

Desafios da abstração e do letramento científico: uma análise do experimento de videoanálise no ensino de referencial e trajetória na 1ª série do ensino médio^{*,*}

Luciana de Moraes Dutra¹

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

A. L. de Oliveira¹

V. L. B. de Jesus¹

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro
Nilópolis – RJ

Resumo

Este trabalho analisa uma atividade experimental de videoanálise sobre os conceitos de Referencial e Trajetória, realizada com estudantes da 1ª série do Ensino Médio em uma escola pública estadual no Rio de Janeiro. A metodologia fundamentou-se na estratégia Predizer-Observar-Explicar (POE), utilizando o software livre Tracker para analisar o movimento de rodas de um veículo filmado na Rodovia Presidente Dutra (RJ). O objetivo foi investigar a transição entre a percepção visual e a abstração física necessárias à representação de trajetórias em diferentes referenciais. Os resultados revelam um hiato significativo entre a observação digital e a representação gráfica em papel, evidenciando dificuldades na transposição semiótica. Observou-se, ainda, uma profunda dependência da mediação docente devido a lacunas no letramento funcional e autonomia de leitura. Adicionalmente, a "distração tecnológica" (uso de jogos e redes sociais) apresentou-se como um obstáculo pedagógico, demandando intervenções restritivas para garantir o foco. Conclui-se

^{*,*} Challenges of abstraction and scientific literacy: an analysis of the video analysis experiment in teaching framework and trajectory in the 1st year of high school

^{*} Recebido: 16 de janeiro de 2026.

Aceito: 10 de julho de 2026.

Publicado: 31 de agosto de 2026.

¹ E-mails: lucianamdutra@gmail.com, alexandre.oliveira@ifrj.edu.br, vitor.jesus@ifrj.edu.br

que, embora a videoanálise seja uma ferramenta potente, sua eficácia no ensino de Física depende da superação de barreiras comportamentais e cognitivas que transcendem o conteúdo específico da disciplina.

Palavras-chave: *Ensino de Física; Videoanálise; Software Tracker; Metodologia POE; Autonomia Estudantil.*

Abstract

This paper analyzes an experimental video analysis activity on the concepts of Frame of Reference and Trajectory, conducted with first-year high school students at a public school in Rio de Janeiro. The methodology was based on the Predict-Observe-Explain (POE) strategy, using the open-source software Tracker to analyze the movement of a vehicle's wheels, as captured on video on the Presidente Dutra Highway. The objective was to investigate the transition from visual perception to the physical abstraction required to represent trajectories across different reference frames. The results reveal a significant gap between digital observation and graphic representation on paper, highlighting difficulties in semiotic transposition. Furthermore, a profound dependence on teacher mediation was observed due to gaps in functional literacy and reading autonomy. Additionally, "technological distraction" (games and social media) emerged as a pedagogical obstacle, requiring restrictive interventions to ensure focus. It is concluded that although video analysis is a powerful tool, its effectiveness in Physics education is contingent on overcoming behavioral and cognitive barriers that extend beyond the discipline's specific content.

Keywords: *Physics Education; Video Analysis; Tracker Software; POE Methodology; Student Autonomy.*

I. Introdução

Tradicionalmente, o ensino dos conceitos de cinemática ocorre na 1ª série do Ensino Médio. Na maioria dos livros do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) (Brasil, 2017, Brasil, 2024), as definições de referencial, como ponto a partir do qual se observa se o corpo está em repouso ou em movimento, e de trajetória, como o caminho descrito pelo móvel, são apresentadas no capítulo introdutório à cinemática. Ambos os conceitos, em geral, são abordados por meio de definições e exemplos, em forma de experimentos mentais e/ou de imagens.

Todavia, como os conceitos de referencial e trajetória são fundamentais para a compreensão da Mecânica e, por vezes, não são triviais para os estudantes do ensino médio, uma alternativa é buscar, nas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), formas lúdicas de construir esse conhecimento. Assim, *softwares* como Desafio Ciência, *Modellus*, *Scratch*, *Physics at School* e *Tracker* (Moraes; Maia, 2019; Silva; Veloso, 2020; Oliveira, 2022; Silva Júnior *et al.*, 2023; Costa; Campomanes; Heidemann, 2024) são utilizados para discutir os conceitos de referencial e trajetória envolvendo o estudante nativo digital (Prensky, 2001; Kirschner; Bruyckere, 2017) no meio que ele mais gosta: a tecnologia.

É importante destacar que, nas simulações propostas por Silva Júnior *et al.* (2023), é possível construir a trajetória de uma partícula na roda de uma bicicleta em movimento em dois referenciais: o do centro da roda e o de um observador fixo à Terra. A importância desta abordagem reside no fato de o estudante, ao realizar a simulação, perceber a existência de uma cicloide quando o referencial está fixo à Terra. Já o estudo de Costa, Campomanes e Heidemann (2024) apresenta uma metodologia análoga à empregada nesta pesquisa utilizando a videoanálise para discutir referenciais inerciais e não inerciais.

A trajetória cicloidal, embora presente na vida cotidiana, é pouco abordada no ensino médio, o que gera nos estudantes a falsa impressão de que todas as trajetórias são retilíneas ou, no máximo, sinuosas. Dentre os livros do PNLD analisados, somente na obra de Gualter, Newton e Gualter (2016) discutem-se mais detalhadamente os conteúdos de referencial e de trajetória, tendo, inclusive, uma seção dedicada à cicloide, com exemplos e imagens para facilitar a compreensão do estudante de ensino médio.

Contudo, a mera disponibilidade de recursos tecnológicos e de imagens elucidativas em livros didáticos não garante a superação dos obstáculos epistemológicos inerentes à abstração física (Bachelard, 1996). Embora os estudantes desta geração sejam frequentemente classificados como ‘nativos digitais’ (Prensky, 2001), observa-se uma disparidade entre a habilidade de manuseio recreativo de dispositivos e a competência técnica necessária à modelagem científica. No caso específico da transição entre a percepção visual e a representação geométrica da cicloide, o desafio é duplo: exige que o estudante desvincule a sua percepção imediata do movimento e assuma o papel de um observador em diferentes sistemas de coordenadas.

Essa dificuldade de transposição é acentuada quando confrontada com as deficiências de letramento funcional e a fragmentação da atenção, fenômenos recorrentes no ambiente escolar contemporâneo. Assim, a despeito do potencial lúdico da videoanálise e da robustez do *software* livre *Tracker*, a intervenção pedagógica revela que o processo de abstração não é automático. É necessário investigar como o suporte tecnológico, ao mesmo tempo em que desvela fenômenos antes invisíveis (como a trajetória cicloidal), pode competir com distrações digitais que dispersam o foco do estudante (Ramos; Vieira, 2020).

Nesse sentido, a presente pesquisa propõe-se a analisar não apenas a eficácia da videoanálise na demonstração de conceitos de Cinemática, mas também as barreiras

comportamentais e cognitivas que impedem o estudante de traduzir a observação digital em conhecimento físico estruturado, especialmente quando desafiado a representar graficamente o que observa na tela.

Diante desse panorama, a pesquisa foi conduzida em uma unidade escolar da rede estadual de ensino do Rio de Janeiro. A instituição atende a uma comunidade de perfil socioeconômico vulnerável, na qual o acesso às TDIC ocorre predominantemente por meio de *smartphones* e conexões de dados limitadas, o que se reflete em um laboratório de informática com infraestrutura oscilante. Tal cenário é representativo de muitas escolas públicas fluminenses, nas quais o desafio pedagógico reside em transformar o parque tecnológico disponível em um ambiente de construção de conhecimento científico, superando a visão do computador como mero terminal de entretenimento.

A escolha da videoanálise como estratégia didática justifica-se por sua capacidade de atuar como ‘ponte’ entre o concreto e o abstrato. Ao utilizar um vídeo gravado na rodovia Presidente Dutra, em um trecho geograficamente próximo à realidade dos alunos, busca-se reduzir a distância entre a Física escolar e o mundo vivido. A videoanálise permite que o estudante ‘congele’ o tempo e ‘rastreie’ o espaço, tornando visível a trajetória cicloidal que, a olho nu, é imperceptível. O *software Tracker*, nesse sentido, funciona como um instrumento de mediação que permite converter o movimento real de um veículo em dados matemáticos e em representações gráficas em tempo real.

O objetivo central deste trabalho é, portanto, analisar como estudantes da 1ª série do Ensino Médio interagem com a metodologia Predizer-Observar-Explicar (POE) em um ambiente de tecnologia assistida. Pretende-se investigar se o confronto entre as hipóteses iniciais (predição) e as evidências geradas pelo *Tracker* (observação) é suficiente para promover a evolução conceitual (explicação), ou se as barreiras de letramento e a dispersão tecnológica prevalecem sobre a eficácia da ferramenta. Busca-se, em última análise, compreender os limites e as possibilidades da videoanálise como recurso para a aquisição de dados a partir da observação de fenômenos, sem a necessidade de reproduzir um aparato experimental específico ou situações cuja reprodução, muitas vezes, não seria possível em um laboratório didático, bem como fomentar a autonomia e a capacidade de abstração em contextos de ensino marcados por profundas lacunas de formação básica.

II. Referencial Teórico

O conceito de videoanálise consiste na análise quadro a quadro de vídeos, possibilitando o estudo de diferentes tipos de movimentos. Esses movimentos podem ser filmados com câmeras digitais disponíveis em *smartphones* ou *webcams* e possibilitam diferentes modos de descrever, explicar, prever e compreender fenômenos físicos (Brown; Cox, 2009; de Jesus, 2014).

Para esta pesquisa, optamos por utilizar o *software* livre *Tracker*, desenvolvido por Douglas Brown em parceria com a *Open Source Physics* (OSP). Ele é “um programa gratuito

open source que permite a análise quantitativa de eventos a partir de vídeos, proporcionando a geração de gráficos e o ajuste de curvas aos dados coletados” (Costa; Campomanes; Heidemann, 2024, p. 3). O *Tracker* pode ser baixado para os sistemas operacionais *Windows*, *macOS* e *Linux* e também utilizado na versão online².

A metodologia POE (White; Gunstone, 1992) baseia-se no conflito cognitivo entre o que o observador prediz (conhecimentos prévios) que acontecerá em uma situação e o que observa acontecer, sendo necessário utilizar os conhecimentos de Física adquiridos para reconciliar a predição e a observação. Essa metodologia tem inspiração construtivista, já que delega a responsabilidade de explicar e debater um fenômeno real, usando suas próprias palavras, ao estudante, tornando o professor um mediador (Santos; Sasaki, 2015). O desenvolvimento de uma atividade baseada neste método solicita aos estudantes a realização de uma tarefa em três etapas:

- A criação de hipóteses para a previsão dos resultados do fenômeno observado e a construção de justificativas para essa previsão;
- Descrição do fenômeno observado;
- Conciliação do conflito entre a previsão feita e o observado na ocorrência do fenômeno.

Assim sendo, esta metodologia possibilita ao estudante construir o conhecimento a partir do conflito 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), ao desenvolverem um conjunto de atividades voltadas ao ensino de mecânica, centradas na educação de jovens e adultos, destacam que essa metodologia tem inspiração construtivista, delegando ao estudante a responsabilidade de explicar e debater um fenômeno real, usando suas próprias palavras. Nesse contexto, o docente desempenha um papel fundamental. Segundo esses autores, “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 coligir e debater as diferentes respostas” (Santos; Sasaki, 2015, p. 3506-2).

Segundo dados da pesquisa *Tic Kids Online Brasil 2024* (Comitê Gestor da Internet, 2024), 99% dos adolescentes entre 15 e 17 anos possuem perfil próprio nas principais plataformas digitais (*Facebook*, *Instagram*, *X*, *TikTok*, *YouTube* e *WhatsApp*), nas quais passam cerca de 4 horas por dia. O acesso desses adolescentes é prioritariamente pelo celular, sendo utilizado para acessar as redes sociais, enviar mensagens instantâneas, jogar na internet, ouvir música, assistir a vídeos, programas, filmes ou séries na internet (Comitê Gestor da Internet, 2024).

Já na educação, o uso da internet e, mais especificamente, das redes sociais, resulta em estudantes com dificuldade de ler e de se expressar por escrito. As redes sociais propiciam a

² <https://opensourcephysics.github.io/tracker-website/>

percepção de que “a infinita maioria dos alunos domina um amontoado de informações que, no entanto, contém um mínimo de aprendizado” (Pertile, Busse, 2014, p. 3).

É perceptível que, de modo geral, os usuários da internet vêm enfrentando dificuldades para se concentrar em textos longos (com mais de duas páginas). Parece que “quanto mais usam a web, mais têm de se esforçar para permanecer focados em longos trechos de escrita” (Carr, 2011, p. 14). Nas salas de aula, isso não é diferente. As narrativas docentes sempre giram em torno da dificuldade de se concentrar na leitura e na compreensão de textos com mais de uma ou duas linhas, tanto por parte deles quanto dos seus estudantes.

Ramos e Vieira (2020) colocam a atenção como condição fundamental para que as informações e experiências sejam transformadas em conhecimentos, pois, para que a aprendizagem ocorra, é necessário que os estudantes sejam capazes de filtrar os estímulos e focar neles, manter as regras, controlar seus impulsos e apropriar-se das informações.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018, p. 559), uma das habilidades que os estudantes do ensino médio precisam desenvolver está relacionada à

Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Contudo, a efetivação dessa habilidade esbarra em lacunas de letramento que antecedem o ensino de Física. O letramento científico não se restringe ao domínio de fórmulas, mas também engloba a capacidade de interpretar textos técnicos, manuais de *softwares* e roteiros experimentais. Na prática docente, observa-se que a carência de autonomia na leitura funcional impede que o estudante utilize o roteiro como guia de autoinstrução, gerando uma dependência excessiva da mediação oral do professor.

Essa dificuldade de interpretação reflete-se, conseqüentemente, na dificuldade de transposição semiótica (Duval, 1993; Duval, 2009). Ainda que o estudante consiga operar o software *Tracker* de forma intuitiva — dada a sua familiaridade com interfaces digitais (Prensky, 2001) — ele demonstra fragilidade ao transpor a trajetória visualizada na tela (um dado fenomenológico) para uma representação gráfica no papel (um dado científico). Conforme aponta a literatura (Santos; Curi, 2012; Rabello; Souza; Costa, 2018; Souza; Santo, 2019), a capacidade de abstrair um sistema de coordenadas e representar um movimento relativo exige um nível de letramento visual e cognitivo que, muitas vezes, não é plenamente desenvolvido no ensino básico.

Portanto, ao propor um experimento de videoanálise em uma escola pública de uma região periférica, é imperativo considerar que o aparato tecnológico, por si só, não supre a necessidade de habilidades básicas de interpretação e síntese. O desafio pedagógico reside, então, em utilizar a videoanálise não apenas para o ensino de cinemática, mas também como

um exercício de letramento e foco, combatendo a fragmentação da atenção imposta pelo uso recreativo das tecnologias e estimulando a construção de um pensamento científico autônomo.

III. Metodologia

Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório-descritivo. Ela se configura como um estudo de caso, pois investiga em profundidade a interação de uma turma da 1ª série do Ensino Médio de uma escola pública estadual na Pavuna, na zona norte do Rio de Janeiro. A turma conta com 38 estudantes matriculados, mas apenas 21 participaram desta pesquisa.

A escola atende adolescentes entre 14 e 18 anos, moradores de um complexo de favelas em Costa Barros, com baixa presença do poder público e dominado por uma facção criminosa. O IDS (Índice de Desenvolvimento Social) da região é de 0,524, segundo o levantamento de 2010, atualizado em 2023³. Não é possível obter o IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica) da escola, pois a adesão dos estudantes da 3ª série do Ensino Médio ao SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica) ficou abaixo do mínimo necessário para o cálculo em todas as edições desde sua criação em 2014.

Os estudantes desta pesquisa têm aula no turno da tarde e a atividade foi realizada no laboratório de informática da escola, que conta com 7 computadores com acesso à internet⁴. O *software* livre *Tracker* foi previamente instalado nos computadores, assim como o vídeo utilizado na atividade.

Nas aulas que antecederam a atividade, os estudantes tiveram uma parte introdutória, na qual os conceitos básicos de cinemática (movimento, repouso, referencial e trajetória) foram abordados de forma lúdica, com discussão, exercícios de fixação e exemplos. As aulas ocorreram na sala de mídia, com o uso de apresentações em *slides* e de vídeos relacionados aos conteúdos.

O comportamento dos estudantes nestas aulas que antecederam a atividade de videoanálise foi o mesmo observado durante e após o experimento: a pesquisadora sempre chamando a atenção para os tópicos que estavam sendo discutidos; diversos estudantes jogando e acessando as redes sociais na aula; inclusive alguns colegas mostrando seus scores de jogos virtuais e publicações nas redes sociais aos demais; muita desatenção, saídas da sala e faltas. Pelas falas, eles acreditam que podem responder a qualquer questão utilizando inteligências artificiais (como o *ChatGPT* ou a *Gemini*, por exemplo). Na avaliação global realizada em uma das aulas após o experimento, os estudantes faltosos e desinteressados (inclusive alguns que fizeram o experimento) acertaram menos da metade das questões da prova.

³ https://www.data.rio/datasets/5c6396dc70594e4e849c61328c770fde_0/explore

⁴ A internet foi desligada no momento da atividade para evitar que os estudantes se dispersassem.

Também foram obtidos os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) dos pais ou responsáveis e os Termos de Assentimento (TCA) dos próprios estudantes, em conformidade com as diretrizes éticas em pesquisa, uma vez que se trata de adolescentes entre 14 e 18 anos. A pesquisa foi submetida à apreciação do Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (CEP/IFRJ), sob o Certificado de Apresentação de Aplicação Ética (CAEE) nº. 72936323.9.0000.5268 e aprovada conforme o parecer circunstanciado nº. 6.420.263.

Para a coleta de dados, utilizaram-se um roteiro experimental semiaberto (RES), construído com base na metodologia Predizer-Observar-Explicar (POE) (White; Gunstone, 1992), os dados da videoanálise fornecidos pelo Tracker e a observação direta dos pesquisadores, registrada em um diário de bordo.

O RES contém seções para as previsões dos alunos sobre os fenômenos de referencial e de trajetória, espaço para registrar observações da videoanálise e questões que exigiam a explicação das discrepâncias entre previsões e observações. A estrutura semiaberta incentivou a reflexão e o registro do pensamento dos alunos, como se observa no Tab. 1.

Tabela 1 – Estrutura do RES relacionada à metodologia POE.

FASE POE	CAMPO DO ROTEIRO	DESCRIÇÃO
Predição	Introdução	Apresenta a videoanálise e o <i>software</i> livre <i>Tracker</i> ; solicita ao estudante que assista ao vídeo “Videoanalise_1”.
	Construindo Hipóteses	O estudante faz previsões sobre a trajetória do carro para observadores em três referenciais: na calçada em frente ao movimento, no centro da roda dianteira e em um ponto na extremidade do aro da roda.
Observação	Preparando o experimento	Orienta o estudante sobre como utilizar as ferramentas de ajuste de corte de vídeo, o bastão de medição e a inserção dos eixos coordenados.
	Fazendo medições	Orienta os estudantes sobre como fazer a marcação da posição do objeto utilizando a ferramenta <i>track</i> do <i>software Tracker</i> para a obtenção dos dados.
	Analisando os dados medidos	Os estudantes registram, para cada observador, a construção gráfica realizada pelo <i>Tracker</i> .
Explicação	Construindo Conclusões	Os estudantes comparam suas previsões às informações obtidas pelo <i>Tracker</i> , de forma guiada, e as justificam com base no que foi aprendido no experimento.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O objetivo do roteiro era comparar a trajetória observada pelos estudantes em três referenciais distintos: um observador posicionado na calçada de frente para o evento; um observador no centro da roda dianteira; e um observador em um ponto na extremidade da roda.

O vídeo utilizado para esta videoanálise foi gravado na Rodovia Presidente Dutra, na altura de São João de Meriti, ao meio-dia, com um iPhone 12, em câmera lenta e à taxa de 120 *frames* por segundo (fps). O aparelho estava posicionado horizontalmente, segurado firmemente com ambas as mãos e com a câmera traseira paralela ao plano do deslocamento do carro (Fig. 1).



Fig. 1 – Um quadro (*frame*) do vídeo gravado para a videoanálise.

O vídeo possui duração de 1 segundo, e o trecho utilizado pelos estudantes para a videoanálise está compreendido entre os *frames* 53 e 100, possibilitando, assim, a marcação de 47 pontos.

Para a medida de referência (medida para o bastão de medições no *Tracker*) foi utilizada a distância entre-eixos do veículo (2,469 m), obtida com a ajuda da ferramenta *Google Lens*⁵.

Os materiais utilizados nesta pesquisa (roteiro experimental semiaberto, vídeo e tutorial da videoanálise) estão disponíveis no Laboratório Virtual de Cinemática (LaViC)⁶.

IV. Resultados e Discussão

A atividade de videoanálise sobre referencial e trajetória foi conduzida no laboratório de informática da escola, durante duas aulas com duração de 50 minutos cada. Os estudantes

⁵ O *software Lens* foi desenvolvido pela empresa *Google* em 2017, sendo projetado para trazer informações relevantes usando análise visual. Fonte: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Lente_do_Google&oldid=63677769.

⁶ O Laboratório Virtual de Cinemática (LaViC) é um produto educacional desenvolvido pelos autores para a pesquisa e encontra-se disponível em <https://sites.google.com/view/laboratoriovirtualdecinematica>

trabalharam em duplas, trios ou individualmente, utilizando o *software Tracker* e seguindo as orientações do roteiro experimental semiaberto.

Na parte de Predição do roteiro, os estudantes assistiram ao vídeo sem qualquer intervenção. Em seguida, partiram para a construção das hipóteses, onde deveriam responder às questões de observação desenhando a trajetória nas seguintes situações:

- Situação 1 – Um ponto no centro da roda dianteira para um observador vendo o movimento da calçada;
- Situação 2 – Um ponto na extremidade do aro da roda dianteira para um observador vendo o movimento da calçada;
- Situação 3 – Um ponto na extremidade do aro da roda dianteira para um observador vendo o movimento do centro da roda do carro;
- Situação 4 – Um ponto no centro da roda dianteira do carro, visto por um observador que observa este movimento a partir de um ponto na extremidade do aro da roda.

As respostas dos estudantes foram analisadas e estabelecidos os padrões apresentados no Tab. 2. Para garantir a segurança dos dados dos estudantes que participaram da pesquisa, cada roteiro foi identificado por um código gerado aleatoriamente.

Tabela 2 – Padrão das respostas dos estudantes à situação 1 do campo “Construindo Hipóteses”.

Padrão de resposta		Número de estudantes que optaram pelo padrão de resposta
Formato	Conteúdo	
Desenho	Só a roda	3
Desenho	Uma roda/carro na pista	6
Desenho	Duas rodas/carros com uma seta/linha entre eles	6
Desenho	Duas rodas/carros com uma espira entre eles	2
Escrita	O observador na calçada via o carro em movimento e o motorista do carro via o observador em movimento	2
Desenho/Escrita	Outros	2

Fonte: Dados da pesquisa.

Um estudante desenhou um círculo em cada uma das quatro situações propostas. Suas respostas foram classificadas como ‘Outros’. Para a situação 1, o outro estudante desenhou uma roda com várias setas saindo dela em todas as direções e, ao lado da roda, uma seta apontando para a lateral direita e com a palavra “aro” escrita em cima (Fig. 2).



Fig. 2 – Desenho feito pelo estudante E04 para a Situação 1.

Nesta situação, esperava-se que os estudantes desenhasssem uma trajetória retilínea, indicando que, para o observador no referencial da calçada, o centro do aro da roda dianteira descreve um movimento retilíneo. Observa-se que seis estudantes desenharam duas rodas com uma linha reta unindo seus centros (Fig. 3).



Fig. 3 – Desenho feito pelos estudantes E11, E13 e E14 para a Situação 1.

O Quadro 3 apresenta os padrões de resposta obtidos para a situação 2, na qual o observador está no referencial da calçada, mas é solicitado ao estudante que desenhe a trajetória de um ponto na extremidade do aro.



Fig. 4 – Desenho feito pelos estudantes E05 e E06 para a Situação 2.

Na situação 2, é esperado que o estudante identifique, por meio de desenho ou palavras, que a trajetória de um ponto na extremidade da roda dianteira seja uma cicloide. A resposta que mais se aproximou desta expectativa foi a de um estudante que desenhcou duas rodas conectadas por uma espira (Fig. 4). Como não havia nenhuma outra resposta similar a esta, o estudante aparece na linha Outros do Tab. 3.

Tabela 3 – Padrão das respostas dos estudantes à situação 2 do campo ‘Construindo Hipóteses’.

Padrão de resposta		Número de estudantes que optaram pelo padrão de resposta
Formato	Conteúdo	
Desenho	Carro sobre a pista	5
Escrita	Linha reta	5
Desenho	Uma roda com uma linha reta ao lado	3
Escrita	Andar para frente	2
Escrita	Se o observador estiver no aro da roda, não verá nada.	2
Desenho/Escrita	Outros	4

Fonte: Dados da pesquisa.

Do Quadro 3, destaca-se o fato de oito estudantes indicarem uma linha reta como a trajetória de um ponto na extremidade do aro da roda. Dois outros estudantes escreveram que, se o observador estiver no aro da roda, ele não verá nada, o que indica claramente uma confusão entre os conceitos de referencial e de trajetória.

A tabela 4 apresenta os padrões de resposta dos estudantes para a situação 3, em que o observador muda de referencial, passando a observar um ponto na extremidade do aro da roda dianteira, vendo o movimento a partir do centro da roda do carro.

Tabela 4 – Padrão das respostas dos estudantes à situação 3 do campo “Construindo Hipóteses”.

Padrão de resposta		Número de estudantes que optaram pelo padrão de resposta
Formato	Conteúdo	
Desenho	Carro saindo pela lateral direita	4
Escrita	Veria tudo rodando	6
Desenho	Seta apontando para a direita	3
Escrita	Fica parado	2
Escrita	Se o observador estiver na extremidade do aro, ele vê o carro se deslocando em linha reta e ao mesmo tempo mudando.	2
Desenho/	Outros	4

Padrão de resposta		Número de estudantes que optaram pelo padrão de resposta
Formato	Conteúdo	
Escrita		

Fonte: Dados da pesquisa.

Nesta situação, espera-se que o estudante desenhe uma trajetória circular, com o observador no centro deste círculo. Todavia, conforme se pode ver no Quadro 4, um estudante desenhou a trajetória esperada. Porém, ele foi classificado como “Outros”, já que ele fez o mesmo em todas as outras situações da etapa de construção de hipóteses. Seis estudantes escreveram que nesta situação, o observador veria tudo rodando, o que é uma resposta razoavelmente coerente com a expectativa de uma trajetória circular.

A situação 4 é a que mais exigia da parte do estudante uma capacidade de abstração e a relação desta com os conteúdos de referencial e trajetória discutidos em aulas anteriores. Nesta situação, o estudante precisava descrever a trajetória do centro do aro da roda com o observador posicionado na extremidade do aro. Considerando que o observador rotaciona ao redor do centro da roda, esperava-se que os estudantes descrevessem a trajetória do centro da roda como um círculo.

Na tabela 5, é possível observar que sete estudantes identificaram que o centro da roda estava em rotação para um observador localizado na extremidade do aro da roda, o que pode ser associado a um círculo. Não foi possível definir referenciais girantes no software livre Tracker, nem identificamos quaisquer indícios de que algum estudante tenha considerado a rotação dos referenciais sobre si mesmos.

Tabela 5 – Padrão das respostas dos estudantes à situação 4 do campo “Construindo Hipóteses”.

Padrão de resposta		Número de estudantes que optaram pelo padrão de resposta
Formato	Conteúdo	
Escrita	Rotação	7
Desenho/Escrita	Parte do carro junto a borda esquerda com a inscrição “Ele está maior”	4
Escrita	O observador vê o carro em movimento	4
Desenho	Espira saindo pela lateral direita	2
Desenho/Escrita	Outros	4

Fonte: Dados da pesquisa.

Na etapa “Preparando o Experimento”, os estudantes utilizaram o software livre Tracker para construir as trajetórias. No roteiro havia orientações sobre como fazer a seleção do trecho do vídeo a ser analisado (corte de vídeo) e inserir o bastão de medição, com a distância entre eixos, como medida de referência para o *Tracker* e os eixos coordenados.

Em “Fazendo Medições”, os estudantes receberam instruções sobre onde deveriam fazer as marcações. Como o objetivo do trabalho era comparar trajetórias em diferentes referenciais, eles foram orientados a fazer marcações em dois pontos: no centro da roda (massa A) e em um ponto na extremidade do aro (massa B). Para fazer essas marcações, os estudantes utilizaram a função ponto de massa do tópico *track* do software *Tracker*. A orientação desta etapa, segundo o roteiro, era: voltar o vídeo ao início, posicionar o cursor no centro da roda/extremidade do aro, segurar a tecla *Shift* e clicar sobre o ponto. Essa orientação era acompanhada de imagens (Fig. 5).

Na etapa “Preparando o Experimento”, os estudantes utilizaram o software livre Tracker para construir as trajetórias. No roteiro havia orientações sobre como fazer a seleção do trecho do vídeo a ser analisado (corte de vídeo) e inserir o bastão de medição, com a distância entre eixos, como medida de referência para o *Tracker* e os eixos coordenados.

Em “Fazendo Medições”, os estudantes receberam instruções sobre onde deveriam fazer as marcações. Como o objetivo do trabalho era comparar trajetórias em diferentes referenciais, eles foram orientados a fazer marcações em dois pontos: no centro da roda (massa A) e em um ponto na extremidade do aro (massa B). Para fazer essas marcações, os estudantes utilizaram a função ponto de massa do tópico *track* do software *Tracker*. A orientação desta etapa, segundo o roteiro, era: voltar o vídeo ao início, posicionar o cursor no centro da roda/extremidade do aro, segurar a tecla *Shift* e clicar sobre o ponto. Essa orientação era acompanhada de imagens (Fig. 5).

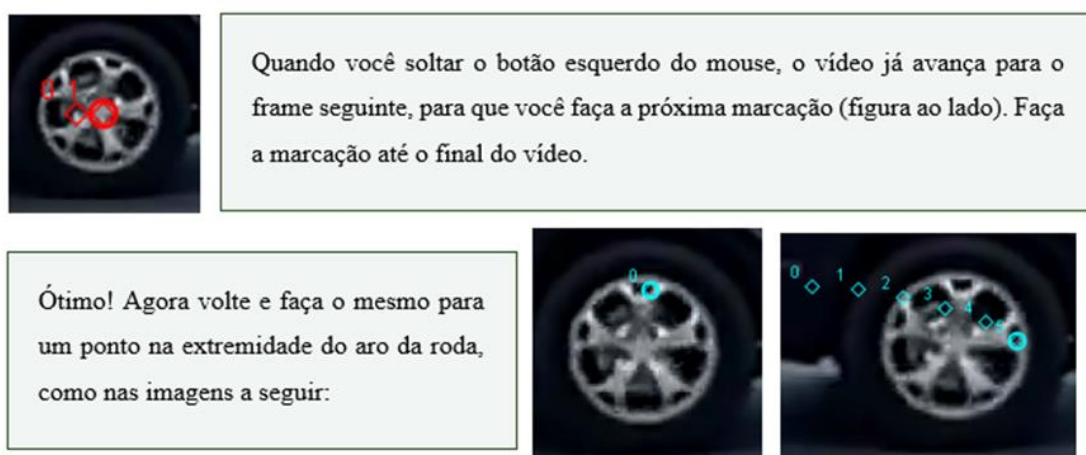


Fig. 5 – Orientação para fazer as marcações na roda dianteira.

Na etapa “Analisando os Dados Medidos”, os estudantes precisaram responder as perguntas com base em três posições do referencial: (i) Referencial 1, mostra que o observador se encontra na calçada⁷ (os eixos coordenados estão posicionados de tal maneira que o eixo x está sobre a mureta que separa as pistas da rodovia e o eixo y está alinhado com um poste), (ii) Referencial 2, mostra o observador (a origem dos eixos coordenados) sobre o centro da roda dianteira e (iii) Referencial 3, mostra o observador posicionado no ponto na extremidade do aro da roda (Fig. 6).

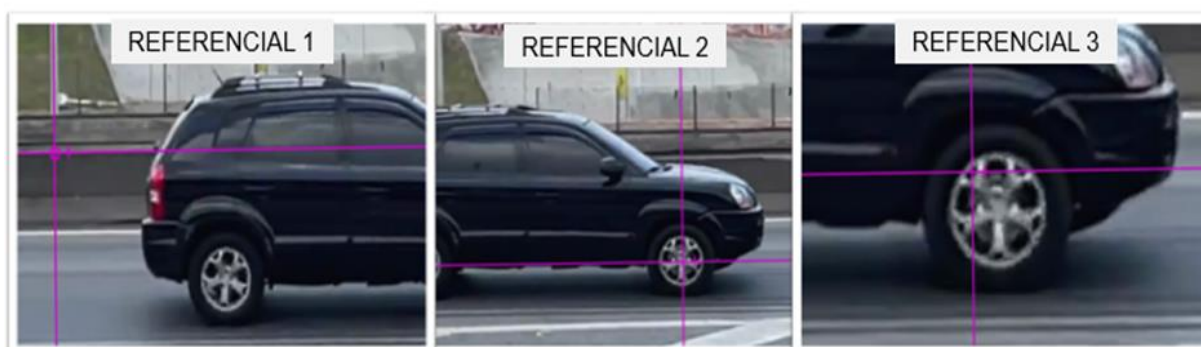


Fig. 6 – Posição das origens dos eixos coordenados em cada referencial.

O estudante deveria indicar a posição do referencial em cada situação antes de responder às questões sobre as trajetórias dos pontos marcados (massas A e B). Suas respostas estão apresentadas no Tab. 6.

Tabela 6 – Identificação da posição do referencial em cada situação.

Respostas	Referencial 1	Referencial 2	Referencial 3
Calçada	2	9	4
Centro da Roda	12	9	9
Extremidade do aro da roda	4	0	5
Branco	3	3	3

Fonte: Dados da pesquisa.

É possível observar no Quadro 6 que a maior parte dos estudantes não soube identificar corretamente os referenciais nas situações 1 (calçada) e 3 (extremidade do aro). Entretanto, cerca de 43% dos respondentes acertaram o referencial 2 (centro da roda), enquanto igual número afirmou que o referencial 2 estava na calçada, e 3 estudantes deixaram a questão em

⁷ Por questões didáticas, chamamos o referencial da Terra como referencial na calçada.

branco. Ao observar as videoanálises feitas pelos estudantes, verificou-se que nenhum dos que assinalou “Calçada” ou “Centro da Roda” no Referencial 3 marcou um ponto fixo (que não rodava com a roda). Alguns marcaram o *track* no centro da roda, junto com a marcação anterior, e outros não a fizeram. Aparentemente não houve dúvida no Referencial 2 de que ele não estava na extremidade do aro.

Após identificar onde estava o referencial da situação, os estudantes foram orientados a identificar as trajetórias das massas A (no centro da roda) e B (na extremidade do aro). Para isso, eles precisavam escrever ou desenhar. Na situação 1 (referencial na calçada), os estudantes precisavam desenhar as trajetórias para as duas massas. Se as instruções de utilização do *Tracker* fossem seguidas corretamente, eles obteriam uma reta (Fig. 7A) e uma cicloide (Fig. 7B).

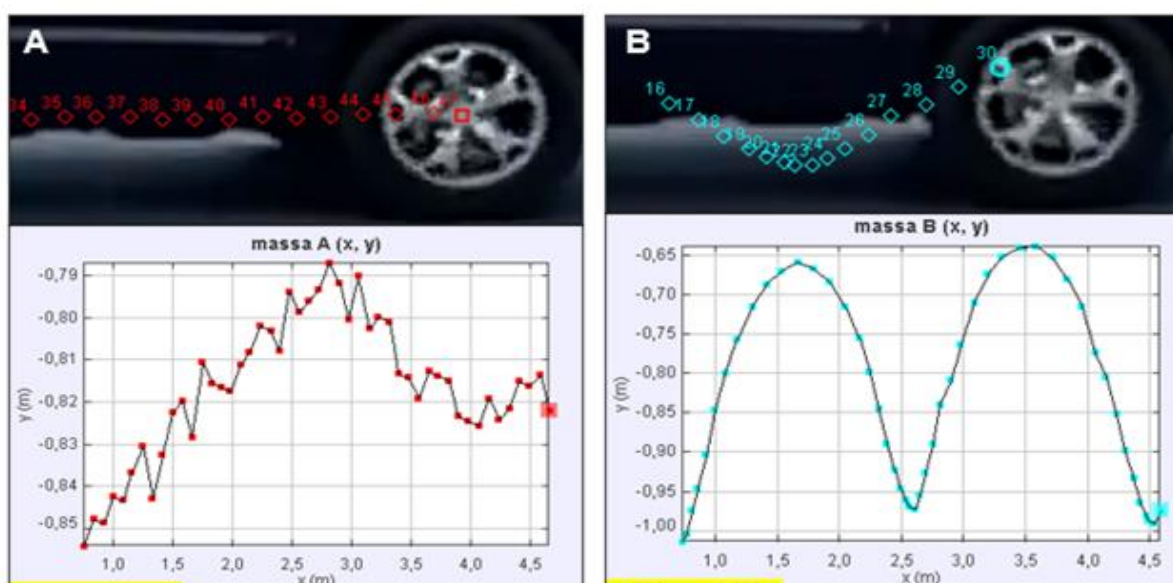


Fig. 7 – Trajetória do ponto de massa A (A) no centro da roda e do ponto de massa B (B) em um ponto na extremidade do aro.

Um ponto crucial na análise das trajetórias geradas pelo *software* reside na configuração das escalas dos eixos cartesianos. Como observado na Fig. 8, a escala do eixo das abscissas (x) é significativamente maior que a do eixo das ordenadas (y). Do ponto de vista da modelagem física, essa distorção é comum em análises de movimentos de longo alcance com pequenas variações verticais, porém, sob a ótica da transposição semiótica (Duval, 1993), ela atua como um ruído interpretativo.

Ao observar o centro da roda (Massa A), a flutuação de aproximadamente 5 cm — resultante de imperfeições no asfalto da rodovia ou de pequenas trepidações na filmagem — é visualmente achatada pela escala, reforçando a predição de uma trajetória retilínea. Entretanto, para a extremidade do aro (Massa B), a trajetória cicloidal, embora matematicamente correta,

pode parecer menos curva ou ‘achatada’ na tela. Esse fenômeno sugere que a dificuldade dos estudantes em transpor o dado digital para o papel pode não ser apenas uma falha de abstração, mas também uma resposta à leitura literal do dado visual distorcido. Conforme aponta a Teoria da Carga Cognitiva (Neto, 2023), o esforço para ‘des-distorcer’ mentalmente o gráfico e reconstruir a geometria real do movimento (uma cicloide clássica ou um círculo perfeito) impõe um desafio adicional que muitos estudantes, com lacunas de letramento visual, não conseguem superar sem mediação direta.

É importante destacar que a identificação de que a trajetória do centro da roda do carro é uma reta estava condicionada à percepção dos estudantes, que poderiam usar tanto o diagrama quanto as marcações feitas com a função *track* no vídeo.

Na questão que envolvia a massa A, a maioria dos estudantes desenhou uma linha reta. Quando foi solicitado que os estudantes reproduzissem o que fizeram no *Tracker* para a massa B, dois terços dos estudantes fizeram um desenho que relacionava a trajetória da massa B a uma cicloide (Fig. 8) ou a uma similar (Fig. 9).

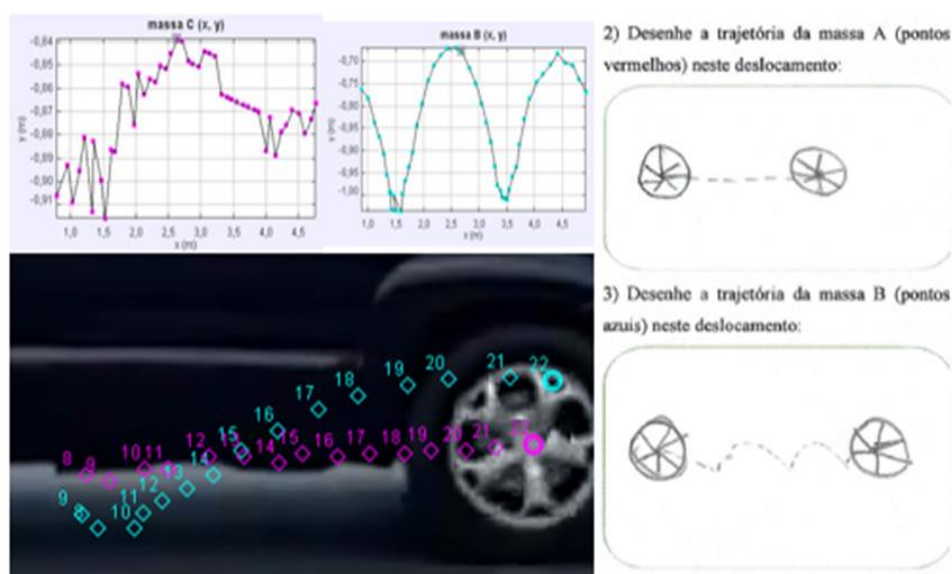


Fig. 8 – Trajetórias dos pontos de massa A e B e desenhos feitos pelo estudante E12 para a Situação 1.

Comparar a trajetória de um ponto no centro da roda no diagrama com as marcações feitas com a função *track* (imagem da roda) e os desenhos dos estudantes desperta a questão sobre qual das telas foi observada pelos estudantes para fazer o desenho: o diagrama, por considerarem a flutuação de aproximadamente 5 cm pequena a ponto de ser desprezada, ou a tela com as marcações na imagem?

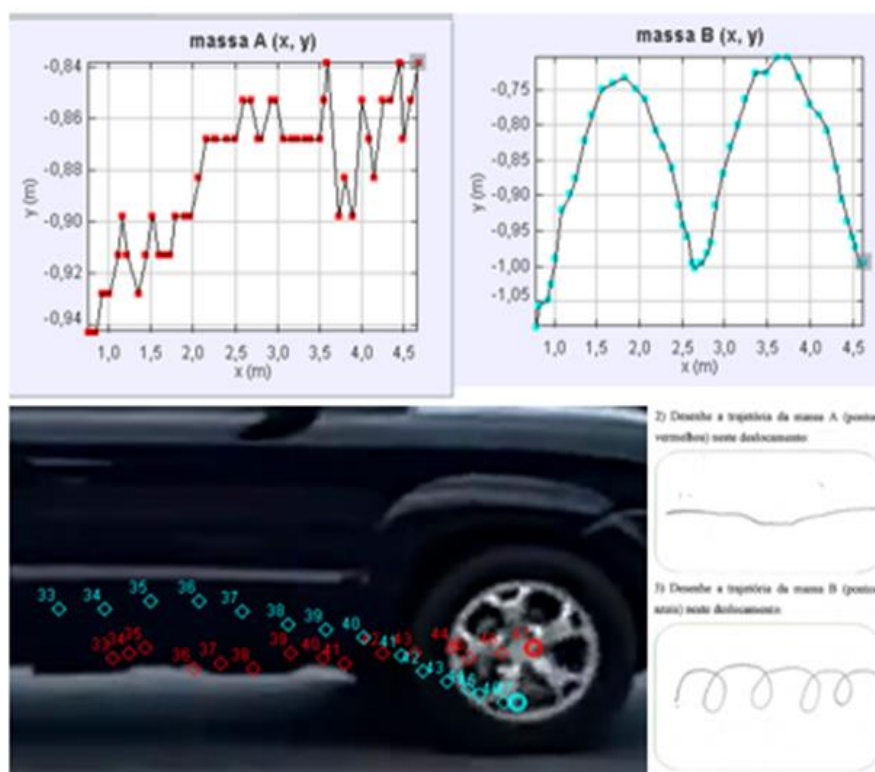


Fig. 9 – Trajetórias dos pontos de massa A e B e desenhos feitos pelo estudante E15 para a Situação 1.

A formulação desta tarefa inviabiliza a expectativa de uma resposta discursiva, visto que se solicitou apenas o registro gráfico da trajetória do centro da roda, prescindindo de justificativa.

Apesar de não identificarem corretamente onde estava o referencial na Situação 1, a maior parte da turma identificou com certa precisão as trajetórias geradas pelos dois pontos de massa.

Para a Situação 2, em que a origem dos eixos coordenados está no centro da roda (Referencial 2), metade dos respondentes marcou a opção correta (Quadro 6), porém quando tiveram que escrever qual a trajetória da massa A, que fica sobre o referencial, somente dois estudantes identificaram se tratar de um ponto (Fig. 10).

Já na trajetória da massa B, onde se esperava que os estudantes desenhasssem um círculo, nenhum deles conseguiu transportar o que viam no diagrama do *Tracker* para o roteiro.

A maioria dos estudantes que errou as questões de identificação da trajetória da massa B no referencial do centro da roda também não acertou as trajetórias desta mesma massa nos outros dois referenciais. Esse aspecto pode ter ocorrido devido à marcação incorreta dos pontos na extremidade do aro.

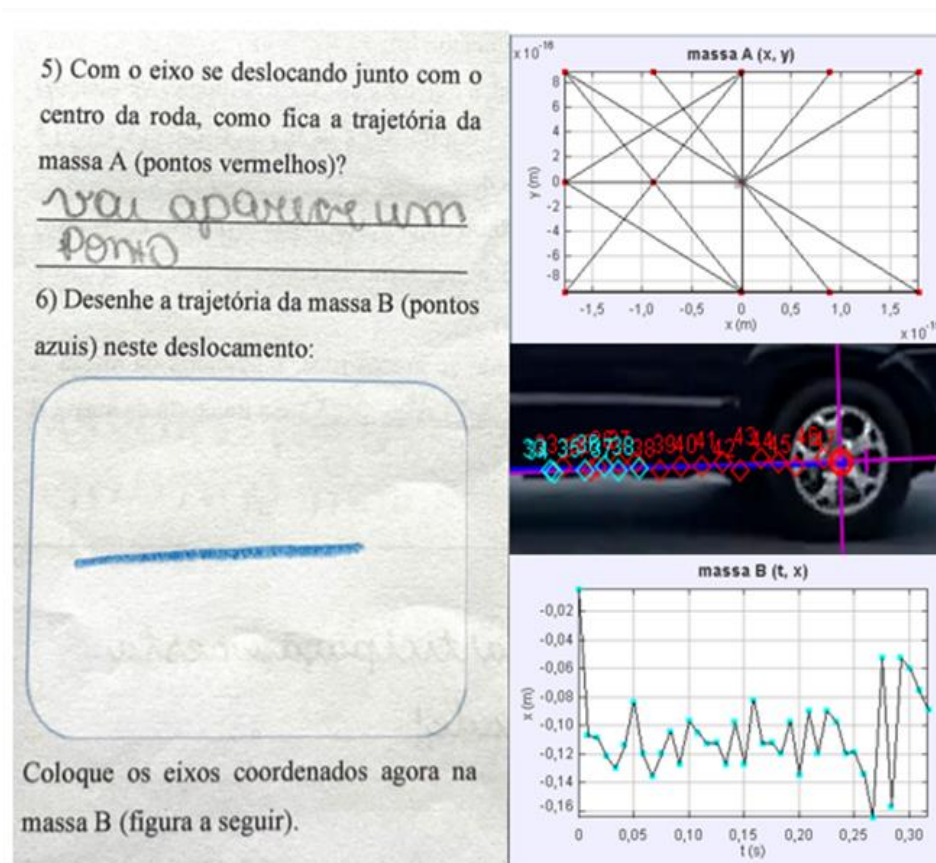


Fig. 10 – Trajetórias dos pontos de massa A e B e desenhos feitos pelo estudante E20 para o Referencial 2.

No Referencial 3, a mesma situação se repetiu: apenas os mesmos dois estudantes identificaram que, quando o referencial está sobre ela, a trajetória da massa B (ponto na extremidade do aro da roda) é um ponto. Estes mesmos estudantes, novamente, não identificaram a trajetória da massa A como um círculo.

Ainda em relação aos Referenciais 2 e 3, os estudantes que fizeram as videoanálises corretamente não souberam transportá-las para o roteiro, reproduzindo sempre o que viam no Referencial 1. Esse comportamento pode decorrer da desatenção ao fato de que, nos diagramas de trajetória dos observadores em movimento junto aos referenciais (ponto A no Referencial 2 e ponto B no Referencial 3), os valores para $y(m)$ sejam da ordem de $10^{-16}m$.

Após a seção de análise dos dados medidos, foi solicitado aos estudantes que completassem as lacunas de um texto, no qual deveriam comparar o que predisseram antes do experimento com o que observaram durante o experimento. Somente oito estudantes fizeram esta parte da atividade.

A Tab. 7 apresenta uma tabela com as respostas dos estudantes às lacunas do texto da seção “Construindo Conclusões”.

Tabela 7 – Tabela das respostas do texto da seção Construindo Conclusões.

Código do Estudante	Revisitando Construindo Hipóteses								Dados do Experimento					
	Calçada				Centro da roda		Extremidade do aro		Calçada		Centro da roda		Extremidade do aro	
	Centro da roda	Confirmou?	Extremidade do aro	Confirmou?	Extremidade do aro	Confirmou?	Centro da roda	Confirmou?	Centro da roda	Extremidade do aro	Centro da roda	Extremidade do aro	Centro da roda	Extremidade do aro
E11	reta	sim	ondas	sim	trajetória circular	sim	trajetória espiral	sim	reta	onda	trajetória circular	trajetória espiral	(em branco)	(em branco)
E12	reta	(em branco)	ondas	(em branco)	trajetória circular	sim	trajetória espiral	sim	reta	onda	trajetória circular	trajetória espiral	(em branco)	(em branco)
E13	reta	(em branco)	ondas	(em branco)	trajetória circular	(em branco)	trajetória espiral	sim	reta	onda	trajetória circular	trajetória espiral	(em branco)	(em branco)
E16	Calçada	Sim	Centro da roda	(em branco)	extremidade do carro	não	estrada	sim	reta	reta	reta	reta	reta	centro
E18	Calçada	Sim	Centro da roda	Não	extremidade do carro	não	estrada	sim	reta	linha estranha	reta	estranha	reta	centro
E19	caminho	sim	distância	sim	distância	sim	caminho	sim	distância	caminho	tempo	caminho	recordo	caminho
E20	Linha reta	sim	ciclóide	sim	circunferência	sim	circunferência	sim	ciclóide	curva	ponto fixo	sem deslocamento	ponto fixo	circunferência
E21	Linha reta	sim	ciclóide	sim	circunferência	sim	circunferência	sim	ciclóide	curva	ponto fixo	sem deslocamento	ponto fixo	circunferência

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se no Quadro 7 que os estudantes E16, E18 e E19 utilizaram palavras aleatórias para completar o texto. Já as respostas dos estudantes E11, E13, E20 e E21 foram similares porque realizaram a videoanálise em trio e dupla, respectivamente. O estudante E12 fez a atividade sozinho. Comparando-se as respostas dadas pelos estudantes com suas videoanálises e seus roteiros, identificaram-se as seguintes inconsistências:

- Nas predições iniciais, os estudantes E11 e E13 esperavam uma trajetória retilínea para um ponto na extremidade do aro (visto da calçada) e um movimento de rotação para o centro da roda (visto da extremidade do aro). Durante o experimento, usando o referencial do centro da roda, eles obtiveram consistentemente uma linha reta para as trajetórias tanto do centro quanto da extremidade do aro. Contudo, ao analisar a trajetória do centro da roda a partir do referencial da extremidade do aro, suas observações divergiram: E11 registrou ondas, enquanto E13, uma cicloide;
- O estudante E12 predisse que no referencial de um ponto na extremidade do aro, a trajetória do centro da roda seria uma rotação. Na análise dos dados medidos, este estudante afirmou que no referencial do centro da roda, tanto o próprio centro da roda quanto um ponto na extremidade do aro descrevem trajetórias retilíneas e que para um observador na extremidade do aro, veria o centro da roda descrevendo uma trajetória em linha reta e a extremidade do aro, uma cicloide;
- Os estudantes E20 e E21 predisseram que todas as trajetórias seriam uma reta, à exceção do centro da roda para um observador na calçada, onde fizeram desenhos

aleatórios. Na análise dos dados medidos, responderam que a trajetória seria uma reta para um ponto no centro da roda (referencial na calçada) e na extremidade do aro da roda (tanto no referencial na calçada quanto no centro da roda) e uma “curva estranha” para um ponto na extremidade do aro quando este fosse o referencial.

Os pesquisadores identificaram que os estudantes da pesquisa estão acostumados a aulas expositivas, nas quais o docente escreve o conteúdo da aula no quadro, os estudantes copiam para o caderno e, depois, há uma explanação sobre o que foi escrito. O acesso à sala de informática na 1ª série ocorre com menor frequência devido a fatores como a escassez de computadores e limitações na formação docente para o uso de tecnologias. Quando essas visitas acontecem, a dinâmica costuma ser tradicional: os professores propõem um tema de pesquisa e os estudantes limitam-se a transcrever as informações da tela para os cadernos. Houve, por parte dos pesquisadores, a percepção de que atividades que envolvem o desenvolvimento da autonomia do estudante, a observação atenta, o cuidado ao fazer marcações e a análise de situações trazem desconforto ao estudante, uma vez que ele precisa sair da inércia.

Além disso, os pesquisadores identificaram que vários estudantes apresentaram dificuldade na leitura e na compreensão do texto, o que evidencia a necessidade de a pesquisadora realizar a leitura coletiva do roteiro, monitorar o que os estudantes estavam fazendo e orientar quanto às dúvidas.

Esta mudança de rotina também despertou interesse e suscitou questionamentos que geraram discussões interessantes. Destaco o reconhecimento da região onde o vídeo foi gravado, uma área que eles conhecem bem, e a preocupação com a segurança de quem o gravou.

Por fim, os registros no diário de bordo indicaram que os estudantes tentavam adivinhar as “respostas corretas”, mesmo com os aplicadores insistindo que deveriam reproduzir o que viam, sem que houvesse resposta certa ou incorreta. Também foram feitos registros com informações sobre a dificuldade dos estudantes em utilizar os computadores e as várias afirmativas de “não sei mexer em computador, só em celular”, o que vai de encontro com a concepção de nativo digital de Presnky (2001), mas, se justifica quando da observação de que, segundo a pesquisa do *TIC Kids Online Brasil* (Comitê Gestor da Internet, 2024), cerca de 93% dos adolescentes entre 15 e 17 anos pesquisados afirmaram não ter posse de dispositivos como *desktop* ou *notebook*. Para os sujeitos desta pesquisa, em especial, a ausência destes dispositivos se justifica, entre outros fatores, pelo fato de que a renda familiar de até 2 salários mínimos corresponde a cerca de 83% das famílias da região⁸.

Os pesquisadores informaram também que foi necessário desligar a rede de internet, pois os estudantes preferiram jogar em vez de realizar a atividade, conforme observado na Fig. 11.

⁸ https://www.data.rio/datasets/5c6396dc70594e4e849c61328c770fde_0/explore



Fig. 11 – Estudante assistindo vídeo (A e B) e jogando no computador e no celular (C) durante a atividade

Na Fig. 11A, temos uma estudante que, durante a atividade, assistiu a vídeos no celular (sem tirar o som) mesmo tendo sido advertida de que não poderia. Na Fig. 11B, vemos que o vídeo não estava relacionado ao conteúdo em discussão, e na Fig. 11C, temos um estudante que estava jogando no computador e passou a jogar no celular sem se preocupar em sair do jogo no computador.

Portanto, a opção por desligar a internet foi para que ela não se tornasse um elemento de distração e evasão, tanto no computador quanto no *smartphone*, a fim de garantir o foco no objetivo pedagógico da pesquisa.

V. Considerações finais

A presente pesquisa permitiu analisar a complexa relação entre o uso da videoanálise, a metodologia POE e as barreiras de aprendizagem em um contexto de vulnerabilidade socioeconômica. Ao confrontar o aporte teórico com a prática observada na escola, emergem conclusões que desafiam a visão idealizada da tecnologia como solução autônoma para o ensino de Física.

Primeiramente, os resultados demonstram que a metodologia POE (White; Gunstone, 1992), embora potente para explicitar conflitos cognitivos, esbarra na fragilidade do letramento científico dos estudantes. A dificuldade em transpor a trajetória visualizada na tela do Tracker (um dado fenomenológico) para o registro gráfico no papel (um dado científico) evidencia que a transposição semiótica (Duval, 2009) não é um processo automático. Mesmo diante da

evidência visual da ciclóide, muitos estudantes mantiveram o registro de linhas retas, o que sugere que o “obstáculo epistemológico” do senso comum é mais resiliente do que a mudança conceitual que a ferramenta tecnológica pode isoladamente promover.

No que tange ao uso das TDIC, a pesquisa corrobora as críticas ao conceito de “Nativos Digitais” (Prensky, 2001). Observou-se que a familiaridade dos estudantes com *smartphones* e redes sociais não se traduz em competência para a modelagem científica em computadores de mesa (*desktops*). A revelação de que 93% dos jovens dessa faixa etária não possuem computadores em casa — dado reforçado pela pesquisa TIC Kids Online (Comitê Gestor da Internet, 2024) e pelo baixo IDS da região — explica a insegurança no manuseio do *software* e a percepção do laboratório de informática mais como um espaço de lazer (jogos e vídeos) do que de investigação.

A necessidade de interromper o acesso à internet para garantir o foco pedagógico constitui um dado sociológico relevante sobre as teorias da Carga Cognitiva (Neto, 2023) e da Distração Digital (Ramos; Vieira, 2020). Em um ambiente saturado de estímulos de gratificação instantânea, a atenção necessária à análise minuciosa de *frames* torna-se uma “moeda escassa”. A escola, para esses jovens, acaba sendo um refúgio tecnológico, mas a transição desse uso recreativo para um uso acadêmico exige uma mediação docente intensiva, que vai além do conteúdo de Cinemática, e passa pelo desenvolvimento da própria autonomia de leitura e interpretação.

Em suma, a transição da percepção fenomenológica para a modelização científica no Ensino de Física não é um processo trivial e a tecnologia, embora reduza a distância entre o real e o abstrato, introduz novos desafios semióticos. A análise das trajetórias cicloidais no *Tracker* revelou que a interpretação de dados digitais é altamente sensível a fatores de configuração, como a escala dos eixos, que podem reforçar obstáculos epistemológicos em estudantes com baixo letramento visual.

Observou-se que o “erro” do estudante ao desenhar uma trajetória retilínea, quando se esperava uma curva, pode, na verdade, ser uma interpretação literal de um gráfico visualmente achatado, evidenciando que a transposição semiótica (Duval, 2009) exige uma mediação que ensine o aluno a ler além da tela. Somado a isso, o contexto socioeconômico do grupo pesquisado impõe uma realidade em que o computador é um objeto estranho à rotina doméstica de 93% dos jovens, tornando o laboratório de informática da escola um campo de disputa entre a curiosidade científica e o refúgio do entretenimento digital.

Conclui-se que o sucesso de intervenções com TDIC no ensino público periférico depende de um olhar atento à Teoria da Carga Cognitiva (Neto, 2023). É necessário que o docente atue como o elo que organiza o foco e desconstrói o imediatismo das redes sociais, transformando o uso do *software* em uma ferramenta de emancipação. Esta pesquisa reafirma que, para atingir as competências da BNCC, a Física deve ser ensinada como uma linguagem de leitura do mundo — um exercício que começa pela observação dos carros na Rodovia Dutra, mas só se completa com a autonomia do pensamento crítico do estudante.

Referências bibliográficas

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento objetivo. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BRASIL. Decreto nº 9.099, de 18 de julho de 2017. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 jul. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Decreto nº 12.021, de 16 de maio de 2024. Altera o Decreto nº 9.099, de 18 de julho de 2017, que dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 maio 2024.

BROWN, D.; COX, A. J. Innovative Uses of Video Analysis. **Physics Teacher**, v. 47, n. 3, p. 145-150, mar. 2009.

CARR, N. **A geração superficial: o que a internet está fazendo com os nossos cérebros**. Rio de Janeiro: Agir, 2011.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET. Pesquisa TIC Kids Online Brasil: Uso da internet por crianças e adolescentes. São Paulo: Cetic.br, 2024.

COSTA, M. L. DE M.; CAMPOMANES, R. R.; HEIDEMANN, L. A. Referenciais inerciais e não inerciais: Uma abordagem cinemática por meio de videoanálise. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, p. e20230299, 2024.

DE JESUS, V. L. B. **Experimentos e videoanálise**: dinâmica. São Paulo: Livraria da Física, 2014. 251 p.

DUVAL, R. Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. **Annales de Didactiques et de Sciences Cognitives**, Paris, v 5, p. 37-65, 1993.

DUVAL, R. **Semiósis e Pensamento Humano**: Registros Semióticos e Aprendizagens Intelectuais. São Paulo, SP: Livraria da Física, 2009.

GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B.; GUALTER, R. D. **Tópicos de Física**. São Paulo: Saraiva, 2016.

KIRSCHNER, P. A.; BRUYCKERE, P. de. The myths of the digital native and the multitasker. **Teaching and Teacher Education**, v. 67, p. 135-142, 2017.

MORAES, J. R.; MAIA, J. R. O estudo de Cinemática através do software Desafio Ciências. **Revista DoCentes**, v. 4, n. 8, p. 61-70, 2019.

NETO, A. A. M. *et al.* A Teoria da Carga Cognitiva e Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia nos currículos de formação de professores de Física no Brasil. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, p. e20230156, 2023.

OLIVEIRA, J. S. **Introdução à cinemática com suporte de animações em scratch**. 2022. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2022.

PERTILE, E. R.; BUSSE, S. A implicação da linguagem das redes sociais na produção escrita dos alunos do ensino médio: análise e comparação. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor. **Cadernos PDE** (2014). Disponível em https://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_unioeste_port_artigo_ema_regina_pertile.pdf.

PRENSKY, M. Digital Natives, Digital Immigrants. **On the Horizon**, Bradford, v. 9, n. 5, p. 2-6, out. 2001.

RABELLO, D. L. S.; SOUZA, H. S.; COSTA, T. Q. Investigação didática de ambientes com realidade virtual aumentada na aprendizagem de Física Moderna Contemporânea: uma abordagem semiótica. **IF-Sophia: revista eletrônica de investigações Filosófica, Científica e Tecnológica**, [S. l.], v. 4, n. 16, p. 241-262, 2018.

RAMOS, D. K.; VIEIRA, R. M. Repercussões das tecnologias digitais sobre o desempenho de atenção: em busca de evidências científicas. **Revista Brasileira de Educação**, v. 25, p. e250048, 2020.

SANTOS, C. A. B.; CURI, E. Registros de representação semiótica e suas contribuições para o ensino de física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 85-95, set. 2012.

SANTOS, R. J.; SASAKI, D. G. G. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 3506-1-3506-9, jul. 2015.

SILVA, L. N.; VELOSO, M. S. S. O. Plataforma Virtual como suporte de apoio e acompanhamento no ensino de física. **Pesquisa e Debate em Educação**, Juiz de Fora, v. 10, n. 2, p. 1313-1326, jul-dez. 2020.

SILVA JÚNIOR, C. A. B. *et al.* Relato de Experiência: sequência didática no estudo de cinemática e dinâmica mediado pelo uso de simuladores virtuais. **A Física na Escola**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 230002-1, 2023. DOI:10.59727/fne.v21i1.2.

SOUZA, E. S. R.; SANTO, A. O. E. Modelagem matemática e letramento científico no ensino de física. **Revista Exitus**, Santarém, v. 9, n. 4, p. 635-664, out. 2019.

WHITE, R.; GUNSTONE, R. **Probing understanding**. London: Falmer Press, 1992.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).