

QUAL É A VELOCIDADE DO CARRO CINZA? UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM VIDEOANÁLISE PARA O MRU

HOW FAST IS THE GRAY CAR? A TEACHING SEQUENCE BASED ON VIDEO ANALYSIS FOR MRU

¿QUÉ RÁPIDO ES EL COCHE GRIS? UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA BASADA EN VIDEO ANÁLISIS PARA MRU

Luciana de Moraes Dutra

lucianamdutra@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-3048-3469>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Alexandre Lopes de Oliveira

alexandre.oliveira@ifrj.edu.br

<https://orcid.org/0000-0001-5460-9637>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Vitor Luiz Bastos de Jesus

vitor.jesus@ifrj.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-6995-8378>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

RESUMO

O ensino do movimento retilíneo uniforme (MRU) tem, tradicionalmente, negligenciado o empirismo do movimento, pois é apresentado aos estudantes do ensino médio de forma matematizada, privilegiando a memorização de fórmulas e a construção de gráficos. Assim, busca-se integrar uma tecnologia digital a uma atividade experimental para a construção dos conceitos que constituem o estudo do MRU, de modo que os estudantes possam trabalhar tanto o empirismo do movimento quanto as relações matemáticas que o descrevem. Este trabalho apresenta uma proposta planejada, construída com base na metodologia POE (Predizer-Observar-Explicar) e aplicada a alunos da 1ª série do ensino médio em uma escola pública no Rio de Janeiro, utilizando o software de videoanálise Tracker. A metodologia POE promove o aprendizado ativo em três etapas: predizer o resultado de um evento, observar e descrever o fenômeno e, se necessário, ajustar a compreensão em caso de conflito entre predição e observação. O experimento baseia-se na análise do vídeo de um carro em movimento retilíneo, gravado sob luz natural. Os objetivos da proposta experimental incluem a identificação do MRU como um deslocamento em linha reta, com velocidade constante, e a interpretação de dados e gráficos gerados pelo Tracker para calcular os valores das velocidades escalar e vetorial médias e das instantâneas e construir a função horária da posição do movimento. A coleta de dados ocorre por meio da observação das respostas dos estudantes durante a atividade. Da análise dessas respostas, observa-se, entre outros resultados, um favorecimento do aprendizado crítico e reflexivo, possibilitando a integração entre o fenômeno físico e a construção de suas funções matemáticas, além de estimular uma compreensão mais profunda e aplicada dos conceitos de MRU.

PALAVRAS-CHAVE: tecnologias digitais, atividade experimental, videoanálise, movimento retilíneo uniforme, ensino médio

ABSTRACT

The teaching of uniform rectilinear motion (URM) has traditionally neglected its empirical nature, as it is presented to high school students in a mathematical form, privileging the memorization of formulas and the construction of graphs. Thus, it is sought to integrate digital technology with an experimental activity to construct the concepts that constitute the study of URM, so that students can work on both the empirical aspects of movement and the mathematical relations that describe it. This work presents a proposed plan, based on the POE methodology (Predict-Observe-Explain), and applied to 1st-year high school students at a public school in Rio de Janeiro, using the video analysis software Tracker. The POE methodology promotes active learning in three stages: predicting the outcome of an event, observing and describing the phenomenon, and, if necessary, adjusting understanding in case of a conflict between prediction and observation. The experiment is based on the analysis of a video of a car in rectilinear motion, recorded in natural light. The objectives of the experimental proposal include identifying URM as a displacement in a straight line at constant speed, interpreting data and graphs generated by Tracker to calculate the average scalar and vector velocities and the instantaneous values, and constructing the position-time function of the movement. Data collection occurs through the observation of students' responses during the activity. From the analysis of these responses, it is observed, among other results, a favoring of critical and reflective learning, enabling integration between the physical phenomenon and the construction of its mathematical functions, as well as stimulating a deeper, more applied understanding of URM concepts.

KEYWORDS: digital technologies, experimental activity, video analysis, uniform rectilinear motion, high school

**RESUMEN**

La enseñanza del movimiento rectilíneo uniforme (MRU) tradicionalmente ha descuidado el empirismo del movimiento, ya que se presenta a los estudiantes de secundaria de manera matematizada, privilegiando la memorización de fórmulas y la construcción de gráficos. Así, se busca integrar una tecnología digital en una actividad experimental para la construcción de los conceptos que constituyen el estudio del MRU, de modo que los estudiantes puedan trabajar tanto el empirismo del movimiento como las relaciones matemáticas que lo describen. Este trabajo presenta una propuesta planificada, construida con base en la metodología POE (Predecir-Observar-Explicar) y aplicada a estudiantes de 1.er año de secundaria en una escuela pública de Río de Janeiro, utilizando el software de videoanálisis Tracker. La metodología POE promueve el aprendizaje activo en tres etapas: predecir el resultado de un evento, observar y describir el fenómeno y, si es necesario, ajustar la comprensión ante un conflicto entre la predicción y la observación. El experimento se basa en el análisis de un video de un automóvil en movimiento rectilíneo, grabado con luz natural. Los objetivos de la propuesta experimental incluyen la identificación del MRU como un desplazamiento en línea recta con velocidad constante, así como la interpretación de los datos y gráficos generados por Tracker para calcular las velocidades escalar y vectorial medias e instantáneas, y construir la función horaria de la posición del movimiento. La recolección de datos se realiza mediante la observación de las respuestas de los estudiantes durante la actividad. Del análisis de estas respuestas se observa, entre otros resultados, un favorecimiento del aprendizaje crítico y reflexivo, lo que posibilita la integración entre el fenómeno físico y la construcción de sus funciones matemáticas, además de estimular una comprensión más profunda y aplicada de los conceptos de MRU.

PALABRAS CLAVE: tecnologías digitales; actividad experimental; videoanálisis; movimiento rectilíneo uniforme; escuela secundaria.

INTRODUÇÃO

O ensino do movimento retilíneo uniforme (MRU) tem, tradicionalmente, negligenciado o empirismo do movimento, pois é apresentado aos estudantes do ensino médio de forma matematizada (Matos *et al.*, 2022), privilegiando a memorização de fórmulas e a construção de gráficos.

Ao se discutir o MRU, os estudantes apresentam dificuldades, como, por exemplo, confundir a trajetória do móvel com a curva da função horária da posição, rapidez com velocidade, deslocamento com distância percorrida e velocidade com aceleração. (McDermott, 1998; Souza; Donangelo, 2012; Prudêncio, 2017; Cunha; Sasaki, 2020).

Nesse sentido, a realização de atividades experimentais pode trazer contribuições valiosas para a discussão sobre MRU. Este tipo de atividade visa "estabelecer uma relação entre o empírico e a construção teórica, além de permitir demonstrar as implicações das teorias e leis, a fim de legitimar o conhecimento científico" (Silva; Brinatti, Andrade, 2022, p. 536). Esta abordagem pode ser realizada de diferentes formas, como as atividades demonstrativas, quando o docente conduz um experimento para que os estudantes observem o fenômeno, desenvolvam hipóteses, discutam e cheguem a conclusões sobre o tema estudado (Ferreira, 1978), ou prático-experimentais investigativas, em que os estudantes, instigados por uma provocação inicial, formulam hipóteses e realizam atividades mediadas pelo professor, desenvolvendo empatia com o fazer científico ao vivenciarem um aprendizado ativo e autoral (Borges, 2002).

Todavia, a realização de práticas experimentais na educação básica muitas vezes é relegada a segundo plano. Esse fato ocorre, na maioria dos casos, por essas atividades demandarem mais tempo de preparação e de execução para o professor, bem como maior quantidade de recursos da escola. Argumentos como ausência de um espaço adequado à realização desse tipo de atividade, carga horária insuficiente, conteúdo extenso, falta de recursos, ausência de formação inicial e continuada do professor, inexistência de laboratorista para preparação do material (Borges, 2002, Laburú; Barros; Kanbach, 2016; Silva; Leal, 2017) são comumente encontrados na literatura como justificativas para a não realização de atividades prático-experimentais. Entretanto,

As atividades experimentais, a nosso ver, não requerem local específico nem carga horária, portanto, podem ser realizadas a qualquer momento, tanto na explicação de conceitos, quanto na resolução de problemas, ou mesmo em uma aula exclusiva para a experimentação (Salvadeo, 2008, p. 15).

Assim, de acordo com Salvadeo (2008), a definição de recursos, momento e local é decisão do professor de Física; detém a autonomia para adequar as atividades experimentais tanto ao conteúdo abordado quanto aos seus estudantes.

Diante desse cenário, esta sequência didática se estrutura em torno da seguinte pergunta: Como integrar uma tecnologia digital a uma atividade experimental para a construção dos conceitos que constituem o estudo MRU, de modo que os estudantes possam trabalhar tanto o empirismo do movimento quanto as relações matemáticas que o descrevem? Desta forma, essa proposta foi planejada, construída utilizando a metodologia POE (Predizer-Observar-Explicar), aplicada a estudantes da 1ª série do ensino médio e utilizou como estratégia de ensino a videoanálise, via o *software* livre *Tracker*.

A INTEGRAÇÃO DA TECNOLOGIA DIGITAL A UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

O uso de computadores no ensino de Ciências é uma prática quase tão antiga quanto o surgimento dos primeiros computadores pessoais, no final dos anos 1970, intensificando-se com o surgimento da internet (anos 1980) e de sua popularização (anos 1990) (Fiolhais, Trindade, 2003), tendo sido sensivelmente ampliado no período da pandemia de Covid-19 (Gonçalves Junior, 2020). Fiolhais e Trindade (2003) atribuem à presença dos computadores nos laboratórios uma transformação na forma de se realizar atividades experimentais, uma vez que,

O computador permite novas situações de aprendizagem ao propiciar aos alunos a realização de medições de grandezas físicas em tempo real, que lhes fornecem respostas imediatas a questões previamente colocadas. A apresentação gráfica de dados facilita leituras e interpretações rápidas. (Fiolhais; Trindade, 2003, p. 263)

A experimentação, por sua vez, pode ser considerada como a *alma mater* da Física, dada a sua importância na compreensão dos fenômenos da natureza. Esse tipo de atividade pode ocorrer tanto em um laboratório material, onde o estudante manipula materiais concretos, quanto em um laboratório virtual, onde as atividades experimentais são realizadas por meio da simulação desses materiais no computador (Xavier, 2018).

A experimentação também pode ser compreendida como a apropriação das linguagens e dos conhecimentos teóricos para observar, explicar e transformar o mundo (Figura 1).

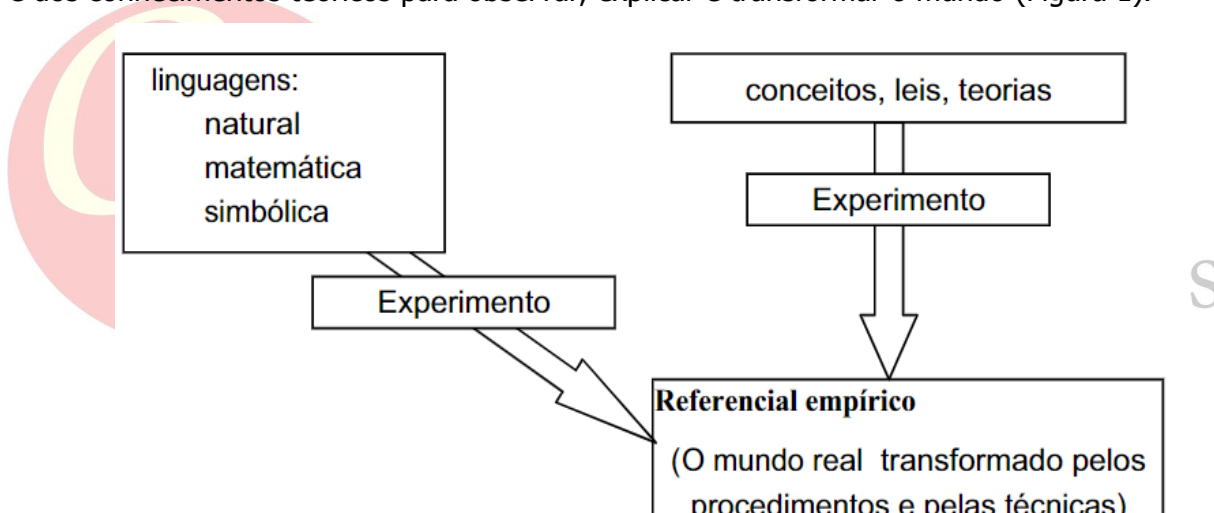


Figura 1: Esquema representativo dos polos considerados na descrição da experimentação.

Fonte: Sér , Coelho e Nunes (2003, p. 39)

Desta forma, atividades experimentais, sejam demonstrativas ou investigativas, desenvolvem essas habilidades nos estudantes para além do almejado para o ensino médio, contribuindo também para o desenvolvimento de estudos posteriores e até mesmo para a inserção desses estudantes no mundo do trabalho (Aguiar; Gama; Costa, 2005).

Portanto, almejando uma integração entre tecnologia digital e atividades experimentais, desenvolvemos neste trabalho uma sequência didática, que utiliza o *software* livre *Tracker* para analisar um vídeo de um veículo movimentando-se em uma via razoavelmente retilínea e com velocidade de módulo praticamente constante.

O MÉTODO POE (PREDIZER-OBSERVAR-EXPLICAR)

O método POE (Predizer-Observar-Explicar), desenvolvido por White e Gunstone (1992), avalia a compreensão do estudante em três etapas: realizar uma predição fundamentada em conhecimentos prévios, descrever a observação do evento e, por fim, reconciliar possíveis conflitos entre a predição e a observação com base em conhecimentos de Física.

Esta metodologia possibilita ao estudante construir o conhecimento a partir do conflito cognitivo entre suas concepções prévias e a observação do evento, podendo, inclusive, aplicar mais de um raciocínio para explicar o fenômeno observado.

Santos e Sasaki (2015) destacam que a metodologia POE tem inspiração construtivista, delegando ao estudante a responsabilidade de explicar e debater um fenômeno real, utilizando suas próprias palavras. Nesse contexto, o docente exerce um outro papel fundamental:

cabe ao professor contextualizar o tema, apresentar um fenômeno real relacionado na forma de experimento, vídeo ou animação, estimular a discussão de ideias, organizar a interação dos alunos e finalmente coligar e debater as diferentes respostas. (Santos e Sasaki, 2015, p. 3506-2).

O roteiro experimental elaborado para esta pesquisa baseia-se na observação de um carro em movimento, com a seguinte questão principal: "Qual é a velocidade do carro cinza?" Ao observarem o movimento do carro, é solicitado aos estudantes que estimem a velocidade. Ou seja, eles precisam explicar em que se baseiam para estimar aquele valor de velocidade. Esse é o momento da predição. Utilizando o *software* livre *Tracker* para a videoanálise, os estudantes recebem subsídios para a sua observação: um padrão de comparação de comprimento, eixos coordenados e compreensão sobre qual movimento o carro executava (se a velocidade era constante ou variava ao longo do tempo). Esse é o momento da observação. E, por fim, eles comparam a velocidade que encontraram com a que estimaram e explicam, com base na função horária do movimento retilíneo uniforme, a diferença entre os valores estimados e os encontrados, que é o momento da explicação.

A VIDEOANÁLISE: ENTENDENDO A ATIVIDADE PROPOSTA

A videoanálise compreende a análise quadro a quadro de vídeos, que possibilita o estudo de diferentes tipos de movimento. Esses movimentos podem ser filmados por meio de câmeras digitais, como as disponíveis em smartphones ou webcams, e possibilitam diferentes modos de descrever, explicar, prever e compreender diversos fenômenos físicos (Brown; Cox, 2009; de Jesus, 2014).

A utilização da videoanálise como atividade experimental nas aulas de Física permite ao estudante a aquisição de dados a partir da observação de fenômenos, sem a necessidade de reproduzir um aparato específico ou situações que, muitas vezes, não seriam possíveis de se reproduzir em um laboratório didático (Brown; Cox, 2009).

O *software* utilizado nesta sequência didática foi o *Tracker*, que foi desenvolvido por Douglas Brown numa parceria com a Open Source Physics (OSP), estando disponível para *download* para os sistemas operacionais Windows, MacOS e Linux¹.

O *Tracker* é uma ferramenta de aquisição de dados, uma das utilizações do computador no laboratório de Física (Fiolhais; Trindade; 2003). No entanto, diferentemente do que esses

¹ Disponível em <https://physlets.org/tracker/>

autores definiram, nesta atividade experimental os dados são obtidos a partir de uma situação real, e não de um experimento conduzido em um laboratório didático.

A gravação do vídeo

O vídeo foi gravado em frente ao setor de desembarque do Aeroporto Internacional Tom Jobim (Galeão, RJ), utilizando a luz natural, que é bem intensa e reduz o tempo de abertura do obturador da câmera. A preocupação com uma boa iluminação, a eliminação de sombras e a redução de rastros, para a obtenção de uma imagem de qualidade e maior definição, são essenciais para a gravação de vídeos que possam ser utilizados na sequência didática proposta.

A gravação original possui 3 segundos de duração, feita em sequência única, utilizando a câmera de um celular Samsung S21 5G FE, que filma a 60 fps (do inglês, *frames per second*). O aparelho estava posicionado horizontalmente, firmemente segurado com ambas as mãos e paralelo ao plano de deslocamento do carro, conforme apresentado na Figura 2.



Figura 2: Posicionamento do smartphone para a captura do vídeo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a realização da videoanálise, é necessário que haja, no vídeo, um objeto de tamanho conhecido, como, por exemplo, uma régua, para que se estabeleçam, de forma proporcional, as dimensões dos demais corpos que compõem a análise. Diante desta necessidade, utilizamos o aplicativo Google Lens para identificar o modelo do carro cinza que aparece na Figura 2 e, consultando o manual desse automóvel, obtivemos a distância entre os eixos de 2,472 metros (do centro da roda dianteira ao centro da roda traseira). É importante destacar que a medida de referência precisa estar no mesmo plano do objeto em movimento a fim de evitar possíveis erros de paralaxe² (de Jesus, 2014; Bezerra Junior *et al.*, 2012; de Jesus; Sasaki, 2016; Stephens; Bostjancic; Koskultz, 2019; Martin; Frisch; Zwart, 2020). O acesso ao vídeo encontra-se no campo [Videoanálise 2 – MRU](#) do [Laboratório Virtual de Cinemática](#)³.

² Paralaxe pode ser compreendida como o deslocamento aparente na direção do objeto observado devido à mudança de posição do observador. Quanto maior for a distância do observador ao objeto, menor será a paralaxe. Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/dist/dist.htm>

³ O Laboratório Virtual de Cinemática (LaViC) é um espaço digital construído pelos autores voltado ao ensino de Cinemática com apoio de videoanálise.

Os estudantes e a escola

Os participantes desta sequência didática foram estudantes da 1ª série do ensino médio de uma escola pública federal localizada na zona sul da cidade do Rio de Janeiro.

Embora a escola tenha um laboratório de Física, o espaço escolhido para a realização da atividade de videoanálise foi a sala de informática, que conta com 13 computadores de mesa (*desktop*) disponíveis para os estudantes.

A atividade experimental foi desenvolvida com as três turmas da 1ª série durante as aulas de física, num período de aproximadamente 6 tempos de aula (cerca de 300 minutos).

Em relação ao conteúdo abordado, o professor regente já havia introduzido, em aulas anteriores, alguns conceitos considerados pré-requisitos para o desenvolvimento da sequência didática, tais como referencial, movimento e repouso, deslocamento, distância percorrida, trajetória e velocidade (escalar e vetorial, média e instantânea).

Roteiro da sequência didática baseada em videoanálise

Buscando desvincular-se das tradicionais "receitas de bolo" normalmente utilizadas em atividades educacionais de laboratório (Ferreira, 1978; Rutz da Silva; Brinatti; Chaves de Andrade, 2022), o roteiro construído para esta sequência didática é um híbrido entre um guia experimental e um relatório. Ele é semiaberto, ou seja, possui um espaço onde os estudantes fazem questionamentos ou previsões para serem discutidos ao longo do desenvolvimento da atividade (Lunardi; Terrazzam, 2003). Este roteiro foi construído com base na metodologia POE e na estrutura apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Estrutura dos roteiros experimentais semiabertos.

FASE POE	CAMPO DO ROTEIRO	DESCRIÇÃO
Predição	Introdução	Apresenta a videoanálise e o <i>software</i> livre <i>Tracker</i> .
	Preparando o experimento	Faz uma breve exposição sobre o objeto de estudo (o carro cinza), apresentando os parâmetros que serão utilizados na videoanálise, apresenta as ferramentas de preparação do vídeo (ajustes de corte de vídeo, bastão de medição e inserção dos eixos coordenados).
	Construindo hipóteses	Antes de se começarem as medições, o estudante faz previsões sobre a velocidade e a trajetória do carro.
Observação	Fazendo medições	Os estudantes fazem a marcação da posição do objeto utilizando a ferramenta <i>track</i> do <i>software</i> livre <i>Tracker</i> para a obtenção dos dados.
	Analisando os dados medidos	Os estudantes registram suas observações, relacionam os conceitos e as relações matemáticas abordados durante as aulas teóricas aos dados obtidos e analisam a construção gráfica feita pelo <i>Tracker</i> .
Explicação	Construindo Conclusões	Cada estudante constrói um texto comparando suas previsões com as observações, explicando as divergências entre estes dois momentos à luz dos conceitos físicos desenvolvidos no experimento.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No roteiro de MRU, os estudantes tinham como objetivos desenvolver as seguintes habilidades:

- Relacionar o movimento retilíneo uniforme (MRU) com o deslocamento do móvel em linha reta e com velocidade constante através da intuição de que no vídeo o automóvel percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais;

- Determinar o módulo da velocidade vetorial média, e as intensidades das velocidades instantânea e escalar média⁴;

- Observar que, à medida que os intervalos de tempo se tornam cada vez menores, mais a velocidade média se aproxima da velocidade instantânea;

- Relacionar a função horária da posição no MRU com função polinomial do 1º grau (conteúdo já estudado nas aulas de Matemática);

- Identificar o gráfico originado no movimento analisado como uma reta (crescente se a velocidade for positiva e decrescente se for negativa);

- Relacionar a função horária $S = S_0 + v \cdot t$, em que S é a posição num instante t qualquer, S_0 é a posição inicial, v é a velocidade e t é o instante de tempo, todos em unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI), com os dados fornecidos pelo *Tracker*.

A linguagem utilizada nos roteiros é simples e clara, de modo que o estudante tenha a impressão de que o roteiro conversa com ele. O roteiro utiliza a metodologia POE, em que os estudantes fazem a predição da velocidade do veículo apenas assistindo ao vídeo, sem qualquer informação complementar e, a partir da videoanálise do movimento do carro (observação), buscam explicar se o valor estimado concorda ou não com o valor encontrado, justificando sua resposta.

O roteiro experimental semiaberto, o vídeo utilizado nesta pesquisa e o tutorial de como fazer esta videoanálise encontram-se no campo [Videoanálise 2 – MRU](#) do [Laboratório Virtual de Cinemática](#).

A realização da videoanálise

É solicitado aos estudantes que se organizem em duplas ou trios e que cada um deles receba uma cópia do roteiro semiaberto. Em seguida, cada grupo assume sua posição no computador escolhido, onde há uma pasta com o vídeo a ser analisado. A pesquisadora, inicialmente, faz uma breve explanação sobre o funcionamento de um laboratório de Física, sobre a realização de uma atividade experimental, relacionando esses temas à importância de uma leitura e preenchimento atentos do roteiro em questão.

Na primeira parte, intitulada “Preparando o Experimento”, os estudantes realizam os ajustes necessários para a análise do vídeo:

- Cortar o vídeo entre os quadros (*frames*) em que é possível visualizar o carro cinza (Figura 3A);
- Inserir o bastão de medição com a distância entre eixos (Figura 3B);
- Posicionar os eixos cartesianos x e y (Figura 3C).

⁴ O que buscamos neste objetivo é que o estudante perceba que estas três velocidades terão a mesma intensidade, justamente por se tratar de um movimento retilíneo e uniforme.

QUAL É A VELOCIDADE DO CARRO CINZA? UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM VIDEOANÁLISE PARA O MRU

p. e26172845

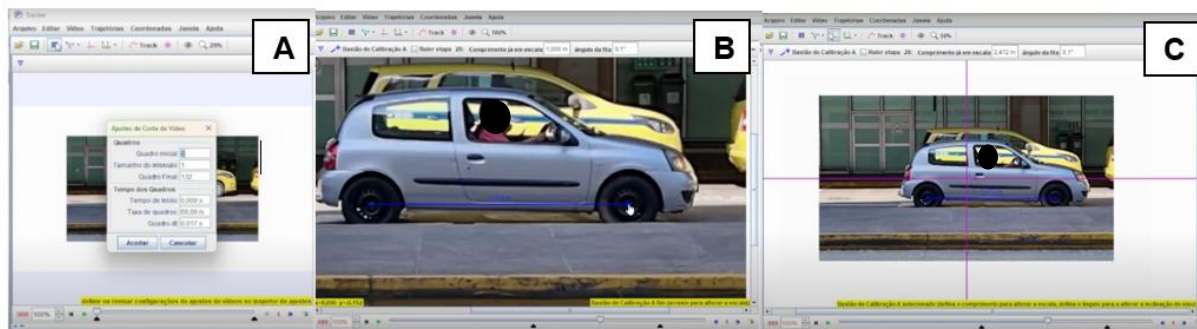


Figura 3: (A) Ajuste de corte de vídeo, (B) Inserção do Bastão de Medição e (C) Inserção dos eixos cartesianos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em “Construindo Hipóteses”, os estudantes respondem a dois questionamentos sobre o que observam do movimento do carro, sem a videoanálise: “Como você acha que será a trajetória descrita pelo carro cinza?” e “Considerando intervalos de tempo iguais (o intervalo entre os frames), qual a relação entre a distância percorrida pelo automóvel nesses intervalos?”. Neste roteiro, estas duas questões introduzem o conceito de velocidade constante, característica principal do movimento retilíneo uniforme.

Dando continuidade à execução da sequência didática, na etapa “Fazendo Medições”, os estudantes realizam as marcações do ponto de referência escolhido para a análise: a fechadura da porta do carro (Figura 4). Ele foi escolhido por ser fácil de identificar e de acompanhar. Nesse processo, são realizadas cerca de 60 marcações. Mesmo sendo uma grande quantidade de pontos a serem marcados, a ideia aqui era que eles observassem a uniformidade do movimento (percorrer espaços iguais em intervalos de tempo iguais).

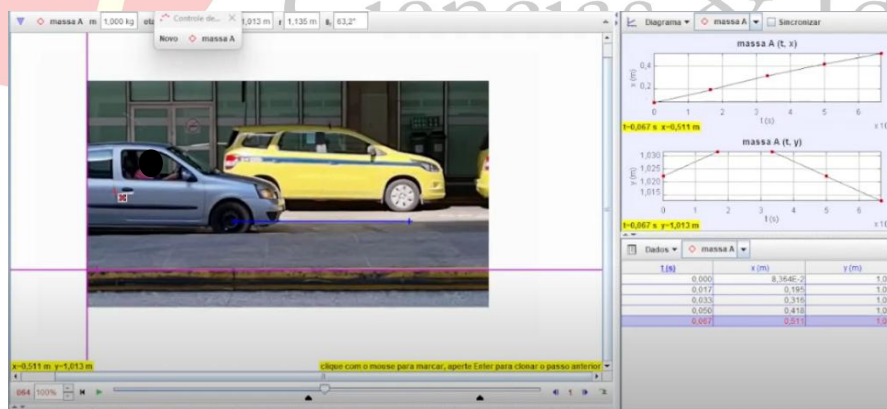


Figura 4: Marcação das posições da fechadura do carro cinza durante o deslocamento.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na etapa seguinte, “Analisando os Dados Medidos”, os estudantes são inquiridos a observar, de forma crítica, a trajetória descrita pelas marcações feitas nos sucessivos *frames*. O passo seguinte é identificar e analisar os gráficos referentes ao movimento horizontal e vertical dos pontos marcados. Restringindo, então, o foco no gráfico representativo do movimento horizontal do automóvel, os estudantes são solicitados a realizar o ajuste da curva obtida no gráfico (Figura 5), utilizando para isso a ferramenta de dados do *Tracker*, obtendo

QUAL É A VELOCIDADE DO CARRO CINZA? UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM VIDEOANÁLISE PARA O MRU

p. e26172845

dessa forma os parâmetros A e B da equação $x = A \cdot t + B$ (forma utilizada pelo *software* para a função horária $S = S_0 + v \cdot t$).

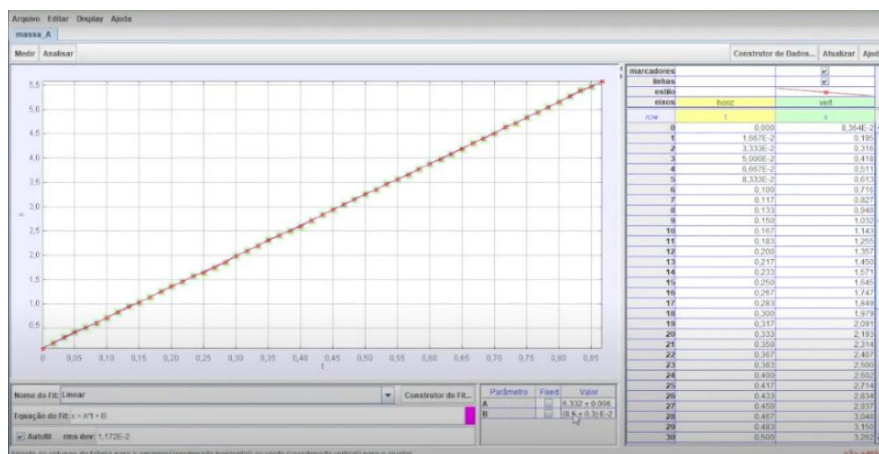


Figura 5: Ajuste de curva feito no *software* livre Tracker.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os estudantes, nesse momento, já haviam visto formalmente a matéria de funções polinomiais do primeiro grau na disciplina de Matemática, além de conceitos como posição inicial, posição final, deslocamento e velocidade (vetorial e escalar, média e instantânea) na própria disciplina de Física.

Paralelamente à determinação da função horária do movimento obtida através do ajuste linear, é solicitado aos estudantes que calculem os valores das velocidades vetorial e escalar média e instantânea.

Por fim, na etapa "Construindo Conclusões", os estudantes são orientados sobre como salvar o vídeo analisado com a extensão ".trk" para ser coletado posteriormente pela pesquisadora e, em seguida, solicitados a responder algumas questões que comparam os resultados encontrados no desenvolvimento da atividade com as hipóteses feitas por eles no início da execução da sequência didática, sendo solicitada na última atividade a elaboração de um pequeno texto fazendo estas correlações.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização da atividade, a pesquisadora recolheu os roteiros semiabertos e os arquivos da videoanálise que os grupos salvaram nos computadores. Os roteiros experimentais semiabertos (RES) foram digitalizados e devolvidos ao estudante, sem anotações ou comentários, apenas com uma mensagem de agradecimento pela participação na atividade⁵.

⁵ Esta atividade não foi diretamente pontuada, pois ela foi classificada como uma das atividades em grupo que o professor regente aplica para a turma trimestralmente. Para constituir a nota do estudante, o professor aplica os seguintes instrumentos: prova trimestral, 1 ou 2 testes e várias atividades, tanto individuais quanto em grupo. Cada instrumento possui um peso e a nota do estudante é uma média ponderada dos graus obtidos.

QUAL É A VELOCIDADE DO CARRO CINZA? UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM VIDEOANÁLISE PARA O MRU

p. e26172845



Figura 6: Comparação entre a resposta do estudante e sua videoanálise.

Fonte: Elaborado pelos autores.

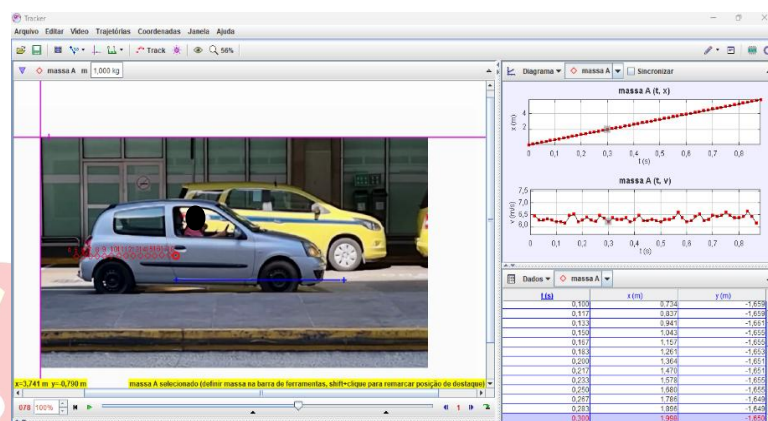


Figura 7: Videoanálise feita por uma dupla de estudantes.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A avaliação do desenvolvimento da atividade experimental pelo estudante foi realizada comparando as respostas às atividades do roteiro semiaberto (Figura 6) com a videoanálise realizada por eles (Figura 7).

Em relação aos objetivos estabelecidos para o roteiro de videoanálise do movimento retilíneo uniforme, as respostas dadas pelos estudantes foram classificadas em *Completa*, *Parcialmente Completa*, *Incompleta* e *Em branco* (Quadro 2).

O nível de completude das respostas foi estabelecido com base no aprofundamento que o estudante dava às questões relacionadas a cada objetivo. Por exemplo, quando se solicita ao estudante que identifique as posições e instantes de tempo inicial e final com os dados fornecidos pelo *Tracker* e determine a velocidade escalar média do carro cinza, que está relacionada ao objetivo 2 do Quadro 2, essa questão é considerada completa se o estudante consegue cumprir as seguintes etapas:

- Identificar dois valores não-subsequentes para a posição do móvel (S e S_0) e respectivos instantes de tempo (t e t_0);
- Subtrair os valores de posição e tempo iniciais (S_0, t_0) dos valores finais (S, t);
- Dividir o valor da diferença das posições ($S - S_0$) pelo intervalo de tempo ($t - t_0$);
- Expressar o resultado em metros por segundo (m/s).

Caso algum desses itens não seja cumprido, a resposta passa a ser considerada *Parcialmente Completa*. Para as respostas que não atendam a três ou mais itens citados, a

QUAL É A VELOCIDADE DO CARRO CINZA? UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM VIDEOANÁLISE PARA O MRU

p. e26172845

resposta do estudante passa a ser classificada como *Incompleta*. As respostas classificadas como *Em Branco* são aquelas em que nada foi escrito.

Nos casos em que os objetivos possuem mais de uma questão associada, o nível de completude também considera se há questões relacionadas que estão incompletas ou deixadas em branco. Mais uma vez, o objetivo 2 exemplifica essa situação, pois requer que o estudante, com base nos dados obtidos na videoanálise, determine o módulo da velocidade vetorial média, além dos valores das velocidades instantânea e escalar média.

Observando-se o objetivo 1 no Quadro 2, 72 estudantes responderam de forma *Completa* ou *Parcialmente Completa* à questão "Qual o tipo de trajetória a fechadura do carro cinza descreve?" e ao comando de desenhar a trajetória em questão. A Figura 5 apresenta o comparativo entre uma resposta classificada como *Completa* e outra como *Parcialmente Completa*.

Quadro 2: Quantitativo das respostas de alunos por objetivo a ser alcançado.

OBJETIVOS	RESPOSTAS			
	COMPLETAS	PARCIALMENTE COMPLETAS	INCOMPLETAS	EM BRANCO
1- Relacionar o movimento retilíneo uniforme (MRU) com o deslocamento do móvel em linha reta e com velocidade constante.	36	36	1	0
2 - Determinar o módulo da velocidade vetorial média e os valores das velocidades instantânea e escalar média.	9	58	6	0
3 - Observar que, à medida que os intervalos de tempo se tornam cada vez menores, mais a velocidade média se aproxima da velocidade instantânea.	14	23	28	8
4 - Relacionar a função horária da posição no MRU com a equação de 1º grau, identificando o gráfico originado deste movimento como uma reta	17	47	5	4
5 - Aplicar a função horária $S = S_0 + v \cdot t$	15	8	29	21

Fonte: Dados da pesquisa.

Embora pareça um tanto radical classificar a resposta da Figura 8A como *Parcialmente Completa* pelo fato de o estudante ter indicado o sentido do deslocamento do móvel, é importante destacar que eles já haviam estudado vetores e o professor regente observou confusões entre o vetor deslocamento e a trajetória do móvel.

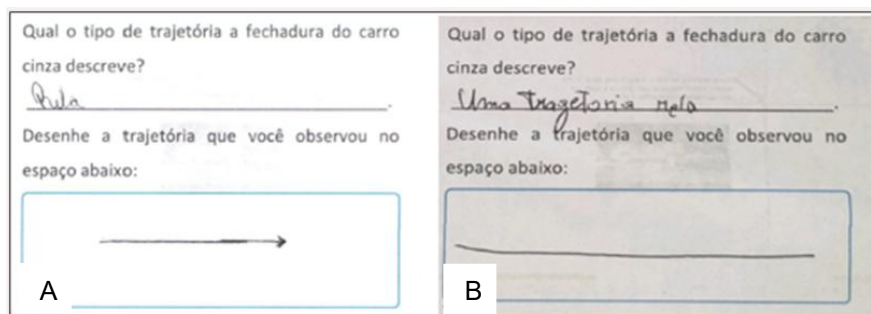


Figura 8: Comparação entre a resposta *Parcialmente Completa* (A) e a resposta *Completa* (B) para o objetivo 1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Um exemplo de resposta *Incompleta* do objetivo 1 pode ser observado na Figura 9. É possível que o estudante tenha confundido a trajetória do móvel com a inclinação da curva do gráfico $S(m)$ versus $t(s)$.

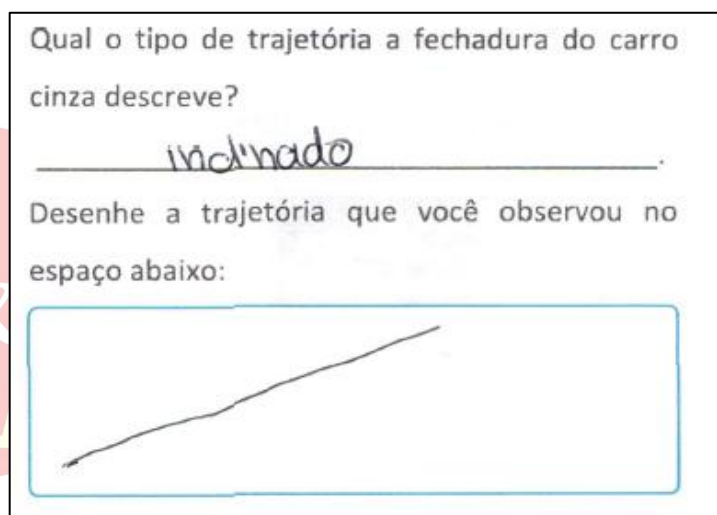


Figura 9: Resposta do estudante classificada como *Incompleta* para o objetivo 2.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação ao objetivo 2, onde os estudantes calcularam o valor do módulo da velocidade vetorial média e os valores das velocidades instantânea e escalar média, com base nos dados extraídos de suas videonálises, a maioria das respostas foi classificada como *Parcialmente Completa*. Três dificuldades apareceram de forma recorrente nessas respostas: extrair os dados da tabela fornecida pelo *software* livre *Tracker*, operacionalizar os dados (subtração seguida de divisão) e inserir a unidade de medida nas respostas, sendo esta última situação a mais incidente (cerca de 90% dos casos).

No objetivo 3, a maioria das respostas dos estudantes à pergunta “Qual a relação entre a velocidade escalar média, a velocidade vetorial média e a velocidade instantânea do carro cinza?” foi classificada como *Parcialmente Completa* ou *Incompleta* (Gráfico 1).

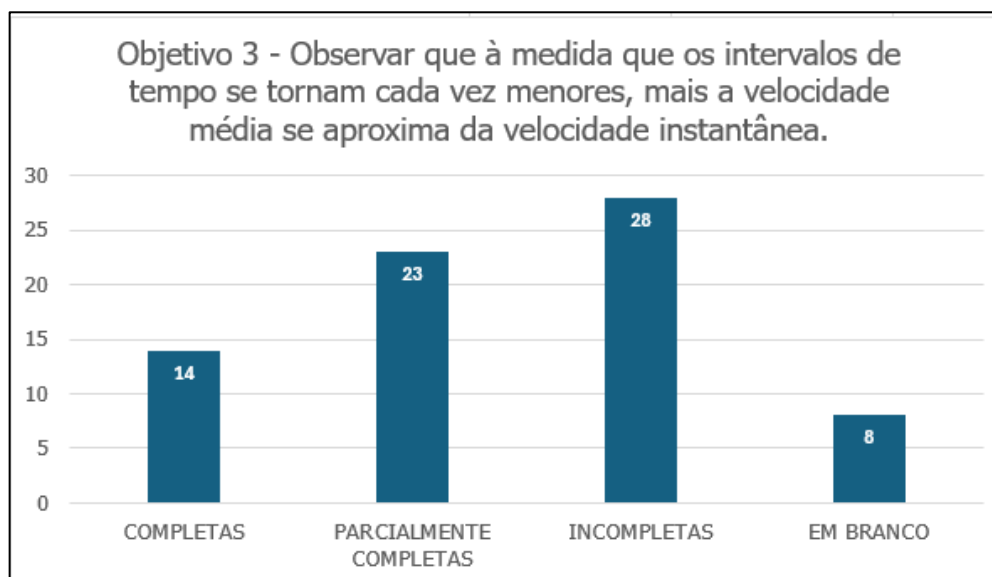


Gráfico 1: Distribuição das respostas à pergunta relacionada ao objetivo 3.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Muitas das respostas classificadas como *Incompletas* no objetivo 2 resultam das dificuldades dos estudantes em extrair corretamente os dados da tabela fornecida pelo *software* livre *Tracker* e em realizar adequadamente as operações matemáticas necessárias (subtração e divisão). Essas dificuldades levaram a discrepâncias significativas nos valores das velocidades vetorial média, escalar média e instantânea, impactando diretamente o nível de completude do objetivo 3. A Figura 10 ilustra um exemplo de resposta *Parcialmente Completa*. Embora fosse esperado que os estudantes identificassem valores próximos às três velocidades, as dificuldades na extração e no processamento dos dados, somadas a possíveis erros nas marcações, resultaram em divergências nos valores obtidos.

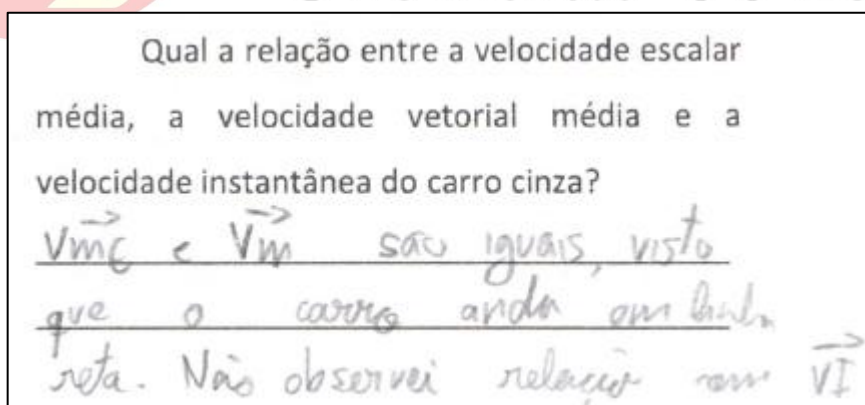


Figura 10: Resposta do estudante classificada como *Incompleta* para o objetivo 3.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação ao objetivo 4, em que os estudantes precisavam responder a perguntas como: "Qual o tipo de curva esse gráfico apresenta?", "Baseado nas tuas aulas de matemática, qual é a função associada a esta curva?", "Quais são, respectivamente, a grandeza do eixo das ordenadas e a do eixo das abscissas?" e "Qual grandeza encontramos ao calcular a inclinação desse gráfico $S(m)$ versus $t(s)$?" e calcular a inclinação da curva do gráfico

QUAL É A VELOCIDADE DO CARRO CINZA? UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM VIDEOANÁLISE PARA O MRU

p. e26172845

$S(m)$ versus $t(s)$? , a maioria das respostas foram classificadas como *Incompleta* justamente pelas dificuldades descritas no objetivo 2: extrair os dados da tabela, operacionalizar esses os dados e inserir a unidade de medida nas respostas, conforme pode ser visto na figura 11.

a) Qual o tipo de curva esse gráfico apresenta?
Curva reta.

b) Baseado nas tuas aulas de matemática, qual é a função associada a esta curva?
Função Afim.

c) Quais são, respectivamente, a grandeza do eixo das ordenadas e a do eixo das abscissas?
x - tempo em segundos
y - medida em metros

d) Qual grandeza encontramos ao calcular a inclinação desse gráfico $x(m)$ versus $t(s)$?
A velocidade escalar média.

e) Agora escolha dois pontos distintos e calcule a inclinação da curva do diagrama x versus t do experimento da tua dupla:

$t_1 = 0,033$	$x_1 = 0,217$
$t_2 = 0,050$	$x_2 = 0,309$
$0,033$	$0,083$
$-0,033$	$-0,317$
<u>0,017</u>	<u>0,032</u>

Figura 11: Resposta do estudante classificada como *Incompleta* para o objetivo 4.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No objetivo 5, os estudantes foram orientados a construir a função horária da posição para o movimento do carro cinza, utilizando os dados fornecidos pelo *software* livre *Tracker*. Conforme observado no Quadro 2, a maioria das respostas foi classificada como *Incompleta* ou *Em Branco*. A principal dificuldade enfrentada pelos 29 estudantes cujas respostas foram consideradas *Incompletas* está relacionada à incorreta inserção do erro experimental, da notação científica em potência de base 10 (representada no *Tracker* como E-2) na função $x = A \cdot t + B$ e a associação desta à função horária do movimento ($S = v \cdot t + S_0$). A Figura 9 ilustra um exemplo dessa dificuldade, evidenciando o impacto desses aspectos na elaboração da função pelos alunos.

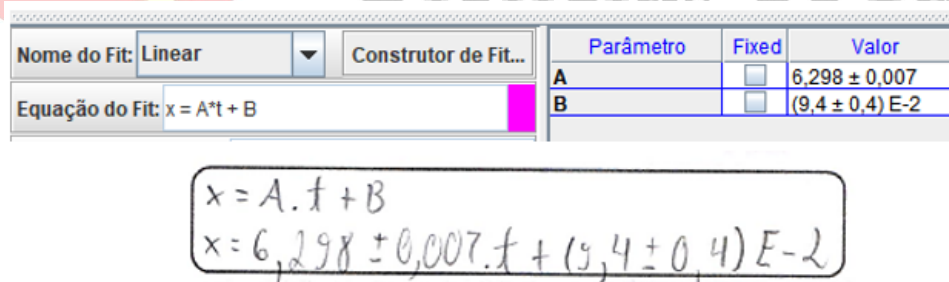


Figura 12: Análise feita pelo *Tracker* e resposta do estudante classificada como incompleta para o objetivo 5.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Durante o desenvolvimento da atividade, a pesquisadora explicou que o E-2 significava que os estudantes deveriam multiplicar o valor de B (na figura 12, $B = 9,4$) por 0,01 para obter o valor correto ($B = 0,094 \text{ m}$).

O comando utilizado no objetivo 5 foi: "Escreva aqui a equação da reta, substituindo os parâmetros A e B pelos valores encontrados na análise feita pela tua dupla:". Esperava-se deste estudante que escrevesse a equação da reta da seguinte maneira: $x = 6,298 \cdot t + 0,094$, no SI (Sistema Internacional de Unidades).

QUAL É A VELOCIDADE DO CARRO CINZA? UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM VIDEOANÁLISE PARA O MRU

p. e26172845

É importante destacar que há uma divergência entre as notações utilizadas para a função horária da posição em Física no ensino médio e na graduação. Em geral, no ensino médio, esta função é apresentada como $S = S_0 + v \cdot t$, relacionando as posições, velocidade e tempo no movimento retilíneo uniforme. Na graduação, utiliza-se a expressão $x = x_0 + v \cdot t$, sendo mais comumente escrita no formato $x = A \cdot t + B$, onde A é o coeficiente angular (inclinação) da reta e B , seu coeficiente linear. O *software* livre *Tracker*, por sua vez, utiliza este último formato para representar o ajuste linear (reta que relaciona os pontos medidos) da curva do MRU.

Embora o roteiro experimental tenha abordado esta discussão durante a atividade (Figura 13), a transposição entre o formato utilizado na graduação e o do ensino médio pode ter representado uma das partes mais desafiadoras para os estudantes na atividade de videoanálise, o que pode ter levado ao número significativo de respostas classificadas como *Incompleta* ou *Em Branco*.

Nome do Fit: Linear Construtor de Fit: Parâmetro Fixado Valor
Equação de Fit: $x = A \cdot t + B$
A: 2,834 ± 0,004
B: 1,501 ± 0,002

Escreva aqui a equação da reta substituindo os parâmetros A e B pelos valores encontrados na análise da feita pela tua dupla:

$x = 2,834t + 1,501$

Essa equação é denominada **função horária do movimento** do carro cinza.

Você deve estar se perguntando: Se o parâmetro A é a velocidade com que o carro cinza se movimenta, o parâmetro B é o quê? Pois bem, relembrando lá da matemática, em uma função afim ($f(x) = Ax + B$), temos que A é a inclinação da reta (ou coeficiente angular) e B é o valor inicial (ou coeficiente linear) da função. Logo, se na função horária do movimento A é o valor da velocidade, B é a posição inicial do móvel.

Nela, observe o campo "Equação do fit". Essa equação te parece familiar? É isso mesmo! É a equação da reta! Agora olhem os parâmetros A e B. O parâmetro A nos fornece a inclinação da reta, que nesta experiência e em todo movimento será o valor da velocidade!

Figura 13: Trecho do roteiro com orientação para a construção da função horária da posição do carro cinza.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Destaca-se que estes estudantes tiveram contato com o conteúdo abordado em aulas anteriores, de forma que eles receberam os subsídios necessários para fazer a correspondência entre os valores do coeficiente angular (A) e do coeficiente linear (B) fornecidos pelo *software* livre *Tracker* e o módulo do vetor velocidade média (v) e a posição inicial (S_0), respectivamente.

CONCLUSÃO

O uso da videoanálise como recurso tecnológico apresenta potencial significativo para promover um ensino crítico e reflexivo do movimento retilíneo uniforme, favorecendo a integração interdisciplinar entre Física e Matemática (Parreira, 2018; Santos, Balthazar e Huguenin, 2017; Barros e de Jesus, 2019; Nascimento e Oliveira, 2020). Além disso, essa estratégia se destaca por romper com o modelo tradicional de ensino transmissivo, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico, envolvente e motivador.

O roteiro experimental semiaberto, baseado na metodologia POE, também se mostrou um instrumento facilitador para a realização da atividade, por proporcionar aos estudantes condições para desenvolvê-la de forma mais autônoma. Por ser um híbrido entre um roteiro experimental e um relato de experiência, ele serviu para orientar o estudante no desenvolvimento de um experimento em laboratório. Talvez sejam necessários alguns ajustes no roteiro, como a modificação do campo "Construindo Conclusões", uma vez que nenhum dos estudantes elaborou um breve texto relacionando suas hipóteses aos resultados obtidos.

White e Gunstone (1992) não recomendam pontuar o componente de observação da tarefa, sob o risco de os estudantes responderem o que acreditam ser a resposta esperada pelo professor, em vez do que realmente observaram. Uma alternativa proposta por estes autores é avaliar tanto as crenças que revelam quanto a qualidade do raciocínio (p. 62). Ao fazer esta avaliação, observou-se que, à medida que os objetivos ganhavam complexidade, o nível de completude das respostas diminuía, principalmente nas atividades que envolviam desenvolvimento matemático, embora não fosse o primeiro contato com o tema abordado. Isto sugere que os estudantes se apropriaram superficialmente dos conceitos abordados pelo professor regente nas aulas teóricas.

Também foi possível observar que os estudantes envolvidos nesta pesquisa, apesar de estudarem em um colégio com seleção para o ingresso e mais tempos de aula que a média para a componente curricular de Física (150 minutos semanais contra 100 minutos da rede estadual do Rio de Janeiro, por exemplo), eles apresentaram as mesmas dificuldades observadas por outros autores como a de fazer conexões entre os conceitos cinemáticos, suas representações gráficas e os movimentos de objetos reais (McDermott, 1998).

A dificuldade na operacionalização matemática, mesmo com o conteúdo solicitado já abordado formalmente nas aulas de Matemática e Física, evidenciou-se nas dificuldades que os estudantes apresentaram para calcular, por exemplo, a inclinação da reta do gráfico, cujo valor fornecia, numericamente, a velocidade do carro, e também na identificação e interpretação dos valores que utilizavam potências de base 10 no *Tracker*.

Por fim, ressaltamos que pesquisas na área de ensino de Física indicam uma melhora na aprendizagem dos conteúdos quando se combinam diferentes formas de representação, tais como símbolos, palavras, imagens e ações (Zompero; Laburú, 2010). Nesse contexto, o uso de videoanálise surge como um recurso pedagógico estratégico para mediar o ensino experimental e contribuir para a melhoria do processo de aprendizagem dos estudantes.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. E. M.; GAMA, E. A.; COSTA, S. M. **FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**. Ciências da Natureza e Matemática. In: Reorientação Curricular – livro II. Secretaria de Estado de Educação. Rio de Janeiro, 2005.

BARROS, M. A. J.; DE JESUS, V. L. B. Aprendizagem de gráficos de cinemática por meio da videoanálise associada a metodologia peer instruction. **Revista do Professor de Física**. v. 3, n. 2. 2019.

BEZERRA JUNIOR, A. G.; DE OLIVEIRA, L. P.; LENS, J. A.; SAAVEDRA, N. 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, p. 469 – 490, 2012

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-343, 2002.

BROWN, D.; COX, A. J. Innovative Uses of Video Analysis. **Physics Teacher**. v. 47, p. 145–150, 2009.

QUAL É A VELOCIDADE DO CARRO CINZA? UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA EM VIDEOANÁLISE PARA O MRU

p. e26172845

CUNHA, R. F. F.; SASAKI, D. G. G. Validação da nova versão do Test of Understanding Graphs in Kinematics (TUG-K) com estudantes de ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20190149, 2020.

DE JESUS, V. L. B. **Experimentos de Videoanálise: Dinâmica**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014. p.252.

DE JESUS, V. L. B.; SASAKI, D. G. G. Uma abordagem por videoanálise da propagação de um pulso em uma catenária. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 38, n. 3, p. e3301, 2016

FERREIRA, N. C. **Proposta de laboratório para a escola brasileira**: um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de física. 1978. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira De Ensino De Física**. v. 25, v. 3, p. 259–272, 2003.

GONÇALVES JUNIOR, W. P. **A programação como ferramenta para o ensino de física**: aprendizagem sobre força por meio do Scratch. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; KANBACH, B. G. A relação com o saber profissional do professor de física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, p. 305–320, 2016.

LUNARDI, G.; TERRAZAN, E. A. Atividades no uso de atividades experimentais com roteiros aberto e semiaberto em aulas de física. Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências. IV; 2003, Bauru, **ANAIS DO IV ENPEC**, São Paulo, ABRAPEC, 2003.

MATOS, M. A. R.; LIMA, N. M. C.; NUNES, L. A. S.; SOUSA, L. L. L. Caça-Equação-Física: proposta de um jogo educacional de escrita como ferramenta de apoio ao estudo da Cinemática. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**. v. 9, n. 11, p. 163–172, 2022

MARTIN, T.; FRISCH, K.; ZWART, J. Systematic Errors in Video Analysis. **Physics Teacher**. v. 58, n. 3, p. 195–197, 2020

MCDERMOTT, L. C. Students' conceptions and problem solving in mechanics. In A. Tiberghien; Jossem, E.; Barojas, J. (Ed.), **Connecting research in physics education**. p. 1-11. 1998. Ohio: ICPE Books

NASCIMENTO, C. B. C.; OLIVEIRA, A. L. A Metodologia ativa de instrução pelos colegas associada à videoanálise de experimentos de cinemática como introdução ao ensino de funções. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 42, p. e20190162, 2020

PARREIRA, J. E. Um curso de Mecânica com o uso do programa de vídeo-análise Tracker. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 35, n. 3, p. 980–1003, 2018.

PRUDÊNCIO, M. E. D. **Contribuições para a superação dos obstáculos epistemológicos e didáticos presentes no ensino-aprendizagem da cinemática no ensino médio**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

RUTZ DA SILVA, S. L.; BRINATTI, A. M.; CHAVES DE ANDRADE, A. V. Competência tecnológica para a realização de atividades experimentais nas aulas de física. **Revista do Professor de Física**, v. 6, n. Especial, p. 533–543, 2022.

SALVADEGO, W. N. C. **A atividade experimental no ensino de Química**: uma relação com o saber profissional do professor da escola média. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

SANTOS, R.; BALTHAZAR, W.; HUGUENIN, J. Sequência didática para o ensino de cinemática com vídeo análise na perspectiva da teoria de aprendizagem significativa. **Revista do Professor de Física**. v. 1, n. 2, p. 54-67, 2017.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v. 20, p. 30–42, 2003.

SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. dos S. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira De Ensino De Física**. n.39, v.1, p. e1401, 2017.

SOUZA, P. V. S.; DONANGELO, R. J. Velocidades média e instantânea no Ensino Médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 35031-35036, 2012.

STEPHENS, J.; BOSTJANCIC, M.; KOSKULITZ, T. A Study on Parallax Error in Video Analysis. **Physics Teacher**. v. 57, n. 3, p. 193–195, 2019

WHITE, R.; GUNSTONE, R. **Probing understanding**. New York: Routledge, 1992.

XAVIER, A. P. **Laboratório Virtual versus Laboratório Material**: a aprendizagem de física com intervenções tradicionais e investigativas. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, Salvador, 2018.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. **Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências**. v. 12, n. 3, p. 31 – 40, 2010.