



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

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 $\vec{F}_2 = \frac{d\vec{p}_2}{dt}$.

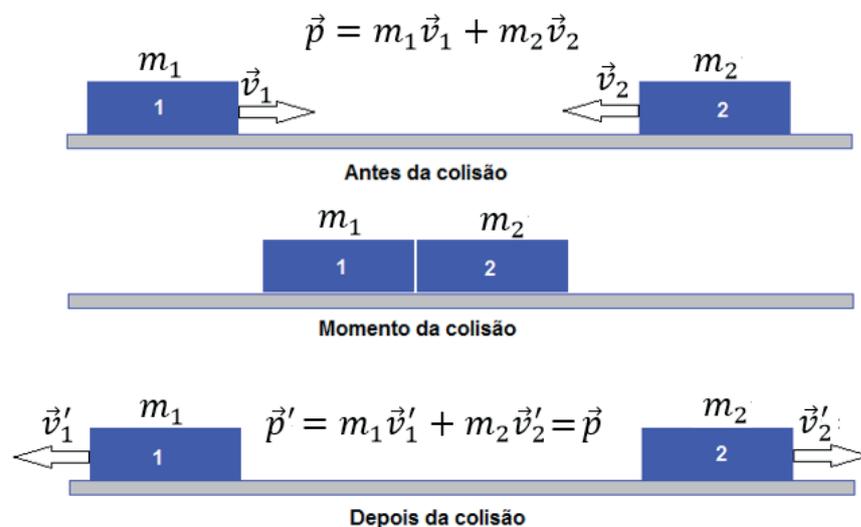


Figura 1. Colisão entre dois corpos sem a presença de forças externas.

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.

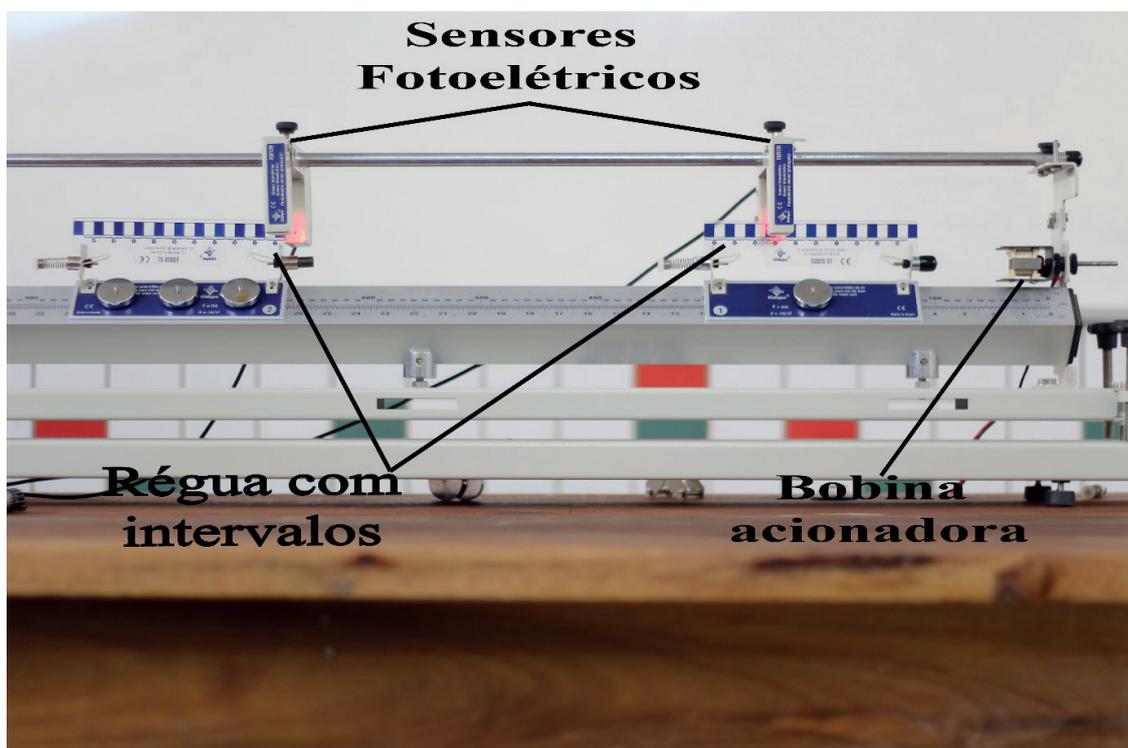


Figura 2. Aparato experimental.

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.

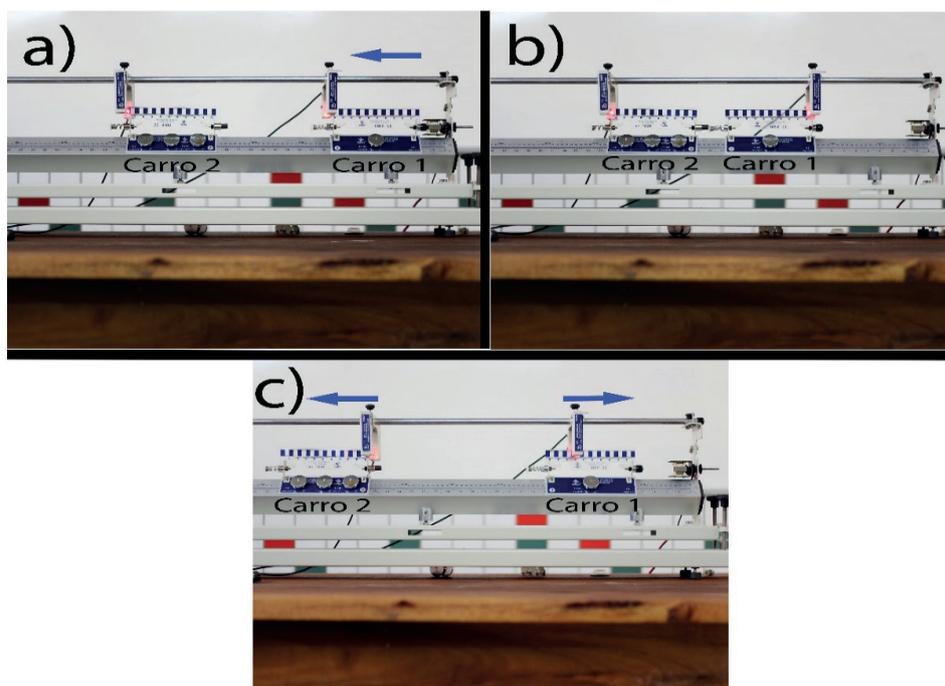


Figura 3. Imagens das etapas do movimento dos carros sobre o trilho de ar (a) início do movimento, (b) momento da colisão e (c) instante de tempo após a colisão.

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.

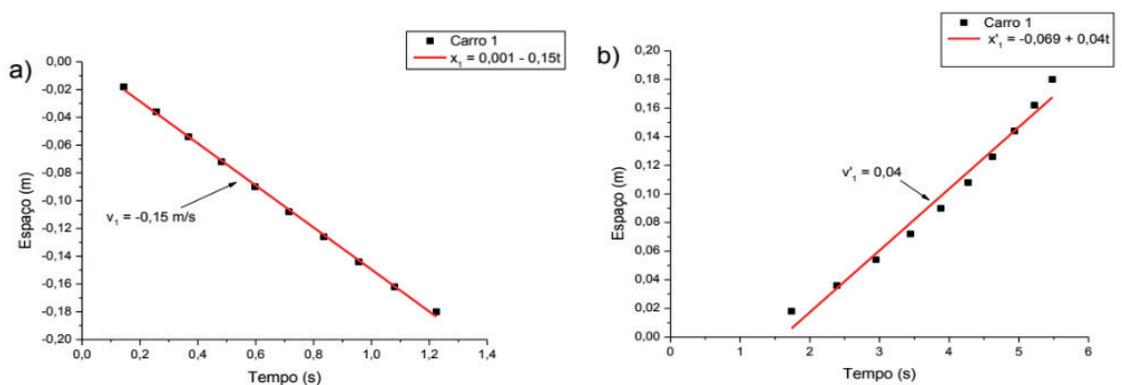


Figura 4. a) Distância vs tempo para o carro 1, antes da colisão e b) após a colisão coletados pela fotogate.

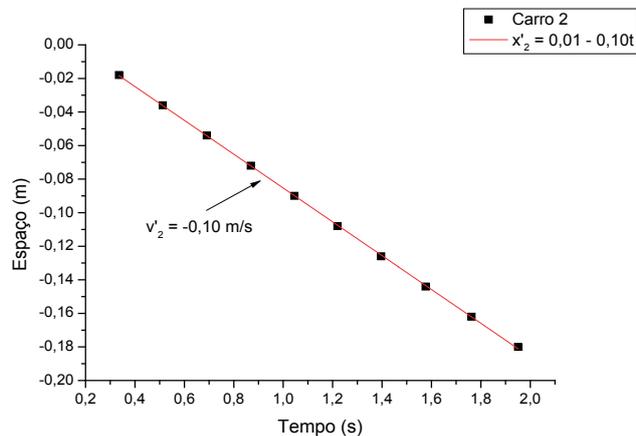


Figura 5. Distância vs tempo para o carro 2 após a colisão coletados pela fotogate. Antes da colisão esse carro permanece em repouso.

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.

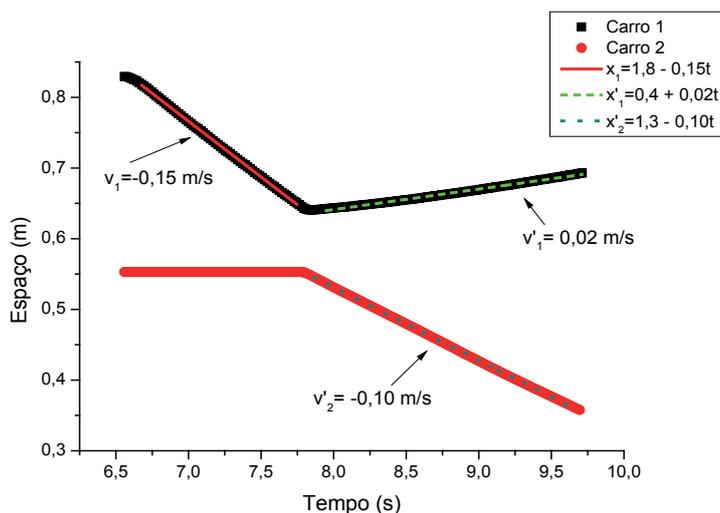


Fig. 6. Distância vs tempo para os carro 1 e 2 antes e após a colisão analisados pelo *software* CvMob.

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.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-209-8

