

Proposta didática baseada em videoanálise para fomentar a redução da abstração e a aprendizagem significativa no estudo da física: Aplicação aos movimentos circulares



.....

Thiago Mello dos Reis

Instituto Federal do Espírito Santo,
Campus Centro-Serrano, Santa Maria
de Jetibá, ES, Brasil

E-mail: thiago.mello@ifes.edu.br

.....

Introdução

A utilização de tecnologias no ensino de diversas ciências aumenta constantemente. A crescente disponibilidade de tecnologia de custo relativamente baixo facilita a imersão do ensino de ciências na era digital. Inúmeras aplicações para o ensino dos mais variados tipos de conteúdo têm sido testadas e têm produzido bons resultados no que tange à Aprendizagem Significativa [1] dos estudantes. Matemática [2], biologia [3,4], física [5] e línguas [6] são alguns exemplos de aplicações exitosas.

Além de disciplinas no escopo do nível médio, também existem perspectivas e propostas para a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no ensino superior [7], métodos computacionais facilitadores de aprendizagem [8] e projetos bem sucedidos em cursos específicos [9,10].

O ensino de física no nível médio tem se caracterizado historicamente como um grande desafio para os professores. O elevado nível de abstração e as formulações matemáticas das modelagens dos problemas típicos são os principais fatores que alimentam esse processo histórico indesejado [11]. Em relação à utilização da matemática, as estratégias recorrentes são a contextualização e a dedução das equações. A despeito de todo o progresso da física teórica nos últimos anos, a física é uma ciência essencialmente experimental. Essa característica da disciplina nem sempre possibilita a dedução analítica das principais equações estudadas no ensino médio. Nesse contexto, a visualização dos fenômenos ensinados configura-se como

uma estratégia eficaz na tentativa de reduzir a abstração do conteúdo. Em diversas circunstâncias, realizar experimentos práticos em sala de aula é uma tarefa relativamente difícil, tendo em vista a natureza de alguns fenômenos. Todavia, o estudo dos movimentos proporciona a utilização de experimentos cotidianos [12].

Neste trabalho, utilizamos um mecanismo de videoanálise para ilustrar uma aplicação sob uma perspectiva de ensino de física baseada em recursos computacionais de custo relativamente baixo. A ideia central do trabalho é apresentada a partir

O ensino de física no nível médio tem se caracterizado historicamente como um grande desafio para os professores. O elevado nível de abstração e as formulações matemáticas das modelagens dos problemas típicos são os principais fatores que alimentam esse processo histórico indesejado

da exposição de uma sequência didática [13] específica para o conteúdo ilustrado. A partir de um fenômeno criado em sala de aula pelos próprios estudantes, damos início ao estudo dos movimentos circulares, promovendo uma interação digital com o fenômeno criado. Após o término da aula, fizemos questionamentos diretamente aos estudantes envolvidos, no intuito de avaliar a eficácia da aula dada. Uma série de perguntas foram feitas e, a partir delas, pôde-se concluir que a metodologia possui grande capacidade de fomentar engajamento e, por conseguinte, promover aprendizagem significativa.

Metodologia

Para verificarmos a ideia proposta por este trabalho, utilizamos equipamentos de custo relativamente baixo para prepararmos a aula em que a sequência didática específica foi aplicada. Ressaltamos que a proposta levantada por este trabalho não se restringe ao conteúdo específico para o qual foi aplicada, sendo possível trabalhar a ideia central apresentada no estudo de

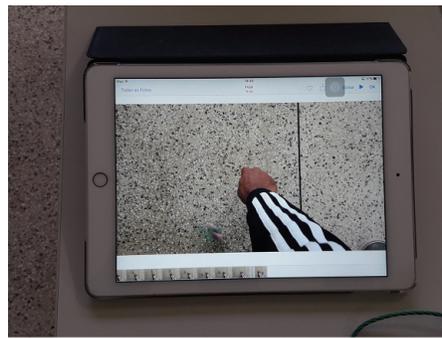
outros tipos de movimentos em física. Similarmente, pode-se transpor a metodologia sugerida para outras disciplinas.

Com o intuito de ministrar uma aula inicial sobre “Movimentos Circulares” para estudantes do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública, iniciamos uma discussão acerca da situação cotidiana, muito conhecida dos adolescentes, em que uma pedra é amarrada na extremidade de uma corda para ser rotacionada. A discussão foi conduzida expondo os aspectos lúdicos desse movimento circular. A Fig. 1 mostra esse arranjo experimental criado em sala de aula. Visando atrair a atenção dos alunos, o objeto amarrado na extremidade da corda, para simular a pedra, foi a borracha de um dos estudantes. O problema levantado foi o seguinte: suponha que eu queira arremessar uma pedra o mais longe que eu puder, por que é comum amarrá-la em uma corda e rotacioná-la em vez de simplesmente arremessá-la diretamente com as mãos?

O momento seguinte foi pautado em uma ideia cada vez mais presente em nosso cotidiano, o processamento das informações observáveis em um ambiente virtual e as diversas possibilidades que temos de interagir física e virtualmente com um fenômeno real. Com o auxílio de um tablet munido de sistema operacional *IOS*, utilizamos o dispositivo *AppleTV* para fazer o espelhamento do dispositivo com um computador. No Apêndice, são elencadas outras maneiras, gratuitas e pagas, de se fazer o pareamento entre os dispositivos para a implementação da ideia apresentada neste trabalho. A Fig. 2 mostra o pareamento utilizado.

Os detalhes desse pareamento, bem como outras informações sobre sincronismo de *tablets* e celulares com compu-

O fato de ser possível sobrepor a projeção feita no quadro com marcador para quadro branco torna o procedimento didático mais próximo de uma interação direta entre o estudante e o fenômeno em discussão



(a) Vista do tablet.



(b) Tablet espelhado no computador.

Figura 2: Tablet espelhado no computador.

tadores, são apresentados no Apêndice. Um dos estudantes veio à frente e girou a borracha por meio da corda em uma região próxima ao chão da sala de aula. A câmera do tablet foi utilizada para registrar o movimento de modo a ser captada uma vista superior do fenômeno. Simultaneamente, os demais alunos acompanhavam o movimento que estava projetado no quadro branco por meio de um sistema do tipo *data show*. Em dado momento, foi solicitado ao estudante que girava a

borracha que soltasse a corda, encerrando assim o experimento. A interação dos alunos com a aula no nível apresentado caracteriza um processo correlato às discussões sobre aprendizagem

ativa. Os bons resultados desse tipo de prática têm sido apresentados em estudos diversos [14–16].

O próximo estágio consistiu na análise das imagens coletadas. Em todas as análises feitas, variáveis introduzidas e discussões iniciadas, mantivemos a dialética com o paralelo lúdico estabelecido no início da aula. Ou seja, voltamos à essência da “brincadeira” de se amarrar uma pedra na extremidade de uma corda e girá-

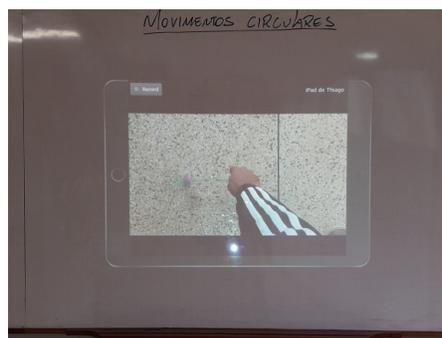
la de modo a fazer com que ela ganhe mais velocidade. Primeiramente, definimos o movimento circular como sendo aquele em que o objeto percorre uma trajetória como a projetada no quadro. A Fig. 3 ilustra a trajetória representada no quadro.

A partir de então, as variáveis típicas do movimento circular foram definidas. Raio, velocidade linear e angular, aceleração linear e angular, entre outras. O aspecto particularmente interessante nesse contexto foi a construção feita concomitantemente ao desenvolvimento virtual do fenômeno criado. O fato de ser possível sobrepor a projeção feita no quadro com marcador para quadro branco torna o procedimento didático mais próximo de uma interação direta entre o estudante e o fenômeno em discussão. A Fig. 4 ilustra a representação de algumas variáveis do movimento circular uniforme.

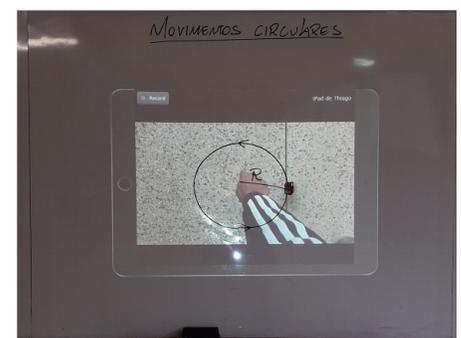
Durante a elaboração da imagem observada na Fig. 4, as velocidades e os raios da trajetória foram desenhados enquanto o vídeo era exibido em câmera lenta. Esse contexto foi importante para que houvesse uma maior interação entre o estudante e o fenômeno. Em todo o processo, o estudante acompanhou o movimento da borracha por meio do vídeo. Essa visualização integral do fenômeno



Figura 1: Arranjo experimental utilizado na aula introdutória sobre movimentos circulares.



(a) Imagem projetada.



(b) Trajetória construída.

Figura 3: Interação entre a imagem projetada e o quadro branco.

tende a promover maior engajamento na exposição do conteúdo.

Tendo em vista que os estudantes já possuem compreensão sobre os conceitos prévios necessários – a saber: espaço, trajetória, deslocamento, velocidade e aceleração –, a relação da imagem observada com os conteúdos que são pré-requisitos para o estudo dos movimentos circulares é significativamente facilitada. Desta forma, os estudantes ficam aptos a esclarecerem dúvidas relacionadas aos movimentos retilíneos e assim apreenderem o escopo dos movimentos circulares de forma holística e estruturada. Os dois pontos representados na Fig. 4 estão destacados para fornecer ao estudante uma ideia mais clara acerca da velocidade linear. Tipicamente, os alunos expressam grandes dificuldades na compreensão da variação do vetor velocidade. Mesmo para movimentos circulares uniformes, o vetor velocidade varia porque, apesar de a velocidade permanecer constante, a direção e o sentido do vetor variam a todo instante. O objetivo de representar dois pontos da trajetória na Fig. 4 é tornar visível que, se a borracha se mantém na trajetória circular, é porque, de fato, o vetor velocidade muda de direção e o sentido, como ilustrado nos instantes 1 e 2 destacados na Fig. 4.

A interação final com o ambiente virtual encerrou-se com o desligamento do projetor. A Fig. 5 ilustra a imagem final que foi construída durante a aula.

Quando o projetor foi desligado, tínhamos a figura característica dos movimentos circulares, a qual foi construída partindo-se de uma videoanálise que utilizou um fenômeno produzido por um estudante em sala de aula. A aula seguiu no padrão tradicional em que exemplos e exercícios foram aplicados de forma expositiva.

Objetivando promover um tratamento do tipo qualitativo e exploratório para o problema sob investigação neste trabalho, levantamos um questionário verbal com perguntas abertas para os estudantes. Durante essa arguição informal, o foco das

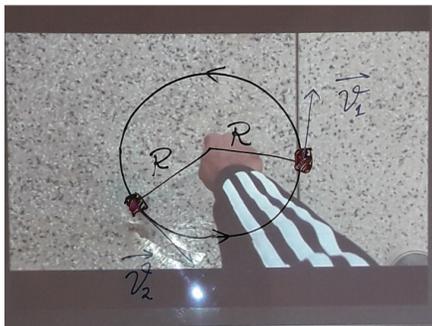
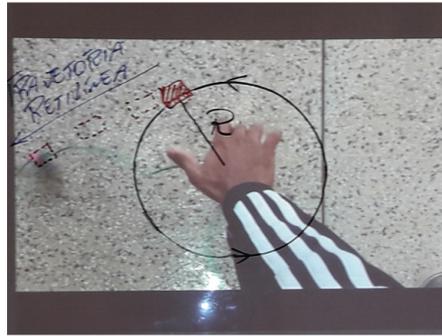
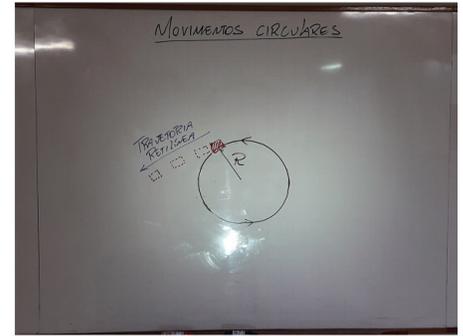


Figura 4: Representação das variáveis velocidade e raio.



(a) Traços sobrepostos à projeção.



(b) Projeção retirada.

Figura 5: Momento em que o projetor é desligado.

questões foi as impressões gerais da aula e da metodologia aplicada.

Resultados e discussões

Neste trabalho, utilizamos ferramentas eletrônicas acessíveis no ambiente escolar e de custo relativamente baixo para apresentar uma sequência didática que se enquadra dentro de um paradigma eficaz no ensino dos movimentos para estudantes de nível médio na disciplina física. Esse procedimento envolve um mecanismo de videoanálise em que propomos a aproximação do ambiente de sala de aula com a realidade tecnológica que se fará presente nos próximos anos, ou seja, a interação entre os objetos físicos observáveis e o processamento digital de dados.

Os estudantes envolvidos sinalizaram muito positivamente acerca da metodologia utilizada na aula. Inúmeras respostas coletadas confirmam as ideias levantadas na problemática sobre aprendizagem ativa. Dentre as respostas dos estudantes, frases como “...Pela primeira vez eu prestei atenção do início ao fim da aula...”, “É bem mais

interessante estudar com alguma coisa que a gente tá vendo o que é...” e “A aula fica mais dinâmica e assim é melhor pra acompanhar...” mostram que trazer o estudante para a construção coletiva do conhecimento promove melhores resultados em relação ao engajamento.

Tendo-se em vista o nível de compreensão dos estudantes em relação aos conteúdos apresentados, a avaliação foi verificada por meio de exercícios do próprio livro. Esse é outro aspecto satisfatório no contexto abordado: a interação virtual proposta tende a otimizar substancialmente o tempo em sala de aula, em uma única hora-aula, apresentar os

aspectos teóricos iniciais e aplicar exercícios do livro-texto para os estudantes. Os alunos responderam às questões individualmente e apenas solicitaram o professor para dúvidas acerca de operações matemáticas. Nenhuma dúvida conceitual acerca dos movimentos circulares foi levantada.

Embora a apresentação deste relato se concentre em uma aula introdutória sobre movimentos circulares, em que apenas os aspectos mais básicos do fenômeno são exibidos, existem inúmeras possibilidades para a ampliação dos conteúdos a serem explorados em sala de aula partindo-se da ideia abordada neste trabalho. Além das variáveis ilustradas na Fig. 4, outras grandezas podem ser discutidas por meio da mesma estratégia de interação com a imagem do fenômeno criado em sala de aula. Os estudos referentes à cinemática podem incluir

as variáveis aceleração, distância, período e frequência. Analogamente, podemos explorar a dinâmica do movimento circular construído por meio da representação gráfica das forças.

Em relação aos estudos sobre cinemática, podemos explorar

mais as Figs. 4 e 5. No momento em que estamos definindo as variáveis velocidade e raio da trajetória, a ideia da aceleração direcionada para o centro da curva pode ser apresentada. Essa discussão pode ser feita tendo-se em vista os conceitos prévios dos estudantes. Até este momento do estudo da cinemática, o estudante está relativamente bem familiarizado com o conceito de aceleração como sendo a responsável por promover variação de velocidade em um movimento. O apelo visual trazido pela metodologia apresentada favorece a alusão vetorial dessas ideias. Conceber vetorialmente as grandezas cinemáticas mais comuns nem

Esse procedimento envolve um mecanismo de videoanálise em que propomos a aproximação do ambiente de sala de aula com a realidade tecnológica que se fará presente nos próximos anos, ou seja, a interação entre os objetos físicos observáveis e o processamento digital de dados

sempre é tarefa fácil para os estudantes. Assim, desenhar adequadamente essas grandezas partindo-se das Figs. 4 e 5 é reduzir significativamente a abstração que alguns desses conceitos carregam. Por fim, destacam-se as oportunidades de conceituarmos adequadamente as grandezas velocidade linear, velocidade angular, período e frequência. O fato de o movimento ilustrado ser de simples compreensão favorece o entendimento do conceito de período e frequência. As analogias típicas com os movimentos de rotação e translação da Terra ficam facilitadas

quando comparadas com as imagens apresentadas na Fig. 5. Nesse sentido, fica simples a marcação de um ponto específico da trajetória como exibido na Fig. 3(b) e a contagem do tempo decorrido até que o objeto retorne a esse ponto. Similarmente, a Fig. 4 pode ser utilizada para a representação do ângulo descrito entre os instantes de tempo 1 e 2 para a conceituação da velocidade angular. Esse contexto oportuniza a definição da relação entre as velocidades angular, linear e o raio da trajetória como sendo $v = \omega.R$.

Alternativamente, a metodologia ilus-

trada permite estudar a dinâmica do movimento circular. Uma das possibilidades é a utilização da Fig. 3(b) para a representação da força centrípeta. Entre as dificuldades conceituais encontradas está a diferenciação entre a força centrípeta e a força (fictícia) centrífuga. A utilização da figura pode facilitar tal entendimento, tendo-se em vista que o desenho da força centrípeta será feito exatamente em cima da corda que mantém o movimento do corpo. Assim, espera-se que o estudante exerça que a força centrípeta deve ser compreendida como o agente físico que

Apêndice

Os apêndice seguinte objetiva auxiliar professores e futuros usuários da metodologia proposta neste trabalho no manuseio das tecnologias necessárias. A discussão é feita acerca de algumas possibilidades sobre tecnologias disponíveis até a publicação deste trabalho, bem como as possibilidades de usá-las para os propósitos do mesmo.

1. Pareamento entre dispositivos móveis e computadores

Neste trabalho, utilizamos um dispositivo móvel com sistema *IOS* para realizar o espelhamento no computador. Todavia, trabalhar com dispositivos que utilizam este sistema nem sempre é tão simples. Existem outras alternativas relativamente mais simples que se baseiam na utilização de dispositivos que funcionam por meio do sistema operacional *Android*. Esse sistema, além de ser relativamente mais dinâmico, possui maior compatibilidade com softwares e hardwares típicos. O intuito deste Apêndice é destacar algumas formas de se parear dispositivos móveis com computadores visando dinamizar aulas expositivas. Para fins de categorização, dividiremos este Apêndice em duas seções. Na primeira, trataremos dos dispositivos que operam via sistema *IOS*. Na seguinte, serão abordadas as possibilidades de utilização do sistema operacional *Android*.

Observamos que a utilização de tablets foi decidida por uma questão de conveniência. As possibilidades que serão discutidas aqui também se aplicam a aparelhos celulares. A opção pelos tablets relaciona-se à limitação física do tamanho das telas dos telefones, visando tornar a imagem projetada maior, mas o que será abordado neste texto também se aplica aos *smartphones*.

1.1. Sistema operacional *IOS*

A utilização desse tipo de sistema operacional é recomendada quando o usuário possui, além do dispositivo móvel, um computador ou notebook da empresa *Apple*. A Fig. \ref{fig:pareamento} ilustra o espelhamento entre o sistema *IOS* e um notebook que não possui o mesmo sistema operacional. Embora seja possível fazer este tipo de pareamento, não é a alternativa mais recomendada. A utilização de equipamentos com esse sistema operacional é também dificultada pelo custo relativamente alto dos dispositivos. Todavia, elencaremos algumas formas de se trabalhar com esse sistema operacional.

A forma mais efetiva de se realizar o espelhamento do tablet (*IPad*, no caso do sistema *IOS*) munido de sistema operacional *IOS* com um computador é por meio de um dispositivo da própria empresa *Apple* chamado *AppleTV*. Por meio desse hardware é possível integrar os equipamentos móveis com elevada qualidade de áudio e vídeo. O aspecto negativo desse mecanismo é o custo. Os aparelhos mencionados são caros e nem todos os possíveis leitores deste trabalho poderão ter acesso a eles.

Uma alternativa significativamente barata para efetuar o espelhamento do *IPad* é por meio de um software chamado *Reflector2*. Esse software não é gratuito, porém o custo da versão completa é relativamente baixo. (Quando da redação deste artigo, o valor era de cerca de 15 reais.) Por meio desse programa, é possível ter um dispositivo com sistema *IOS* pareado com um computador que opere via *IOS* ou *Windows*. Portanto, a vantagem desse programa é a não dependência de um computador específico.

1.2. Sistema operacional *Android*

As melhores alternativas, relacionadas a custo e benefício, para se efetuar um pareamento entre dispositivos móveis e computadores são aquelas referentes ao sistema operacional *Android*. Além de significativamente mais integráveis, os equipamentos que operam com esses sistemas são, em geral, mais baratos. A seguir, apresentamos alguns aplicativos e programas que possibilitam o pareamento entre dispositivos para os fins levantados neste trabalho.

Três aplicativos gratuitos serão destacados. O primeiro é o “*MirrorGo*”, que possibilita uma visão ligeiramente difusa do celular por meio do computador. Para os fins levantados neste trabalho não seria a melhor alternativa, todavia se configura como uma possibilidade. O segundo é o “*AirDroid*”, que opera por meio de um aplicativo e um programa de computador. Nesse caso, o usuário precisará instalar ambos para que consiga efetuar o espelhamento. A qualidade do espelhamento, nesse caso, dependerá da conexão Wi-fi da rede em que os equipamentos estiverem ligados. Esse software também possibilita a conexão entre os equipamentos por meio de cabo USB. Em geral, essa alternativa não é muito utilizada, pois restringe movimentações durante as aulas. O terceiro aplicativo é o “*ScreenMirror*”. Essa é a forma mais recomendável para se fazer o espelhamento. Para essa alternativa, necessita-se apenas do aplicativo. O espelhamento com o computador é feito via o navegador instalado no computador. O fato de ser compatível com qualquer navegador torna esse método significativamente prático.

A utilização dos equipamentos com sistema operacional *Android* é mais recomendada porque depende de menos pré-requisitos técnicos que aqueles que trabalham com sistema *IOS*. Logo, recomenda-se que professores e palestrantes optem, sempre que possível, por esse sistema.

mantém o movimento circular. Ademais, a segunda lei de Newton também pode ser facilmente compreendida por meio de uma ilustração adequada sobreposta à imagem da Fig. 3. Como as grandezas aceleração e força são vetoriais, a descrição matemática da segunda lei de Newton fica compreendida por meio de um diagrama simples, em que a força e a aceleração estarão sobre a mesma linha reta (definida pelo raio da trajetória), o que corrobora a proporcionalidade dessas grandezas estabelecida pela lei de Newton $F = m \cdot a$. Como essas descrições podem requerer mais do que o tempo de aula

O trabalho apresentado expõe uma perspectiva positiva em relação ao inevitável cenário futuro, ou seja, a conexão de praticamente tudo que existe à internet

mencionado neste trabalho, essas discussões podem ser feitas em aulas distintas, sem potencial perda de impacto na aprendizagem. Como a cinemática e a dinâmica são estudadas separadamente, a metodologia proposta pode ser aplicada em mais de um encontro com os estudantes, no intuito de cobrir todas as discussões físicas sobre cinemática e dinâmica aqui levantadas.

A proposta apresentada visa a indicar um caminho para professores utilizarem recursos computacionais de maneira criativa e inovadora por meio da interação entre os ambientes real e virtual. O estudo dos movimentos na disciplina física possui grande potencial para aplicação da metodologia proposta. Analogamente aos movimentos circulares, outros tipos de movimentos podem ser abordados em sala de aula, tendo-se em vista as ideias apresentadas neste trabalho. Novamente, a criatividade do professor determinará as possibilidades de aplicação da ideia central levantada neste trabalho. Similarmente, o conteúdo do presente trabalho não se restringe à disciplina física, podendo ser

implementado em outras áreas do conhecimento, conforme as possibilidades dos conteúdos a serem trabalhados.

A produção efetiva de conhecimento no cerne cognitivo de um estudante não é uma ciência exata, de modo que existem diversas discussões em relação ao que se define como conhecimento. Tendo-se em vista uma perspectiva prática em relação ao conhecimento, ou seja, a capacidade que um indivíduo tem de transformar a realidade em que vive a partir de um conhecimento teórico, o trabalho apresentado é eficaz. Relacionar o meio em que o estudante está inserido com os conteúdos tende a produzir melhores resultados educacionais [17]. O presente trabalho caminha nessa direção, ou seja, relacionar o teor conteudista trazido por um livro-texto com a realidade cotidiana visível e tátil.

Conclusões

A partir deste trabalho concluímos que a videoanálise é uma ferramenta eficiente e eficaz no estudo dos movimentos na disciplina física. Ademais, a avaliação positiva por parte dos estudantes em relação à metodologia apresentada evidencia que há grandes possibilidades de que a introdução de tecnologias de informação e comunicação no ensino tenha aplicações exitosas.

A ausência de dúvidas conceituais dos estudantes em relação ao conteúdo abordado mostra a aplicabilidade da metodologia proposta. Embora não seja possível afirmar que o método apresentado neste trabalho seja 100% eficaz em relação à comunicação de conceitos físicos sobre movimentos circulares ou outros tipos de movimentos, o exemplo aplicado ilustra

que este trabalho expõe uma metodologia apta a produzir resultados conteudistas satisfatórios em sala de aula.

Outras disciplinas (além da disciplina física) podem se apropriar da metodologia apresentada para a construção de sequências didáticas específicas. A limitação da técnica exibida está no tipo de conteúdo que será estudado, bem como na criatividade do professor em adequar os conteúdos que serão trabalhados.

A utilização de ambientes virtuais de aprendizagem, sejam presenciais ou a distância, será cada vez mais importante no ensino. O fim da era digital e o início da era dos algoritmos inteligentes marcará esse aumento de relevância. Em pouco tempo, praticamente tudo estará conectado à internet. O trabalho aqui apresentado levanta uma possibilidade importante de trabalho futuro, ou seja, captar as informações de um fenômeno criado em sala de aula e levar esses dados para tratamento interativo no ambiente digital.

A internet das coisas surge em um momento em que o cenário global referente à interação do homem com o meio tátil está em constante transformação. Será cada vez mais comum associar os objetos físicos, ou seja, o mundo observável, à internet visando ao processamento de dados. Orientar os estudantes do atual ensino médio acerca dessa mudança é fundamental para que tenhamos uma sociedade futura apta a lidar com o novo mundo que se apresentará em breve. O trabalho apresentado expõe uma perspectiva positiva em relação ao inevitável cenário futuro, ou seja, a conexão de praticamente tudo que existe à internet. Dessa forma, iniciar as relações de ensino e aprendizagem nesse contexto será uma necessidade crescente. Este trabalho contribui para essa perspectiva e aponta caminhos para a inovação no ambiente educacional.

Referências

- [1] D.P. Ausubel, *A Aprendizagem Significativa* (Moraes, São Paulo, 1982).
- [2] F.G. Teixeira e S.L. dos Santos, *Design & Tecnologia* **3**, 20 (2013).
- [3] D.E.P. Gianotto e R.E.D.S. Diniz, *Ciência & Educação* **16**, 631 (2010).
- [4] V.M. Trindade, B.S. Pastoriza, L.P. Vianna, C.G. Salbego e J.C. Del Pino, *Revista de Ensino de Bioquímica* **9**, 9 (2011).
- [5] I.K. de Oliveira Silva e D.S. de Araujo Faria, *Holos* **1**, 244 (2015).
- [6] F.M.V. da Costa, J.C.L. Ralha e C.G. Ralha, *Brazilian Journal of Computers in Education* **14**, 19 (2006).
- [7] G.P. Ávila-Fajardo e S.C. Riascos-Erazo, *Educación y Educadores* **14**, 169 (2011).
- [8] L.A. Daunt, P.I. Umeonusulu, J.R.F. Gladman, A.G. Blundell, S.P. Conroy and A.L. Gordon, *Age and Ageing* **42**, 541 (2013).
- [9] G.D. Sasso e M.D.L. Souza, *Texto & Contexto Enfermagem* **15**, 231 (2006).
- [10] E.S. Hoji, W.B. Vianna and T.A. Félix, *iJEP* **3**(S2), 39 (2013).
- [11] M.A. Moreira, *Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino da Física* (Universidade Portucalense, Porto, 1983).
- [12] L.I. Leitão, P.F.D. Teixeira e F. Rocha, *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias* **6**, 18 (2011).
- [13] A. Zabala, *A Prática Educativa: Como Ensinar* (Editora Artmed, Porto Alegre, 1998).
- [14] E.F. Barbosa e D.G. de Moura, *Boletim Técnico do Senac* **39**, 48 (2013).
- [15] G. Polya, *Revista do Professor de Matemática* **7**, 11 (1985).
- [16] L. Reis, *Estratégias de Aprendizagem Ativa para Reduzir o Fracasso Escolar: Papel do Psicopedagogo* (PROERD, Natal, 2010).
- [17] U. D'ambrósio, *Educação Matemática: da Teoria à Prática* (Papirus Editora, Campinas, 1996).