

CONTRIBUIÇÕES DAS IMAGENS ESTROBOSCÓPICAS E DA VIDEOANÁLISE PARA INTERVENÇÕES DIDÁTICAS DE INVESTIGAÇÃO

Marco Adriano Dias^{1,2}, Deise Miranda Vianna^{2,3}, Paulo Simeão Carvalho⁴

¹ Instituto Federal do Rio de Janeiro/IFRJ, marco.dias@ifrj.edu.br

² Instituto Oswaldo Cruz/Programa de Pós-graduação em Ensino de Biociências e Saúde

³ Instituto de Física/Universidade Federal do Rio de Janeiro, deisemv@if.ufrj.br

⁴ Faculdade de Ciências/Universidade do Porto, psimeao@fc.up.pt

Resumo

Há muito se discute a importância das atividades práticas no ensino de física para a aprendizagem científica e para o desenvolvimento de habilidades relativas a uma postura investigativa nos alunos. Para isso os professores utilizam, dentre outros recursos, vídeos em suas aulas. As Imagens Estroboscópicas e a Videoanálise são recursos didáticos produzidos a partir de vídeos e, com eles, os movimentos dos corpos podem ser estudados e modelados a partir do software livre Tracker. Nesse contexto, apresentamos dois exemplos de intervenções didáticas de investigação, que utilizam como referencial as Sequências de Ensino Investigativas (SEI) e a metodologia interativa POE (Prever-Observar-Explicar) para possibilitar uma aprendizagem participativa e interativa aos alunos. Trata-se do movimento de um martelo lançado obliquamente com rotação, para o qual a proposta envolve o conceito do centro de massa, e do movimento de um atleta da modalidade olímpica skateboard executando a manobra elementar ollie dessa modalidade, que é compreendida a partir das leis de Newton.

Palavras-chave: Imagem Estroboscópica; Videoanálise; Física dos Esportes

Imagens Estroboscópicas e Videoanálise: a Modelagem de fenômenos a partir de imagens

A origem das Imagens Estroboscópicas está nas antigas Fotografias Estroboscópicas que foram propostas no material didático do *Physical Science Study Committee* (PSSC, 1967). Essas fotografias, também chamadas de fotografias de múltipla exposição, eram produzidas em laboratório fotográfico a partir do registro numa única imagem das posições de um corpo em movimento em diversos instantes ao longo da sua trajetória. Elas serviram de material didático para um estudo qualitativo e quantitativo dos movimentos, possibilitando o desenvolvimento de aulas em que os alunos desenvolviam habilidades inerentes ao laboratório didático, como a realização de medidas, organização de dados em tabelas e gráficos, busca de regularidades e construção de modelo matemático.

Com o advento da imagem digital, a produção de vídeos foi popularizada e, com ela, a difusão de aplicativos para editar esses vídeos passou a integrar as bases de aplicativos residentes nos PC. Conforme foi apresentado por Dias, Barros e Amorim (2009), a partir de um vídeo digital e um PC com aplicativos gratuitos, podem ser produzidas as Fotografias Estroboscópicas Digitais. Com essa técnica,

movimentos do cotidiano, que ocorrem fora do laboratório fotográfico, podem se transformar em material didático, abrindo, assim, um amplo campo de possibilidades didáticas de contextualização para o ensino da mecânica (DIAS, BARROS e AMORIM, 2011).

A Videoanálise consiste na utilização de vídeos de corpos em movimento para um estudo sistemático, e foi proposta por Brown (2008) utilizando o software livre *Tracker* de sua autoria. Uma vez que o vídeo é importado para o *Tracker*, as posições do corpo em movimento são auferidas a partir do *mouse* e os dados de posição e instante são automaticamente organizados numa tabela, a partir da qual podem-se esboçar diversos gráficos e fazer ajustes lineares, parabólicos ou exponenciais.

Muitos pesquisadores têm utilizado essa ferramenta para descrever movimentos complexos, os quais antes do *Tracker*, eram difíceis de ser estudados empiricamente (Jesus e Barros, 2014; Jesus e Sazaki, 2015). Há ainda proposta de utilização da Videoanálise associada à utilização de modelagem computacional (Brown, 2008) para o estudo da acústica e da óptica (Rodrigues e Carvalho, 2014).

Assim, todo corpo em movimento pode ser filmado e, a partir do vídeo digital, são produzidas as Imagens Estroboscópicas (DIAS, BARROS e AMORIM, 2009) e feito um estudo sistemático com a Videoanálise (BROWN & COX, 2009). Neste trabalho, esses dois recursos são utilizados para o desenvolvimento de intervenções didáticas de investigação, numa metodologia de ensino investigativa e interativa de acordo com proposição de Sequências de Ensino Investigativas (SEI) de Carvalho (2013) e a metodologia interativa POE (WHITE & GUNSTONE, 1992). Exemplos de movimentos estudados com esses recursos são dados na figura 1.

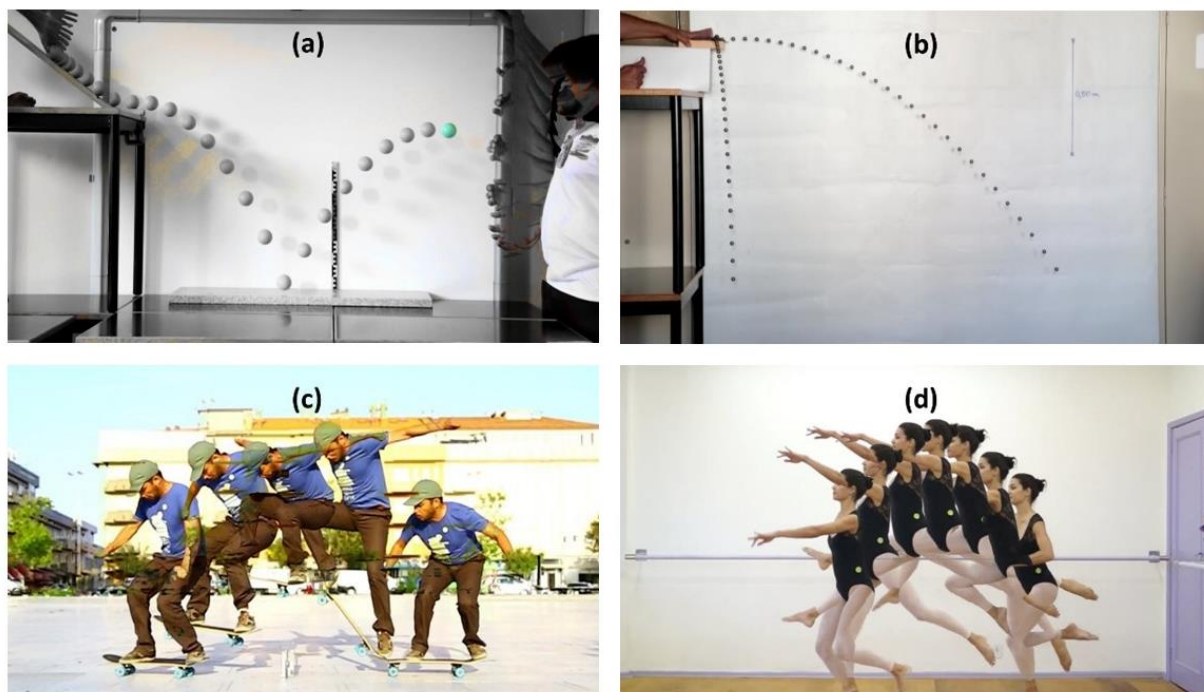


Figura 01: (a) Imagem Estroboscópica de uma esfera abandonada de uma canaleta inclinada e lançada horizontalmente que colide com uma superfície de pedra; (b) Lançamento simultâneo de duas esferas, uma horizontalmente e outra verticalmente; (c) Manobra ollie da modalidade skateboard; (d) O salto Grand Jeté do ballet (figuras dos autores).

Assim, as Imagens Estroboscópicas e a Videoanálise são as ferramentas utilizadas como recurso didático no planejamento e operacionalização das intervenções didáticas de investigação. A primeira serve, por exemplo, para uma descrição fenomenológica do movimento, de maneira que a partir dela o professor pode propor um problema aos alunos, tal que eles utilizem a Videoanálise para solucionar, conforme proposto por Dias, Carvalho e Rodrigues (2016) e por Dias, Carvalho e Vianna (2016). Neste trabalho apresentamos dois exemplos de Intervenção Didática de Investigação. Trata-se do lançamento oblíquo com rotação de um martelo e do estudo de uma manobra *ollie*, na modalidade olímpica *skateboard*.

O Movimento de um Martelo lançado obliquamente com rotação

O estudo do movimento de corpos extensos é de interesse prático e está presente na maioria dos currículos de física tanto na educação básica quanto no ensino superior. Para esse estudo, um conceito de fundamental importância é o conceito de centro de massa e, com a Videoanálise pode-se estudar experimentalmente o movimento dos corpos extensos e o comportamento de seus centros de massa.

Dias, Carvalho e Rodrigues (2016) propuseram o estudo do movimento de um martelo lançado obliquamente com rotação fazendo uso da Modelagem de Imagem. Para isso, a proposta dos autores foi a apresentação do fenômeno por parte do professor para os alunos a partir de um vídeo do movimento do martelo ou da realização do lançamento na sala de aula tomando os devidos cuidados para evitar os riscos que essa ação pode provocar. Em seguida é exibida uma Imagem Estroboscópica desse movimento e o professor, por exemplo, pode propor o Problema: existe alguma regularidade nesse movimento? A figura 2 é a Imagem Estroboscópica em questão.

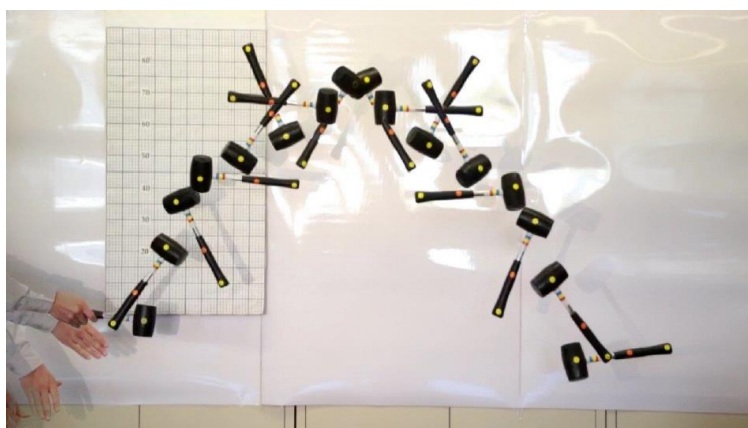


Figura 02: Imagem Estroboscópica do movimento de um martelo lançado obliquamente com rotação. O vídeo que gerou essa imagem foi produzido a uma taxa de captura de 20 quadros por segundo (figura dos autores).

Após a proposição do Problema os alunos têm oportunidade de formular suas hipóteses, buscarem regularidades aparentes, simetria no movimento e discutirem estratégias de como estudar sistematicamente o movimento do martelo.

Nesse trabalho os autores apresentaram uma proposta que consiste em marcar diversos pontos sobre o martelo (figura 3) e, com a videoanálise, estudar as trajetórias de cada um deles (figura 4).

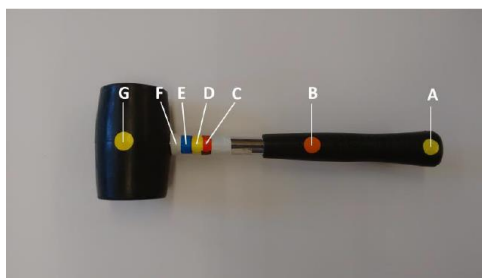


Figura 03: Pontos marcados sobre o corpo extenso do martelo. A partir da Videoanálise o movimento de cada um desses pontos foi estudado experimentalmente (figura dos autores).

Os pontos marcados sobre o martelo foram nomeados de A até G na sequência alfabética a partir da extremidade direita da figura 8. A partir do vídeo aberto no Tracker, suas trajetórias foram esboçadas graficamente e o resultado dos pontos A, E e G estão representados na figura 4.

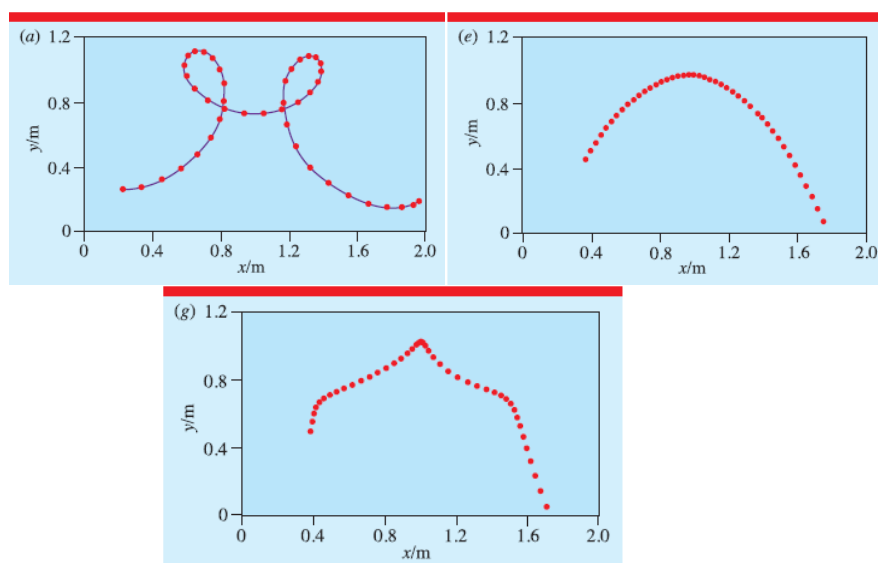


Figura 04: (a) Trajetória do ponto A situado em uma das extremidades do martelo; (e) Trajetória do ponto E; e (g) Trajetória do ponto G, na outra extremidade do martelo (figura dos autores).

Os resultados gráficos das trajetórias de cada ponto sobre o corpo do martelo permitem que se chegue a algumas conclusões, como por exemplo, de que há simetria no movimento de todos esses pontos, tendo o ponto médio de cada trajetória um eixo de simetria vertical, e de que a trajetória do ponto E é a que mais se assemelha visualmente com uma trajetória parabólica.

A ferramenta Tracker permite ainda que seja investigado se as marcações feitas com o Tracker na trajetória do ponto E são bem ajustáveis a uma parábola, o

que indicaria ser ele o ponto mais próximo do centro de massa do martelo. É possível ainda fazer um ajuste linear no Tracker. A curva parabólica ajustada teve uma boa correlação com os pontos obtidos experimentalmente, e assim o valor da aceleração da gravidade obtido foi, $g_L = 10,77 \text{ m/s}^2$, ao passo que o valor padrão da aceleração da gravidade é $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, resultando numa discrepância de cerca de 10% que, para fins didáticos, é um ótimo resultado.

Ollie Trick no skateboarding: a Modelagem de Imagem ‘abrindo as portas’ da sala de aula

Dias, Carvalho e Vianna (2016) deram um exemplo de como uma aula de física pode aproveitar os movimentos executados pelos alunos fora da escola como um contexto de ensino. Nesse trabalho sobre o *skateboarding*, o vídeo de uma manobra na qual o conjunto formado pelo skate e pelo skatista se desprende do chão, chamada *ollie*, passa a ser um material didático (figura 5). Os autores mostram como as leis de Newton podem ser o referencial teórico para a formulação de uma descrição fenomenológica do movimento.

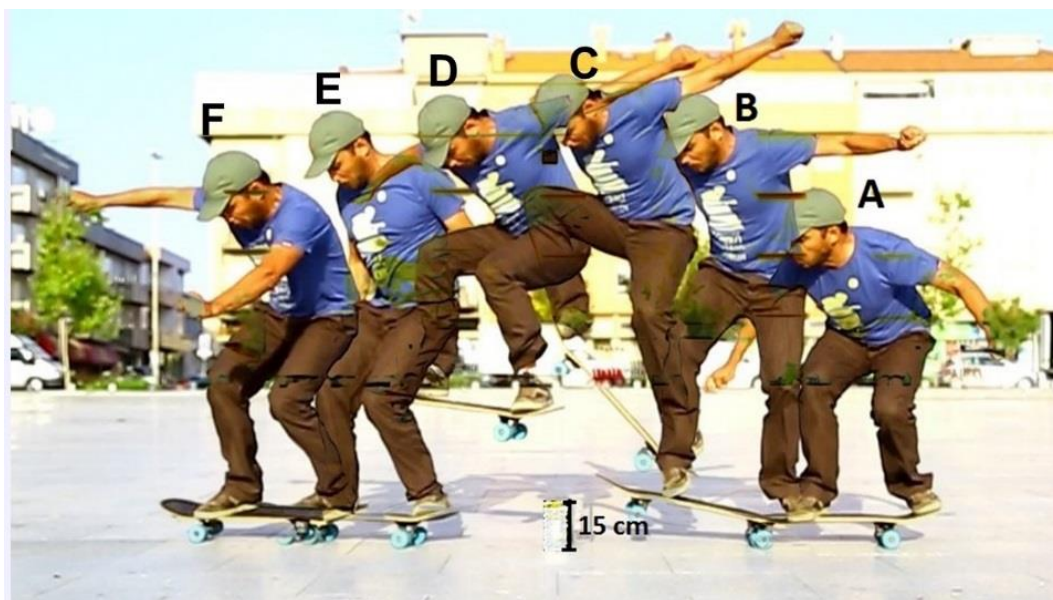


Figura 05: Imagem Estroboscópica da manobra ollie, movimento fundamental na modalidade skateboarding (figura dos autores)

Uma interessante proposição de problema para os alunos é que eles investiguem de que forma o atleta interage com o skate tal que ele salta com o skate “preso” aos seus pés. A figura 06 representa quatro instantes distintos durante a manobra e os respectivos diagramas de forças que permitem uma compreensão conceitual do movimento.

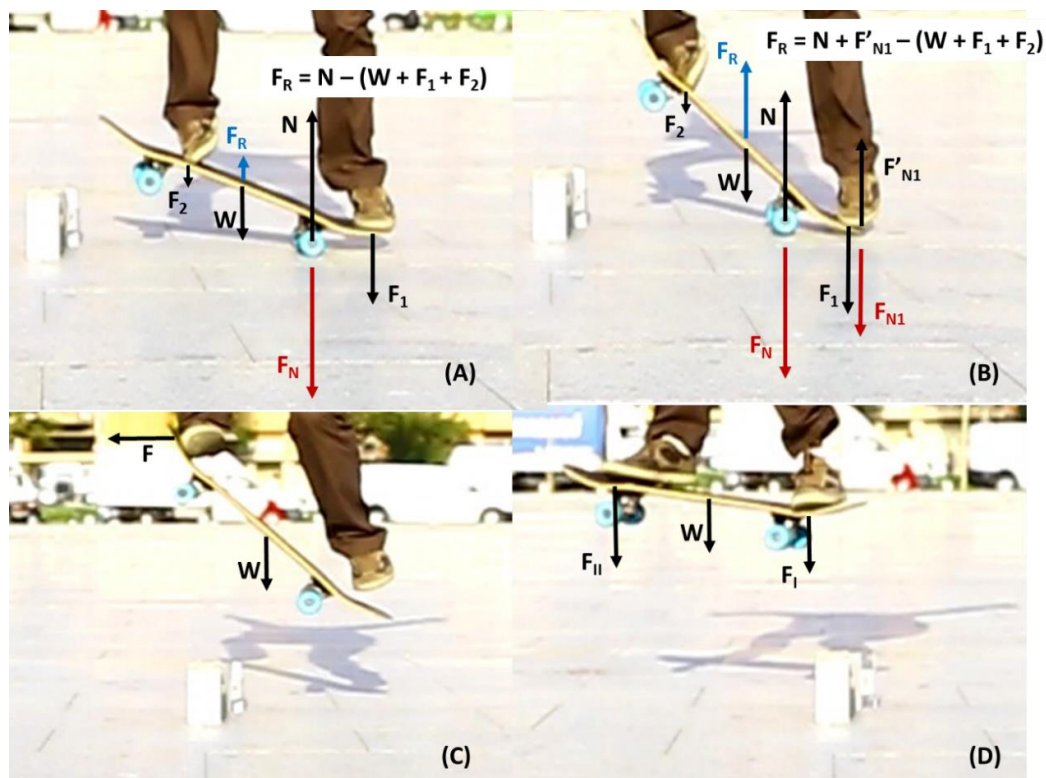


Figura 06: Descrição das forças que atuam sobre o skate em quatro instantes durante a execução da manobra ollie. As segunda e terceira leis de Newton podem ser referencial teórico para a descrição fenomenológica do movimento. Os diagramas de força são representados em cada etapa (figura dos autores).

Outra possibilidade de proposição de um problema por parte do professor para os alunos em relação à manobra *ollie* é discutir se há conservação da energia mecânica antes e depois da execução da manobra. Para investigar a solução para esse problema a Videoanálise é imprescindível. A figura 07 representa o gráfico da posição horizontal de um ponto fixo do atleta em função do tempo obtido pela Videoanálise com o *Tracker*.

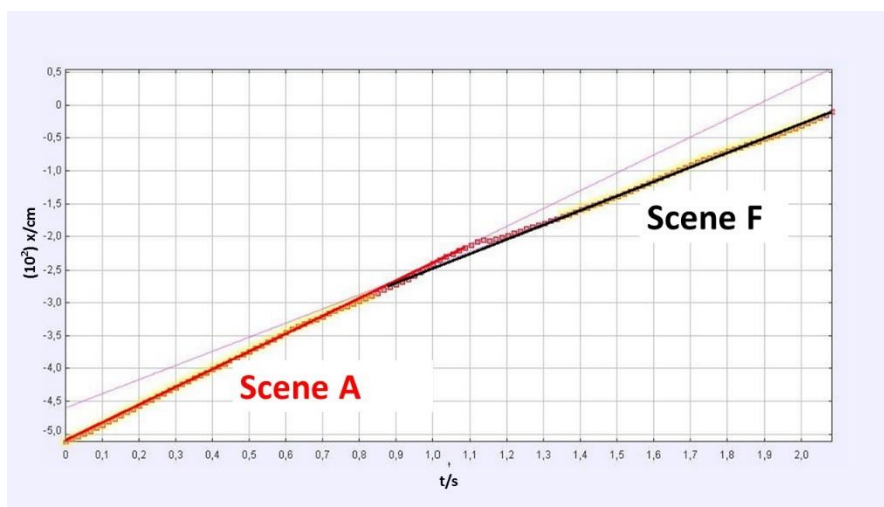


Figura 07: Gráfico da posição horizontal x em função do tempo para o conjunto atleta e skate antes (cena A) e depois da manobra Ollie (cena F) (figura dos autores).

Escolhendo o nível do chão como de energia potencial nula, a energia mecânica antes e depois da manobra está presente na forma de energia cinética, ou seja, a energia mecânica varia apenas se variar a velocidade do conjunto formado pelo atleta e pelo skate, uma vez que a massa do sistema permanece constante. A variação na inclinação das retas na figura 07 antes e depois da manobra indicam que houve diminuição da velocidade e, por isso, diminuição da energia cinética, indício de que a energia mecânica não se conservou.

Há ainda possibilidades de investigação sistemática do movimento com a Videoanálise, revelando aspectos interessantes. A figura 08 representa a variação da posição vertical y da extremidade traseira do skate em função do tempo. A partir dessa figura é perceptível que entre os instantes $t_1 = 0,35$ s (instante em que o skate atinge a altura máxima) e $t_2 = 0,48$ s (instante em que o skate toca o chão) os pontos da posição y em função do tempo registrados com o *Tracker* se ajustam com ótima correlação a uma parábola. Isso significa que durante a descida a aceleração do skate é constante, resultado de forças constantes que os pés do atleta, intuitivamente, exercem sobre a superfície do skate que, somadas ao peso do skate, fazem com que o movimento de descida seja constantemente variado, assim como a suavidade das variações constantes nos movimentos de queda dos corpos.

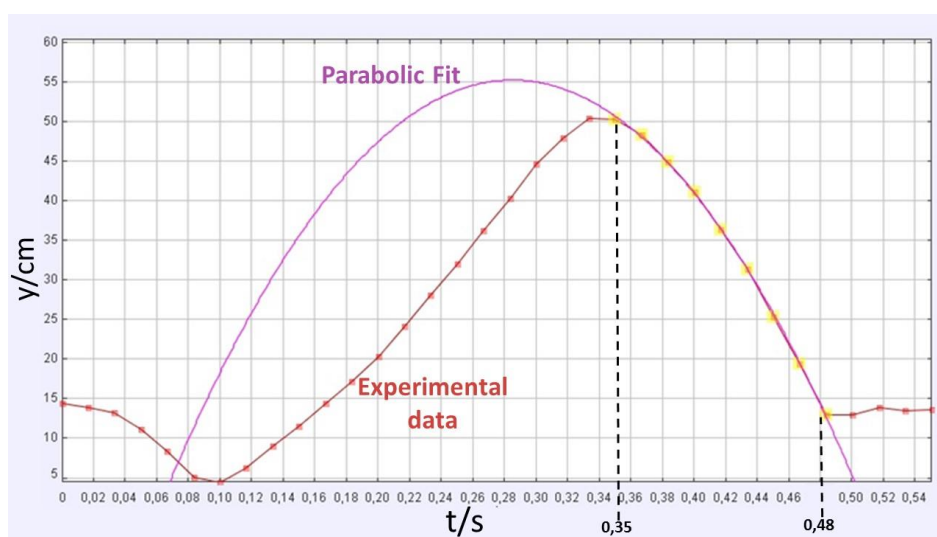


Figura 08: As posições da extremidade traseira do skate. Durante a descida, a partir do instante $t = 0,35$ s, os pontos (em amarelo) são bem ajustados a uma parábola (na cor lilás), o que evidencia a ação de forças constantes dos pés do atleta no skate (figura dos autores).

Considerações Finais

Acreditamos que a utilização das Imagens Estroboscópicas e da Videoanálise possibilita o rompimento de barreiras no ensino das ciências, barreiras que dificultam a ampliação de um ensino experimental. Para utilizar esses recursos se fazem necessários investimentos na aquisição de câmeras, computadores, projetores e, principalmente, na formação docente. A utilização das Imagens Estroboscópicas e da Videoanálise como opção para um ensino experimental vem sendo investigada no âmbito de uma tese de doutorado do Programa de Pós-

graduação em Ensino de Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz/FIOCRUZ. A pesquisa encontra-se em fase de aplicação da intervenção didática e respectiva coleta de dados. Espera-se que seja confirmada a potencialidade desses recursos no processo de aprendizagem científica dos alunos.

Referências

- BROWN, D. e COX, A.J., *The Physics Teacher* 47, 145, 2009
- BROWN, D., *Tracker*, 2008. (disponível em www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/ , consultado a 22/042016)
- CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de Ciências e a proposição de equências de ensino investigativas. Apud. *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. Ed. Cengage learning. 2013.
- DIAS, M. A., *Utilização de fotografias estroboscópicas digitais para o estudo da queda dos corpos*. MSc Thesis UFRJ, 2011.
- DIAS, M. A.; BARROS, S. S.; AMORIM, H. S. Produção de fotografias estroboscópica sem lâmpada estroboscópica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Vol. 26, No 3. 2009
- DIAS, M.A., CARVALHO, P. S. e VIANNA, D. M., *The Image Modeling for teaching Newton's Laws with the Ollie Trick*, *Physics Education*, No 51, v 3, 2016
- DIAS, M.A., CARVALHO, P. S. e RODRIGUES, M., *How to determine the Centre of Mass of bodies from Image Modelling*, *Physics Education*, No 51, v 2, 2016
- JESUS, V.L.B. e BARROS, M.A.J. As múltiplas faces da dança dos pêndulos *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, 4309 (2014)
- JESUS, V.L.B. e SASAKI, D.G.G. O experimento didático do lançamento horizontal de uma esfera: Um estudo por Videoanálise. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 37, n. 1, 1507 (2015)
- PSSC - PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE.. *Física*. São Paulo: EDART, 1967.
- RODRIGUES, M. e CARVALHO, P. S., *Teaching optical phenomena with Tracker*, *Physics Education*, 49(6), 671-677, 2014
- WHITE, R. and GUNSTONE, R. *Probing Understanding* (New York: Falmer Press) (1992)