

Velocidades média e instantânea no Ensino Médio: uma possível abordagem

(Average and instantaneous velocities in High School: a possible approach)

P.V.S. Souza¹ e R. Donangelo

¹*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilópolis, Nilópolis, RJ, Brasil*
Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil

²*Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*
Instituto de Física, Facultad de Ingeniería, Montevideo, Uruguay

Recebido em 2/1/2012; Aceito em 25/6/2012; Publicado em 21/11/2012

Se, por um lado, histórica e conceitualmente, a cinemática é um dos tópicos mais importantes da física, por outro lado, tem ocupado um lugar cada vez mais discreto no currículo do Ensino Médio e já não motiva nem alunos nem professores. Concordemente, propomos neste artigo uma abordagem alternativa à proposta na maioria dos livros didáticos para os conceitos de velocidade média e instantânea pautada no construtivismo de Piaget e no ensino por investigação.

Palavras-chave: cinemática, velocidade média, velocidade instantânea.

While kinematics is, both historically and conceptually, one of the most important topics in Physics, it has occupied a progressively smaller place in the high school curriculum, and it no longer motivates neither teachers nor students. In order to attack this problem we propose an alternative approach to introduce the concepts of instantaneous and average velocities based on Piaget's constructivism and teaching through exploration.

Keywords: kinematics, average velocity, instantaneous velocity.

1. Introdução

O distanciamento entre a realidade vivida pelos alunos e aquilo que é ensinado nas escolas é gritante e salta aos olhos, em particular, no ensino de física, como aponta, por exemplo, M. Pietrocola [1]. Delimitemos nossa atenção à cinemática. Gradativamente, a cinemática tem ocupado um lugar cada vez mais modesto no currículo de física no Ensino Médio. A desilusão de professores e alunos com a cinemática se deve, pelo menos em parte, à forma como seus conceitos são tradicionalmente apresentados: distantes da realidade e exageradamente matematizados. De fato, a distância da realidade e os excessos matemáticos têm prejudicado a capacidade de raciocínio dos alunos e contribuído para formação de uma imagem errônea da física, de que esta é um acúmulo de fórmulas a serem decoradas e aplicadas em situações evidentemente artificiais.

Este ostracismo da cinemática se contrasta com sua importância para a física e para as ciências naturais em geral. Há quem diga que a cinemática deveria ce-

der lugar à dinâmica no currículo do Ensino Médio mas nossa posição é diametralmente oposta a esta. Não desejamos polemizar mas, lembramos ao leitor que o estudo do movimento é o germe da física, como a própria história da ciência testifica. Por exemplo, o que seria da ciência se o problema eleático² não tivesse sido proposto e subsequentemente solucionado por Aristóteles pela construção das primeiras categorias do pensamento em física [3, 4]? Pode-se construir o colosso do conhecimento (da física, neste caso) desconsiderando uma de suas pedras angulares? Estamos muito convictos de que nossos alunos não conseguirão organizar o quebra-cabeça da física Newtoniana num todo coerente se uma peça chave, a cinemática, estiver faltando.

Além disso, acreditamos que a cinemática tem uma significativa função propedêutica, e a consideramos fundamental para a compreensão cabal de outras grandes áreas da ciência. Em particular, o estudo da cinemática proporciona a familiarização dos estudantes com métodos que lhes serão úteis em muitas outras ocasiões e contextos. Por exemplo, considere o exercício

¹E-mail: paulo.victor@ifrj.edu.br.

²O problema eleático diz respeito à possibilidade ou não de movimento. Para mais detalhes, veja a Ref. [2].

de abstração que os rótulos de partícula e corpo extenso promovem e a exaltação da essência experimental da ciência que ocorre quando todo arcabouço conceitual da cinemática é construído a partir de duas grandezas que podemos medir, distância e tempo. Enfatizamos também a importância da cinemática na caracterização do papel da linguagem matemática no desenvolvimento e estudo das ciências físicas, como apontado, por exemplo, por A. Gaspar [5].

Haja vista a discussão realizada acima, consideramos injustificável o progressivo desaparecimento da cinemática do currículo de física básica assim como seu distanciamento da realidade. Apresentamos neste texto uma possível abordagem para os conceitos de velocidade média e instantânea no Ensino Médio. Este trabalho é uma parte de uma proposta mais abrangente desenvolvida por nós junto ao Programa de Pesquisa em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro [6]. Inicialmente, apresentamos um panorama geral da nossa proposta, e de alguns princípios que subsidiaram o seu desenvolvimento e aplicação. A seguir são discutidas as atividades em que os conceitos essenciais são construídos. Por fim, alguns resultados preliminares e comentários sobre os dividendos de nossa proposta são apresentados.

2. A proposta - uma visão geral

Inicialmente, nossa proposta considera seriamente a existência e persistência de concepções espontâneas sobre física nos alunos, como a literatura atesta [7–12]. Isso implica, em nosso caso, numa tentativa de ensinar tendo em vista aquilo que sabemos que os alunos têm uma maior dificuldade de aprender.

Entendemos que o aluno deve ser protagonista de sua própria aprendizagem. Assim, intentamos que nossa proposta estimule, resgate ou reconceitualize a sua intuição na aprendizagem e na solução de problemas de física. Acreditamos que o *Construtivismo* de Piaget seja a forma de pensar o processo de ensino-aprendizagem mais adequado em nosso caso. Além disso, imaginamos que o viés para desenvolvimento de nossa proposta sejam as *Atividades Investigativas*. O construtivismo de Piaget e o ensino por investigação são amplamente discutidos na literatura [13–19].

Em nossa proposta, preocupamo-nos com o desenvolvimento de competências que, segundo esperamos, devem ser úteis tanto na escola como fora dela; isso ocorre por meio do estudo de problemas concretos, com os quais é possível fazer corresponder a realidade vivida e observada pelos alunos. Ao passo que os conceitos não

são definimos ou enunciados, mas construídos, procuramos impelir os alunos a serem construtores ativos de seu próprio conhecimento.

3. A velocidade média - o problema da miniatura

Nossa proposta para construção do conceito de velocidade média consiste na investigação de um problema concreto: é a escala de uma miniatura de carro aplicável a sua rapidez? Nosso objetivo é que os alunos descubram uma forma de estimar a rapidez da miniatura, discutam a confiabilidade de seu método, determinem se a escala é aplicável ou não e, no processo, construam o conceito de velocidade média.



Figura 1 - A miniatura e a pista utilizadas na atividade 1.

Inicialmente, apresentamos aos alunos o carrinho e discutimos suas características. Depois de proposta a questão principal, a saber, a da escala, discute-se como é possível determinar a rapidez do carrinho. Esta última deve levá-los à construção de uma pista e à medição da rapidez da miniatura. Em nossa aplicação da proposta, a pista foi inicialmente marcada com giz no chão da quadra do colégio.³ As dificuldades inerentes em se medir o tempo, o que foi feito, por sugestão dos próprios alunos, com os cronômetros dos seus telefones celulares, permitiram-nos discutir a confiabilidade das medições e, conseqüentemente, dos resultados. Propõe-se então um critério mais preciso de medição, em que são utilizados recursos eletrônico-visuais. Um vídeo é produzido e, subsequentemente, analisado com o programa VirtualDub.⁴ Com este objetivo, remarcamos

³Embora nossa proposta consista numa investigação aberta, em geral é necessário que o professor direcione a discussão para que os objetivos sejam alcançados.

⁴O VirtualDub é um aplicativo livre que permite a edição e conversão de vídeos. Sua aplicação principal é como encoder, ou seja, para aplicar legendas em vídeos. Pode ser obtido diretamente no sítio <http://www.virtualdub.org/>. Com o VirtualDub o arquivo de vídeo pode ser acessado diretamente, por meio da opção “file” e, em seguida, “open”. Se abre imediatamente uma janela que permite procurar o arquivo e carregá-lo. Uma vez carregado o arquivo com o vídeo, o mesmo pode ser visto “frame a frame” por meio de um cursor interativo que reage aos movimentos do mouse.

a pista, desta vez, de metro em metro, com suportes de balão de festa que permitissem sua visualização no vídeo. No decurso das discussões, o conceito de velocidade média aparece naturalmente. A atividade é conduzida por meio de perguntas.⁵

O formato que escolhemos para esta atividade é ortogonal àquele adotado pela maioria dos livros didáticos onde, inicialmente, o conceito é apresentado e nomeado para, em seguida, ser aplicado; em nossa proposta, os alunos discutem a velocidade da miniatura sem saber que o estão fazendo. Depois desta etapa, o conceito é rotulado e hierarquizado.

4. A velocidade instantânea

A construção do conceito de velocidade instantânea parte novamente de um problema concreto: como se comparam as velocidades dos carros durante uma manobra de ultrapassagem exatamente no instante em que os carros estão emparelhados? Esta questão não é trivial. A pesquisa em ensino de física nos últimos anos revelou que a posição é freqüentemente utilizada pelos alunos para comparação de velocidades, o que os leva a concluir que carros que estão na mesma posição têm a mesma velocidade [10]. Além disso, esta concepção ingênua pode ser muito resistente [9]. Mostramos aos alunos uma simulação produzida na linguagem Flash em que ocorre uma corrida, onde uma ultrapassagem é apresentada.⁶ Pedimos aos alunos para comparar as velocidades dos carrinhos exatamente no instante em que os carrinhos estão emparelhados. Para isso, no entanto, precisamos de um método de estimativa da velocidade num determinado instante. O método é desenvolvido por meio da consideração de um problema análogo envolvendo o cálculo da média de altura de uma fileira de livros.

A idéia é calcular a média de altura da fileira para configurações diferentes, com cada vez menos livros; desejamos que os alunos percebam que a medida que reduzimos os livros que compõem a fileira, a média se aproxima da altura do livro que está no meio da fileira. Depois de desenvolver o método, retornamos ao problema inicial, à simulação, que pode ser estudada também pelo VirtualDub.⁷

Nosso objetivo é que os alunos se familiarizem com um método de estimativa da velocidade num instante determinado, comparem as velocidades exatamente quando os carros estão emparelhados e construam um conceito, ainda que apenas funcional, de velocidade instantânea.⁸ O questionário base desta ativi-

dade pode ser visto no Apêndice.

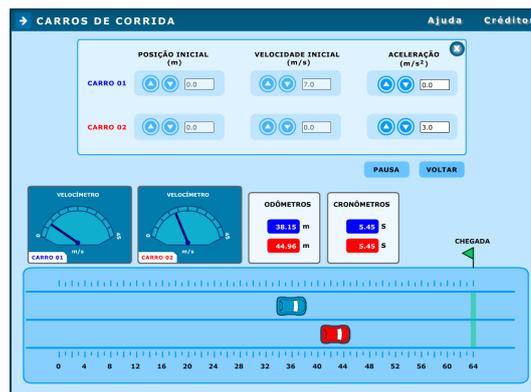


Figura 2 - A animação flash e a fileira de livros utilizada na atividade 2.

5. Comentários finais

Nossa pesquisa sobre o tema é um pouco mais extensa e abrangente do que a apresentada neste texto. O trabalho completo está disponível na página do Programa de Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro [6].

Este texto oferece uma possível abordagem para os conceitos de velocidade média e instantânea no Ensino Médio, que pode ser adequada a outras realidades. Resaltamos que nossa proposta não é única, e não a entendemos como uma panacéia, apenas como uma alternativa.

Nossa proposta foi aplicada, experimentalmente, em duas turmas da segunda série do C.E. Ministro Raul Fernandes, na cidade de Vassouras-RJ no primeiro semestre letivo de 2011. Na aplicação de todas as atividades, nas duas turmas, percebemos algumas coisas que consideramos muito positivas. Percebemos mudanças significativas na postura e participação dos alunos. Muitos daqueles que, em geral, eram apáticos,

⁵Para visualizar o questionário que norteou o desenvolvimento da atividade, veja o Apêndice.

⁶Este aplicativo, desenvolvido por Geraldo Filipe Souza Filho e Paulo Victor Santos Souza está disponível no endereço http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/artigos/2012_pvictor_1/simulacao_corrida.swf.

⁷O VirtualDub analisa arquivos de vídeo. Assim, para que a simulação possa ser analisada com o VirtualDub, pode-se produzir um vídeo a partir do conteúdo exibido na tela do computador. Programas como o Freez Screen Video Capture fazem isso. Este aplicativo pode ser obtido gratuitamente em <http://freez-screen-video-capture.softonic.com.br/>.

⁸Admitimos que o conceito de velocidade instantânea só pode ser completamente formulado por meio do cálculo diferencial e integral. No entanto, isso não justifica a exclusão deste tema do currículo.

envolveram-se ativamente nas discussões. Imaginamos que isso é devido a dois fatores: o tipo de questão proposta e a forma como as atividades foram desenvolvidas.

As questões formuladas não são triviais. Todavia, são convidativas no sentido de que os alunos verificam rapidamente que estão em condições de participar das discussões. Isso porque as questões remetem os alunos a problemas do cotidiano, concretos e bem definidos, nos quais é possível identificar elementos de sua própria realidade.

A forma como as atividades são desenvolvidas, segundo percebemos, também é um fator importante. Numa aplicação, todos os alunos foram dispostos em semicírculo e na outra, foram divididos em grupos de quatro alunos. Quando dispostos em semicírculo, os alunos foram orientados sobre como proceder durante a aplicação da atividade. Cada aluno deveria ler uma das questões propostas nos slides que foram projetadas na tela branca; cada questão foi apresentada em um slide. Depois que uma questão era lida por um dos alunos, o aluno que o sucedia no semicírculo era o primeiro a comentar a pergunta e/ou a elaborar uma estratégia para desenvolver uma solução. Depois deste esboço inicial, a discussão ficava aberta sendo apenas mediada pelo professor. Quando divididos em grupos, deveriam discutir entre si inicialmente cada questão e, em seguida, participar de uma discussão entre os grupos mediada pelo professor. No entanto, a opinião que deveria ser apresentada por cada grupo deveria representar um consenso e a cada “rodada”, um aluno de cada grupo era seu porta voz. As conclusões após cada discussão precisavam ser registradas no caderno por todos. Acreditamos que este método surtiu efeito: o desenvolvimento pareceu aos alunos quase como uma gincana, um jogo, em que a regra pítrea é que todos deveriam participar. Além disso, ressaltamos que a palavra “errado” não foi usada em nenhum momento. Quando uma resposta era circunstancialmente inapropriada, o professor questionava se alguém tinha uma opinião diferente. Uma idéia que nos parece clara agora é que o “clima” em que se desenvolve a atividade é fundamental para participação dos alunos. Eles precisam perceber que os problemas que estão sendo discutidos não apresentam, na maioria das vezes, resposta imediata. Sendo assim, suposições, corretas ou não, são bem vindas.

Percebemos que é possível construir uma abordagem para os conceitos de velocidade média e instantânea que seja razoavelmente rigorosa conceitualmente, partindo de problemas concretos, sustraídos da realidade vivida e observada pelos alunos, e onde os conceitos não são definidos ou enunciados, antes, são contruídos, discutidos e por fim, nomeados.

Segundo percebemos, investigar problemas cuja solução não seja imediata mas ainda assim pareça possível mostrou-se muito eficaz, senão para compreensão cabal dos conceitos físicos estudados, ao menos

na promoção de uma mudança atitudinal nos alunos que participaram ativamente de todas as atividades e pensaram, refletiram, discutiram e palpitararam mesmo quando a solução parecia distante.

6. Agradecimentos

Somos gratos aos professores Alexandre Carlos Tort e Carlos Eduardo Aguiar pela leitura do manuscrito e pelas sugestões. Consideramos que os comentários e sugestões do primeiro árbitro também nos foram muito úteis para o refinamento deste texto.

Apêndice

Apresentamos neste apêndice os questionários que nortearam o desenvolvimento de nossa proposta. O leitor interessado poderá acessar uma versão mais completa, com os questionários comentadas, no endereço http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/artigos/2012_pvictor_1/questionario.pdf. Acrescentamos que esta é uma fração de uma pesquisa mais abrangente desenvolvida por nós junto ao programa de pós graduação em ensino de física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro [6].

Velocidade média: o problema da miniatura

Este conjunto de atividades tem por objetivo principal a construção do conceito de velocidade a partir da consideração de um problema concreto a ser investigado. Começamos propondo um problema cuja solução, esperamos, leve os alunos a construir o conceito de velocidade.

1.1) Observem a expressão 1:10 na caixa. O que significa?

1.2) Será que o carrinho também é tão rápido quanto o carro real na escala 1:10? Ou seja, será que o carrinho é 10 vezes menos rápido do que o carro real?

1.3) Se uma Ferrari F248 real anda a 300 km/h nas retas, quantos metros anda em uma hora? Quantos metros anda em um minuto? Quantos metros anda em um segundo?

1.4) Para que o carrinho seja 10 vezes menos rápido do que o carro real, aproximadamente, quantos metros ele teria de andar em um segundo? Podemos verificar se isso é realmente assim? Lembre-se que o carrinho não tem velocímetro.

1.5) Como poderemos medir as distâncias? E o tempo?

1.6) Como faremos para verificar se medimos corretamente? Como podemos saber se não erramos na medida? Por exemplo, como saber se não erramos uma conta de multiplicar?

1.7) Qual o tamanho ideal para pista?

1.8) Queremos determinar a quantidade de metros que o carrinho percorre por segundo para comparar com o resultado que obtivemos na questão 1.3. Já temos uma medida de distância, por meio das referências da pista, e já sabemos como medir o tempo, por meio do cronômetro do celular. No entanto, como calcularemos quantidade de metros que o carrinho percorre por segundo?

1.9) Vamos nos inspirar: Suponha que após um ano guardando dinheiro da mesada, Carlos juntou 3000 reais. Em média, quanto poupou por mês?

1.10) No exercício anterior, tomamos o valor total poupado por Carlos e dividimos pelo tempo, em meses, que ele demorou para reuni-lo. O resultado nada mais é do que a relação R\$ /mês, ou seja, a quantidade de dinheiro que, em média, ele guardou a cada mês. Se ao invés de dinheiro (R\$) tivéssemos a distância percorrida pelo carrinho (metros), qual será o significado de dividir essa distância pelo tempo? Vamos explorar esta questão.

1.11) Qual é a relação metros/segundos para o movimento do carrinho? Lembre-se do que fizemos na questão 1.9. O que representa esta relação? Em outras palavras, o que nós calculamos? Ou ainda, que informação do carrinho está contida na relação metros/segundos?

1.12) A Ferrari real e a miniatura alcançam, dentro da escala informada pelo fabricante, a mesma velocidade numa situação ideal?

1.13) Como podemos verificar a confiabilidade do procedimento que realizamos? Como se faz isso nos esportes em geral, como por exemplo, no atletismo?

1.14) Como podemos utilizar recursos eletrônicos e/ou áudiovisuais para verificar a confiabilidade de nosso experimento?

1.15) Utilizando o programa VirtualDub, analise o vídeo. Quanto tempo o carrinho demora para percorrer cada metro? Em média, quanto tempo demora o carrinho para percorrer um metro?

1.16) Ainda utilizando o VirtualDub, você consegue estimar que distância o carrinho anda, em média, por segundo?

1.17) Os dois métodos oferecem o mesmo resultado?

1.18) Quantos quilômetros o carrinho andaria em um hora?

1.19) Vamos explorar um pouco mais este ponto: A que velocidade em km/h corresponde uma velocidade de 35 m/s? Vamos nos inspirar: Uma pessoa ganha 3000 por mês, quanto ganha por dia? E por hora, se trabalha cinco dias por semana, oito horas por dia? Quanto ganha em dólares? E em euros? Consulte as taxas de conversão na internet.

Passemos agora ao segundo questionário, que orienta o desenvolvimento da atividade que visa a construir o conceito de velocidade instantânea.

2.1) Veja a animação que se segue e determine a velocidade média de cada um dos carrinhos.

2.2) A velocidade do carrinho vermelho é a mesma durante todo o percurso? Exatamente no momento em que os carrinhos estão emparelhados, que carrinho se movimenta mais rápido? Quanto mais rápido? Justifique.

2.3) Qual a média de altura dos livros?

2.4) O resultado mudaria se tirássemos alguns livros da fileira? Qual seria o menor valor possível para a média? E o maior?

2.5) Qual a média de altura dos onze livros localizados mais no centro da fileira? Repita o procedimento para os nove, sete, cinco livros localizados mais ao centro da fileira.

2.6) Conforme tiramos livros, a média se modificou? Aumentou ou diminuiu? Repita o procedimento para os três livros localizados mais ao centro da fileira. A média mudou novamente? Aumentou ou diminuiu?

2.7) Deveras, à medida que restringimos o número de livros, a média se aproxima da altura do livro que está no meio. Qual seria a média se cortássemos longitudinalmente os dois livros que estão em volta do livro central em dois pedaços, de modo que seu “peso” estatístico no cálculo da média fosse reduzido à metade?

2.8) Repita o procedimento, considerando agora apenas 1/4 e, em seguida, 1/8 dos livros nas bordas da fileira. Qual o valor da média neste caso?

2.9) Perceba que a média se aproxima da altura do livro que está no meio. Esta afirmação independe do livro está no meio? Modifique o livro do meio e verifique realizando novamente o procedimento descrito acima.

2.10) Igualmente, ao estimarmos a velocidade média de móvel por meio do VirtualDub, obtemos a média a partir de informações de vários instantes. No entanto, se nos restringirmos aos instantes próximos daquele que queremos estudar (tão próximos quanto possível), nos aproximamos do valor da velocidade no instante desejado! Teste este método para tentar resolver a questão 2.2.

2.11) Repita o procedimento anterior. No entanto, considere dois, três e quatro instantes em volta do desejado. O que ocorre com a valor da velocidade?

Referências

- [1] M. Pietrocola, in *Ensino de Física, Conteúdo, Metodologia e Epistemologia no Conceção Integradora*, organizado por M. Pietrocola (Editora da UFSC, Florianópolis, 2005), 2ª ed., p. 9-32
- [2] W.K.C. Guthrie, *The Greek Philosophers (from Thales to Aristotle)* (Methuen & Co. Ltda, London, 1950); republicado em 1967, 1978 (citações referem-se à publicação de 1978).
- [3] Aristóteles, in *Great Books of the Western World*, edited by R.M. Hutchins (Encyclopædia Britannica, Chicago, 1952), 54 vols., v. 8.

- [4] Eduard Jan Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture*, traduzido para o inglês por C. Diskhorn (Oxford University Press, Oxford 1961, 1969, Princeton University Press, Princeton, 1986).
- [5] A. Gaspar, Caderno Catarinense de Ensino de Física, **11**, 7 (1994).
- [6] P.V.S. Souza, *Uma Abordagem para os Conceitos de Velocidade e Aceleração no Ensino Médio*. Tese de Mestrado em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Disponível no formato virtual no endereço http://omnis.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Paulo_Victor_Souza/dissertacao_Paulo_Victor_Souza.pdf.
- [7] J. Piaget, *The Child's Conception of Movement and Speed* (Basic Books, INC., New York, 1970).
- [8] J. Piaget e E. McNear, Archives de Psychologie **XXXVI**, 253 (1958).
- [9] L.C. McDermott and D.E. Trowbridge, American Journal of Physics **48**, 1020 (1980).
- [10] O.P.B. Teixeira, *Desenvolvimento do Conceito de Velocidade: Um Estudo a Partir de Questões Típicas*. Tese de Mestrado em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 1985.
- [11] L.C. McDermott and M.L. Rosenquist, American Journal of Physics **55**, 407 (1987).
- [12] A. Arons, *Teaching Introductory Physics* (John Wiley & Sons, New York, 1997).
- [13] J. Piaget e B. Inhelder, *A Psicologia da Criança* (Difel, Rio de Janeiro, 1978).
- [14] L.C. Gomes e L.N. Bellini, Revista Brasileira de Ensino de Física **31**, 2301 (2009).
- [15] L. Ferracioli, Caderno Catarinense de Ensino de Física **16**, 180 (1999).
- [16] J. Filocre, Caderno Catarinense de Ensino de Física **3**, 85 (1986).
- [17] D. Munford e M.E. Lima, Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências **7**, 72 (2007).
- [18] B.A. Rodrigues e A.T. Borges, in *Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Curitiba, 2008, disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/atas/listaresumos.htm>.
- [19] M.C. Azevedo, in *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*, organizado por A.M.P. Carvalho (Thomson, São Paulo, 2004), p. 19-34.