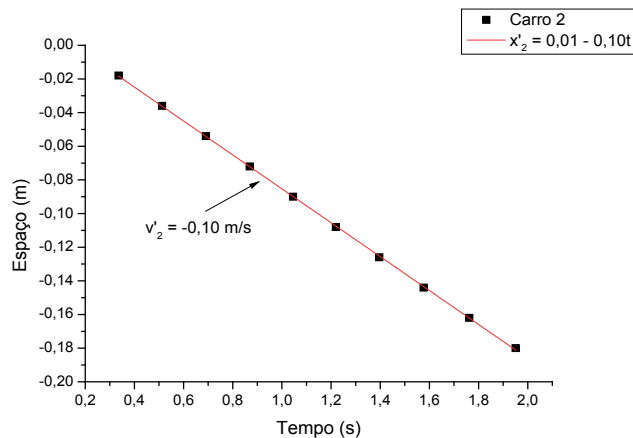


Figura 5. Distância vs tempo para o carro 2 após a colisão coletados pela fotogate. Antes da colisão esse carro permanece em repouso.

Dessa forma, podemos calcular o momento linear dos carros antes e após a colisão usando as equações 1 e 2. A Tabela 1 mostra todos os valores medidos com a utilização das *fotogates*.

Antes da colisão				
0,328 kg	0,530 kg	-0,15 m/s	0 m/s	0,049 kg⋅m/s
Após a colisão				
0,328 kg	0,530 kg	0,04 m/s	0,10 m/s	0,040 kg⋅m/s

Tabela 1. Dados experimentais usando fotogates.

Podemos verificar que o momento linear antes da colisão é praticamente o mesmo após a colisão, ou seja, $p \approx p'$, o que mostra a conservação do momento linear. A análise feita aqui nos dá apenas os valores de velocidade dos carros ao passar pelas fotogates com a limitação de fornecer alguns pares de pontos.

5.2 Análise de dados usando CvMob

A filmagem do experimento foi analisado quadro a quadro usando o CvMob, esse software gerou uma planilha de dados do qual foi plotado o gráfico da Fig. 6.

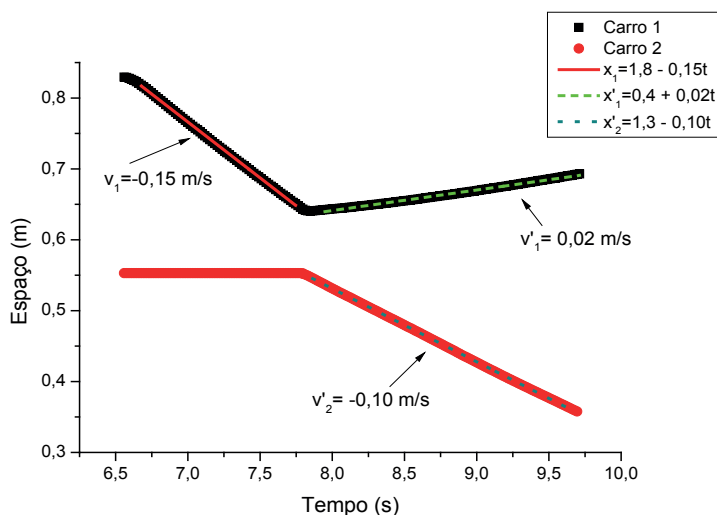


Fig. 6. Distância vs tempo para os carro 1 e 2 antes e após a colisão analisados pelo *software* CvMob.

A Tabela 2 nos dá os valores calculados usando as equações 1 e 2. Podemos constatar novamente que $p \approx p'$ e que foram obtidos os mesmos resultados utilizando pela *fotogate*. A análise do experimento utilizando o CvMob tem uma grande vantagem em relação à medida realizada com os instrumentos comerciais, podemos perceber que o programa nos fornece de modo simultâneo os gráficos da posição e da velocidade durante todo o intervalo de duração do experimento com um número muito grande de pontos, o que leva a uma maior precisão nas medidas. Os dados coletados pelos sensores fotoelétricos só detectam no máximo 10 pontos (número de divisões da régua acima do carro) e somente quando o carro passa pelo sensor, não fornecendo, dessa forma, nenhuma informação do movimento no instante imediatamente antes e

após a colisão.

Antes da colisão				
m_1	m_2	v_1	v_2	p
0,328 kg	0,530 kg	-0,15 m/s	0 m/s	0,049 kg·m/s
Após a colisão				
m_1	m_2	v'_1	v'_2	p'
0,328 kg	0,530 kg	0,04 m/s	0,10 m/s	0,040 kg·m/s

Tabela 2. Dados experimentais usando CvMob.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, fizemos uma análise do movimento unidimensional em um trilho de ar utilizando sensores e *softwares* comerciais e, simultaneamente, o CvMob, um software livre usado para videoanálise de movimentos. Analisamos o experimento pelos dois métodos, calculando o momento linear antes e após a colisão. Os resultados revelam boa concordância dos valores das velocidades e momento linear além de garantirmos, com boa aproximação, a conservação do momento linear.

Os resultados obtidos pelo CvMob mostram-se mais precisos comparados aos softwares comerciais e podemos considerar uma ferramenta bastante prática, pois é possível filmar movimentos com câmeras de telefones celulares e analisar dados com computadores de baixo desempenho obtendo boas precisões, fazendo com que estudantes possam, também, realizar experimentos fora do ambiente de sala de aula.

O experimento aqui realizado representa o início de um projeto mais abrangente de pesquisa e extensão que está sendo iniciado pelos autores desse trabalho que tem como principal objetivo o uso, o desenvolvimento e a difusão de tecnologias educacionais livres, mas com alta relevância acadêmica no ensino de física. A partir destes resultados preliminares, espera-se que novas aplicações possam surgir com a utilização dessa técnica.

AGRADECIMENTO

Rodrigo C. Veras agradece ao IFPI pelo suporte financeiro através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica-PIBIC/IFPI.

REFERÊNCIAS

ALAM J.; SHAHEEN, A. e ANWAR, M. S. **Accessing select properties of the electron with ImageJ: an open-source image-processing paradigm**. European Journal Physics. v. 35, n. 015011, p. 1-8, 2014

BARBETA, Vagner B. **Desenvolvimento e utilização de um programa de análise de imagens para o estudo de tópicos de mecânica clássica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p.

158-167, 2002.

BEZERRA-JR, A. G.; OLIVEIRA, L. P. O.; LENZ, J. A.; SAAVEDRA, N. **Videoanálise com software livre TRACKER no laboratório didático de física: movimento parabólico e segunda lei de Newton**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. Especial 1, p. 469-490, 2012.

CAVALCANTE, Marisa A.; TAVOLARO, Cristiane. R. C.; MOLISANI, Elio. **Física com Arduino para iniciantes**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, p. 4503-1-4503-9, 2011.

CVMOB. Disponível em: <<https://sourceforge.net/projects/cvmob/>>. Acesso em: 21 Nov. 2018.

GROSS, N. A.; HERSEK, M. e BANSIL, A. **Visualizing infrared phenomena with a webcam**. American Journal Physics, v. 73, n. 10, p. 986-990, 2005.

LIBREOFFICE. Disponível em: <<https://pt-br.libreoffice.org/>>. Acesso em: 21 Nov. 2018.

NEWBURGH R.; PEIDLE, J. e RUECKNER, W. **Einstein, Perrin, and the reality of atoms: 1905 revisited**. American Journal Physics, v. 74, n. 6, p. 478-481, 2006.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. Vol. 1. 5ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2013.

OPENCV. Disponível em: <<http://opencv.willowgarage.com/wiki>>. Acesso em: 10 Ago. 2014.

PEÑA, Noberto; CREDIDIO, Bruno **Celílio; et al. Instrumento livre para medidas de movimento**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35 n. 3, p. 3505-1-3505-5, 2013.

RAMIL, A.; LOPEZ, A. J. e VINCITORIO, F. **Improvements in the analysis of diffraction phenomena by means of digital images**. American Journal Physics, v. 75, n. 999, p. 999-1002, 2007.

SILVA, L. F.; VEIT, E. A. **Uma experiência didática com aquisição automática de dados no laboratório de Física do Ensino Médio**. Experiências em Ensino de Ciências, v. 1, n. 3, p. 18-32, 2006.

SOUZA, Anderson R. de; PAIXÃO, Alexander C. e UZÊDA, Diego D. **A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 1702-1-1702-5, 2011.

AS MARÉS ATMOSFÉRICAS A PARTIR DE UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA

Luiz Raimundo Moreira de Carvalho

ETE Henrique Lage

Niterói – RJ

Helio Salim de Amorim

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro – RJ

RESUMO: Apresentamos uma atividade experimental investigativa sobre as marés atmosféricas, comparando esse fenômeno com as marés oceânicas. Segundo o modelo newtoniano, as oscilações diurnas observadas no nível da água do mar (marés oceânicas) são decorrentes do efeito gravitacional provocado pela Lua e pelo Sol sobre a massa de água da Terra. Por outro lado, é um fato bem conhecido da meteorologia que a pressão atmosférica sofre uma leve variação diurna periódica (marés atmosféricas), um efeito fundamentalmente de origem térmica devido ao aquecimento da atmosfera produzido pela radiação solar. Para a detecção das oscilações barométricas, o professor e seus alunos podem fazer uso da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura. A proposta de uma atividade experimental investigativa sobre o tema das marés atmosféricas encontra-se disponível em um roteiro didático no qual procuramos estabelecer similaridades e destacar diferenças entre o fenômeno das marés atmosféricas e o

fenômeno das marés oceânicas.

PALAVRAS-CHAVE: marés atmosféricas, marés oceânicas, atividade experimental investigativa, Arduino.

ABSTRACT: We present an experimental research activity on the atmospheric tides, comparing this phenomenon with the ocean tides. According to the Newtonian model, the daytime oscillations observed at sea level (ocean tides) are due to the gravitational effect caused by the Moon and the Sun on the Earth's body of water. On the other hand, it is a well-known fact of meteorology that atmospheric pressure suffers a slight periodic diurnal variation (atmospheric tides), a fundamental effect of thermal origin due to the heating of the atmosphere produced by solar radiation. For the detection of barometric oscillations, the professor and the students can make use of the Arduino board with sensors of barometric pressure and temperature. The proposal of an experimental investigative activity on the subject of the atmospheric tides is available in a didactic script in which we try to establish similarities and to highlight differences between the phenomenon of the atmospheric tides and the phenomenon of the oceanic tides.

KEYWORDS: atmospheric tides, oceanic tides, experimental investigative activity, Arduino.

1 | INTRODUÇÃO: AS MARÉS OCEÂNICAS

O modelo gravitacional do fenômeno das marés oceânicas foi apresentado e discutido originalmente por Isaac Newton (1642-1727) em seu *Principia Mathematica*. As marés são uma consequência de forças gravitacionais exercidas pela Lua e pelo Sol em consonância com as leis da Mecânica. Sabemos que a Lua exerce uma influência bem mais importante que o Sol, principalmente em razão da distância Terra-Lua em comparação com a distância Terra-Sol (MARION 2011). A diferença entre essas distâncias faz com que a força gravitacional da Lua sobre a massa de água da Terra seja maior do que a força gravitacional do Sol. Esta e várias outras propriedades importantes foram explicadas pelo modelo newtoniano, incluindo a ocorrência da segunda maré alta quando a Lua está no meridiano oposto.

Uma explicação simplificada sobre o fenômeno das marés oceânicas pode ser obtida considerando-se, primeiramente, somente o efeito gravitacional da Lua (e também o da própria Terra) sobre a água. Para facilitar a compreensão do modelo, pressupõe-se a superfície da Terra completamente coberta de água, como sugere a Figura 1 (fora de escala).

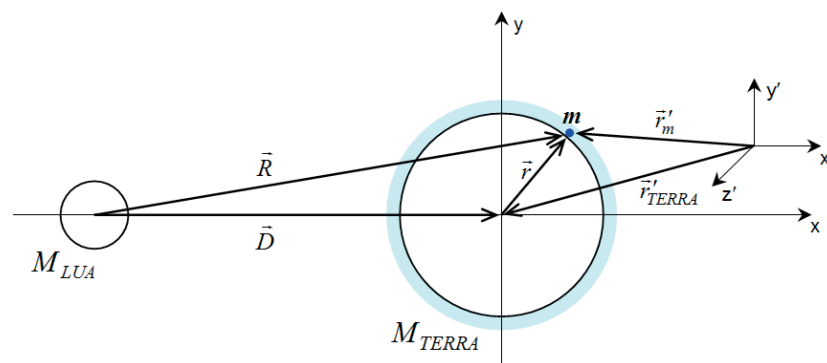


FIGURA 1: Modelo simplificado para explicar as marés oceânicas

Aplicando-se a Mecânica newtoniana ao modelo simplificado representado na Figura 1, concluímos que a força das marés (força gravitacional da Lua responsável por produzir as marés oceânicas) medida no referencial não inercial xyz sobre a massa m de água é dada por $\vec{F}_{MARÉS} = -G \cdot m \cdot M_{LUA} \left(\frac{\hat{R}}{R^2} - \frac{\hat{D}}{D^2} \right)$. A Figura 2 (fora de escala) apresenta a força das marés sobre diferentes pontos da superfície da Terra, enquanto a Figura 3 (também fora de escala) apresenta, de forma simplificada e exagerada, o resultado do efeito gravitacional da Lua sobre a massa de água da Terra.

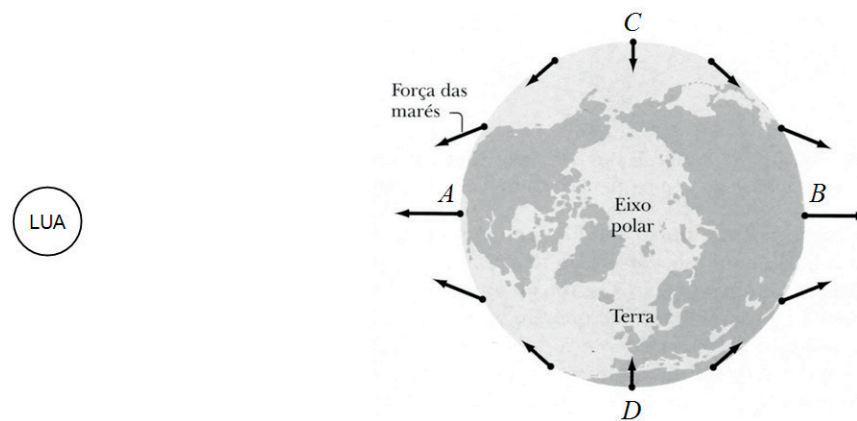


FIGURA 2: Força das marés

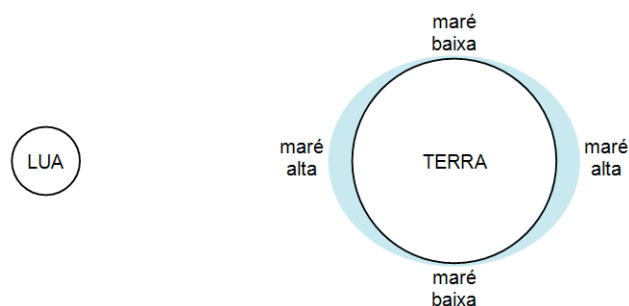


FIGURA 3: Representação das marés altas e das marés baixas

Sabemos que uma abordagem sobre as marés oceânicas, via dinâmica newtoniana, pode não ser muito adequada para alunos do Ensino Médio, dada a complexidade do problema. Os resultados obtidos e, principalmente, a forma como chegamos a esses resultados (mesmo considerando apenas o caso do modelo mais simplificado) envolvem desenvolvimentos matemáticos que em geral são considerados muito complicados para alunos desse nível de ensino. Entretanto, temos uma alternativa didática muito eficiente: analisar as marés oceânicas a partir dos dados de maré coletados em alguma localidade.

2 I ANÁLISE DAS MARÉS OCEÂNICAS A PARTIR DOS DADOS DE MARÉ

Para evitar um tratamento baseado na dinâmica newtoniana de referenciais não inerciais, sugerimos e apresentamos como solução uma análise dos dados de maré. A obtenção de dados sobre as marés oceânicas pode ser feita através do Banco Nacional de Dados Oceanográficos do Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil. Através do BNDO podemos obter dados de maré de diferentes estações maregráficas. O gráfico da Figura 4 mostra as oscilações no nível da água do mar conforme os registros realizados pela estação maregráfica da Ilha Fiscal, localizada na Baía da Guanabara, Rio de Janeiro/RJ, considerando o período compreendido entre os dias 01/09/2013 e 09/09/2013.

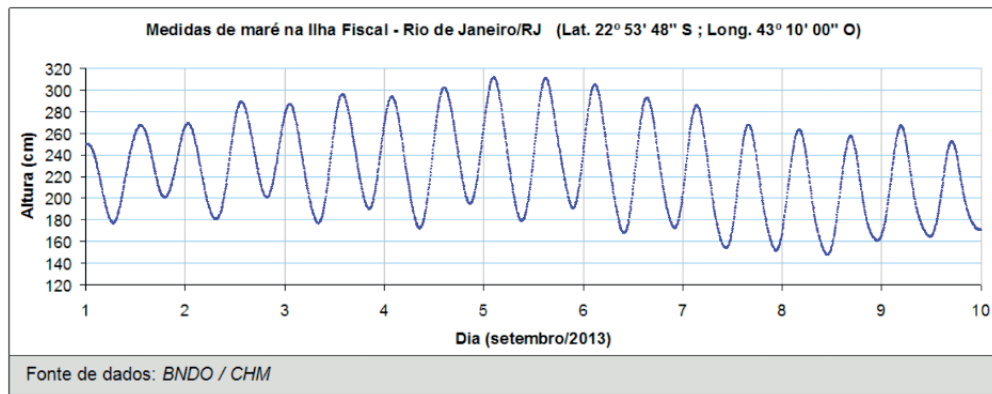


FIGURA 4: Medidas de maré: 1° a 09/set/2013 - Ilha Fiscal / RJ

A partir da determinação dos instantes em que ocorre cada máximo, como exemplificado no gráfico da Figura 5, é possível encontrar o período das oscilações das marés. (O mesmo pode ser feito analisando-se a ocorrência dos mínimos.) Como os máximos ocorrem linearmente ao longo do tempo, o período das oscilações do nível da água do mar pode ser determinado através do ajuste via método dos mínimos quadrados, que fornece um período de 12h23(1)min entre duas marés altas consecutivas.

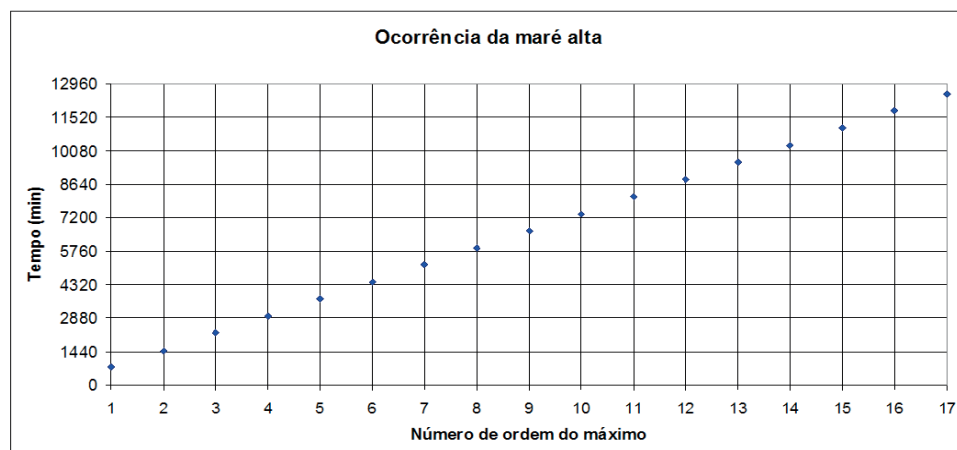


GRÁFICO 9 – Maré alta em intervalos de tempo expressos em minutos

FIGURA 5: Ocorrência da maré alta: 1° a 09/set/2013 - Ilha Fiscal / RJ

Para duas marés altas consecutivas, uma é sublunar e outra é antipodal. Sendo assim, concluímos que o intervalo de tempo entre duas marés altas de mesma natureza (sublunar ou antipodal) corresponde ao dobro do período obtido, isto é, 24h47(2)min. Entretanto, o intervalo de tempo de 24h47min não se aproxima do período de um dia solar (24h). Na realidade, esse intervalo de tempo corresponde ao dia lunar, cuja duração aproximada é 24h51min. O resultado experimental de aproximadamente 24h47min, obtido a partir dos dados de maré fornecidos pelo BNDO, permite concluir que as marés oceânicas são regidas pela Lua. Com essa abordagem, os estudantes evitam as dificuldades inevitavelmente produzidas pela mecânica newtoniana de referenciais não inerciais.

3 | AS MARÉS ATMOSFÉRICAS

Newton concebeu que as mesmas ideias que implicam o efeito de maré nos oceanos deveriam produzir também um efeito similar na atmosfera, mas concluiu que o efeito atmosférico seria muito mais difícil de observar. Como a atmosfera não tem uma superfície limítrofe bem definida, como é o caso dos oceanos, o efeito teria que ser observado indiretamente. Um dos parâmetros que pode se mostrar sensível a variações da “espessura” da atmosfera é a pressão. Nesse caso, o efeito seria observado como uma leve oscilação diurna da pressão atmosférica, que poderia ser entendida como decorrente de uma espécie de “alteração no nível do ar da atmosfera”.

O gráfico da Figura 6 mostra as oscilações de pressão registradas na cidade de Niterói/RJ no período compreendido entre os dias 11/09/2013 e 14/09/2013, enquanto que o gráfico da Figura 7 fornece os registros da pressão barométrica em Teresópolis/RJ no mesmo período. Por estar localizada ao nível do mar, Niterói apresenta uma pressão atmosférica média de aproximadamente 1 atm (101.325 Pa), ao passo que em Teresópolis a pressão média é menor do que uma atmosfera em virtude da elevação (altitude) da cidade, cerca de 900m acima do nível do mar. Para facilitar a comparação entre as oscilações registradas nos dois gráficos, as curvas de pressão foram superpostas, e para tanto a escala de pressão do eixo das ordenadas foi suprimida no gráfico da Figura 8. O mais notável é que observamos uma sincronia nas variações diurnas da pressão atmosférica, apesar do valor absoluto da pressão ser diferente nas duas localidades. Essa coincidência ocorre por causa da proximidade entre os dois locais de medição. No caso, a distância era de apenas 57km.

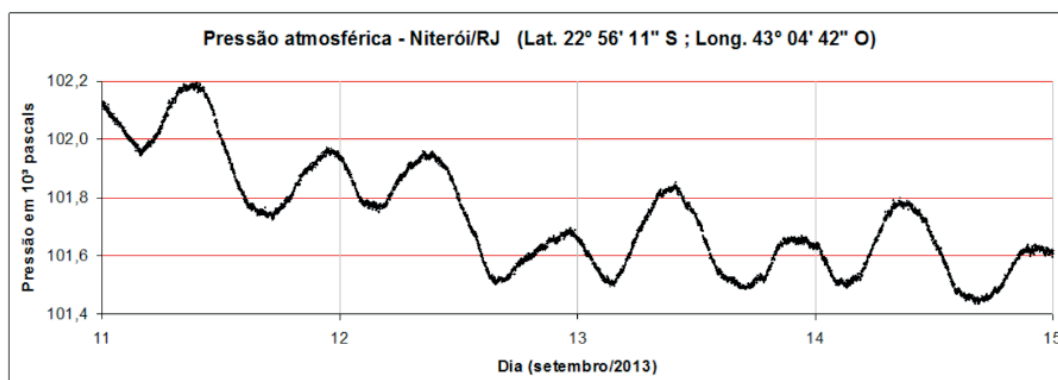


FIGURA 6: Pressão atmosférica: 11 a 14/set/2013 - Niterói / RJ

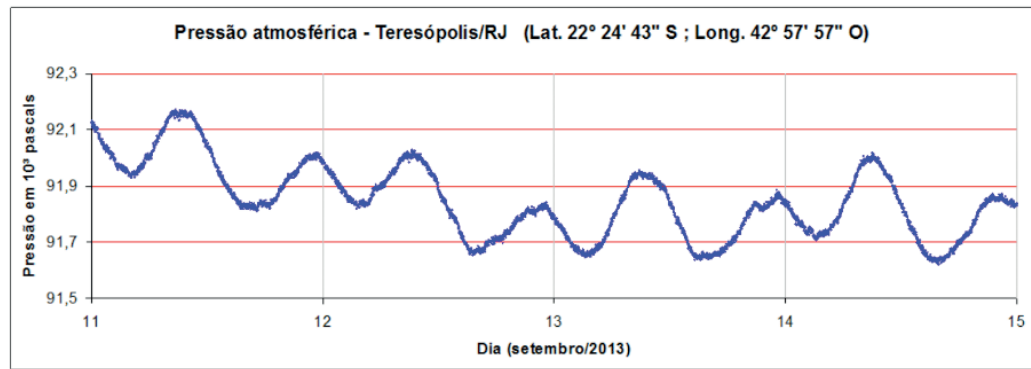


FIGURA 7: Pressão atmosférica: 11 a 14/set/2013 - Teresópolis / RJ

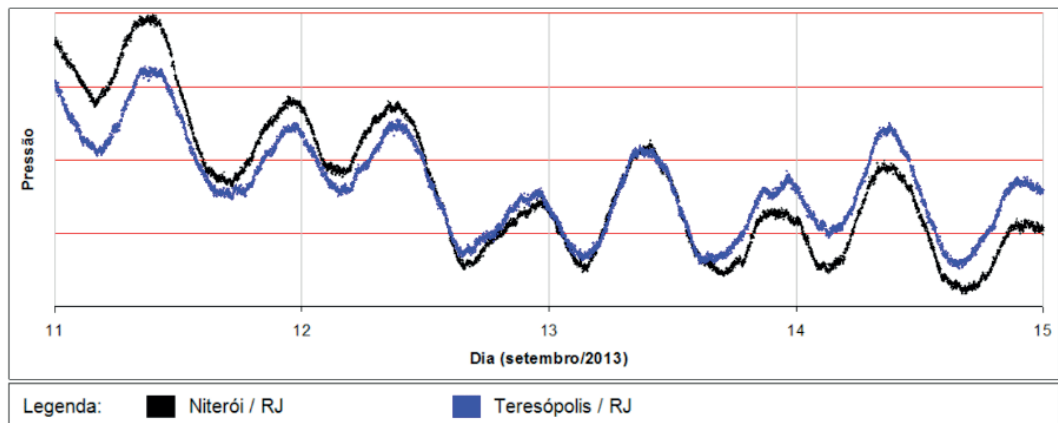


FIGURA 8: Oscilações na pressão atmosférica: Niterói e Teresópolis

Estaríamos tentados a identificar o efeito observado nos gráficos de pressão com o mesmo fenômeno gravitacional que provoca as marés oceânicas. Mas, como sabemos hoje, tal efeito não pode ser explicado simplesmente em função da ação gravitacional. Ele é na realidade decorrente principalmente da ação da radiação solar sobre a atmosfera terrestre. A ação gravitacional (lunar e solar) está presente, mas é muito menor do que a ação térmica do Sol.

O período das oscilações barométricas pode ser obtido a partir da ocorrência dos máximos (ou dos mínimos) de pressão registrados. O gráfico da Figura 9 expõe a ocorrência das oito “marés barométricas altas” (picos de pressão) registradas nas cidades de Niterói e de Teresópolis ao longo do período compreendido entre 11 e 14/09/2013.

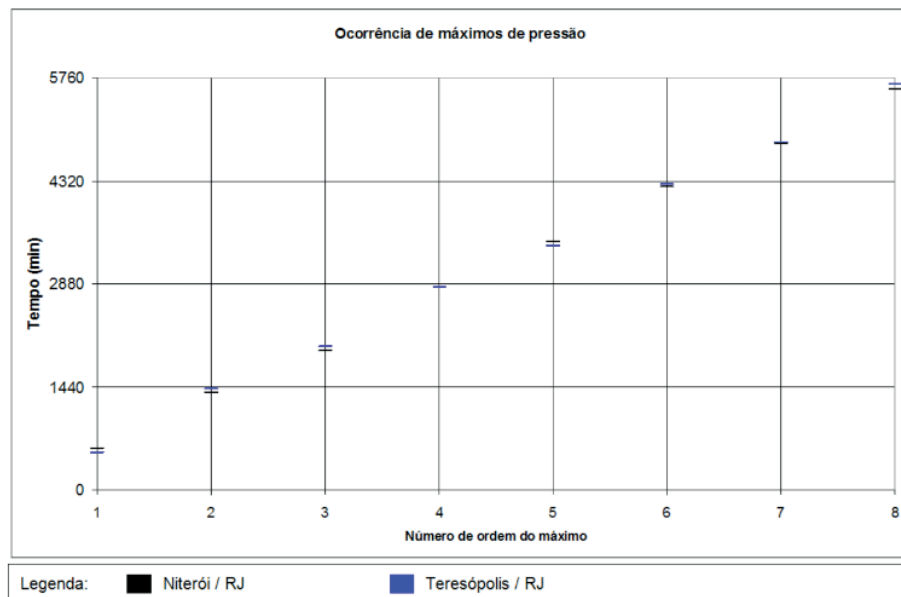


FIGURA 9: Ocorrência da maré barométrica alta

Os pontos do gráfico se distribuem linearmente e o ajuste, tomando por base os dados de Teresópolis, fornece um período de 11h55(4)min entre dois picos de pressão consecutivos. O resultado obtido sugere um padrão de 23h50(8)min para as marés atmosféricas. Esse padrão não coincide com o dia lunar (24h51min). Na realidade, parece coincidir com o dia solar (24h). Portanto, concluímos que as marés atmosféricas não são regidas pela Lua por um efeito gravitacional, mas têm relação com o Sol, pois são um efeito de origem térmica. Esse fato pode ser corroborado através de uma análise da temperatura ambiente, cujas oscilações podem ser observadas no gráfico da Figura 10.

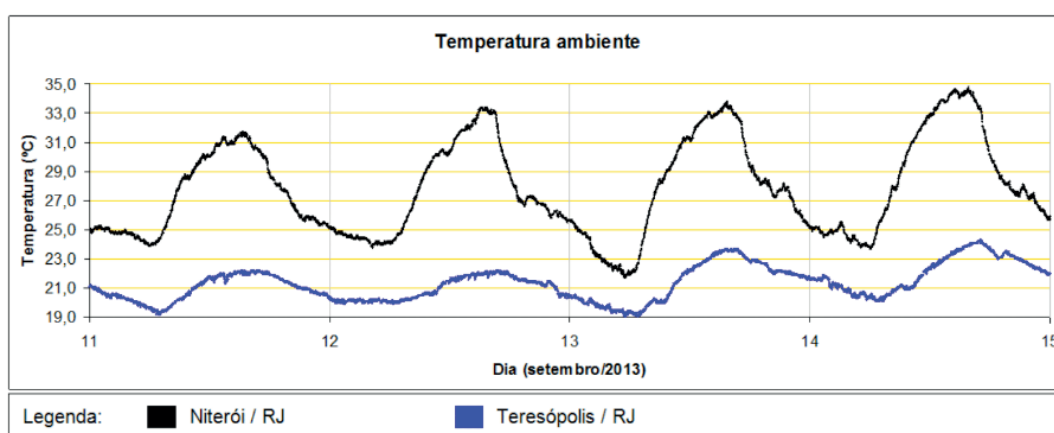


FIGURA 10: Oscilações na temperatura ambiente: Niterói e Teresópolis

Assim como os máximos de pressão, os máximos de temperatura também se distribuem linearmente ao longo do tempo e o ajuste das retas proporciona um período de 24,2(4)h entre máximos consecutivos da temperatura em Niterói e de 23,4(4)h em Teresópolis. Esses intervalos de tempo, que de certa forma representam o dia solar (24h), efetivamente sugerem que o Sol (e não a Lua) rege as variações diurnas

na pressão e temperatura atmosféricas, e que estas são decorrentes da ação da radiação térmica solar sobre a atmosfera terrestre. Na realidade, a ação gravitacional do Sol e da Lua exercida sobre a atmosfera da Terra também está presente nas marés atmosféricas, mas é muito menor do que a ação térmica do Sol. Sendo assim, a gravidade não chega a se constituir como uma causa para as marés atmosféricas da forma como esse fenômeno é observado.

4 | BARÔMETRO DIGITAL: UM PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO ALIADO A UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA

As oportunidades que as atuais tecnologias de medição oferecem devem ser usufruídas por estudantes e professores, notadamente as tecnologias de automação dos experimentos, que permitem a execução de investigações em tempo real e possibilitam a investigação de fenômenos que envolvem grande número de variáveis ou que acontecem muito rapidamente para serem observados por meios convencionais (BORGES 2002). Uma metodologia de ensino por investigação deve buscar o exercício de uma postura investigativa, que ocorre com a imersão do estudante em um ambiente teórico-experimental no qual ele possa formular, articular, descartar ou reformular conceitos ou ideias ligadas à ciência. Essa é a proposta do roteiro didático *Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino* (Figura 11). O roteiro completo está disponível na página do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro e apresenta uma proposta para alunos do Ensino Médio desenvolverem uma atividade experimental investigativa sobre as marés atmosféricas e oceânicas. Também está disponível um manual com orientações para o professor desenvolver a atividade com seus alunos.

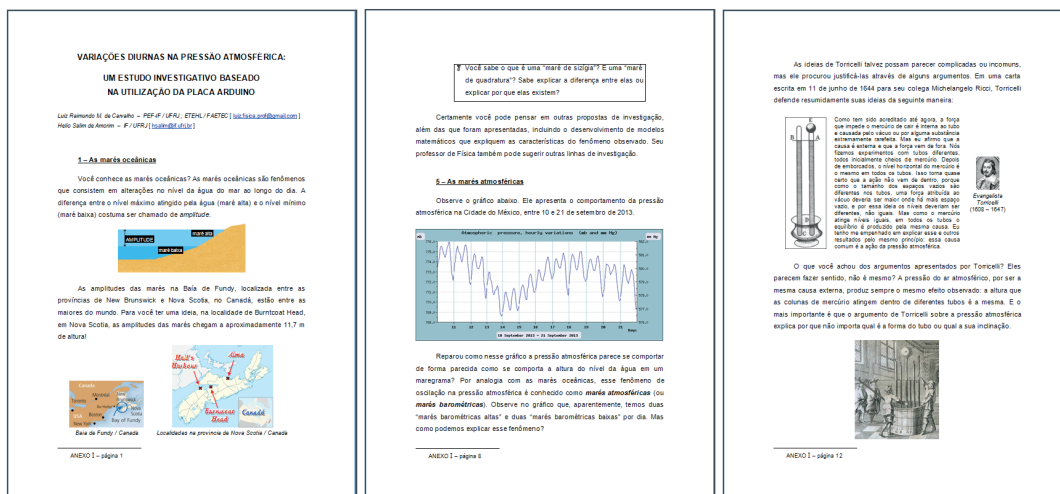


FIGURA 11: Fragmentos do roteiro didático

As investigações sobre a oscilação da pressão atmosférica (“marés atmosféricas”) requerem um grande número de medidas da pressão. Entretanto, medições com o

uso de um barômetro de mercúrio são especialmente complicadas, pois demandam uma dedicação à coleta de dados da qual estudantes e professores certamente não dispõem. Com o uso de um sensor de pressão e temperatura acoplado à placa Arduino, cerca de 10 mil medidas podem ser obtidas em apenas uma semana. O conjunto é compacto e, com a programação adequada da placa Arduino (CARVALHO 2014, p. 160-164), opera de forma independente da conexão entre o Arduino e um computador, sendo alimentado por uma fonte de 9V (Figura 12). Os componentes são versáteis e apresentam pequenas dimensões (Figura 13); dentre eles contamos com um *data logging shield* que possibilita o armazenamento, em um cartão de memória, das medidas efetuadas pelo sensor.

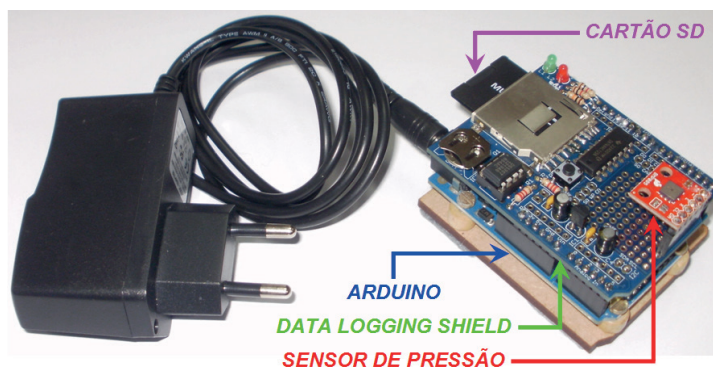


FIGURA 12: Arduino Uno + data logging shield + sensor BMP085 + cartão SD + fonte 9V

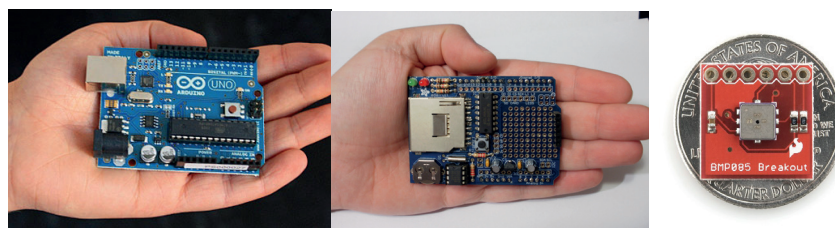


FIGURA 13: Dimensões dos componentes (Arduino Uno, shield, sensor BMP085)

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade experimental investigativa aqui proposta foi implementada na Escola Técnica Estadual Henrique Lage (Niterói/RJ) e os resultados foram analisados com a participação de estudantes de diversas turmas da instituição. Esperamos que a aplicação desta atividade em outras escolas possibilite o intercâmbio de dados e informações obtidas por alunos e professores de diferentes instituições de ensino de nível médio e superior.

REFERÊNCIAS

BORGES, A. Tarciso. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 19, n. 3, p. 291-313, dez/02.

CARVALHO, Luiz Raimundo Moreira de. **Variações diurnas na pressão atmosférica: um estudo investigativo baseado na utilização da placa Arduino**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. 234 p.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MARION, Jerry B. & THORNTON, Stephen T. **Dinâmica Clássica de Partículas e Sistemas**. 5ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. p. 174-179

AVALIAÇÃO DO USO DO APLICATIVO SOLAR SYSTEM SCOPE NO ENSINO DAS LEIS DE KEPLER

Adriano Alves de Araujo

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará
Bragança, Pará

Harrison Luz dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará
Bragança, Pará

Gabryell Malcher Freire

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará
Bragança, Pará

Fábio Andrade de Moura

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará
Bragança, Pará

RESUMO: Na última década, a internet e os dispositivos móveis expandiram-se rapidamente, tanto no Brasil como no mundo, aumentando as possibilidades de aprendizagem e compartilhamento de conhecimento e conteúdo de forma rápida, podendo ser acessado em qualquer lugar. Embora os alunos tenham acesso às muitas informações na internet e, principalmente acesso aos dispositivos móveis e aplicativos, muitos não utilizam estas ferramentas como forma de aprendizado em Física. Portanto, esta pesquisa demonstra os resultados de avaliações feitas

por alunos do Ensino Médio sobre um aplicativo e a eficácia deste para o ensino de Física, que foi empregado como ferramenta de ensino em sala de aula pelo professor. A pesquisa fora realizada com duas turmas de 1º ano do Ensino Médio Integrado do turno da manhã do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – campus Bragança, durante dois sábados letivos, 6 e 13 de agosto de 2016, utilizando um software para dispositivos móveis nas aulas, para que em outro momento os alunos pudessem avaliar a aula e o aplicativo, que serviu como auxílio para o professor. Notamos que, ao utilizar este aplicativo, conseguimos prender a atenção dos alunos nas explicações das aulas por conta da inovação e, com isso o entendimento das turmas sobre o assunto abordado foi considerado satisfatório. Deste modo, a utilização de aplicativos em sala de aula para auxiliar o professor foi um método diferente e possibilita aos alunos o estímulo para o aprendizado e com grande eficiência nas aulas de Física.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física. Estratégia de Ensino. Gravitação Universal. Solar System Scope.

ABSTRACT: In the last decade, the internet and mobile devices have expanded rapidly, both in Brazil and in the world, increasing the possibilities of learning and sharing knowledge

and content quickly, can be accessed anywhere. Although students have access to much information on the internet and mainly access to mobile devices and applications, many do not use these tools as a way of learning in physics. Therefore, this research demonstrates the results of assessments made by high school students about an application and the effectiveness of this for the teaching of Physics, which was used as a tool in the classroom by the teacher. The research was carried out with two classes of 1st year of integrated high school of the morning shift of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Pará – Campus Bragança, during two school Saturdays, August 6 and 13, 2016, using mobile software in class so that at another time students could evaluate the lesson and the application, which served as an aid to the teacher. We noticed that, when using this application, we were able to capture the attention of the students in the explanations of the classes due to the innovations and with that the understanding of the classes on the subject approached was considered satisfactory. In this way, the use of classroom applications to assist the teacher was a different method and allows students to stimulate learning and with great efficiency in Physics classes.

KEYWORDS: Physics teaching. Teaching strategy. Universal gravitation, Solar System Scope.

1 | INTRODUÇÃO

Na última década a internet e mobilidade de tecnologia se modificou bastante se tornando, como menciona a BRASSCOM (Associação Brasileira das Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação) em 2014, mais abrangente e permitindo que os usuários sempre estejam conectados principalmente através de um universo móvel.

De acordo com pesquisa realizada em 2014, pela Forrester Inc., divulgada na análise da BRASSCOM, o Brasil traz uma taxa de uso de dispositivos móveis (*tablets, smartphones, ultrabooks e e-readers*), com 95% da sua população metropolitana e, cerca de 40% destes usuários são proprietários de smartphones.

Desta forma, a ampliação do acesso aos dispositivos móveis no Brasil e em todo o mundo chega apresentando várias possibilidades para a aprendizagem e, proporcionando mudanças na produção e compartilhamento de conhecimento. Assim, os alunos, através da mobilidade dos dispositivos, acessam os conteúdos e chegam ao conhecimento em qualquer hora e lugar (NEVES, 2014).

Ensinar Física não é tarefa fácil, é um desafio constante e permanente. Como menciona Moreira (1999), um dos problemas comuns para os professores, de todas as formações e de todos os níveis, é despertar o interesse de seus alunos para que o processo de ensino e aprendizagem seja significativo.

Assim, em sala de aula, muitas vezes, as fórmulas matemáticas são postas pelos professores e os alunos acabam crendo que a Física é algo difícil de se estudar,

deixando-os desinteressados e desmotivados (Araujo, 2016). Desta forma, como Moutinho (2007) cita, a Física não é um bicho de sete cabeças, mas sim de oito, onde esse oitavo tentáculo seria os professores de Física, que devem fazer da disciplina algo mais interessante e prazeroso para o aluno estudar.

Uma das tarefas intensas em que os professores se deparam, é encontrar materiais didáticos adequados para seus estudantes (Barroso, 2006). Os dispositivos móveis são ferramentas que possibilitam sua utilização em vários recursos como animações, textos, experiências simuladas, entre outras. Com o auxílio da internet, esta ferramenta é amplamente divulgada juntamente com softwares que podem ser utilizados em sala de aula como material didático.

Muitos softwares desenvolvidos são relacionados à Astronomia, com muitas imagens e informações da área para o público em geral. Notavelmente, muitos assuntos tratados na Astronomia são atrelados à Física, podendo ser explicados, através dos conceitos físicos, ou vice-versa. Diante disso, aplicativos podem ser utilizados em sala de aula servindo como ferramenta de ensino e como uma estratégia inovadora.

Um aplicativo bastante conhecido para o sistema Android (um sistema de dispositivos móveis), que pode ser encontrado gratuitamente na Play Store, é o *Solar System Scope*. Este é um programa de simulações em 3D do sistema solar e do céu noturno, podendo também mostrar a posição dos astros no céu naquele determinado tempo, e com bons gráficos e imagens dos corpos celestes com excelente resolução.

Portanto, neste trabalho apresentaremos os principais resultados obtidos em uma pesquisa realizada no IFPA (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – campus Bragança), em duas turmas de 1º ano do Ensino Médio Integrado, para avaliar o aplicativo *Solar System Scope* – usando suas opções em simulações em 3D do sistema solar. Nesta pesquisa, nas aulas ministradas, foram abordadas as Leis de Kepler e, o aplicativo servindo como ferramenta de ensino e auxiliando os professores nas aulas de Física.

2 | METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em dois sábados letivos, 6 e 13 de agosto de 2016, em duas turmas de 1º ano do Ensino Médio Integrado do turno da manhã no IFPA – campus Bragança, tendo no total 63 alunos – 31 alunos em uma turma e 32 noutra. Para seguirmos com a investigação tivemos o auxílio do software para dispositivos móveis e, com isso, fizemos a avaliação do mesmo como instrumento de ensino de Física. Para compreendermos, dividiremos a seguir as etapas da pesquisa.

2.1 Aplicação da aula com o auxílio do aplicativo

Utilizando o programa Solar System Scope (versão 2.6.0), que é fornecido gratuitamente pela Play Store (Google) para sistema de celular Android, fora ministrado

uma aula com duração de 90 minutos para cada uma das turmas do Ensino Médio Integrado do Instituto Federal do Pará, com objetivo de analisar este software como ferramenta de ensino a ser usada pelo professor.

Este aplicativo educacional está relacionado à Astronomia e possui diversos recursos, como: mostrar as órbitas dos astros (planetas e cometas); ter informações e imagens sobre estes corpos celestes; e poderá ter noção do tamanho e das suas órbitas, comparando os modelos *planetário* e *realístico*, oferecido pelo próprio aplicativo. Sendo assim, o aplicativo apresenta recursos interessantes para proporcionar um aprendizado lúdico na área da gravitação universal, que é conteúdo exigido para turmas de 1º ano do Ensino Médio.

Com isso, foi apresentado a todos os alunos o programa *Solar system Scope* e informações como: origem, funcionamento e obtenção do mesmo. A aula foi desenvolvida em uma sala de aula, com auxílio de um Datashow no qual proporcionou a ampliação da imagem da tela do celular, para que os alunos pudessem acompanhar todas as ferramentas que o aplicativo oferece. Durante a aula, foi abordado o tema gravitação universal e o conteúdo: As Leis de Kepler.

2.2 Avaliação do Aplicativo

Para a avaliação, foram utilizadas fichas similares ao trabalho do Perfeito (2008), onde continham dois tipos de análises: a Avaliação Subjetiva Rápida e a Avaliação Subjetiva Minuciosa, quanto aos aspectos multimídias e ao conteúdo do assunto abordado.

A avaliação subjetiva rápida consiste em ponderações superficiais, de primeiro impacto do aplicativo, como: o atrair da atenção; a facilidade de usar o programa e em seus recursos; se é considerado didático; e, se os alunos gostariam que este aplicativo fosse utilizado em sala de aula pelo professor.

Já a avaliação subjetiva minuciosa incide em avaliações mais aprofundadas, com perguntas cujo o objetivo é adquirir dados mais específicos, tais como: o aspecto visual do aplicativo – se é agradável e com detalhes; a facilidade de encontrar as informações dos corpos celestes; e o grau de compreensão do assunto abordado.

Os resultados das fichas de avaliação dos discentes foram tabulados quanto às notas da Avaliação Subjetiva Rápida e Minuciosa. Para a análise dos resultados gerou-se gráficos com o auxílio do Microsoft Excel 2013.

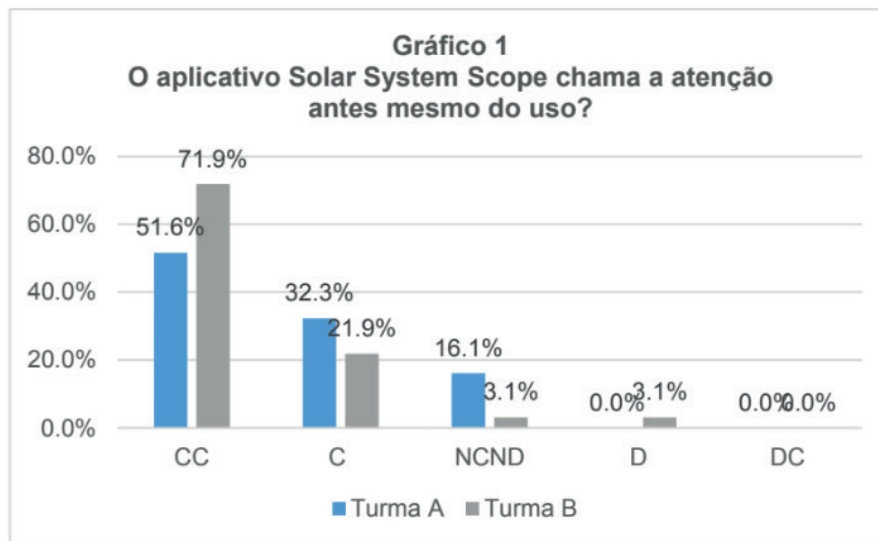
3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os gráficos a seguir ilustram os resultados obtidos durante a pesquisa, mostrando as avaliações das duas turmas de primeiro ano do Ensino Médio sobre o aplicativo utilizado nas aulas.

Cada gráfico está relacionado a uma pergunta da ficha de avaliação. Estes serão

atrelados a *Turma A* (com 31 alunos) e a *Turma B* (com 32 alunos). Vamos expor os resultados das turmas sobre a Avaliação Subjetiva Rápida e a Avaliação Subjetiva Minuciosa.

Os gráficos apresentados abaixo são relacionados a Avaliação Subjetiva Rápida.

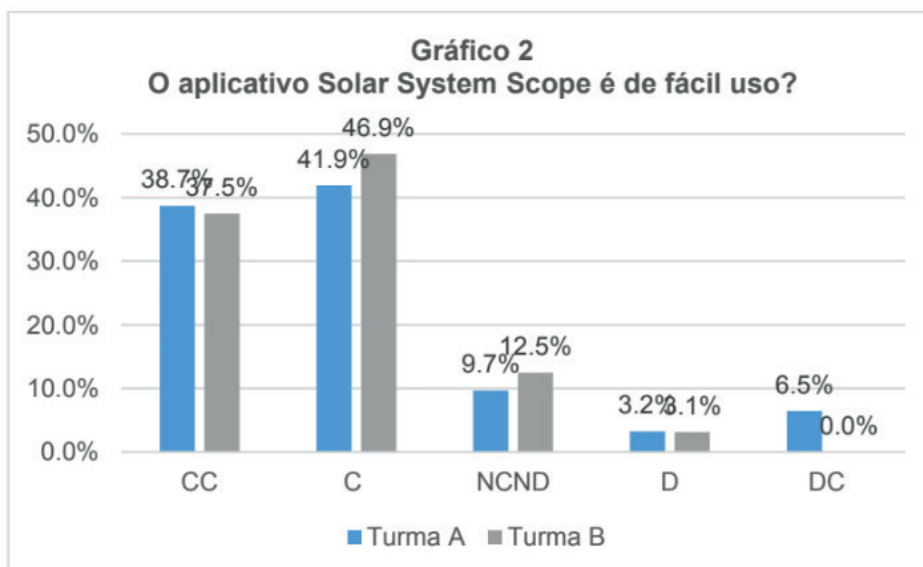


Legenda

C.C.: concordo completa- mente	C.: concordo	N.C.N.D.: nem con- cordo nem discordo	D.: discordo	D.C.: discordo completamente
--------------------------------------	--------------	--	--------------	---------------------------------

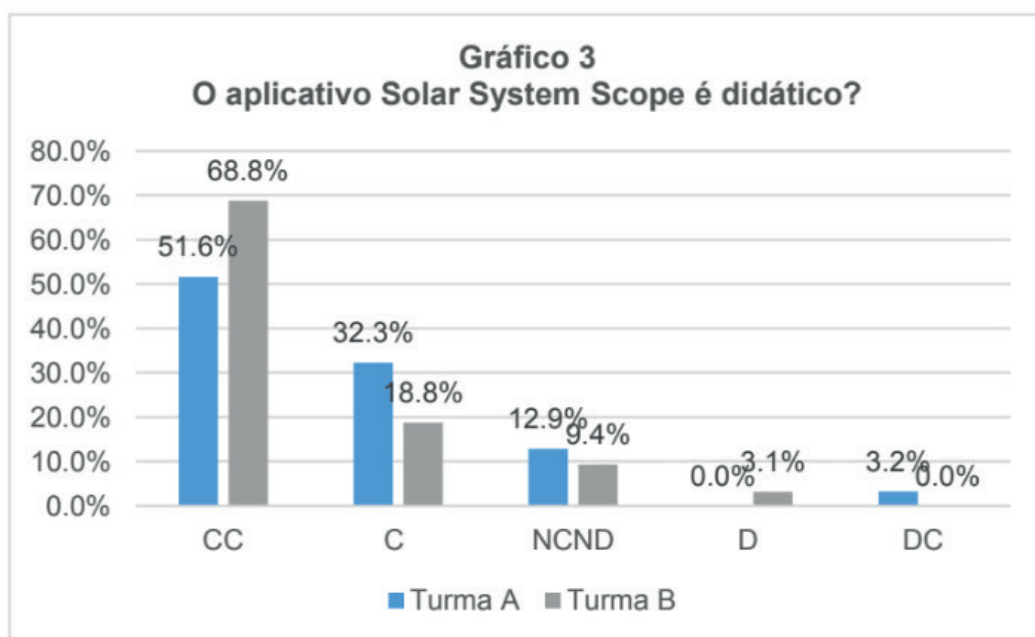
Fonte: Autores

Como podemos observar no gráfico 1, nas duas turmas o aplicativo Solar System Scope chamou bastante atenção antes mesmo da utilização dele pelos alunos. Deste modo, assim como menciona Freire (2016), assuntos ou temas relacionados à Astronomia sempre despertam curiosidade nas pessoas, de tal modo como o aplicativo o fez.



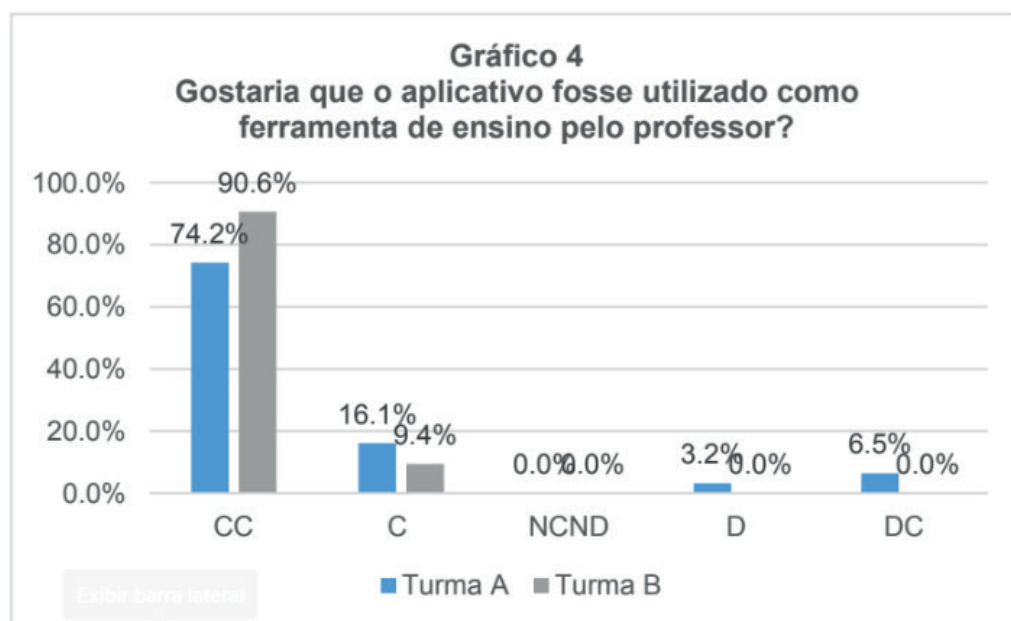
Fonte: Autores

No Gráfico 2, podemos observar que o aplicativo foi considerado de fácil uso, cerca de 38,7% da turma A e 37,5% da turma B Concordou Completamente e outros 88,8% das turmas, distribuídos em 41,9% (turma A) e 46,9% (turma B), Concordaram. Resultado significativo comparado ao trabalho de Perfeito (2008), para o mesmo tipo de questionamento.



Fonte: Autores

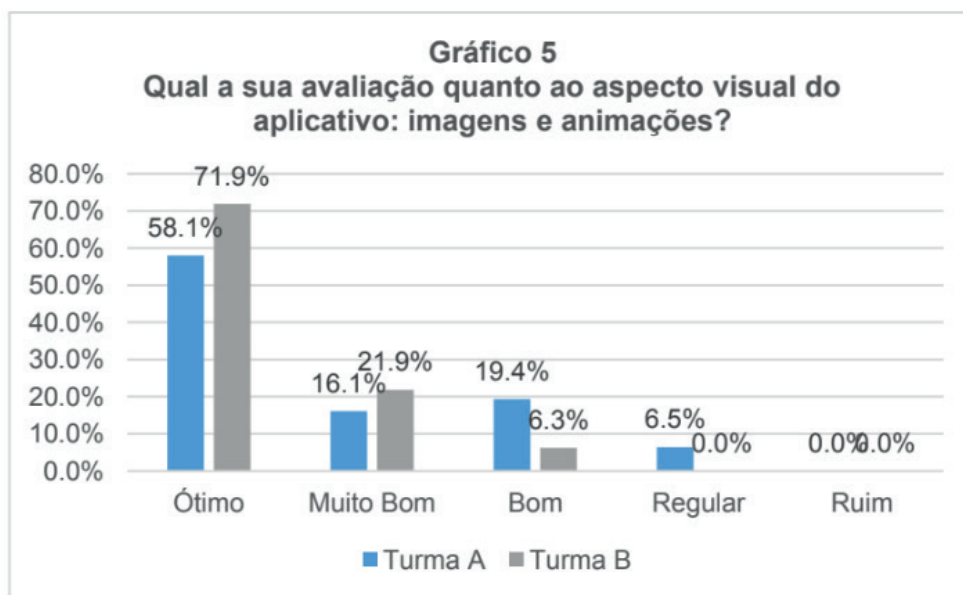
Como podemos ver, no gráfico 3, o aplicativo foi considerado didático por mais da metade dos alunos das turmas, isto é, 51,6% da turma A e 68,8% da turma B Concordou Completamente. Apenas 1 aluno da turma A Discordou Completamente. Obtivemos um ótimo resultado, pois atrair a atenção dos alunos é importante para elevar a aprendizagem.



Fonte: Autores

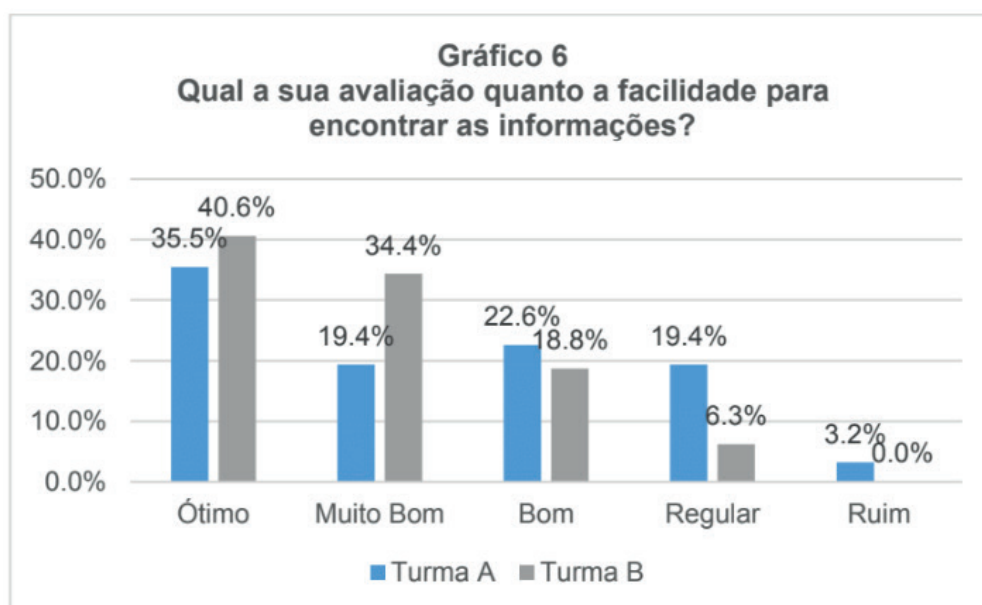
O Gráfico 4, nos mostra que mais da metade das turmas Concordou Completamente que o aplicativo fosse utilizado em sala de aula pelo professor. Este resultado nos mostra que a inovação em sala de aula por parte do professor, para tornar a disciplina mais atrativa, é importante para o processo de ensino e aprendizagem.

Os gráficos seguintes (5, 6 e 7) refere-se a Avaliação Subjetiva Minuciosa.



Fonte: Autores

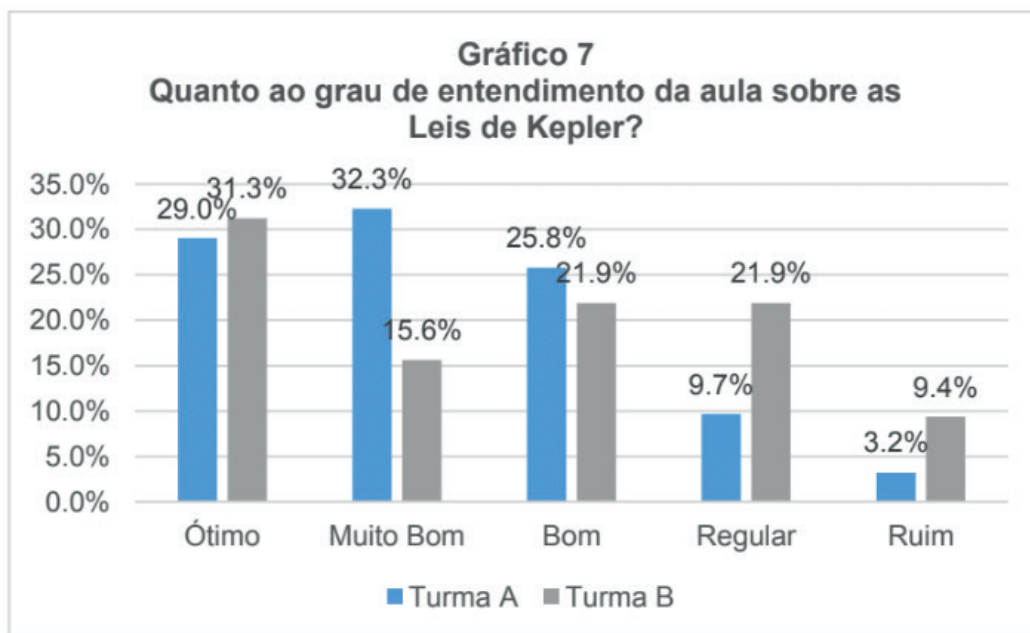
Como podemos observar no gráfico 5, uma quantidade significativa de alunos avaliou como *Ótimo* o aspecto visual do programa Solar System Scope. Assim, o resultado obtido é considerado ótimo, em relação ao trabalho de Zem-Mascarenhas (2001), em que avaliou a qualidade das telas de seu software.



Fonte: Autores

Comparando os dados obtidos nas duas turmas, podemos notar que a maioria dos alunos avaliou o programa como relativamente fácil de encontrar as informações,

dos astros celestes, por exemplo. Este ponto é importante, pois um aplicativo de fácil uso o torna mais atraente e, conseqüentemente melhora no processo de aprendizado.



Fonte: Autores

De acordo com as respostas dos alunos na ficha de avaliação, após ser ministrada a aula sobre a primeira lei (“lei das órbitas”) e a segunda lei (“lei das áreas”), com o auxílio do aplicativo Solar System Scope – com sua função de *mostrar órbitas* –, vemos no gráfico 7 que o grau de compreensão da aula sobre o assunto abordado foi considerado satisfatório.

Obteve-se 87,1% de avaliação positiva da turma A e 68,8% da Turma B, distribuídos entre: Ótimo (29% e 31,3%), Muito Bom (32,3% e 15,6%) e Bom (25,8% e 21,9%), mostrando assim a eficácia do uso do aplicativo como ferramenta de ensino pelo professor.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, confirmou-se neste trabalho, através das avaliações dos alunos, que a utilização do programa *Solar System Scope*, foi satisfatório para o aprendizado das Leis de Kepler, além de proporcionar um método diferente à do tradicionalmente empregado nas aulas de Física. Assim, com o uso do software podemos oferecer ao aluno um aprendizado expressivo, despertando seu interesse pelo assunto abordado e assim potencializando o processo de ensino e aprendizagem.

No geral, como feito com o aplicativo *Solar System Scope*, a utilização de outros softwares em sala de aula pode ser um método inovador para que os alunos possam ter um aumento expressivo no conhecimento, e melhorando o processo de aprendizagem. Além do mais, servindo como estratégia de ensino pelo professor em sala de aula.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Adriano Alves de; COSTA, Brendo Cruz; PILLETTI, Edileuza Amoras. **A modelagem matemática junto com o PIBID no ensino de física em uma escola média tradicional.** Campina Grande: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2016. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV058_MD1_SA90_ID1755_05052016191601.pdf> Acesso em: 20 ago. 2016.
- BARROSO, Marta F.; FELIPE, Geraldo; SILVA, Tatiana da. **Aplicativos Computacionais e Ensino de Física.** Londrina: Atas do IX EPEF–Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epenf/x/atas/resumos/T0113-1.pdf>> Acesso em: 15 ago. 2016.
- BRASSCOM – Associação Brasileira das Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação. **Mobilidade.** Relatório mobilidade, inteligência de mercado. 2014.
- FREIRE, Gabryell Malcher; ARAUJO, Adriano Alves de; SANTOS, Harrison Luz dos. **Uma proposta para o ensino da astronomia: a modelagem matemática como método alternativo no ensino dessa ciência.** Campina Grande: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2016. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV058_MD4_SA90_ID2231_15052016000017.pdf> Acesso em: 20 ago. 2016.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem.** São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.
- MOUTINHO, Pedro Estevão da Conceição. **CTS e a modelagem matemática na formação de professores de física.** Belém: UFPA, 2007. 115p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.
- MULLER, Emely. **Projeto carona Univates: proposta de redesign e criação de interface para dispositivo móvel.** Lajeado: UNIVATES, 2015. 96 p. Centro de Ciências Humanas e Sociais, Curso de Design. Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015.
- NEVES, Breno Gonçalves Bragatti; MELO, Rafaela da silva; MACHADO, André Ferreira. **Universo Móvel: Uma Aplicativo Educacional Livre Para Dispositivos Móveis.** Minas Gerais: Texto Livre: Linguagem e Tecnologia, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17851/1983-3652.7.1.34-48>> Acesso em: 15 ago. 2016.
- PERFEITO, João Aléssio Juliano et al. Desenvolvimento e Avaliação de Um Programa Multimídia de Computador Para Ensino de Drenagem Pleural. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, v. 34, n. 7, p. 440-441. 2008.
- ZEM-MASCARENHAS, Sílvia Helena; CASSIANI, Sílvia Helena De Bortoli. Desenvolvimento e avaliação de um software educacional para o ensino de enfermagem pediátrica. **Revista Latino-americana de enfermagem**, novembro-dezembro v. 5, n. 6, p. 13-18, 2001.

CONTRIBUIÇÃO DE PTOLOMEU PARA A EVOLUÇÃO DO MODELO GEOCÊNTRICO: PERSPECTIVAS HISTÓRICAS

Natalia Talita Corcetti

UFSCar, Departamento de Ciências da Natureza,
Matemática e Educação, DCNME, Araras - São
Paulo, ncorcetti@hotmail.com

Estéfano Vizconde Veraszto

UFSCar Programa de Pós-Graduação em
Educação em Ciências e Matemática, Araras -
São Paulo,
estefanovv@ufscar.br

RESUMO: Este trabalho apresenta uma proposta para o ensino de Física, apoiando-se na História, na Filosofia e Epistemologia da Ciência. Focando na contribuição de Ptolomeu para a evolução do modelo geocêntrico, e relacionando o conhecimento físico com as atividades proveniente do desenvolvimento social e cultural humano, a intenção é de não tratar a física como um corpo de conhecimento teórico e matemática acabado. Neste sentido, busca-se também mostrar como o pensamento mecânico evoluiu ao longo da história e como usá-lo como ferramenta para o ensino de Física. A metodologia é centrada em pesquisa bibliográfica e histórica, buscando contato direto com obras, artigos ou documentos que abordam o tema em questão. Desta forma, foi possível fazer análise das implicações das pesquisas realizadas na área e que já são

reconhecidamente do domínio científico. Neste sentido, a pesquisa consulta fontes que contém informações relevantes sobre a vida e a obra do cientista, bem como o contexto histórico em que viveu. Com isso, buscamos mostrar como o modelo geocêntrico de Ptolomeu ainda sobrevive na atualidade, já que suas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento cultural da humanidade e amadurecimento intelectual da ciência. O intuito final da proposta é ensinar e divulgar a ciência, despertando em nossos alunos o interesse pelo saber e a gana em descobrir. Para tanto, lançamos mão neste trabalho de um modelo consagrado, buscando fazer proposições para o Ensino de Física.

PALAVRAS-CHAVE: História da Ciência, Ptolomeu, Ensino de Física, Cosmologia, Filosofia Antiga.

ABSTRACT: This paper presents a proposal for the teaching of Physics, relying on History, Philosophy and Epistemology of Science. Focusing on Ptolemy's contribution to the evolution of the geocentric model and relating physical knowledge to the activities of human social and cultural development, the intention is not to treat physics as a body of finished theoretical and mathematical knowledge. In this sense, it is also sought to show how mechanical thinking has evolved throughout history and how to use it as a tool for teaching physics.

The methodology is centered on bibliographical and historical research, seeking direct contact with works, articles or documents that approach the subject in question. In this way, it was possible to analyze the implications of research in the area and which are already recognized in the scientific field. In this sense, the search query sources that contains relevant information about the life and work of the scientist, as well as the historical context in which it lived. With this, we seek to show how Ptolemy's geocentric model still survives today, since their contributions were fundamental for the cultural development of mankind and intellectual maturation of science. The final aim of the proposal is to teach and disseminate science, awakening in our students the interest in knowledge and the desire to discover. To this end, we have used this work as a model, seeking to make propositions for the Teaching of Physics.

KEYWORDS: History of Science, Ptolemy, Teaching Physics, Cosmology, Ancient Philosophy.

1 | INTRODUÇÃO

É comum os currículos de ciências estarem centrados demasiadamente em conteúdos conceituais e matemáticos e não processuais. A lógica interna do processo de construção da ciência geralmente é esquecida e relegada a segundo plano (ACEVEDO et al., 2005a, 2005b). Tal fato justifica-se principalmente porque a natureza da ciência é um tema controverso e longe de despertar opiniões unânimes (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007). O conhecimento físico da natureza é complexo e parte da dificuldade de se ensinar essa disciplina é proveniente do fato de que essa complexidade não é reconhecida e considerada em toda sua extensão. Muitas vezes, isso faz com que a física se torne ininteligível aos estudantes (ROBILOTTA, 1988). Enquanto processo, o desenvolvimento do conhecimento físico também é bastante complexo. Quase sempre livros didáticos e apostilas não deixam transparecer toda a teia intrincada de formação e consolidação do arcabouço conceitual da física e das ciências de maneira geral. A pretensa objetividade que transparece nos livros didáticos faz com que a beleza da descoberta do trabalho científico seja relegada à segundo plano. Por outro lado, concebendo a ideia de que Física é Cultura, conforme proposta por Zanetic (1989), ensinar física seria também ensinar uma visão de mundo. E para que isso seja feito, o apoio na História, na Filosofia e Epistemologia da Ciência é ajuda relacionar o conhecimento físico com outras atividades provenientes do desenvolvimento social e cultural da humanidade (PESSOA JR, 1996). Neste sentido, este trabalho buscará mostrar as contribuições de Ptolomeu para a evolução científica da concepção de universo.

Antes de prosseguir é importante apontar que este trabalho faz parte de um projeto de iniciação científica, ainda em andamento, que busca apresentar a contribuição de cientistas importantes para a construção e compreensão dos conceitos de mecânica. Todavia, para este evento científico, o trabalho mostrará resultados iniciais da pesquisa

a partir do estudo da vida e obra de Ptolomeu.

2 | OBJETIVOS

Considerando as breves notas introdutórias, este trabalho tem como objetivo principal a busca de aspectos da história da ciência a partir da apresentação de contribuições de Ptolomeu para a evolução do modelo geocêntrico, mostrando que sua concepção de universo trouxe grandes modificações e repercussões científicas. Para tanto, o trabalho busca focar o contexto social no qual estava inserido, para depois sugerir transposição do conteúdo para a área de Ensino de Física.

3 | METODOLOGIA

A metodologia adotada será de revisão bibliográfica e histórica. Será apresentado de forma fechada, buscando apresentar a biografia e as contribuições científicas de Ptolomeu para a evolução do modelo geocêntrico. De forma complementar, também foi realizada uma análise do panorama social das épocas que cada personagem viveu. Para cumprir os objetivos investigativos, a pesquisa consultou fontes para buscar informações relevantes sobre a vida e a obra do cientista, bem como o contexto histórico em que estava inserido. Todavia, fontes não falam por si. Por isso, para levá-las ao encontro dos objetivos deste trabalho, os procedimentos teórico-metodológicos adotados seguem abaixo apresentados. Assim, o contato direto com obras, artigos ou documentos que abordam o tema em questão, permite fazer análise das implicações das pesquisas realizadas na área e que já são reconhecidamente do domínio científico (OLIVEIRA, 2007).

4 | ASPECTOS HISTÓRICOS E BIOGRÁFICOS

Claudio Ptolomeu viveu entre o século I e II da era cristã, nasceu em Ptolemaida, no Egito. Foi geógrafo, astrônomo e Matemático, pelas anotações de seus trabalhos, alguns foram desenvolvidos em Alexandria, no Egito, entre os anos de 127 e 150. Viveu na época do Imperador Marco Aurélio, Egito era província do Império Romano que passava por um período conhecido como “Pax romana”, onde a população passava por uma certa dominação política. Era adotada então a política do *pão e circo*, época da paz romana pelo controle de conflitos civis. Grandes construções foram feitas para entretenimento da plebe e da nobreza, como a construção do coliseu, teatros e bibliotecas.

Ptolomeu, diferentemente de Euclides, reconheceu as realizações de seus antecessores generosa e precisamente, de maneira que nosso conhecimento sobre astronomia pré-ptolomaica é rico e mais firme do que a matemática pré-euclidiana. As contribuições de Ptolomeu para ciência foram muitas, nas quais se destacam

seu trabalho mais importante, o tratado “Almagestos”, que expõe seu estudo sobre astronomia. Suas ideias dominaram por mais 1400 anos.

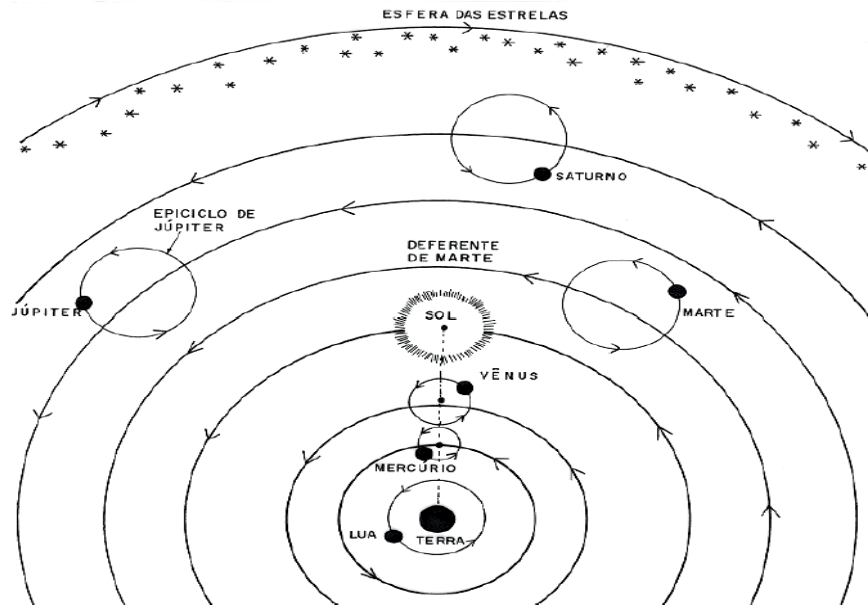


Figura 1: Sistema Geocêntrico. Fonte: Canalle, 1998.

É importante notar que do ponto de vista matemático não há nenhum problema intrínseco com a teoria dos epiciclos, na verdade essa teoria nada mais é do que uma representação em série das funções circulares (seno e cosseno) da posição dos planetas. [...] O problema da teoria de Ptolomeu estava na interpretação física. O fato dos planetas girarem em séries de epiciclo em torno de nada não tem sentido fisicamente. [...] Por outro lado havia o problema de que seguindo os princípios gregos (e sustentados fervorosamente pela igreja católica medieval) o círculo era a única forma geométrica perfeita e os epiciclos só poderiam ser compostos de círculos (e não elipse, por exemplo) e o movimento em cada epiciclo deveria ser uniforme. Além disto, a Terra, como obra divina, só poderia estar no centro do Universo, e não perambulando por aí. Foram estes vínculos que, durante séculos, obrigavam Ptolomeu e seus seguidores a complicar a teoria dos epiciclos a cada novo avanço das observações para poder explicá-las (LIMA NETO, 2011, p.83-84)

Podemos ver neste trecho acima, que mesmo tendo conhecimento amplos, os cientistas não podiam se manifestar como queriam, pois o poder da época era dado à igreja. Qualquer um que ousasse ir contra essas regras sofreria drásticas consequências. Segundo Silva (2013), Ptolomeu representou geometricamente o primeiro sistema planetário geocêntrico em ciclos e epiciclos, descrevendo movimento de planetas com razoável precisão. Modelo este usado até o século XVI.

Desenvolvendo o modelo, Ptolomeu percebeu que se os corpos se movem em órbitas circulares ao redor da Terra, um observador sempre veria os planetas se movendo na mesma direção e isto não concorda com as observações, porque os planetas, em certas épocas, parecem parar e se mover na direção oposta (laçada). Para explicar esta laçada, Ptolomeu colocou cada planeta movendo-se num pequeno círculo (epiciclo), cujo centro C move-se ao longo de uma circunferência maior (círculo condutor ou deferente) com seu centro na figura abaixo. O centro do epiciclo move-se com velocidade constante ao redor do ponto Q, o qual é colocado sobre o lado oposto ao centro do círculo condutor (deferente) em relação à Terra.

O movimento retrógrado é produzido quando o planeta está dentro da deferente. Ptolomeu reproduziu o movimento observado dos planetas e forneceu meios de se prever a posição futura deles, “facilmente”. (CANALLE, 1998).

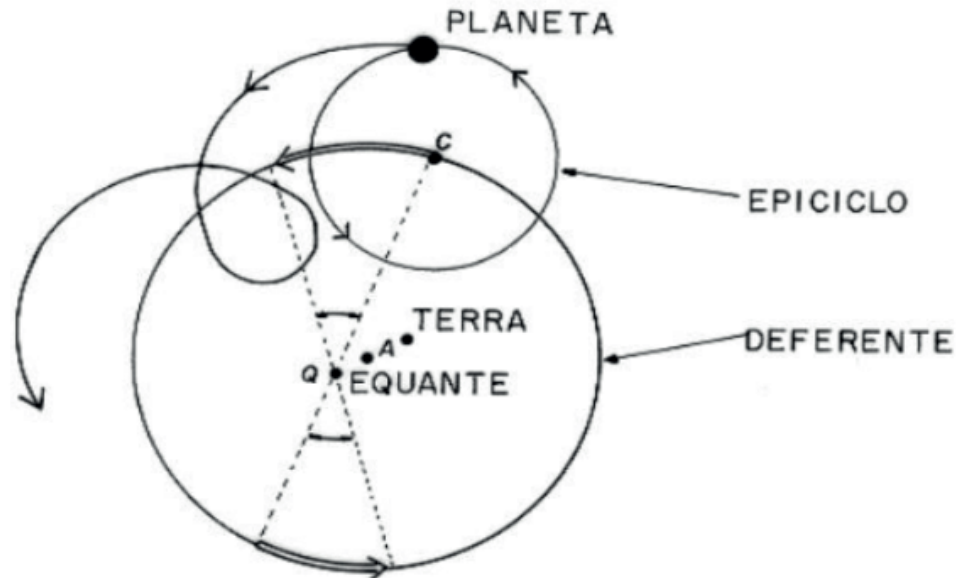


Figura 2: Modelo dos Epiciclos. Fonte: Canalle, 1998.

Através de observações, Ptolomeu reproduziu os movimentos dos planetas e desenvolveu forma de prever a posição futura deles. Mesmo que para nós esses modelos pareçam estranhos, um dia já foi o que havia de mais requintado e com ele Copernico pôde dar início ao seus estudos e investigar modelo alternativo para o sistema solar heliocêntrico, onde não mais a terra seria o centro do universo, mas sim o Sol. Um modelo que gerou grandes conflitos, que serão tratados em trabalhos futuros.

Ptolomeu chega à conclusão, partindo de fatos observáveis, que o céu e a Terra são esféricos, estando esta imóvel no centro geométrico do céu; e admite serem os corpos celestes esferas sólidas homogêneas compostas de éter que se movem circular e regularmente, pois, “naturalmente, os matemáticos que faziam astronomia estavam submetidos a certos princípios físicos que não eram de sua competência questioná-los. Estes princípios tão só delimitavam o marco no qual se desenvolvia a investigação astronômica. No início do livro *Sintaxe Mathematica*, mais conhecido como *Almagesto*, Ptolomeu apresenta a divisão do saber teórico, de tradição aristotélica, em três ramos: o teológico, que se preocupa com as coisas imateriais, o físico, que trata das coisas sujeitas à geração e a corrupção; e o matemático, que investiga a natureza das formas e dos movimentos que possuem os corpos materiais. Sendo este, do qual faz parte a astronomia ao se ocupar das coisas divinas e celestes ao investigar o que não sofre mudança, intermediário entre os outros ramos, pois participa de qualidades que os outros possuem. Para descrever os movimentos dos astros celestes, desenvolve modelos geométricos, detalhadamente apresentados abaixo, cuja atual compreensão é dificultada pelo uso numérico de base sexagesimal 2 e pela diferença existente entre as modernas funções trigonométricas e o uso de cordas da antiga trigonometria plana empregada. (BARROS-PEREIRA, 2011, p.2602-4).

Ptolomeu indagava e fazia as pessoas de seu tempo refletirem sobre as coisas mundanas. A teoria geocêntrica de Ptolomeu durou cerca de 1400 anos. Ele aprimorou

um instrumento de medir os astros conhecido como astrolábio e conseguiu estimar a distância do Sol a Lua, assim como eclipses envolvendo os mesmos. Estudou o movimento do Sol e percebeu que estava relacionado com a duração do ano e dos meses e construiu um globo terrestre. Para estas descobertas, Ptolomeu usava como ferramenta a trigonometria de Euclides, usada na tábua de cordas (equivalente a tábua de seno trigonométrico), para descrever os movimentos dos planetas em torno da Terra. Sem as contribuições de Claudios Ptolomeu a ciência estaria retardada, levando em conta que nosso filosofo da natureza, questionou de forma ampla os enigmas do universo.

5 | SÍNTESE DAS CONTRIBUIÇÕES DE PTOLOMEU PARA O MODELO GEOCÊNTRICO: POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICA

De certa forma, Ptolomeu atribui suas descobertas a seus antecessores, pois sem o conhecimento do passado nada se pode fazer no presente. Contribuições de Aristóteles, Aristarco e Hiparco foi fundamental e impulsionou a ciência de Ptolomeu. Sintetizando o material estudado e referenciado nos tópicos anteriores, a Tabela 1 apresenta de maneira resumida as contribuições de Ptolomeu para a evolução da mecânica e das ideias de Física.

Ideias de Ptolomeu	Contribuições para evolução da física	Referência
Sistema Geocêntrico: A Terra consolidara-se como o centro estático do universo: em torno dela giravam planetas e estrelas, fixos em imaginárias esferas giratórias de cristal.	Inquietações científicas e filosóficas a qual é a base do desenvolvimento de pensamentos e críticos.	Almagesto, 1998
Movimento dos planetas: Quanto ao movimento dos astros, propôs uma explicação muito simplista para o problema do movimento aparente dos planetas: em determinados pontos de suas órbitas eles parecem deter-se, inverter seu movimento, deter-se novamente, finalmente mover-se na direção primitiva. Esses fenômenos devem-se, na realidade, ao fato de a Terra e os planetas moverem-se com velocidades diferentes em órbitas aproximadamente concêntricas de cristais e circulares. Todas essas esferas girariam com velocidades diferentes, o que explicava as diferentes velocidades médias com que se moviam os diversos planetas.	Despertou em seus contemporâneos o interesse por desvendar os mistérios do universo e alavancar uma verdadeira saga de futuros gênios.	Almagesto, 1998

<p>Epíclis: Cada planeta se move num círculo pequeno (epíclis), cujo centro se move ao redor da Terra, a qual é estacionária e está no centro do Universo. Como Mercúrio e Vênus são vistos sempre perto do Sol, o centro de seus epíclis estava numa linha entre a Terra e o Sol, com o centro dos epíclis movendo-se ao redor da Terra, num círculo condutor (deferente).</p>	<p>Inspirou o desenvolvimento de instrumentos para observação do céu, tal como prazer pelo estudo dos astros.</p>	<p>Canalle, 1998</p>
---	---	----------------------

Tabela 1: Contribuições de Ptolomeu. Fonte: elaborado pelos autores.

Os modelos do sistema geocêntrico, movimento de planetas e epíclis de Ptolomeu podem não ter se aprimorado pelo fato da influência negativa da igreja católica, mas para sua época essas ideias foram revolucionárias e serviu de incentivo para outros cientistas que resolveram trilhar o mesmo caminho de Ptolomeu; como Giordano Bruno e Galileu Galilei que tiveram sérios problemas nos tribunais da santa inquisição.

Sobre esses aspectos, é possível apontar que Giordano Bruno, sofreu processo da Inquisição entre os anos de 1592 e 1600, e foi condenado à morte na fogueira, sob acusação de heresia por ter afrontado os dogmas impostos pela Igreja Católica. A heresia consistiu em simplesmente não concordar com os equívocos com a qual a igreja manipulava a população, por mostrar a verdade e divulgar o conhecimento; foi morto em nome de Deus. Já Galileu, diferentemente de Giordano Bruno, teve a sorte de não ter sido morto nas fogueiras da inquisição, mas passou toda sua vida atormentado pelas torturas em que foi submetido.

Quando Galileu começou a escrever *Diálogo sobre os principais sistemas do mundo* – o ptolomaico e o copernicano, publicado em 1632. Foi aclamado por toda a Europa, porém, sua mais nova obra não foi bem acolhida pela Itália. A Igreja entendeu que o livro continha tendências copernicanas e, em 1633, Galileu foi processado pela Inquisição. Sob ameaças de tortura, foi forçado a retratar-se publicamente de suas descobertas científicas e, seu livro, colocado no índice, onde permaneceu por dois séculos. Devido à sua idade avançada – 69 anos, e seu crítico estado de saúde foi condenado à prisão domiciliar. Morrendo em 1642 ainda sob vigilância da Inquisição (MARTINS, 2009).

Essas informações nos mostram que a história da ciência tem um papel preponderante para a compreensão da formação do pensamento científico. E isso é ponto que pode ser empregado com maior regularidade no Ensino de Física.

Assim, considerando os fatos apresentados neste trabalho, podemos inferir que, para ensinar a mecânica de Ptolomeu, não basta saber somente teoria científica e aplicações de fórmulas. É preciso contextualizar o conhecimento para mostrar ao aluno que a ciência não é obra de gênios isolados e que não foi construída linearmente do dia para a noite. O Ensino de Física ganha com a história da ciência, ao permitir que o aluno entenda o conteúdo a partir de suas relações com diferentes fatores sociais que

contribuíram para sua constituição atual. A Ciência faz parte da cultura da humanidade e precisa ser tratada como tal. Ao aluno deve ser relegada a oportunidade de entender o processo de intrincadas relações sociais que levaram à formação do conhecimento hoje tido como verdade. Mesmo que essa verdade seja parcial, incompleta. A natureza da ciência só será melhor compreendida a partir do momento que o ensino consiga mostrar suas conquistas históricas e suas falhas, despertando o senso crítico e contribuindo para reflexões que possam questionar diferentes aspectos da do processo de construção do conhecimento científico.

Diantes destas colocações e, levando em conta que a aceitação do modelo geocêntrico é plausível, o modelo Ptolomaico pode ser usado como contraponto no Ensino de Física, quando a intenção é mostrar aos alunos como o modelo heliocêntrico se constituiu e se consagrou. Se a intenção é ensinar modelos aceitos, o debate pode ser fomentado e possibilidades de questionamento do conhecimento tido como real devem ser respeitadas e, porque não, estimuladas, já que a evolução da Física passou por inúmeros processos semelhantes ao longo de sua história.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ptolomeu, através das contribuições de seus antepassados Aristóteles, Aristarco e Hiparco, descobriu um novo foco para se enxergar a natureza, buscando uma maneira de aprimorar e avançar o conhecimento medieval. Tal foi seu esforço que é que seus modelos planetários e teorias duraram mais de 1400 anos, sendo superadas apenas por novas proposições de Copérnico. Apesar de seu sistema geocêntrico não ser atual e seu modelo de epiciclos ser falho, sem ele não seria possível que seus contemporâneos pudessem fazer novos modelos e teoria.

Sabemos que a ciência é inacabada e, talvez digna de infinitas e inimagináveis possibilidades de pesquisa. A qualquer momento podemos descobrir teorias novas, derrubando crenças e paradigmas antigos (KUHN, 2010) . Não obstante, sem o conhecimento passado, não teríamos evolução das ideias e ainda estaríamos engatinhando nas sendas dos estudos da natureza.

Vale ressaltar que o trabalho aqui apresentado, fruto de uma iniciação científica em andamento, não teve, nem jamais terá a intenção de esgotar o assunto investigado. As ideias de Ptolomeu e suas contribuições permitem estudos mais amplos do que os que aqui foram brevemente apresentados. Todavia, trata-se de um trabalho em andamento, cujos frutos começam a aparecer e os resultados preliminares podem servir de plano de fundo para pequenas discussões. A apresentação deste trabalho permite o contato com a área específica e poderá também colher novos resultados após sua apresentação. Além disso, as intervenções que poderão gerar no evento, com certeza ampliarão alcance dos resultados futuros e dos rumos que o trabalho poderá vir a tomar. Assim, é possível terminar dizendo que Ptolomeu contribuiu muito

para o avanço científico e tecnológico, deixando sua bíblia astronômica “Almagestos” como legado para nossas pesquisas. Neste sentido, podemos complementar nossos estudos e divulgar ciência através da educação, para que nossos alunos se interessem pelo saber e realizem descobertas que contribuam para evolução da humanidade, assim como fizeram nossos antepassados.

Por fim, podemos reforçar os argumentos já apresentados, enfatizando a importância da história da ciência para o Ensino de Física. O conhecimento histórico de fatos relacionados à construção do conhecimento científico pode despertar o interesse do aluno por questões sociais vinculadas a ciência da natureza. Os livros didáticos nem sempre abordam a contento aspectos da história da ciência. Por isso, cabe ao professor fazer essa ponte construtiva entre o conteúdo, a história e o ensino, de forma que a Ciência seja entendida como um processo e não como conceitos e fórmulas desprovidas de sentido. Neste sentido, ainda vale apontar que, a evolução das ideias da física mostra a extraordinária capacidade humana de refletir, compreender, dedicar, acreditar, desvendar e capturar a verdadeira essência da natureza, compartilhando com nossa geração um conhecimento infinito sobre a evolução das leis do universo. E esse trabalho não se deu de forma isolada, em laboratórios, nem desvinculada da realidade e do contexto social no qual diferentes teorias emergiram. A história é dinâmica, e sua compreensão pode ajudar encurtar distâncias entre o interesse pela ciência e o seu conteúdo curricular.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J.A. *et. al.* **La naturaleza de la ciencia y la educación científica para la participación ciudadana: una revisión crítica.** Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias, Cádiz (Espanha), v.2, n.2, p.121-140, 2005a.

ACEVEDO, J.A. *et. al.* **Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências.** Ciência & Educação, Bauru, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005b.

BARRETO, R. M. **Do infinito, da magia e da inquisição: uma observação Histórico –Jurídica do processo de Giordano Bruno.** Direito e Arte: Reflexões e diálogos entre o Direito e o Cinema, 2011.

BARROS-PEREIRA, H.A. **Esferas de Aristóteles, círculos de Ptolomeu e instrumentalismo de Duhem.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v.33, n.2, 2602. 2011.

CANALLE, J.B.G. **Oficina de Astronomia.** Disponível em: <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/oficina.pdf>>. Acesso em 19 de Agosto de 2016.

KUHN, T.S. **A estrutura das revoluções científicas.** 10.ed. São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 2010.

LIMA NETO, G. B. **Astronomia de Posição.** Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br/~gastao/astroposicao.html>>. Acesso em 19 de Agosto de 2016.

MARTINS, P.C. **Galileu e o telescópio.** XXIII Semana Acadêmica da Matemática. UFOP, Cascavel, PR, 2009.

OLIVEIRA, M.M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis, Vozes, 2007.

PRAIA, J. *et. al.* **O papel da natureza na ciência para educação para cidadania**. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

PESSOA JR, O. **Quando a Abordagem Histórica deve ser usada no Ensino de Ciências**. *Ciência & Ensino*, 1, 1996.

PTOLOMEU, C. **Almagestos**, G.J. Toomer (trad.). Princeton: Princeton University Press, 1998.

ROBILOTTA, M. R. **O cinza, o branco e o preto - da relevância da Histórica da Ciência no Ensino de Física**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 5 (Número Especial): p. 7-22, jun. 1988.

SILVA, A. P. P. N. **Leituras de fontes antigas e a formação de um corpo interdisciplinar de conhecimento: Um exemplo a partir do Almagesto de Ptolomeu**. Dissertação de Mestrado. UFRN, 2013.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. Tese de doutorado. FEUSP. 1989.

EXPERIMENTO COM CARRINHOS DE FRICÇÃO PARA TRATAR DE VELOCIDADE MÉDIA NO PRIMEIRO ANO/SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

Arivaldo Lopes

Universidade Cruzeiro do Sul – UNICSUL
São Paulo – SP

Marli Santana Pimentel Lopes

Escola de Educação Infantil Estrela do Céu
São Paulo – SP

RESUMO: Descreve a aplicação de um experimento feito no primeiro ano/série do Ensino médio e trata da proposição, montagem e aplicação de um experimento para determinar a velocidade média de carrinhos de fricção. Discute brevemente o papel da experimentação no ensino e a respeito de procedimentos experimentais em sala e sua classificação. Foram feitos testes para a roteirização do experimento. A aplicação do experimento foi feita em turmas onde o primeiro autor trabalha como professor. São turmas do ensino regular e da Educação de Jovens e Adultos (EJA) de escolas públicas do Grande ABC paulista. O artigo mostra as adaptações feitas em cada modalidade de ensino para que fosse realizada a atividade em sala, sendo discutidas as maneiras com que se ensinam os alunos a utilizar os equipamentos para obtenção dos dados. São mostradas as orientações dadas aos alunos, a análise de dados e o tratamento dos erros experimentais. São discutidos os resultados e as dificuldades e facilidades dos

alunos em cada modalidade de ensino.

PALAVRAS-CHAVE: Velocidade média, carrinhos, Ensino médio.

ABSTRACT: Describes the application of an experiment done in the first year's high school series and deals with the proposition, assembly and application of an experiment to determine the average speed of friction carts. Briefly discusses the role of experimentation in teaching and experimental procedures in the classroom and its classification. Tests were done for the routing of the experiment. The application of the experiment was done in classes where the first author works as a teacher. They are classes of regular education and the Education of Young and Adults of public schools of the Great ABC of São Paulo. The article shows the adaptations made in each teaching modality for the classroom activity to be carried out, and the ways in which students are taught how to use the equipment to obtain the data. The guidelines given to the students, the data analysis and the treatment of the experimental errors are shown. The results and difficulties and facilities of the students in each type of teaching are discussed.

KEYWORDS: Average speed, carts, High school.

1 | INTRODUÇÃO

Objetivo: Descrever e analisar a aplicação de um experimento com carrinhos de fricção para tratar de velocidade média com alunos do ensino regular e da Educação de Jovens e Adultos (EJA) do (a) primeiro (a) ano/série do Ensino médio.

Segundo Giordan (Giordan,1999, p. 1) os professores têm ciência de como a experimentação desperta o interesse nos alunos. Ainda segundo o autor já citado, depoimentos de alunos levam a crer que tal prática seja motivadora, lúdica e essencialmente ligada aos sentidos. Professores afirmam que a prática experimental seria capaz de aumentar a capacidade de aprendizado dos temas abordados. Os autores do presente artigo têm observado em sua prática docente a veracidade de tais afirmações.

No contexto da experimentação, Herron propõe uma tabela para o nível de abertura dos protocolos experimentais conforme a tabela que segue:

Nível	Problema	Método	Solução
0	Dado	Dado	Dada
1	Dado	Dado	Aberta
2	Dado	Aberto	Aberta
3	Aberto	Aberto	Aberta

Tabela 1: Níveis experimentais de abertura (Herron,1971,p.192)

No nível zero os problemas, métodos e soluções são fornecidos. Constitui uma constatação daquilo que já é esperado através de um roteiro ou de uma experimentação demonstrativa.

No nível um o problema está pronto e o método para encontrar a solução também. Resta ao experimentalista descobrir a relação que ainda não conhece.

No nível dois apenas o problema é dado, cabendo ao estudante a busca pelo método e ferramentas a serem usados para chegar à solução.

No nível três todas as variáveis estão em aberto cabendo ao estudante selecionar o problema e propor métodos que cheguem à solução.

2 | METODOLOGIA

Aquisição de carrinhos de fricção (carrinho impulsionado por uma mola ou dispositivo interno), fitas métricas e cronômetros. Com o material já citado foram feitos testes para determinar a velocidade média do carrinho. Os testes geraram um roteiro para o aluno. O experimento foi aplicado em sala.

3 | PERFIL DOS ALUNOS E DAS ESCOLAS ONDE FOI APLICADO O EXPERIMENTO

O experimento foi aplicado para alunos do grande ABC paulista, mais

especificamente nas cidades de Mauá e São Caetano do Sul. O Grande ABC paulista é composto pelas cidades de Santo André, São Bernardo, São Caetano do Sul (daí ser Grande ABC), Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra e Diadema. Os alunos de Mauá pertenciam à primeira série do Ensino médio da EJA (Educação de Jovens e Adultos) no período da noite. Os alunos de São Caetano do Sul pertenciam ao primeiro ano do Ensino médio regular no período da manhã. Cada série na EJA tem duração de seis meses e o aluno precisa ter no mínimo dezoito anos para ingressar no primeiro ano do Ensino médio. Os alunos do ensino regular ingressam na escola por Vestibulinho, já que o município tem apenas três escolas que oferecem o Ensino médio.

4 | O EXPERIMENTO

Nas duas escolas o plano de ensino começa com Cinemática e o primeiro tema a ser abordado é velocidade média. O professor trouxe carrinhos de fricção, fitas métricas, cronômetros e gizes. Leu o roteiro do experimento mostrado no quadro 1. Antes de ler o procedimento experimental o docente mostrou porque duas carteiras escolares devem ficar de ponta cabeça para formar uma pista para o carrinho. Ocorre que durante os testes para montar o experimento verificou-se que o carrinho ao ser solto, depois de friccionado, faz curvas, o que dificulta a medida da distância percorrida. Com as carteiras escolares formando uma pista, o carrinho ao tentar fazer curvas, colide com as carteiras e em média segue em linha reta. Por este motivo os alunos são orientados a montar a pista de maneira a ter aproximadamente a largura do carrinho. O experimento deve ser realizado em grupo. Os alunos fazem riscos com giz no começo e no final da pista. Eles devem medir a distância entre estes riscos. No roteiro, abaixo desta orientação, há uma inscrição centralizada mostrando que a distância é medida em centímetros e que esta unidade de medida é representada por cm. Os alunos devem deixar o carrinho friccionado no primeiro risco e soltar o mesmo. Ao mesmo tempo obtêm o tempo até o carrinho alcançar o segundo risco. Há novamente uma orientação centralizada mostrando que o tempo deve ser medido em segundos, sendo representado por s. O procedimento é repetido até que se obtenham cinco tempos. O tempo médio e a velocidade são calculados. Nos dois casos há fórmulas para auxiliar os alunos a fazerem os cálculos. No caso da obtenção da velocidade média existe uma orientação para que se insira a unidade de medida cm/s. Por ser roteirizado o experimento é considerado por Herron (*Herron, 1971, p. 192*) como de nível zero.

Velocidade média

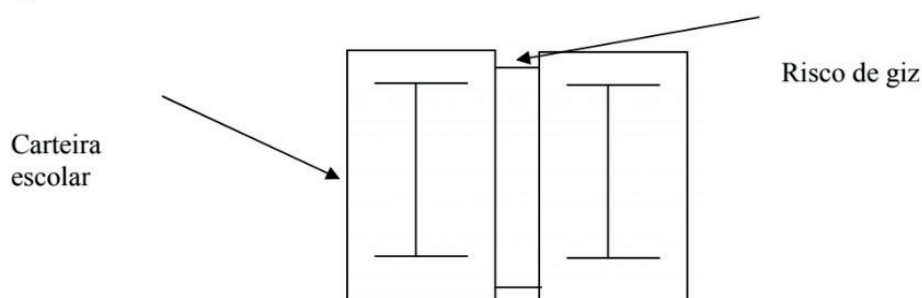
Objetivo: Determinar a velocidade média do carrinho.

Material

- Carrinho de fricção;
- Fita métrica;
- Giz e
- Cronômetro.

Procedimentos

Coloque duas carteiras escolares de ponta cabeça para formar uma pista para o carrinho. Faça um risco no chão com o giz de maneira a delimitar o início e o fim da pista formada pelas carteiras. Observe a figura que mostra a montagem experimental.



Meça e anote a distância entre os riscos.

$$[\text{distância}] = \text{centímetros} = \text{cm}$$

Coloque o carrinho friccionado no primeiro risco, em seguida solte o carrinho e cronometre o tempo até o carrinho chegar ao segundo risco. Repita o procedimento por cinco vezes, anotando os tempos.

$$[\text{tempo}] = \text{segundos} = \text{s}$$

Calcule o tempo médio conforme o modelo que segue.

$$\text{tempo} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5}$$

Determine a velocidade média do carrinho dividindo a distância pelo tempo médio.

$$\text{Velocidade média} = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}}$$

$$[\text{Velocidade}] = \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Quadro 01: Roteiro experimental

5 | APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO EM SALA

No caso do ensino regular as carteiras escolares eram diferentes das previstas no roteiro e foi necessário fazer a adaptação mostrada na figura 1.



Figura 01: Adaptação das carteiras, feita no ensino regular.

Note que neste caso os tampos das carteiras formam a pista para o carrinho. Foi necessário mostrar como fazer a adaptação, montando o esquema mostrado na figura 1. A figura 2 mostra a pista por cima, já com os riscos de giz.



Figura 02: A pista vista por cima.

O professor mostrou como medir a distância entre os riscos e como medir o tempo. A figura 3 mostra quando o cronômetro deve ser acionado e quando deve ser parado.



Figura 03: O carrinho antes e depois, quando o cronômetro deve ser acionado e parado, respectivamente.

Algumas orientações foram escritas na lousa para ficarem mais claras como o modo de anotar a distância, os tempos, o cálculo do tempo médio e da velocidade média. Foi necessário ensinar como usar o cronômetro e a fita métrica. Foi discutido que o cronômetro apresenta duas casas após a vírgula para este experimento e que a fita métrica tem condições de medir com apenas uma casa depois da vírgula. Em um exemplo dado na lousa, o docente mostrou que se o tempo médio for 1,14 s e a distância de 60,0 cm a medida com menos precisão na medida é a da distância com uma casa após a vírgula. Sendo assim, o professor dividiu a distância pelo tempo e mostrou que de acordo com o erro experimental dos equipamentos em questão a velocidade média só poderá ter uma casa após a vírgula para concordar com a medida mais pobre em termos de casas decimais. Com isso a velocidade média fica sendo de 52,6 cm/s. Segundo Masson (*Masson, 2006, p.25*) a velocidade deve conter uma casa após a vírgula, ou seja, conservar a mesma quantidade de casas decimais da distância. O tempo de reação do cronometrista ao acionar e parar o cronômetro também foi discutido como erro experimental humano. Os casos de arredondamento foram tratados em cada grupo. Como o experimento é feito em apenas uma aula, não é possível (por falta de tempo) fazer uma análise de erro mais precisa envolvendo desvio padrão entre outras análises. Outra razão para a análise sem tanto rigor em propagação de erros se deve ao fato de ser esta a primeira aula experimental feita com as turmas.

O ensino regular demonstrou bastante dificuldade em realizar o experimento, já que este é o primeiro experimento realizado pelos alunos no ano letivo. Apesar das orientações no roteiro ainda houve dificuldade de inserir unidades de medida como s (segundos), cm (centímetros) e cm/s.

As informações de tempo, distância e o cálculo da velocidade média foram entregues em folha separada (folha retirada do caderno) que foi avaliada levando em consideração a anotação e manipulação correta dos dados.

Na EJA as carteiras eram do modelo descrito pelo roteiro. Ainda assim o docente montou a pista com as carteiras como ilustra a figura 4.



Figura 04: *Esquema experimental usado na EJA.*

Foram anotadas na lousa as mesmas informações que as do ensino regular. Foi necessário mostrar como usar a fita métrica e o cronômetro. A dificuldade da EJA foi maior em realizar os cálculos do que em realizar o experimento. Como no caso do ensino regular, algumas equipes não inseriram algumas unidades de medida. O método de avaliação foi o mesmo do ensino regular.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos em nível zero (*Herron, 1971, p. 192*) para a experimentação são justificados pelo fato de ser este o primeiro experimento feito pelos alunos em aula, o que demanda um direcionamento maior.

Como afirma Giordan (*Giordan, 1999, p. 1*) a atividade se mostrou motivadora e lúdica, o que foi constatado pela empolgação das turmas ao realizar o experimento. Em certo sentido se mostrou mais lúdica para o ensino regular por tratar-se de um brinquedo.

A adaptação feita com as carteiras no ensino regular para obter a pista, não prejudicou a realização do experimento. O que demonstrou isso foram as tomadas e análises de dados de acordo com o esperado pelo docente.

O ensino regular demonstrou dificuldade em montar e realizar o experimento e facilidade em analisar e tratar os dados, sobretudo àquilo que envolvia os cálculos. Em contrapartida a EJA demonstrou facilidade em montar e realizar o experimento e dificuldade em realizar as operações matemáticas para analisar os dados.

A análise de erros foi qualitativa levando em conta apenas argumentações envolvendo os equipamentos de medida e o erro humano na tomada de dados.

REFERÊNCIAS

Bonjorno, J.R et al. **Física: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 2013.

Giordan, M. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA. Experimentação e Ensino de Ciências**. Nº 10, São Paulo: Novembro, 1999.

Herron, M. **The nature of scientific inquiry**. *School Review*, v. 79, nº 2, 171- 212, 1971.

Masson, T. J., SILVA, G. T., **Física Experimental I**, Plêiade, São Paulo, 2006.

Torres, C.M; Ferraro, N.G; Soares, P.A. **Física Ciência e Tecnologia. Volume 1**. São Paulo: Moderna, 2010.

MEDIÇÃO, EXPERIMENTAÇÃO E (RE)DESCOBERTA: UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA COM PESOS E MOLAS

Amsterdam de Jesus Souza Marques de Mendonça

Inmetro, Curso Técnico em Metrologia
Duque de Caxias – Rio de Janeiro

RESUMO: Buscando estratégias e metodologias para o aperfeiçoamento do currículo e aulas de ciências, em particular, aulas de física no ensino médio, muitas vezes são desconsiderados os conhecimentos dos estudantes de antes do ingresso em nossas classes e um aspecto comum a todos os estudantes, independentemente de sua escolaridade, idade ou sexo, é que os mesmos já passaram por inúmeras situações onde necessitaram realizar alguma medição para resolver determinado problema ou para conhecer um aspecto específico de interesse pessoal do executor da referida medição. Neste contexto, a vivência com os instrumentos de medição e as suas unidades de medida podem ser consideradas um fator facilitador do processo de ensino-aprendizado e uma abordagem do currículo com uma ênfase nos aspectos metrológicos deve ser considerada, em função dos inúmeros resultados de sucesso obtidos pelos estudantes que possuem este diferencial. Este trabalho apresenta duas atividades investigativas, fundamentadas na teoria cognitivista de aprendizagem, para

aplicação em sala de aula que valorizam estes conhecimentos prévios, possibilitando a discussão de conceitos estatísticos e a discussão sobre a validade dos resultados encontrados, apresentando alguns resultados de sucesso da aplicação de uma abordagem mais experimental com estudantes do ensino médio.

PALAVRAS-CHAVE: Medição, investigação, atividade investigativa, metrologia, ensino de física.

ABSTRACT: Looking for strategies and methodologies for curriculum improvement and science classes, in particular, high school physics classes, students' knowledge of prior to joining our classes is often disregarded and a common aspect to all students, regardless of their schooling, age or sex, they have already gone through numerous situations where they needed to perform some measurement to solve a certain problem or to know a specific aspect of personal interest of the executor of said measurement. In this context, the experience with measurement instruments and their units of measurement can be considered as a facilitator of the teaching-learning process and a curricular approach with an emphasis on metrological aspects should be considered, due to the numerous success results obtained by students who have this differential. This work presents

two investigative activities, based on the cognitive theory of learning, for application in the classroom that value this prior knowledge, allowing the discussion of statistical concepts and the discussion about the validity of the results found, presenting some successful results of the application of a more experimental approach with high school students.

KEYWORDS: Measurement, research, investigative activity, metrology, physics teaching.

1 | INTRODUÇÃO

Medir não é uma tarefa fácil. Medir é um conjunto de sistemáticas agrupadas, cuja finalidade é determinar um valor para uma grandeza de forma adequada e consistente com seu uso.

Medimos diversas quantidades todos os dias: o tempo que falta para o almoço, aqueles ‘kilinhos’ que desejamos perder, a distância que falta para chegar a um determinado destino. Todos os dias surgem medidas em nossas vidas e nossas vidas muitas vezes dependem destes resultados.

Aprendemos a viver com estes números. Aprendemos a prever estes números. Aprendemos a nos satisfazer com estes números. Podemos considerar, como exemplo, medições das condições climáticas, em que medições de velocidades dos ventos, temperatura, pressão atmosférica e outros determinados parâmetros ambientais medidos em determinados locais do planeta (todos os dias) são utilizados para estimar as condições climáticas para o dia posterior e estes resultados muitas vezes determinam nosso modo de agir e de vestir, afetam planos de viagens e passeios, alteram planejamentos e rotinas e afetam nosso agir, vestir e nossa programação diária. Mas você já parou para pensar em como são realizadas estas medidas? Que instrumentos são necessários para sua estimativa? O quanto podemos aprender com estas determinações? Quando paramos para pensar na resposta a estas perguntas certamente é considerada a introdução destes conceitos no programa escolar e isto significa introduzir conceitos de metrologia no currículo escolar.

O ensino de metrologia no ensino médio regular é atualmente limitado a apresentação das principais grandezas do Sistema Internacional de Grandezas e suas unidades correspondentes. Para um melhor aproveitamento dos conteúdos apresentados nos cursos de graduação e nas áreas de ciência e tecnologia muitas vezes o tema é abordado no início de alguns cursos. Muitos professores incluem em seus currículos temas relacionados à metrologia, quando na aplicação de atividades experimentais, visando uma compreensão generalizada das disciplinas de análise de medida e tratamento estatístico dos dados de medição. O resultado da aplicação do conteúdo metrológico vir acompanhado de uma coleta de dados (ou apresentada a *posteriori*) é a criação de uma classe de estudantes, que muitas vezes virão a

coleccionar valores sem a compreensão do porque coletá-los e o desconhecimento da forma de como apresentá-los. Neste momento a prática da propagação de incertezas torna-se uma tarefa de alta complexidade exigindo a necessidade do aprendizado deste conteúdo e colocando em segundo plano muitos tópicos fundamentais da física que serão exigidos posteriormente. Raros são os casos em que são transmitidos os conceitos e a prática do cálculo de incerteza satisfatoriamente, sem prejuízo ao conteúdo programado; comum é encontrar um vocabulário desatualizado e nenhuma menção a contribuições não estatísticas (contribuições do tipo B) que possam afetar o processo de medição. Outro tópico importante a se discutir é a falta do conhecimento da instrumentação metrológica existente. Aparelhos como goniômetros e densímetros, por mais simples que sejam em sua estrutura podem confundir muitos estudantes e enganá-los em suas observações e medições.

Neste momento, é natural que surja a pergunta: Como podemos formar estudantes capacitados para atuar em pesquisas e desenvolvimento tecnológico sem que eles conheçam os equipamentos e sistemas de medição, os quais seus julgamentos serão baseados nos seus resultados? E a resposta (se é que exista uma) não é satisfatória, nem agradável.

2 | O PROCESSO DE EXPERIMENTAÇÃO PARA ASSIMILAÇÃO

A física é uma das mais belas ciências, a qual tem como premissa estudar e compreender os fenômenos da natureza trazendo o entendimento do mundo ao mundo. Lecionamos física segundo as diretrizes do PCN+EM (MEC, 2002) visando apresentar aos estudantes de ensino médio uma física que tende a apresentar os conhecimentos de forma a aplicá-los ao seu cotidiano, envolvendo investigações que vão desde a estrutura elementar da matéria, até a origem e evolução do Universo. Utilizando umas poucas leis e princípios, podemos explicar uma grande quantidade de fenômenos naturais presentes no cotidiano, e compreender o funcionamento das máquinas e aparelhos que estão à nossa volta.

Considerando as diretrizes expostas (MEC, 2002), a preocupação do ensino de física está ligada à formação de um cidadão que saiba interagir com o mundo a sua volta, usando e criando ferramentas necessárias para executar as mais diversas tarefas no trabalho e no cotidiano. Para estes fins a física pode e deve apresentar, de uma forma menos matematizada - nos primeiros anos, os conceitos pretendidos, criando assim situação que os estudantes possam futuramente vir a se confrontar, rompendo com o modelo atual de formação tecnicista, que não é satisfatório para manutenção dos valores da Ciência. A prática da ciência não pode ser empreendida sem uma profunda adesão ao que tem sido chamado de valores da ciência, e aprender a ciência pela própria ciência tem sido uma maneira eficaz de transmitir o conteúdo científico vinculado a esses valores (CHARPAK, 2011).

A experimentação ocupou um papel essencial na consolidação das ciências naturais a partir do século XVII, na medida em que as leis formuladas deveriam passar pelo crivo das situações empíricas propostas, dentro de uma lógica sequencial de formulação de hipóteses e verificação de consistência. (...) Estabelecido um problema, o cientista ocupa-se em efetuar alguns experimentos que levem-no a fazer observações cuidadosas, coletar dados, registrá-los e divulgá-los entre outros membros de sua comunidade, numa tentativa de refinar as explicações para os fenômenos subjacentes ao problema em estudo. (GIORDAN, 1999, p.44)

Exigir esta quebra de paradigma e mudança de visão na forma como mantemos os valores da ciência exige preparo e fornecimento de subsídios que suportem aos professores nesta tarefa. A análise e disponibilização de roteiros de atividades que possam ser aplicadas em sala de aula, em uma tentativa de aproximação destes valores da ciência e melhoria do processo de ensino-aprendizagem, é uma tarefa que aponta neste sentido e carece de maior ensejo se quisermos modificações ao quadro atual (NEWMAN *et al*, 2004; WATSON, 2004; AZEVEDO, 2006; CARVALHO, 2006; DUSCHL, 2018). Santos e Mortimer (2000) defendem que o currículo deve potencializar a capacidade de tomada de decisão por meio da ênfase nas correlações entre a abordagem dos conceitos científicos, o planejamento tecnológico e a solução de problemas, culminando em um posicionamento crítico por parte dos estudantes perante temas de relevância social, ressaltando estas aproximações entre as partes. Abordar nesta faixa etária (e de escolaridade) atividades investigativas sequenciadas com um propósito vem sendo apresentado como uma vantagem. Frota-Pessoa (1985) declara que o ensino de ciências tem como função promover os estudantes na construção de conhecimento e nesta perspectiva as aulas de Ciências que adotam um caráter investigativo proporcionam possibilidades, tanto ao professor quanto aos estudantes, de identificar, compreender e solucionar problemas de natureza científica. O trajeto didático do estudante que percorre uma sequência de ensino investigativo faculta a possibilidade de, continuamente, o estudante adquirir o papel de investigador de assuntos da ciência. Cachapuz *et al* (2005, p.115) expressam esse caráter de “investigadores principiantes” dado aos estudantes que encontram-se neste processo de investigação através da discussão e interação com o professor e demais colegas da turma.

Sobre esta interação, Letta (2014, p.3) escreve que:

É interessante ressaltar que o professor é um dos agentes norteadores para ensinar ciências. Neste caso, o professor se torna o principal responsável por apresentar um problema de caráter científico aos alunos e também um dos principais motivadores a ensinar ciências, excitando a curiosidade e a capacidade dos alunos de pensarem as possíveis soluções do problema. Dessa forma, entendemos que o objetivo central e mais valioso do Ensino de Ciências é o desenvolvimento permanente das técnicas de ensinar Ciências através da investigação. Por isso, a interação em sala de aula entre professores e alunos dá completude à atividade da aula. A partir da atividade, o professor inicia o diálogo com os alunos no intuito de despertá-los e interagirem com a atividade proposta, principalmente, se apresentar um problema que traz relações com o cotidiano do aluno. O professor conduz a discussão interagindo com a atividade e com os alunos ao mesmo tempo,

motivando e fazendo-os perceber que na situação discutida existe um problema a ser solucionado. Quando os alunos respondem a motivação do professor, discutindo com ele e com o restante da turma sobre o problema proposto, inicia-se ali, a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento científico.

Diante do exposto, as aulas de Ciências deveriam assumir esse caráter investigativo, baseado na proposta construtivista de incorporação de conhecimentos por meio dessas interações (VYGOTSKY, 2000) e a apresentação de roteiros de atividades investigativas em sequências aos professores é fundamental para subsidiá-lo na tentativa de envolver os estudantes na necessidade de resolver ou solucionar problemas da ciência que sejam propostos ou identificados (PONTE, 2005).

Vygotsky (1984) também defende em seus trabalhos sobre o desenvolvimento do indivíduo o mesmo conceito, no entanto, releva a importância das contribuições da cultura, da interação social e a dimensão histórica do desenvolvimento mental. O estudante apenas irá absorver algum conceito, a partir do uso prático do estudo, procurando por si só as limitações da ideia e observando os fenômenos relacionados. Desta forma, o estudo prático da física, utilizando uma abordagem metrológica e experimental, parece uma alternativa viável e que poderá alcançar resultados de sucesso através da internalização pela repetida utilização e domínio destes novos conceitos (TOLSTOI, 1903).

A ideia de aprendizado da criança, segundo Tolstoi (1903, p.142), não pode ser feita através de explicações artificiais, por memorização compulsiva e por repetição:

Temos que admitir que tentamos várias vezes fazer isso, e que sempre nos deparamos com uma enorme aversão por parte das crianças, o que mostra que estávamos no caminho errado. Esses experimentos me deixaram com a certeza de que é impossível explicar o significado de uma palavra... Quando se explica qualquer palavra, a palavra "impressão", por exemplo, coloca-se em seu lugar outra palavra igualmente incompreensível, ou toda uma série de palavras, sendo a conexão entre elas tão ininteligível quanto a própria palavra.

O filósofo reforça que na verdade a criança precisa é interagir com os novos conceitos aprendidos:

Quando ela ouve ou lê uma palavra desconhecida numa frase, de resto compreensível, e a lê novamente em outra frase, começa a ter uma ideia vaga do novo conceito: mais cedo ou mais tarde ela sentirá a necessidade de usar esta palavra – e uma vez que a tenha usado, a palavra e o conceito lhe pertencem. Mas transmitir deliberadamente novos conceitos ao aluno é, estou convencido, tão impossível e inútil quanto ensinar uma criança a andar apenas com as leis do equilíbrio. (TOLSTOI, 1903, p.143)

Para Tolstoi, o uso de um novo conhecimento, seja ele uma palavra, uma ferramenta, uma ideia, levará ao domínio deste novo conceito. Usando e desusando, a criança aprende quais as aplicabilidades e poderá assim adaptá-lo ao seu cotidiano.

A compreensão que se tem desses autores é que para fazer ciência ao ensinar

ciências, tão importante quanto os resultados é a sequência de aprendizado escolhida: o caminho é tão importante quanto o resultado final e o construir conhecimento implica em deduzi-lo a partir de outro já sabido ou dado, colocando o estudante em situações em que possam observar os fenômenos científicos, classificar suas regularidades e relacionar variáveis relevantes, possibilitando a elaboração de explicações e hipóteses para o que ele observa e interage, individualmente ou coletivamente, na busca pela causa/explicação lógica para o que ele experimenta, aplicando o método científico galileano. A construção do conhecimento poderia estar centrada nas ações do estudante e o papel do professor seria propor atividades que agucem o potencial inventivo dos estudantes, agindo como mediador do processo de descoberta da resposta ao problema com ações pautadas nas diferentes estratégias pedagógicas e científicas de aulas investigativas (SASSERON, 2013). Kozulin *et al.* (2003) descrevem o papel do professor como um elaborador de questões que orientem os estudantes a potencializar seus conhecimentos e que valoriza a construção de novos conhecimentos e habilidades dentro de sua zona de desenvolvimento iminente (ZDI) para que expanda a sua zona de desenvolvimento real (ZDR). Na obra, é apresentada a defesa de Vygotsky sobre uma zona de desenvolvimento real em que o estudante vive e é o estado em que o ser possui domínio sobre uma determinada coisa, já sabe fazer ou tem autonomia sobre o fazer, e sempre pode expandir seu conhecimento, domínio e autonomia de infinitas formas. Estas possibilidades de expansão são imprevisíveis e dinâmicas que estimulam a transição para a zona de desenvolvimento real são o que chamamos de zona de desenvolvimento iminente (MINICK, 1987).

O estímulo para que ocorra esta transição do conhecimento da ZDI para a ZDR dependerá, dentre outros fatores, das ações do professor em sala de aula e das interações formadas entre os estudantes e entre os estudantes e o professor.

Jiménez-Aleixandre e Bustamante (2003) destacam a importância da argumentação, visto que o intelecto humano atribui diferentes significados a uma mesma palavra, pois o significado das coisas está diretamente relacionado com a capacidade do receptor da mensagem transmitida de relacionar dados, tirar conclusões e avaliar enunciados teóricos à luz dos dados empíricos ou procedentes de outras fontes. Assim, o conhecimento migrado da ZDI para a ZDR, quando motivado pela argumentação proposta pelo professor em sala de aula deve ser analisado para que ele não seja a causa da incompreensão de um determinado conceito ou a sua compreensão equivocada.

Sasseron e Carvalho (2014) destacam que para avaliar a eficácia do trabalho com dados para a formação de argumentos científicos é necessário, inicialmente, a análise e identificação de argumentos que tenham sido construídos conjuntamente em aula e, tendo esta informação, analisar as ações desempenhadas para transformar dados, evidências, hipóteses e variáveis em elementos constituintes dos argumentos construídos.

Outro aspecto importante levantado na teoria de Vygotsky é a importância dos

conhecimentos prévios dos estudantes, pois o conhecimento adquirido (transição do conhecimento da ZDI para a ZDR) é possível graças ao conhecimento, domínio ou autonomia de um conhecimento prévio. Nesta linha de raciocínio Carvalho (2013, p.4) escreve que:

Os conceitos espontâneos dos alunos, às vezes com outros nomes como conceitos intuitivos ou cotidianos, são uma constante em todas as propostas construtivistas, pois são a partir dos conhecimentos que o estudante traz para a sala de aula que ele procura entender o que o professor está explicando ou perguntando.

Percebe-se que a partir desses conhecimentos prévios, o conhecimento é construído quando pensamos em uma abordagem construtivista, pois somente através da utilização destes conceitos ou signos que pertençam a sua zona de desenvolvimento real é que estaremos construindo novos saberes e conhecimentos, de tal modo que seria impossível a construção destes conhecimentos sem que preexistisse esta base. Caso contrário, estaríamos formando alunos que simplesmente repetiriam as palavras ouvidas como papagaios, conforme alerta Lemke (1997) e a ideia de apropriação do conhecimento não faz sentido neste contexto.

A grande questão em discussão, conforme proposto pelo próprio Vygotsky (1984), trata-se de uma maneira de apresentar os problemas, os assuntos, as informações e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula e representá-los em atividades investigativas, que sejam investidas de potencial para aguçar nos estudantes a capacidade de assimilação, alfabetização científica e apropriação do conteúdo científico que queremos ensinar.

Para iniciar uma discussão pautada neste sentido, utilizaremos os instrumentos de medição de massa. Estes instrumentos se fazem conhecidos em nossas vidas graças e são amplamente utilizados, embora a grande maioria das balanças que encontramos no mercado são verdadeiras caixas pretas e o processo de determinação do resultado da massa de um corpo geralmente não é conhecido pelo operador da medição. A pessoa sobe sobre o instrumento de pesagem ou deposita sobre o seu prato um objeto cuja massa deseja-se conhecer e o resultado é apresentado *magicamente* no dispositivo indicador deste instrumento.

Quando nascemos somos levados diretamente para uma balança e ela nos acompanha por toda a vida. Seu funcionamento muitas vezes é incompreendido, mas suas medidas são assimiladas graças ao contato e experimentação e por isto é proposta uma redescoberta de conceitos e do funcionamento deste equipamento que é largamente utilizado no decorrer de nossas vidas.

3 | UMA ATIVIDADE PARA COMPREENDER O FUNCIONAMENTO DAS BALANÇAS

Baseado em nas ideias de experimentação e construção do conhecimento

proposta pelos ora elencados teóricos, podemos afirmar que um ensino de física que mantem suas bases em processos metrológicos pode ser uma alternativa ao fato de que realmente não conseguimos alcançar com sucesso grande parte dos estudantes com nossas explicações e pensamentos da antiga escola. Teóricos, estudiosos e docentes concordam que é necessária a introdução de mudança, mas o caminho certo a se trilhar ainda é desconhecido e por esta razão muitos se aventuram em propor novas ideias para ensinar velhos conceitos e segundo Freire (1997), “para compreender a teoria é preciso experienciá-la”.

Sabemos que a física de sala de aula no ensino médio está, muitas vezes, distante do modelo proposto de lecionar uma física do cotidiano que envolva aspectos como ciência, tecnologia e sociedade, contemplando a realidade dos estudantes, o método científico e os aspectos que foram adquiridos extraclasses (SILVA, 2009) e mesmo cientes de que nosso pensamento está equivocado, tendemos a seguir a cartilha aguardando por novas orientações que norteiem a forma de lidarmos com tal disparidade.

Uma proposta de atividade será apresentada e foi realizada, em caráter experimental, em uma instituição de ensino de dependência administrativa particular situada no município fluminense de Duque de Caxias e para estudantes de uma escola de dependência administrativa pública estadual também situada no município fluminense de Duque de Caxias, a fim de comparar os resultados observados em realidades distintas de uma mesma região geográfica. A atividade apresentada tem como título *Investigando o funcionamento de balanças e molas* e fora criada para trabalhar o aspecto do resultado de medição no processo de obtenção experimental dos resultados, tendo como objetivo interpretar corretamente os resultados de medição obtidos.

A atividade consiste, em uma primeira etapa, na utilização de uma mola suspensa em um suporte que possui um local adequado para depositar um objeto de massa desconhecida (Figura 1).

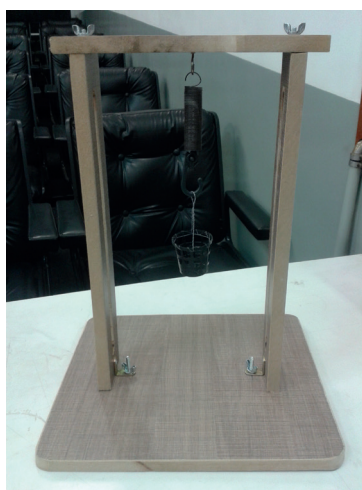


Figura 1: Aparato experimental utilizado

São fornecidos aos estudantes (recomenda-se a separação da turma em grupos quando na aplicação) um conjunto de massas de valores conhecidos e uma régua para que ele possa determinar, utilizando este conjunto, o valor da massa do objeto estranho.

A inserção das massas no suporte provoca na mola uma deformação no seu comprimento e espera-se que o estudante perceba a proporcionalidade existente entre o aumento do tamanho da mola e o valor de massa sob a qual está submetida à mola para que ele possa relacionar o valor de uma massa de valor desconhecido suspensa neste sistema com a elongação fornecida pela ação do peso desta massa.

Durante o processo de obtenção dos resultados, a aplicação desta atividade revela que os estudantes percebem a relação entre a massa depositada e o comprimento da mola através da experimentação da elongação desta mola, de gráficos e outros recursos mais exceto a descrição teórica deste experimento, o que, na visão do autor deste trabalho, facilitou o ensino-aprendizado da segunda lei de Newton. O processo de criação de gráficos e interpolação de resultados que muitas vezes é desprezado durante a resolução de problemas teóricos apresenta-se como um procedimento natural de muitos grupos de estudantes e após a criação destes gráficos, verifica-se que muitos dos estudantes conseguem visualizar a relação entre estas grandezas (ainda que desconhecendo a função que as relaciona) ou estimam o valor da massa desconhecida através de aproximações gráficas. Nota-se que o método de regressão linear ou o método dos mínimos quadrados é aplicado em sua forma mais básica neste momento para que seja obtida a resposta ao problema. Outra metodologia verificada com frequência relativamente alta é a de aplicação de regras de três simples.

Depois de experimentado o sistema de medição descrito, diferentes molas podem ser colocadas no sistema para que se percebam as características que variam com a introdução destas mudanças e nesta segunda etapa é solicitado aos estudantes que determinem a propriedade de elasticidade de cada mola utilizada (constante elástica) e, no roteiro proposto, esta fase deve ocorrer após uma explicação do modelo teórico que clarifica a primeira fase da atividade. Os grupos de estudantes deverão retornar ao aparato experimental e realizar medições da elongação da mola para cada valor de massa (conhecida) colocada no sistema. O professor deve estimular a participação para que as medições sejam efetuadas por cada estudante, pois a flutuação estatística devida a oscilações e efeitos de paralaxe tende a aumentar quando a elongação é medida por diversos estudantes e esta variação será utilizada em uma etapa posterior.

Depois de realizadas todas as medidas programadas, solicita-se que cada estudante calcule o valor da constante elástica da mola para cada leitura realizada e compare os seus resultados. Os resultados encontrados entre as medidas realizadas por um mesmo estudante (em diferentes comprimentos) e entre os membros de seu grupo (para um mesmo comprimento) devem divergir uns dos outros.

Uma dificuldade comumente encontrada pelos estudantes, quando estes tomam diversos resultados ou resultados com uma dispersão estatística considerável está em

sua apresentação. A escolha do por que um resultado ou outro deve ser um motivador para apresentação da estatística frequentista, para trabalhar conceitos estatísticos de medidas de tendência central, de medidas de dispersão e sobre o resultado de medição. É importante ressaltar que o professor não deve interferir no processo de obtenção dos resultados, apenas orientar pontualmente ou sugerir caminhos para que o aluno faça a tomada de dados pretendida. A organização dos dados de medição deve ser valorizada, portanto, a construção de gráficos e/ou tabelas é fundamental para a percepção das regularidades das propriedades de um processo experimental.

Neste momento é importante ressaltar que o princípio de medição de um instrumento de pesagem baseia-se em propriedades físicas invariáveis e constantes da natureza para que, na próxima fase desta atividade, o estudante possa investigar estes invariantes na construção de um instrumento de pesagem experimental.

Uma vez que o estudante compreenda o princípio de medição de um instrumento de pesagem, a próxima etapa da atividade é a criação, pelo estudante, de sua própria balança e, para tal, muitos outros projetos podem ser sugeridos devido à diversidade de tipos de instrumentos de pesagem baseados em princípios de funcionamento distintos. Na proposta aplicada indicaremos como confeccionar um instrumento de pesagem a partir de garrafas PET e utilizando como princípio de funcionamento a força de Empuxo (princípio de Arquimedes).

Para começar o projeto devem ser selecionadas três garrafas PET, uma de 3 litros e as outras de 2,5 litros ou 2 litros (Figura 2a) - estas duas últimas devem ser obrigatoriamente do mesmo tamanho. Para montar a estrutura da balança, deve ser cortado o bocal da garrafa grande e de uma das garrafas pequenas e em seguida, ser recortada a parte de baixo da outra garrafa pequena e acoplada ao recorte da outra garrafa pequena para formar um êmbolo (Figura 2b). O recorte criado com a garrafa maior será a base da balança e deverá comportar o êmbolo em seu interior.



Figura 2: a) Garrafas selecionadas para a atividade. b) Junção que forma o êmbolo.

O aparato criado, para ser chamado de medidor, necessita apresentar uma escala que possibilite a quantificação da grandeza a ser medida e, para criação desta escala, será necessário inserir o êmbolo dentro da base e preencher a base com água até o seu nível máximo sem deixar que o êmbolo flutue. Uma marcação na base deverá ser

feita indicando o nível da água após a retirada do êmbolo do interior da base. Esta marcação será útil para indicar o nível de água necessário para o funcionamento da experiência para futuras aplicações

A escala do instrumento deverá ser marcada na lateral da base do instrumento e sua regulação pode ser feita de diversos modos. O modo mais prático sugerido é colocar sobre o êmbolo um produto pré medido (como um pacote de açúcar, por exemplo) de massa igual a 1 kg. Uma marcação do nível alcançado pela coluna d'água deve ser feita neste nível e outra quando retirada toda massa depositada sobre o êmbolo: a distância entre estas duas marcas deve ser dividida em dez partes iguais e ao lado de cada marcação poderão ser indicados os valores 0, 100 g, 200 g, ..., até que se alcance a marca de 1000 g (1 kg).

A noção de que quando um objeto flutua, ele desloca um pouco de água e a quantidade de água deslocada é equivalente à massa deste objeto é uma descoberta fascinante que induz o enunciado do princípio de Arquimedes e integra ao conhecimento do estudante os princípios da dinâmica e do equilíbrio estático de corpos. O estudo deste princípio surge naturalmente, como resultado da experiência, pois, como o aparato experimental fora desenvolvido pelos próprios estudantes e é de posse dos mesmos, a experimentação não termina quando termina o tempo de aula e como já fora observada a necessidade de relacionamento com propriedades fundamentais da natureza a ideia agora é buscar esta nova propriedade constante. Variações do líquido utilizado entre a base e o êmbolo podem ser utilizadas nesta busca, mas isto é assunto para outro trabalho, por enquanto o desafio é trabalhar estes resultados para desenvolver satisfatoriamente os conceitos de equilíbrio dos corpos, soma de forças, a segunda Lei de Newton e a validade dos resultados encontrados.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados corroboram a ideia de que uma proposta de ensino pautada em bases construtivistas e experimentais consegue alcançar um nível de compreensão mais elevado do que o modelo tradicional e que, segundo relatos dos estudantes, “é uma prática mais divertida e interessante de se entender o que está escrito no livro de física” e que “a gente não para de fazer o que aprendeu na aula nem quando a aula termina”.

É fato que a realização de investigações em sala de aula faz com que o aprendizado se estenda para além dos muros da escola, fazendo o estudante refletir sobre as escolhas tomadas e seus resultados, propondo causas para os fenômenos observados e comparando os resultados dos diferentes grupos para elaborar uma conclusão sobre o assunto, mas exige um alto nível de operacionalização de conceitos metrológicos para que o estudante, de posse dos dados de medição, possa agrupá-los, verificá-los e utilizá-los para a formação de opinião e elaboração de conceitos e ideias e isto não

ocorrerá caso ele não compreenda o funcionamento da instrumentação utilizada e as limitações dos métodos, e a experimentação tem se mostrado a abordagem que melhor propicia a compreensão destes conceitos fazendo com que a ciência dos laboratórios e centros de pesquisa se aproxime da ciência de sala de aula.

Foi proposto neste a teoria do aprendizado pela experimentação e os resultados de colégios que aplicam este modelo de ensino refletem resultados de sucesso no aprendizado das ciências físicas cujo diferencial metrológico vem a somar para o entendimento e compreensão das leis e fenômenos que regem a natureza e todos os aparelhos que utilizamos para mensurá-la e torna-la compreensível aos olhos humanos.

O ensino maçante e tortuoso relatado na opinião de muitos estudantes secundaristas da atualidade que tende a adestrá-los matematicamente a resolver uma determinada classe de problemas retira a capacidade pensante do método de resolução de problemas criado por estes jovens e perde o significado quando apresentado sem um enunciado do problema, se na sua aplicação na vida real, pois nunca fora realmente compreendido o método científico, nem a mensuração das grandezas de influencia e as suas relações. Este tipo de problema torna-se um inconveniente para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e da sociedade, pois um capital intelectual valiosíssimo é desperdiçado.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. CARVALHO, A. M. P. (Org). São Paulo. Thomson, 2006.

CACHAPUZ, A. C.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. Cortez editora, 2005.

CARVALHO, A. M. P. **Las practicas experimentales en el proceso de enculturación científica**. In: GATICA, M Q; ADÚRIZ-BRAVO, A (Ed). Enseñar ciencias en el nuevo milenio: retos e propuestas. Santiago: Universidade católica de Chile. 2006.

_____. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, A. M. P. Ensino de ciências por investigação – Condições para implementação em sala de aula. 1ª edição. São Paulo. Editora Cengage Learning, Cap. 1, p. 1-20, 2013.

CHARPAK, G. **La main à la pâte, les sciences à l'école primaire**. Paris, novembro de 2011.

DUSCHL, A. R. **The HS Lab Experience: Reconsidering the Role of Evidence, Explanation and the Language of Science**. Disponível em: <http://www7.nationalacademies.org/bose/RDuschl_comissioned_paper_71204_HSLabs_Mtg.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

FROTA-PESSOA, O. **Como ensinar Ciências**. 5ªed. São Paulo: Ed. Nacional, 1985.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. Química nova na escola. n.10, novembro, 1999.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUSTAMANTE, J. D. **Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas**. Enseñanza de las ciencias. v.21, n.3, 359-370, 2003.

KOZULIN, A.; GINDIS, B.; AGEYEV, V. S., MILLER, S. M. **Vygotsky's educational theory in cultural context**. Cambridge University Press. The Edingburg building, Cambridge CB2 2RU, UK, 2003

LEMKE, J. L. **Aprendiendo a hablar ciencias: lenguaje, aprendizaje y valores**. Paidós. Barcelona, 1997.

LETTA, L. A. **As ações do(a) professor(a) no ensino fundamental I ao aplicar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI)**. Dissertação – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. São Paulo, 2014.

MEC. **PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec), 2002.

MINICK, N. **The zone of proximal development and dynamic assessment**. New York: Guilford Press, 1987.

NEWMAN, W. J; ABEL. S. K, HUBBARD. P. D; MC DONALD. J. **Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods**. Journal of Science teacher education. 2004.

PONTE, J. P. **Explorar e investigar em Matemática: Uma actividade fundamental no ensino e na aprendizagem**. Unión - Revista Iberoamericana de Educación Matemática (ISSN: 1815-0640), 21, 13-30. 2010.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira**. Ensaio. Belo Horizonte, v.2, n.2, p. 133-162, 2000.

SASSERON, L. H. **Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor**. In: CARVALHO, A. M. P. Ensino de ciências por investigação – Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, p. 41-62, 2013.

_____; CARVALHO, A. M. P. **A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas**. Revista Ciência & Educação, Bauru, v. 20, n. 2, p. 393-410, 2014.

SILVA, F. D. A. **Formação de professores de ciências: o método científico em discussão**. I Seminário Internacional de Educação do Pontal do Triângulo Mineiro. 2009.

TOLSTOI, L. N. **Pedagogicheskie stat'i (Ensaio pedagógicos)**. Kushnerev: s.n., 1903.

VIGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo, Martins Fontes, 1984.

VIGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

WATSON, F. R. **Student's discussions in practical scientific inquiries**. In: International Journal Science education. v. 26. n.1, 25-45, 2004.

O USO DO LDR COMO SENSOR DE POSIÇÃO COM O ARDUINO PARA O ENSINO DE FÍSICA

Lázaro Luis de Lima Sousa

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – Rio Grande do Norte

Nayra Maria da Costa Lima

Núcleo de Educação à Distância da UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte

Luciana Angélica da Silva Nunes

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – Rio Grande do Norte

Leonardo Augusto Casillo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – Rio Grande do Norte

Andreia Paulino da Silva

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – Rio Grande do Norte
Instituto Federal de Educação do Maranhão
Açailândia - Maranhão

Rodolfo Felipe Medeiros Alves

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – Rio Grande do Norte

RESUMO: O Arduino está se tornando uma das plataformas mais utilizadas para projetos de simples aquisição pela sua versatilidade. No ensino de física, este equipamento ganha espaço no auxílio para substituir tradicionais kits em aulas experimentais, na maioria dos casos inacessíveis às escolas do ensino médio, que não disponibilizam verba para tal,

pois é considerado um sistema de baixo custo. Realizar experimentos de física em sala de aula é uma das formas mais simples de motivar, dinamizar e criar novas perspectivas no aluno. O LDR é um sensor de baixo custo que varia sua resistência com a luminosidade e pode ser utilizado para fins além do esperado por este componente. Este trabalho apresenta algumas maneiras de usar o LDR e o Arduino em conjunto para realizar diferentes experimentos, usando-o como sensor de posição, com o objetivo de dinamizar as aulas de Física.

PALAVRAS-CHAVE: Arduino, LDR, ensino.

ABSTRACT: The Arduino is becoming one of the platforms most used for projects of simple acquisition by its versatility. In physics teaching, this equipment gains space in helping to replace traditional kits in experimental classes, in the majority of cases inaccessible to high schools, which do not provide funds for this, since it is considered a low cost system. Conducting classroom physics experiments is one of the simplest ways to motivate, energize and create new perspectives in the student. The LDR is a low cost sensor that varies its resistance to brightness and can be used for purposes beyond what is expected by this component. This paper presents some ways to use LDR and Arduino together to perform different experiments, using it as a position sensor, with the aim of dynamizing

the physics classes.

KEYWORDS: Arduino, LDR, learning.

1 | INTRODUÇÃO

No ensino de Física, muitas vezes o professor se depara com situações em que se faz necessário o uso de metodologias diferenciadas para facilitar o processo ensino-aprendizagem. Uma saída comum é o uso de atividades experimentais, ou atividades interativas com tecnologias atuais. Apesar do crescente aumento nas empresas que confeccionam os kits de ensino, direcionados exclusivamente à didática experimental, ainda sim estão longe de tornarem-se comuns nas aulas da maioria dos centros de ensino, sejam públicos ou privados. Um dos motivos seja possivelmente pelo alto valor para aquisição destes equipamentos. É nesta perspectiva que a confecção de experimentos de baixo custo torna-se uma saída para professores que buscam o dinamismo proporcionado por uma aula que vai além do método tradicional.

Vale ressaltar que, como consequência de uma sociedade moderna e mais conectada, toda atividade didático-experimental precisa acompanhar tal desenvolvimento para despertar o interesse dos discentes. E como tal, o uso dos computadores é indispensável nestas atividades, porém, eles sozinhos não propõem experiências diferenciadas sobre a percepção da física em nosso cotidiano. É necessária uma interface que possa proporcionar esta comunicação. Neste trabalho foi usado o Arduino associado ao LDR para medidas de posição aplicadas aos experimentos de Física.

O Arduino tem atraído a atenção de professores e alunos nos últimos anos, principalmente devido ser uma plataforma aberta e de fácil manipulação, considerada de baixo custo e com possibilidade de associação a diferentes sensores. Um grande trunfo de sua utilização é a possibilidade de produção de material instrucional capaz de explorar a capacidade do discente de resolver uma ação usando robótica, ou automatizando um procedimento. Contudo, pouco se tem discutido sobre formas de inserção deste equipamento em aulas de ensino experimental em física, em que no caso, ele apresenta-se como peça fundamental, mas não mais importante que o ensino de Física em si.

Para o sensor de fácil acesso e baixo valor de aquisição foi escolhido o LDR que é um fotoresistor que permite montar estruturas capazes de medir a posição para diferentes graus de luminosidade e assim poder estudar diferentes experimentos que possam contribuir com o aumento do entendimento nas aulas de Física.

2 | A PLATAFORMA ARDUINO

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware e software

livre (open source) desenvolvida em 2005 na Itália e que ganhou notoriedade nos últimos anos devido à sua flexibilidade, facilidade de utilização e seu baixo custo frente a outros modelos de microcontroladores. Seu principal objetivo é permitir que usuários, a partir de conhecimentos básicos em eletrônica e programação, criem hardwares interativos com baixo custo. Existem diversas comunidades virtuais de usuários que compartilham seus projetos e auxiliam na construção de protótipos e projetos, o que contribui ainda mais para a popularização da plataforma (MCROBERTS, 2018).

O hardware do Arduino é composto por um microcontrolador programável (geralmente da família Atmel) e uma interface simples formada por entradas e saídas digitais e analógicas para conexão de sensores e atuadores. O desenvolvimento de programas para o Arduino é realizado através do uso de uma linguagem de programação própria baseada em Wiring, que se assemelha a linguagem C/C++. O software pode ser obtido gratuitamente no website oficial e possui versões multiplataforma para Windows, Mac e Linux. Os programas escritos na IDE Arduino são chamados de Sketches.

O Arduino pode ser acoplado a outros dispositivos denominados shields. Um shield é uma placa que permite o aumento da capacidade do Arduino, de acordo com sua funcionalidade, por exemplo, shields bluetooth, que permitem comunicação com sinal bluetooth, e ethernet shield, que permite ao Arduino operações na internet.

Existem atualmente diversos modelos de Arduino, de acordo com a quantidade de portas de entrada/saída, memória e funcionalidades extras (como, por exemplo, a integração de conexão com a internet sem a necessidade de Shields).

Em virtude de suas características, o Arduino é utilizado para implementar a chamada Computação Física (Physical Computing), que é a utilização de componentes eletrônicos (sensores e atuadores) para desenvolver sistemas interativos, que se comunicam com o meio ambiente e com os seus usuários. Isto significa que o Arduino pode receber informações do ambiente (som, luz, temperatura, velocidade, pressão, volume, etc.) por meio de seus pinos de entrada analógicos ou digitais a partir de sensores, processar tais informações de forma digital, e atuar no ambiente controlando, lâmpadas, motores, ou outros atuadores através de seus pinos de saída. Inclusive, estas medidas podem ser feitas em função do tempo, que é um dos parâmetros de difícil acesso em experimentos de física com boa precisão (DE RODRIGUES, 2015).

O modelo utilizado neste projeto é o Arduino UNO, de 8 bits, ilustrado na Figura 1.

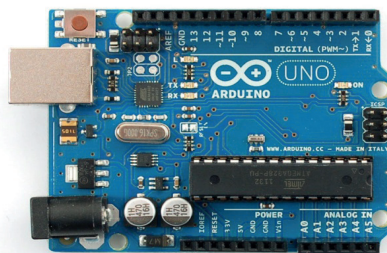


Figura 1. Arduino UNO.

O modelo UNO possui um bom custo/benefício para projetos de pequeno porte em virtude de suas características, dispostas na Tabela 1. Modelos mais completos, como o Arduino MEGA, costumam ter mais pinos de E/S ou mais memória, mas possui custo mais elevado a maior dimensão.

Propriedades	Modelo
Microcontrolador	ATMega 328
Processador	RISC 8 bits
Tensão de Operação	5 Volts
Pinos Entrada/Saída Digital	14 (6 pinos PWM)
Pinos Entrada Analógica	6
Corrente DC por pino	40 mA
Memória FLASH	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frequência de Clock	16 MHz

Tabela 1 – Característica do Arduino UNO.

3 | O LDR E A MEDIDA DA POSIÇÃO

O LDR (do inglês *Light Dependent Resistor*) é um fotoresistor, ou seja, um componente eletrônico em que seu valor de resistência é variado com a intensidade luminosa. As Figuras 1(a) e (b) mostram um LDR de uso comum e suas simbologias eletrônicas, respectivamente. A luz incidida sobre a face deste elemento influencia diretamente à quantidade de portadores de carga liberados, que por sua vez, favorece o aumento da corrente elétrica. Isso faz com que, em ambiente com pouco ou nenhuma luminosidade, o LDR possa alcançar valores extremamente elevados de resistência. A Figura 1(c) ilustra a curva de dependência entre a resistência do LDR e a luminosidade incidida em sua face (THOMAZINI, 2005).

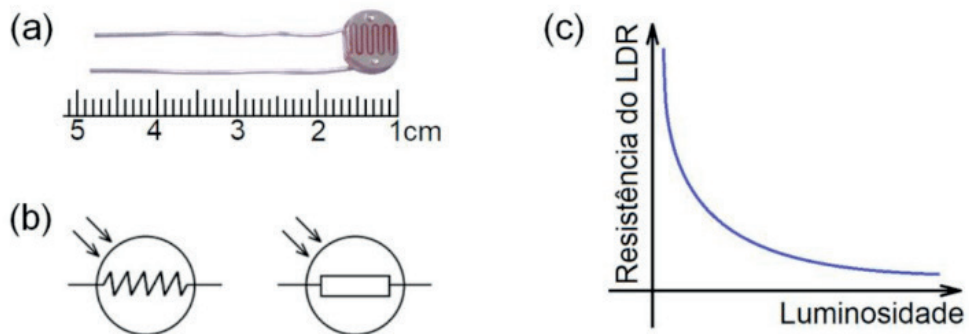


Figura 2. (a) Um LDR de uso comum; (b) Simbologias eletrônicas para o LDR; (c) Ilustração da curva característica da resistência do LDR em função da luminosidade.

Os LDR's são compostos por dois eletrodos separados por um material fotocondutor, geralmente o sulfeto de cádmio (CdS), que possui resistência da ordem de megaohms no escuro, e diminui seu valor drasticamente pelo aumento da intensidade luminosa incidente, como mostra a vista superior de um LDR de uso comum na Figura 3(a). Na Figura 3(b) é ilustrada a vista lateral, onde mostra que o LDR é composto por um revestimento cerâmico, para suporte e dar corpo ao componente, sobre a face do LDR é dado um revestimento transparente para proteção do material fotocondutor (DE CAMPOS VALADARES, 1998).

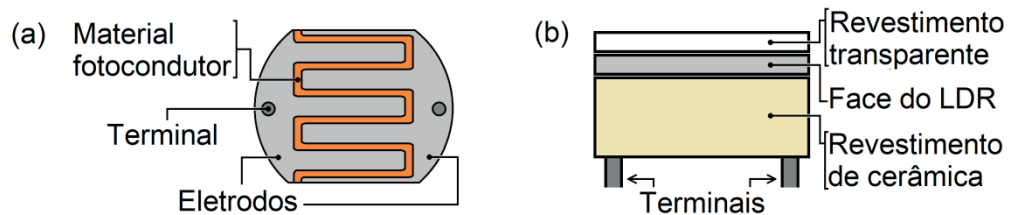


Figura 3. Ilustração da vista superior do LDR em (a), em (b) é mostrada a vista lateral.

O tempo de resposta de um fotoresistor é dado como o tempo necessário para que a condutância deste componente aumente em 63% de seu valor máximo, quando iluminado, e diminua para 37% quando for retirada a iluminação. Entre os fotoresistores, o LDR é o mais lento em termos de tempo de resposta, por outro lado, em atividades didáticas com tempos de respostas relativamente grandes, o LDR pode ter utilidade como auxiliador na construção de equipamentos que medem a posição. Para isso, é necessária que a variação de luminosidade seja convertida em unidades de localização. Essa intenção vai além da necessidade de mensurar/diferenciar escuro do claro (THOMAZINI, 2005).

É de se esperar que a intensidade luminosa diminua com o aumento da distância entre a fonte e o ponto de estudo. É através desta modificação que uma relação poderá ser estipulada. Com o uso do Arduino e o LDR, não é necessário saber o valor da intensidade de luz em cada ponto. Neste trabalho, para efeito didático aplicado à posição, essa informação é irrelevante. Contudo, a localização de um corpo só será possível se realizado uma calibração inicial. Para isso é necessário realizar a

montagem como descreve a Figura 4.

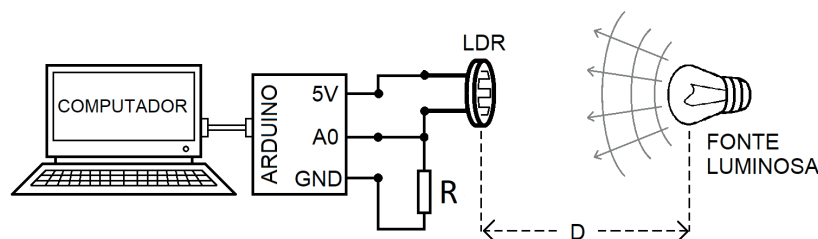


Figura 4. Aparato e montagem da calibração inicial do LDR como sensor de posição.

O sistema apresentado na Figura 4 é composto por um computador, um Arduino Uno, um LDR de uso comum, um resistor de carga R da ordem de $10\text{ k}\Omega$, uma lâmpada como fonte luminosa e uma régua para medida da distância D . Inicialmente é necessário estipular a noção de escuro e claro com o LDR, medindo o sinal do Arduino com e sem um obstáculo em relação à fonte luminosa. Esta calibração deve ser feita uma vez antes de todo o ciclo de experimentos.

Copiando os dados do Arduino para um analisador gráfico em que os ajustes dos dados coletados fornece a função $F(D)$, que é a relação entre a medida do Arduino e a distância entre a fonte luminosa e o LDR. A $F(D)$ deverá ser inserida nas rotinas dos códigos fonte, quando necessário, para realização dos experimentos propostos descritos a seguir.

4 | EXPERIMENTOS PROPOSTOS

Utilizar experimentos em sala de aula é uma excelente alternativa metodológica para o ensino de Física por possibilitar que os discentes tenham percepção prática dos assuntos abordados teoricamente pelo professor. Além disso, estes experimentos poderão auxiliar o professor de Física na busca de uma prática docente que permita a formação de indivíduos questionadores do mundo que os cerca (DE SOUZA, 2011).

Especificamente foram escolhidos três experimentos para aplicação em aulas de Física utilizando LDR e Arduino. Estes podem servir como inspiração na construção de outras ferramentas a serem adotadas no ambiente educacional.

5 | PÊNDULO SIMPLES

O Pêndulo Simples é um dos sistemas oscilantes mais simples para estudo de movimentos oscilatórios e determinação do valor da gravidade g . Para pequenas amplitudes angulares, o período de oscilação T pode ser escrito como $T = 2\pi(L/g)^{1/2}$, então sua análise experimental é baseada na medida de T do comprimento do pêndulo L (WALKER, 2002). Quando este experimento é proposto, as medidas temporais são, geralmente, feitas com um relógio, de forma manual, o que produz maiores erros e em

alguns casos, e limita a quantidade de análises, pois, por exemplo, é complicado medir a velocidade máxima da massa oscilante. No caso, nossa proposta de experimento consegue mensurar o período e a velocidade máxima de forma simples e automatizada. Para isso, é necessário montar o aparato experimental mostrado na Figura 5(a), no caso, com o experimento em andamento, o Arduino e o LDR fornecem uma função quadrada, mostrada na Figura 5(b).

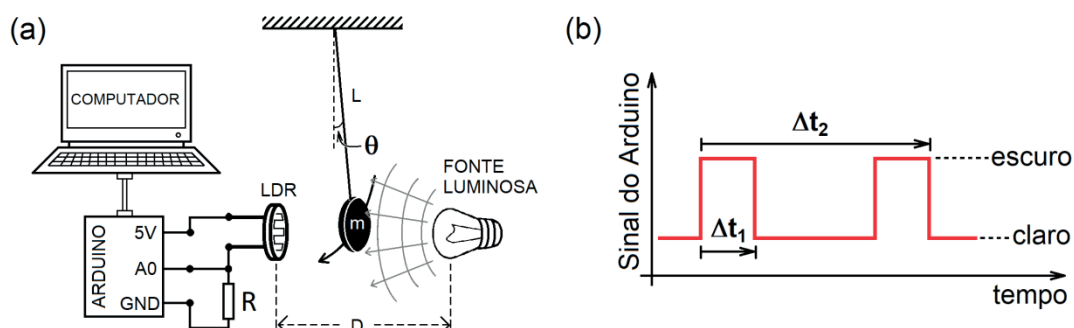


Figura 5. (a) Aparato experimental para estudo do Pêndulo Simples. (b) Sinal observado pelo Arduino em função do tempo.

O aparato experimental da Figura 5(a) é composto por um pêndulo de comprimento L e massa m , descolado de sua posição de equilíbrio θ , que oscila livremente entre o LDR e a fonte luminosa. O valor de D é fixo. A massa oscilante ao passar em frente ao LDR diminui a quantidade de luminosidade que incide sobre sua face, levantando o sinal do Arduino (fase escura), para outras posições angulares a luz é incidida normalmente (fase clara), como mostra a Figura 5(b). Os valores de tempos Δt_1 e Δt_2 são, respectivamente, o tempo em que a massa impede a passagem de luz e o tempo que a massa leva para completar um período, no caso o período T é igual a Δt_2 . Então, fisicamente, a velocidade máxima v_m alcançada pela massa equivale aproximadamente a $v_m = d/\Delta t_1$, onde d é a largura da massa oscilante.

6 | QUEDA LIVRE

A queda livre é considerada como o movimento ocasionado somente pela ação gravitacional, em que o corpo desloca-se no sentido do centro terrestre. É um movimento retilíneo uniformemente variado, que se solto com velocidade inicial igual a zero, a equação de movimento é dado por $S = gt^2/2$, considerando o deslocamento na vertical o valor S , partindo de zero, e tempo de queda t e gravidade g (WALKER, 2002)..

Um dos experimentos mais simples é a determinação do valor de g usando a queda livre. Para isso é mensurado o valor de t para determinado comprimento. Devido ao curto intervalo de tempo, é importante uma boa precisão na medida de t . O aparato proposto para esta medida é descrito na Figura 6(a). Neste caso, são necessários dois sistemas compostos por uma fonte luminosa e um LDR com um resistor R de 10 k Ω ,

descritos por (1) e (2), ligados ao Arduino. Na Figura 6(b) é mostrado o sinal observado do Arduino quando um corpo teste cruza os conjuntos (1) e (2).

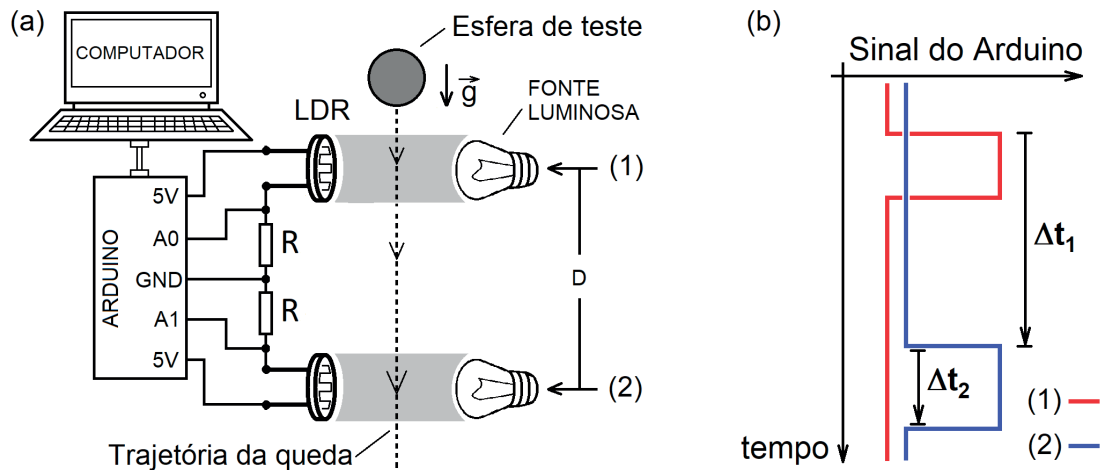


Figura 6. (a) Aparato experimental para medida do tempo de queda t . (b) Sinal do Arduino em função do tempo para o experimento de queda livre.

Cada conjunto da Figura 6(a), distantes entre si de D , terá a função de localizar o momento da passagem do corpo teste. O tempo de queda é o valor de Δt_1 , como mostrado na Figura 6(b) e, para medir o valor da gravidade é somente realizar o cálculo de $g = 2D/(\Delta t_1)^2$. Através do valor de Δt_2 é possível medir a velocidade em (2).

7 | SISTEMA MASSA-MOLA

O sistema massa-mola é definido como o conjunto formado por uma mola com uma de suas extremidades presa em um ponto fixo, sendo a outra extremidade presa a uma massa. A mola é caracterizada por uma constante k , chamada de constante elástica da mola, que carrega todos os parâmetros associados à mola, como por exemplo, de quê material é feita, o raio da sua curvatura, sua espessura e comprimento (WALKER, 2002).

A massa na ponta da mola poderá oscilar, se retirada de sua posição de equilíbrio, pela ação de uma força restauradora F_R de módulo equivalente a $F_R = k \cdot \Delta x$, pela Lei de Hooke. Sem atrito ou forças resistivas, este sistema pode oscilar em movimento harmônico simples em que a posição da massa oscilante varia de forma cossenoidal, com amplitude e período bem definidos.

Para o sistema massa-mola proposto foi usada a própria fonte luminosa como massa oscilante na direção do LDR, como mostra a Figura 7(a). A fonte escolhida foi uma pequena lanterna de uso comum, à base de bateria acrescida de massas para diminuir os efeitos resistivos. O circuito base é o mesmo já discutido na seção do pêndulo simples. Será medido o sinal do Arduino em função do tempo, que, usando a função $F(D)$ advinda da calibração inicial, poderá converter em posição em função do tempo, como mostra a Figura 7(b).

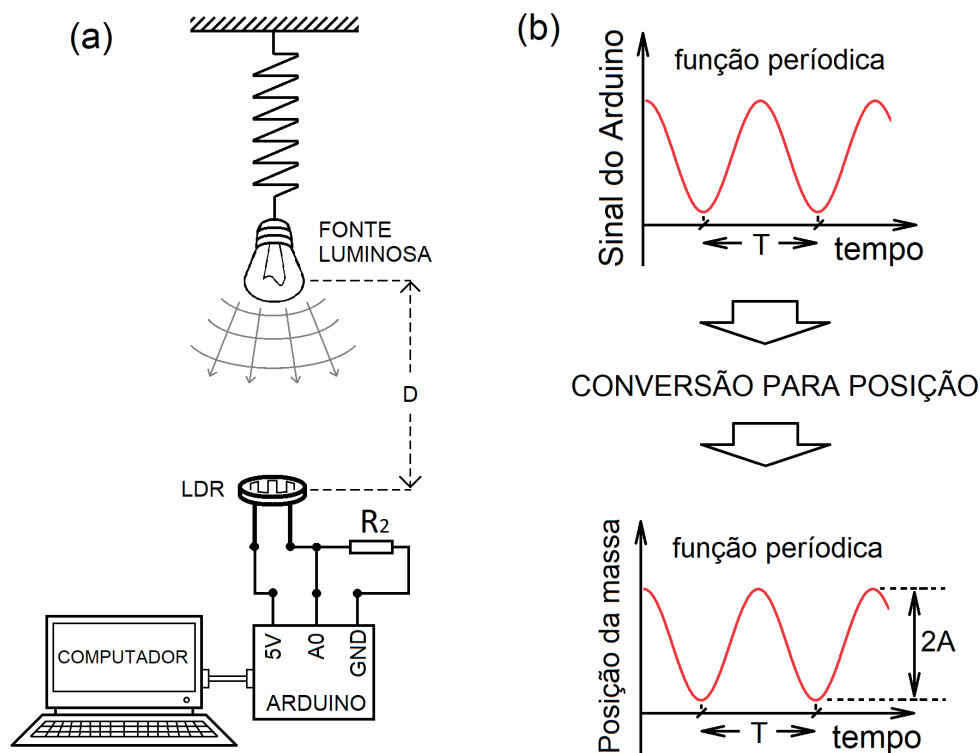


Figura 7. (a) Aparato experimental para medida da posição da massa no sistema massa mola. (b) Sinal do Arduino antes e depois da conversão para posição usando a função $F(D)$.

Para o sistema massa mola, a função temporal da posição $x(t)$ pode ser escrita como $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$, onde A é a amplitude de oscilação, ω é frequência angular ($\omega = 2\pi/T$, onde T é o período de oscilação) e ϕ é uma fase. O ajuste na função mostrada pelo Arduino é feito usando estas informações, que através destas análises poderá estudar o deslocamento sofrido pela massa oscilante, os valores de velocidade, aceleração e as energias associadas de forma precisa, hábil e dinâmica.

CONCLUSÕES

Através do Arduino é possível dinamizar as aulas de Física, propondo experimentos considerados de baixo custo, onde o discente poderá ter contato com tecnologias aplicadas diretamente ao ensino de Física. O Arduino torna-se um elemento importante na aplicação destas dinâmicas de aprendizado, contribuindo diretamente na percepção do efeito físico em questão, sendo capaz de aceitar modificações quando necessário para o experimentador.

AGRADECIMENTOS

À CAPES. Aos técnicos do NEaD Ramon Ribeiro Vitorino Rodrigues e Jéssica de Oliveira Fernandes.

REFERÊNCIAS

DE CAMPOS VALADARES, Eduardo; MOREIRA, Alysson Magalhães. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

DE RODRIGUES, Rafael Frank; CUNHA, Silvio Luiz Souza. **Arduino para físicos**. 2015.

DE SOUZA, Anderson R. et al. **A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 1702, 2011.

MCROBERTS, Michael. **Arduino básico**. Novatec Editora, 2018.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. São Paulo, v. 3, p. 32, 2005.

WALKER, Jearl et al. **Fundamentos de física**. São Paulo: LTC, 2002.

USANDO A MECÂNICA DE VOOS PARA FACILITAR O APRENDIZADO DE CONCEITOS DA MECÂNICA CLÁSSICA

Juliana Oliveira Costa

Universidade do Estado do Pará
Belém - Pará

Renan de Melo Alencar

Universidade do Estado do Pará
Belém - Pará

Bianca Pereira Almeida

Universidade do Estado do Pará
Belém – Pará

RESUMO: Um dos processos mais debatidos e questionados a cerca de uma metodologia de ensino eficiente é a utilização da experimentação em sala de aula. Alunos do ensino médio, principalmente de escolas públicas, dificilmente possuem acesso a materiais ou até mesmo espaços para a realização de atividades experimentais. Neste trabalho apresentamos uma proposta de oficina como alternativa metodológica para ensinar Mecânica Clássica através da utilização de aeroplanos. Sanar deficiências no aprendizado dos conceitos e na aplicação dos mesmos é o principal objetivo dos autores deste artigo. Esta oficina teve como público alvo alunos de graduação das turmas de Licenciatura em Ciências Naturais, habilitação em Física e de Licenciatura em Matemática do Centro de Ciências Sociais e Educação (CCSE) da Universidade do Estado do Pará (UEPA). A oficina foi dividida em três partes: historiografia

do aeromodelismo (primeiro momento), montagem de um modelo aéreo (segundo momento) e matematização dos conceitos (terceiro momento). Percebemos, através desta aplicação, a importância de termos aulas de Física que contenham cada uma das partes citadas pois a aprendizagem dos conceitos torna-se facilitada quando nos sustentamos no tripé história-experimentação-matematização.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem; Metodologia; Aeroplanos; Mecânica clássica.

ABSTRACT: One of the most debated and questioned processes around an efficient teaching methodology is the use of classroom experimentation. High school students, especially from public schools, hardly have access to materials or even spaces for experimental activities. In this work, we present a workshop proposal as a methodological alternative to teach Classical Mechanics through the use of airplanes. Healing deficiencies in learning concepts and applying them is the main objective of the authors of this article. This workshop was aimed at undergraduate students from the Undergraduate Degree in Natural Sciences, Physics and Mathematics Degree from the Center for Social Sciences and Education (CCSE) of the University of the State of Pará (UEPA). The workshop was divided into three parts: historiography of aeromodelism

(first moment), assembly of an aerial model (second moment) and mathematization of concepts (third moment). We perceive, through this application, the importance of having physics classes that contain each one of the cited parts because the learning of concepts becomes easier when we stand on the tripod history-experimentation-mathematization.

KEYWORDS: Teaching; Methodology; Airplanes; Classic mechanics.

1 | INTRODUÇÃO

A dificuldade para a compreensão de conceitos relacionados a Mecânica newtoniana é um dos principais problemas para o ensino de Física, já que vários destes conceitos serão de suma importância para o aprendizado de outras áreas da desta disciplina e nota-se a deficiência na introdução deste conteúdo por parte dos professores, portanto houve o crescimento na busca por metodologias que facilitem o processo de ensino-aprendizagem que tem se tornado incansável para estudantes e professores de graduação em Física e sem contar também com o aumento da associação de experimentos com aulas teóricas e aplicações ao cotidiano muitas vezes tem sido o caminho mais escolhido.

Uma parte da Mecânica clássica pouco explorada em cursos de graduação é a que trata de voos, muito rica para a utilização de diversos conceitos, desde os inicialmente estudados como velocidade e aceleração até a mecânica dos fluidos. Partindo de tais pressupostos, tornou-se interessante desenvolver um estudo físico a cerca deste tema, objetivando explicar o voo através das leis de Newton, de forma simples e interativa. É surpreendente como a descrição do voo não é usada intensamente em livros didáticos e na sala de aula para demonstrar, em todos os níveis de escolaridade, a aplicação de princípios básicos da Física em exemplos atraentes (STUDART & DAHMEN, 2006). A descrição do voo não é algo simples, devido a descrição das forças atuantes no sistema e, muitas vezes, professores passam “por cima” de um conteúdo como este pela dificuldade metodológica de se ensinar. Quando trabalham, por exemplo, mecânica dos fluidos, conceitos abstratos são ensinados de forma trivial e, ao invés de tornar a física mais instigante para o aluno, torna-se mais cansativo devido à falta de aplicações e experimentação.

Não há nada contra as roldanas, os planos inclinados e outros exemplos ideais, que ainda são importantes como maneira de se treinar a abstração e reduzir problemas a seus elementos fundamentais, entretanto, um exemplo prático de um dia-a-dia cada vez mais próximo das pessoas desempenha sem dúvida um papel essencial ao mostrar para os alunos uma física presente na sua vida. (STUDART & DAHMEN, 2006).

O objetivo da oficina, a priori, era montar uma proposta de ensino em que os alunos utilizassem artifícios, sugeridos pelo professor, para elaborar o conceito

estudado através de uma aprendizagem lúdica experimental, porém resultou em um material descritivo em forma de roteiro objetivando toda a oficina. A maneira clássica de utilizar um experimento é aquela em que o aluno não tem que discutir, ele aprende como “se servir” de um material, de um método, a manipular uma lei física, fazendo variar os parâmetros e a observar um fenômeno (SÉRE, 2003). Optamos pela de montagem de modelos aeroplanos, com a finalidade de trazer a experimentação em física para a realidade dos alunos e através disso verificar as deficiências conceituais trazida pelos mesmos e de que maneira as atividades propostas poderiam diminuir tais deficiências.

2 I METODOLOGIA, DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DAS PROPOSTAS

2.1 Público alvo

A oficina foi aplicada durante a XIX Semana Acadêmica do Centro de Ciências Sociais e Educação (CCSE) da UEPA entre os dias 20 e 22 de maio de 2014. O público contemplava alunos de Licenciatura em Ciências Naturais, habilitação em Física e Licenciatura em Matemática.

As aulas foram ministradas no laboratório de Física do CCSE tiveram duração de 2 horas cada dia realizado, totalizando 6 horas de oficina. Em cada aula, os participantes inscritos receberam materiais referentes aos conteúdos que seriam ministrados. O material estava pré-pronto no início da oficina, mas era revisto para cada dia a seguir. A intenção era atender as expectativas dos participantes e tornar o material o mais significativo possível para o bom andamento do processo ensino-aprendizagem almejado.

No primeiro dia de oficina, foi proposto aos alunos uma breve contextualização história com intuito de mostrar a importância do estudo do aeromodelismo e tentamos enfatizar a própria história do aeromodelismo na região Amazônica, utilizando artigos de professores locais. Após essa breve introdução que consideramos de suma importância, também houve o início do formalismo matemático introdutório e necessário, que utilizaríamos para descrever nosso modelo. No segundo dia, de forma clássica, ensinamos os alunos o formalismo matemático ainda sem muito significado habitualmente ensinado e já no decorrer dos últimos trinta minutos de oficina do segundo dia, começamos a levantar questões em como podíamos utilizar aquele cálculo, como poderíamos trazer para um plano real. No último dia de oficina, demos os moldes pré-testados anteriormente, porém sempre indagando onde cada fórmula matemática anteriormente seria utilizado em cada processo de montagem do modelo planador que findaríamos. Ao final da oficina, fizemos os lançamentos, as considerações teóricas acerca do evento acontecido e tentamos incluir aquele modelo real ao modelo matemático visto em sala, incluindo assim um significado físico experimental ao nosso modelo teórico.

2.2 Contextualização histórica

As aulas de física costumam ter sempre o mesmo começo: a “matematização” do conteúdo, muitas vezes sem a devida preocupação com aplicações ao cotidiano do aprendiz e, menos ainda, com a contextualização histórica do momento da descoberta das fórmulas físico-matemáticas.

Não é necessário fazer uma análise profunda sobre o ensino de ciências no Brasil para verificar a distância entre as propostas inovadoras, fruto de investigações na área de ensino e as ações desenvolvidas em sala de aula dos cursos de nível médio (GATTI & et.al, 2004). O intuito da primeira fase da oficina era mostrar a historiografia aérea e optamos pelo trabalho feito por Júlio Cezar Ribeiro de Souza, inventor paraense precursor na dirigibilidade aérea (AMARAL & CRISPINO, 2003). O foco foi ensinar conceitos físicos utilizando a história do aeromodelismo e a necessidade de incluir o regionalismo, principalmente paraense, dando ênfase ao cientificismo local.

A historiografia dos processos de aviação, focada na história do aeromodelismo no estado do Pará, descrevendo os conceitos físicos dos modelos propostos na época, foi a motivação inicial para os primeiros momentos. O rebuscamento matemático da mecânica clássica foi inicialmente evitado. Buscou-se, a seguir, através de estudos introdutórios sobre aeromodelismo, debater conceitos físicos da dinâmica dos corpos rígidos e da mecânica dos fluidos. Conceitos como empuxo, sustentação, arrasto, tração e outros foram apresentados e debatidos, sem serem mostrados em formas matemáticas.

Ribeiro de Souza apresentou sua teoria sobre navegação aérea baseada no voo dos pássaros planadores (CRISPINO, 2005), e como o foco da oficina era em demonstrar conceitualmente e matematicamente o funcionamento de planadores, utilizamos os artigos e trabalhos produzidos pelo mesmo. Em 1880 (ano de publicação dos trabalhos de Ribeiro de Souza), haviam duas correntes: aviação e balonismo, entretanto, a aviação não era aconselhável, uma vez que na teoria já se sabiam a necessidade de motores potentes, enquanto que no balonismo a ascensão não era o problema, mas sim a ausência de dirigibilidade dos aeróstatos.

Procuramos focar nos erros e acertos de Ribeiro de Souza em relação as suas tentativas de alcançar o céu, onde sua principal característica em seu primeiro trabalho consistia na diferença de diâmetro: o maior diâmetro na parte dianteira (proa), e menor diâmetro na parte traseira (popa), onde se assemelhava ao formato aerodinâmico de pássaros planadores (CRISPINO, 2005). Juntamente com essa descrição de seu trabalho, buscamos analisar conceitualmente o que poderia ocorrer nesse modelo aéreo.

Outro sistema por ele aplicado consistia na aplicação de asas e leme horizontais articulados para auxiliar na dirigibilidade. Foi então que decidiu realizar ainda em Belém demonstrações públicas com protótipos de balões para tornar notória a aplicabilidade de sua teoria. A partir dessas informações do seu primeiro protótipo e, ao compararmos

com modelos atuais, procuramos analisar se ele conseguiria decolar com seu balão. Um segundo balão foi feito por Ribeiro de Souza (chamado *Victoria*), que havia tamanhos diferentes do seu primeiro esboço, segundo a imprensa parisiense na época, obteve pleno êxito. Os esboços do primeiro balão, que não foi testado, e o do segundo balão foram comparados e conceitualmente discutidos.

Ribeiro de Souza ainda teve outros trabalhos não tão bem sucedidos, entretanto, apenas esses dois primeiros foram levados em consideração durante a oficina.

2.3 Montagem do modelo aero planador

A terceira etapa foi a montagem de um modelo aero planador, previamente escolhido pelos ministrantes da oficina. Foi disponibilizado aos alunos um roteiro experimental, onde levava-se em conta a lista de materiais a serem utilizados e as medidas a serem respeitadas pelos participantes em suas construções do modelo.

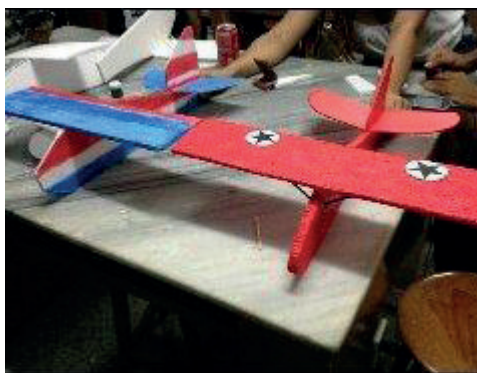


Figura 1: Foto do modelo já montado.

Levamos um modelo já montado, para servir de exemplo à montagem dos participantes.



Figura 2: Montagem do modelo planador.

Durante o processo de construção, os alunos foram auxiliados para que usassem as medidas corretas de tamanho, simetria e ângulo, sendo informados sobre o porquê da importância destas medidas. Durante o lançamento dos aeroplanos, os alunos notaram a diferença na sustentação de modelos com medidas diferentes e, ainda, que pequenas diferenças no ângulo da asa (ângulo de ataque), tornava a sustentação maior ou menor. Quanto menor a margem de erro no corte, melhor seu desempenho

durante o voo. Após o lançamento as discussões foram retomadas sobre o porquê alguns modelos tinham voos tão distintos uns dos outros e o que possivelmente interferia no voo.

3 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DOS CONCEITOS FÍSICOS

Os modelos matemáticos exercem um papel relevante em todo o desenvolvimento da Física, uma vez que compõem uma tríade fundamental para esta área da Ciência: a Física, acima de tudo, apoia-se em formulação de teoria, elaboração de um modelo matemático compatível e experimentação. (Lozada, 2006, p.2)

Após o lançamento dos aeromodelos foi proporcionado uma discussão para que fosse proposto um modelo matemático para os sistemas planadores. Tentar descrever um fenômeno a partir de um formalismo matemático é corriqueiro dentro da física e áreas afins, no entanto, quando se cria um modelo matemático com o propósito de descrever determinado fenômeno, há certas preocupações por trás da problemática: preocupação com a análise do problema, aritmética, coerência físico-matemática e outros. Para o educador, coletar estas informações são muito importantes para compreensão de quanto seus alunos estão aprendendo ou dedicando seu tempo a estudar. Quando o aluno tenta descrever problemas fisicamente com um formalismo propriamente seu, a intrinsecamente informações dos conceitos que foram formados e do processo cognitivo da aprendizagem.

Proveniente dos debates, foi introduzido um formalismo que, segundo as concepções dos participantes da oficina, seria coerente para o movimento. A resolução foi feita via equações diferenciais, com o intuito de descrever o fenômeno segundo as leis de Newton. Com a participação dos alunos, podemos concluir que os conceitos de tração, arrasto em um meio fluido e sustentação ficaram fixos ao ponto de eles tentarem descrever o fenômeno a partir de alguns conceitos que já conheciam. Portanto, podemos concluir que houve uma adaptação do conhecimento prévio e como resultado obtivemos propostas de equacionar a problemática do voo.

Assumindo que o aeroplano voa com velocidade de cruzeiro, usando a segunda Lei de Newton, temos:

$$F = \frac{d^2r}{dt^2} \quad (1)$$

Ao analisarmos o movimento no eixo x, encontramos:

$$T - f = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad (2)$$

Para o movimento no eixo y, obtemos:

$$F_s = mg \quad (3)$$

onde a força de sustentação (F_s) é dada pela expressão

$$F_s = \frac{1}{2} C_1 \rho A v^2 \quad (4)$$

C_1 é o coeficiente de sustentação, ρ é a densidade do ar, A é a área da asa do aero planador e v é a velocidade de voo. Podemos escrever a velocidade como

$$v^2 = \frac{2mg}{C_1 \rho A} \quad (5)$$

Devido o aero planador estar em velocidade de cruzeiro, podemos tratar a tração T como uma sustentação e, portanto,

$$T = \frac{1}{2} C_2 \rho A v^2 \quad (6)$$

Retomando a análise no eixo x e utilizando o resultado das equações anteriores:

$$\frac{1}{2} C_1 \rho A v^2 - bv = m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (7)$$

$$\frac{1}{2} \frac{C_2 \rho A \left(\frac{2mg}{C_1 \rho A} \right) - 2bv}{m} = \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (8)$$

Chamando $k = \frac{C_2}{C_1} g$ e $\omega^2 = \frac{b}{m}$, obteremos a seguinte equação diferencial para o problema:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 \frac{dx}{dt} - k = 0 \quad (9)$$

que terá como solução, finalmente,

$$x(t) = \frac{1}{\omega^2} e^{\omega^2 t} + C_1 \frac{k}{\omega^2} t + C_2 \quad (10)$$

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de não ser um objetivo primordial da nossa atividade, mas houve a necessidade posteriormente em uma criação de um material didático sobre a mecânica de voos, contendo contextualização histórica, prática experimental e estudos teóricos sobre a Física dos voos, ou seja, o roteiro básico da nossa oficina.

Foi verificado durante a aplicação deste curso que nem todos os conceitos físicos são aprendidos de forma tradicional quando abordados de forma semelhante à apresentada pelos livros didáticos, e verificamos também as diversas observações e teorias criadas pelos alunos durante todo o processo.

Com a participação dos alunos, pudemos concluir que os conceitos de tração, arrasto em um meio fluido e sustentação ficariam fixos, ao ponto de eles tentarem descrever o fenômeno a partir de alguns conceitos que eles já conheciam. Por tanto, podemos concluir que houve uma adaptação do conhecimento prévio e como resultado

obtivemos propostas de equacionar a problemática do voo.

REFERÊNCIAS

AMARAL, F. M. e Luís Carlos Bassalo Crispino, **Memórias sobre a Navegação Aérea**. Editora Universitária UFPA, Belém, 2003.

CRISPINO, Luís Carlos Bassalo. **Julio Cezar Ribeiro de Souza e a dirigibilidade aérea**. In: José Jerônimo de Alencar Alves (Org.). *Múltiplas Faces da História das Ciências na Amazônia*. 1º ed. v.1, Belém: EDUFPA, 2005.

CRUZ, G. K; DA SILVA, S. L. R. **Reflexões para a composição de uma metodologia para o Ensino de Física**. R.B.E.C.T., v. 2, n. 1, jan. 2009

LOZADA, C. O.; MAGALHÃES, N.S. **A importância da modelagem matemática na formação de professores de Física**. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), 2009, Vitória (ES). *Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2009.

SÉRE, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. **O papel da experimentação no ensino da Física**. Cad. Bras. Ens. Fis., v.20, n.1, pp. 30-42, abr. 2003.

STUDART, N.; DAHMEN, S. R. **A Física do voo na sala de aula** Rev. Física na Escola, v. 7, n. 2, São Paulo, out. 2006.

SYMON, Keith, R. **Mecânica**. Editora Campus, Edição única.

TIPLER, Paul, A; MOSCA, Gene. **Física para cientistas e engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, vol. 1, 6º ed, pg. 447 – 455, 2012.

USO DE VIDEOANÁLISE PARA RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS DE LANÇAMENTO OBLÍQUO

Gustavo Affonso de Paula

Escola Sesc de Ensino Médio

Rio de Janeiro – RJ

Milton Alves Gonçalves Júnior

Escola Sesc de Ensino Médio

Rio de Janeiro – RJ

RESUMO: Uma atividade que viabilize o protagonismo estudantil é uma das condições para potencializar o processo de aprendizagem de forma emancipatória e autônoma. Nesse contexto, um software de aquisição de dados, como o programa de videanálise Tracker, surge como uma importante plataforma para o entendimento de fenômenos físicos tradicionalmente tratados no Ensino Médio, tal como o lançamento oblíquo. Esse capítulo descreve o processo de seleção, resolução e análise de exercícios de lançamento oblíquo com o software de videanálise Tracker por estudantes da 2ª série do Ensino Médio. Um grupo de estudantes pesquisou exercícios com essa temática, resolveu cada problema de forma clássica e desenvolveu um cenário experimental para comparação dos dados com a proposta da questão. No processo os estudantes tiveram a oportunidade de verificar a influência das condições ambientais, descartadas nos enunciados dessas questões, e ampliar a descrição matemática através de

gráficos e análise de vetores, fatores que não seriam explorados nesses exercícios sem o recurso computacional. Com a ferramenta os estudantes também conseguiram desenvolver críticas aos exercícios selecionados a partir de comparações com os enunciados e os dados experimentais.

PALAVRAS-CHAVE: Lançamento oblíquo, Mecânica, *Software* Livre, Videanálise, Tracker

ABSTRACT: An activity that makes student initiative possible is one of the conditions to enhance the learning process in an autonomous manner. In this context, data acquisition software, such as the Tracker videanalysis program, is an important platform for the understanding of physical phenomena traditionally dealt with in High School, such as the oblique release. This chapter describes the process of selection, resolution and analysis of oblique release exercises with Tracker videanalysis software by high school students. A group of students studied exercises with this theme, solved each problem in a traditional manner and developed an experimental scenario to compare the data with the question's proposal. In the process, the students had the opportunity to verify the influence of the environmental conditions eliminated in the statements of these questions and to extend the mathematical description through graphs and vector analysis, factors that

would not be analyzed in these exercises without computational resources. With this tool, the students were also able to critique the exercises selected from comparisons with the statements and the experimental data.

1 | INTRODUÇÃO

O lançamento oblíquo é um conteúdo importante para o entendimento de movimento em duas dimensões e espera-se que o estudante de nível médio atinja, em alguma etapa da sua jornada acadêmica, uma compreensão integral deste movimento à luz das Leis de Newton. O fato é que um número significativo de estudantes não conseguem, ao concluírem o curso, descrever este movimento e estabelecer uma relação a partir das interações sofridas pelo corpo. De Quadro Peduzzi (1985) já indicava que a maioria dos estudantes de cursos introdutórios de graduação em Física e Matemática em meados da década de 80 não compreendiam a relação entre o lançamento oblíquo e as forças associadas a este tipo de movimento. Mesmo com os avanços das políticas públicas de educação após esse resultado, um dos principais fatores para o baixo desempenho de estudantes na disciplina de Física I, em sua maioria recém saídos do Ensino Médio, é a falta do domínio da linguagem, tanto a geral, a capacidade de expressão e compreensão em língua portuguesa, quanto a linguagem utilizada pela física, a matemática (Gonzalez, 2011). Justamente esses fatores, domínio das linguagens, compreensão e interpretação matemática, são extremamente relevantes para a abordagem do lançamento oblíquo.

Observando essas lacunas, muitos professores procuram diversificar a sua prática e alcançar seus objetivos com a aplicação de simuladores. O trabalho de Ferreira (2014) recomenda a simulação do PhET, projeto de simulações interativas da Universidade do Colorado, para análise de lançamento oblíquo. Certamente essa simulação proporciona maiores possibilidades para o estudante, porém não se trata de uma plataforma de aquisição de dados e análise de situações reais, sendo um modelo de atividade que pode levar um estudante do Ensino Médio para um itinerário pouco flexível para questionamentos. Ainda sobre o uso de artefatos digitais Martins (2011) apresenta importante resultado indicando que as pesquisas de ensino de física estão enfatizando cada vez mais as tecnologias digitais, e que há uma predominância com a correlação do uso de simulações e softwares com teorias de aprendizagem. Apesar deste fator positivo, sua pesquisa também demonstra que existe pouca reflexão sobre a presença desses artefatos, o que pode permitir sua aplicação com roteiros rígidos, alegóricos e que não torne o conteúdo tratado na atividade um ponto de reflexão por parte do aprendiz.

Mesmo com a ampliação das tecnologias digitais nos espaços formais de aprendizagem, um fator importante é que as estratégias expositivas e baseadas nas resoluções de exercícios são práticas recorrentes nessa faixa de ensino. No caso

particular de física muitos professores acreditam que as atividades de resolução de problemas sejam fundamentais para a construção do conhecimento. Custódio, Clément & Ferreira (2012) indicam que paradoxalmente o número de horas delegadas a este tipo de atividade, exposição de resolução de exercícios, durante as aulas não garante aos estudantes melhoria no desempenho quando submetidos a exames internos ou externos. Ainda sobre esse tipo de atividade, é plausível afirmar que o professor pode se tornar um refém de estudantes que frequentemente enxergam o Ensino Médio como uma etapa exclusiva de preparação para concursos de seleção para o nível superior e, desta forma, sofre uma pressão significativa de seu público para a aplicação de exercícios repetitivos com ênfase na memorização.

A motivação deste trabalho parte dessas reflexões, o uso de ferramentas computacionais e a cultura de resolução de exercícios com ênfase na memorização. Também foi um objetivo buscar por indícios da eficiência da combinação entre as atividades de resolução de exercícios e experimentação para o desenvolvimento da visão crítica, proativa, engajada, bem como a apropriação de conceitos e métodos de investigação típicos das ciências da natureza. A hipótese central é que uma metodologia experimental não roteirizada, que possibilite a ampliação do repertório estudantil, surja como uma alternativa promissora para a construção de um ambiente reflexivo em salas de aula de Física com o suporte de um software livre. A montagem experimental de um problema teórico pode potencialmente colocar o estudante diante de um problema real, cuja solução não envolve apenas uma verificação de conhecimentos adquiridos, mas sim um planejamento de ações que serão alvo de reflexão a cada ponto do processo.

O software utilizado para a videoanálise foi o Tracker, plataforma livre muito aplicado em estudos de mecânica. Essa ferramenta que permite marcar e localizar, em cada quadro de um vídeo, a posição e o tempo de qualquer parte do corpo, dando origem a uma tabela de dados (De Jesus e Sasaki, 2014).

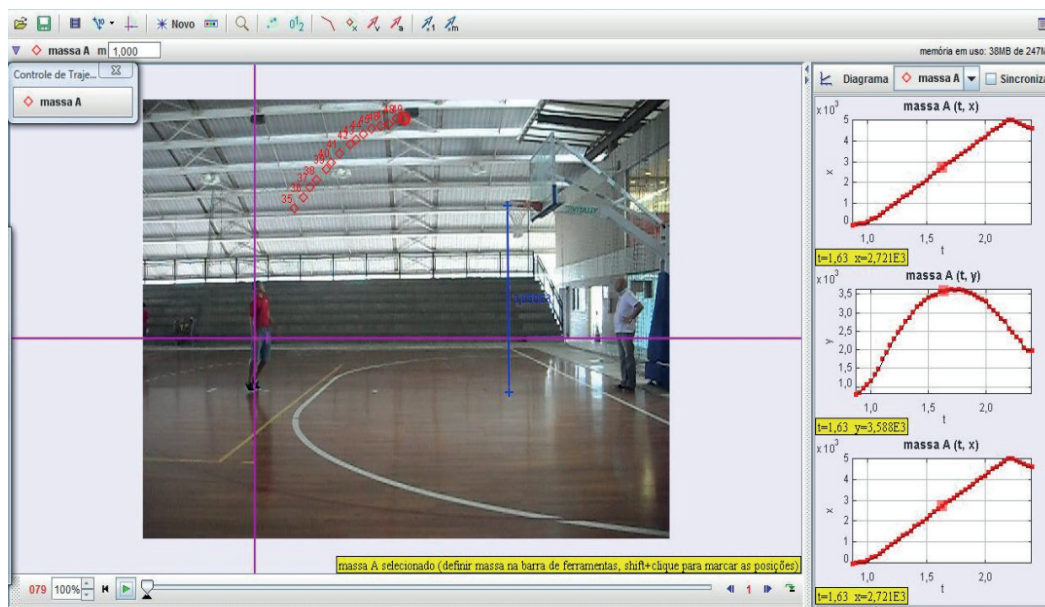


Figura 01: Tela do programa Tracker em uma análise realizada por estudantes da Escola Sesc de Ensino Médio. Ao centro, um quadro de vídeo de um lançamento de baquete, e do lado direito gráficos de posição pelo tempo neste lançamento oblíquo.

Sobre a relevância da plataforma Tracker, pode-se afirmar que

Seu uso escolar encaixa-se no tempo didático disponível em aulas típicas de Ensino Médio, com cerca de 50 minutos de duração. O Tracker adiciona qualidade e praticidade às aulas de física, pois não são necessários aparatos experimentais caros, complexos e laboriosos, com os quais, frequentemente, os estudantes “perdem” um tempo precioso nas aulas de laboratório. Muitas vezes, estudantes e professores despendem tempo e energia aprendendo o *modus operandi* dos equipamentos utilizados em detrimento da observação da evolução temporal e da análise circunstanciada das grandezas físicas de interesse nos experimentos propostos (Bezerra, 2011).

Assim o software livre Tracker possui maiores possibilidades se comparado aos simuladores justamente por permitir a construção de gráficos e tabelas a partir da aquisição de dados e ser uma ferramenta de fácil manipulação e acesso, necessitando de um celular para gravação de vídeos e um computador para a análise.

2 | DESCRIÇÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO

Trata-se de uma atividade realizada com um grupo de cinco alunos da 2ª série do Ensino Médio da Escola Sesc de Ensino Médio, localizada na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro. O trabalho fez parte de uma aula de pesquisa, um espaço disponibilizado pela instituição para que jovens busquem o conhecimento por afinidade a um tema ou área. Desta forma os estudantes interessados por este tema indicado pelos professores, a videoanálise de lançamentos oblíquos, passaram por um encontro semanal durante três meses. O grupo estudou sobre lançamento oblíquo, selecionou questões sobre o tema e compreendeu o funcionamento do software Tracker.

Os exercícios foram selecionados do livro didático de Guimarães (2001) e questões de vestibulares a partir de buscas de internet. A seleção contemplou vinte exercícios que foram organizados em uma lista. Os critérios da escolha, estabelecidos pelos estudantes, foram as instituições organizadoras das questões e as possibilidades de construção de um cenário experimental para a videoanálise. Diante deste recorte a temática lançamento livre no basquete surgiu com muita relevância na seleção de questões.

Todos os estudantes tinham passado por este conteúdo nas aulas regulares de física e tiveram dificuldades na resolução individual das questões. A lista foi resolvida coletivamente e foi estabelecido que apenas as questões de lançamento de basquete seriam investigadas por videoanálise neste período de tempo, justamente para estabelecer um critério de comparação entre as questões.

Os vídeos foram gravados nas quadras poliesportivas, uma externa e outra interna, da Escola e foi estabelecido uma sequência onde as questões consideradas mais fáceis pelos estudantes foram gravadas primeiro. Em seguida os estudantes reuniram o material e traçaram um comparativo de suas resoluções com os dados experimentais.

3 | EXECUÇÃO E ANÁLISE

Dentre as questões analisadas no programa Tacker e comparadas com os fundamentos teóricos apontados pelos alunos, duas foram separadas para a apresentação neste trabalho justamente por serem fruto de maior reflexão e debate no grupo.

A primeira questão é da Universidade Federal Fluminense e envolve uma análise vetorial das grandezas velocidade e aceleração durante um lançamento livre de basquete. Nela um jogador de basquete, tentando fazer a cesta, arremessa obliquamente a bola, que segue a trajetória mostrada na figura. Ela exige que o candidato assinale a alternativa que melhor representa os vetores, velocidade e aceleração, nos pontos 1, 2 e 3 da trajetória.

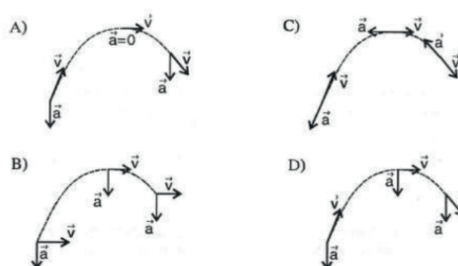


Figura 02: Alternativas que indicam os vetores velocidade e aceleração em três pontos da trajetória da bola.

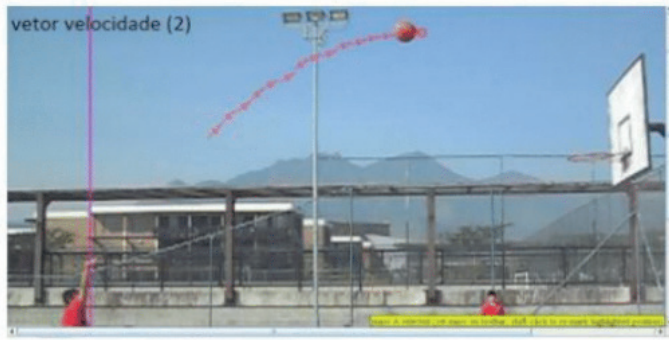


Figura 03: Imagem da indicação do vetor velocidade durante a videoanálise do lançamento livre

A videoanálise possibilita a indicação de tais vetores em cada frame. Desta forma a análise feita em um lançamento da quadra externa coincide, em primeira instância, com a alternativa correta, a letra D, como indicam as figuras a seguir.



Figura 04: Imagem da indicação do vetor aceleração durante a videoanálise do lançamento livre

O modelo experimental solidificou a base teórica dos estudantes e fomentou um rico debate sobre a influência da resistência do ar na descrição dos vetores velocidade e aceleração. Essa influência também se estendeu para a análise gráfica porque parte do grupo previa que não seria possível a verificação de um movimento uniforme no eixo horizontal por conta do atrito.

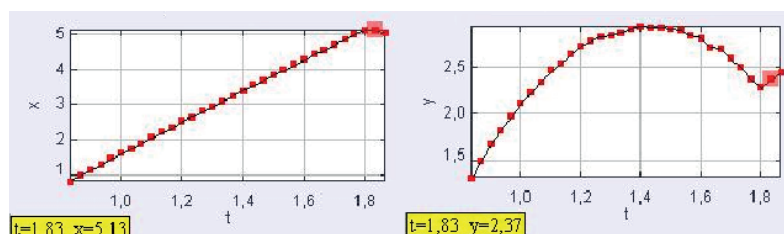


Figura 05: Gráficos da posição em função do tempo, em metros e segundos. Na esquerda os dados do eixo horizontal e na direita do eixo vertical.

O trecho abaixo é o relato de uma estudante indicando que o grupo pôde extrapolar o comando inicial da questão com um entendimento mais amplo do fenômeno a partir de dados de um lançamento real.

A videoanálise facilitou a compreensão do exercício e ofereceu parâmetros para o comportamento dos dois elementos necessários à sua resolução. Os gráficos resultantes da análise demonstram claramente um movimento uniforme no deslocamento de sentido horizontal e um movimento uniformemente variado no deslocamento vertical do objeto. Vale ressaltar, no entanto, que essa divisão em componentes não é intuitiva e clara a olho nu, fator que pode resultar na dificuldade da relação conteúdo/cotidiano. A respeito do comportamento do vetor da aceleração, o exercício estabelece uma simplificação grande quando comparado à videoanálise (direção dos vetores). Essa redução pode ser, também, um dos motivos para a dificuldade de transposição dos conteúdos e fundamentos para a visão cotidiana (e vice-versa).

Com a sequência de videoanálises o grupo foi se apropriando do conteúdo e promovendo críticas em exercícios que, em um primeiro momento, não eram resolvidos ou solucionados com certa insegurança. Esse foi o caso da questão do processo seletivo da Academia da Força Aérea. A questão trata de uma bola de basquete que descreve uma trajetória, tal como mostrada na figura, após ser arremessada por um jovem atleta que tenta bater um recorde de arremesso.

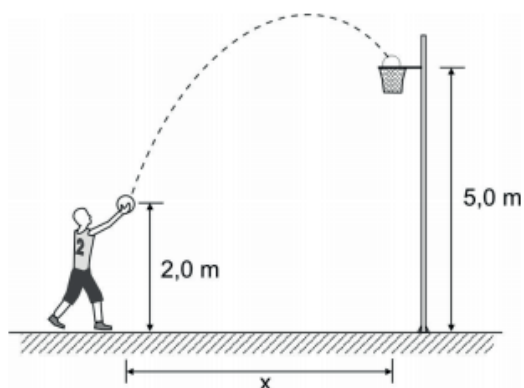


Figura 06: Dados do lançamento indicado na questão da AFA.

A bola é lançada com uma velocidade de 10 m/s e, ao cair na cesta, sua componente horizontal vale 6,0 m/s. O candidato deve determinar a distância horizontal (x) percorrida pela bola desde o lançamento até cair na cesta, em metros.

No procedimento experimental os estudantes perceberam rapidamente que a condição proposta pela questão está adequada para a matematização com números exatos, uma vez que a altura da cesta na questão ultrapassa a medida da liga americana de basquete, de 3,05 metros, e da quadra interna da Escola, de 3,06 metros. Essa crítica não surgiria sem a videoanálise, principalmente por se tratar de um vestibular de reconhecimento nacional e almejado por milhares de jovens. Uma segunda crítica é para o tempo de voo de 1 segundo encontrado na resolução da questão, pois em todas as análises experimentais o valor sempre se aproxima dos 2 segundos de voo. Uma estudante do grupo apontou que

a questão se baseia essencialmente na aplicação de fórmulas para o cálculo do que é pedido, bastando manipulação algébrica para chegar ao resultado. Aplicações

como essa dificultam o estabelecimento da relação cotidiana com as informações e os conteúdos.

Mesmo se tratando de lançamentos realizados por amadores, o fato do grupo observar discrepâncias entre a questão e a experimentação demonstra uma visão crítica construída e um importante processo de levantamento de hipóteses durante a atividade.

4 | CONCLUSÕES

A atividade foi realizada em um cenário privilegiado, com poucos estudantes e todos encaminhados por interesse pelo tema. Mas os resultados e a relativa simplicidade dos recursos necessários indicam que seja uma atividade possível para grupos maiores e heterogêneos. O uso de ferramentas computacionais surge em diversos casos como uma poderosa ação, não pela simples presença do artefato, mas pela possibilidade de observações e resultados que não seriam atingidos sem essa tecnologia.

A aplicação de um artefato digital não indica que a lógica tradicional de ensinar, muitas vezes identificada como transmissão de conteúdos, foi rompida. E a atividade de videoanálise com lançamento oblíquo conseguiu a superação de uma relação de ensino unilateral, com apropriação de conteúdos e desenvolvimento de habilidade. Dessa forma pode-se verificar que a docência com tecnologias necessita de aprofundamento teórico e fundamentação na empiria para abrir novos horizontes não somente conceituais, mas, também, de práticas, sempre encorajando um maior “estranhamento” com relação ao maniqueísmo representado na polarização entre discursos tecnófilos e tecnófobos (Ferreira, 2015).

A própria experimentação em Ciências da Natureza, que é indicada por Ribeiro e Verdaux (2013) como recorrente prática atrelada ao caráter alegórico, ou de confirmação de leis já demonstradas de forma teórica, pôde ter um papel ativo e de efetiva elaboração de hipóteses durante o processo de videoanálise. A ferramenta Tracker foi de suma importância no processo experimental e muito adequada para essa faixa de ensino.

A atividade revelou-se promissora em suscitar a construção de modelos, fator sugerido por Sanjosé *et al* (2007) como principal fonte de fracassos nas resoluções expositivas de problemas. Diante de um problema aberto e que apresenta a metodologia de resolução como metaconteúdo, a proposição de um modelo de enfrentamento parece surgir mais naturalmente do que nas tradicionais atividades teóricas.

A ampliação do repertório estudantil foi verificado na extrapolação dos comandos das questões e nas críticas promovidas nas aplicações de fórmulas dissociadas de casos cotidianos, como no caso das dimensões da cesta de basquete, e na influência de fatores externos na análise do fenômeno, como a verificação de um movimento

uniforme no eixo horizontal mesmo com a influência do atrito. Vale ressaltar mais uma vez que a construção desse debate foi possível graças ao enfrentamento do problema a partir de um modelo experimental construído e pensado pelos estudantes.

REFERÊNCIAS

BEZERRA JR, Arandi Ginane et al. Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 469-490, 2012.

DE JESUS, V. L. B.; SASAKI, D. G. G. Video analysis of a low cost experiment on kinetic friction and rolling friction. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 1-6, 2014.

DE QUADRO PEDUZZI, Luiz Orlando. O conceito de força no movimento e as duas primeiras leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 2, n. 1, p. 6-15, 1985.

FERREIRA, Douglas Alves. Utilização de uma simulação computacional como ferramenta para o ensino de lançamento oblíquo: uma proposta para o ensino de Física. 2014.

GONZALEZ, Encarnación AM. Reversão do Desempenho de Estudantes em um Curso de Física Básica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, 2001.

GUIMARÃES, Luiz Alberto Mendes; BOA, Marcelo Cordeiro Fonte. Mecânica. **Mecânica**, 2001.

MARTINS, A. A.; GARCIA, N. M. D.; BRITO, G. S. O Ensino de Física e as Novas Tecnologias de Informação e Comunicação: uma análise da produção recente. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19. 2011, Manaus. Anais... Manaus: SNEF, 2011.

RIBEIRO, J.; VERDEAUX, M. Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, p. 4403-1/10, 2012.

A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD E O CAMPO CONCEITUAL DA ELETRODINÂMICA: AS DIFERENTES SITUAÇÕES PRESENTES NAS ATIVIDADES DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

Deivid Andrade Porto

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano
Floresta-PE.

Tiago Ferraz Rodrigues

Colégio Modelo Luís Eduardo Magalhães.
Juazeiro –BA.

Mariele Regina Pinheiro Gonçalves

Universidade Federal do Vale do São Francisco
Juazeiro –BA.

Marco Aurélio Clemente Gonçalves

Universidade Federal do Vale do São Francisco
Juazeiro –BA.

RESUMO: O objetivo principal do presente estudo foi investigar as diferentes situações didáticas, pertencentes ao campo conceitual da eletrodinâmica, que são propostas aos alunos nas atividades (exercícios, problemas e testes) dos livros didáticos de Física aprovados no PNL D 2012. O fundamento teórico basilar desta investigação foi a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud e tomou como base a ideia defendida pelo autor de que um conceito não se constrói ou aprende com o uso de um só tipo de situação. A partir da teoria dos campos conceituais foi elaborada uma classificação para as situações que são propostas aos estudantes nos livros didáticos analisados, que dão sentido a aprendizagem

de conteúdos de eletrodinâmica. As tipificações das situações, construídas para este trabalho, foram classificadas em: Medição, Comparação, Alteração de raciocínio, Representação, Conceitual, e a categoria outra. Os resultados apontaram que nos livros analisados as situações de medição são mais exploradas, em detrimento das situações que envolvem a alteração de raciocínio, comparação de medidas e representação. Tal excesso de exploração mostra que existe uma tendência em explorar modelos didáticos com aprendizagem pouco significativa e muitas vezes mecânica.

PALAVRAS-CHAVE: Livro didático; teoria dos campos conceituais; eletrodinâmica, situações didáticas.

ABSTRACT: The main objective of the present study was to investigate the different didactic situations, which belongs to the conceptual field of electrodynamics, which are proposed to the students in the activities (exercises, problems and tests) of the physics textbooks approved in PNL D 2012. The basic theoretical foundation of this research was the Theory of Conceptual Fields of Gérard Vergnaud and it took as basis the idea defended by the author that a concept is not constructed or learned by the use of only one type of situation. From the theory of the conceptual fields, a classification was elaborated for the situations that are proposed

to the students in the textbooks analyzed, which give meaning to the learning of electrodynamic contents. The typifications of the situations, constructed for this work, were classified in: Measurement, Comparison, Alteration of reasoning, Representation, Conceptual, and the other category. The results showed that in the analyzed books the measurement situations are more exploited, to the detriment of the situations involving the alteration of thinking, comparison of measurements and representation. Such over-exploitation shows that there is a tendency to explore didactic models with little meaningful and of generally mechanical learning.

KEYWORDS: Textbook; conceptual field theory; electrodynamics, didactic situations.

1 | INTRODUÇÃO

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) desenvolvida por Gérard Vergnaud é uma teoria cognitivista neopiagetiana e defende que o conhecimento está organizado em campos conceituais. O domínio desses ocorrem por meio das experiências, maturidade e aprendizagens e não se dá de uma hora para outra, mas ao longo de um largo período de tempo. Mais especificamente os campos conceituais (CC) representam um conjunto de situações e de problemas cujo domínio requer outros conceitos, procedimentos e diferentes representações de que estão intimamente relacionados (MOREIRA, 2002). Ainda de acordo com Moreira (2011, p. 206) um campo conceitual é:

Um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente entrelaçados durante o processo de aquisição.

Para o ensino de Física, Moreira (2002) aponta que nessa área do conhecimento existem vários campos conceituais, por exemplo, o da Mecânica, o da Eletricidade e o da Termologia. O autor também relata que tais campos “não podem ser ensinados, de imediato, nem como sistemas de conceitos nem como conceitos isolados. É necessária uma perspectiva desenvolvimentista à aprendizagem desses campos” (ibid, p.8). É nessa perspectiva que Vergnaud defende que a aprendizagem de um campo conceitual acontece entrelaçada com outros e diferentes campos conceituais, envolvendo as diferentes representações, procedimentos e conceitos diversos. Este último é dos aspectos fundamentais discutidos na TCC.

Em Sua teoria Vergnaud define o conceito como a terna $C = (S, I, R)$, onde o conjunto S representa as situações que dão sentido ao conceito que deve ser aprendido; I é o conjunto dos invariantes operatório (conceitos em ação e teorema em ação) associados ao conceito; já R é um conjunto de representações simbólicas (linguagem natural, gráficos e diagramas, sentenças formais, etc.) que podem ser usadas para indicar e representar esses invariantes e, conseqüentemente, representar as situações

e os procedimentos para lidar com elas (MOREIRA, 2002).

Vergnaud apresenta três justificativas para se utilize o conceito de CC como forma de análise para a questão da obtenção de conhecimento:

1)Um conceito não se forma dentro de um só tipo de situação, o que sugere à necessidade de se diversificarem as atividades de ensino; 2) uma situação não se analisa com um só conceito, o que implica na necessidade de uma visão integradora do conhecimento. Atividades didáticas que permitam uma visão generalizante do conhecimento podem contribuir para uma melhor apropriação do mesmo por parte dos estudantes; 3) A construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo longo (Moreira, 2011, p.209).

As três justificativas apresentadas acima, apontam que a principal referência da TCC está no conteúdo do conhecimento e a análise conceitual do domínio desse conhecimento (MOREIRA, 2011), e nessa relação Vergnaud compreende situações como aquelas que desencadeiam a compreensão dos conceitos. Este autor ainda emprega o termo situações para fazer referência as tarefas envolvidas no processo de ensino-aprendizagem (MOREIRA, 2002). A TCC tem como pressuposto que a construção e obtenção do conhecimento, por parte dos estudantes, é modelado por situações problemas e pelas ações desse sujeito nessas situações (SOUZA, MOREIRA, MATHEUS, 2004).

Nessa direção, o livro didático (LD) ao propor situações didáticas (atividades) se torna um importante instrumento para dar continuidade à aprendizagem dos alunos, ao passo que, as atividades contidas no mesmo constituem importantes situações para a atribuição de sentido apresentada tanto em sala de aula como nas próprias definições apresentadas no livro. Choppin (2004 apud GARCIA, 2012) reitera essa importância do livro no espaço escolar, como um suporte privilegiado dos conteúdos educativos.

Vale pontuar que na rede pública de ensino, os Livros didáticos são distribuídos pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que foi criado em 1985 a partir do Decreto nº 91.542 de 19/08/85. Por meio do PNLD são distribuídos livros didáticos para todos os anos do Ensino Médio nas áreas de matemática, português, biologia, física e geografia, química, história, entre outros (BRASIL, 2012).

2 | METODOLOGIA

Este trabalho teve como objetivo principal investigar as diferentes situações didáticas presentes nas atividades (exercícios, problemas e testes) propostas aos alunos nos livros didáticos de Física aprovados no PNLD 2012. Com exceção da coleção E, nesta pesquisa foram analisados os terceiros volumes de cada um dos 09 (nove) livros de Física do ensino médio das coleções aprovadas no PNLD 2012, explicitadas na Tabela 01. No caso da coleção E, os assuntos são distribuídos conforme os temas estruturadores do PCN+ para o ensino de Física.

NOME	Título	Autores	Editora
A	COMPREENDENDO A FÍSICA	Alberto Gaspar	Ática
B	CURSO DE FÍSICA	Antônio Máximo R. da Luz/ Beatriz Alvarenga Alvarez	Scipione
C	CONEXÕES COM A FÍSICA	Blaidi Sant'Anna / Glória Martini / Hugo C. Reis / Walter Spinelli	Moderna
D	FÍSICA –CIÊNCIA E TECNOLOGIA	Carlos Magno A. Torres / Nicolau G. Ferraro/ Paulo A. Toledo Soares	Moderna
E	QUANTA FÍSICA	Carlos A. Kantor / Lilio A. Paoliello Junior/ Luis C. de Menezes/ Marcelo de C. Bonetti / Osvaldo C. Junior/ Viviane M. Alves	PD
F	FÍSICA	Gualter / Helou / Newton	Saraiva
G	FÍSICA AULA POR AULA	Benigno B. Filho / Claúdio Xavier da Silva	FTD
H	FÍSICA E REALIDADE	Aurélio Gonçalves Filho Carlos Toscano	Scipione
I	FÍSICA EM CONTEXTOS – PESSOAL– SOCIAL – HISTÓRICO	Alexander Pogibin / Maurício Pietrocola / Renata de Andrade / Talita Raquel Romero	FTD
J	FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO	Fuke / Kazuhito	Saraiva

Quadro 1: Coleções de Física Aprovadas no PNLD 2012

A partir de uma análise inicial dos livros didáticos, foi criada uma classificação das tipologias de situações que dão sentido a aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica. Para tal classificação foram consideradas situações apenas as atividades dos livros didáticos a serem resolvidas pelos alunos. Nas atividades que havia mais de um item, Exemplo a; b e c,..., cada um deste foi contado como uma situação.

Classificação das Situações: Considerando as atividades a serem resolvidas pelos alunos, podemos classificar:

I) Medição: São situações em que o aluno determina uma medida elétrica realizando operações matemáticas por meio de fórmula, relações e usando os dados do problema. Essa definição para esse tipo de situação foi baseada na classificação dada por Lima, et.al.(2014) para Situações que envolvem cálculo de volumes, e que defini medição como:

(...) Medição se refere ao tipo de situação que consiste em medir o volume, enquanto medida consiste em um número, resultado do processo de medição. Cabe ressaltar que o termo medição remete tanto às medições práticas como às teóricas, quando se usa, por exemplo, as fórmulas para medir o volume dos sólidos.

Neste trabalho, foi utilizada tal definição para as situações que envolviam o cálculo de grandezas da eletrodinâmica.

Exemplo: Em uma lâmpada observamos as seguintes especificações impressas nela: “60 w-110V”. Determine a resistência elétrica da lâmpada (Extraído das coleções

analisadas).

No exemplo acima são dadas à potência da lâmpada e tensão suportada pela mesma sendo estas informações suficientes para que o aluno determine a medida da resistência elétrica pelo uso da relação matemática .

II) conceitual: A partir de situação o aluno, usar os conceitos aprendidos para dar respostas a perguntas.

Exemplo: Duas lâmpadas, uma de 10 W-110 V e outra de 100 w – 110 v são ligadas em série a uma tomada de 220 V. O que acontece com as lâmpadas? (Extraído das coleções analisadas)

III) Comparação: Dada uma situação e determinada uma medida, quando alterado um ou mais valor dos dados o aluno é levado a compara o atual valor com o valor anterior da medida.

Exemplo: Uma resistência Elétrica R, na qual passa uma corrente i, dissipa, sob a forma de calor, uma potência de 2,0 W. Se a intensidade de corrente for duplicada, quanta vez maior se tornará a potência dissipada em R? (Extraído das coleções analisadas)

IV) Alteração de raciocínio: Dada uma situação onde um valor pode ser determinado ou mesmo possa ser discutida, mudando as características do problema, se faz necessário que o aluno mude o raciocínio para resolver os problemas.

Exemplo: Duas lâmpadas de mesma resistência são ligadas em série e o conjunto é submetido a uma Tensão U. Nessa configuração, o conjunto dissipa uma potência total $PS=200$ W. Se essas mesmas lâmpadas forem ligadas em paralelo e o conjunto submetido à mesma tensão U, determine a potência Total PP dissipada pelo conjunto? (Extraído das coleções analisadas)

V) Representação: Dada uma situação com sua característica ou seus dados, é solicitado ao aluno que represente aquela situação por meio de tabela, gráficos, equações, desenho ou esquemas.

Exemplo: Dispõe-se de um resistor, um gerador, um amperímetro e um voltímetro ideais e fios de ligação. Com isso, pretendem-se montar um circuito de modo a medir a intensidade da corrente que atravessa o resistor e a ddp ente seus terminais. Represente esse circuito. (Extraído das coleções analisadas)

VI) Outras: Consiste nas situações que não se enquadre nos tipos acima descritos.

Conforme a proposta descrita nessa metodologia, o critério utilizado para a classificação das atividades foi elaborado buscando-se verificar a variedade de situações na qual os alunos são “expostos” por meio dos livros didáticos. Neste sentido, esta classificação não se preocupou em identificar a variabilidade de conceitos abordados dentro de cada categoria e qualidade das questões, portanto neste momento, não é o foco deste trabalho identificar, por exemplo, se uma situação de medição proposta em um livro é mais bem elaborada que outra situação proposta em outro livro.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi mensurado o percentual da distribuição dos diferentes tipos de situações (atividades proposta aos estudantes) abordados nos livros didáticos, conforme a classificação construída anteriormente. O resultado de tal mensuração está sintetizado na Tabela 02.

Coleção	Medição	Conceitual	Alteração	Representação	Comparação	Outras
A	67,35%	14,97%	2,04%	2,72%	4,76%	8,16%
B	49,56%	26,55%	2,36%	9,14%	8,85%	3,54%
C	66,78%	6,58%	7,24%	5,92%	7,89%	5,59%
D	71,84%	6,80%	1,94%	4,85%	4,85%	9,71%
E	67,96%	9,71%	0,97%	2,91%	4,85%	13,59%
F	63,29%	11,11%	13,04%	1,93%	5,31%	5,31%
G	77,88%	12,02%	0,48%	0,96%	3,37%	5,29%
H	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
I	69,57%	11,96%	3,26%	8,70%	3,26%	3,26%
J	85,40%	8,76%	0,00%	1,46%	0,73%	3,65%

Tabela 1: Tipificação das questões em percentual.

Observando a Tabela 02 é possível identificar que há uma maior frequência de exploração de situações referentes à tipologia de medição. Nesta análise, verificasse que nos livros didáticos este tipo de situação apresenta percentuais que variam no intervalo 49,56%, com o livro que explora esse tipo de situação com menor frequência (Coleção B), até 85,40%, que representa a coleção (J) que mais explorou a tipologia medição.

O Gráfico 01 mostra a distribuição de percentagem das tipologias gerais de todas as coleções de física pesquisadas e aprovadas no PNLD (2012). Nele foram tabulados todos os quantitativos de situação juntas, onde o leitor pode fazer uma comparação dos resultados abaixo com cada livro das coleções de Física. Fazendo essa comparação é possível observar que em relação à tipologia de situação que envolve medição, apenas um livro, o da coleção B, apresenta percentual abaixo do valor apresentado na distribuição geral de porcentagens.

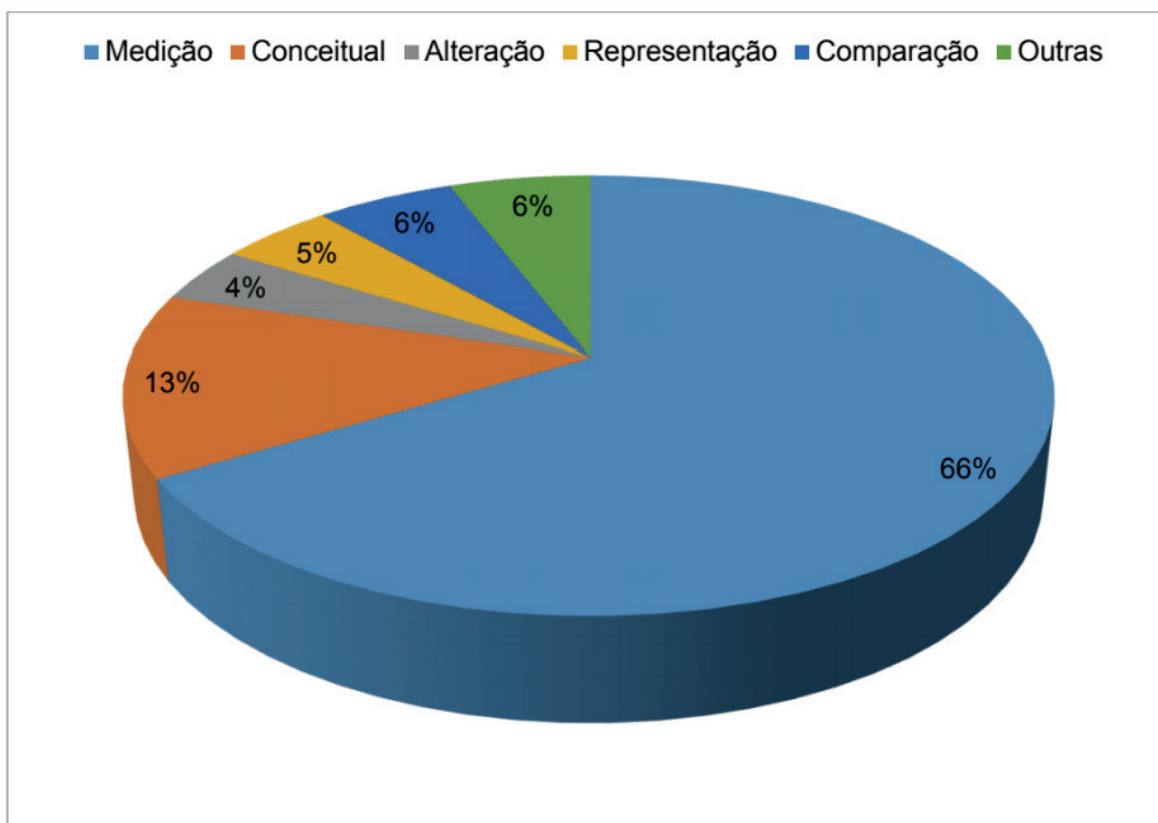


Gráfico 1: Representação comparativa das tipicidades das atividades em forma percentuais.

O Gráfico 01, que representa a distribuição percentual de todas 1769 situações analisada nos livros didáticos, reforça a ideia de que existe uma tendência por parte dos autores em explorar situações que envolvem medição. Vale salientar que esse grande número de situações que envolvem medição se dá, em grande parte, por conta da reprodução de questões de vestibulares por parte dos autores. Este tipo de exame na maioria das vezes valoriza a habilidade de determinar medida direta de grandezas físicas baseadas nos dados fornecidos.

Também se destaca no Gráfico 01 que as situações que envolvem a conceituação, embora seja a segunda alternativa explorada pelos autores, ainda ocorre de maneira bastante tímida. Outro ponto crítico, é o baixo percentual de situações que envolvem a alteração de raciocínio, comparação de medidas e representação. Infelizmente as três tipologias de situações têm sido pouco exploradas nos livros didáticos.

4 | CONCLUSÃO

Como se pode observar é bastante comum encontramos nos livros didáticos exercícios e problemas com uma tendência operacional, e com bastante exercícios repetidos. O uso excessivo desse tipo de situação traz também uma descaracterização não só dos conceitos de eletrodinâmica, mas também de vários outros campos conceituais, como o da Mecânica, Eletricidade e o da Termologia, entre outros.

A teoria dos campos conceituais sugere à necessidade de se diversificarem as

atividades apresentadas nos livros, ao propor que um conceito não se constrói dentro de um só tipo de situação.

Esta tendência observada nas atividades propostas nos livros didáticos analisados, evidencia uma aprendizagem mecânica e voltada ao treino, com resposta fundamentadas apenas em fórmulas e regras. Outra consequência preocupante sugerida pelos resultados encontrados diz respeito a possíveis limitação na aprendizagem mediante a importância que o livro didático tem, além de poder haver implicações também na avaliação escolar, uma vez que em geral o professor elabora as avaliações baseando-se no livro adotado e por esse motivo sofrerá consequências da tendência apresentada nesses livros.

É importante considerar que os resultados obtidos com essa investigação se devem ao fato dos autores dos livros didáticos provavelmente não terem elaborado suas obras com base nas contribuições teóricas dadas pela TCC e outras teorias da aprendizagem mais contemporâneas. Com base nos dados obtidos com essa pesquisa é possível dizer que esse tipo de desconsideração teórica contribui, em geral, para tornar as obras pouco ricas em termos de uma variedade de recursos que são importantes para o processo de aprendizagem dos diferentes conceitos.

Diante do exposto neste trabalho é importante concluir que a possibilidade de uma abordagem mais profunda dos diferentes conteúdos, não somente no campo conceitual da eletrodinâmica, mas também de outros campos conceituais da Física, pode ser prejudicada ao concentrar demasiadamente seu ensino em uma única situação. A teoria de Vergnaud propõe que os conceitos científicos se constroem a partir do enfrentamento dos mais variados tipos de situações/problemas, em um longo período de tempo.

REFERÊNCIAS

BRASIL, INEP. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Física/PCN+**. 2007.

BRASIL, SEB, FNDE. **Guia de livros didáticos PNLD 2012: Física–Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2012.

GARCIA, Nilson Marcos Dias. **Livro didático de Física e de Ciências: contribuições das pesquisas para a transformação do ensino**. Educ. rev., Curitiba, n. 44, Junho de 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010440602012000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 Oct. 2014.

MORAIS, Leonardo Bernardo; BELLEMAIN, Paula Moreira Baltar; LIMA, Paulo Figueiredo. **Análise de situações de volume em livros didáticos do ensino médio à luz da teoria dos campos conceituais**. Educação Matemática Pesquisa. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática. ISSN 19833156, v. 16, n. 1, 2014.

MOREIRA, Marcos Antônio. **Teorias de aprendizagem**. 2ª ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. **A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta Área**, Revista Eletrônica: Investigações em Ensino de Ciências, IF-UFRGS, Vol. 7, nº 1, 2002.

SOUSA, Célia Maria Soares Gomes de; MOREIRA, Marco Antônio; MATHEUS, Thiago Alexandre Melo. **A resolução de situações problemáticas experimentais em campos conceituais da física geral**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004, Jaboticatubas. Atas do IX EPEF. Jaboticatubas, 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/10450>>. Acesso em: 28 fev. 2013.

CIRCUITOS ELÉTRICOS - UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO RECURSOS TECNOLÓGICOS

Arthur Alexandre Magalhães

SESI-SP, Itapira (SP)

RESUMO: O presente trabalho apresenta uma proposta de uma sequência didática relacionada ao tema eletricidade. A metodologia empregada foi a metodologia investigativa, pois a abordagem proporciona uma maior interação entre os pares, favorecendo a troca de conhecimento. São utilizados um pré-teste para verificação dos conhecimentos prévios; conteúdos digitais, utilizando um objeto educacional digital (OED) para analisar qualitativamente as características de circuitos elétricos; um pós-teste para sistematização do conhecimento e uma avaliação final. O artigo tem como finalidade, difundir práticas de ensino de Física utilizando recursos tecnológicos.

PALAVRAS-CHAVE: Eletricidade, Metodologia Investigativa, Recursos tecnológicos

ABSTRACT: The present work presents a proposal of a didactic sequence related to the subject of electricity. The methodology used was the investigative methodology, because the approach provides a greater interaction between the pairs, favoring the exchange of knowledge. A pre-test is used to verify previous knowledge; using a digital educational object (OED) to qualitatively analyze the characteristics of

electrical circuits; a post-test for systematization of knowledge and a final evaluation. The article aims to disseminate physics teaching practices using technological resources.

KEYWORDS: Electricity, Investigative Methodology, Technological resources

1 | INTRODUÇÃO

Os estudantes, na atualidade, vivem um conflito com duas realidades opostas. De um lado tem-se um cotidiano totalmente interativo, dinâmico, onde o jovem se comunica, seja, através de redes sociais, ou interagem instantaneamente com diversos colegas através de jogos virtuais realizados em equipes. E em alguns casos, seus parceiros de jogos se encontram a grandes distâncias ou até mesmo em outros países. Do outro lado, a realidade da sala de aula, local onde o estudante, na maioria das vezes, presencia uma rotina de aula expositiva com pequena participação no processo de ensino e aprendizagem. Cabe ao professor, proporcionar uma diversificação de estratégia de ensino, pois deve-se buscar um equilíbrio entre essas realidades. Vale ressaltar, que não se deve priorizar o dinamismo no ambiente escolar, pelo simples fato de tornar a aula mais “divertida”. Nem descartar todo um

processo de ensino tradicional que tem sua eficácia ao longo da história educacional.

Para auxiliar o docente na diversificação da estratégia de ensino e ainda aproximar-se da realidade vivenciada pelos estudantes as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) são ferramentas educacionais de grande importância. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN):

“A escola não pode ficar alheia ao universo informatizado se quiser, de fato, integrar o estudante ao mundo que o circunda, permitindo que ele seja um indivíduo autônomo, dotado de competências flexíveis e apto a enfrentar as rápidas mudanças que a tecnologia vem impondo à contemporaneidade (BRASIL, 2002, p. 229-230)”.

Sendo assim, este trabalho utilizou Objetos Educacionais Digitais (OED's), ou seja, recursos digitais como: simuladores, áudios e vídeos que apoiam à aprendizagem e facilitam a compreensão de mundo. Foi elaborada uma sequência didática de conceitos básicos de Eletricidade no Ensino Médio. O objetivo específico deste trabalho é a propagação de uma possível sequência didática, do tema eletricidade, mais especificamente uma análise qualitativa de circuitos elétricos.

Para elaboração da sequência didática embasou-se na metodologia investigativa. Segundo Zômpero e Laburú (2011), uma proposta investigativa deve conter: um problema a ser analisado; a emissão de hipóteses; um planejamento para a realização do processo investigativo, visando à obtenção de novas informações; e a interpretação dessas novas informações e a posterior comunicação das mesmas.

A proposta utilizará um OED de circuito elétrico de um repositório denominado phet¹. O intuito da utilização deste recurso é facilitar, dinamizar o processo de ensino e aprendizagem e obter subsídios para verificação dos avanços conceituais dos estudantes em circuitos elétricos.

DESCRIÇÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO

Para elaboração da sequência didática são utilizados um pré-teste (Anexo I), um conteúdo digital para formalização do conhecimento (Anexo II), uma lista de exercícios para sistematização do conhecimento (Anexo III) e uma avaliação para verificação da aprendizagem (Anexo IV). A atividade programada deverá ser realizada em 9 aulas de 50 minutos. Em relação ao pré-teste, utilizou-se o google forms, e foram selecionadas 10 questões retiradas de vestibulares e do livro Peer Instruction de Eric Mazur (1996). As questões tem como objetivo verificar se o estudante tem conhecimento sobre como montar um circuito elétrico, como gerar corrente elétrica, analisar características de circuitos de lâmpadas em série, paralela e mista. O conteúdo digital, é uma união entre um OED e uma atividade orientadora (ARANTES, MIRANDA e STUDART,2010),

1 PhET – Physics Education Technology, Universidade do Colorado: Disponível em:< <http://phet.colorado.edu> > acesso em 03 de maio de 2016.

2 Kit de Circuito Elétrico – Disponível em:<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab acesso em 03 de maio de 2016.

neste caso, utilizou-se o software Kit de Circuito Elétrico (DC)² e o roteiro abordava os mesmos objetivos do pré-teste. Para a sistematização do conhecimento, convém elaborar uma lista de exercícios utilizando o google forms, também podem ser retiradas outras questões das mesmas fontes do pré-teste. Os estudantes, em caso de dúvidas, podem utilizar o software do phet garantindo uma ressignificação do conteúdo abordado. Finalizando a sequência didática os estudantes podem fazer uma avaliação individual sem consulta, essas questões são de múltiplas escolhas e também podem ser elaboradas no google forms.

RELATO DE EXPERIÊNCIA

O campo deste trabalho foi realizado na cidade de Itapira (SP), na escola da rede SESI de ensino. O centro educacional, possui ensino fundamental e ensino médio. Sendo que o ensino fundamental I é integral, ensino fundamental II e ensino médio é parcial. A unidade possui em média 400 estudantes que geralmente tem seus pais vinculados a indústria. No seu espaço físico, constam de 12 salas de aula com capacidade para 32 alunos, nelas se encontram Tv, dvd, projetor e algumas lousas digitais. Existe um laboratório de Física, outro de Biologia/Química, um laboratório para atividades do Lego, laboratório de Informática (LIE³) para 36 alunos, um carrinho denominado de LIM⁴, com 33 notebooks para deslocar até as salas, biblioteca, quadras esportivas e um refeitório para 250 pessoas.

Os sujeitos da pesquisa são os estudantes do 3º Ensino Médio, período matutino. Na turma tem-se 32 estudantes e são ministradas 3 aulas semanais, sendo duas na quinta-feira e uma na sexta-feira.

Na primeira aula antes de dirigir os estudantes à sala de informática houve uma conversa sobre o início do semestre. Proporcionou-se um momento de discussão onde foi apresentada uma proposta de uma sequência didática sobre o tema circuito elétrico. Em relação aos estudantes não houveram reclamações ou contestações, mesmo sabendo que a abordagem ao tema seria qualitativa e não quantitativa. No início da atividade programada, na segunda aula, utilizou-se a ferramenta google forms onde aplicou-se uma pesquisa sobre a experiência dos estudantes em relação ao tema circuitos elétricos. Em um segundo momento, aplicou-se outro formulário denominado, Pré-teste sobre circuitos elétricos. Foram apresentadas 10 questões relacionadas a conhecimentos qualitativos referente a circuito elétricos. As questões tinham objetivo de verificar se os estudantes tinham conhecimentos prévios sobre: quais condições básicas para produção de corrente elétrica; diferença entre circuitos em série e paralelo; e aumento ou redução de diferença de potencial proporcionando alteração de corrente elétrica e potência elétrica. Houveram nove faltas e os estudantes deverão respondê-las em outro momento que poderá ser fora do horário de aula.

3 Laboratório de Informática Educacional (LIE)

4 Laboratório de Informática Móvel (LIM)

A terceira aula foi programada para realizar um teste com uma nova tecnologia que chegou na unidade. São 33 notebooks que são levados diretamente para a sala de aula com acesso à internet. A aula teria dois objetivos: o primeiro era iniciar a apresentação de uma atividade orientadora onde os estudantes iriam utilizar um simulador do phet denominado, Kit de construção de circuito, para formalizar os conceitos de associação de lâmpadas em série, paralelo e mistos. O segundo objetivo era verificar se os notebooks funcionariam adequadamente para acessar a internet e utilizar a ferramenta google forms, pois a última atividade será uma avaliação individual utilizando esta ferramenta. A tentativa de utilizar os notebooks não foi viável, pois a transmissão de dados estava bem comprometida devido a utilização simultânea dos computadores que se encontravam no laboratório de informática (LIE). Em razão das dificuldades enfrentadas não foi possível iniciar a atividade programada.

Iniciou-se a quarta e quinta aula indo diretamente para o LIE, não houveram faltas e todos os estudantes já haviam respondido todos o pré-teste. Os estudantes receberam o roteiro da atividade da semana passada e a realizaram em duplas. Durante a aplicação percebeu-se o envolvimento de todos na execução da mesma, mas a estimativa era que a conclusão ocorresse em pouco mais de uma aula e o tempo restante seria para discutirmos sobre os objetivos de cada montagem do circuito. Infelizmente algumas duplas concluíram a atividade no final da segunda aula, portanto não foi possível a discussão dos conceitos de circuitos em série, paralelo e mistos. Iniciou-se a sexta aula na classe, utilizando-se a lousa digital para discutirmos os conceitos trabalhados no roteiro anterior. Neste caso, foram questionadas cada montagem dos circuitos apresentados, para então formalizarmos as características de cada tipo de associação. Durante discussão buscou-se questionar os estudantes que não fazem cursos relacionados ao tema e pode-se perceber que o objetivo da atividade foi atingido satisfatoriamente. Na sétima e oitava aula, os estudantes foram levados ao LIE para sistematizar os conceitos apresentados anteriormente. Neste caso, receberam uma lista de 10 exercícios de vestibulares e foram orientados a respondê-las, utilizando o software do phet. A atividade foi elaborada no google forms e foi realizada individualmente, porém poderiam discutir as questões com os colegas ao lado. A aula foi suficiente para sua conclusão e ao seu final foram feitas as discussões de cada uma delas, onde novamente discutiu-se todos os conceitos do objetivo deste trabalho. No final, os estudantes foram avisados que na aula seguinte iriam fazer uma avaliação nos mesmos moldes das atividades apresentadas. Na última aula a proposta de avaliação seria realiza-la na sala de aula utilizando-se o LIM, mas devido a testes feitos anteriormente, não foi possível a execução da mesma, pois a avaliação elaborada no google forms devia ter acesso à internet e os 33 notebooks não conseguem transmitir esta quantidade de informação ao mesmo tempo. Sendo assim, a classe foi dividida em duas turmas de 16 estudantes, onde um grupo ficou com a auxiliar docente e o outro realizou a avaliação. Antes das turmas iniciarem, foram orientados a realizarem a avaliação individualmente e sem consulta.

Todos os estudantes são impedidos de utilizar a internet para obter as respostas e são fiscalizados por um software de acompanhamento em rede. Em relação a execução da prova não houveram imprevistos.

Desta forma, este trabalho utilizou-se da observação direcionada e, portanto, será uma das maneiras de colher dados para pesquisa. O trabalho tem o intuito de observar e investigar sobre os avanços conceituais do conteúdo de circuito elétrico. Fizemos uso de diário de bordo contendo dados e percepções de todo o processo de pesquisa, além de registros fotográficos das atividades. Servirão como base de análise; os conteúdos digitais que possuem questões pré-teste que tem a incumbência de servir como ponto de partida para introdução dos objetos educacionais digitais (OEDs) e as atividades pós-teste que tem finalidade de investigar o processo de aprendizagem dos estudantes.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

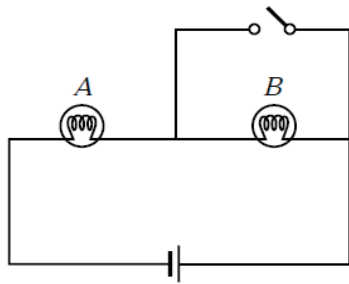
As atividades propostas foram realizadas dentro do tempo previsto, mesmo com os imprevistos que sempre ocorrem quando se utiliza recursos tecnológicos no processo de ensino e aprendizagem.

Em relação aos dados iniciais da pesquisa realizada antes da aplicação desta sequência didática verificou-se que 22 estudantes não haviam feito cursos técnicos de forma concomitante com o ensino médio e os outros 10 estudantes estavam cursando ETEC, Senai, Sesc ou curso de robótica no SESI. Com estas informações em mãos, optou-se por elaborar as atividades de forma interativa e investigativa, pois a heterogeneidade da turma poderia proporcionar uma troca de experiência muito interessante, o que poderia resultar na aprendizagem efetiva dos estudantes. Com aplicação do pré-teste, verificou-se que os estudantes reconhecem o que é um gerador elétrico e que para a existência de uma corrente elétrica deve existir uma tensão elétrica, condutores e lâmpadas. Também percebe-se que apesar de reconhecerem a importância de uma tensão elétrica na produção de corrente não conseguem definir o conceito de diferença de potencial. Muitos estudantes ressaltaram sobre a possibilidade de queima ou má funcionalidade dos aparelhos se utilizá-lo de forma incorreta. Já no que se refere a associação de lâmpadas percebe-se que conseguem identificar circuitos simples de associação em série e paralelo, porém, como já esperado, os estudantes que não fizeram nenhum curso técnico não definem corretamente as características específicas de cada circuito.

O conteúdo digital aplicado no LIE foi realizado de forma muito eficiente, ao verificar as atividades resolvidas pelos estudantes e após discussão em sala de aula, percebe-se que os objetivos de definição de curto circuito, associação de lâmpadas série, paralelo e mista foram atingidos. Veja alguns questionamentos dessa lista de exercícios:

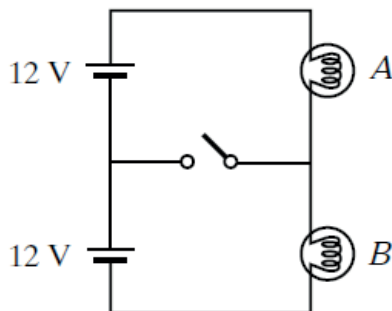
2) O circuito abaixo é composto por duas lâmpadas idênticas com o mesmo brilho

e uma única bateria de 12 V. Quando a chave é fechada, o brilho da lâmpada A



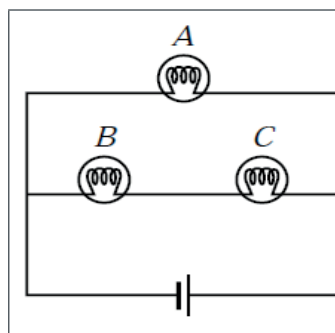
- a. aumenta.
- b. mantém-se inalterado.
- c. diminui.
- d. nenhum das respostas citadas acima

4. As lâmpadas no circuito são idênticas. Quando a chave é fechada,



- a. ambas apagam.
- b. a intensidade da lâmpada A aumenta.
- c. a intensidade da lâmpada A diminui.
- d. a intensidade da lâmpada B aumenta.
- e. a intensidade da lâmpada B diminui.
- f. ocorre alguma combinação de a-e.
- g. nada muda.

6. As três lâmpadas no circuito têm a mesma resistência. Dado que o brilho é proporcional à potência dissipada, o brilho das lâmpadas B e C, em comparação com o brilho da lâmpada A, é



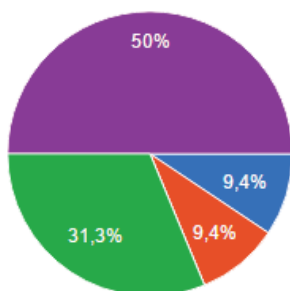
- a. o dobro.
- b. o mesmo.
- c. metade.

Ao analisar estas questões verificou-se que todos os estudantes a acertaram. Acredita-se que a utilização do kit de circuito elétrico do phet facilitou a identificação da resposta correta, mas após a finalização da atividade ocorreu uma discussão sobre cada questão e ao questionar alguns estudantes sobre qual alternativa havia assinalado a resposta foi efetiva e embasada teoricamente.

Na última atividade proposta, a avaliação individual, utilizou-se questões similares para análise da aprendizagem ocorrida. Veja algumas perguntas que foram utilizadas:

1. (Direito C.L. 97) Uma lâmpada A é ligada à rede elétrica. Outra lâmpada B, idêntica à lâmpada A, é ligada, simultaneamente, em paralelo com A. Desprezando-se a resistência dos fios de ligação, pode-se afirmar que:

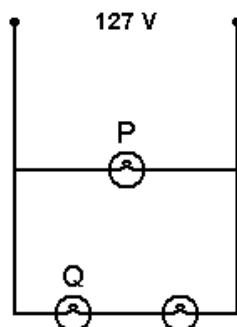
(32 respostas)



- (A) a corrente da lâmpada A aumenta.
- (B) a diferença de potencial na lâmpada A aumenta.
- (C) a potência dissipada na lâmpada A aumenta.
- (D) as resistências elétricas de ambas as lâmpadas diminuem.
- (E) nenhuma das anteriores.

Na primeira questão acima, percebe-se que a maioria dos estudantes assinalaram a resposta correta e 31,3% responderam a alternativa D. A segunda resposta mais assinalada deve ter sido considerada correta, por alguns estudantes, pois devem ter relacionado ao conceito de resistência equivalente da associação, conteúdo abordado nos cursos técnico em que frequentaram.

5. Aninha ligou três lâmpadas idênticas à rede elétrica de sua casa, como mostrado nesta figura:



Seja $V(P)$ a diferença de potencial e $i(P)$ a corrente na lâmpada P. Na lâmpada Q, essas grandezas são, respectivamente, $V(Q)$ e $i(Q)$. Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que *

- (A) $V(P) > V(Q)$ e $i(P) = i(Q)$.
- (B) $V(P) < V(Q)$ e $i(P) = i(Q)$.
- (C) $V(P) < V(Q)$ e $i(P) > i(Q)$.
- (D) $V(P) > V(Q)$ e $i(P) > i(Q)$.

Na quinta questão 46,9% assinalaram a resposta correta (Letra D), e 40,6% responderam a alternativa A, pode-se perceber que praticamente a totalidade reconhece que na associação mista tem-se características em série e paralelo, mas alguns estudantes podem ter confundido com a corrente em série da lâmpada Q e a outra lâmpada sem nomenclatura. Em relação a avaliação, a média da classe foi de

54,83%. Sendo que 22 estudantes conseguiram atingir uma nota maior que 50% e 10 ficaram abaixo. Destes com notas inferiores a cinquenta por cento, obteve-se 5 estudantes com nota de 45%. De uma certa forma, em um contexto geral, a atividade atingiu parcialmente seus objetivos, pois a maioria dos estudantes conseguiram obter uma nota satisfatória. Mas vale salientar que o processo de recuperação ainda não foi realizado até o momento do envio deste trabalho.

A sequência didática apresentada neste trabalho preocupou-se em analisar qualitativamente os circuitos elétricos, pois em diversos trabalhos acadêmicos verificasse que muitos estudantes conseguem calcular corrente, tensão e potência elétrica de circuitos muito complicados, mas quando apresenta-se uma questão simples de curto circuito ou de intensidade luminosa de lâmpadas em circuitos mistos verifica-se um grande índice de erro. Mesmo obtendo um resultado parcialmente satisfatório, tem-se que ressaltar a motivação dos estudantes nas atividades propostas. Através da metodologia adotada verificou-se que os estudantes participaram ativamente procurando compreender, discutir e analisar os conceitos apresentados. Portanto, uma metodologia adequada associada a utilização das TIC's é uma forma importante de diversificação de estratégia de ensino.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+. Brasília: 2002.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ASPECTOS HISTÓRICOS E DIFERENTES ABORDAGENS. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 03, n. 13, p.67-80, dez. 2011. Quadrimestral.

ARANTES, R. A.; MIRANDA, S. M.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, 11, n. 1, 27-31, 2010.

MAZUR, Eric. Conceptual Exam Questions. In: MAZUR, Eric. **Peer Instruction: A user's manual**. New Jersey: Editora Prentice Hall do Brasil, Ltda., 1996. p. 202-208.

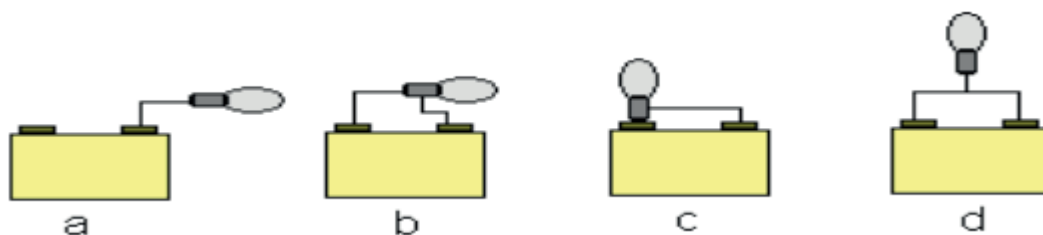
ANEXO I

Pré-teste

1. Quais dos elementos citados abaixo são geradores elétricos?
 - a) pilha
 - b) rádio
 - c) lâmpada
 - d) usina termoelétrica

e) compressor

2. Nas opções abaixo estão representadas ligações de uma lâmpada a uma fonte de energia elétrica. Em quais delas a lâmpada acenderá?



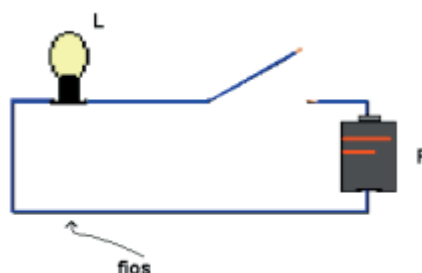
a) A e B

b) B e C

c) C e D

d) D e A

3. No desenho abaixo está representada a ligação de uma lâmpada L a uma fonte de energia elétrica F através de fios metálicos. Nesta ligação a lâmpada está acesa ou apagada? Justifique.

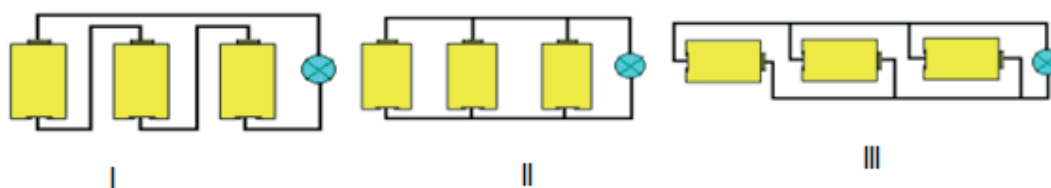


4. Nos cabos das tomadas dos eletrodomésticos, geralmente, encontramos um selo dos fabricantes com o seguinte aviso:

“VERIFIQUE O VALOR DA VOLTAGEM (110 V – 220 V) NO SELETOR DO APARELHO ANTES DE LIGÁ-LO À REDE ELÉTRICA”.

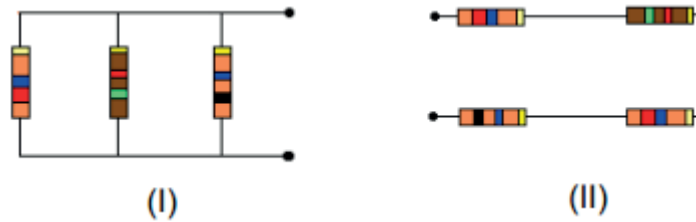
Para você, qual é o significado da palavra voltagem? O que pode ocorrer se uma pessoa compra um eletrodoméstico e não leva em consideração o aviso do fabricante?

5. As figuras abaixo representam ligações de geradores “alimentando” uma lâmpada. Em qual delas eles estão ligados em série? Justifique sua resposta.



6. Em relação ao exercício anterior, para se obter uma tensão maior nos terminais da lâmpada, qual das ligações acima seria a mais indicada? Justifique sua resposta.

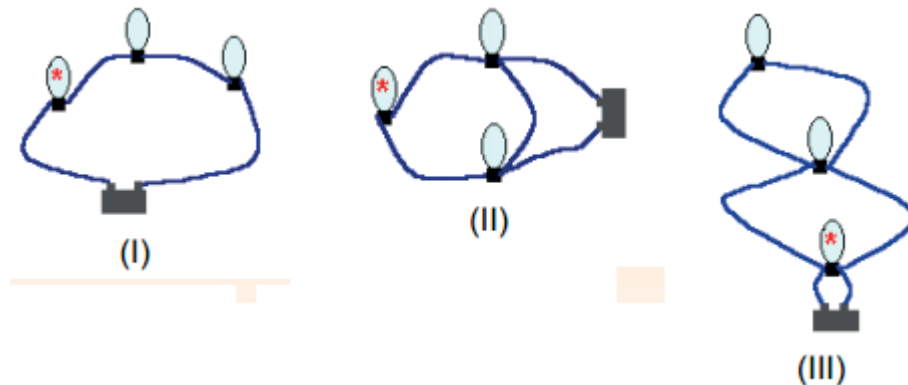
7. Abaixo estão representadas duas formas (I e II) de associação de resistores.



a) Classifique as associações de resistores quanto à forma de ligação (série ou paralelo).

b) Se os terminais das associações, em momentos distintos, forem conectados aos de uma fonte de energia elétrica, em qual delas ocorrerá maior resistência à passagem da corrente elétrica?

8. Foi feita uma experiência, associando de maneiras diferentes lâmpadas incandescentes de igual potência. Nas associações, uma das lâmpadas foi marcada com uma estrela vermelha, conforme figuras I, II e III abaixo.



Diga qual(is) da(s) figura(s) em que a lâmpada marcada com a estrela terá o brilho mais intenso. Justifique sua resposta.

9. Como são ligadas as lâmpadas utilizadas para enfeitar as árvores de Natal? Se você estivesse perto de uma dessas árvores e precisasse realizar uma experiência para ratificar sua resposta, o que você faria?

10. Qual é o tipo de circuito elétrico (série ou paralelo) utilizado na sua residência? Apresente uma justificativa para a sua resposta.

ANEXO II

Conteúdo Digital

Circuito Elétrico: Montagem e análise

Montagens

1ª Montagem

Utilize os fios, uma lâmpada e apenas uma pilha. Faça a seguinte montagem:

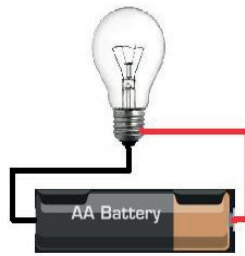


Figura 01: Circuito simples

1. Com relação ao brilho da lâmpada. O que você observa?

2ª Montagem

Utilize os fios, duas lâmpadas em série e apenas uma pilha. Faça a seguinte montagem:

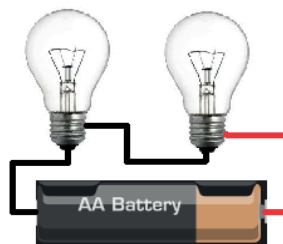


Figura 02: Lâmpadas em série.

2. Com relação ao brilho das lâmpadas. O que você observa?

3. Ainda com relação ao brilho das lâmpadas. O que aconteceria se você conectasse três lâmpadas em série?

4. O que acontece com o brilho da primeira lâmpada quando são colocadas as outras?

5. Se você tirar uma das lâmpadas o que acontece com as demais? Explique.

6. Como você explicaria as observações feitas?

3ª Montagem

Utilize os fios, duas lâmpadas em paralelo e apenas uma pilha. Faça a seguinte montagem:

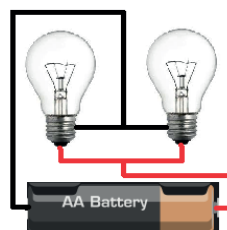


Figura 03: Lâmpadas em paralelo.

7. O que acontece o brilho da primeira lâmpada quando é acrescentada a segunda lâmpada?

4ª Montagem

Utilize os fios, três lâmpadas em paralelo e apenas uma pilha. Faça a seguinte montagem:

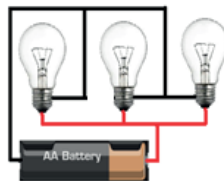


Figura 04: Lâmpadas em paralelo.

8. O que acontece com o brilho da primeira e segunda lâmpada quando a terceira lâmpada é acrescentada?

9. O que acontece com o brilho das demais se você retirar uma lâmpada? Explique.

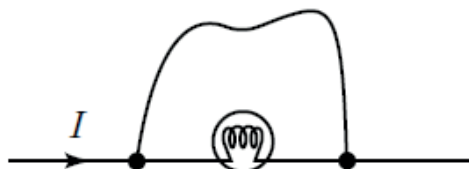
10. Como você explicaria as observações feitas?

ANEXO III

Sistematização do Conhecimento

Questões

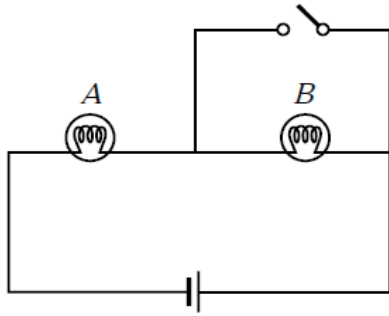
1. A carga flui através de uma lâmpada. Suponhamos que um fio é ligado através da lâmpada, como mostrado.



Quando o fio é ligado,

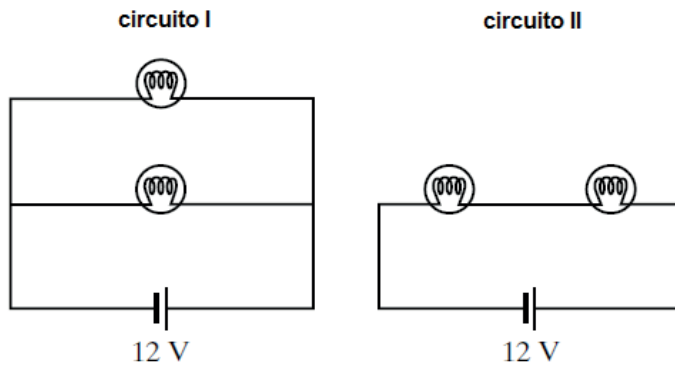
- toda a carga continua a fluir através da lâmpada.
- meia carga flui através do fio, a outra metade continua através da lâmpada.
- toda a carga flui através do fio.
- nenhum das respostas citadas acima.

2. O circuito abaixo é composto por duas lâmpadas idênticas com o mesmo brilho e uma única bateria de 12 V. Quando a chave é fechada, o brilho da lâmpada A



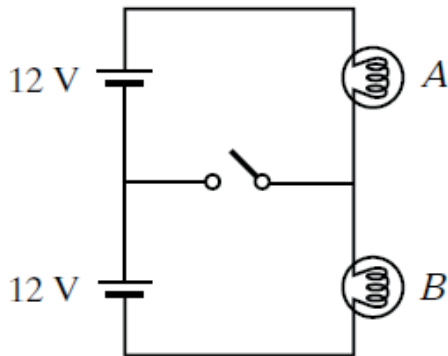
- a. aumenta.
- b. mantém-se inalterado.
- c. diminui.

3. Se as quatro lâmpadas na figura são idênticas, que circuito emite mais luz?



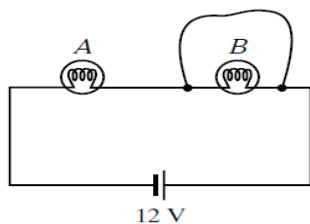
- a. I.
- b. Os dois emitem a mesma quantidade de luz.
- c. II.

4. As lâmpadas no circuito são idênticas. Quando a chave é fechada,



- a. ambas apagam.
- b. a intensidade da lâmpada A aumenta.
- c. a intensidade da lâmpada A diminui.
- d. a intensidade da lâmpada B aumenta.
- e. a intensidade da lâmpada B diminui.
- f. ocorre alguma combinação de a-e.
- g. nada muda.

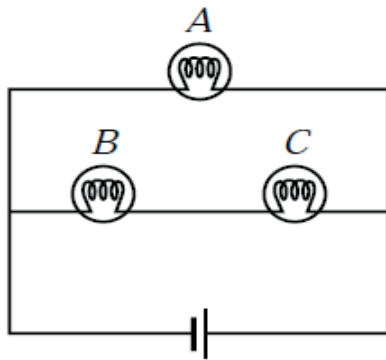
5. Duas lâmpadas A e B estão ligadas em série a uma fonte de tensão constante. Quando um fio é ligado através B como mostrado na lâmpada, a lâmpada A



- a. brilha mais intensamente.
- b. mantém o brilho.
- c. brilha com menos intensidade.
- d. apaga.

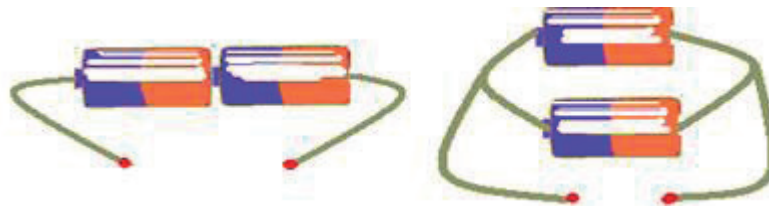
6. As três lâmpadas no circuito têm a mesma resistência. Dado que o brilho é proporcional à potência dissipada, o brilho das lâmpadas B e C, em comparação com o

brilho da lâmpada A, é



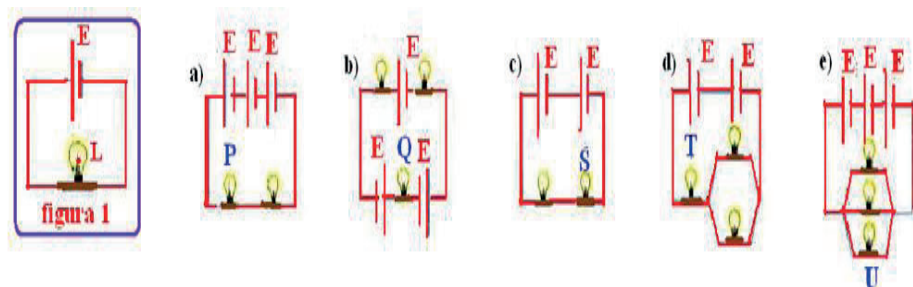
- a. o dobro.
- b. o mesmo.
- c. metade.

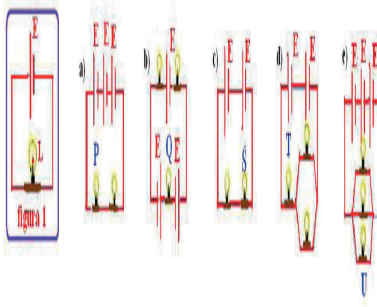
7. (FUVEST-SP) As figuras ilustram duas pilhas ideais associadas em série (primeiro arranjo) e em paralelo (segundo arranjo). Supondo as pilhas idênticas, assinale a alternativa correta:



- (A) Ambos os arranjos fornecem a mesma tensão.
- (B) O primeiro arranjo fornece uma tensão maior que o segundo.
- (C) Se ligarmos um voltímetro aos terminais do segundo arranjo ele indicará uma diferença de potencial nula.
- (D) Ambos os arranjos, quando ligados a um mesmo resistor, fornecem a mesma corrente.
- (E) Se ligarmos um voltímetro nos terminais do primeiro arranjo ele indicará uma diferença de potencial nula.

8. (FUVEST-SP) As figuras mostram seis circuitos de lâmpadas e pilhas ideais. A figura (1), no quadro, mostra uma lâmpada L de resistência R ligada a uma pilha de resistência interna nula. As lâmpadas cujos brilhos são maiores que o da lâmpada do circuito (I) são:





- (A) P, Q e T. (B) P, S e U. (C) P, T e U. (D) Q e S. (E) S.

Anexo IV

Avaliação

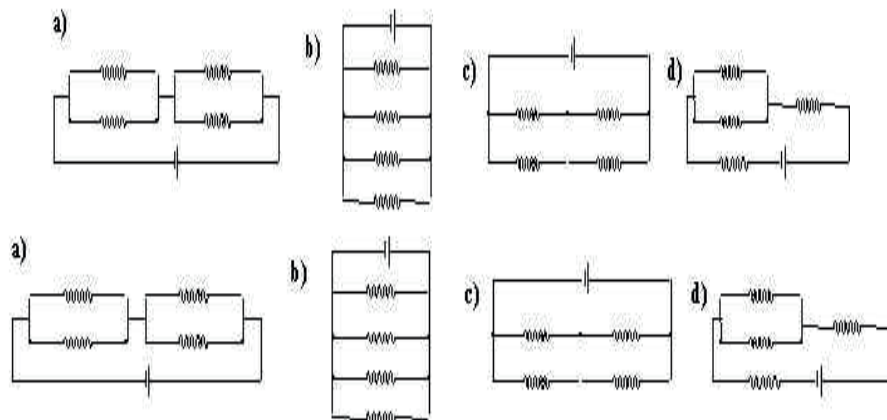
1. (Direito C.L. 97) Uma lâmpada A é ligada à rede elétrica. Outra lâmpada B, idêntica à lâmpada A, é ligada, simultaneamente, em paralelo com A. Desprezando-se a resistência dos fios de ligação, pode-se afirmar que:

- (A) a corrente da lâmpada A aumenta.
- (B) a diferença de potencial na lâmpada A aumenta.
- (C) a potência dissipada na lâmpada A aumenta.
- (D) as resistências elétricas de ambas as lâmpadas diminuem.
- (E) nenhuma das anteriores. XXX

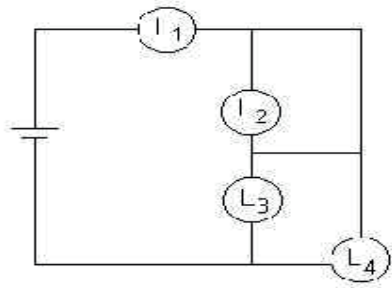
2. (Direito.C.L. -96) As dez lâmpadas de uma árvore de natal são ligadas em série. Numerando estas lâmpadas de 1 a 10 e supondo que a nona lâmpada queime:

- (A) todas apagam. XXX
- (B) ficam acesas apenas as lâmpadas de 1 a 8.
- (C) somente a nona lâmpada apaga.
- (D) fica acesa somente a décima lâmpada.
- (E) todas queimam.

3. (UNIPAC 97) Um circuito elétrico é composto de quatro lâmpadas. As lâmpadas encontram-se ligadas de tal forma que se uma delas se queimar outra também se apaga e as duas restantes permanecem acesas. Assinale, dentre as opções abaixo, aquela que pode representar o circuito descrito. (c)

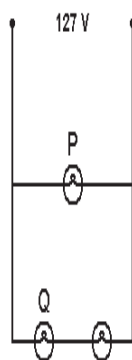


4. No circuito abaixo, onde L_1 , L_2 , L_3 e L_4 representam 4 lâmpadas, é correto afirmar-se que passará corrente



- (A) em todas as lâmpadas.
- (B) apenas em L_1 e L_4 .
- (C) apenas em L_1 , L_2 e L_3 .
- (D) apenas em L_1 , L_3 e L_4 . XXXX
- (E) apenas em L_2 , L_3 e L_4 .

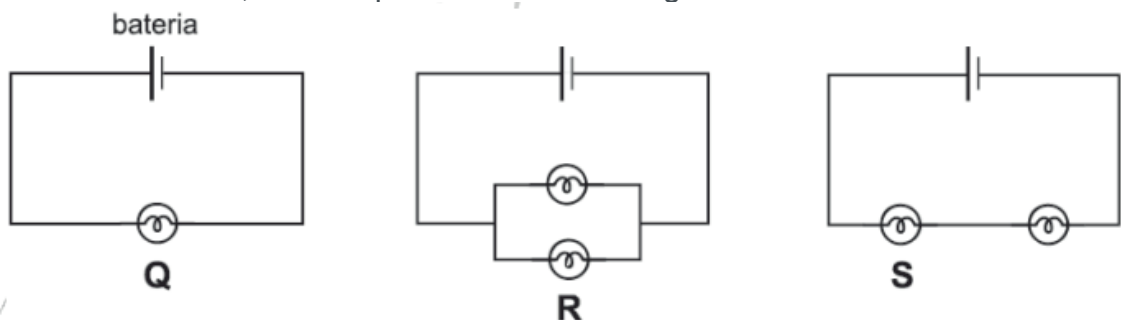
5. Aninha ligou três lâmpadas idênticas à rede elétrica de sua casa, como mostrado nesta figura:



Seja $V(P)$ a diferença de potencial e $i(P)$ a corrente na lâmpada P. Na lâmpada Q, essas grandezas são, respectivamente, $V(Q)$ e $i(Q)$. Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que

- (A) $V(P) < V(Q)$ e $i(P) > i(Q)$.
- (B) $V(P) > V(Q)$ e $i(P) > i(Q)$. XXXX
- (C) $V(P) < V(Q)$ e $i(P) = i(Q)$.
- (D) $V(P) > V(Q)$ e $i(P) = i(Q)$.

6. Em uma experiência, Nara conecta lâmpadas idênticas a uma bateria de três maneiras diferentes, como representado nestas figuras:



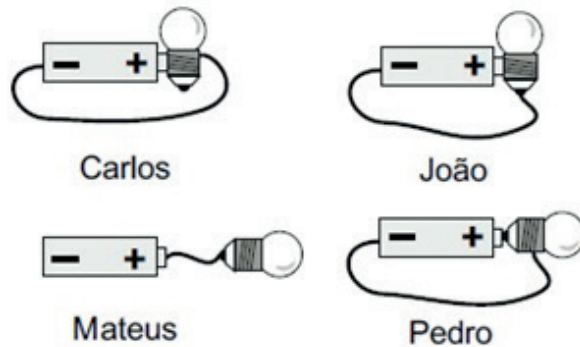
Considere que, nas três situações, a diferença de potencial entre os terminais da bateria é a mesma e os fios de ligação têm resistência nula.

Sejam PQ, PR e PS os brilhos correspondentes, respectivamente, às lâmpadas Q, R e S.

- Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que:
- (A) $PQ > PR$ e $PR = PS$.
 - (B) $PQ = PR$ e $PR > PS$. XXXX

- (C) $PQ > PR$ e $PR > PS$.
 (D) $PQ < PR$ e $PR = PS$.

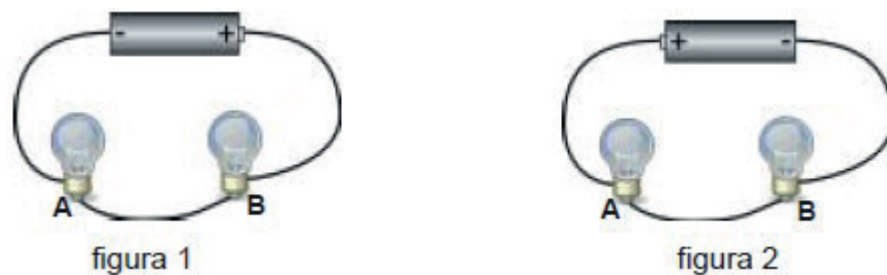
7. Um professor pediu a seus alunos que ligassem uma lâmpada a uma pilha com um pedaço de fio de cobre. Nestas figuras, estão representadas as montagens feitas por quatro estudantes:



Considerando-se essas quatro ligações, é CORRETO afirmar que a lâmpada vai acender apenas:

- (A) na montagem de Mateus
 (B) na montagem de Pedro.
 (C) nas montagens de João e Pedro. XXX
 (D) nas montagens de Carlos, João e Pedro.

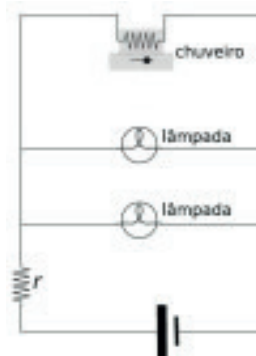
8. Duas lâmpadas incandescentes A e B são ligadas em série a uma pilha, conforme mostra a figura 1. Nesse arranjo, A brilha mais que B. Um novo arranjo é feito, onde a polaridade da pilha é invertida no circuito, conforme mostrado na figura 2. Assinale a opção que descreve a relação entre as resistências elétricas das duas lâmpadas e as suas respectivas luminosidades na nova situação.



- (A) As resistências elétricas são iguais e, na nova situação, A brilha menos que B.
 (B) A tem maior resistência elétrica e, na nova situação, brilha menos que B.
 (C) A tem menor resistência elétrica e, na nova situação, brilha mais que B.
 (D) A tem menor resistência elétrica e, na nova situação, brilha menos que B.
 (E) A tem maior resistência elétrica e, na nova situação, brilha mais que B. XXX

9. Em residências antigas, era comum que todos os eletrodomésticos fossem ligados a um único circuito elétrico, em geral montado com fios de ligação finos. Um modelo deste tipo de circuito está esquematizado na figura abaixo, onde r representa

a resistência total dos fios de ligação.



Ao ligar eletrodomésticos com resistência baixa, como chuveiros elétricos, percebia-se uma diminuição no brilho das lâmpadas. Marque a alternativa que justifica tal diminuição no brilho das lâmpadas.

(A) A corrente total no circuito diminui, fazendo com que a diferença de potencial (ddp) aplicada às lâmpadas diminua e, portanto, a corrente através delas seja menor.

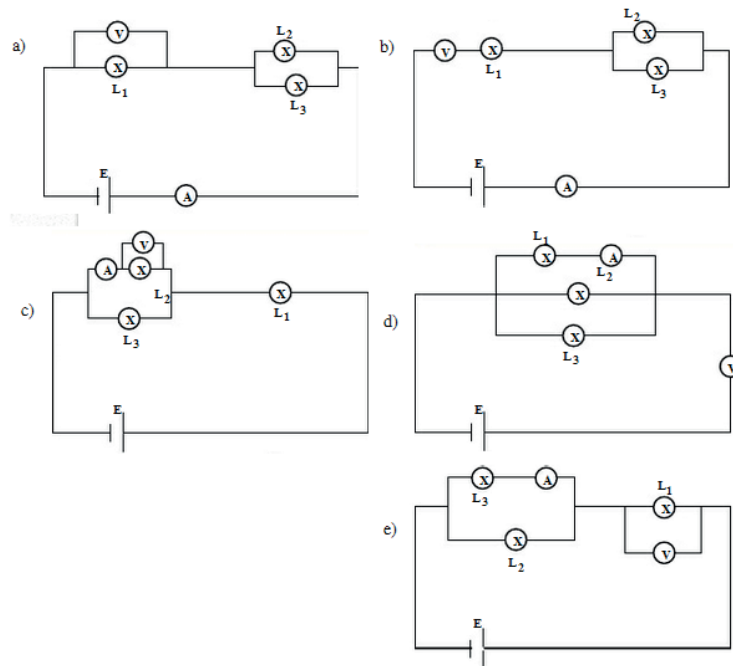
(B) Embora a diferença de potencial (ddp) nas lâmpadas permaneça a mesma, a corrente total no circuito diminui, diminuindo assim a corrente nas lâmpadas.

(C) A corrente total no circuito permanece a mesma, mas como a maior parte dela passa através do chuveiro, sobra menos corrente para as lâmpadas.

(D) A corrente total no circuito aumenta, aumentando assim a resistência das lâmpadas, o que diminui a corrente através delas.

(E) A corrente total no circuito aumenta, causando maior queda de potencial através de r e diminuindo assim a diferença de potencial (ddp) e a corrente nas lâmpadas. XXX

10. (PUC-SP-2002) Um determinado circuito elétrico contém 3 lâmpadas L_1 , L_2 e L_3 , uma bateria de força eletromotriz E e resistência interna desprezível, um amperímetro (A) e um voltímetro (V) ideais. As lâmpadas L_2 e L_3 estão ligadas em paralelo entre si e em série com a lâmpada L_1 e a bateria. O voltímetro e o amperímetro estão conectados no circuito de forma a indicar, respectivamente, a tensão elétrica e a corrente elétrica na lâmpada L_1 . O esquema que representa corretamente a situação apresentada é (xxxxxA)



REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Linguagens, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCNS+. Brasília: 2002.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ASPECTOS HISTÓRICOS E DIFERENTES ABORDAGENS. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 03, n. 13, p.67-80, dez. 2011. Quadrimestral.

ARANTES, R. A.; MIRANDA, S. M.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, 11, n. 1, 27-31, 2010.

MAZUR, Eric. Conceptual Exam Questions. In: MAZUR, Eric. **Peer Instruction: A user's manual**. New Jersey: Editora Prentice Hall do Brasil, Ltda., 1996. p. 202-208.

EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO EM ELETRICIDADE E MAGNETISMO PARA O ENSINO MÉDIO

Alfredo Sotto Fernandes Jr

CEFET-RJ, Colégio Pedro II e Col. São Bento RJ,
alfredosotto@gmail.com

Miguel Arcanjo-Filho

ISERJ-FAETEC e Colégio de São Bento RJ,
m.arcanjofilho@gmail.com

RESUMO: O presente trabalho descreve algumas experiências, sobre conceitos de eletromagnetismo, realizadas com turmas da terceira série do ensino médio em escolas do Rio de Janeiro. As experiências foram feitas com materiais de baixo custo e de fácil aquisição. Procura desenvolver nos alunos o gosto pelas práticas experimentais, tentando criar condições para que os conceitos físicos tenham significação real e concreta para esses alunos. Optou-se, neste trabalho, num primeiro momento, pela simples apresentação de tais experimentos, mostrando como podem ser de fácil construção em um tempo reduzido, sem comprometer a qualidade das demonstrações envolvidas. Portanto não discutiremos aqui os resultados de tais atividades junto aos alunos. Para apresentação do conceito de campo elétrico foi utilizado um gerador de alta diferença de potencial de baixo custo e um equipamento de fácil construção para ilustrar as linhas equipotenciais. Na eletrodinâmica, um quadro de lâmpadas foi construído utilizando

componentes muito baratos como leds, e pilhas comuns e usando uma entrada USB como fonte de tensão. No magnetismo os campos magnéticos foram ilustrados com limalha de ferro produzida de forma bem simples. Para apresentação do eletromagnetismo foi realizada uma experiência de fácil execução que permite ilustrar a Lei de Lenz e a Lei de Faraday-Neumann.

PALAVRAS-CHAVE: eletromagnetismo, ensino de física, experimentos didáticos.

1 | INTRODUÇÃO

Os livros didáticos do ensino médio tradicionalmente trazem experiências que podem ser realizadas com equipamentos de baixo custo ou facilmente encontrados em casa [1-4]. Tradicional também é a falta de interesse que tais experimentos despertam em professores e alunos do ensino médio. Aqueles afirmam que não existe tempo para atividades experimentais em um curso de física, mesmo que os equipamentos necessários não sejam muito caros ou de difícil aquisição. Os alunos, por seu turno, e principalmente os terceiranistas, estão mais preocupados com seu desempenho nos exames de acesso às universidades e acreditam que experimentos de física pouco tem a acrescentar para o sucesso nesses

exames. Nosso trabalho procura, obviamente dentro de certas limitações, mostrar ao professor que alguns experimentos de eletricidade e magnetismo podem ser facilmente construídos e desenvolvidos, utilizando-se para isso um tempo muito pequeno e a um preço realmente muito baixo. Nossa intenção é apenas mostrar que tais experimentos podem ser construídos muito rapidamente e realizados muito facilmente, deixando para o professor escolher a melhor forma de trabalhar com eles em cada caso.

As experiências descritas encaixam-se nas vertentes ilustradas por Borges [5] nos vários tipos de laboratórios existentes nas escolas. Nesses experimentos podem ser exploradas leituras de dados, cálculo de resultados, verificação de leis, e exigência de habilidades práticas em diversos níveis de dificuldade. Foi dada prioridade a alguns conceitos tradicionalmente apresentados em aulas teóricas, quais sejam: o conceito de campo elétrico, o de potencial elétrico, leis de Ohm e conceitos do eletromagnetismo. Esses experimentos foram realizados por turmas de colégios públicos e privados da cidade do Rio de Janeiro cujos resultados de tais trabalhos serão futuramente analisados e comparados com turmas que não realizaram tais atividades.

2 | EXPERIMENTO SOBRE O CONCEITO DE CAMPO ELÉTRICO

Alguns conceitos da física são bastante complexos para os estudantes. Os de campo elétrico e potencial elétrico fazem parte desse grupo. Quando são apresentados os conceitos de força, velocidade, massa e outras grandezas aparentemente mais concretas para o aluno, dificilmente os professores são questionados sobre a realidade de tais conceitos. Por outro lado, o conceito de campo elétrico é extremamente abstrato para a maioria dos alunos. Os livros didáticos costumam fazer analogias com o campo gravitacional, que a princípio seria um conceito mais próximo do aluno, mas nem sempre o estudante se satisfaz com a comparação ou a compreende corretamente.

Para apresentar o conceito de campo elétrico, foi usado um gerador de diferença de potencial (custo R\$ 25,00) que foi adquirido em um quiosque de um conhecido mercado de ambulantes no Rio de Janeiro (Fig 1). É vendido muitas vezes como um brinquedo ou luminária e pode ser também comprado em diversos sites da internet. Uma lâmpada de teste em formato de chave de fenda (R\$ 3,50) também foi utilizada na experiência.



Figura 1: Gerador e chave de fenda de testes

O objetivo é mostrar ao aluno que há uma região do espaço, em volta do gerador (luminária), que provoca uma interação elétrica. A lâmpada da chave de fenda acende ao se aproximar do gerador e apaga quando posicionada mais distante deste. Assim é possível mapear, aproximadamente, qual seria a área de atuação da interação elétrica, isto é, a região do espaço onde o campo elétrico atua. A visualização de uma região nos remete automaticamente à ideia de campo (campo entendido como sendo uma região do espaço) passando a fazer sentido a expressão campo elétrico. É uma experiência bastante simples onde outros assuntos e conteúdos podem ser discutidos. Por que os raios emitidos pelo gerador são disparados aleatoriamente, mas quando se coloca a mão na esfera de vidro do gerador os raios se concentram ali? O que são aqueles raios? Por que não tomamos choque ao encostar a mão na esfera?

3 | EXPERIMENTO SOBRE O CONCEITO DE POTENCIAL ELÉTRICO

Nesse experimento utilizou-se um voltímetro (R\$ 25,00), um recipiente de vidro com água, duas placas metálicas, fios de ligação e uma fonte de tensão constante (Fig 2). O experimento pode também ser realizado substituindo a fonte de tensão por pilhas comuns e uma pequena lâmpada no lugar do voltímetro.

Cada polo da fonte é conectado a uma placa. As duas placas são colocadas dentro do recipiente de vidro ainda vazio e com o voltímetro mede-se a diferença de potencial entre as placas. Os alunos verificam que não há tensão no recipiente. Uma folha quadriculada é colocada embaixo desse recipiente de vidro para que possam ser realizadas medidas com o voltímetro em pontos equidistantes, isto é, leituras sob espaços iguais.

Coloca-se água no recipiente e os alunos refazem as leituras com o voltímetro para intervalos iguais em uma linha perpendicular às placas e em outras linhas paralelas a essas placas. Com essas leituras é possível discutir a queda constante do

potencial entre as placas (ilustrando o campo uniforme), a não existência de diferença de potencial entre uma linha paralela às placas (ilustrando a superfície equipotencial) e a relação entre o meio “colaborar” com a interação elétrica já que sem água não havia medidas no voltímetro. É possível também acrescentar sal comum ao recipiente com água e observar novas medidas, levantando novos questionamentos sobre a influência do meio (por que o sal modifica as medidas?).

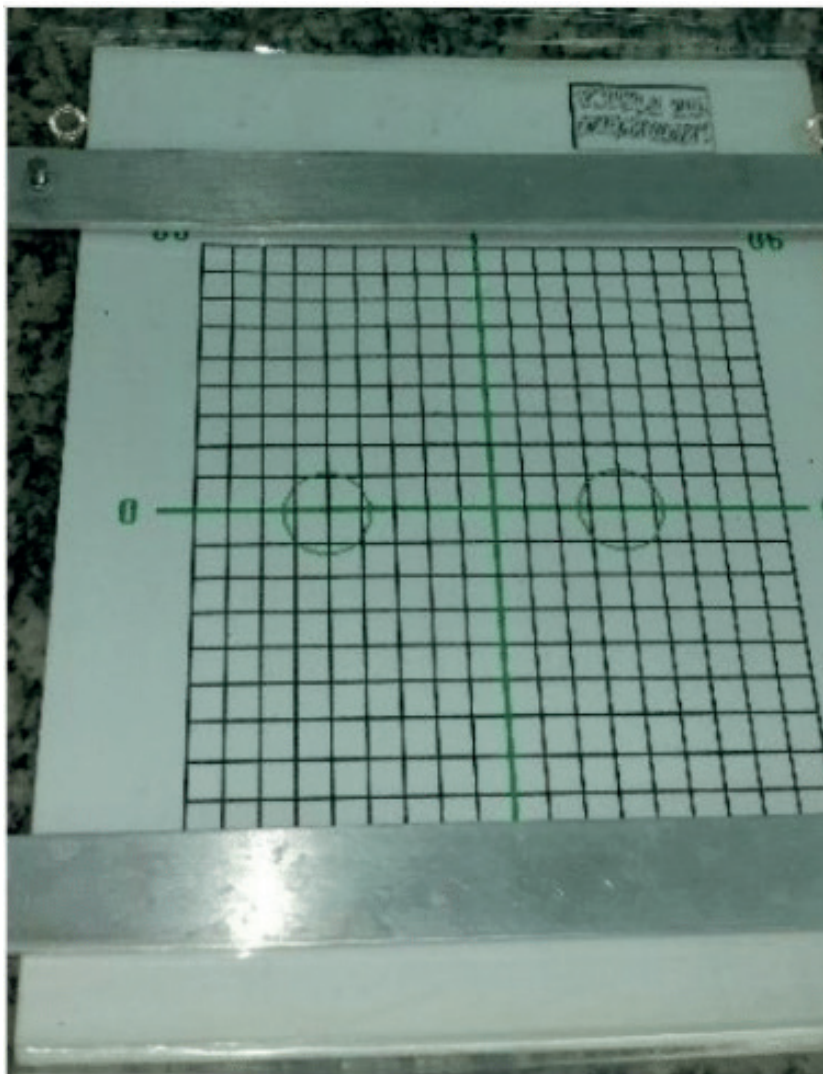


Figura 2: Recipiente com as placas metálicas

4 | EXPERIMENTO SOBRE ELETRODINÂMICA

Muitas instituições possuem laboratórios que utilizam componentes eletroeletrônicos e equipamentos comumente usados para a montagem de circuitos que podem ser construídos quando se dispõe de tempo e pessoal de apoio. Obviamente sabemos que muitas escolas não dispõem de tal tipo de material e nem de pessoal disponível para apoio no laboratório.

Independentemente de tais disponibilidades, é consenso entre os professores de física que compreender conceitos básicos de eletrostática [6] e eletrodinâmica é importante tanto para a bagagem cultural das pessoas quanto para o entendimento

de situações do cotidiano. Muitos tópicos da eletrodinâmica, tais como resistência elétrica, associações de resistores, curto circuito, corrente e potência elétrica podem ser entendidos com a montagem de simples quadros de lâmpadas [7]. Esses quadros podem ser construídos facilmente utilizando-se lâmpadas de lanterna e suportes de pilha. Optou-se por uma construção alternativa de quadros de lâmpadas ainda mais fáceis de ser confeccionados e que permitem também discutir alguns conceitos diferentes daqueles citados anteriormente. Para isso foram empregados diodos emissores de luz (led) no lugar de lâmpadas incandescentes (Figs 3 e 5).

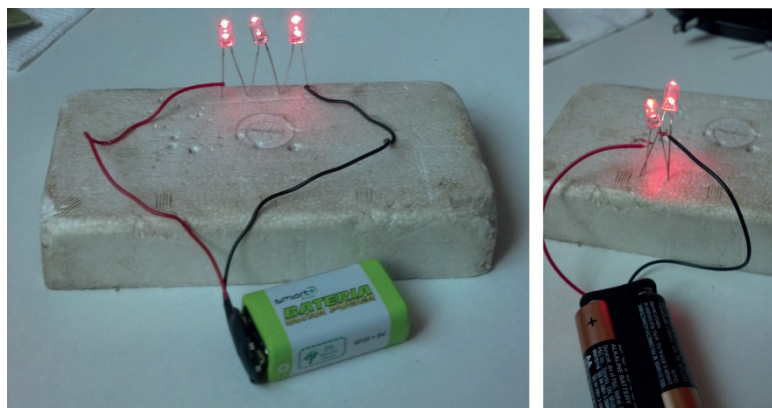


Figura 3: Ligação dos leds em série e paralelo com bateria e pilhas

Foram utilizados três leds vermelhos de alto brilho de 3,0V (a um custo individual de 80 centavos de real cada) que podem ser fixados em uma pequena placa de isopor, eliminando-se o receptáculo das lâmpadas que é comumente utilizado nas montagens tradicionais. Foram utilizados suportes de pilhas (R\$ 2,50 cada) e suportes de baterias (R\$ 2,00 cada). As pilhas possuem preços variados (por volta de R\$ 3,00 o par) e não precisam ser usadas pilhas alcalinas. Foram também utilizadas baterias de 9,0 V (as mais baratas foram compradas por R\$4,50 cada). Assim um conjunto individual para cada aluno saiu por volta de R\$ 15,00. Muitos alunos usaram pilhas e baterias que já possuíam em casa, tornando ainda mais barato a atividade.

Os leds, por serem semicondutores, não funcionam da mesma forma que os resistores, mas criam novas situações de abordagem para o conceito de corrente elétrica. O diodo precisa de um sentido correto de corrente elétrica para funcionar, assim novas outras questões podem ser levantadas, tais como: o que é um semicondutor? Qual a importância do reconhecimento do polo positivo e negativo das pilhas, baterias e leds? Por que os leds acendem em paralelo com 3 V, mas não acendem em série com 3 V? Por que eles acendem em série com a bateria de 9V?

Utilizou-se, em alguns casos, a porta USB de um computador como fonte de alimentação (Fig 4). A porta USB possui quatro fios onde um dos extremos possui 5,0 V e o outro é o neutro/terra. É possível, com fios de ligação, usar os terminais da porta USB como fonte. Um mouse quebrado com conexão USB pode ter seu fio reutilizado, tornando o contato com os leds bem eficaz (Fig 5).

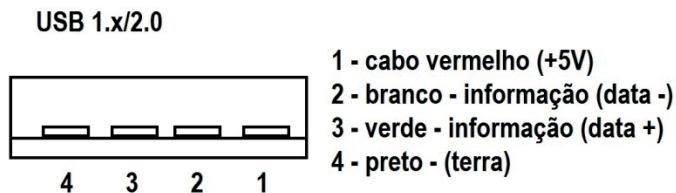


Figura 4: pinos da entrada USB

A figura 4, acima, ilustra os pinos e suas funções. É importante ressaltar que as cores nem sempre são as descritas acima. No fio de mouse reutilizado, a fase +5V estava com fio de cor branca e o fio terra com cor azul. Observando a entrada USB (como ilustrado a figura 4) é possível identificar qual a ordem dos pinos e fios sem necessidade de se identificar as cores.

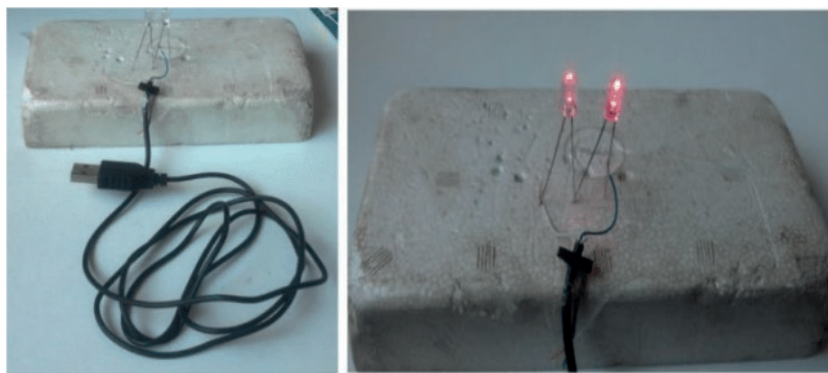


Figura 5: leds ligados a um fio com conector USB

5 | EXPERIMENTO SOBRE MAGNETISMO

A experiência realizada para ilustrar o magnetismo foi elaborada com limalha de ferro e ímãs. A limalha pode ser feita a partir de esponjas de aço e os ímãs podem ser comprados ou obtidos, por exemplo, de alto-falantes danificados. O ímã é colocado embaixo de uma folha de papel e em seguida a limalha é espalhada sobre a folha (Figs 6 e 7). As pequenas partículas da limalha assumem as configurações das linhas de campo e podem ser observadas com facilidade. Uma alternativa é o uso de um recipiente transparente com óleo mineral e a limalha. A limalha repousa no fundo do recipiente, e após um leve chacoalhar no óleo mineral ela se espalha de forma mais ou menos uniforme. Ao colocar o ímã nas proximidades da limalha, as partículas assumem o formato das linhas de campo.



Figura 6: ímã de neodímio e o campo formado com limalha

Experimentos demonstrativos como esse podem parecer muito simples para a maioria dos professores que por isso, muitas vezes, deixam de realizar esse tipo de atividade. Entretanto, para alunos que raramente tem a oportunidade de ter contato com atividades experimentais, eles podem parecer extremamente interessantes, e não é incomum relatos de alunos que reproduziram esses experimentos em casa ou na presença de amigos.



Figura 7: ímã tipo ferradura e as linhas de campo correspondentes

6 | EXPERIMENTO SOBRE ELETROMAGNETISMO

Esse experimento se destina àqueles professores que tem como objetivo discutir conceitos mais avançados (Leis de Lenz e de Faraday) do que os apresentados tradicionalmente no ensino médio, apesar de seu conteúdo constar, na maioria dos casos, na programação e planejamento oficiais das escolas. Vale lembrar que o experimento é adequado também para ser apresentado em cursos introdutórios de eletromagnetismo para o ensino superior.

A despeito da relativa complexidade conceitual desse experimento, os materiais utilizados são de simples aquisição e preço baixo. Consta de um ímã de neodímio (o mesmo utilizado no experimento 5 a um custo de R\$ 25,00), um objeto, por exemplo de ferro, sem estar magnetizado, de massa e formato próximos ao do ímã e de um tubo de alumínio de aproximadamente 2m de comprimento e diâmetro interno em torno de 8cm. A apresentação resume-se em deixar cair o objeto pelo tubo na vertical

e esperar que ele chegue ao solo; em seguida deixar cair o ímã e comparar o tempo de queda (Fig 8). O tempo de queda do ímã será bem maior (em torno de 3 x maior) do que o do objeto. A situação permite a discussão sobre o motivo da demora durante a queda do ímã. O debate leva a apresentação da Lei de Lenz e da Lei de Faraday-Neumann sobre a criação de correntes induzidas por campos magnéticos variáveis. Quando o ímã se desloca no interior do tubo de alumínio (Fig.8a), induz nesse tubo uma corrente elétrica. As correntes elétricas presentes no tubo geram campos magnéticos que interagem com o campo magnético do ímã. Sua ação é análoga à presença de ímãs (Fig.8b). O efeito dessa interação, em função da velocidade de queda do ímã, é o aparecimento de uma força magnética, aplicada no ímã, que se opõe à da gravidade e diminui a aceleração de queda desse ímã.

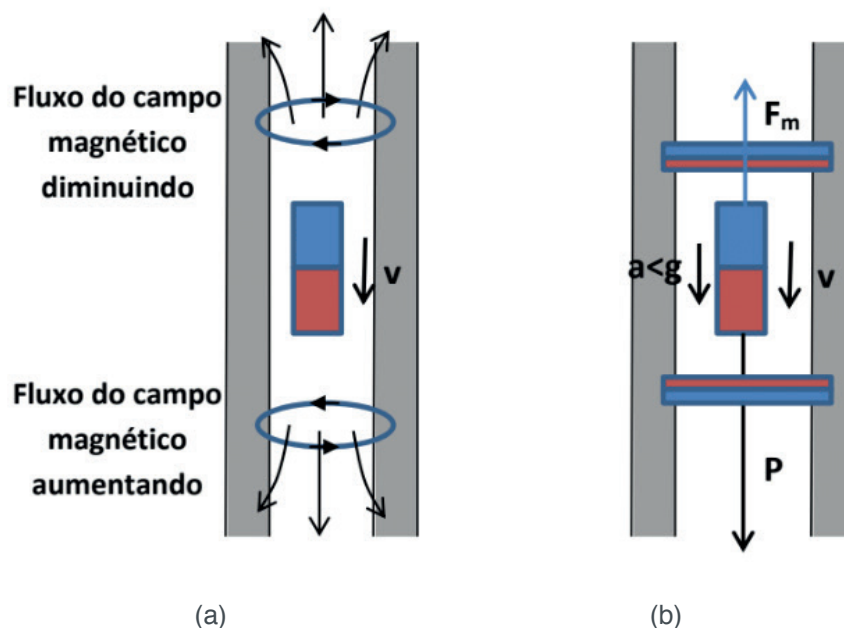


Figura 8: ímã em queda no interior do tubo de alumínio.

7 | CONCLUSÕES

A realização de experimentos em laboratórios didáticos ou demonstrações experimentais na sala de aula são, invariavelmente, bem recebidas pelos alunos, mesmo quando um número relevante desses alunos em uma dada turma não se interessa, a princípio, pelos conceitos de Física que estão sendo apresentados teoricamente em sala de aula. Portanto, quando levamos uma turma ao laboratório, ou simplesmente apresentamos um experimento demonstrativo, estamos a um só tempo articulando didaticamente duas frentes importantes para o ensino de ciências: primeiramente, incorporando a dimensão da Física como ciência dependente do trabalho experimental e em segundo plano – não menos importante – uma dimensão lúdica que não pode ser dissociada da atividade docente, no sentido de tentar estimular os alunos a sentirem prazer no ato de estudar. Nesse sentido, os experimentos acima descritos podem dar conta dessas duas dimensões pedagógicas, pois sendo fáceis de serem realizados, em função do baixo custo e simplicidade de execução, auxiliam

muito na apresentação dos conteúdos de difícil assimilação. Cada experimento abre um leque muito grande de possibilidades que cada professor, dentro de suas condições de trabalho, pode escolher como sendo as mais adequadas em cada caso. Deixamos para esse professor a escolha de tais possibilidades, uma vez que o objetivo deste trabalho é apenas apresentar os experimentos sem explorar, em detalhes, todo o potencial que cada atividade apresentada pode oferecer.

REFERÊNCIAS

PIETROCOLA, Maurício et al. Coleção Física em Contexto. São Paulo: Editora FTD, 2010.

FUKE, Luis Felipe; YAMAMOTO, Kazuhito. Coleção Física para o Ensino Médio. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.

MENEZES, Luis Carlos et al. Coleção Quanta Física. São Paulo: Editora PD, 2010.

GUALTER, Jose Biscuola; NEWTON, Vilas Boas, HELOU, Ricardo. Coleção Tópicos de Física. São Paulo: Editora Saraiva, 2008.

BORGES, A. Tarciso. Novos Rumos Para o Laboratório Escolar de Ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física v.19, n.3 p. 291-313, 2002.

GANCI, Alessio; GANCI, Salvatore. Demonstration experiments in electrostatics: low cost devices Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 34, n. 2, 2012.

SILVA, Mauro Costa, Quais lâmpadas acendem? Entendendo o funcionamento dos circuitos elétricos. A Física na Escola. v. 12, n.1, maio, p.16-19, 2011.

MOTIVAÇÕES, SIMULAÇÕES E DESEMPENHO NO ENSINO DE ELETRICIDADE

Alcides Goya

UTFPR - Física

Londrina - Paraná

Patrícia Beneti de Oliveira

UNOPAR, Engenharia

Londrina – Paraná

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo descrever os resultados de uma pesquisa que investigou o uso de uma sequência didática no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos elétricos básicos num curso universitário. A sequência didática foi organizada seguindo a abordagem POE (predizer, observar e explicar) tendo como referencial teórico a teoria de multimodos e múltiplas representações. Ela incorporou diversas formas de representação, desde painel elétrico demonstrativo, passando pelas simulações desenvolvidas pelo projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET) e encerrando com práticas em laboratórios. O corpus desta pesquisa restringiu-se a 14 alunos de engenharia numa instituição de ensino particular. Os dados foram coletados por meio de três questionários, aplicados antes e depois da sequência didática, bem como através de diversas avaliações e observações. O primeiro questionário abordou motivação para aprender eletricidade e a estratégia pessoal de estudo, as respostas foram coletadas em escala Likert.

O segundo questionário simplesmente pediu ao aluno que escrevesse sobre o que ele sabia sobre os conceitos elétricos básicos: corrente, resistência, tensão e potência elétrica. O terceiro questionário foi o teste de concepções científicas sobre corrente elétrica (Silveira et al, 1989). Como a escala Likert variou de 1 a 5 no primeiro questionário, as respostas dos outros dois questionários e das avaliações também foram categorizados seguindo um escalonamento que variou de 1 a 5 pontos. Observou-se que os alunos obtiveram um ganho conceitual superior ao ensino tradicional, tanto no segundo como no terceiro questionário. Além disso, os cálculos de correlações entre variáveis motivacionais, simulações e avaliações enriqueceram os resultados da pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: conceitos elétricos básicos, motivação para aprender, simulações.

ABSTRACT: This study aimed to describe the results of a research that investigated the use of a didactic sequence in the teaching and learning process of basic electrical concepts in a university course. The didactic sequence was organized following the POE approach (predicting, observing and explaining) having as theoretical reference the theory of multimodes and multiple representations. She incorporated several forms of representation, from electrical demonstration panel, through the simulations

developed by the Technology in Physics Teaching (PhET) project and closing with practices in laboratories. The corpus of this research was restricted to 14 engineering students in a private educational institution. The data were collected through three questionnaires, applied before and after the didactic sequence, as well as through several evaluations and observations. The first questionnaire addressed motivation to learn electricity and personal study strategy, responses were collected on a Likert scale. The second questionnaire simply asked the student to write about what he knew about the basic electrical concepts: current, resistance, voltage, and electrical power. The third questionnaire was the test of scientific conceptions about electric current (Silveira et al, 1989). As the Likert scale ranged from 1 to 5 in the first questionnaire, the responses of the other two questionnaires and the evaluations were also categorized following a scaling ranging from 1 to 5 points. It was observed that students obtained a conceptual gain superior to traditional teaching, both in the second and in the third questionnaire. In addition, calculations of correlations between motivational variables, simulations, and evaluations have enriched the results of the research.

KEYWORDS: basic electrical concepts, motivation to learn, simulations.

1 | INTRODUÇÃO

O estudo dos conceitos científicos de eletricidade envolve um desafio representacional pela variedade de uso de símbolos para a representação de componentes elétrico-eletrônicos, representações de expressões matemáticas para a compreensão do comportamento das grandezas elétricas em um circuito, esquemas/layouts que representam ligações elétricas, etc. Do ponto de vista teórico, quando há referência a diferentes meios de expressão, ou seja, a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diferentes formas (PRAIN; WALDRIP, 2006) envolve-se a compreensão da Teoria de multimodos e múltiplas representações. Entende-se por multimodos a integração do discurso em diferentes modos para representar os raciocínios e as explicações científicas. O termo múltiplas representações é entendido como a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diferentes formas (PRAIN; WALDRIP, 2006). Desta forma, todo conceito científico é, simultaneamente, um sinal num discurso semântico verbal, em um sistema operacional de significados de ação e em um sistema de representações matemáticas e visual (LEMKE, 2002). Os estudantes precisam ser capazes de integrar os significados daquilo que está sendo comunicado para que um mecanismo de autocorreção funcione durante a aprendizagem. Para isso, são necessários que o professor utilize diferentes sistemas semióticos, como recurso de comunicação (LEMKE, 2002).

Tendo isto em vista, o conhecimento das ciências, a linguagem não se limita a apenas a utilização de fórmulas matemáticas e/ou conceitos abstratos. Na eletricidade é utilizado grande diversidade de símbolos para a representação de um elemento e/ou

dispositivo (LABURÚ et al., 2009). Assim, podemos citar como exemplos a utilização de simbologia padronizada, signos, para a identificação de uma lâmpada em um circuito, a representação da tensão elétrica pela letra E. Ou seja, o uso de signos como afirma Ausubel (apud MOREIRA, 1999), equivalentes em termos de significados, conseguem expressar de maneiras diferentes uma mesma informação, sem fazer uso necessariamente de palavras para expressá-lo.

Algumas estratégias sobre a aprendizagem de conceitos básicos de eletricidade (corrente, resistência e tensão elétricas) apresentam atividades de simulação (DORNELES, ARAÚJO e VEIT, 2006) e uso de aplicativo Phet Circuit Construction Kit (FINKELSTEIN et al, 2005; COSTA et al, 2013). Considerando o uso da simulação como meio de promover o conflito cognitivo, Nedelsky (1961), White e Gunstone (1992), Tao e Gustone (1999) propuseram a abordagem POE (predizer, observar e explicar). No primeiro momento, o professor realiza uma abordagem propondo aos alunos um desafio, a partir de uma situação problema. Os alunos divididos em grupo ou individualmente discutem o assunto e por meio da troca de conhecimentos pessoais *predizem* ou lançam algumas suposições sobre o assunto. No segundo momento a experiência é executada pelas equipes ou pelo professor para que os alunos possam *observar* o fenômeno. No terceiro momento os alunos tentam *explicar* o fenômeno comprovando ou não a suposição inicial (OLIVEIRA, 2003).

Neste trabalho optou-se pelo estudo da aplicação da sequência didática em turma específica do Curso de Graduação em Engenharia de uma instituição de ensino particular. A fim de proporcionar diversas formas de compreensão do mesmo conceito, na sequência didática utilizou-se das estratégias de ensino: apresentação dos circuitos em realidade a partir do painel elétrico, representações esquemáticas dos circuitos, expressões matemáticas, simulação e adaptação ao laboratório de eletricidade. Desta forma, a proposta foi verificar em que medida os diversos momentos abordados em sala de aula contribuiriam para que as concepções alternativas apresentassem algum silogismo científico, pois os aspectos fundamentais do cognitivo humano correspondem à formação das representações que afetam a aprendizagem dos conceitos (DUVAL, 2004).

2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A disciplina básica *Princípios de Eletricidade e Magnetismo* estava composta por 28 alunos de engenharia, período noturno de uma instituição particular do Paraná. O corpus desta pesquisa restringiu-se a 14 dos 28 alunos, devido a não participação ou algumas ausências em algumas das atividades, questionários e avaliações, bem como por algumas desistências. Desta forma, utilizando-se da abordagem POE (predizer, observar e explicar) e da teoria de múltímodos e múltiplas representações, foi elaborada e aplicada a sequência didática com diversas atividades. Por falta de

espaço não será possível mostrar o roteiro das atividades e os demais materiais utilizados e desenvolvidos.

Os dados da pesquisa foram coletados por meio de três questionários, aplicados antes e depois da sequência didática, bem como através de diversas avaliações, observações e entrevistas. O primeiro questionário abordou motivação para aprender eletricidade (MAE) e a estratégia pessoal de estudo de eletricidade (EPE), as respostas foram coletadas em escala Likert (GOYA & BZUNECK, 2015). O segundo questionário simplesmente pediu ao aluno que escrevesse sobre o que ele sabia sobre os conceitos elétricos básicos (CB): corrente, resistência, tensão e potência elétrica (ver o apêndice B). O terceiro questionário foi o teste de concepções científicas (CC) sobre corrente elétrica (SILVEIRA et al., 1989). As avaliações foram feitas em várias etapas, neste trabalho destacaremos as avaliações sobre as simulações (S) feitas em grupo e as provas individuais (P). As observações e entrevistas não serão consideradas neste artigo.

Como a escala Likert variou de 1 a 5 no primeiro questionário (apêndice A), as respostas dos outros dois questionários (CB e CC) e das avaliações (S e P) também foram categorizados seguindo um escalonamento que variou de 1 a 5 pontos, possibilitando fazer uma comparação quantitativa. A título de exemplo, o quadro 1 mostra os critérios adotados para as categorizações feitas nos dados obtidos pelo segundo questionário (apêndice B).

Categorias	Crítérios para Categorização	Valores atribuídos às respostas
Excelente (E)	Responderam com a definição do conceito aceito cientificamente, envolvendo duas ou mais formas de representação.	5
Muito Bom (MB)	Responderam com a definição do conceito aceito cientificamente, envolvendo pelo menos uma forma de representação.	4
Bom (B)	Responderam parcialmente correto, ou seja, mencionam-se concepções alternativas e científicas na representação do conceito.	3
Suficiente (S)	Responderam incorretamente, mas sua resposta condiz um pouco aos conceitos da pergunta realizada.	2
Insuficiente (I)	Não responderam ou sua resposta não condiz aos conceitos da pergunta realizada.	1

Quadro 01 – Critérios para a categorização dos Conhecimentos Básicos (CB).

Um conceito importante que será considerado nessa comparação quantitativa é o ganho conceitual g . Usualmente esse fator é apresentado na forma normalizada (HAKE, 1988; BARROS et al, 2004), definido pela equação (1):

$$g = \left(\frac{\% \text{ pos} - \% \text{ pre}}{100\% - \% \text{ pré}} \right)_{(1)}$$

onde “% pré” corresponde à porcentagens das notas das questões antes da aplicação e “% pós” corresponde à porcentagens das notas das questões após a aplicação, no caso deste trabalho, a sequência didática. O ganho conceitual g será calculado tanto para os conhecimentos básicos (CB) como para as concepções científicas (CC) sobre corrente elétrica, assim a média aritmética simples desses dois ganhos será denominada de G (tabela 1).

3 | RESULTADO E ANÁLISE DE DADOS

As respostas dos alunos ao primeiro questionário (apêndice A) bem como aos outros dois questionários (CB e CC) foram analisados previamente através do teste t apresentado no quadro 2. O teste t não conseguiu identificar diferenças estatisticamente significativas entre início e final, tanto na motivação para aprender eletricidade (MAE) como na estratégia pessoal de estudo de eletricidade (EPE). Mas, houve diferenças estatisticamente significativas entre antes e depois, tanto nos conhecimentos básicos (CB) como na concepção científica sobre corrente elétrica (CC).

	Início (N=14)		Final (N=14)		t	p
	Média	DP	Média	DP		
MAE – motivação para aprender eletricidade	3,32	0,52	3,30	0,82	-0,14	0,89
EPE–estratégia pessoal de estudo de eletricidade	3,87	0,66	3,79	0,71	-0,33	0,75
CB – conhecimentos básicos	2,11	0,74	4,18	0,75	7,36	0,00
CC – concepção científica sobre corrente elétrica	1,65	0,86	2,80	0,85	3,63	0,00

Quadro 02: Teste t entre alunos no início e no final do semestre nas quatro variáveis

Alunos	Conhecimentos Básicos (CB)			Concepção Científica (CC)			Ganho geral G	S	P
	início	final	gCB	início	final	gCC			
A1	3.00	4.00	0.50	0.38	4.23	0.83	0.67	4,00	4,00
A2	2.00	2.50	0.17	1.54	1.92	0.11	0.14	3.75	1.00
A3	1.00	5.00	1.00	1.92	2.69	0.25	0.63	4.63	2.17
A4	2.00	4.00	0.67	3.08	2.31	-0.40	0.13	3.88	2.67
A5	1.50	5.00	1.00	1.54	3.46	0.56	0.78	4.88	4.58
A6	1.50	5.00	1.00	0.77	1.92	0.27	0.64	4.88	4.54
A7	1.00	3.00	0.50	2.69	3.85	0.50	0.50	3.75	1.00

A8	1.50	4.00	0.71	0.77	3.85	0.73	0.72	4.50	5.00
A9	2.50	5.00	1.00	1.92	1.92	0.00	0.50	4.38	2.75
A10	3.00	4.50	0.75	0.77	1.54	0.18	0.47	4.63	4.25
A11	2.00	4.00	0.67	1.92	3.08	0.38	0.52	4.75	3.92
A12	3.00	4.00	0.50	0.77	2.31	0.36	0.43	4.25	3.54
A13	3.00	4.00	0.50	2.31	3.08	0.29	0.39	4.63	3.50
A14	2.50	4.50	0.80	2.69	3.08	0.17	0.48	3.50	1.29
<i>média</i>	2.11	4.18	0.70	1.65	2.80	0.30	0.50	4.40	3.44

Tabela 01: Tabela geral mostrando o ganho de conhecimentos básicos (gCB), o ganho de concepção científica (gCC), o ganho geral (G), avaliações simulações em grupos (S) e provas individuais (P) dos 14 alunos

Uma forma de esclarecer essas diferenças são as comparações feitas através do ganho conceitual g, conforme a equação (1), apresentada na tabela 1. A tabela 1 mostra a evolução de cada um dos 14 alunos bem como o ganho geral G, este último calculado como uma média aritmética simples entre o ganho de conhecimentos básicos (gCB) e o ganho de concepção científica sobre corrente elétrica (gCC). Além disso, a tabela 1 mostra as avaliações sobre as simulações (S) feitas em grupos de alunos e as provas individuais (P). Como comentado anteriormente, em todas as variáveis os valores vão de 1 até 5, seguindo as categorizações atribuídas à semelhança do quadro 1.

Para completar essa análise quantitativa, a tabela 2 mostra a correlação entre as variáveis motivacionais início e final (MAEi e MAEf), estratégias pessoais de estudo início e final (EPEi e EPEf), ganho conceitual geral G, as avaliações sobre as simulações (S) feitas em grupos e as provas individuais (P). Os resultados das últimas duas colunas mostram como as avaliações feitas em grupos de alunos (S) como as provas individuais (P) apresentaram correlação de Pearson r estatisticamente significativo com as motivações e baixa com a estratégia pessoal de estudo.

	MAE i	EPE i	MAEf	EPE f	G	S	P
MAE i		0.42 (p=0,14)	0.72 (p=0,00)	0.51 (p=0,06)	0.19 (p=0,51)	0.58 (p=0,03)	0.49 (p=0,08)
EPE i			0.47 (p=0,09)	0.35 (p=0,22)	0.08 (p=0,79)	0.37 (p=0,19)	0.03 (p=0,93)
MAE f				0.82 (p=0,00)	0.08 (p=0,79)	0.71 (p=0,00)	0.52 (p=0,05)
EPE f					0.07 (p=0,81)	0.48 (p=0,08)	0.40 (p=0,16)
G						0.53 (p=0,05)	0.60 (p=0,02)
S							0.76 (p=0,00)

Tabela 02: Correlações de Pearson r (com os respectivos grau de confiança p) entre as

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados no quadro 2 foram positivos, por um lado mostrou como o nível de motivação para aprender eletricidade, MAE, e estratégia pessoal de estudo de eletricidade, EPE, se manteve acima do ponto médio num curso universitário. Por outro lado mostrou como os conhecimentos básicos sobre eletricidade, CB, e a concepção científica sobre a corrente elétrica, CC, evoluiu entre o início e final da aplicação da sequência didática. Essa evolução ficou mais explícita na tabela 1, na qual através do ganho conceitual g , 0,70 para os conhecimentos básicos e 0,30 para a concepção científica sobre corrente elétrica, foi possível verificar um ganho maior do que o encontrado no ensino tradicional, $g < 0,25$ (HAKE, 1988; BARROS et al, 2004). Os resultados apresentados nas tabelas 1 e 2 mostraram coerência e harmonia entre os ganhos conceituais explicitados pelo ganho geral G com as avaliações feitas em grupo, S, e as avaliações individuais, P. A tabela 2 mostrou também uma correlação média entre os níveis de motivações e os resultados alcançados nas avaliações em grupo e nas avaliações individuais.

Enfim, apesar da amostra pequena de alunos, foi possível descrever os resultados de uma pesquisa que investigou o uso de uma sequência didática no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos elétricos básicos num curso universitário. A sequência didática, organizada seguindo a abordagem POE (predizer, observar e explicar), tendo como referencial teórico a teoria de multimodos e múltiplas representações, incorporando diversas formas de representação, desde painel elétrico demonstrativo, passando pelas simulações desenvolvidas pelo projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET) e encerrando com práticas em laboratórios, conseguiu resultados quantitativos positivos nesta pesquisa e que poderão ajudar muitos professores em salas de aula.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- BARROS, J. A. et al. Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 63-69, 2004.
- COSTA, M. J. N. ; RIBEIRO, J. W. ; GOES, U. T. T. ; LIMA, L. ; SILVA, R. D. S. E. Desenvolvimento da Aprendizagem Significativa de Eletricidade com o Auxílio Pedagógico de Simulação Computacional de Circuitos de Resistores Elétricos. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. 2013. v. 1, p. 110.
- DORNELES, P. F. T.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 487-496, 2006.

DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano**: registros semióticos y aprendizajes intelectuales. Santiago de Cali: Universidad del Valle, Instituto de Educación y pedagogía, 2004.

FINDELSTEIN, N. D. et al. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. **Physical Review Special Topics-Physics Education Research**, v. 1, n. 1, p. 010103, 2005.

GOYA, A. ; BZUNECK, J. A. A qualidade motivacional e uso de estratégias de aprendizagem no estudo de Física em cursos superiores. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 3, p. 519-535, 2015.

HAKKE, R.R, Am. J. **Phys.** 66, 6471 (1998).

LABURÚ, C. E.; GOUVEIA A. A.; BARROS, M. A. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 24-47, 2009.

LEMKE, J. L. Travels in hypermodality. **Visual communication**, v. 1, n. 3, p. 299-325, 2002.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.

NEDELSKY, L. **Science Teaching and science testing**. Chicago University Press, 1961.

OLIVEIRA, P.R.S. **A Construção Social do Conhecimento no Ensino-Aprendizagem de Química**. In: Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, SP, 2003.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multimodal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, London, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.

SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e AXT, R. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Ciência e Cultura**, São Paulo, 41(11): 1129–1133, nov. 1989.

TAO, P.K.; GUNSTONE, R.F. Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at the computer. **International Journal of Science Education**. v. 21, p. 39-57, 1999.

WHITE, R. and GUNSTONE, R. **Probing Understanding**. The Falmer Press, 1992.

APÊNDICE A: Questionário sobre motivação para aprender eletricidade (MAE) e estratégia pessoal de estudo de eletricidade (EPE)

1- Quando se trata de estudar Princípios de Eletricidade e Magnetismo, sempre busco um jeito de deixar para mais tarde:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

2- Eu me esforço bastante com o objetivo de tirar nota boa em Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

3- Sou capaz de me privar da TV, computador ou outras diversões para dar conta dos estudos de Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

4- Acho difícil seguir à risca um horário para estudar Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

5- Faço com capricho as tarefas de casa descritas pelo professor de Princípios de Eletricidade e Magnetismo.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

6- Nas aulas de Princípios de Eletricidade e Magnetismo, tomo notas para usá-las quando for estudar depois.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

7- Costumo deixar para estudar Princípios de Eletricidade e Magnetismo apenas nas vésperas das provas.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

8- Normalmente ando em dia com as tarefas escolares de Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

9- Mesmo quando os conteúdos de Princípios de Eletricidade e Magnetismo são desinteressantes, eu me dedico a aprender tudo até dar conta:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

10- Em Princípios de Eletricidade e Magnetismo eu só quero ter desempenho de alta qualidade:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

11- Quando não faço alguma tarefa de Princípios de Eletricidade e Magnetismo prescrita, fico pensando em alguma desculpa:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

12- Quando vejo que uma matéria de Princípios de Eletricidade e Magnetismo é difícil, eu estudo só as partes mais fáceis:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

13- Eu faço todas as leituras exigidas pelo professor de Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

14- Quase para cada prova de Princípios de Eletricidade e Magnetismo eu acabo estudando afobado, por causa do curto tempo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

15- Para os estudos de Princípios de Eletricidade e Magnetismo eu aproveito bem o tempo que tenho fora das aulas:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

16- Quando decido estudar Princípios de Eletricidade e Magnetismo, reservo um bom tempo para isso e não ligo para o fácil:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

17- Vou estudando a matéria, mesmo que a prova de Princípios de Eletricidade e Magnetismo não esteja próxima.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

18- Eu estudo mais Princípios de Eletricidade e Magnetismo do que minha obrigação:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

19- Venho para as aulas de Princípios de Eletricidade e Magnetismo sem ter lido nada sobre a matéria a ser dada:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

20- Costumo ficar tanto tempo com meus amigos que acabo prejudicando os estudos de Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

APÊNDICE B – Questionário sobre conhecimentos básicos de eletricidade (CB)

1) A partir de seus conhecimentos escreva o que você sabe sobre:

- a) Corrente elétrica
- b) Tensão Elétrica
- c) Resistência Elétrica
- d) Potencial Elétrica

2) Represente (em forma de desenho ou esquema) a ligação de uma lâmpada elétrica.

O CONCEITO DE ENERGIA E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Geziane dos Santos Pereira

Mestranda em Física, Programa Pós Graduação
em Física,
Universidade Federal da Bahia,
Salvador- BA

Milton Souza Ribeiro Miltão

Universidade Estadual de Feira de Santana,
Departamento de Física,
Feira de Santana – BA

RESUMO: O ensino de Física é uma área complexa e cheia de desafios, um deles é compreender os conceitos Físicos a partir do ponto de vista de cada uma das teorias de aprendizagem. Neste trabalho foi realizada uma análise dos conceitos de Energia a partir da Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. As formas e os tipos de TAS foram estudados através do conceito de Energia Cinética, Energia Potencial e Energia Mecânica. Após a análise, pode-se estruturar uma avaliação segundo a TAS para melhorar o uso desta na sala de aula.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física, Aprendizagem significativa, Energia.

ABSTRACT: The Teaching of Physics is a complex area and full of challenges, one of them is to understand the Physical concepts from the point of view of each of the theories of

learning. In this work an analysis of the concepts of Energy was performed from David Ausubel's Significant Learning Theory (SLT). The forms and types of SLT were studied through the concept of Kinetic Energy, Potential Energy and Mechanical Energy. After the analysis, an evaluation according to the SLT can be structured to improve its use in the classroom.

KEYWORDS: Physics Teaching, Significant Learning, Energy.

1 | INTRODUÇÃO

O ensino de Física é uma área extensa e rica em conhecimentos. Esses conhecimentos se concatenam de forma complexa e evoluem conforme a necessidade social e científica.

Com efeito, a mudança social contribuiu para os processos na educação nas últimas décadas, cujas bases cognitivas ainda eram muito marcantes. Neste contexto, estas teorias cognitivas visam compreender o que acontece na estrutura cognitiva de cada ser humano e com o avanço tecnológico pode-se pesquisar através da neurociência e de seus ramos algumas questões do tipo: como aprendemos? Como organizamos a nossa memória? Como substituímos funções de partes danificadas do cérebro? A preocupação com o ensino/

aprendizado em Física também perpassa por este viés. (NARDI, 2003; MOREIRA, 2014; OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011)

Um dos pesquisadores em ensino de Física, Marco Antonio Moreira, utiliza a teoria cognitivista de Ausubel para compreender o processo de ensino/aprendizagem de conteúdos de Física na Educação Básica. (MOREIRA, 2009; MARQUES e MILTÃO, 2010)

Deste modo, a contribuição da Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, por meio da psicologia da educação, se ocupa de um fato muito importante que é conhecer o que o aprendiz já sabe e a partir disto relacionar este conhecimento existente ao novo conceito de forma não literal e não arbitrária (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2000).

Dessa forma, nesse artigo, uma extensão daquele apresentado no XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2017 (PEREIRA e MILTÃO, 2017), trataremos da TAS e de sua relação com o conceito de Energia, considerando a organização daquela em tipos e formas. Na segunda seção trataremos da síntese da teoria de aprendizagem significativa. Na terceira, do conceito de energia. Na quarta, da energia e a teoria de aprendizagem significativa e na quinta a Conclusão.

2 | SÍNTESE DA TAS

2.1 Considerações Gerais sobre a TAS

A TAS de David Ausubel Figura 1 relaciona um novo conceito (a letra 'a', em cor amarela da Figura 2) de maneira não arbitrária e não literal a um conceito importante na estrutura cognitiva do educando (a letra 'A', em cor azul da Figura 2). Isto é, não arbitrária, significa que o novo conceito deve expressar uma relação lógica ou analógica entre a forma e o significado. Não literal, significa que não é de forma exata, restrita, ou seja, ao pé da letra. (MOREIRA, 2009; AUSUBEL, 2003).

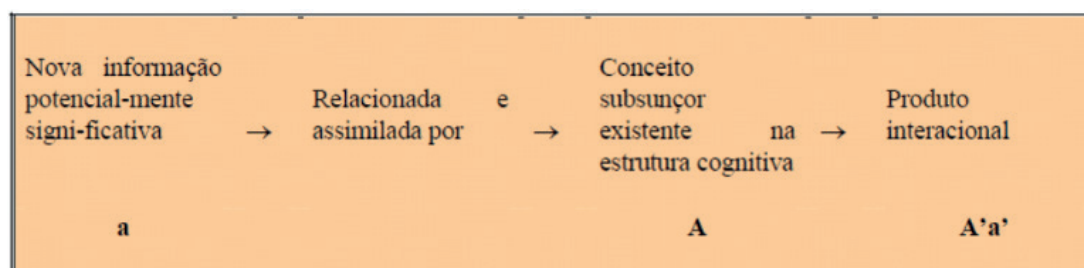


Figura 1: Modelo de representação das modificações das Estruturas Mentais. Fonte: Moreira, 2009.

Segundo Santana (p. 32, 2009) a Figura 2 mostra o esquema da teoria de aprendizagem significativa, segundo Ausubel, comparando com a aprendizagem mecânica. Nesta Figura 2, tem-se o esquema das estruturas cognitivas do educando. Neste processo, temos as letras maiúscula e minúscula "A" e "a" e cores azul, amarelo

e beje. Na primeira fase, ocorre o processo de ensino, onde a letra **A** no retângulo azul representa o subsunçor e o **a** no círculo amarelo simboliza um conhecimento novo. Nas fases seguintes, tanto o **A** quanto o **a** são modificados. Na aprendizagem mecânica não há uma interação entre **A** e **a**. A relação entre o novo conhecimento e o conhecimento existente na estrutura cognitiva, pode ser percebido através da Figura 2.

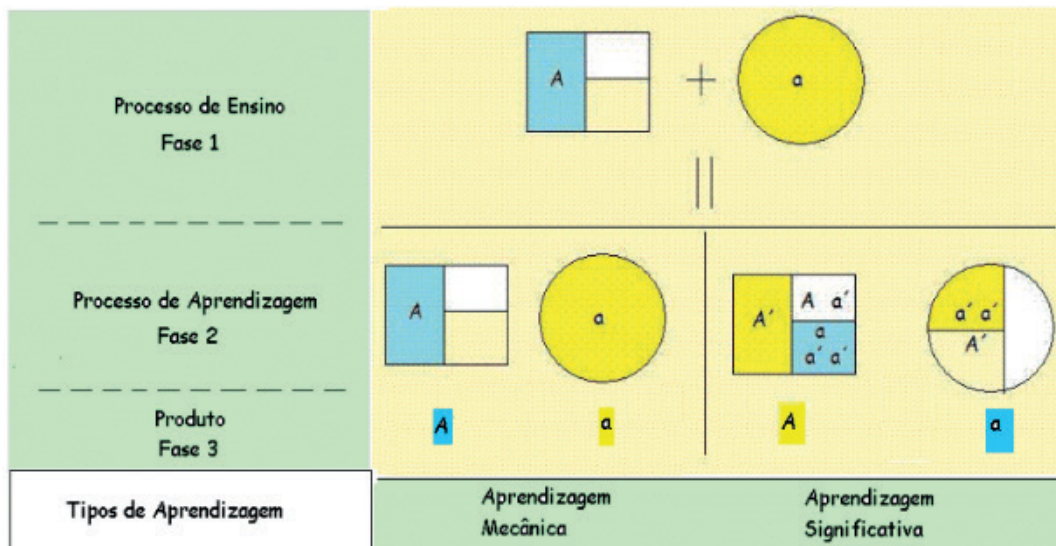


Figura 2: Processo de assimilação que ocorre com um novo conceito ou nova ideia partindo da Teoria de Aprendizagem significativa de David Ausubel. Fonte: Santana, 2009.

Moreira (p. 2009) esquematiza a assimilação na Figura 1, fazendo a relação entre o **A** e o **a** como **uma** assimilação que ocorre na estrutura cognitiva, colocando o produto da interação desses conceitos. A estrutura cognitiva é modificada pela interação desses produtos que se dissociam e o **A** tem o conceito ampliado.

De maneira sistemática, consideremos o mapa conceitual da TAS da Figura 3 abaixo

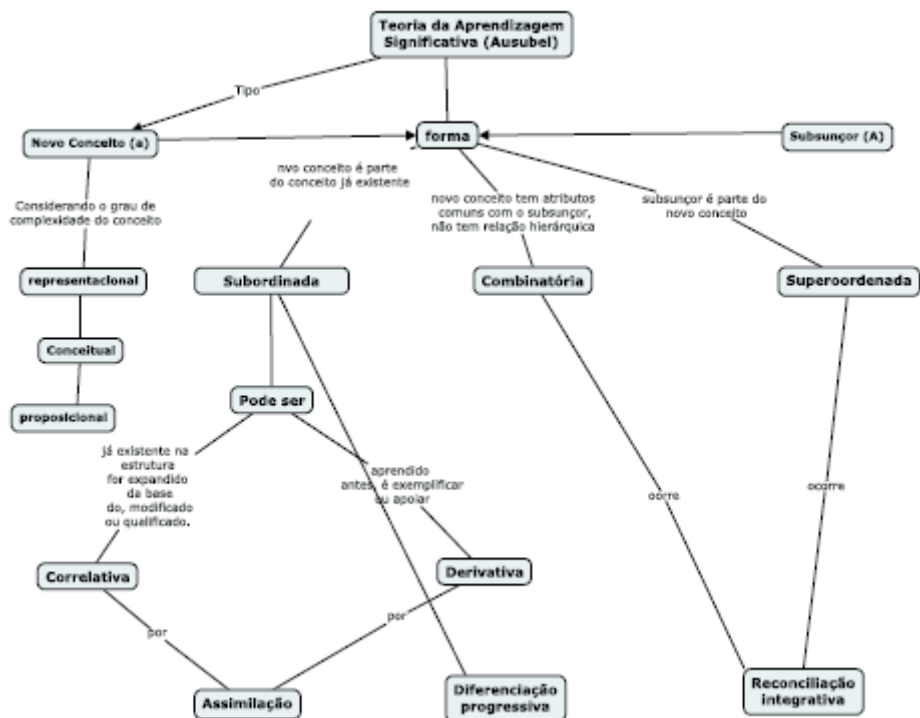


Figura 3: Mapa Conceitual da TAS. Fonte: o próprio autor.

Conforme explícito no mapa conceitual da Figura 3, a TAS é organizada em forma e tipos de aprendizagem significativa. O tipo de aprendizagem significativa se refere à hierarquia de complexidade de um conceito, isto é, um conceito pode ser aprendido representacionalmente, o que significa que o estudante pode nomear, classificar e definir conceitos, apesar de ainda estar próximo da memorização. Quando a aprendizagem se expande um pouquinho, e o conceito passa a ser compreendido como regularidade em eventos, tem o tipo conceitual da aprendizagem significativa, onde agora se expressa um conceito como uma ampliação do significado. E, por fim, se conseguir estabelecer proposições utilizando tais conceitos, tem-se o tipo proposicional da aprendizagem significativa.

Ainda considerando o mapa conceitual da Figura 3, segundo Moreira (2009) a aprendizagem significativa pode ocorrer das seguintes formas, as quais relacionam um conceito novo com seus respectivos subsunções: subordinada, superordenada e combinatória. Na aprendizagem significativa subordinada o novo conceito é parte do conceito já existente. Na aprendizagem significativa superordenada o subsunção é parte do novo conceito, é o inverso da subordinação. Já na combinatória, a aprendizagem não ocorre por subordinação, nem por superordenação, pois o novo conceito “*tem alguns atributos de critérios em comum com as idéias preexistentes*” (AUSUBEL, 2003, p.111).

Pode-se ilustrar a relação não arbitrária e não literal da seguinte forma. Supõe-se que ao ensinar os tipos de animais, destaque-se, a classe dos mamíferos; se o animal é mamífero, logo ele se alimenta de leite materno por determinado período. Sendo assim, introduz-se para ilustrar a compreensão do educando, um conjunto contendo

nomes de animais como:

Conjunto de Animais = {cão, gato, golfinho, ser humano, jacaré},

conjunto este que contém conceitos antigos já existentes na estrutura cognitiva do educando, i.e., os subsunçores.

Porém, o animal **JACARÉ** não pertence ao grupo de conceitos potencialmente significativo, a classe dos mamíferos; então ele não pode ser utilizado como organizador prévio para ancorar o conceito de mamífero. Porque não vai se relacionar de forma não literal e não arbitrária por não ser um mamífero. Os outros animais são mamíferos, mas o jacaré é um réptil. No entanto, o novo conceito **MAMÍFERO** deve fazer uma relação relevante com o conceito ANIMAIS. Pode-se ancorar o novo conceito **MAMÍFERO** nos **subsunçores** CÃO, GATO, GOLFINHO, SER HUMANO, mas, não pode utilizar o subsunçor JACARÉ, que neste caso, é arbitrário. Neste sentido, para propiciar a compreensão do novo conceito (animais mamíferos), o professor colocará o fato de que tais animais se alimentam de leite materno, como todos os seres humanos. Temos então um exemplo de aprendizagem significativa subordinada, pois o novo conceito é parte do conceito existente, o subsunçor 'conjunto de animais' e o aluno fará uma diferenciação progressiva a partir da informação do professor (animais que se alimentam de leite materno conforme todos os seres humanos), para assimilá-lo.

Sendo assim, conforme os estudos em Ausubel (2003), para que haja aprendizagem significativa, o novo conceito deve ter um novo significado no sistema cognitivo do educando, para que esse possa ser acessado pelo educando ao resolver a situação-problema ligada ao novo conceito a ser aprendido. Mas, para que isso ocorra significativamente é necessário entender que o professor tem um papel importante nessa aprendizagem, porque o aluno não irá aprender sozinho, sem o intermédio do professor.

Nesta perspectiva, Valério (1999) relata que, para que o estudante possa aprender, ele necessita também ter vontade de aprender, não basta ter subsunçores e materiais potencialmente significativos; o educando necessita ter vontade real de aprender para que assim desfrute dos conceitos expostos pelo professor de modo que, junto aos conceitos existentes no seu cognitivo, possa ancorar o novo conceito aprendido.

Desta forma, fica patente que o sistema cognitivo do educando é a base para a aprendizagem significativa. Pois, os conhecimentos adquiridos numa determinada área se organizam de maneira hierárquica e complexa na estrutura cognitiva. E, além disso, cada estudante possui sua visão de mundo e faz a sua leitura psicológica do mundo individualmente. Portanto, um material só é potencialmente significativo, se o aprendiz der o significado ao material; por si sozinho o material não tem significado algum. Os conteúdos aprendidos numa determinada área são relevantes e essenciais à aprendizagem de novos conceitos (AUSUBEL, 2003, p.10).

Logicamente, o material significativo (conteúdo da matéria no contexto da aprendizagem escolar) é sempre, e apenas pode ser apreendido em relação a uma base

de conceitos e de princípios relevantes, anteriormente apreendidos por um determinado aprendiz e, também, a informações pertinentes que tornam possível o aparecimento de novos significados e melhoram a organização e a retenção dos mesmos. Por conseguinte, é evidente que as propriedades substantivas e organizacionais desta base afetam de forma crucial quer a precisão e a clareza destes novos significados emergentes, quer a recuperação imediata e a longo prazo dos últimos.

Partindo desse pressuposto, observa-se que a aprendizagem significativa é baseada no significado que o aprendiz dá ao novo conceito, relacionando-o com os signos já existentes na sua estrutura cognitiva. Assim, para Moreira (2009), relacionar um conceito ou material potencialmente significativo, de forma *não arbitrária*, isto é, plausível, não aleatória e *não literal*, ou seja, que possua significado lógico, coerente entre si, se faz necessário o uso de subsunçores potencialmente significativos.

Quando não houver um subsunçor potencialmente significativo, pode-se introduzir um **organizador prévio**. Organizador prévio é um material introdutório apresentado antes do conteúdo a ser ensinado, com mesmo nível de abstração para servir de ancoradouro ao novo conhecimento (MOREIRA, 2008; RIBEIRO, FREITAS e MIRANDA, 1997). Por seu turno, Machado e Ostermann estabelecem, em relação aos objetivos de um organizador prévio, que “*Organizadores prévios são materiais que tem por objetivo preencher a lacuna existente entre o que o aprendiz sabe e o que ele precisa saber*” (MACHADO & OSTERMANN, 2006, p. 8). Esses organizadores prévios são materiais pedagógicos que criam motivações e conceitos para ancorar o novo conceito. Moreira (2009, p.14), neste sentido, realça:

Ausubel, no entanto, propõe o uso de **organizadores prévios** que sirvam de ancoradouro para o novo conhecimento e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. Organizadores prévios são materiais introdutórios, apresentados antes do próprio material a ser aprendido, porém, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade do que esse material. Não são, portanto, sumários, introduções ou ‘visões gerais do assunto’, os quais são, geralmente, apresentados no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do material que os segue, simplesmente destacando certos aspectos.

Este material potencialmente significativo, que será relacionado à estrutura cognitiva do estudante pode ser introduzido através de uma simulação, uma imagem, um exemplo do cotidiano, conceitos, etc. (YAMAZAKI, 2008; AUSUBEL, 2003).

Na TAS de Ausubel a estrutura cognitiva e o subsunçor são importantes para a aprendizagem significativa. O foco, antes centrado no professor, na TAS é centrado no que o estudante já sabe e no que está armazenado na sua estrutura cognitiva. Ausubel chama a atenção quanto ao conhecimento que está armazenado no sistema cognitivo do estudante para ser relacionado ao novo conhecimento. Silva (2012, p.4), por sua vez, explicita a importância da estrutura cognitiva na TAS:

A Aprendizagem Significativa de David Ausubel e colaboradores considera a

mente humana como uma estrutura organizada e hierarquizada de conhecimentos. Essa estrutura é constantemente e continuamente modificada pela assimilação de novos conceitos, proposições e informações. Uma informação é aprendida de forma significativa quando se relaciona a outras ideias, conceitos ou proposições relevantes e inclusivos que estejam claros e disponíveis na mente do indivíduo. Os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do sujeito seriam os suportes em que o novo conhecimento se apoiaria. A esse processo Ausubel denominou de 'ancoragem'. Essas ideias ou conhecimentos anteriores funcionam como âncoras, chamadas pelo autor de 'subsunoçores'.

A estrutura de cognição é importante porque nela emerge os subsunoçores potencialmente significativos que ancorarão os novos e atuais conceitos de modo que a assimilação deste novo conceito e/ou ideia seja reorganizada na estrutura cognitiva do aprendiz. Na falta desses subsunoçores potencialmente significativos usa-se o organizador prévio, como dito mais acima.

Desta forma, tanto o novo conceito quanto o(s) subsunçor(es) são modificados, não sendo mais os mesmos. Em outras palavras, após a assimilação o novo conceito será modificado na estrutura cognitiva. A partir daí, ambos têm seus significados ampliados, pois foram ancorados de forma não-arbitrária - com subsunoçores específicos, relevantes ao novo conceito - e não-literal ou seja não é a palavra que expressa o novo conceito que é incorporado à estrutura cognitiva, mas sim a essência do novo conceito.

2.2 Estrutura da Teoria da Aprendizagem Significativa

A teoria de aprendizagem significativa de Ausubel é organizada sob hierarquia segundo a **Forma** e o **Tipo** de aprendizagem. A forma refere-se como o conceito se relaciona com o subsunçor e o tipo qualifica o grau de complexidade desse novo conceito ou novos conceitos, conforme expresso no mapa conceitual da Figura 3.

Na teoria da aprendizagem significativa o importante é o que o aprendiz já sabe e isso é a base da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. O que o aprendiz já sabe irá se relacionar com o novo conceito de forma **Subordinada**, **Superordenada (Subordinante)** ou **Combinatória**; além disso, o grau de complexidade do novo conceito será do tipo **Representacional**, **Conceitual** ou **Proposicional**. De acordo com Ausubel (2003, p. 3), os tipos e as formas da aprendizagem significativa se relacionam como segue:

A aprendizagem Proposicional pode ser Subordinada (de subsunção), Subordinante ou Combinatória. A aprendizagem de subsunção ocorre quando uma proposição 'logicamente' significativa de uma determinada disciplina (plausível, mas não necessariamente válida em termos lógicos ou empíricos, no sentido filosófico) se relaciona de forma significativa com proposições subordinantes específicas na estrutura cognitiva do aluno. Tal aprendizagem pode denominar-se derivativa, caso o material de aprendizagem apenas exemplifique ou apoie uma ideia já existente na estrutura cognitiva. Denomina-se correlativa, se for uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições anteriormente aprendidas.

A aprendizagem Proposicional Subordinante ocorre quando uma nova proposição se pode

relacionar ou com ideias subordinadas específicas da estrutura cognitiva existente, ou com um vasto conjunto de ideias antecedentes geralmente relevantes da estrutura cognitiva, que se podem subsumir de igual modo. Finalmente, a aprendizagem Proposicional Combinatória refere-se a situações em que uma proposição potencialmente significativa não se pode relacionar com ideias específicas subordinantes ou subordinadas da estrutura cognitiva do aprendiz, mas pode relacionar-se a uma combinação de conteúdos geralmente relevantes, bem como a outros menos relevantes, em tal estrutura. A maioria da aprendizagem Proposicional é, obviamente, de Subsunção ou Combinatória. (p. 3).

2.3 Tipos de Aprendizagem Significativa

O tipo de aprendizagem significativa, segundo David Ausubel, (**Representacional, Conceitual e Proposicional**) é classificado quanto ao grau de complexidade da aprendizagem do novo conceito.

A **Aprendizagem Representacional** aproxima-se da aprendizagem por memorização, pois este tipo atribui nome e/ou símbolo a determinado objeto ou fenómeno. Quando a aprendizagem representa uma generalização de um evento ou objeto, isto é, apresenta abstrações ou propriedades de atributos regulares de um evento ou objeto, há uma **Aprendizagem Conceitual**; este tipo de aprendizagem é dominante no período escolar. Neste sentido, a combinação da compreensão de conceitos dos significados e de ideias de objetos e de fenómenos em forma de proposição tem-se a **Aprendizagem Proposicional**. (Ausubel, 2003; Moreira, 2000).

2.4 Formas de Aprendizagem Significativa

Do mesmo modo acontece com a forma de aprendizagem significativa dos novos conceitos. A maneira como o subsunçor relaciona-se ao novo conceito, de forma hierárquica na estrutura cognitiva pode ocorrer das seguintes formas: **Subordinada, Superordenada** ou **Combinatória**.

A **Aprendizagem Significativa Proposicional Subordinada** ocorre quando o novo conceito é parte do conceito já existente na estrutura cognitiva, isto é, o novo conceito é parte do subsunçor. Sendo assim, esta forma de aprendizagem pode apresentar-se como correlativa ou derivativa. A **Aprendizagem Significativa Proposicional Subordinada Correlativa** ocorre quando o novo conceito é parte da estrutura cognitiva existente, os subsunçores, e a **Aprendizagem Significativa Proposicional Subordinada Derivativa** ocorre quando o novo conceito é ensinado posteriormente aos conceitos que foram ensinados previamente.

3 | O CONCEITO DE ENERGIA

O conceito de energia é vasto e ao mesmo tempo pode ser resumido na capacidade que um corpo tem de realizar trabalho, i.e., capacidade que um corpo tem de agir. Esta energia se conserva, entretanto, ela pode se transformar em outro tipo de energia. Isto é, a energia inicial de um sistema é igual à energia final do mesmo (INSTITUTO DE FÍSICA, UFRGS, 2004).

3.1 Energia Cinética

A palavra cinética vem do grego, *kinetikós*, significa mudança, agitação, mutação, movimento (DPLP, 2013). Neste caso, energia cinética significa que é a energia ligada ao movimento, à agitação. Por isso, a energia cinética, que tem como principal variável a velocidade, também está relacionada ao trabalho realizado por um corpo.

Um corpo realiza trabalho quando uma força resultante move o corpo a uma determinada distância em relação a um ponto referencial. Na cena de um barco se afastando do cais em direção ao horizonte pode-se compreender que o **barco** (corpo) de **massa m** se afastando a uma **distancia d** do cais (referencial inercial) a uma **velocidade v**, tem variação da **energia cinética** que por sua vez realiza **trabalho**. Se colocar um ponto referencial dentro do barco, diz-se que o barco não realizou trabalho, pois não variou a velocidade e nem tão pouco a energia cinética.

E, quando a partícula ou corpo estão em repouso em relação a um referencial inercial a velocidade do corpo é considerada nula e neste caso não realiza trabalho. A equação que mostra a forma matemática da energia cinética é dada pela Equação 15.

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

A

Equação 1

A Equação 15 mostra a dependência da energia cinética com a velocidade e a massa do sistema. Dessa forma, chama-se de Energia a capacidade de realizar trabalho (NUSSEINZVEIG, 2002, p.109) como mostra a Equação 2:

$$W_{total} = E_{Ci} - E_{Cf} = \Delta E_C.$$

Equação 2

Para ilustrar o que Nusseneig (2002) diz, pode-se utilizar um corpo de massa m e velocidade variável v , em uma direção, sob a ação de uma força constante (F). Pela segunda lei de Newton, Equação 3 abaixo,

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

Equação 3

Tem-se que a aceleração constante pode ser dada pela relação da equação de Torricelli $v_f^2 = v_i^2 + 2a_x \Delta x$. Ao isolar a aceleração no primeiro membro, tem-se a seguinte relação:

$$a_x = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\Delta x}.$$

Equação 4

Substituindo a Equação 4 na Equação 3, na direção do eixo x , que é a força resultante do sistema, têm-se as seguintes relações:

$$F = ma_x = m \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\Delta x}.$$

Equação 5

Daí vem a relação do trabalho com a energia cinética, pois o trabalho de uma partícula é descrito na Equação 6 abaixo, cuja incógnita d é igual ao deslocamento que

o corpo percorreu no sentido da força.

$$\tau = Fd = F\Delta x.$$

Equação 6

Substituindo a Equação 5 na Equação 6, tem-se a relação da energia cinética com o trabalho.

$$\tau = m\frac{v_f^2}{2} - m\frac{v_i^2}{2} = \Delta E_c$$

Equação 7

Desta forma, tem-se a definição de energia cinética em relação ao trabalho realizado pela força resultante sobre a partícula a qual fornece a variação da energia cinética da partícula. (FREEDMAN e YOUNG, 2003, p. 165).

3.2 Energia Potencial Gravitacional e Energia Potencial Elástica

A energia potencial está relacionada à posição relativa do sistema físico e não com o movimento, ou seja, é a energia da configuração do sistema físico.

Como exemplos de energia potencial, podemos citar a energia potencial gravitacional e a energia potencial elástica. Existe energia potencial gravitacional visto que em um sistema físico constituído de um corpo e o planeta Terra, por exemplo, temos a posição relativa entre esses dois corpos, dada pela grandeza altura, e a atração gravitacional entre tais corpos, representada pela aceleração da gravidade. Existe energia potencial elástica visto que em um sistema físico constituído de um corpo e uma mola temos a posição relativa entre estes dois objetos, dada pela grandeza espacial que caracteriza a deformação da mola (frisemos que nesse caso, na deformação da mola e na junção do corpo com a mola está presente a interação eletromagnética).

Energia Potencial Gravitacional

Para ilustrar este tipo de energia, imagina-se um prédio de 50 andares. Você precisa ir ao 45º andar e tem duas opções de escolha: ir pelas escadas ou pelo elevador. Do ponto de vista do esforço físico da pessoa (da vivência do dia-a-dia), existirão diferentes considerações de esforço físico. Do ponto de vista do sistema físico constituído pela pessoa e o planeta Terra a situação é equivalente para as duas opções, visto que a pessoa possuirá velocidade em relação à superfície da Terra e, além disso, nas duas opções, existirá uma posição relativa entre a pessoa e a superfície do planeta; ademais, nas duas opções estará presente a interação gravitacional. No entanto, em geral, a pessoa escolhe a opção do elevador, pois fará um menor esforço. Assim, a expressão da energia potencial gravitacional, independente das opções, é dada por:

$$E_{Pgrav} = mgh$$

Equação 8

A Equação 8 mostra a expressão matemática da energia potencial. Como você preferiu ir de elevador do térreo ao 45º andar, adotando a aceleração da gravidade igual a 10m/s^2 e considerando a altura h igual a 135m e m sua a massa, tem-se que a

sua energia potencial será igual a

$$E_{Pgrav} = m10.135.$$

Equação 9

Se você fosse utilizar as escadas iria ganhar energia potencial a cada andar que subisse, também havendo energia cinética, pois estaria em movimento em relação à superfície da Terra, mas haveria gasto de energia térmica através do suor (no caso da opção pelo elevador, também existiria energia cinética, pois o elevador, juntamente com você, se move com uma velocidade em relação à superfície da Terra, no entanto não haveria gasto de energia térmica através do suor). Portanto se quiser consumir energia térmica dissipando-a (gastá-la) seria melhor utilizar as escadas, mas como nos interessa apenas a energia potencial, logo é melhor utilizar o elevador.

Energia Potencial Elástica

Assim como a energia potencial gravitacional está relacionada com a altura do corpo em relação à superfície de um planeta, a energia potencial elástica está relacionada à deformação de molas e elásticos em relação a algum corpo a eles conectado.

Esta deformação modifica a configuração do sistema (constituído pela mola ou elástico e o corpo) devido à presença da interação eletromagnética, logo a deformação modifica a quantidade de energia necessária para manter a configuração atual.

A expressão para a energia potencial elástica é dada por:

$$E_{Pelástica} = \frac{kx^2}{2}$$

Equação 10

onde k representa a constante elástica e x a deformação.

3.3 Energia Mecânica

A transformação da energia cinética em energia potencial ou vice-versa em um sistema é determinada pelo fato de que a energia potencial é uma energia acumulada no sistema físico e a energia cinética é a energia do movimento do sistema físico. Dessa forma, o movimento muda a configuração do sistema e, por seu turno, a configuração do sistema físico, devido à existência de alguma interação, ao se alterar, altera o movimento. Em outras palavras, quando em um sistema existe uma força atuante então a energia cinética estará associada ao trabalho realizado por esta força e, por sua vez, esse trabalho realizado estará associado à força e à posição do corpo (FREEDMAN e YOUNG, 2003; NUSSENZVEIG, 2002).

A soma da energia cinética e da energia potencial é igual à outra energia, que está ligada ao sistema e é denominada energia mecânica. Pode-se tomar como exemplo o *looping* da Figura 4, onde os pontos A e B são pontos onde a energia cinética e a velocidade de um carrinho são mínimas. Em cada ponto da trajetória a energia cinética se converte em energia potencial gravitacional e vice-versa, contudo, a energia mecânica total em cada ponto tem o mesmo valor.

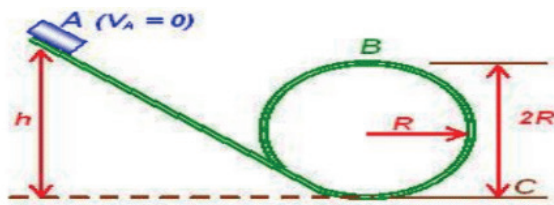


Figura 4: Exemplo de looping.

Em outro exemplo, temos uma partícula num campo gravitacional uniforme. Quando apenas a aceleração da gravidade realiza trabalho, então a energia mecânica total do sistema é constante. Se observar cada ponto desta partícula, podemos perceber que em alguns pontos a energia potencial e a energia cinética são iguais, em outros quando uma é mínima a outra é máxima, de maneira tal que a energia mecânica do sistema é considerada conservada.

A expressão da energia mecânica de um sistema físico é dada por:

$$E_m = E_c + E_p, \quad \text{Equação 11}$$

onde E_c é a energia cinética dada pela Equação 1 e E_p é a energia potencial, podendo ser uma composição da energia potencial gravitacional, Equação 8, com a energia potencial elástica, Equação 10.

3.4 Conservação da Energia

Quando uma reação química é realizada num recipiente fechado, a massa dos produtos é igual à massa dos reagentes” (Lavoisier, apud PERUZZO e CANTO, 2010, p. 58). Essa lei de conservação da massa de Lavoisier é expressa de forma simplificada da seguinte maneira: ‘Nada se perde, nada se cria, tudo se transforma’. Como massa é energia condensada, considerando os estudos de Albert Einstein no século XX, então a lei citada indica a lei de conservação de energia.

Nesse contexto, Feynmann (2008) relaciona a conservação da energia como uma quantidade de cubos iguais e indestrutíveis, sendo um total de 28 cubos idênticos. Uma criança brinca com esses cubos de todas as formas possíveis a ponto de espalhá-los por toda a casa, mas no final do dia, a mãe da criança procura os cubos e conta-os, percebendo que está faltando alguns cubos. Então os procura e faz a contagem novamente e ela se assegura que a quantidade de cubos é a mesma do início da brincadeira do filho. A quantidade de cubos foi conservada, mesmo tendo perdido alguns momentaneamente, mas, ao fim, a quantidade inicial foi igual à quantidade final de cubos. É isso que acontece com a lei de conservação da energia, no final, a quantidade inicial é igual à quantidade final não importando a posição do sistema físico.

E para melhor compreensão, Freedman e Young (2010) afirmam que uma grandeza é conservada quando ela possui sempre o mesmo valor. Deste modo, então,

fica patente que a energia mecânica do sistema ou do corpo é conservada pois ele possui o mesmo valor durante o processo físico. Considerando os cubos de Feynman (2008), a soma dos cubos é conservada, isto é, a soma da quantidade de cubos no início é igual à quantidade de cubos no final. Se os cubos forem escondidos embaixo da mesa ou atrás do sofá ou no alto da estante, a quantidade de cubos será a mesma apenas mudará a disposição de cubos. Assim, se comparar a energia mecânica aos cubos, ter-se-á a mesma conservação, a mesma quantidade da conservação da energia mecânica.

Do ponto de vista matemático, a expressão da lei de conservação da energia mecânica se escreve como segue:

$$E_{M_{inicial}} = E_{M_{final}} \quad \text{Equação 12}$$

Considerando a Equação 11 e as equações que definem as energias cinética e potencial, podemos escrever leis de conversão entre tais energias. A conversão de energia cinética em energia potencial gravitacional, usando a Equação 11 e a Equação 8, é dada por:

$$\frac{mv_{inicial}^2}{2} + mgh_{inicial} = \frac{mv_{final}^2}{2} + mgh_{final} = \text{constante}. \quad \text{Equação 13}$$

A conversão da energia cinética em energia potencial elástica, usando a Equação 11 e a Equação 10, é dada por:

$$\frac{mv_{inicial}^2}{2} + \frac{Kx_{inicial}^2}{2} = \frac{mv_{final}^2}{2} + \frac{Kx_{final}^2}{2} = \text{constante}. \quad \text{Equação 14}$$

De acordo com Pietrocola (2010) o conceito de energia mecânica participa do processo de forma puramente mecânica quando tratamos sistemas como conservativos, i.e., onde a matéria não perde energia, ou seja, a energia mecânica do sistema é sempre constante.

4 | A ENERGIA E A TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

4.1 Tipos de aprendizagem significativa

O tipo de aprendizagem significativa segundo David Ausubel (**Representacional, Conceitual e Proposicional**) é classificado quanto ao grau de complexidade da aprendizagem do novo conceito. Para ilustrar a teoria, toma-se como exemplo o conceito de **Energia Cinética**.

REPRESENTACIONAL => um objeto (com massa) em movimento (com velocidade) porta energia de movimento, isto é, energia cinética. Nesse caso, seguindo Moreira (2000, p. 21) “se estabelece uma equivalência, em significado, entre um símbolo [a energia cinética] e um referente [o objeto em movimento]”;

CONCEITUAL => diferentes objetos (com massa) em movimento (com velocidade) portam energia de movimento, i.e., energia cinética. Neste caso, seguindo Moreira (2000, p. 21) a aprendizagem é conceitual, pois “a equivalência se estabelece entre o

símbolo [a energia cinética] e os atributos criteriais comuns a múltiplos exemplos de referentes [diferentes objetos em movimento]”;

PROPOSICIONAL=> o conceito aprendido anteriormente de ‘objetos em movimento portam energia cinética’ é estabelecido proposicionalmente (Moreira, 2000, p. 22) com a seguinte proposição: energia cinética é igual ao produto da massa pelo quadrado da velocidade dividido por dois, expresso pela Equação 1, reescrita como:

$$E=(1/2)mv^2 \qquad \text{Equação 15}$$

Com isso, pode-se fazer a seguinte interpretação: a aprendizagem significativa **Representacional** pode ser confundida com a aprendizagem mecânica, entretanto se diferencia pela forma que o conceito é aprendido. A sutileza da diferença entre elas está na maneira que o conceito que foi aprendido é resgatado numa necessidade. Se na aprendizagem mecânica um conceito é armazenado na memória curta, então ele é logo esquecido, de outra forma, na aprendizagem significativa representacional o novo conceito é resgatado de maneira não-literal, pois são apenas guardados no cognitivo os símbolos individuais, as palavras (Moreira, 2009).

A aprendizagem do tipo **Conceitual** é um tipo de aprendizagem representacional generalizada, porque engloba a aprendizagem do tipo representacional. Tomando o exemplo da **Energia Cinética**, o aluno aprende que qualquer objeto em movimento porta energia cinética.

Na aprendizagem do tipo **Proposicional** o conceito de **Energia cinética** é o mais complexo porque engloba o tipo conceitual ao estabelecer a proposição da expressão da energia cinética dada pela Equação 15.

4.2 Formas de Aprendizagem Significativa

Do mesmo modo acontece com a forma de aprendizagem significativa dos novos conceitos.

A maneira como o subsunçor relaciona-se ao novo conceito, de forma hierárquica na estrutura cognitiva pode ocorrer das seguintes formas: subordinada, superordenada ou combinatória.

Aprendizagem Significativa Subordinada

A aprendizagem subordinada tem um subsunçor ancorado a um conceito ou uma ideia menos geral e menos inclusivo. O novo conceito é submetido ao subsunçor porque é uma variação específica do subsunçor. Em outras palavras, o novo conceito é uma especificidade do subsunçor.

Por exemplo, se o conteúdo a ser ensinado for Energia Mecânica e como subsunçores forem utilizados os conceitos de ‘Energia Cinética’ e ‘Energia Potencial’ (observando que na estrutura cognitiva do educando existem outros subsunçores que podem se relacionar com a energia, sendo alguns potencialmente significativos, a exemplo do ‘movimento’ e da ‘posição’ de um objeto e a ‘noção cotidiana de

isolamento’, e outros que não são potencialmente significativos, a exemplo da ‘energia química’ e ‘energia térmica’), tem-se o novo conceito *Energia Mecânica*. Dessa forma, o novo conceito é parte do conjunto de subsunçores visto que a Energia Mecânica é aquela energia associada com o movimento (Energia Cinética) e a posição (Energia Potencial) de um objeto, sendo que, para diferenciá-la das outras formas de energia, devemos assumir somente que temos um sistema isolado. Como o conceito da Energia Mecânica é uma elaboração e uma qualificação dos subsunçores ‘Energia Cinética’ e ‘Energia Potencial’, que foram aprendidos recentemente, temos a **Aprendizagem Significativa Proposicional Subordinada Correlativa**, pois o novo conceito (Energia Mecânica) é parte da estrutura cognitiva existente, os subsunçores ‘Energia Cinética’, ‘Energia Potencial’, ‘movimento’, ‘posição’, noção cotidiana de isolamento’, ‘energia química’ e ‘energia térmica’ e o aluno fará uma diferenciação progressiva destes, a partir da informação do professor (existência de um sistema isolado), elaborando-os e qualificando-os (YAMAZAKI, 2008, p.07).

Da mesma forma, temos a seguinte situação: se for ensinado o novo conceito de **Trabalho** como a variação de Energia Cinética, posteriormente aos conceitos de **Energia Cinética** e de **Força**, previamente ensinados, então teremos o tipo de **Aprendizagem Significativa Proposicional Subordinada Derivativa**. Isso ocorre, pois o aluno, tendo como subsunçores os conceitos de ‘Energia Cinética’, ‘Força’, ‘deslocamento’, e ‘noção cotidiana de variação’, exemplifica a ideia de ‘Variação de Energia Cinética’, denominando-a por ‘Trabalho’ realizado pela força durante o respectivo deslocamento, fazendo uma diferenciação progressiva destes, a partir da informação do professor (de que a força ao agir sobre um corpo provoca uma variação da sua velocidade) (YAMAZAKI, 2008, p.07).

Aprendizagem Significativa Superordenada

Aprendizagem significativa superordenada é o inverso da aprendizagem significativa subordinada. O novo conceito passa a incluir os conhecimentos anteriores, os subsunçores.

Por exemplo, têm-se os subsunçores velocidade e massa aos quais se podem ancorar o novo conceito de Energia Cinética. Como a Energia cinética é a energia que está associada ao movimento de um corpo, então no movimento desse corpo existem a massa e a velocidade. Dessa forma, os conteúdos de Cinemática que foram estudados anteriormente, serão utilizados como SUBSUNÇORES para aprender o novo conceito ENERGIA CINÉTICA. O novo conhecimento engloba os subsunçores previamente aprendidos. Nesta forma de aprendizagem, o subsunçor é parte específica do novo conceito. Assim, temos a **Aprendizagem Significativa Proposicional Superordenada**, onde o aluno fará uma reconciliação integrativa entre os subsunçores que estavam inicialmente separados na estrutura cognitiva do aluno (velocidade e massa) (YAMAZAKI, 2008, p.07).

Aprendizagem Significativa Combinatória

Já a aprendizagem significativa combinatória não tem uma relação de hierarquia entre o subsunçor e o novo conceito. Segundo Moreira (2000) a nova proposição não pode ser assimilada por outras (ela será reconciliada integrativamente), pois é um processo em que não há relação de subordinação e nem tão pouco de superordenação. Como exemplo, temos o princípio de equivalência entre massa e energia na relatividade restrita (MOREIRA, 2000, p.31).

Outro exemplo pode ser dado como segue. Se o conteúdo a ser ensinado for Conservação de Energia Mecânica e como subsunçores forem utilizados os conceitos de ‘Energia Mecânica’, ‘Energia Cinética’, ‘Energia Potencial’ e ‘noção cotidiana de conservação’ (ainda que na estrutura cognitiva do educando existam outros subsunçores que não são potencialmente significativos, mas que se relacionam com energia, a exemplo da energia química), tem-se o novo conceito *Conservação da Energia Mecânica*. No entanto, a ideia nova (Conservação da Energia Mecânica) e as idéias já estabelecidas (*Energia Mecânica, como a soma da Energia Cinética com a Energia Potencial*, Equação 11; e a noção cotidiana de conservação) não estão relacionadas hierarquicamente, situando-se em um mesmo nível hierárquico, de tal forma que uma (a Conservação da Energia Mecânica) não é mais específica (subordinada) nem mais inclusiva (superordenada) que a outra (Energia Mecânica e a noção cotidiana de conservação). Dessa forma, temos a **Aprendizagem Significativa Proposicional Combinatória**, onde o aluno fará uma reconciliação integrativa entre os subsunçores que estavam inicialmente separados na sua estrutura cognitiva (Energia Mecânica e ‘noção cotidiana de conservação’) (YAMAZAKI, 2008).

Energia Aprendizagem	Energia Cinética	Energia Potencial	Energia Mecânica
Representacional	Um objeto (com massa) em movimento (com velocidade) porta energia de movimento, isto é, energia cinética. Nesse caso, seguindo Moreira (2000, p. 21)	Um objeto (com massa) em uma determinada configuração (posição) está sob a ação da gravidade local, possui energia potencial, isto é, energia armazenada no sistema objeto-referencial.	Um objeto em movimento (velocidade e massa) sob a ação da aceleração da gravidade (g) possui energia mecânica em cada ponto da sua trajetória (posição).
Conceitual	Diferentes objetos (com massa) em movimento (com velocidade) portam energia de movimento, i.e., energia cinética.	Diferentes objetos ou sistemas de objetos (com massa) possuem determinadas configurações (posição), sob ação da aceleração da gravidade local, portam energia potencial, i.e., energia armazenada.	Diferentes objetos em movimento (velocidade e massa) sob a ação da aceleração da gravidade (g) possui energia mecânica em cada ponto da sua trajetória (posição).
Proposicional	$E_c = (1/2)mv^2$	$E_p = mgh$	$E = E_c + E_p$

Quadro. 1 Estudo de Energia a partir da Teoria de Aprendizagem Significativa.

5 | CONCLUSÃO

O uso da TAS pode atender a necessidade de ensino/aprendizagem do conteúdo Energia no Ensino médio quando utiliza-se os conhecimentos prévios dos estudantes, isto é, a ferramenta importante é o conteúdo que o estudante já sabe, o qual é utilizado como subsunçor para ancorar o novo conceito. O Quadro. 1 apresenta a relação da TAS com ao conteúdo de Energia, sob a perspectiva da TAS de David Ausubel em que uma complementa a outra, quanto a avaliação da aprendizagem significativa do conteúdo de Física. Sendo assim, a TAS pode ser utilizada para outros conteúdos de Ciências, tanto no ensino teórico, quanto no ensino experimental na sala de aula. O Quadro. 1 pode ser utilizado como modelo para fazer análise de aprendizagem significativa com outros conteúdos de Ciências. Vale ressaltar que é uma avaliação cognitiva e o uso de mapas conceituais e análise discursiva dos estudantes dão informações quanto à aprendizagem, além de perceber através deste o esquema cognitiva e a disposição teórica e filosófica do que se quer avaliar.

Este trabalho foi utilizado para analisar experimentos de Física como organizadores prévios, na sala de aula da educação básica, cuja informação do Quadro. 1 foi utilizada para estudar os resultados. Esta parte do trabalho será publicada posteriormente.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Instituto de Física, Paralelo, 1ª edição, Lisboa, Portugal, 2003.
- DPLP - DICIONÁRIO PRIBERAM DA LÍNGUA PORTUGUESA. Priberam Informática, 2013. <http://www.priberam.pt/dlpo/>.
- FEYNMAN, Richard P. **Conservação da Energia in Lições de Física**. V. 01. Porto alegre: Bookman, 2008, pp.
- INSTITUTO DE FÍSICA, UFRGS. **Energia**. Porto Alegre: UFRGS, 2004. In: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20042/gabriel/ENERGIA.HTM>.
- MACHADO, Marcelo Araujo; OSTERMANN, Fernanda. Textos e Apoio ao Professor de Física: Unidades Didáticas para Formação de Docentes das Séries Iniciais do Ensino Fundamental. V.17, nº06, UFRGS, 2006.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizaje Significativo: Teoría y Práctica**. Madrid: Visor. 2000.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Organizadores prévios e aprendizagem significativa**. *Revista Chilena de Educación Científica*. Porta Alegre, Vol. 7, N°. 2, 2008, p. 23-30.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências: a teoria da aprendizagem significativa**. Instituto de Física, UFRGS, 1ª edição Porta Alegre, Brasil, 2009.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas v e unidades de ensino potencialmente significativas**. VIII Reunião Latino-Americana sobre Ensino de Física Salvador, 03 a 07 de Nov. de 2014, p. 05-54

- NARDI, Roberto. **A educação em ciências, a pesquisa em ensino de ciências e a formação de professores no Brasil. Tecne, Episteme y Didaxis**, Bogotá, Colômbia, Vol. Extra, p. 19-23, 2003.
- NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Trabalho e Energia in Curso de Física Básica**. V.01, Edgard Blücher, São Paulo, 4ª Ed. 2002.
- OSTERMANN, F. & CAVALCANTI, C. **Teorias da aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf. 2011.
- PEREIRA, G. S.; M. S. R. MILTÃO. **Uma Proposta de Apresentação do Conceito de Energia Usando a Teoria da Aprendizagem Significativa**. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017, São Carlos - SP. XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2017. In: <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1318-2.pdf>.
- PERUZZO, F. M., CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. V. 01, 4ª Ed. São Paulo: Moderna, 2010.
- PIETROCOLA et al. **Física em Contextos: Pessoal, Social e Históricos: Energia, Calor, Imagem e Som**. Vol. 2, 1ª ed. São Paulo, 2010.
- RIBEIRO, M. S.; FREITAS, D. S.; MIRANDA D.E. **A Problemática do Ensino de Laboratório de Física na UEFS**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 19, no. 4, dezembro, 1997.
- SANTANA, Edcarlos da Silva. **Estudo Sobre as Concepções Espontâneas no Ensino de Física: Um Esboço para a Compreensão das Ideias dos Estudantes**. UEFS, Feira de Santana, 2009.
- SILVA, Fernando Marcos; FURTADO, Wagner Wilson. **Mediação Computacional Como Fator de Motivação e de Aprendizagem Significativa no Ensino de Ciências do 9º Ano: Tópicos de Astronomia**. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review – V2(1)*, pp. 1-20, 2012.
- SILVEIRA, T. M.; MILTÃO, M. S. R. **Temperatura do universo: uma proposta de conteúdo para estudantes do nível fundamental utilizando mapas conceituais**. *Experiências em Ensino de Ciências – V5(1)*, pp. 97-123, 2010.
- VALÉRIO, Marcus. **Teoria da Aprendizagem. Departamento de Psicologia, Disciplina: Aprendizagem e Ensino**. UnB, Brasília, 1999. Acessado em 15 de Julho de 2013. <<http://www.xr.pro.br/monografias/ausubel.html>>.
- YAMAZAKI, Sérgio Choiti. **Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel**. Material preparado para disciplina de estágio supervisionado em ensino de física I, UEMGS – 2008.
- YOUNG, Hugh D., FREEDMAN, Roger A. **Mecânica in Física I**. 10º ed. Pearson Education do Brasil. São Paulo, 2003.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL CATIVANTE: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE ENERGIA MECÂNICA E SUA CONSERVAÇÃO

Cleudson Santiago de Oliveira

Instituto Federal de São Paulo, Diretoria Adjunta
Educativa
Capivari – SP

Mauro Vanderlei Amorim

Instituto Federal de São Paulo, Diretoria Adjunta
Educativa
Capivari – SP

Elizabeth Machado Baptistini

Instituto Federal de São Paulo, Diretoria Adjunta
Educativa
Capivari – SP

RESUMO: Ao preparar uma aula, o professor não pode ignorar que a ocorrência de aprendizagem pelos alunos depende, fundamentalmente, do quanto eles estão motivados e interessados dentro da sala de aula. Sabemos que obter e manter a atenção e o interesse dos estudantes não é uma tarefa muito simples, na verdade consiste num desafio para os professores e para a escola. Nesse sentido, as atividades experimentais têm um papel muito importante no processo de ensino-aprendizagem de Física, pois estimulam a motivação dos alunos levando-os a se engajarem na busca pela compreensão do conteúdo que está sendo abordado. Para tanto, as atividades devem ter um formato cativante, ou seja, serem potencialmente motivadoras. Caso contrário, elas estarão

fadadas a fracassar no seu propósito de levar os alunos a um comprometimento mais efetivo com a aprendizagem daquilo que se quer ensinar. Considerando os benefícios que as atividades experimentais podem proporcionar para os estudantes, em todos os níveis de ensino, este trabalho propõe uma atividade experimental, para discutir o conceito de energia mecânica e sua conservação no Ensino Médio, por meio de uma estratégia que instiga a motivação, ou seja, que atribui características cativantes à atividade experimental, conforme sugerido por Laburú (2006). Esperamos com esta proposta subsidiar professores de Física no planejamento de atividades experimentais potencialmente motivadoras que favoreçam um engajamento mais efetivo dos educandos com o processo de aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Atividade experimental cativante, Motivação, Energia mecânica.

ABSTRACT: While preparing a class, the teacher cannot ignore that the occurrence of learning by the students depends, fundamentally, on how much they are motivated and interested. We know that captivating and maintaining the attention and interest of students is not a straightforward task, it is actually a challenge for teachers and the school. In this sense, the experimental activities have a very important role in the teaching-learning process of Physics,

once they stimulate students' motivation, leading them to engage in the search for the comprehension of the content being approached. To do so, the activities should be attractive, that is, they should be potentially motivating. Otherwise, it is bound to fail in its purpose to lead students to a more effective commitment to learning what is being taught. Considering the benefits that experimental activities can offer to the students at all levels of education, this work proposes an experimental activity to discuss the concept of Mechanical Energy and its Conservation in High School, through a strategy that instigates motivation, that is, that attributes attractive characteristics to experimental activity, as suggested by Laburú (2006). With this proposal, we hope to subsidize Physics teachers in the planning of potentially motivational experimental activities that favor a more effective engagement of students with the learning process.

KEYWORDS: Captivating Experimental Activity, Motivation, Mechanical Energy.

1 | INTRODUÇÃO

O número reduzido de aulas de Física no Ensino Médio (EM), comumente duas aulas de 50 min por semana, e a vasta quantidade de conteúdos propostos nos livros didáticos e sugeridos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) acaba levando o professor, ao elaborar seu plano de ensino anual, a selecionar os conteúdos que irá trabalhar em cada turma durante o ano letivo. A escolha de certos conteúdos em detrimento de outros dependerá dos objetivos traçados pelo docente e da sua importância histórica e social. Ao definir os conteúdos de Mecânica, por exemplo, as leis de Newton e a conservação da energia mecânica dificilmente ficarão de fora.

Antes de escolher e decidir sobre quais conteúdos irá trabalhar em determinada série ou escola, é importante o professor considerar que a ocorrência de aprendizagem pelos alunos depende, fundamentalmente, do quanto eles estão motivados e interessados dentro da sala de aula. Sabemos que obter e manter a atenção e o interesse dos alunos não é uma tarefa muito simples, na verdade consiste num desafio para os professores e para a escola.

É praticamente consenso entre os professores de Física que atividades experimentais (AE) despertam o interesse nos estudantes. Para muitos pesquisadores as AE estimulam a motivação dos alunos levando-os a se engajarem na busca pela compreensão do conteúdo que está sendo abordado (CARRASCOSA et al., 2006; LABURÚ, 2006; BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; ZANCUL, 2008).

No entanto, para atrair e prender a atenção dos alunos as AE devem ter um formato cativante, ou seja, serem potencialmente motivadores. Caso contrário, como qualquer outra estratégia de ensino inserida dentro de uma proposta tradicional de ensino, a atividade estará fadada a fracassar no seu propósito de levar os alunos a um comprometimento mais efetivo com a aprendizagem daquilo que se quer ensinar (LABURÚ, 2006).

Considerando os benefícios que as AE podem proporcionar para o processo de

ensino-aprendizagem de Física, tanto no ensino básico como no ensino superior, este trabalho propõe uma AE, para discutir a conservação da energia mecânica no EM, por meio de uma estratégia que instiga a motivação, ou seja, que atribui características cativantes a AE, conforme sugere Laburú (2006).

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apesar da dificuldade, sabemos que obter e manter a atenção dos alunos em sala de aula é fundamental para que a aprendizagem de fato ocorra. Embora não seja uma condição indispensável, a motivação constitui, com certeza, um fator altamente relevante e facilitador da aprendizagem (AUSUBEL; NOVAK; HANESIA, 1980).

Nesse sentido, as AE constituem um elemento significativo para estimular a motivação dos alunos nas aulas de Física. No entanto, deve-se tomar o cuidado para que essa motivação não seja apenas momentânea. Para envolver os alunos num processo de estudo não basta despertar sua atenção, mas é imprescindível, também, mantê-la desperta. É muito comum após a observação do fenômeno presente na experimentação, os alunos perderem o interesse nas tarefas subsequentes mais árduas e menos prazerosas, como fazer cálculos para determinar o valor de certa grandeza, por exemplo. Para que isso não ocorra é importante a instauração de processos motivacionais que tendam a se realimentar nos alunos durante toda a atividade, pois só assim a aprendizagem dos conteúdos acontecerá (TAPIA op. cit. apud LABURÚ, 2006).

A motivação pode ser gerada tanto por estímulos externos à atividade quanto pela própria atividade em si. Os pesquisadores do assunto costumam denominá-las de motivação extrínseca, no primeiro caso e motivação intrínseca, no segundo caso (LABURÚ, 2006; GUIMARÃES, 2009).

A motivação extrínseca se dá pela obtenção de recompensas materiais, sociais ou de reconhecimento. No contexto escolar, ela se dá por meio de elogios, notas, prêmios e até mesmo para se livrar de alguma punição. Por outro lado, a motivação intrínseca advém da própria atividade, por ser interessante, atraente, envolvente ou por proporcionar algum tipo de satisfação. Assim, um indivíduo intrinsecamente motivado se compromete com uma atividade por seu próprio interesse e como a atividade torna-se um fim em si mesma, não são necessárias pressões externas, internas ou prêmios por sua realização, uma vez que a participação na tarefa é a principal recompensa (GUIMARÃES, 2009).

Por ser mais significativa para aprendizagem dos alunos, os professores devem valorizar a motivação intrínseca em detrimento da motivação extrínseca. É claro, que em algumas situações a motivação extrínseca pode ser útil, como, por exemplo, quando uma atividade que se iniciou por uma situação envolvente vai perdendo essa dimensão devido às tarefas subsequentes, ficando os objetivos finais da atividade

comprometidos, por esse motivo (LABÚRU, 2006).

É comum, quando se pretende utilizar AE para prender a atenção do aluno, explorar a novidade (situações curiosas ou inesperadas) ou o lúdico (situações que provocam sensações de prazer ou que desafiam). No entanto, quando se trata de ensino-aprendizagem, deve-se tomar cuidado, pois a atividade não pode redundar em simples entretenimento.

Nesse sentido, as AE escolares devem, basicamente, explorar duas dimensões do interesse, denominadas por Laburú (2006), de dimensão por apelo à satisfação de baixo nível e dimensão de apelo à satisfação de alto nível.

A esse respeito Laburú (2006, p.395 e 396), escreve:

A característica de uma atividade sustentada na dimensão do interesse por apelo à satisfação de baixo nível pretende instigar a motivação recorrendo ao bizarro, ao chocante, ao lúdico, à magia, à fantasia e, essencialmente, atua na esfera da gratificação sensorial. Adicionando, o objeto psicológico relacionado com essa dimensão compreende, também o desafio em dominar ou exercitar destrezas mecânicas. Como se vê, ambos os aspectos dessa dimensão têm uma aproximação direta com o entretenimento.

Por sua vez, as atividades empíricas com propriedades baseadas na dimensão do interesse por apelo à satisfação de alto nível, pretendem instigar a motivação, invocando a maestria, como o objetivo de solucionar problemas ou de recorrer à competência intelectual, a fim de controlar o ambiente experimental defrontado.

Enquanto na primeira dimensão se pretende promover a motivação a partir do lúdico, do divertido e do surpreendente, na segunda dimensão se intenta promover a motivação a partir da habilidade e da competência intelectual para resolver problemas e monitorar as situações apresentadas pela experimentação.

Analisando essas duas dimensões, verifica-se que apesar de estarem contidas em esferas diferentes, uma AE cativante deve ser planejada de forma a conjugar a dimensão do interesse por apelo à satisfação de baixo nível com a dimensão do interesse por apelo à satisfação de alto nível.

É importante que a atividade tenha o seu caráter lúdico, curioso, ou desafiador, mas deve avançar no sentido de instigar questionamentos que promovam a tomada de consciência das relações envolvidas, assim como a conceituação de fenômenos e a solução de problemas.

Dessa forma, para a AE ser potencialmente estimulante além de desafiadora e provocativa ela deve ser estruturada de forma a promover questionamentos que levem os estudantes a recorrerem as suas habilidades ou conhecimentos para responderem as questões postas.

É relevante ressaltar que a motivação inicial, disparada pela AE, pode se perder durante o desenvolvimento da atividade. Isso ocorre quando o aluno não vê conexão entre partes ou procedimentos da atividade, ou então, quando os questionamentos apresentam um nível de dificuldade elevado, ou ainda, quando a atividade envolve etapas trabalhosas. Para evitar essa queda na motivação inicial é fundamental que a atividade seja significativa para o aluno, ou seja, faça algum sentido para ele. Em

alguns casos, elementos de motivação extrínseca, como notas, podem ajudar a manter a motivação inicial durante a atividade.

A seguir será apresentada uma AE que possibilita discutir a energia mecânica e sua conservação e uma estratégia para torná-la cativante.

3 | ATIVIDADE EXPERIMENTAL: MOVIMENTO DE UMA ESFERA EM UM TRILHO COM LOOPING

Acreditando na importância da motivação como elemento facilitador da aprendizagem e no papel que as AE podem desempenhar nesse processo, será discutido a seguir um experimento para abordar o conceito de conservação da energia mecânica de forma mais atrativa. Para tanto, é necessário que o formalismo matemático, fundamental para abordagem dos conceitos envolvidos, não ultrapasse os limites do EM e que a AE apresente traços potencialmente motivadores.

3.1 Considerações preliminares

O objetivo desta AE consiste em determinar a altura mínima que uma esfera de resina plástica deve ser abandonada em um plano inclinado, ao final do qual entra numa pista circular (*loop*) de raio R , e comparar o valor encontrado com o valor obtido empiricamente.

Para a realização desta experiência será utilizado um trilho de alumínio inclinado contendo um *loop* e uma esfera de resina plástica como mostra a Fig. 1.

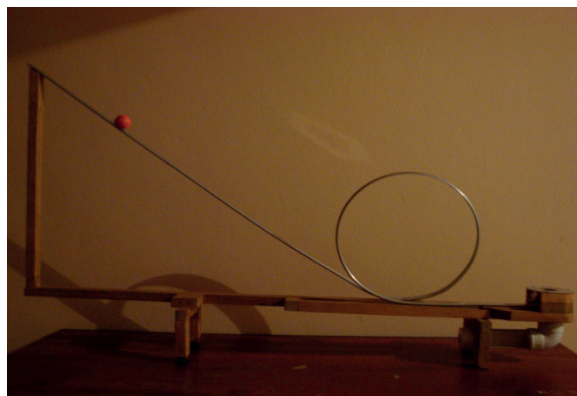


Figura 1: Esfera de resina plástica abandonada no trilho de alumínio contendo um *looping*.

A teoria prevê que se a esfera rolar pela pista de alumínio sem deslizar, atuará sobre ela uma força de atrito estática em vez de cinética, pois o ponto de contato da esfera com a pista está em repouso em relação à pista em qualquer instante. Como a força de atrito estática age sem deslocamento, ela não realiza trabalho sobre a esfera e não causa diminuição da energia mecânica da mesma (CHAVES, 2001).

Com base no esquema da montagem experimental mostrado na Fig. 2 e na discussão acima, podemos escrever a seguinte relação:

$$E_{M_A} = E_{M_B}$$

$$U_{gravit.(A)} = K_{Translaçãq_B)} + K_{Rotaçãq_B)}$$

$$m \cdot g \cdot h_A = m \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (1)$$

onde m é a massa da esfera, g é a aceleração da gravidade local, h_A a altura mínima que a esfera deve ser abandonada para completar o movimento circular, h_B a altura do ponto B em relação ao nível de referência ($h_B = 2 \cdot R$), v a velocidade linear do centro de massa ao passar pelo ponto B, ω a velocidade angular em torno do centro de massa no instante em que a esfera passa pelo ponto B e I a momento de inércia da esfera.

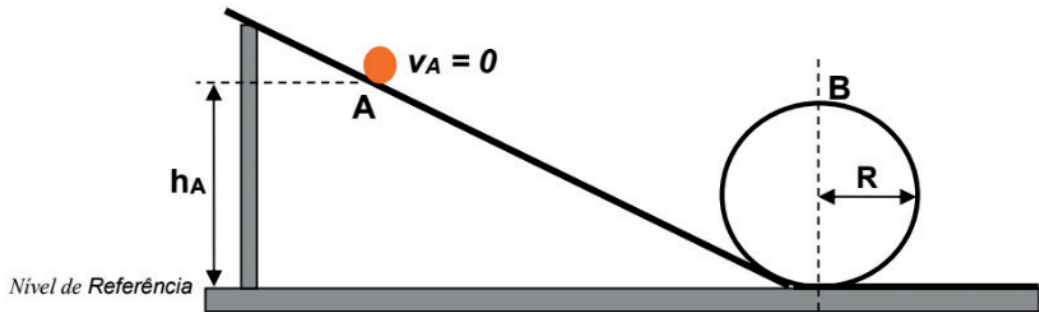


Figura 2: Esquema da montagem experimental.

O momento de inércia de uma esfera maciça é dado por $I = \frac{2}{5} m r^2$ e a velocidade angular pode ser expressa como $\omega = \frac{v}{r}$, onde r representa o raio da esfera.

Substituindo esses valores na equação 1, teremos:

$$g \cdot h_A = 2g \cdot R + \frac{1}{2} v^2 + \frac{1}{5} v^2 \quad (2)$$

Para que a altura h_A seja mínima, a esfera deverá passar pelo ponto B da pista circular com a mínima velocidade necessária para não se destacar da pista ao fazer o “looping”.

Essa situação acontecerá quando a força centrípeta sobre a esfera no ponto B seja dada apenas pelo peso da esfera. Nessa condição, a esfera passará pelo ponto B apenas contornado o trilho sem comprimi-lo. Em vista disso, podemos escrever que no ponto B a velocidade da esfera quando abandonada da altura mínima (h_A) será:

$$F_{CP} = P$$

$$m \cdot \frac{v^2}{R} = m \cdot g$$

$$v = \sqrt{R \cdot g}$$

Substituindo a equação 3 na equação 2, encontraremos:

$$h_A = 2R + \frac{R}{2} + \frac{R}{5}$$

então,

$$h_A = \frac{27}{10} R$$

Nota-se, pela equação 4, que a altura mínima (h_A) que a esfera deve ser abandonada para conseguir fazer o “looping” depende apenas do raio (R) da pista circular e que há uma proporção direta entre essas variáveis.

3.2 Etapas da Atividade Experimental

Considerando a importância que a interação social entre os alunos e entre eles e o professor exerce no contexto da aprendizagem, conforme estudos vigotskianos (VIGOTSKI, 2007), o trabalho em grupo, mediado pelo professor, deve ser valorizado durante toda a aplicação da proposta.

Para que a AE apresente características cativantes, imprescindíveis para motivar intrinsecamente os estudantes durante a sua realização, sugerimos que ela seja desenvolvida em cinco etapas: *i. Apresentação do aparato experimental*, *ii. Provocação*, *iii. Realização*, *iv. Discussão do conflito* e *v. Fechamento*, descritas a seguir.

i. Apresentação do aparato experimental

Nesta primeira etapa, o aparato experimental deve ser apresentado aos alunos reservando um tempo para eles manusearem o dispositivo, ou seja, abandonar a esfera de diversas alturas e verificar se a esfera faz ou não o “looping”. Essa brincadeira e a relação que os alunos certamente farão com alguns brinquedos presentes em parques de diversão devem gerar uma motivação inicial.

ii. Provocação

Após essa parte inicial mais lúdica, é necessário manter os alunos motivados durante toda a realização da atividade. Para satisfazer essa demanda, sugerimos que eles sejam desafiados a determinar teoricamente a altura mínima que a esfera deve ser abandonada para conseguir fazer o “looping”. Após resolver o desafio, encontrando como solução o resultado obtido na equação 4, a etapa seguinte consiste em testar esse resultado.

iii. Realização

Para testar o resultado teórico encontrado na etapa ii, será necessário medir o raio da pista circular. Essa tarefa não é muito simples, pois o formato do perfil de alumínio e da pista dificulta consideravelmente a medição.

Para a pista circular mostrada na Fig.1, verifica-se que a medida do seu raio é de 13,3 cm. Substituindo esse valor na equação 4, encontraremos que a altura mínima que a esfera deve ser abandonada para fazer o “looping” é de 35,9 cm.

Após determinar a altura mínima (h_A), vem o momento mais aguardado: abandonar a esfera de resina plástica da altura de 35,9 cm e verificar se ela consegue fazer o “looping”.

Ao abandonar a esfera, os alunos vão se deparar com um resultado conflitante: a esfera não consegue realizar o “looping”!

iv. *Discussão do conflito*

Inicialmente o resultado observado na etapa iii pode ser frustrante para os estudantes, mas essa frustração pode ser convertida em motivação. Para tanto, sugerimos que o professor proponha a eles um novo questionamento: por que o resultado obtido na experiência não é condizente com o resultado previsto pela teoria? Esse desafio deve motivá-los a buscar uma explicação para esse resultado. A mediação do professor durante as discussões nos pequenos grupos é fundamental para que os alunos não se desviem da questão proposta.

v. Fechamento

Após a discussão do questionamento proposto na etapa iv, cada grupo deve apresentar para os demais colegas suas conclusões. Se os alunos analisarem com mais cuidado a experiência, perceberão que o resultado não foi o esperado porque o sistema foi considerado conservativo, quando de fato não é. Durante o rolamento da esfera parte da sua energia mecânica inicial é convertida em outras formas de energia menos organizadas, como por exemplo, energia sonora, energia de vibração do trilho e o aumento da energia interna do sistema. Além disso, não temos certeza que a esfera rola pelo trilho sem deslizar e o quanto a resistência do ar afeta o movimento da esfera. Por fim, o professor deve encerrar a atividade com uma explanação sistematizada retomando as dificuldades e as soluções encontradas pelos estudantes para os desafios propostos em cada etapa, assim como os conceitos envolvidos no desenvolvimento da AE. Nesse momento, as dúvidas que ainda existirem devem ser esclarecidas pelo docente.

3.3 Comentários

Embora experimentos com pistas contendo looping sejam frequentemente sugeridos na literatura, procuramos apresentar nesse trabalho uma proposta de AE com características cativantes, ou seja, com um formato que busca explorar as duas dimensões do interesse, a dimensão por apelo à satisfação de baixo nível e a de alto nível, conforme discutido no item 2.

A dimensão por apelo à satisfação de baixo nível é explorada na primeira etapa da AE através do lúdico, já que o “looping” no experimento (que é muito comum para os estudantes nas montanhas-russas dos parques de diversão) pode instigar a motivação. Já a dimensão por apelo à satisfação de alto nível, é explorada nas segunda, terceira e quarta etapas da atividade por meio da contradição entre os resultados obtidos teórica e experimentalmente e também pelos questionamentos (desafios) propostos nessas

etapas, que podem instigar a motivação nos estudantes invocando suas habilidades e competência intelectual para solucionar os desafios.

Vale destacar que, por razões diversas, conceitos de dinâmica de rotação como momento de inércia e energia cinética de rotação, por exemplo, nem sempre são trabalhados no EM. Para contornar essa situação, uma alternativa seria desprezar a rotação da esfera, ou seja, considerar apenas o movimento de translação do centro de massa da esfera. Nesse caso, o termo referente à energia cinética de rotação na equação 1 desaparece e o valor encontrado para a altura mínima, na equação 4, se tornaria $h_A = \frac{3}{0} R$. Essa aproximação, no entanto, nos remete a um resultado ainda mais distante do valor obtido empiricamente e, portanto, não pode deixar de ser discutido com os alunos.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vimos que AE podem gerar a motivação necessária para aprendizagem de novos conceitos, mas desde que elas apresentem características cativantes, ou seja, elas devem apresentar um caráter lúdico, desafiador ou provocativo que é necessário para gerar uma motivação inicial. Já para manter essa motivação, durante toda a atividade, é fundamental que ela apresente questionamentos que instiguem os estudantes a utilizarem suas habilidades e competência intelectual para solucionar o problema posto pela AE. Assim, para que a AE proposta neste trabalho, para explorar o conteúdo energia mecânica e sua conservação com alunos do EM, apresentasse características cativantes, elaboramos cinco etapas para desenvolvê-la: i. Apresentação do aparato experimental, ii. Provocação, iii. Realização, iv. Discussão do conflito e v. Fechamento. Por meio dessas etapas, entendemos ser possível conjugar a dimensão do interesse por apelo à satisfação de baixo nível com a de alto nível para disparar a motivação da aprendizagem dos conceitos estudados.

Dessa forma, esperamos que este trabalho possa subsidiar outros professores no planejamento de AE com formato cativante, ou seja, potencialmente motivadoras que favoreçam um engajamento mais efetivo dos educandos com o processo de aprendizagem. Obviamente não podemos ignorar que há outras variáveis igualmente importantes para a motivação que não foram consideradas neste trabalho, mas que devem ser investigadas no contexto escolar, pois associadas às mencionadas aqui podem promover um interesse ainda maior dos alunos pela aprendizagem dos conceitos físicos.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Fatores motivacionais na aprendizagem. In: _____. **Psicologia educacional**. Tradução de Eva Nick. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. p. 331-359.

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no Ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24. n. 2, p. 194-223, ago. 2007.

CARRASCOSA, J. et al. Papel de la actividad experimental em la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 157-181, ago. 2006.

CHAVES, A. S. Dinâmica da rotação. In: _____. **Física: curso básico para estudantes de ciências físicas e engenharias**. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, 2001. v.1. 246p.

GUIMARÃES, S. E. R. Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula. In: BZUNECK, J. A.; BORUCHOVITCH, E. **A motivação do aluno**. 4 ed. Petrópolis: Editora Vozes, p.37-57, 2009.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis**, v. 23, n. 3. p. 382-404, dez. 2006.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007. 182 p.

ZANCUL, M. C. S. O ensino de ciências e a experimentação: algumas reflexões. In: PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. (Orgs.). **Quanta Ciência há no Ensino de Ciências**. São Carlos: EdUFSCar, 2008. p. 63-68.

USO DE SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE ENERGIA E TRANSFORMAÇÕES ENERGÉTICAS PARA O 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Alex Arouca Carvalho

Departamento de Física – Instituto de Ciências
Exatas – UFJF
Juiz de Fora – MG

Júlio Akashi Hernandez

Departamento de Física – Instituto de Ciências
Exatas – UFJF
Juiz de Fora – MG

RESUMO: Apresentamos uma sequência didática para o ensino de Energia e suas formas e transformações, direcionadas à educação básica, particularmente ao 9º ano do ensino fundamental. Desenvolvemos uma plataforma computacional especialmente desenvolvida para esta sequência didática, além de outros simuladores computacionais de uso público. As atividades foram fundamentadas pela teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, a fim de introduzir novos conceitos sobre o tema energia aos alunos por meio de um material didático potencialmente significativo. A sequência didática conta com avaliações na forma de mapas conceituais, com uma atividade experimental de baixo custo, uso de simuladores e com a própria plataforma computacional, que dá embasamento à realização de um debate entre os alunos sobre a necessidade de matrizes energéticas e seu impacto social e ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física, Ensino

de Energia, Transformações Energéticas, Simulação Computacional, Aprendizagem Significativa

ABSTRACT: We present a didactic sequence for the teaching of Energy and its forms and transformations, directed at basic education, particularly at the 9th year of elementary school. We developed a specially developed computing platform for this didactic sequence, as well as other computer simulations for public use. The activities were substantiated by Ausubel's meaningful learning theory in order to introduce new concepts about energy to students through a potentially significant didactic material. The didactic sequence counts on evaluations in the form of conceptual maps, with a low-cost experimental activity, use of simulators and with the computational platform itself, which provides a basis for a debate among students about the need for energy matrices and their social and environmental impact.

KEYWORDS: Teaching Physics, Energy Teaching, Energy Transformations, Computational Simulation, Meaningful Learning

1 | INTRODUÇÃO

O tema Energia tem um papel significativo dentro de algumas disciplinas do ensino

fundamental. Durante os primeiros anos desse período escolar, ele aparece discretamente na disciplina de Ciências, e mais tarde aparece dentro da disciplina de Biologia e, especificamente, durante o nono ano, dentro das disciplinas de Química e Física. O estudo de diferentes formas de produção e uso de Energia é um tema de grande importância, que é abordado de maneira aparentemente segregada pelas disciplinas de Física, Química e Biologia (PANSERA e NONENMACHER, 2009). Esta segregação faz com que alguns alunos percam a capacidade de correlacionar as existências de múltiplas formas de Energia e acabem por traduzi-la como uma única definição para cada disciplina, sendo incapazes de promover interpelações entre elas.

A proposta desse trabalho é apresentar uma nova plataforma computacional (veja Seção 3), e uma sequência didática (veja Seção 4) na qual esta plataforma está inserida, que auxiliem no processo ensino-aprendizagem de Energia no contexto da Física, lançando mão de experimentos de baixo custo e simulações computacionais que abrangem o conteúdo da Energia e suas transformações (BORGES, 2002; HECKLER, 2007; REIS e SERRANO, 2004). A sequência que desenvolvemos se apresenta como um exemplo de uso para a plataforma, a fim de minimizar o efeito do entendimento segregado do conceito de Energia.

A sequência didática está fundamentada na aprendizagem significativa de David Ausubel (veja Seção 2), com uso de mapas conceituais (AUSUBEL e NOVAK, 1980 e MOREIRA, 2012). A sequência é constituída por experimentos de baixo custo, textos informativos, simuladores computacionais e de uma nova plataforma computacional. Esta plataforma apresenta diversos tipos de matrizes energéticas, suas aplicações na produção de energia elétrica, exemplos de geração da Energia pela matriz energética, além de permitir uma comparação entre as matrizes.

A proposta de se usar recursos tecnológicos, aliados à metodologia de aprendizagem significativa, foi motivada por necessidades de alterações dos padrões de ensino que dão vazão a processos que enfatizam a reprodução e repetição de procedimentos de memorização de conteúdo. Buscamos neste trabalho minimizar os efeitos do ensino de Física como um exercício de memorizar e usar fórmulas matemáticas, sem na maioria das vezes entender o fenômeno agregado àquele formalismo.

2 | APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A prática em sala de aula, na maioria do tempo, propõe uma temática expositiva, deixando os alunos presos a esse sistema de aprendizado. Com o surgimento de novas tecnologias e sua inserção em sala de aula, tornou-se possível mudar essa situação (BEHERENS, 2000).

A aprendizagem significativa é uma teoria educacional idealizada pelo psicólogo estadunidense David Ausubel, baseada em uma construção a partir do conhecimento

já existente nos estudantes (HARRES, 2005 e MOREIRA, 2010). Destaca-se a interação na qual “uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, a qual Ausubel define como *conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo*. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em *conceitos ou proposições relevantes*”. Não representa apenas uma solução de aprendizagem para modelos únicos apresentados em sala de aula. Outra condição que propicia a aprendizagem significativa é a qualidade do material usado. Esse material deve ser potencialmente significativo, com aplicações lógicas. Além disso, os estudantes devem apresentar uma predisposição natural em aprender o conteúdo ensinado.

Ausubel diferencia três tipos de aprendizagem significativa em seus relatos: a aprendizagem *representacional*, a aprendizagem de *conceitos* e a aprendizagem *significativa proposicional*.

Na aprendizagem representacional, o aluno é capaz de reconhecer determinados símbolos, no contato entre figuras representativas (palavras, gravuras, etc.), em que objetos, eventos e conceitos representados ganham seus significados. É reconhecida por ser o tipo mais fundamental de aprendizagem significativa, funcionando como pilar para os outros tipos, estabelecendo assim uma relação de dependência entre elas. Por exemplo, ao entrar em contato com a palavra “livro”, durante o processo de aprendizagem representacional, o indivíduo naturalmente associa o objeto ao qual faz uso ou pode observar (MOREIRA, 2010).

A aprendizagem de conceitos é uma forma de aprendizagem representacional, pois os conceitos também são representados por símbolos. Dessa maneira, a palavra-conceito pode assumir a definição de objetos, eventos, situações ou propriedades que possuem sua atribuição de significado a um símbolo, ou seja, agregam características de critérios comuns (MOREIRA, 2009; AUSUBEL, 1980). Para nosso exemplo, a aprendizagem de conceitos ocorreria quando o aprendiz é capaz atribuir o significado da palavra “livro” de uma maneira mais ampla, em que o símbolo passa a representar um conceito cultural. Segundo Moreira, a equidade é estabelecida entre símbolo e os atributos “criteriais” comuns a múltiplos exemplos do referente (MOREIRA, 2009). No exemplo citado, o indivíduo interpretaria a palavra “livros” com possibilidades de diferentes tamanhos, formas, cores e etc.

Por fim, temos a aprendizagem significativa proposicional: trata-se de entender as opiniões expressas entre múltiplas palavras combinadas. Dessa maneira, a tarefa passa a ser entender o significado gerado, indo além do significado isolado de certa quantidade de palavras juntas.

Ao começar a interagir com novos conceitos e se inteirar de novas informações, o aluno naturalmente ativa o subsunçor correspondente e inicia o processo de ancoragem destes novos conteúdos em sua estrutura cognitiva. Esse formato de aprendizado pode ser caracterizado por uma aprendizagem *subordinada*, na qual literalmente o

novo conhecimento, mesmo causando alteração na estrutura cognitiva, se submete ao subsunçor mais antigo, por ser menos generalizante que este, promovendo um refinamento desse subsunçor.

Outra forma de aprendizado a ser destacada é a *superordenada*, onde uma nova informação, na qual o aluno entrou em contato, será notada de maneira a substituir o lugar hierárquico dos subsunçores já existentes, ou seja, esse novo conteúdo passa a apresentar um aspecto de maior generalidade e capacidade de inclusão que os subsunçores anteriores, tornando-os casos especiais dessa nova informação.

A terceira e última forma de aprendizagem significativa acontece quando o aprendiz lança mão do uso de *analogias*, a fim de combinar um organizador prévio, dentro da estrutura cognitiva com a nova informação obtida, resultando em um processo de combinação dessas informações. Esse caso é diferente, pois descarta a possibilidade de inclusão dos novos conceitos serem subordinados a ideias mais gerais e não consegue se agregar a formulações já consolidadas. Esta forma ganha o nome de aprendizagem *combinatória*.

Analisando as formas de aprendizagem significativa, notamos fatores que são típicos entre elas e podem ser classificados entre processos de *diferenciação progressiva* e processos de *reconciliação integradora*.

O processo de diferenciação progressiva ocorre na aprendizagem por subordinação, pois a interação do novo conhecimento, durante o procedimento de ancoragem com os subsunçores já existentes, faz com que este adquira mais especificações. Esse refinamento é resultado das assimilações subordinadas. O conceito original acaba sendo progressivamente detalhado e especializado. O refinamento desses subsunçores os torna mais capazes de ocuparem a função de ancoradouros, facilitando a aquisições de conhecimentos significativos.

O mesmo procedimento de evolução dos subsunçores também acontece dentro dos tipos de aprendizagem superordenada e combinatória. Para esses dois tipos de aprendizagem citados acima, as ideias estabelecidas dentro da estrutura cognitiva podem se reordenar e adquirir novos significados. Esse processo é conhecido como uma reconciliação integradora. Para Ausubel, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são os principais processos caracterizadores de uma estrutura cognitiva (MOREIRA, 2010).

De acordo com a teoria de aprendizagem significativa, o professor deve identificar o que os alunos já detêm de conhecimento e a partir dessa análise desenvolver as atividades que se proponham a ancorar os novos conhecimentos nos subsunçores já existentes, propondo uma interação entre o que já se sabe e o que quer que se saiba. Essa avaliação pode ser feita de inúmeras formas, desde que esteja de acordo com os requisitos da metodologia imposta pela aprendizagem significativa. No intuito de proporcionar essa avaliação e promover aprendizagem significativa aos estudantes, o conceito de mapa conceitual veio agir como ferramenta facilitadora para esse caminho.

Resumidamente, um mapa conceitual pode ser descrito sendo um diagrama

que organiza visualmente conceitos, ideias e informações sobre determinado tema, identificando suas mútuas relações. A proposta de um mapa conceitual é a de organizar, classificar e hierarquizar determinados conceitos dentro de sua estrutura. Ele permite ao educador uma análise do conhecimento do aluno, por meio daquilo que este expõe na construção de seu mapa, através das relações estabelecidas entre conceitos.

3 | PLATAFORMA COMPUTACIONAL: ENERGIA E SUAS TRANSFORMAÇÕES

Nesta seção, apresentamos uma plataforma computacional desenvolvida para auxiliar o ensino de energia. Esta plataforma multimídia é um sítio online que consiste em uma reunião de informações sobre o tema energia, modelos de transformação energética e suas aplicabilidades.

A plataforma aborda 4 matrizes energéticas distintas: eólica, hidrelétrica, solar e nuclear; exemplifica alguns geradores para cada matriz, em várias escalas diferentes, listando inclusive algumas vantagens e desvantagens de cada matriz. A plataforma também conta com um fragmento do texto adaptado do livro “Física em Seis Lições” do físico norte americano Richard Feynman (FEYNMAN, 1999), um mapa de uma localidade fictícia, com diversos recursos naturais e possibilidades para implementação de matrizes energéticas.

Por fim, a plataforma computacional conta com informações e ligações para sítios digitais (*links de internet*) para aprofundamento de pesquisas que poderão ser realizadas pelos alunos. Um dos usos, que exemplificamos na Seção 4, é através de um debate, no qual os alunos são divididos em grupos *representantes de cada matriz que pode ser implementada na localidade*.

A plataforma pode ser acessada através de computadores, *laptops*, *tablets* e *smartphones*, que tenham acesso à *internet*. Mostramos nas próximas Figuras alguns exemplos do conteúdo da plataforma. Uma implementação funcional da plataforma pode ser encontrada no seguinte endereço eletrônico: <http://negociefacil.com/energia/>

F

Energia



Na Figura 1, mostramos a tela principal, após acessar o endereço eletrônico acima. O botão “O que é energia?” dá acesso ao fragmento do texto adaptado do livro “Física em Seis Lições”. O botão “Consumo de uma residência” é uma ligação para um simulador externo de consumo energético de uma residência, produzido pela usina de Furnas ([HTTP://WWW.FURNAS.COM.BR/SIMULADOR/SIMULADOR.HTM](http://www.furnas.com.br/simulador/simulador.htm)).

O botão “Mapa”, como na Figura 1 dá acesso à localidade fictícia, mostrado na Figura 2, com vários recursos naturais, que pode ser usada como exemplo de implementação das matrizes energéticas para uma comunidade. Este mapa está dividido em 9 regiões, de forma que em cada região podem ser discutidas quais as matrizes energéticas mais adequadas, dadas suas principais vantagens e desvantagens.

F



Figura 2: Mapa da Plataforma Computacional, mostrando uma localidade fictícia com vários recursos naturais, dividido em 9 regiões. Fonte: acervo próprio.

Os botões com as formas de energia “Eólica”, “Hidrelétrica”, “Nuclear” e “Solar”, como na Figura 1, dão acesso a telas iniciais, com informações básicas sobre cada uma destas matrizes energéticas, além de ligações externas (links) para sítios com mais informações, histórico, exemplos de usinas geradoras, etc. Um exemplo para energia eólica está mostrado na Figura 3.

Na tela de uma das formas de energia, como na Figura 3, pode-se selecionar outra forma de energia e selecionar o botão “Comparar”. Esta opção dará acesso a uma tela comparativa entre as duas matrizes energéticas, com exemplos de usinas reais, dados de custos atualizados de Instalação e Manutenção (em reais) e Produção energética (em kW ou kW.h/dia).



Figura 3: Exemplo de uma das matrizes energéticas (eólica), com um texto introdutório, ligações para fontes externas (botão “Ver Links”) e opções para comparação com outras fontes energéticas. Fonte: acervo próprio.

Os exemplos de usinas estão disponíveis da barra horizontal de rolamento, logo abaixo da foto da usina, na Figura 4. Há 5 exemplos de usinas, com dados reais, para cada matriz energética.

Na parte inferior do quadro comparativo de cada matriz energética, Figura 4, há botões que fornecem textos exemplificadores de vantagens e desvantagens para cada matriz energética. Por exemplo, no caso da energia eólica, surgem como vantagens o fato de ser inesgotável e não-poluente, entre outras; e como desvantagens, podemos citar o impacto sobre aves migratórias, o ruído e a intermitência dos ventos, entre outras. Estas listagens de vantagens e desvantagens não têm como objetivo serem

exaustivas, mas que apenas motivem uma discussão inicial sobre o assunto, e incentivem seu aprofundamento, através do botão “Ver Links”.

Comparativo de energias

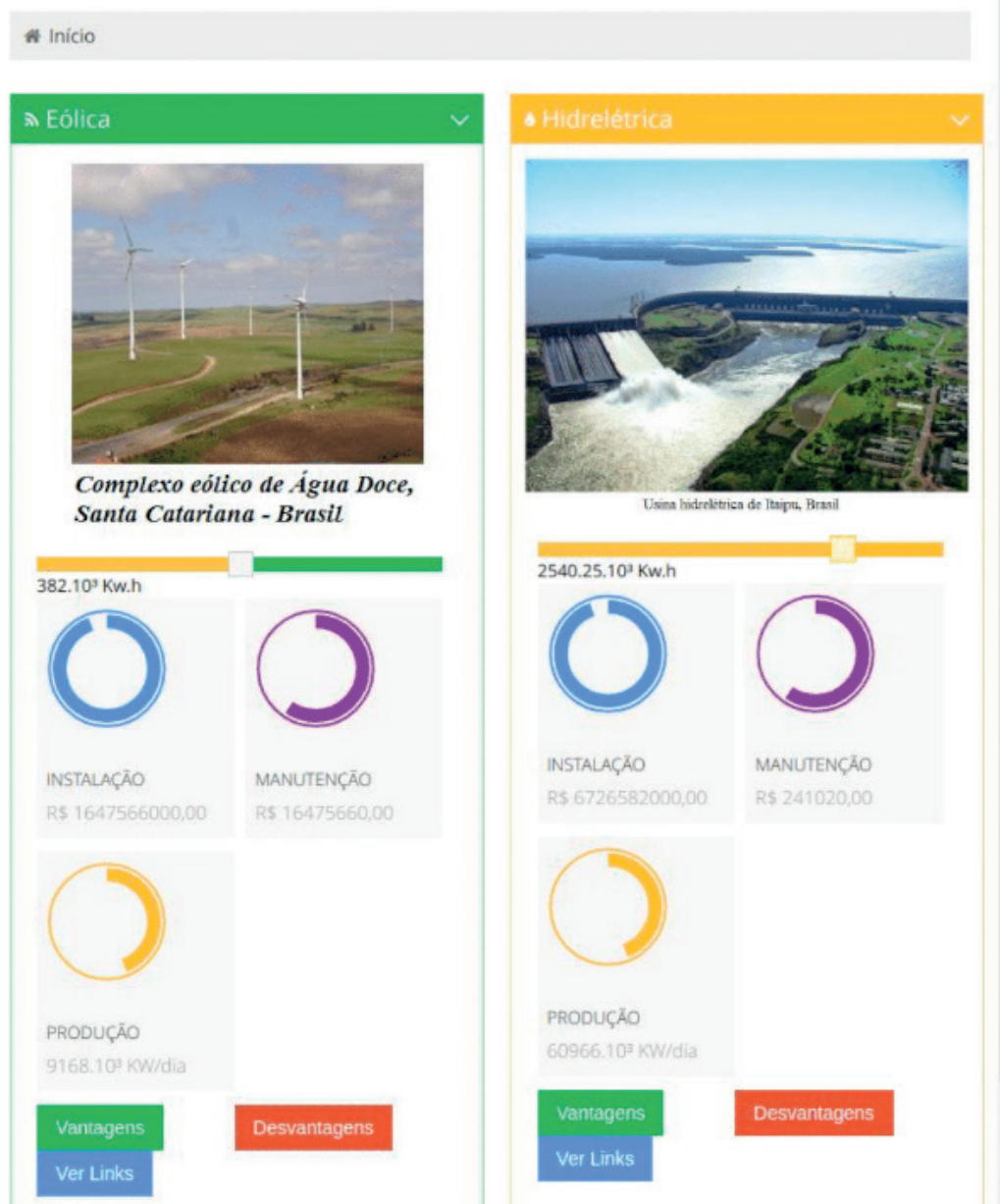


Figura 4: Exemplo de tela comparativa entre duas matrizes energéticas (eólica e hidrelétrica), possibilitando a escolha de usinas reais, seus custos de Instalação e Manutenção, e Produção energética, além de Vantagens e Desvantagens da matriz. Fonte: acervo próprio.

4 | METODOLOGIA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Como exemplo de inserção da plataforma computacional para ensino de energia, descrita na Seção 3, descrevemos uma sequência didática sobre o tema energia, que pode ser aplicada ao 9º ano do ensino fundamental da disciplina de Física, ou mesmo abordada de maneira interdisciplinar com Biologia e Geografia. A sequência didática abaixo é composta por 7 etapas:

1. Avaliação Diagnóstica
2. Trabalho de Uma Força
3. Energia Cinética, Potencial Gravitacional e Conservação da Energia
4. Energia Térmica
5. Energia Elétrica
6. Debate (Usando a Plataforma Computacional)
7. Avaliação de Aprendizagem

Descrevemos na Tabela 1 os objetivos e procedimentos de cada uma das 7 etapas. Cada etapa pode ocupar 1 hora-aula, mas pode ser estendida conforme a disponibilidade do professor ou da necessidade da turma.

Etapa	Objetivo	Procedimentos
1ª) Avaliação Diagnóstica	Levantamento das concepções prévias.	Deixar que o aluno, a partir das imagens exibidas, associe suas concepções prévias aos diferentes tipos de energia presentes nas ilustrações. Após esse processo de reconhecimento, será feito um mapa conceitual com o tema “Energia”. O mapa deverá contar com um formato hierárquico de organização. Os alunos deverão ser previamente preparados para usar mapas conceituais, de preferência em uma situação anterior a essa aplicação.
2ª) Trabalho de Uma Força	Uso de um experimento de baixo custo para explorar as múltiplas possibilidades do tema “trabalho de uma força”.	Fazer com que o aluno aplique o conhecimento adquirido durante as aulas sobre “trabalho de uma força” em um experimento que lhe exigirá uma interligação entre a cinemática e as leis de Newton, e o conceito de trabalho de uma força.
3ª) Energia Potencial Gravitacional, Cinética e Conservação da Energia.	Uso de um simulador computacional da plataforma PHET no intuito de promover aprendizagem significativa sobre o tema energia cinética e potencial gravitacional.	Direcionar o aluno a questionar o fenômeno de uma maneira um pouco mais sutil, mostrando um paralelo entre o que ele imagina com o resultado da simulação. Consequentemente, desenvolver melhor as ideias sobre o que é, e como as energias cinética e potencial gravitacional podem ser observadas na natureza que nos cerca.

4ª) Energia Térmica	Uso de simulações computacionais da plataforma PhET somados a roteiros no intuito de promover aprendizagem significativa.	De uma maneira um pouco mais enfática, promover o mesmo questionamento da etapa anterior, partindo de uma hipótese inicial, observação do fenômeno e relato após o resultado encontrado. As situações problemas propostas, dentro das questões no roteiro, deverão confrontar as concepções espontâneas sobre conceitos como “calor” e “temperatura”. Outro ponto consiste em mostrar os processos de transformação energética durante a simulação.
5ª) Energia Elétrica	Uso de um simulador computacional no intuito de promover aprendizagem significativa no processo de ensino do tema.	Promover, a partir de uma simulação do uso de eletrodomésticos, uma ideia do gasto de energia elétrica dentro de uma residência. Com os resultados encontrados, obter uma resposta para o gasto médio de energia. Esse roteiro terá um caráter um pouco mais informativo e menos questionador e funcionará como etapa de transição para o debate.
6ª) Debate entre Matrizes Energéticas	Uso de uma plataforma computacional que compara diferentes tipos de matrizes energéticas com a situação problema de abastecimento de energia elétrica para uma cidade.	Desencadear um debate em sala de aula no qual seriam explorados a produção de energia elétrica a partir de diferentes matrizes energética, que poderiam abastecer uma determinada demanda residencial de uma cidade fictícia, criada como situação-problema dentro dessa atividade. Para desenvolver as argumentações, os alunos poderão usar recursos tecnológicos oferecidos pelo professor, além da plataforma computacional direcionada ao tema.
7ª) Avaliação de Aprendizagem	Levantamento do aprendizado sobre o tema “Energia”	Avaliar o aprendizado dos alunos de forma qualitativa, através da comparação entre dados obtidos na avaliação diagnóstica e os resultados apontados na avaliação de aprendizado, repetindo a aplicação do mapa conceitual como ferramenta avaliadora.

Tabela 1: Passo a Passo da Sequência Didática

Fonte: autor

A etapa 1 tem como objetivo identificar as concepções espontâneas sobre o tema com o auxílio de imagens e interpretação dos diferentes tipos de energia. O uso dos mapas conceituais como instrumento detector dessas concepções espontâneas assume um papel eficaz na busca por resultados preliminares (NOVAK, 2006). Um exemplo de imagens que foram usadas está na Figura 5: os alunos devem identificar quais são as formas de energia relacionados às figuras, e posteriormente elaborar um mapa conceitual relacionando estas formas de energia e suas transformações.

A etapa 2 faz uso de um experimento de baixo custo, composto de um bloco de madeira puxado por um objeto que cai através de um barbante que passa por uma roldana fixa à mesa, veja Figura 6. Medem-se as massas dos objetos presos ao barbante (aproximadamente 100 g cada), fixa-se uma distância de aproximadamente

0,50 m, e mede-se com um cronômetro o tempo de queda. Considerando o movimento uniformemente acelerado, pode-se obter a força resultante sobre o bloco de madeira, e o trabalho da força peso, a energia cinética dos objetos, e o trabalho da força gravitacional.

As etapas 3 e 4 contam com um software livre, o PhET, https://phet.colorado.edu/pt_BR/, com o simulador “Pista de Skate”, veja um exemplo na Figura 7, e o simulador “Formas e Mudanças de Energia”. Os alunos devem prever determinada ação antes de iniciar a simulação e, após observar o resultado, descrever e justificar o que havia acontecido, enfrentando os conflitos que suas próprias previsões acabam gerando. O simulador permite desenhar a sua própria pista de skate, e observar a evolução das energias cinética e potencial gravitacional ao longo do movimento.

Na etapa 5, exploramos a familiaridade dos alunos com a energia elétrica, principalmente a domiciliar, através do simulador de Furnas, [_HTTP://WWW.FURNAS.COM.BR/SIMULADOR/SIMULADOR.HTM](http://www.furnas.com.br/simulador/simulador.htm). Cada estudante pode simular sua própria residência, ou outra qualquer, especificando quais cômodos estão disponíveis, e quais eletrodomésticos possui. Uma média da turma permite que todos fiquem com valores médios de consumo energético de residências, que podem ser extrapolados para comunidades maiores.

A plataforma computacional descrita na Seção 3 encaixa-se na etapa 6, “Debate”. Neste caso, os alunos de uma turma são divididos em grupos, cada qual representando uma matriz energética. Em determinada localidade fictícia, existe uma comunidade (composta por dezenas ou centenas de milhares residências), ver Figura 2, para a qual deve-se procurar qual a matriz, ou matrizes, energéticas mais adequadas.

Os grupos devem então defender a implantação de sua própria matriz energética, e em qual região da Figura 2 a matriz deve ser instalada, considerando custos, vantagens e desvantagens. Ao mesmo tempo, cada grupo também deve se preparar para criticar, construtivamente, as demais matrizes energéticas. Deve-se estimular a pesquisa de outras fontes, complementares à plataforma computacional, para enriquecer as argumentações.

Finalmente, na etapa 7, os alunos devem construir um novo mapa conceitual, seguindo a avaliação diagnóstica da etapa 1. A realização da atividade se dá a partir da identificação de um grupo de imagens em que cada um teria que explicitar e justificar os tipos de energia presentes em cada uma das gravuras, tais como da Figura 5, e da construção de mapas conceituais.

5 | APLICAÇÃO EM TURMA DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Como exemplo de aplicação da sequência didática da Seção 4, descrevemos nesta Seção os resultados obtidos em uma turma do 9º ano do ensino fundamental do município de Juiz de Fora, MG, em 2017. Foram 7 alunos na turma que participaram das atividades, que foram realizadas fora do horário convencional da escola.

A Figura 8 mostra, como exemplo, mapas conceituais elaborados por um mesmo aluno, durante as etapas 1 e 7 da sequência didática descrita na Seção 4. Pode-se notar um aumento considerável de associações, particularmente a inserção de “energia elétrica” ao final de cada matriz energética. O mesmo aumento de associações ocorreu com os demais alunos.

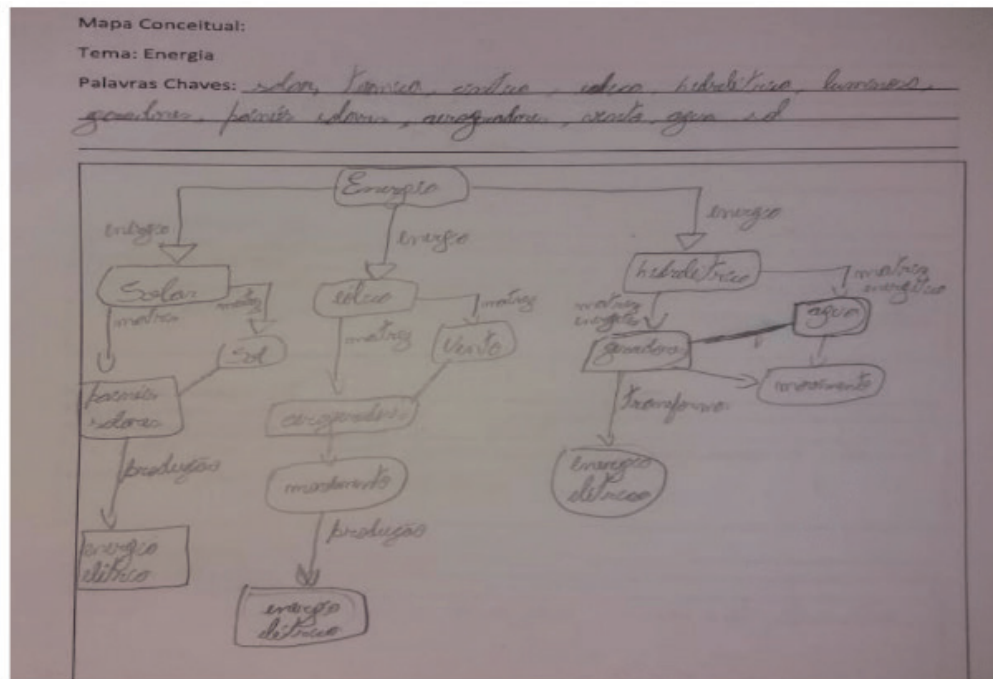
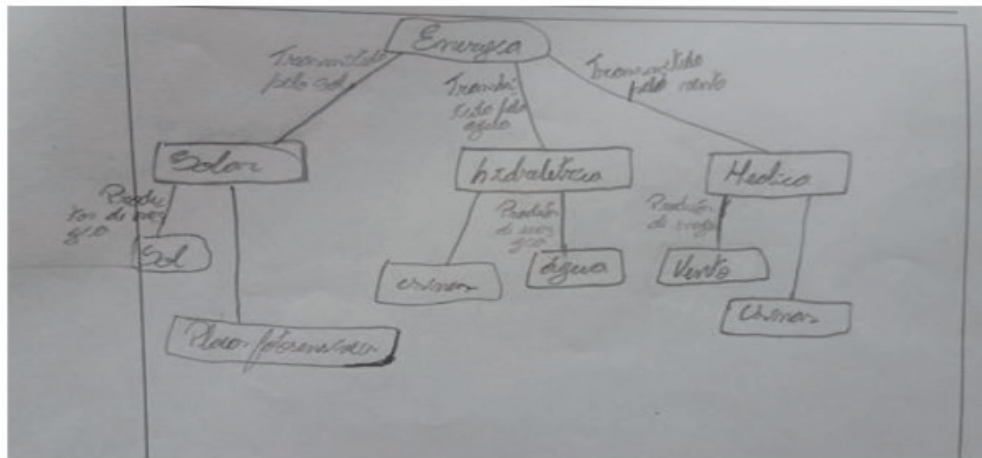


Figura 8: Exemplo de mapa conceitual realizado pelo mesmo aluno, acima: na etapa 1, abaixo: na etapa 7. Fonte: acervo próprio.

Particularmente, a etapa 6 foi bastante intensa, conforme seria esperado de um debate: sob a supervisão do professor regente (autor A. A. C), cada grupo, composto por 2 ou 3 alunos, apresentou sua proposta de implantação da matriz energética na localidade fictícia, utilizando-se adicionalmente de várias informações recentes extraídas de jornais e revistas. Houve apresentação organizada de argumentações e contra-argumentações, com opiniões objetivas e subjetivas, para defender sua própria matriz e criticar as demais matrizes. Curiosamente, os alunos continuaram o debate ao longo das aulas seguintes, de outras disciplinas, conforme foi relatado por outros

professores da mesma escola.

6 | DISCUSSÃO E RESULTADOS

As formas de avaliação em larga escala (ENEM), verificadoras da qualidade do ensino médio tem se tornado desde o ano de 2009 um exame mais seletor, embasado nos conhecimentos adquiridos durante as etapas do ensino médio. Esse exame tem exigido, cada vez mais, mudanças nas metodologias e materiais didáticos que são usados na preparação de alunos. Pensando numa interdisciplinaridade que vem ao longo de 11 anos tomando conta das questões dessa prova, outra proposta de evolução da sequência é incluir mais matrizes energéticas que possibilitem discussões sobre biocombustíveis, energias produzidas com queima de material fóssil e a inclusão de outras matrizes energéticas, acrescentando ao simulador novas formas de produção de energia elétrica.

A sequência didática, apresentada na Seção 4, foi pensada para ser trabalhada no 9º ano do ensino fundamental. Entretanto, sua aplicação pode ser imediata à 1ª série do ensino médio, e com algumas modificações (tais como linguagem e profundidade), também à 3ª série do ensino médio. Além disso, a plataforma computacional para ensino de energia, descrita na Seção 3, pode ser usada em várias outras situações, principalmente multidisciplinares: juntamente com um professor de Biologia, relacionado, por exemplo, à formação de biomassas energéticas, migração de aves e nichos ecológicos; com a Geografia, por exemplo, com bacias hidrográficas, populações ribeirinhas, economias locais, etc.

A necessidade de se explorar novos recursos tem sido uma alternativa cada vez mais abrangente nesse processo de evolução. Para isso, tomamos nesse trabalho a importância de se usar elementos tecnológicos dentro desses modos de ensino, buscando assim um pouco menos de aprendizagens mecânicas e bem mais resultados a partir de uma aprendizagem significativa.

Isso nos motiva a acrescentar, futuramente a esse trabalho, uma expansão da plataforma construída em um formato de aplicativo para tecnologias de comunicação móveis. Dessa maneira, a adaptação do conteúdo ficaria proposta de um formato mais acessível aos estudantes de qualquer parte do país ou do planeta. Outra possibilidade, é desenvolver uma versão que funcione em modo *off-line* com a possibilidade de se gerar elementos de aplicação em lugares onde o sinal de *internet* ou não é de qualidade ou não existe.

Este trabalho foi produto do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), com dissertação defendida e aprovada em Setembro/2018.

7 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapemig, à Capes e à SBF, cujos

financiamentos foram fundamentais ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BEHERENS, Marilda Aparecida, **Projetos de aprendizagem colaborativa num paradigma emergente**, em MORAN, José Manuel. Novas tecnologias e mediação pedagógica, Campinas: Papirus, 2000.

BORGES, Antônio Tarciso. **O papel do laboratório no ensino de ciências**. **Cad. Bras. Ens. Fís. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, v.19, n 3** p.291-313, Dez. 2002.

FEYNMAN, Richard P. **Física em Seis Lições**; tradução Ivo Korytowiski. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

HARRES, J. B. S.; PIZZATO, M. C.; SEBASTIANY, A. P.; PREDEBON, F.; FONSECA, M. C. **Laboratórios de ensino: inovação curricular na formação de professores de ciências**. ESETec. Santo André, v. 1, 2005.

HECKLER, Valmir; OLIVEIRA, Maria de Fátima Saraiva e OLIVEIRA, Kepler de Souza Filho. **Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências - A teoria da Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre, 2009.

MOREIRA, M.A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Instituto de Física – UFRGS. Abr. 2010.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**, Instituto de Física da UFRGS. Revista Chilena de Educação Científica, Pág. 1-4(2): 38-44, 2012.

NOVAK, J. D. **The theory underlying concept maps and how to construct them**. 2006 [on line]. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps>>. Acesso em 14/07/2018.

PANSERA, Maria Cristina de Araújo; NONENMACHER, Sandra. **ENERGIA: UM CONCEITO PRESENTE NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA, BIOLOGIA E QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO**. UNISUL, Tubarão, v. 2, n. 1, p. 1-13, Jan./Jun. 2009.

REIS, M. A. F.; SERRANO, A. **Uma análise do uso de simulações computacionais no ensino de colisões**. Anais do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Jaboticatubas: Sociedade Brasileira de Física, 2004.

SOBRE A ORGANIZADORA

Sabrina Passoni Maravieski - Possui graduação em Licenciatura em Física e Mestrado em Ciências/ Física, ambos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Atualmente é doutoranda na área de Ensino de Ciências nas Engenharias e Tecnologias pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. É também professora adjunta do Centro de Ensino Superior de Campos Gerais na cidade de Ponta Grossa. Ministra as disciplinas de: Mecânica dos Fluidos, Fenômenos de Transporte, Mecânica Aplicada, Eletricidade e Magnetismo, Física Atômica e Nuclear, Física da Ressonância Magnética Nuclear, Física das Radiações Ionizantes e Não Ionizantes e Física e Instrumentação Aplicada a Engenharia Biomédica; nos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Civil, Tecnologia em Radiologia, Pós -Graduação em Segurança do Trabalho e Imagenologia. Já atuou como professora de Ensino Médio em escolas pública e particular ministrando aulas de Física e Robótica.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-209-8

