

O SOFTWARE TRACKER: UMA FERRAMENTA EDUCACIONAL PARA POTENCIALIZAR O ENSINO DE FÍSICA

TRACKER SOFTWARE: AN EDUCATIONAL TOOL FOR POTENTIALIZING PHYSICAL EDUCATION

Antônio Luciano Cordeiro¹; Francisco Leandro de Oliveira Rodrigues²

RESUMO

Os laboratórios educacionais de Ciências, tanto no ensino médio quanto no ensino superior, não apresentam estrutura suficiente para a realização das aulas práticas no ensino de Física. Nessa perspectiva, esse trabalho apresenta o software Tracker como uma ferramenta alternativa para a aquisição de dados nos laboratórios didáticos de Física. Ele possibilita que os estudantes sejam sujeitos centrais e ativos das práticas experimentais pelo o fato de filmarem os eventos físicos para obtenção e manipulação dos dados. Foram realizadas e filmadas via telefone celular duas práticas experimentais, a do pêndulo simples e do sistema massa-mola. Os vídeos foram analisados pelos alunos da Escola de Ensino Médio Professora Theolina de Muryllo Zacaz, onde foi aplicado um questionário para verificar a aprendizagem. Constatou-se que o Tracker se apresenta como uma ferramenta potencializadora no ensino de Física, em que os pontos que se destacam nesse aspecto são a fácil aquisição de dados, o simples manuseio e a flexibilidade de uso.

Palavras-chave: Tracker, Práticas Experimentais em Física, Softwares Livres, Laboratório Educacionais.

ABSTRACT

The educational science laboratories, in both high school and college, do not have sufficient structure to conduct practical physics lessons. From this perspective, this paper presents the Tracker software as an alternative tool for data acquisition in physics didactic laboratories. It enables students to be central and active subjects of experimental practice by filming physical events for data collection and manipulation. Two experimental practices, the simple pendulum and the mass-spring system, were performed and filmed via cell phone. The videos were analyzed by the students of Professor Theolina de Muryllo Zacaz High School, where a questionnaire was applied to verify the learning. It was found that the Tracker is presented as an intensifying tool in the physics teaching, where the points that stand out in this aspect are the easy data acquisition, the simple handling, and the flexibility of use.

Keywords: Tracker, Experimental Practices in Physics, Free Software, Educational Laboratory.

INTRODUÇÃO

As tecnologias são cada vez mais comuns nos processos de ensino, auxiliando os discentes no seu aprendizado (CARVALHO, 2019). Essas tecnologias digitais também têm se apresentado como ferramentas altamente úteis para a aquisição de dados

Recebido em: 08 dez 2019

Aprovado em: 03 jan 2020

¹ Graduado em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). Docente na Secretaria de Educação (SEDUC) do estado do Ceará. Bela Cruz, Ceará, Brasil. E-mail: lufisico.13@gmail.com

² Graduado em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). Mestre e Doutor em Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Docente do Curso de Física da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). Sobral, Ceará, Brasil. E-mail: rodrigues_oliveira@uvanet.br

nos laboratórios didáticos de Física. Dentro desta perspectiva, a análise de vídeo, é uma tecnologia que apresenta grande potencial, visto que a cada dia é mais comum o acesso a tecnologias digitais que dispõem de recurso de vídeo como câmeras fotográficas e telefones celulares. Estes recursos possibilitam fazer registros de fenômenos físicos através de filmagens, que poderão servir para a realização de práticas experimentais nos laboratórios didáticos de Física.

Um das alternativas na utilização de vídeo-análise é o software Tracker, que foi apresentado com perspectivas e resultados promissores como em SILVA (2017) e OLIVEIRA (2019). Uma de muitas das vantagens da vídeo-análise com o Tracker deriva da simplificação dos mecanismos e da eliminação de algumas funções intermediárias, que surgem quando as fotografias são obtidas com máquinas digitais. O Tracker possibilita integrar medidas, uma vez que esse software fornece espontaneamente os valores de distância diante de um padrão (que pode ser uma escala graduada colocada no pano de fundo da filmagem). Além disso, o Tracker reconhece automaticamente a quantidade de quadros por segundo utilizada pela câmera digital ou pelo celular. Ademais, os dados de posição e tempo são apresentados em uma tela que possibilita a análise e manipulação desses dados de forma simples e rápida. Por esse motivo, aquilo que o Tracker nos oferta, se adequa ao tempo e ao espaço que ocorreria uma aula de laboratório de Física, ou mesmo como apoio a uma aula expositiva. O Tracker reflete uma grande evolução no ensino de Física. Ele é um software livre, que foi desenvolvido por Douglas Brown, professor da Faculdade de Cabrillo College situada na cidade de Santa Cruz, Califórnia, EUA, vinculado ao projeto Open Source Physics (OSP).

Podemos destacar uma característica relevante do Tracker: o mesmo é um software de plataforma livre, que permite realizar uma grande quantidade de iniciativas ligadas à sua posse pelos usuários, como no caso da distribuição gratuita de cópias do programa, também a tradução para diversos idiomas de interesse e a construção de diversos manuais de utilização, ocasionando vantagens explícitas para seu uso e para a sua divulgação no ambiente escolar (OLIVEIRA, 2011).

Adicionalmente, esse tipo de interação citada, muito favorecida em uma comunidade de tecnologias livres, permite que o aprendizado ocorra de maneira mais diligente e crítica, ao fazer com que os envolvidos no processo (professores,

programadores e estudantes) tornem-se sujeitos ativos na utilização dessas tecnologias e não apenas meros usuários de caixas pretas (CELAYA, 2007). Além disso, entende-se que o uso do Tracker esteja em sintonia com a modernização do saber escolar, em um contexto em que as atividades experimentais teriam função mediadora no ensino dos conteúdos (FILHO, 2004).

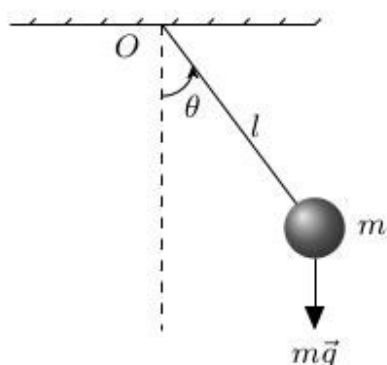
A principal ideia norteadora deste trabalho fica por conta do reconhecimento da relevância da prática de experimentos pertinentes em aulas de Física, mediados por tecnologias educacionais livres que exibem, conjuntamente, qualidade, versatilidade de uso e baixo custo, de maneira que sejam adaptáveis com a realidade educacional brasileira. A experiência com o Tracker indica que, mesmo os usuários sendo relativamente inexperientes no uso de tecnologias educacionais, tornam-se capazes de empregar este software na mediação de experimentos de Física. Por isso a afirmação de que o uso desta tecnologia possa ser uma importante alternativa como forma de incrementar as aulas de Física nas escolas e universidades brasileiras (OLIVEIRA, 2011).

Neste artigo, iremos mostrar os resultados extraídos, de duas práticas experimentais, por meio da utilização do software Tracker. Seu objetivo é demonstrar algumas potencialidades do uso do software Tracker para o estudo de alguns experimentos que são realizados nos laboratórios didáticos de Física, tais como os movimentos do pêndulo simples e o sistema massa mola que serão discutidos na sequência.

O Pêndulo Simples

O pêndulo simples consiste em uma massa m suspensa por um fio ou haste de comprimento l e massa desprezível. Quando o sistema é puxado para um dos lados de sua posição de equilíbrio e solto, o pêndulo irá oscilar no plano vertical em torno da posição de equilíbrio sob a influência da força gravitacional g . Este movimento é periódico e oscilatório, que, de acordo com a Figura 1, o torque com relação ao ponto O é $\tau = -mgl\sin\theta$.

Figura 1 - Pêndulo Simples: composto por uma massa m e um fio de comprimento l . Sobral, 2019.



Fonte: Própria.

Quando afastamos a massa da posição de repouso e a soltamos, o pêndulo realiza oscilações. Ao desconsiderarmos a resistência do ar, as únicas forças que atuam sobre o pêndulo serão a tensão (T) com o fio e o peso (P). Para pequenos ângulos ($\vartheta \ll 1$) a equação diferencial que descreve o movimento do pêndulo é

$$\frac{d^2\vartheta}{dt^2} + \omega_0^2\vartheta = 0, \quad (1)$$

cujo resultado de sua solução é $\vartheta = \vartheta_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$.

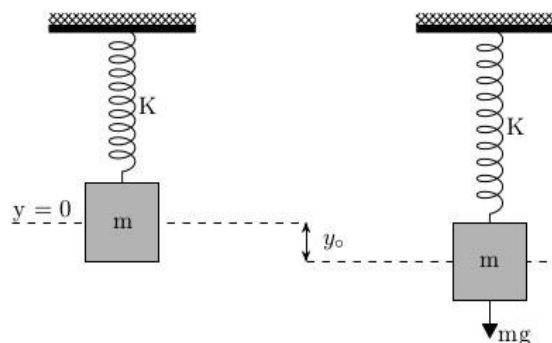
Sistema Massa-Mola com Gravidade

Vamos analisar o que ocorre quando temos um corpo de massa m pendurado numa mola vertical sob a ação do campo gravitacional, como mostra a Figura 2. Quando puxamos a massa m para baixo, é causado uma elongação na mola, o sistema então sai de sua posição de repouso e a soltamos, o sistema realiza oscilações na vertical. Ao desconsiderarmos a resistência do ar, as únicas forças que atuam sobre o sistema massa-mola são a força restauradora da mola e a força gravitacional g . Se a posição de equilíbrio é no ponto $y = 0$, na presença da gravidade esta posição é deslocada até o ponto y_0 em que a força peso é equilibrada pela força da mola, de tal forma que

$$mg = Ky_0. \quad (2)$$

Figura 2 - Sistema massa-mola que consiste de um bloco de massa m vinculada a uma mola de constante K . Do lado esquerdo o bloco se encontra

na posição $y = 0$ e, na direita, sob a ação da gravidade, esta posição é deslocada até o ponto y_0 . Sobral, 2019.



Fonte: Própria.

Definindo $y' = y - y_0$, a equação diferencial desse sistema é análoga ao do pêndulo simples

$$m \frac{d^2y'}{dt^2} + \omega^2 y' = 0, \quad (3)$$

cuja solução já é conhecida:

$y' = y - y_0 = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$. Para mais detalhes sobre esses sistemas, veja NUSSENZVEIG (2002).

METODOLOGIA

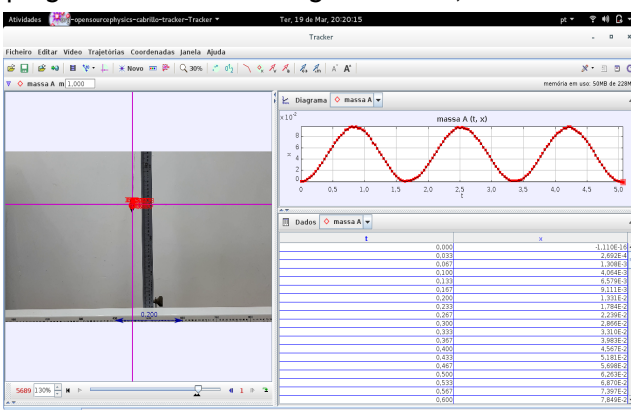
Realizamos experiências didáticas de uso da análise de vídeo através do software Tracker, no âmbito da Escola de Ensino Médio Professora Theolina de Muryllo Zacas, localizada em São Gonçalo, Zona Rural de Bela Cruz/CE, onde, através de um guia de laboratório, exploramos a Física das oscilações a partir do estudo experimental de um pêndulo simples e de um sistema massa-mola.

A proposta foi implementada no primeiro semestre de 2019 para uma turma 32 de alunos do 2º ano do ensino médio, com faixa etária entre 15 e 18 anos de idade, da escola Professora Theolina de Muryllo Zacas. Estes alunos estavam distribuídos em oito turmas e cada turma realizou práticas apresentadas. Antes do início da experiência, foi discutido com os alunos, através de uma apresentação oral, como seria conduzida a atividade, os objetivos da prática, os detalhes do aparato experimental, o embasamento teórico sobre o modelo físico que seria estudado e o

recurso da vídeo-análise utilizando o Tracker. Após esse momento introdutório sobre a prática experimental, os alunos puderam dar início a experiência. As análises dos vídeos foram realizadas nos computadores instalados no Laboratório Educacional de Informática (LEI) da escola, contando com o auxílio do professor da disciplina.

A montagem experimental do pêndulo simples foi realizada no laboratório didático I da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). O pêndulo foi solto do repouso em um plano paralelo ao da parede que se encontra atrás. Dessa forma, o mesmo foi posto a oscilar e esse movimento foi filmado e analisado com o uso do Tracker, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Tela típica do Tracker. No quadro a esquerda fica o referido experimento que está sendo analisado. Pode ser percebido pontos vermelhos, estes indicam marcações dos quadros sucessivos do movimento. À direita, há uma tabela com os dados de tempo e posição (t,x) e um dos gráficos analisados. Note-se que os comandos do programa estão em Português. Sobral, 2019.



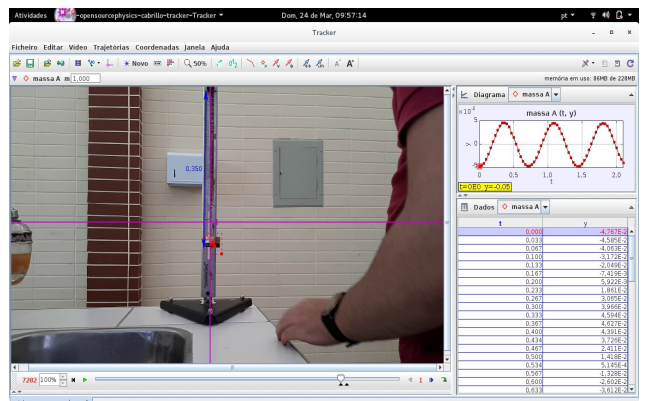
Fonte: Própria.

Todos estes procedimentos são passíveis de serem realizados em curto intervalo de tempo, o que é compatível mesmo com aulas de laboratório de menos de uma hora de duração. É importante ressaltar o cuidado no posicionamento da câmera, cujas lentes devem estar paralelas à trajetória do movimento observado, para evitar erros de paralaxe. No caso aqui descrito, a câmera foi posicionada a aproximadamente 1 m do pêndulo.

Para o experimento do sistema massa-mola foi utilizado um conjunto composto por um gancho lastro, uma massa m, uma mola e um tripé universal com haste milimetrada. O aparato

experimental consiste em uma massa $m = 99,2$ g suspensa, que está acoplada a uma mola de constante elástica K por meio do gancho lastro e esta é distendida para $y = 5$ cm. Quando a massa é deslocada da posição de equilíbrio e em seguida liberada, o sistema massa-mola é posta a oscilar na vertical sob ação da gravidade. O movimento do o sistema massa-mola é, então, analisado com o auxílio do Tracker, cuja tela é ilustrada também na Figura 4. É importante notar que os resultados encontrados se fizeram a partir dos valores: massa $m = 99,2$ g e distensão na mola $y = 5$ cm.

Figura 4 - Esquema do experimento do sistema massa-mola analisado pelo Tracker. Os pontos no centro, à esquerda, representam quadros sucessivos do movimento da massa. À direita, é apresentada uma tabela com os dados de posição e tempo (abaixo) e o respectivo gráfico (acima). Sobral, 2019.



Fonte: Própria.

Para avaliar tanto de forma qualitativa quanto quantitativa como foi a percepção dos alunos em relação à nova técnica implementada e metodologia de inserção em sala de aula, foi elaborado um questionário aberto como instrumento de avaliação. Esta avaliação tinha o objetivo de saber a opinião dos alunos quanto a utilização desta técnica como ferramenta facilitadora para o ensino de Física. A busca desses indicadores fornecem subsídios para que se avalie eficiência da metodologia utilizada para inserir o Tracker como novo recurso didático. O questionário contém seis itens, como seguem:

Q1. Com relação ao software Tracker e ao recurso de vídeo-análise, gostaríamos de saber se você já os conhecia e se já fez uso destes para alguma atividade.

Q2. Quais as vantagens da utilização desta ferramenta para uma aula experimental?

Q3. Existem desvantagens com relação a métodos tradicionais ou a outros já conhecido por você?

Q4. A técnica de vídeo-análise por meio do Tracker pode contribuir para facilitar a aprendizagem dos conhecimentos físicos de forma efetiva?

Q5. Existe alguma dificuldade para manipular o software e conseqüentemente para aquisição de dados através dele?

Q6. Esse recurso pode vir a substituir outros recursos tradicionais já conhecidos?

Os resultados desse questionário será apresentado na seção subsequente.

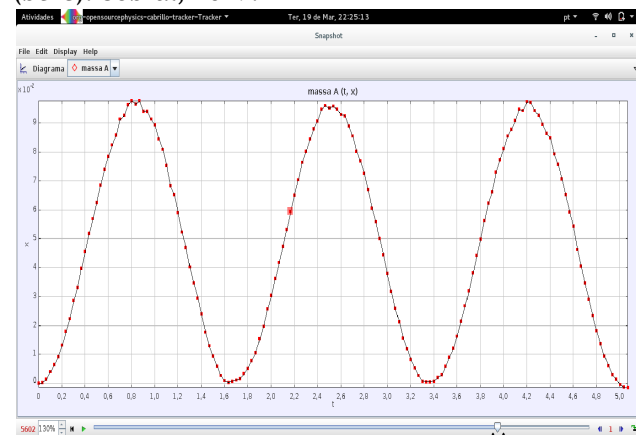
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a tentativa de realizar a prática proposta, surgiram questionamentos por parte dos alunos, o que fortaleceu a relação aluno-aluno e professor-aluno, melhorando, assim, o trabalho em grupo. Posteriormente, tanto na análise do vídeo como na compreensão dos resultados obtidos, os alunos interagiram com o professor e entre eles. Ao final da atividade, os alunos entregaram ao professor o resultado do estudo que tinha como finalidade comparar a a teoria newtoniana com os resultados físicos obtidos por meio da nova técnica, a vídeo-análise.

É apresentado na Figura 5 o resultado dos dados coletados referente ao pêndulo simples, tal que os quadrados representam pontos experimentais da posição em função do tempo. A linha vermelha é uma curva que corresponde à regressão matemática dos pontos, representada por uma equação do tipo $x = A \cos(bt+c)$ caracterizando-se com um movimento é periódico, como seria de esperar. Pode-se observar que no eixo vertical se encontra a elongação, ou seja o afastamento angular no eixo em metros, Já no eixo horizontal se encontra valores para o tempo em segundos.

A Figura 5 conduz ao valor $9,8354535208 \text{ m/s}^2$ para a aceleração da gravidade, visto que o comprimento l medido para o fio que suspende a massa foi de 72 cm e que de acordo com o gráfico apresentado na Figura 3, o período T foi de aproximadamente 1,7 s. Esses resultados mostram que esse valor é muito aproximado para o valor da gravidade g já conhecido por nós.

Figura 5 - Curva da posição em função do tempo para o pêndulo simples. 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, representada por uma equação do tipo $x = A \cos(bt+c)$. Sobral, 2019.



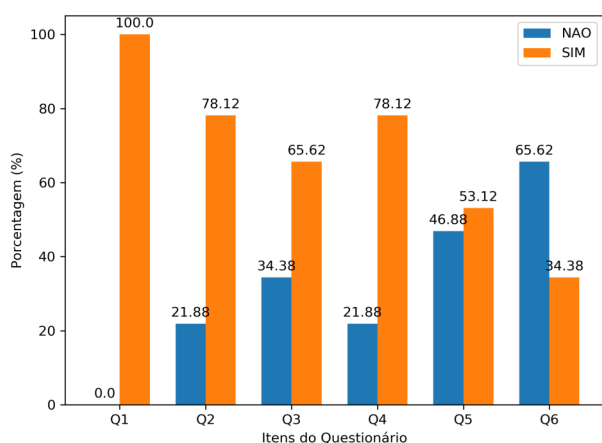
Fonte: Própria.

Os resultados obtidos para o sistema massa-mola são semelhantes aos do pêndulo simples, uma vez que se trata da mesma equação diferencial para tratar dos dois sistemas. Especificamente para o sistema massa-mola encontramos o valor de $k = 19,44 \text{ N/m}$.

Podemos verificar, então, que os dados captados pelo Tracker condiz com as terias dos sistemas abordados. Todavia, baseado no questionário apresentado, podemos ter respostas em relação ao processo de ensino aprendizagem. De acordo com a Figura 6, os alunos que responderam ao questionário de avaliação, 0% conheciam o Tracker (Q1). Mesmo assim, 12,5% (4/32) já ouviram falar de videanálise embora nunca tenham feito uso de tal técnica. Quanto à avaliação dos alunos sobre a ferramenta (Q2), 78,12% (25/32) observaram que existe diversas vantagens que equiparam ou até mesmo superam os recursos tradicionais de medida como a boa precisão dos dados obtidos, a possibilidade de rever a experiência várias vezes, a praticidade e facilidade no uso do programa para analisar os vídeos e gerar gráficos. Segue o depoimento de uma aluno:

Utilizar o Tracker pra analisar experimentos trás inúmeras vantagens, pois podemos ver várias vezes a experiência podendo rever mínimos detalhes, sendo também mais prático pelo programa já dar mais gráficos e a tabela, o programa também não é muito difícil de utilizar.

Figura 6 - Resultados do questionário referente às perguntas: Q1 - Já fez uso do Tracker para recurso de vídeo-análise para alguma atividade? Q2 - Há vantagens na utilização desta ferramenta para uma aula experimental? Q3 - Existem desvantagens com relação a métodos tradicionais ou a outros já conhecido por você? Q4 - A técnica de vídeo-análise por meio do Tracker pode contribuir para facilitar a aprendizagem dos conhecimentos físicos de forma efetiva? Q5- Existe alguma dificuldade para manipular o software e conseqüentemente para aquisição de dados através dele? Q6 - Esse recurso pode vir a substituir outros recursos tradicionais já conhecidos? Sobral, 2019.



Fonte: Própria.

Em relação ao item Q3, foi observado por 65,62% (21/32) dos alunos que não há nenhuma desvantagem na vídeo-análise em relação à outra técnica tradicional já conhecida. Quanto à aprendizagem dos conhecimentos físicos, (Q4), 78,12% (25/32) dos alunos afirmaram que a nova técnica facilitou a compreensão do movimento de um sistema massa-mola, principalmente pela praticidade na construção e estudo dos gráficos. Para 53,12% (17/32) dos alunos (Q5), o recurso da vídeo-análise através do Tracker é de fácil utilização e análise rápida e este recurso poderia ser utilizado com vantagem para ensinar outros conteúdos da Física Experimental, ajudando na compreensão e análise Física dos fenômenos estudados. Para 34,38% dos alunos (11/32), a nova técnica poderia substituir sem problemas as técnicas tradicionais (Q6). Segundo eles, é um excelente recurso de apoio ao aprendizado, pois é prático.

CONCLUSÕES

No respectivo trabalho, apresentamos o software livre Tracker e foram colocadas em discussão algumas possibilidades de uso pelo processo de vídeo-análise para o estudo dos movimentos. Realizamos e discutimos dois experimentos que estão inseridos nos tópicos presentes no ensino de Física: o pêndulo simples e o sistema massa-mola. Os resultados encontrados na análise dos dois exemplos citados indicam a relevância do software para aplicação em sala de aula. Seu uso como ferramenta para a aquisição de dados encaixa-se no tempo didático disponível em aulas típicas de laboratórios didáticos, cujo tempo de duração é curto. Esse agrega qualidade e praticidade às aulas de Física, já que não se faz necessários o uso de mecanismos experimentais caros, complexos e trabalhosos, com os quais, frequentemente, os estudantes “perdem” um tempo precioso. Ainda mais, o uso do Tracker em sala de aula facilita e propicia aproveitar-se de um pensamento crítico, mais adjacente do fazer científico, no estudo de fenômenos que incluem o movimento. O seu uso traz a possibilidade de os estudantes perceberem como se dá o processo de construção do conhecimento científico em laboratório ao filmar os movimentos, visualizar e lidar com os dados rapidamente, quadro a quadro. Dessa forma, a ligação entre experimento, representação Física e estrutura matemática pode ser mais bem trabalhado pelo professor juntamente com os alunos.

Com a prática pedagógica, foi possível perceber que, muitas vezes, ao se ocuparem da tecnologia, no caso o Tracker, e pelas facilidades daí decorrentes (é possível fazer registros de fenômenos físicos com câmeras de telefones celulares que dispõem de recurso de vídeo e analisar dados mesmo com computadores que apresentam baixo desempenho), os estudantes passam, também, a realizar experimentos fora do ambiente dos laboratórios e sala de aula e começam a relacionar-se mais efetivamente com as disciplinas de Física.

Através do questionário didático constatou-se que ainda há pouco conhecimento sobre tecnologias voltados para o ensino de Física, especificamente sobre a vídeo-análise e o software Tracker. Todavia, quando essa tecnologia foi aplicada tivemos a aprovação de seu uso, onde os alunos verificaram vantagens na sua utilização em aula experimental e não deixando a desejar em relação às metodologias tradicionais. Além disso, a partir desse questionário, verificou-se que o

Tracker contribui de forma efetiva no processo de ensino-aprendizagem nos conteúdos de Física. E, embora, mais da metade da turma tenha encontrado uma certa dificuldade no uso desse software, a maioria dos alunos acreditam que ele pode vir a substituir os recursos tradicionais já conhecidos.

Em relação a experiência didática apresentada, queremos dizer que embora o Tracker seja ainda pouco conhecido e utilizado por professores e alunos de um modo geral, ele foi recebido com entusiasmo pelos estudantes e possibilitou uma boa visão sobre o estudo de um sistema massa-mola, desde a execução do vídeo até a análise Física do movimento através dos gráficos do programa computacional utilizado. Quanto ao uso do programa para a análise de experimentos, os alunos apontaram diversas vantagens; uma em particular, a possibilidade de rever as etapas do experimento. Acreditamos que isso é um diferencial do software em questão em relação a experimentos tradicionais.

Entendemos, dessa forma, que o uso deste software no Ensino de Física é promissor por conta da qualidade que o mesmo oferece, seu baixo custo, sua versatilidade, bem como o interesse que desperta nos estudantes, tendo em vista a dinâmica de aulas que o mesmo possibilita. Nesse contexto, o uso dessa TIC aparece como uma poderosa alternativa a ser usada tanto na formação inicial quanto na formação continuada de professores de Física, bem como nos demais níveis de ensino, como forma de refinar as aulas de Física nas escolas e universidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

Carvalho, C.R. Tecnologias para o Ensino de Matemática: Um Exame da Literatura Do XII Encontro Nacional De Educação Matemática. *Essentia (Sobral/CE)*, v. 20, n.1, p. 17-24, 2019. Disponível em: <http://essentia.uvanet.br/index.php/ESSENTIA/article/view/226>. Acesso em: 07 jan 2020.

Silva, E.S.L.R. Recursos tecnológicos e ensino de física: estudo do movimento bidimensional com o auxílio do programa Tracker. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, extra:1429-1434, 2017. Disponível em: <https://ensciencias.uab.es/>. Acesso em: 10 nov 2019.

Oliveira, F.A. et al. Videoanálise e Ensino de Física em Situação de Vulnerabilidade Social. *Abakós*, 2019,7.2:3-21. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/abakos>. Acesso em: 15 jun 2019.

Alves Filho, J.P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. especial, p. 44-58, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/index>. Acesso em: 10 ago 2019.

Borges, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. especial, p. 9-30, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br>. Acesso em: 23 set 2019.

Celaya, C.L.; Martínéz, S.L.D. Uso de software libre y de internet como herramientas de apoyo para el aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, v. 10, n. 1, p. 83-100, 2007. Disponível em: <https://revistas.uned.es>. Acesso em: 25 set 2019.

Nussenzveig, H.M. *Curso de Física Básica: Mecânica*. v.1. 4. ed. Edgard Blücher, 2002. 394 p.

Oliveira, L.P. et al. Divulgando e ensinando análise de vídeo em sala de aula: experimentos de mecânica com o software Tracker. In: *Anais do XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus, 2011. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0094-1.pdf>. Acesso em: 13 set 2019.