

UM NOVO PROGRAMA PARA UMA VELHA MECÂNICA

A NEW PROGRAM FOR THE OLD MECHANICS

Guilherme Frederico Marranghello[♦]

Universidade Federal do PAMPA

Resumo: Apresento, neste trabalho, uma proposta didática, aplicada em um curso de Física-I (Mecânica), em nível universitário. Esta proposta foi aplicada em uma turma do curso de Engenharia da Produção da Universidade Federal do Pampa. A sequência didática foi construída com base em 25 artigos voltados ao ensino de física. Os principais objetivos deste trabalho foram: i) verificar a aplicabilidade das atividades propostas em revistas científicas, de forma sequencial e ii) proporcionar um processo de ensino-aprendizagem mais prazeroso, motivador e capaz de colocar o aluno em um papel mais ativo de sua própria aprendizagem.

Palavras-chave: mecânica, artigos, Ausubel.

Abstract: I present, in this work, a didactic proposal, applied in a course of Physics I (Mechanics), at the university level. This proposal was applied to a class of the course of Production Engineering, Federal University of Pampa. The teaching sequence was constructed based on 25 articles aimed at teaching physics. The main objectives of this study were: i) verify the applicability of the proposed activities in scientific journals, in a sequential manner and ii) provide a teaching-learning process more enjoyable, motivating and able to put the student in a more active role in their own learning.

Keywords: mechanics, articles, Ausubel.

1. Introdução

Muito se fala sobre as dificuldades no ensino de física, mas também, muito se faz para contribuir com novas formas de ensinar. São aproximadamente 120 artigos publicados, por ano, apenas pela Revista Brasileira de Ensino de Física, pela revista Física na Escola e pelo Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Neste trabalho buscamos uma forma de integrar toda esta produção através de atividades relacionadas ao conteúdo de mecânica. Encontramos aproximadamente um terço dos trabalhos publicados nestas revistas contendo propostas de experimentos ou atividades didáticas referentes a tópicos de mecânica newtoniana, coincidentes com aqueles lecionados na disciplina de Física-I. A riqueza deste material proporcionou a seleção de 25 trabalhos que versam sobre cinemática, dinâmica e rotações, tornando possível o objetivo inicial da construção de uma disciplina totalmente baseada em artigos dirigidos ao ensino de física.

Mesmo com um conteúdo tão vasto de assuntos, experimentos e atividades didáticas propostas nestes artigos, é bastante recente a tendência de publicações sobre a aplicação dos mesmos. Esta tendência aparece somente após a criação de mestrados profissionais, onde a

[♦] gfmarranghello@gmail.com

aplicação de trabalhos em sala de aula é requisito fundamental para a conclusão do curso. Em um curso de especialização para professores de física e química, no município de Bagé, foi feita uma pesquisa sobre o uso de revistas como as que citamos aqui. O resultado é uma distância astronômica entre o professor do ensino médio e as revistas científicas voltadas ao ensino de ciências.

Sendo assim, os principais objetivos deste trabalho são: a) fazer uso deste material, tornando o ensino da Física-I mais contextualizado e prazeroso, como os próprios artigos sugerem; b) fazer do estudante um sujeito mais responsável por seu próprio aprendizado, deixando algumas das atividades a cargo do aluno e c) buscar uma aprendizagem mais significativa, tendo como consequência, a redução do elevado índice de evasão dentro da disciplina e o aumento do número de alunos aprovados ao final do semestre letivo.

O objetivo (a) serve, inclusive, como elemento norteador para a escolha dos trabalhos a serem desenvolvidos. Foram escolhidos trabalhos que descrevem *A física nas transmissões esportivas* (Medeiros, 2004), *Um foguete de garrafas PET* (Souza, 2007), *Inclinação das ruas e estradas* (Silveira, 2007) e *A física do vôo na sala de aula* (Studart & Dahmen, 2006), dentre outros. *A física nas transmissões esportivas* (Medeiros, 2004), apresenta locutores e comentaristas esportivos cometendo gafes científicas que, ao serem percebidas pelos estudantes, são discutidas e trabalhadas em sala de aula. No trabalho *Um foguete de garrafas PET* (Souza, 2007), como o próprio nome indica, a construção de um foguete serve como motivação para o estudo da conservação de quantidade de movimento. Ainda utilizamos os textos: *Inclinação das ruas e estradas* (Silveira, 2007), que sempre leva o aluno à procura de uma rua com inclinação superior àquelas apresentadas pelo professor e *A física do vôo na sala de aula* (Studart & Dahmen, 2006), foi muito útil para discutir o movimento relativo.

A proposta de realização de atividades práticas foi feita aos estudantes. Algumas das propostas, como aquela proposta em *Onde está o atrito? Discussão de dois experimentos que exemplificariam a lei da inércia* (Fernandes, Santos e Dias, 2005) foi apresentada em aula, pelo professor. Outras atividades foram solicitadas aos alunos, principalmente através da construção de alguns aparatos sugeridos nos artigos, desenvolvimento de vídeo-análise ou a elaboração de vídeos didáticos, com o intuito de atingir o objetivo (b). Em busca de uma aprendizagem mais significativa, citada no objetivo (c), foi realizada uma breve pesquisa sobre as concepções dos alunos sobre mecânica (Silveira, Moreira e Axt, 1992), além de utilizarmos o que consideramos como material potencialmente significativo (aqueles citados nos artigos). Ainda acreditamos que esta forma de trabalho proporcionou um exercício constante com outros dois aspectos da teoria de Ausubel: a diferenciação progressiva e, principalmente, da integração reconciliativa. Isto ocorreu porque o material disposto em artigos envolve uma diversidade de conteúdos que, tradicionalmente, seriam ministrados ao longo do semestre mas que, devido à metodologia de trabalho, quebrou a linearidade de apresentação destes conteúdos, passando a apresentá-los em diferentes momentos do curso. Os artigos foram selecionados de forma a partir dos conteúdos mais simples expostos em trabalhos que não possuíam grande quantidade de assuntos, no início do semestre e, ao final do semestre, foram utilizados artigos que possuíam tópicos que envolviam cinemática, dinâmica, colisões etc.

2. Fundamentação Teórica

São vários os trabalhos onde se procura classificar o uso do laboratório para o ensino de física e desenhar novos rumos para uma melhor utilização do mesmo, como em Araujo & Abib (2003) ou em Borges (2002). Uma vez que boa parte dos artigos apresentados aos alunos envolviam uma atividade experimental, descrevemos a aplicação das atividades deste trabalho dentro das classificações propostas por estes autores:

Borges classifica os objetivos do laboratório através de:

- i) verificar e comprovar leis e teorias científicas – Borges descreve este objetivo como “enganoso”, e este não fez parte dos objetivos deste trabalho;
- ii) ensinar o método científico – apesar de não constituir um objetivo deste trabalho e, segundo Borges, “A motivação para a atividade experimental dos cientistas é verificar se suas próprias idéias estão corretas” foi encontrado um exemplo onde, após uma avaliação onde havia uma questão sobre a Máquina de Atwood, dois alunos prepararam um experimento para verificar quem havia respondido à questão de forma correta. É possível descrever o comportamento destes alunos como uma busca de resposta, através de um experimento, cuja propriedade estava em debate devido a duas possibilidades apresentadas por diferentes soluções do problema;
- iii) Facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos – Citando Carey et. al. (1989), Borges escreve “Uma vez que os estudantes não são desafiados a explorar, desenvolver e avaliar as suas próprias idéias, e os currículos de ciências não oferecem oportunidades para a abordagem de questões acerca da natureza e propósitos da ciência e da investigação científica (Carey et al, 1989), a forma de trabalhar proposta proporciona o contexto adequado para a discussão desse tipo de questão”. Assim, desafiando os estudantes a realizar os experimentos, espera-se que tenham alcançado uma maior compreensão dos conceitos.
- iv) Ensinar habilidades práticas – Embora este não seja um objetivo, fica claro que a construção de experimentos deve desenvolver algumas habilidades. Borges, citando Millar, descreve o conjunto de habilidades descritas aqui dizendo que “há um conjunto de habilidades práticas ou técnicas básicas de laboratório que vale a pena ser ensinado, como por exemplo, aprender a usar equipamentos e instrumentos específicos, medir grandezas físicas e realizar pequenas montagens, que dificilmente o estudante tem oportunidade de aprender fora do laboratório escolar.”

Araujo e Abib descrevem os trabalhos recentes sobre propostas para o uso do laboratório através de:

- i) Ênfase matemática – Araujo e Abib distinguem os trabalhos experimentais entre qualitativos e quantitativos. Nesta experiência didática foram utilizados trabalhos tanto com caráter qualitativo como quantitativo;
- ii) grau de direcionamento – Os trabalhos transitaram entre os três graus descritos por Araujo e Abib, desde um caráter de demonstração, realizado pelo professor em sala de

- aula, passando por trabalhos cujo foco era a verificação de leis físicas até trabalhos com caráter mais investigativos, sendo estes últimos realizados em casa, pelos estudantes;
- iii) uso de novas tecnologias – Araujo e Abib descrevem o uso de novas tecnologias nos trabalhos e aqui podemos identificar o uso de técnicas de video-análise, para a determinação de parâmetros como aceleração de um carro ou da gravidade. Em nenhum momento foi utilizada alguma tecnologia para a coleta automática de dados, citado pelos autores como uma nova tecnologia;
 - iv) cotidiano – Salientando a necessidade de apresentar os conteúdos de física de forma que estes estejam presentes no dia-a-dia dos alunos, Araujo e Abib descrevem os trabalhos de acordo com a presença de uma relação com o cotidiano. Neste trabalho identificamos que alguns dos experimentos estavam diretamente ligados ao cotidiano;
 - v) montagem e equipamentos – Araujo e Abib ainda investigam quais trabalhos descrevem a montagem de equipamentos. Ao longo do semestre, os alunos foram instigados a construir equipamentos para realizar suas medidas.

Ainda podemos buscar a fundamentação de nosso trabalho na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (Moreira, 2005). Dentre os onze itens apresentados por (Moreira, 2005) para se atingir a aprendizagem

“[...] que permitirá ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela, manejar a informação, criticamente, sem sentir-se impotente frente a ela; usufruir a tecnologia sem idolatrá-la; mudar sem ser dominado pela mudança; viver em uma economia de mercado sem deixar que este resolva sua vida; aceitar a globalização sem aceitar suas perversidades; conviver com a incerteza, a relatividade, a causalidade múltipla, a construção metafórica do conhecimento, a probabilidade das coisas, a não dicotomização das diferenças, a recursividade das representações mentais; rejeitar as verdades fixas, as certezas, as definições absolutas, as entidades isoladas.”

citamos:

- 1) o Princípio do conhecimento prévio – buscamos trabalhar sobre as concepções alternativas que os alunos apresentaram nos testes apresentados no início da disciplina;
- 2) o Princípio da não centralidade do livro de texto – apresentamos aqui o principal elo de ligação entre nosso trabalho e a teoria por utilizarmos os artigos de ensino de física no lugar do livro texto;
- 3) Princípio do aprendiz como perceptor/representador – utilizamos trabalhos sobre a modelagem de sistemas físicos com o intuito de apresentar a física como uma representação da realidade;
- 4) Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas – a relação de troca entre professor e aprendiz se torna mais fácil e direta quando utilizamos os materiais descritos neste trabalho, de forma contextualizada e dinâmica;

- 5) Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino – os alunos foram instigados a participar e a atividade teria sido nula sem a participação destes. O desenvolvimento de discussões em sala de aula e a realização de atividades em casa, tornaram o aluno parte atuante em sua própria aprendizagem;
- 6) Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar. – mais uma vez, este, assim como outros tópicos que descrevem a aprendizagem significativa crítica, formaram parte fundamental do projeto desenvolvido o que, possibilitou a continuidade do trabalho.

3. Público Alvo

Este trabalho foi desenvolvido com uma turma da disciplina de Física-I, formada por calouros do curso de Engenharia da Produção da Universidade Federal do Pampa, no campus Bagé. Esta turma, bem como as outras turmas ingressantes na universidade, possui cerca de 50 alunos. A disciplina possui uma carga horária total de 60h, possibilitando dois encontros semanais, cada um com 1h50min de duração. Não foi apresentado nenhum questionário com a finalidade de investigar as características da população alvo deste trabalho, entretanto, por se tratar de uma turma de calouros do curso de Engenharia da Produção, a maioria dos estudantes eram egressos do ensino médio.

4. Metodologia de aplicação

O trabalho foi desenvolvido, inicialmente através de dois trabalhos: *Teste sobre as concepções relativas à força e movimento* (Silveira, Moreira & Axt, 1992) e *A queda dos corpos e o aristotelismo: Um estudo de caso do vestibular* (Caruso, 2008). Estes trabalhos foram utilizados para introduzir os conceitos de força antes mesmo de iniciar o estudo da cinemática e como forma de investigar as concepções dos alunos sobre mecânica. Estas atividades foram desenvolvidas em duas aulas, cada uma com 1h50min de duração.

Foram discutidos os textos *A física nas transmissões esportivas: uma mecânica de equívocos* (Medeiros, 2004), *A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física* (Brandão, Araujo & Veit, 2008), *Um interessante e educativo problema de cinemática elementar aplicada ao trânsito de veículos automotores - A diferença entre 60 km/h e 65 km/h* (Silveira, 2011) e *Um estudo de cinemática com câmera digital* (Castelli, Martins & da Silva, 2010), sendo este último uma atividade demonstrada em sala de aula e também requisitada aos alunos. Também foi solicitado aos alunos a confecção do trabalho *Re-editando o trem de Galileu: uma versão economicamente viável* (Lopes, Stein-Barana, Bortolin & Bortolin, 2007). Estes trabalhos foram utilizados para discutirmos um pouco de cinemática, sendo alguns deles baseados apenas em uma discussão conceitual (Medeiros, 2004), enquanto outros foram utilizados para desenvolver habilidades em exercícios práticos (Silveira, 2007). A modelagem de problemas físicos foi discutida em duas situações (Castelli, Martins e da Silva, 2010) e

(Brandão, Araujo e Veit, 2008). A figura 1 mostra o trabalho solicitado aos alunos: filmar o velocímetro de um automóvel, durante uma arrancada e/ou freada, construir um gráfico utilizando os dados coletados em vídeo e estimar o valor da aceleração do veículo.



Figura 1: Um quadro da filmagem do velocímetro de um automóvel.

Também foram apresentados os trabalhos *Variação da aceleração da gravidade com a latitude e altitude* (Lopes, 2008), discutindo o valor da aceleração, medida através de filmes de objetos em queda-livre. Ainda foi apresentado o texto *Podem molas em queda-livre ter aceleração maior que a da gravidade?* (Silveira & Axt, 2005), retornando à discussão sobre objetos em queda-livre. Estes trabalhos foram de grande utilidade para discutir o conceito de aceleração da gravidade e a queda dos corpos. Além dos alunos buscarem encontrar o valor da aceleração da gravidade através de vídeo-análise (figura 2), estes também foram instigados a avaliar o papel do ar na resistência ao movimento de queda. Os alunos ainda puderam determinar a aceleração da gravidade na Lua, utilizando o vídeo do experimento feito na Lua onde um astronauta deixa cair uma pena e um martelo. Esta última atividade foi desenvolvida a partir de uma estimativa da altura do astronauta e do tempo em que os objetos levam para chegar ao solo lunar. Estas atividades foram desenvolvidas em um total de 9 encontros, cada um com 1h50min de duração.



Figura 2: Medida do valor da aceleração da gravidade utilizando o filme de um objeto caindo.

O texto *Onde está o atrito? Discussão de dois experimentos que exemplificariam a lei da inércia* (Fernandes, Santos & Dias, 2005) foi discutido com experimentos realizados em sala de aula. Como o experimento consiste na colisão de duas moedas sobre uma mesa, para uma melhor visualização das atividades, o experimento com moedas foi mostrado em vídeo, em tempo real, utilizando a webcam do computador e um projetor multimídia. *A órbita da Lua vista do Sol* (Aguiar, Baroni & Farina, 2009) também foi utilizado na discussão sobre forças, bem como *Marés, fases principais da Lua e bebês* (Silveira, 2003), *Calculando o coeficiente de atrito entre superfícies com material alternativo* (Rocha, Sabino & Muramatsu, 2010) e *Inclinação de ruas e estradas* (Silveira, 2007). Estes artigos também são importantes para trabalhar concepções alternativas dos alunos. O primeiro (Fernandes, Santos & Dias, 2005), discute a existência de uma força atuando nas moedas e por isso não é possível utilizar a explicação de que a moeda cai dentro de um copo porque nenhuma força atuou sobre ela. Já no trabalho (Rocha, Sabino & Muramatsu, 2010), os alunos apontaram a órbita da Lua com uma distribuição de respostas similar ao encontrado no artigo. Este trabalho foi utilizado para a discussão sobre a relação entre força e aceleração, bem como sobre a aceleração centrípeta. Ainda, (Silveira, 2007) apresenta as inclinações de ruas e estradas, onde os alunos trazem uma concepção de que uma rua muito inclinada deve ter 30°, 50° ou até 70° de inclinação. Este trabalho também possui uma característica muito interessante para o uso em sala de aula por ser possível a sua utilização em diferentes etapas do curso, uma vez que ele pode ser utilizado desde uma simples discussão sobre ângulos e funções trigonométricas, passando por decomposição de vetores e o trabalho com forças, até o cálculo de potência de um automóvel. Mais 6 encontros foram utilizados para discutir estes trabalhos. Na figura 3 podemos encontrar uma rua em Bagé, cujo ângulo de inclinação foi determinado por um aluno.



Figura 3: Determinação da inclinação de ruas de Bagé.

Apesar dos trabalhos *A aerodinâmica da bola de futebol* (Aguiar & Rubini, 2004) e *A física do voo na sala de aula* (Stuart & Dahmen, 2006) não serem direcionados ao conteúdo de mecânica, estes trabalhos foram utilizados como temas instigantes com potencial motivador dentro da sala de aula. O trabalho de (Aguiar & Rubini, 2004) foi apresentado com uma breve explicação sobre o efeito Magnus, mas foi mais utilizado para atividades sobre forças e movimento. O mesmo ocorreu com o trabalho (Stuart & Dahmen, 2006), onde foram discutidos os princípios de funcionamento de um avião, trabalhando de forma mais incisiva na

decomposição de forças e movimento. Estes trabalhos foram apresentados em dois encontros. Os textos *Uma exposição didática de como Newton apresentou a força gravitacional* (Junior, Filho & Valle, 2004) e *Galileu, Descartes e a elaboração do princípio de inércia* (Porto & Porto, 2009) foram apresentados aos alunos como textos para leitura complementar.

Em seguida foram trabalhados os textos *Colisão elástica: um exemplo didático e lúdico* (Chesman, Salvador, Souza & Junior, 2005), *Colisão com efeito estilingue* (Silveira, Braun & Braun, 2010) e *Um foguete de garrafas PET* (Souza, 2007). Após a explicação do conteúdo e de cada artigo, todas estas atividades foram solicitadas aos estudantes, ainda acreditando que a construção destes equipamentos poderia levar os alunos a assumirem um papel mais ativo em seu próprio aprendizado. Foram utilizados 6 encontros para o desenvolvimento destas atividades.

Sobre rotação foram discutidos os trabalhos: *Medindo a velocidade de rotação da Terra sem sair de casa* (Schappo, 2009), *Construção do conceito de 'momento de uma força' a partir de experimentos relacionados ao cotidiano* (Ferreira, Santos & Dias, 2008), *Sem quebrar as taças* (Silveira, 1995), *Esfera em um plano inclinado: conservação da energia mecânica e força de atrito* (Silva, Silva, Precker, Silva, Soares & Silva, 2003) e *Tumbling toasts, Murphy's law and the fundamental constants* (Matthews, 1995). Estes trabalhos foram propostos aos alunos que construíram equipamentos e filmaram as atividades, construindo vídeos explicativos sobre cada atividade. Foram mais 4 encontros para a discussão destas atividades.



Figura 4: Aparato para determinar o momento de inércia de uma esfera.

5. Metodologia de Avaliação

Para verificar o potencial desta proposta foram pensadas as seguintes situações: i) resultados baseados em testes sobre concepções alternativas em mecânica; ii) permanência dos alunos na disciplina; iii) engajamento dos alunos nas atividades e iv) índice de aprovação na disciplina.

Testes sobre concepções alternativas

Foi apresentado, no início do semestre, um questionário sobre concepções alternativas, aos alunos da disciplina. A ideia era de após a realização do questionário, discutir a relação de força e movimento, trabalhando cada questão. Fazendo uma avaliação simples e direta, dividindo o número de acertos pelo número de respostas, foi obtido um índice 0,177. Após a discussão sobre a cinemática e algumas aulas sobre dinâmica, foi aplicado um novo teste sobre concepções alternativas na dinâmica, similar ao teste aplicado anteriormente. Desta vez o índice de acertos chegou a 0,476. A questão com menor índice de acertos foi novamente implementada em prova, chegando a um nível de acertos superior a 80%.

Permanência dos alunos

Um dado característico da disciplina de Física-I, na Universidade Federal do Pampa, demonstra o elevado índice de evasão. Um dos objetivos desta proposta era de reduzir o índice de evasão na disciplina, medido com o número de alunos que responderam às três provas do semestre. A primeira prova foi respondida por 46 alunos, enquanto a segunda prova teve 36 alunos e a terceira, 25 alunos.

Engajamento dos alunos

A melhor forma de avaliar o resultado desta proposta é verificando o grau de engajamento dos alunos nas atividades. Foi possível verificar que alguns alunos permaneceram restritos ao esquema de uma aula expositiva, principalmente devido ao fato de os trabalhos não serem obrigatórios para a avaliação final da disciplina, enquanto outros desenvolveram boa parte das atividades. Alguns dos alunos apresentaram um elevado grau de engajamento, produzindo trabalhos com elevada qualidade de produção. Foram 76 trabalhos entregues ao longo do semestre, sendo que 16 alunos não entregaram nenhum trabalho.

Índice de aprovação

Sem dúvida alguma, um objetivo que não é necessariamente o principal, mas que é certamente essencial é a análise do índice de aprovação na disciplina. Em uma turma composta por 50 alunos, foram 15 alunos aprovados ao final do semestre. Embora este seja um número insatisfatório, vale lembrar que este é um número levemente maior do que a média de aprovação da disciplina dentro do campus onde foi desenvolvida a atividade.

6. Resultados e Discussões

Foi apresentada uma seqüência de trabalhos científicos, publicados em revistas da área de ensino de física, de forma a lecionar uma disciplina totalmente baseada nestes trabalhos. A riqueza de trabalhos, publicados ao longo dos últimos anos permitiu a seleção deste material. O seu uso permitiu que os alunos se identificassem como membros de seu próprio aprendizado.

O primeiro, e mais evidente, resultado indica a possibilidade de trabalho destes artigos, de forma a organizar uma disciplina de mecânica, sem o uso do livro texto. A seqüência pode ser elaborada pelo professor, de acordo com suas necessidades, tanto para

serem aplicadas em sala de aula quanto para servir como textos de apoio. O segundo objetivo (proporcionar um processo de ensino-aprendizagem mais prazeroso, motivador e capaz de colocar o aluno em um papel mais ativo de sua própria aprendizagem) necessita de uma discussão mais extensa. Podemos dizer que o processo de ensino aprendizagem tornou-se mais prazeroso ao analisarmos os vídeos produzidos pelos alunos, onde um ambiente descontraído é visualizado na maioria dos vídeos. Alguns dos experimentos ou discussões apresentadas em aula, pelo professor também proporcionaram um ambiente mais prazeroso por, muitas vezes, trazer fatos cômicos, como os erros de narradores em locuções esportivas ou situações onde o professor era desafiado a realizar a atividade, como no caso da discussão da Lei da Inércia (Fernandes, Santos e Dias, 2005). Com certeza, estas atividades serviram a motivar os alunos, entretanto, ficou claro que as atividades não repercutiram da mesma forma em todos os alunos. Alguns alunos aceitaram desenvolver todas as atividades enquanto outros não participaram de nenhuma. A maioria dos alunos se restringiram às atividades de mais fácil desenvolvimento. O aluno teve um papel muito mais ativo no seu aprendizado, seja na confecção de experimentos, apresentação de vídeos ou dentro da aula, participando de discussões, não mais puramente teóricas e abstratas do livro didático, mas contextualizadas através dos problemas trazidos pelos artigos.

7. Referências

- ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. (2003). Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p.176-194.
- AGUIAR, C. E.; RUBINI, G. (2004). A aerodinâmica da bola de futebol, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 4, p. 297–306.
- AGUIAR, C. E.; BARONI, D.; FARINA, C. (2009). A órbita da Lua vista do Sol, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4301.
- BORGES, A. T. (2002). Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.3, p.291-313.
- BRANDÃO, R. V.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. (2008). A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de física. **Física na Escola** v. 9, n. 1, p.10-14.
- CAREY, S. et al. (1989). An experiment is when you try it and see if works. **International Journal of Science education**, v. 11, n.5, p.514-529.
- CARUSO, F. (2008). A queda dos corpos e o aristotelismo: Um estudo de caso do Vestibular. **Física na Escola** v. 9, n. 2, p.7-9.
- CASTELLI, F.; MARTINS, J. A.; DA SILVA, F. S. (2010). Um estudo de cinemática com câmera digital. **Revista Brasileira de Ensino de Física** v.32, n.1, 1503.
- CHESMAN, C.; SALVADOR, C.; DE SOUZA, E. S.; JÚNIOR, A. A. (2005). Colisão elástica: um exemplo didático e lúdico. **Física na Escola** v.6, n. 2, p.23-25.

FERNANDES, B. C.; SANTOS, W. M. S; DIAS, P. M. C. (2005). Onde está o atrito? Discussão de dois experimentos que exemplificariam a lei da inércia. **Física na Escola** v.6, n.2, p.17-19.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. (2008). Construção do conceito de 'momento de uma força' a partir de experimentos relacionados ao cotidiano. **Física na Escola** v. 9, n. 1, p. 37-39.

JUNIOR, O. F.; FILHO, M. M.; VALLE, A. L. (2004). Uma exposição didática de como Newton apresentou a força gravitacional, **Física na Escola**, v. 5, n. 1, p.25-31.

LOPES, D. P. M.; STEIN-BARANA, A. C. M.; BORTOLIN, L. R. M.; BORTOLIN, J. R. M. (2007). Reeditando o trem de Galileu: Uma versão economicamente viável. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 54-63.

LOPES, W. (2008). Variação da aceleração da gravidade com a latitude e altitude. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3: p. 561-568.

MATTHEWS, R. A. J. (1995). Tumbling toast, Murphy's Law and the fundamental constants. **European Journal of Physics**. v. 16, p. 172-176.

MEDEIROS, A. (2004). A física nas transmissões esportivas. **Física na Escola** v. 5, n. 1, p.7-14.

MOREIRA, M. A. (2005). Aprendizaje Significativo Crítico, Indivisa, **Boletín de Estudios e Investigación**, nº 6, p.83-101.

PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M. (2009). Galileu, Descartes e a elaboração do princípio da inércia, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4601.

ROCHA, M. N.; SABINO, A. R.; MURAMATSU, M. (2010). Calculando o coeficiente de atrito entre superfícies com material alternativo. **Física na Escola** v.11, n. 1, p.9-10.

SCHAPPO, M. G. (2009). Medindo a velocidade de rotação da Terra sem sair de casa, **Física na Escola**, v. 10, n. 2, p.29-31.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; Precker, J. W.; Silva, D. D. P. S.; Soares, I. B.; Silva, C. D. P. S. (2003). Esfera em Plano Inclinado: Conservação da Energia Mecânica e Força de Atrito, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Vol. 25, n. 4, p.378-383.

SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A.; AXT R. (1992). Estrutura interna de testes de conhecimento em física: um exemplo em mecânica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n.2, p.187-194.

SILVEIRA, F. L. (1995). Sem quebrar as taças. **Caderno Catarinense de Ensino de Física** v. 12, n. 2, p. 152-156.

SILVEIRA, F. L. (2003). Marés, fases principais da Lua e bebês, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.20, n.1, p.10-29.

SILVEIRA, F. L.; AXT, R. (2005). Podem molas em queda livre ter aceleração maior do que a da gravidade? **Física na Escola** v. 6, n.2, p.5-7.

SILVEIRA, F. L. (2007). Inclinação das ruas e estradas. **Física na Escola** v. 8, n. 2, p. 16-18.

SILVEIRA, F. L.; BRAUN, L. F. M.; BRAUN, T. (2010). Colisão com o efeito estilingue, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, 3305.

SILVEIRA, F. L. (2011). Um interessante e educativo problema de cinemática elementar aplicada ao trânsito de veículos automotores – a diferença entre 60km/h e 65km/h. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.28, n.2, p.468-475.

SOUZA, J. A. (2007). Um foguete de garrafas PET. **Física na Escola** v. 8, n. 2, p. 4-11.

STUDART, N.; DAHMEN, S. R. (2006). A física do voo na sala de aula. **Física na Escola** v. 7, n. 2, p. 36-42.