PUC Minas
A B A K Ó S
Instituto de Ciências Exatas e Informática

Licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported

Utilização de TIC para o estudo do movimento: alguns experimentos didáticos com o software *Tracker*[*]

ICT with the free software Tracker for the study of movement: a few didactic experiments

Jorge Alberto Lenz[1]
Nestor Cortez Saavedra Filho[1]
Arandi Ginane Bezerra Jr[1]

Resumo

Neste trabalho é relatada uma experiência referente ao uso da videoanálise no Ensino de Física, por meio do programa livre Tracker. Apresentamos resultados referentes à coleta, análise e modelamento dos dados relativos a uma atividade experimental sobre o movimento parabólico. Para isso, foi utilizado o lançamento de um carrinho de brinquedo. Neste contexto situamos a videoanálise como exemplo de uma Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) no Ensino de Física. Videoanálise refere-se à decomposição de vídeos de movimento quadro a quadro para que os processos físicos possam ser acompanhados. Assim, percebe-se a evolução das grandezas físicas fundamentais do movimento. Neste processo, os estudantes podem tornar-se agentes centrais e ativos nas atividades experimentais ao filmar os experimentos, obter e tratar seus respectivos dados. Nosso projeto também inclui o desenvolvimento de manuais e cursos sobre videoanálise para professores em formação. Entendemos que esta TIC surge como uma importante alternativa a ser usada nos diversos níveis de ensino e como forma de incrementar as aulas de Física tanto no ensino superior quanto no ensino médio, em especial no sistema educacional brasileiro.

Palavras-chave: Videoanálise. *Tracker*. Atividades experimentais em Física. Tecnologias da Informação e Comunicação. *Softwares* livres.

[*]Submetido em: 13/03/14 - Aceito em: 21/03/2014

[1]Docentes do Departamento Acadêmico de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, lenz@utfpr.edu.br, nestor@utfpr.edu.br, arandi@utfpr.edu.br.

Abstract

We report on the use of videoanalysis in Physics Education, through the free software Tracker. Our results encompass data collection, data analysis, and modelling related to experimental activities, in particular, parabolic motion. Toy cars were used with Tracker in most of the experiments. We aim at presenting videoanalysis as a real-life example on how Information and Communications Technology (ICT) could be used in Physics Teaching. By videoanalysis we mean the process of frame by frame video decomposition, which allows for the study of motion related physical phenomena. In this sense, important physical quantities can be studied in a process where students may act as central agents in their learning progress: they are urged to film the experiments, and to collect and treat their own experimental data. Our approach also includes the development of user manuals and courses on how to use videoanalysis, aiming at physics teachers' training and formation. We state that Tracker is an ICT that emerges as an important alternative to the improvement of Physics Teaching in both high school and university levels, with significant impact in the Brazilian educational system.

Keywords: Videoanalysis. *Tracker*. Experimental activities in Physics. Information and communications technology. Free software.

1 INTRODUÇÃO

Ensinar – e aprender – por meio de atividades experimentais é importante para a formação de cientistas, de professores de Física e de cidadãos. Destacamos a Física Experimental, no contexto do Ensino de Física, porque entendemos haver uma conexão fundamental entre os aspectos fenomenológicos das ciências experimentais e a compreensão das diversas linguagens a partir das quais são construídos os conceitos científicos (CHAVES; SHELLARD, 2005). Neste sentido, as tecnologias de informação e comunicação (TIC) constituem parte fundamental das estratégias a serem dominadas pelos professores e, ao mesmo tempo, precisam estar acessíveis aos profissionais da educação, aos estudantes e às instituições de ensino. Atualmente, há uma série de discussões e reflexões a respeito de como se ensinar aspectos do processo científico e, em particular, da experimentação em aulas de Física (GALVEZ; SINGH, 2010; ETKINA et al., 2002; CHAGAS; MARTINS, 2009). No contexto brasileiro, a pesquisa e divulgação de novas tecnologias educacionais despontam como importante área de pesquisa (STORI et al., 2009), para o que destacamos a importância de se conjugar baixo custo com alta qualidade acadêmica.

Neste trabalho, apresentamos resultados obtidos em projeto relacionado ao desenvolvimento de experimentos significativos e ao desenvolvimento de estratégias para popularizar o uso do software livre Tracker (BROWN, 2010). Trata-se de programa destinado à análise quadro a quadro de vídeos de movimento, ou seja, à videoanálise. Abordamos a possibilidade de tratar assuntos importantes da física básica (mecânica) por meio da videoanálise. Além disso, demonstramos que em poucas aulas é possível ensinar a utilização deste software para estudantes de licenciatura em Física, de modo que mesmo usuários relativamente inexperientes (no que diz respeito ao uso de tecnologias educacionais) tornam-se capazes de empregá-lo na realização de experimentos significativos de Física.

1.1 Problema motivador

Ainda que as pesquisas na área de Ensino de Física tenham avançado significativamente nas últimas décadas, há motivos para preocupação. Por exemplo, quando se trata da formação de professores, há muito que se fazer no sentido de prepará-los para utilizar as TIC com autonomia, qualidade e criticidade. Além disso, há que se encontrar diversas formas de bem equipar os laboratórios das instituições de ensino em todos os níveis (GALVEZ; SINGH, 2010; BEZERRA-JR et al., 2009). No caso específico da rede pública de diversos estados, por exemplo, além da carga horária das aulas de Física no ensino médio ser baixa, são poucas as escolas que dispõem de laboratórios para as atividades experimentais (STORI et al., 2009). Neste sentido, é importante investigar alternativas e possibilidades educacionais que contribuam para a melhoria do processo educativo.

É comum, no dia a dia do Ensino de Física, o professor fazer uma pequena apresentação sobre o assunto a ser estudado, usando fórmulas matemáticas e resolvendo problemas, numa abordagem que, na maioria das vezes, não vem acompanhada de atividades experimentais ou demonstrações em laboratório. Por outro lado, quando as atividades de laboratório são realizadas, há uma tendência em se utilizar roteiros fechados, o que não incentiva momentos de reflexão nem o aprofundamento de discussões acerca dos conteúdos (ARAÚJO; ABIB, 2003). Em vista disso o processo de ensino-aprendizagem faz-se desinteressante, porque os estudantes tornam-se "usuários de fórmulas" que não têm relação com outros campos da cultura e da sociedade, e cria-se um abismo entre o que poderia ser ensinado e o que é, de fato, aprendido. Além disso, este processo inibe o desenvolvimento criativo e a apropriação crítica dos conteúdos. Em nossas abordagens, entendemos que o Ensino de Física deve ser baseado "na busca de soluções para problemas consistentemente formulados" (DELIZOICOV, 2005) e é nesse contexto que trabalhamos com o desenvolvimento, a divulgação, o ensino e o uso das tecnologias educacionais, em especial, a videoanálise com o Tracker.

Atualmente, nosso trabalho tem por objetivo principal apresentar a professores em formação o software livre Tracker, discutir e explorar seu uso e potencialidades e contribuir com o desenvolvimento da autonomia crítica dos mesmos. Pretendemos ainda criar mais alternativas no que tange ao uso de TIC em sala de aula.

1.2 Videoanálise no Ensino de Física

Há diversas situações de ensino em que somente o uso das tecnologias permite, por exemplo, a realização de medições que podem ser fundamentais no processo de aprendizagem (VEIT, 2005). Um dos obstáculos que se coloca para a utilização destas tecnologias no ensino é o custo elevado de equipamentos de laboratório e das tecnologias proprietárias (hardware e software). Neste contexto, é importante o desenvolvimento e a difusão de tecnologias livres que apresentem, ao mesmo tempo, qualidade, flexibilidade de uso e baixo custo, de modo a que sejam compatíveis com a realidade educacional brasileira (BEZERRA-JR et al., 2009, 2012). Assim, optamos por explorar o software livre Tracker (BROWN, 2010), filiado ao projeto Open Source Physics (OPEN SOURCE PHYSICS, 2010), este relacionado ao desenvolvimento de programas com códigos abertos destinados ao ensino de Física. O programa Tracker permite realizar análise de vídeos quadro a quadro, com o que é possível o estudo de diversos tipos de movimento a partir de filmes feitos com câmaras digitais ou webcams e computadores comuns. Entendemos que, através do uso desta tecnologia, professores e estudantes de Física têm condições objetivas de desenvolver experimentos significativos e atividades de laboratório de baixo custo, mas alta qualidade acadêmica. Sendo um software livre, pode ser obtido e repassado livremente e também está aberto a modificações realizadas pelo usuário. Além disso, é um software de fácil aprendizagem, o que torna simples seu uso na obtenção de informações relevantes

em experimentos de Física (BROWN; COX, 2009; BEZERRA-JR et al., 2012).

2 DESENVOLVIMENTO

Desde 2009, temos realizado diversos experimentos de mecânica para explorar as possibilidades e limitações do Tracker. Avaliamos aspectos de software e de hardware, tais como instalação do programa, máquinas fotográficas apropriadas, capacidade de processamento dos computadores, programas auxiliares necessários. Estudamos também elementos objetivos da experimentação como condições de iluminação e o tempo didático necessário para a realização dos experimentos (incluindo montagem, coleta e tratamento de dados e discussão dos resultados). Com o consentimento do desenvolvedor do software, e a fim de facilitar sua utilização por usuários brasileiros, traduzimos o programa para o português (BROWN, 2010; OLIVEIRA; ALESSI; SANTANA, 2010).

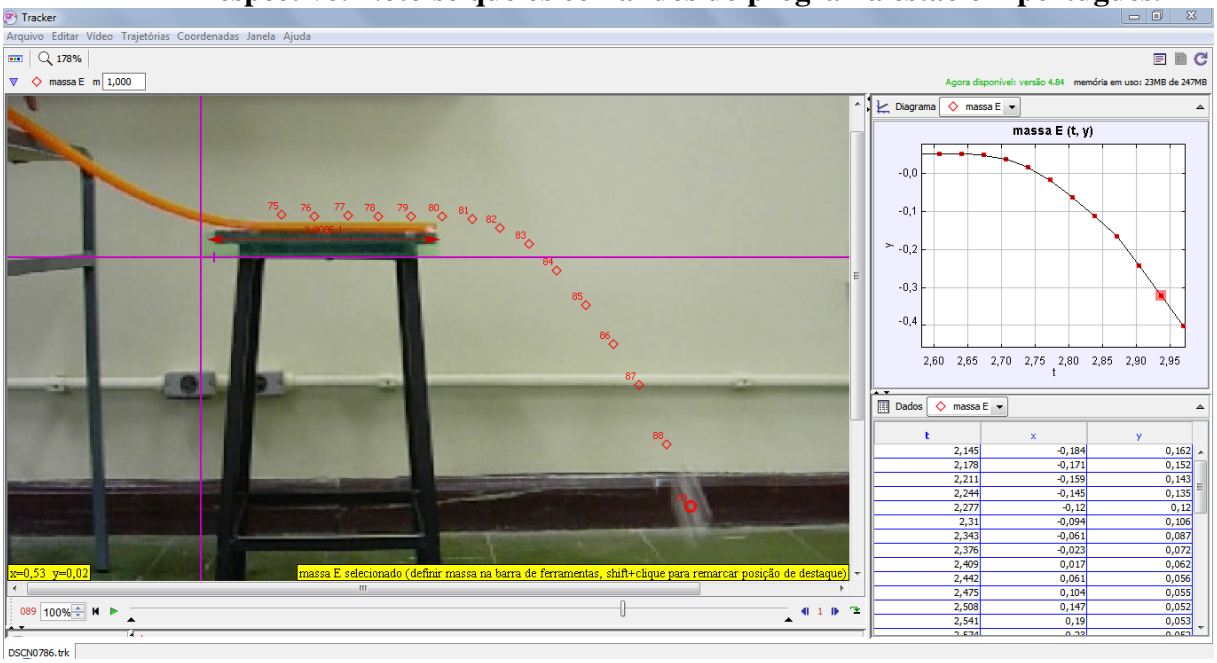
Dentre os experimentos de Física realizados, destacamos aqueles envolvendo MRU, MRUV, MCU, queda livre, máquina de Atwood, conservação do momento linear e movimento parabólico. Note-se que todas estas experiências envolvem a medição da posição de um móvel em função do tempo. Nos laboratórios de ensino, isto é geralmente feito com o uso de sistemas tipo fotogate, que demandam circuitos eletrônicos contendo muitos cabos e que têm a limitação de fornecer apenas alguns pares de pontos experimentais para análise. No caso em que interessa, por exemplo, demonstrar que a relação funcional entre estes pontos é uma parábola (como num experimento de queda livre, ou de movimento parabólico), é importante haver diversos pontos experimentais. E isto é muito facilitado com o uso da videoanálise. Neste sentido, o Tracker permite capturar vídeos gravados com câmeras digitais comuns em taxas da ordem de dezenas de quadros por segundo. Por exemplo, com 20 quadros por segundo, o que é um recurso presente mesmo em câmeras digitais de baixo custo, a separação temporal entre quadros será de 0,05s. Assim, após capturar o vídeo, é possível criar um mapa de movimento quadro a quadro do objeto cujo movimento está sendo estudado. Com isto, pode-se obter com relativa facilidade dezenas de pontos experimentais a serem analisados a fim de confirmar, investigar, desenvolver e explorar as teorias físicas.

2.1 As atividades experimentais

Na Figura 1, apresentamos uma tela típica do Tracker, refernte a um experimento de movimento parabólico, no qual um carrinho de brinquedo foi solto do topo da rampa (em laranja na foto) a partir do repouso. Na parte esquerda da tela, aparece recorte da filmagem realizada, com uma câmera comum, pelos estudantes. Notem-se os pontos (em vermelho) que representam

o movimento do carrinho, quadro a quadro, conforme processado pelo Tracker. Abaixo, à direita, é possível observar uma tabela com os dados de posição em relação ao tempo (X,Y, t) e também um gráfico destes valores (acima). Em nossos trabalhos, geralmente exportamos os dados de posição e tempo para outro programa, por exemplo, o BrOffice, a fim de fazermos a análise gráfica (ajuste de curvas).

Figura 1 – Tracker e a experiência de movimento parabólico. À esquerda, os pontos em vermelho representam quadros sucessivos do movimento. À direita, é apresentada uma tabela com os dados de posição e tempo, bem como seu gráfico respectivo. Note-se que os comandos do programa estão em português.



Fonte: Dados da pesquisa

Nas Figuras 2a, 2b e 2c são apresentados resultados experimentais obtidos na atividade investigativa correspondente à Figura 1.

O tratamento dos dados experimentais da Figura 2b conduz a 9,8m/s^2 para a aceleração da gravidade. Observa-se ainda que o erro experimental associado aos experimentos aqui expostos é da ordem de 5% e que os ajustes matemáticos de cada uma das curvas fornecem valores para os coeficientes de determinação (ou R^2) iguais a 0,99.

Ainda com relação às Figuras 2a, 2b e 2c, é importante, por exemplo, ressaltar em aula a comparação entre os gráficos (Y *versus* t) e (Y *versus* X). É frequente, no processo de ensino-aprendizagem de cinemática a confusão, por parte dos alunos, do gráfico da posição pelo tempo com a trajetória do movimento. No caso do movimento parabólico, esta confusão é ainda mais flagrante pelo fato dos dois gráficos supracitados serem parábolas. A manipulação dos dados via Tracker, por parte dos estudantes, é decisiva para que tal confusão seja evitada. Além disso, o uso do Tracker também serve de importante apoio para a exploração dos livros-textos e livros de divulgação científica. A dinâmica das aulas permite ainda incluir discussões sobre os procedimentos experimentais, sobre o tratamento e a análise de dados e também aspectos históricos relacionados ao experimento. Nessas aulas, além dos livros de texto usuais, podem

Figura 2a. Os quadrados representam pontos experimentais da posição horizontal em função do tempo. A linha vermelha é uma reta que corresponde à regressão matemática dos pontos, portanto, o movimento nesta direção apresenta aceleração nula.

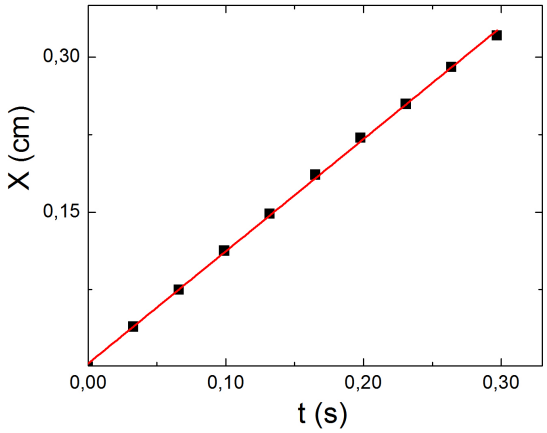


Figura 2b. Os quadrados representam pontos experimentais da posição vertical em função do tempo. A linha vermelha é uma parábola que corresponde à regressão matemática dos pontos, portanto, o movimento é acelerado.

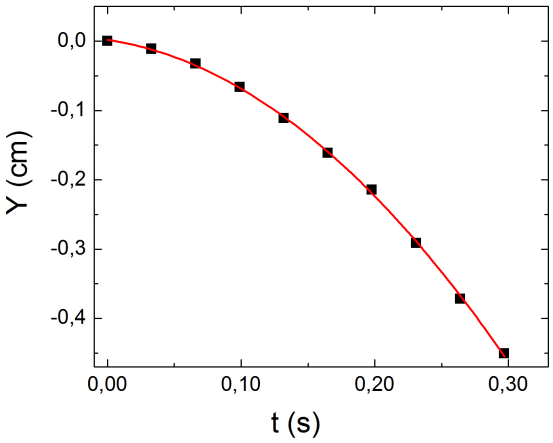
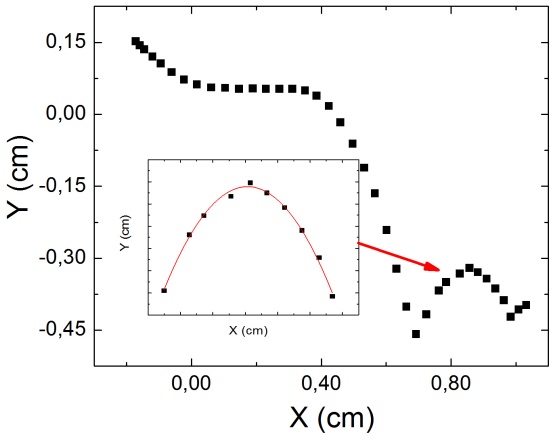


Figura 2c. Os quadrados representam pontos experimentais da posição vertical em função da posição horizontal para todo o movimento, incluindo o repique do carrinho após bater no chão (indicado pela seta vermelha). Inserido na figura está o gráfico (linha vermelha) que representa o ajuste matemático para os pontos do repique: trata-se de uma parábola, conforme definição deste movimento.



ser utilizados livros de divulgação, como por exemplo, o de Von Baeyer (VON-BAEYER, 2004) e textos de Galileu (GALILEI, 1954), de modo que conteúdos muitas vezes explorados de maneira burocrática adquirem o condão de despertar a curiosidade e o diálogo (FREIRE, 1997).

2.2 O curso introdutório sobre o *Tracker*

Tendo em vista a divulgação e popularização do uso da videoanálise, outro aspecto importante deste trabalho foi a criação de um minicurso sobre o Tracker. Organizamos uma sequência de duas aulas expositivas com 2 horas de duração. Na primeira delas, o programa foi apresentado e dicas de uso foram dadas, juntamente com a ilustração de algumas possibilidades de uso do Tracker em experimentos de mecânica que desenvolvemos (por exemplo, a experiência do movimento parabólico descrita anteriormente). Na segunda aula, propusemos aos participantes a realização de experimentos simples (por exemplo, o experimento de queda livre). Também organizamos e distribuímos diversos CDs contendo o programa, endereços úteis e os manuais de utilização que criamos. Assim, os estudantes puderam explorar o uso do software, com a nossa supervisão. Ao final das atividades, sugerimos que os participantes realizassem experiências diversas fora do ambiente da sala de aula e, para fins de avaliação do trabalho, pedimos que fossem apresentados relatórios com os resultados por eles obtidos. Estes relatórios foram entregues três semanas depois da realização do curso acima descrito. Neste período, os estudantes puderam interagir com os responsáveis pelo curso, pessoalmente e por *e-mail*. Desta forma, foi-nos possível analisar o aprendizado no uso do Tracker e também organizar informações sobre suas possibilidades quando empregado no Ensino de Física.

3 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos na análise das atividades experimentais realizadas sugerem a importância do Tracker como passível de aplicação em sala de aula. Seu uso escolar encaixa-se no tempo didático disponível em aulas típicas de Ensino Médio, com cerca de 50 minutos de duração. Além disso, os recursos que o Tracker apresenta também podem ser utilizados em atividades experimentais no ensino superior e em atividades voltadas à formação docente. O Tracker adiciona qualidade e praticidade às aulas de Física, pois não são necessários aparatos experimentais caros, complexos e laboriosos com os quais, frequentemente, os estudantes "perdem" um tempo precioso nas aulas de laboratório. Muitas vezes, estudantes e professores despendem tempo e energia aprendendo o modus operandi dos equipamentos utilizados em detrimento da observação da evolução temporal e da análise circunstanciada das grandezas físicas de interesse nos experimentos propostos. Por exemplo, é bem conhecido o caso de experimentos de mecânica em que se utilizam fotogates, para os quais são necessárias as conexões de

diversos fios e o alinhamento dos sensores que por vezes requerem muito tempo e que, em geral, conduzem a não mais que meia dúzia de pontos experimentais. Entendemos que o excesso de passos intermediários para a montagem de alguns experimentos e a quantidade reduzida de dados experimentais obtidos implica em prejuízos óbvios à aprendizagem e constituem fator muitas vezes determinante para a não realização de atividades experimentais. Este é um aspecto em que a praticidade do uso do Tracker se destaca. Além disso, o uso do Tracker em sala de aula facilita e permite explorar um pensamento crítico, mais próximo do fazer científico, no estudo de fenômenos que envolvem o movimento. Muitas vezes, o tempo exíguo e as condições desfavoráveis à realização de experimentos conduzem os estudantes a pensar, por exemplo, no caso do movimento parabólico, que "a natureza obedece a uma parábola". Em contraste, o uso do Tracker possibilita que os estudantes percebam como se dá a construção do conhecimento científico em laboratório ao filmar os movimentos, visualizar e tratar os dados rapidamente, quadro a quadro. Sendo assim, logo após a filmagem, procede-se a manipulação dos dados, o que permite perceber a parábola como uma curva que se ajusta bem à descrição de um fenômeno natural que pode ser descrito por uma teoria (ou um modelo). Assim, o diálogo entre experimento, representação física e estrutura matemática pode ser mais bem explorado pelo professor.

Na prática pedagógica, nota-se que, muitas vezes, ao se apropriarem da tecnologia, no caso o Tracker, e pelas facilidades daí decorrentes (é possível filmar movimentos com câmeras de telefones celulares e analisar dados mesmo com computadores de baixo desempenho), os estudantes passam também a realizar experimentos fora do ambiente de sala de aula e a interagir mais ativamente com as disciplinas de física. Finalmente, nota-se, também, que a utilização do Tracker favorece o trabalho colaborativo em equipe por parte dos estudantes.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Mauro S. T; ABIB, Maria L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 2, p. 176–194, Jun. 2003.

BEZERRA-JR, Arandi Ginane et al. Tecnologias livres e ensino de física: uma experiência na utfpr: um estudo experimental. In: SIMPÓSIO DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009, Vitória. **Anais...** Vitória, 2009. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/programa/lista_trabalho.asp?sesId=26> Acesso em: 09 Ago. 2010.

BEZERRA-JR, Arandi Ginane et al. Videoanálise com o software livre tracker no laboratório didático de física: movimento parabólico e segunda lei de newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 469–490, Jun. 2012.

BROWN, Doug. **Free video analysis and modeling tool for Physics education**. [S.l.: s.n.], 2010. Disponível em: <http://www.cabrillo.edu/ dbrown/tracker/>. Acesso em: 08 Jun. 2010.

BROWN, Doug; COX, Anne J. Innovative uses of video analysis. **The Physics teacher**, v. 47, p. 145–150, Mar. 2009.

CHAGAS, Saionara M. A.; MARTINS, Isabel. O laboratório didático nos discursos de professores de física: heterogeneidade e intertextualidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p. 625–649, Dez. 2009.

CHAVES, Alaor; SHELLARD, Ronald C. editores. **Física para o Brasil: pensando o futuro**, Sociedade Brasileira de Física – SBF, São Paulo, 2005.

DELIZOICOV, Demétrio. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (ORG.). **Ensino de Física**. Florianópolis: UFSC, 2005. p. 125–150.

ETKINA, Eugenia et al. Role of experiments in physics instruction – a process approach, the physics teacher. v. 40, p. 351–355, 2002.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

GALILEI, Galileu. **Dialogues concerning two new sciences**. New York: Dover, 1954.

GALVEZ, Enrique; SINGH, Chandralekha. Introduction to the theme issue on experiments and laboratories in physics education. **American Journal of Physics**, v. 78, n. 5, p. 453–454, 2010.

OLIVEIRA, Leonardo P.; ALESSI, A.; SANTANA, A. N. **A Física pela perspectiva de uma WebCam**. 2010. 46p. Monografia (Trabalho de conclusão da disciplina de oficinas de integração 1 do curso de Engenharia de Computação) — UTFPR, Curitiba.

OPEN SOURCE PHYSICS. [S.l.], 2010. Disponível em: <http://www.compadre.org/osp/>. Acesso em: 18 Jun. 2010.

STORI, Airton et al. Uma iniciativa (para nós importante) na perspectiva da melhoria das condições de ensino-aprendizagem de física na escola pública do paraná. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, Vitória. **Anais...** Vitória: SBF, 2009. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0413-2.pdf > Acesso em: 08 jun. 2010.

VEIT, Angela E. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? **Física na Escolas**, v. 6, n. 1, p. 69–74, 2005.

VON-BAEYER, Hans. **A Física e o nosso mundo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.