

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**PATRICK IBERSS**

**VIDEOANÁLISE NO ENSINO DE MECÂNICA: COLETÂNEA DE VÍDEOS PARA  
FORMAÇÃO DOCENTE CONTINUADA**

**MEDIANEIRA**

**2022**

**PATRICK IBERSS**

**VIDEOANÁLISE NO ENSINO DE MECÂNICA: COLETÂNEA DE VÍDEOS PARA  
FORMAÇÃO DOCENTE CONTINUADA**

**Video analysis in mechanics education: Collection of videos for continuing  
teacher education**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo V. B. Lukasiewicz

**MEDIANEIRA**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



PATRICK IBERSS

**VIDEOANÁLISE NO ENSINO DE MECÂNICA: COLETÂNEA DE VÍDEOS PARA  
FORMAÇÃO DOCENTE CONTINUADA**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 28 de Março de 2022

Prof Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Leandro Herculano Da Silva, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Marisa Almeida Cavalcante, Doutorado - Universidade Federal do Amazonas (Ufam)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 28/03/2022.

Dedico aos meus pais que sempre estiveram presentes mesmo em minhas ausências e me deram apoio em todas as decisões tomadas.

Dedico também as demais pessoas que se dispuseram a ajudar nas mais diversas formas neste período de construção do presente trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Foi uma longa jornada até chegar aqui e certamente não conseguirei em um breve texto agradecer de maneira merecida todos os que fizeram parte desta minha caminhada. Mas, desde já, minha profunda gratidão a todos os amigos, professores, parentes e instituições que me ajudaram todo este tempo.

Agradeço a Deus que criou tudo e assim me permitiu o dom do entendimento da ciência para melhor compreendê-lo.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz, que além de orientador foi um amigo compreensível durante todo o tempo e que me direcionou clareando o caminho para que aqui chegasse.

Agradeço aos meus pais que sempre muito guerreiros em sua humildade foram pacientes em minhas ausências, pilares de sustentação evitando minhas desistências e conselheiros guiando meus passos

Agradeço a todos os familiares e amigos que sempre vibraram com minhas conquistas, me alavancaram em minhas quedas e que foram fundamentais em todo o tempo em minha vida.

A todos meus sinceros sentimentos de gratidão.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) pela contribuição na minha formação enquanto professor de Física.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Educação é um processo direto da vida, e a escola não pode ser uma preparação para a vida, mas sim, a própria vida.” (DEWEY, 1967, p. 7)

## RESUMO

IBERSS, Patrick. **Videoanálise no ensino de mecânica: Coletânea de vídeos para formação docente continuada**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2022.

São diversas as formas com que os docentes podem usufruir das tecnologias disponíveis hoje para sanar, ao menos parcialmente, as dificuldades encontradas no ensino, em especial os desafios no ensino de Física. Diversos estudos demonstram a necessidade de utilizar recursos tecnológicos em sala de aula, uma vez que estão presentes na vida dos estudantes. Neste trabalho é apresentado a elaboração de uma coletânea de vídeos sobre o uso da videoanálise para o ensino do conteúdo de mecânica na Educação Básica, a aplicação da coletânea de vídeos no formato de uma oficina com ênfase na formação do docente e a análise da aplicação do material no ensino de Física. Com intuito de verificar a aplicabilidade do software Tracker em sala de aula, realizamos uma oficina com docentes e estudantes de licenciatura no qual demonstramos como utilizar o software, os recursos disponíveis e alguns experimentos que podem ser estudados por videoanálise. Após a oficina os participantes relataram como foi a experiência com o software e sua possível aplicação nas aulas de física no Ensino Médio. Pode-se notar a aceitação dos participantes quanto a utilização do Tracker em sala de aula e comentários positivos relacionadas aos vídeos produzidos. A coletânea de vídeos elaborada e utilizada na oficina foi disponibilizada em um canal específico em plataforma de vídeos para que assim seja alcançado um maior número de discentes e docentes interessados em utilizar a videoanálise para o estudo experimental do movimento dos corpos.

Palavras-chave: ensino de física; tecnologia educacional; professores de física.

## ABSTRACT

IBERSS, Patrick. **Video analysis in mechanics education: Collection of videos for continuing teacher education**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2022.

There are several ways in which teachers can take advantage of the technologies available today to solve, at least partially, the difficulties encountered in teaching, especially the challenges in physics teaching. Several studies demonstrate the need to use technological resources in the classroom, since they are present in students' lives. This work presents the elaboration of a collection of videos on the use of video analysis for the teaching of mechanics content in Basic Education, the application of the collection of videos in the format of a workshop with an emphasis on teacher training and the analysis of the application of the material in Physics teaching. To verify the applicability of the Tracker software in the classroom, we held a workshop with teachers and undergraduate students in which we demonstrated how to use the software, the available resources, and some experiments that can be studied by video analysis. After the workshop, the participants reported their experience with the software and its possible application in physics classes. It can be noted the acceptance of the participants regarding the use of Tracker in the classroom and positive comments related to the videos produced. The collection of videos created and used in the workshop was made available on a specific channel on a video platform so that a greater number of interested students and teachers can be reached.

Keywords: physics teaching; educational technology; physics teachers.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico da posição em função do tempo em um MRU.....	23
Figura 2 – Gráfico da velocidade em função do tempo em um MRUV.....	24
Figura 3 – Gráfico da posição em função do tempo em um MRUV. ....	25
Figura 4 – Diagrama de representação sistema massa-mola. ....	27
Figura 5 – Diagrama com a representação das forças atuando sobre a partícula. ...	29
Figura 6 – Tela de análise do movimento retilíneo uniforme por meio do Tracker. ...	34
Figura 7 – Análise do movimento retilíneo uniformemente variado no Tracker.....	35
Figura 8 – Movimento de uma bola de basquete arremessada sendo analisada através do Tracker. ....	37
Figura 9 – Colisão de uma bola flutuante com um anteparo fixo sendo analisado por meio do Tracker. ....	38
Figura 10 – Tela do software Tracker com um sistema massa-mola sendo analisado. .....	40
Figura 11 – Tela do software Tracker com o Navegador da Biblioteca Digital ComPADRE e OSP Tracker Collection. ....	41
Figura 12 – Gráfico da probabilidade de aplicação do software Tracker em sala de aula. ....	46
Figura 13 – Gráfico dos dados experimentais da posição em função do tempo no movimento retilíneo uniforme. ....	50
Figura 14 - Gráfico dos dados experimentais da posição em função do tempo de um corpo em queda livre.....	51
Figura 15 - Gráfico da posição (horizontal) em função do tempo de um corpo em lançamento oblíquo. ....	52
Figura 16 - Gráfico da posição (vertical) em função do tempo de um corpo em lançamento oblíquo. ....	53
Figura 17 - Dados experimentais da posição em função tempo de um corpo colidindo com o solo.....	53
Figura 18 - Dados experimentais da velocidade ao longo do tempo de um corpo colidindo com o solo.....	54
Figura 19 - Posição angular de um pêndulo ao longo do tempo (dados experimentais).....	56

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>14</b>
2.1 Teoria da aprendizagem significativa	14
2.2 Desenvolvimento e formação docente continuada	16
2.3 Uso das TIC's como recurso didático	18
2.4 Videoanálise no Ensino de Física	19
<b>3 MECÂNICA</b>	<b>21</b>
3.1 Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)	21
3.2 Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)	23
3.3 Lançamento de Projéteis	26
3.4 Movimento Oscilatório	27
3.4.1 Sistema massa-mola	27
3.4.2 Pêndulo Simples	28
<b>4 OFICINA DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS</b>	<b>31</b>
4.1 Síntese das aulas	33
4.1.1 Primeiro encontro	33
4.1.2 Segundo encontro	35
4.1.3 Terceiro encontro	36
4.1.4 Quarto encontro	38
4.1.5 Quinto encontro	39
4.1.6 Sexto encontro	40
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
5.1 Análise das respostas dos alunos no questionário	42
5.2 Análise dos comentários orais dos alunos	47
5.3 Atividades entregue pelos alunos ao fim de cada encontro	49
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE A – Produto Educacional</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICE B – Perguntas realizadas aos participantes e respectivas respostas</b>	<b>90</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades experimentais no ensino de Física têm sido enfatizadas por facilitar a compreensão de conceitos físicos, despertar o interesse, motivar, desenvolver o raciocínio lógico, estimular a capacidade de iniciativa e de trabalho em grupo, incentivar a criatividade, desenvolver o raciocínio lógico e encorajar a aprendizagem ativa (PEREIRA e MOREIRA, 2017, ARAÚJO e ABIB, 2003). Diversos autores, como Araújo e Abib (2003), Campos e Nigro (1999), Carvalho (2018), Alves (2006), Iberss e Alves (2020), Zômpero e Laburú (2011) destacam a experimentação como uma das importantes propostas de abordagem com potencial de ajudar os alunos na construção do conhecimento, interação com a disciplina, relação mais próxima entre professores e os alunos.

Com o aumento da presença das tecnologias no cotidiano dos alunos, é indiscutível que a necessidade dos artifícios tecnológicos nas aulas é fundamental. Esta necessidade é discutida inclusive nos Parâmetros Nacionais Curriculares (2000) no qual diz que “As novas tecnologias da comunicação e da informação permeiam o cotidiano, independente do espaço físico, e criam necessidades de vida e convivência que precisam ser analisadas no espaço escolar”. Se tornou essencial que os professores conheçam as tecnologias disponíveis voltadas ao ensino de Física, para que assim as aulas tenham maior interação com a realidade vivida pelos discentes, uma vez que estas tecnologias permeiam o cotidiano dos alunos, logo deve ser analisada também no espaço escolar.

Cabe ao docente, buscando em diversas fontes de informação, adaptar suas metodologias de ensino e buscar novos saberes para contribuir na construção do conhecimento dos seus alunos, trazendo aos alunos as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) para sala de aula. Segundo Garcia (1999), a qualidade de ensino não só depende do domínio de conhecimentos didáticos do conteúdo que os docentes possuem. As tecnologias devem integrar e dialogar tanto com o conteúdo que se ensina como com a didática e pedagogia deste conteúdo.

Vemos as práticas experimentais e as TIC's como recursos de grande potencial para sanar parte das dificuldades encontradas pelos alunos. Estas, podem ser úteis na realização da coleta de dados, trazendo praticidade e qualidade ao experimento, e facilidade na análise e modelagem dos dados experimentais.

A aplicação de TIC's para a experimentação no ensino de mecânica pode ocorrer de diversas maneiras. Por exemplo: com a utilização de sensores dos smartphones (VIEIRA e AGUIAR, 2016), entrada de microfone da placa de som do computador (CAVALCANTE; BONIZZIA; GOMES, 2008), por meio da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino utilizando sensores de passagem (NETO; APOLINÁRIO, SOARES, 2018) ou com sensor ultrassônico (MARTINAZZO; TRENTIN, FERRARI, 2014), além da utilização de videoanálise (JESUS, 2014; PARREIRA, 2018). Cada um destes métodos possui vantagens e desvantagens e cuidados a serem tomados durante a realização do experimento.

Visto que alguns docentes que ministram aulas de Física não possuem graduação em Física e visando fomentar a utilização das TIC's em atividades experimentais, é necessário apresentar ferramentas tecnológicas aos docentes, para que assim possam, se julgar apropriado, utilizar destes recursos em sala de aula para melhoria da sua forma de ensino, visando complementar e facilitar o processo de aprendizagem dos alunos.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar a elaboração de uma coletânea de vídeos sobre o uso da videoanálise para o ensino do conteúdo de mecânica na Educação Básica, a aplicação da coletânea de vídeos no formato de uma oficina com ênfase na formação do docente e a análise da aplicação do material no ensino de Física. A coletânea é composta por onze vídeos explicativos com apresentação de uma forma direta, visual e didática, a utilização da videoanálise, por meio do software Tracker, para a coleta e análise dos dados experimentais, facilitando, dinamizando e agilizando as práticas, tornando-as viáveis de serem aplicadas pelos docentes.

A ideia inicial desta pesquisa era aplicar a videoanálise no estudo do conteúdo de mecânica nas aulas de Física no Ensino Médio. No entanto, devido a suspensão das aulas presenciais, como medida de enfrentamento a COVID-19, com o intuito de reduzir a transmissão do vírus, houve uma adaptação do objetivo inicial e a aplicação do material desenvolvido foi realizada com professores, discentes do MNPEF, e discentes de licenciatura em Química em forma de oficina para estes dois grupos. A coletânea de vídeos e a possibilidade de utilização do Tracker no ensino do conteúdo de Mecânica no Ensino Médio foram avaliadas pelos participantes da oficina devido as consequências da pandemia. Nesta perspectiva, destacamos que todos os vídeos

produzidos, assim como as atividades propostas na oficina, podem ser diretamente aplicados nas aulas de Física no Ensino Médio.

Optou-se por esta ferramenta, pois não requer materiais de custo elevado e permitir uma análise satisfatória de diversos experimentos relacionados à física do movimento de corpos. O software utilizado para realização das videoanálises foi o Tracker, programa de livre acesso e de relativa facilidade em sua utilização. Embora já existam trabalhos que apresentem o software Tracker e sua utilização no ensino de Física (PEREIRA, 2018; JESUS, 2014; OLIVEIRA 2014; LEITÃO, TEIXEIRA e ROCHA, 2011), estes dão as orientações de utilização da ferramenta através de textos, artigos científicos e trabalhos acadêmicos. Pensamos que o fato destes trabalhos estarem em textos possa desencorajar, devido à complexidade do processo, os professores e alunos a aprender a utilizar o software, principalmente aqueles que possuem pouca familiaridade e aptidão com a utilização de tecnologias.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Teoria da aprendizagem significativa

O pesquisador David Paul Ausubel, o qual apresenta teoricamente o processo de aprendizagem de um ponto de vista cognitivista, diz que aprender de forma significativa remete a, de alguma maneira, relacionar os conceitos novos às ideias e conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do ser aprendente (AUSUBEL, 1980).

A teoria da aprendizagem significativa apresentada por Ausubel foca nas transformações na estrutura cognitiva dos indivíduos encarregadas por um processo de atribuição de significado aos conceitos novos através da ancoragem à conceitos preexistentes (MOREIRA, 2011). Segundo Ausubel (1978, p.41, apud MOREIRA 1999, p. 155):

“A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas ideias. Este aspecto especificamente relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo.”

Diante disso, o aprendizado se dá a partir do que já sabemos, estando o conhecimento novo arraigado de maneira não literal e relacionada, de forma relevante, a um conhecimento prévio. Logo, é necessário conhecer os conhecimentos carregados pelo estudante para que assim seja possível promover uma aprendizagem significativa.

Estes conhecimentos prévios são chamados de subsunçores e é através da relação de maneira substantiva com subsunçores relevantes que se dá significado a aprendizagem e a construção das ideias na estrutura cognitiva do aluno (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980).

Para que ocorra uma aprendizagem significativa, Moreira (2012) apresenta três condições essenciais: o aprendente dispor de subsunçores relevantes ao conteúdo, predisposição ao aprendizado e a interação com materiais que sejam potencialmente significativos.

A primeira condição, já tratada anteriormente, é a necessidade da ancoragem que ocorre dos conhecimentos novos aos conhecimentos prévios existentes nos

alunos. De forma progressiva o novo conhecimento toma significado e os subsunçores vão se tornando mais complexos, com maior potencial para ancorar outros novos conhecimentos.

Quanto à segunda condição, deve existir no aluno o interesse de aprender e tenha predisposição em assumir uma identidade autônoma na construção do conhecimento, podendo assim tornar mais aprofundados, elaborados, complexos seus conhecimentos prévios, que assim estarão aptos a interagirem com outros novos conceitos.

Nesse sentido, o professor assume um papel de mediador e facilitador da relação entre os subsunçores dos estudantes e os conceitos novos. Os alunos devem assumir o papel de protagonista no seu processo de ensino, que sejam estimulados e queiram criar uma aprendizagem mais autônoma. A aprendizagem significativa deve ser realizada pelo estudante, tendo esta participação ativa. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Contudo, para que o aluno assuma este protagonismo, cabe ao professor permitir espaço para que isso ocorra. Apenas aulas tradicionalmente expositivas não é o suficiente ao pensar numa aprendizagem significativa.

“O professor que insistir no seu papel de fonte e transmissor de conhecimento está fadado a ser dispensado pelos alunos da escola e da sociedade em geral. O novo papel será o de gerenciar, de facilitar o processo de aprendizagem (D’AMBRÓSIO, 1998, p. 80).”

Já a terceira condição apresenta a necessidade da interação dos alunos com materiais instrucionais de aprendizagem que sejam, de alguma forma, potencialmente significativo a construção do conhecimento do aluno e que o ajude a relacionar o novo conceito aos seus subsunçores. Moreira (2011, p.229) aponta que: “A utilização de materiais diversificados, e cuidadosamente selecionados, ao invés de “centralização” em livros de texto é também um princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica.”

Porém, para que um material seja potencialmente significativo, ele deve ser arquitetado de modo que gradualmente auxilie o estudante a assimilar e organizar os novos conceitos em sua estrutura cognitiva, simplificando a interação entre os conhecimentos novos e os já existentes. Para isso, o material deve seguir uma sequência lógica e com nível de dificuldade coerente ao quão profundo e elaborados são os subsunçores de aprendente.

## 2.2 Desenvolvimento e formação docente continuada

Para ensinar não basta apenas conhecer o conteúdo que se ensina, o conhecimento do conteúdo é sim importante, porém, esta não é a única condição necessária para que a aprendizagem possa ser alcançada. Vaillant e Garcia (2012), citam quatro saberes necessários para o docente, o conhecimento da matéria em que se ensina, onde o docente sabe com profundidade o conteúdo permitindo manejo fluido da disciplina. O conhecimento pedagógico que relaciona os princípios gerais da aprendizagem com os alunos, permitindo ao professor um melhor planejamento de ensino. Também é necessário, segundo os autores, o conhecimento de onde e quem se ensina, o professor deve conhecer as condições socioeconômicas do seu público e das condições estruturais e financeiras do colégio para que possa se adequar. E por fim, o docente deve possuir o conhecimento didático, este saber é o que difere um profissional da educação dos que apenas possuem o conhecimento do tema ensinado, é na didática que o professor assimila de forma a facilitar a aprendizagem do aluno os outros três conhecimentos citados anteriormente, juntando práticas educativas adequadas ao conteúdo a ser ensinado e sempre tendo a sensibilidade de compreender o público com que trabalha.

Notasse que são diversas as variáveis que formam um profissional docente, e essas estão em constante mudança, desde as práticas pedagógicas disponíveis aos docentes até às mudanças do público com que se trabalha, não esquecendo que as mudanças no ambiente de trabalho também são comuns. Surge então, a necessidade do constante aprimoramento do docente. Esse desenvolvimento profissional contínuo é e sempre foi necessário para os atuantes na área da educação, uma vez em que o ambiente de trabalho destes profissionais sofrem mudanças constantemente (DAY, 2007). Segundo Marcelo Garcia (2009) essa busca vem se tornando ainda mais importante durante as últimas décadas, sendo motivada pela mudança na concepção do processo de ensino e aprendizagem. Não obstante, Vaillant e Marcelo Garcia (2012) tratam o desenvolvimento profissional do docente como uma ferramenta imprescindível para a melhoria da escola e uma necessidade para qualquer docente.

Vemos então, assim como diversos outros autores (VAILLANT; MARCELO GARCIA, 2012; MARCELO GARCIA, 2009; NÓVOA, 2017; FLORES, 2014; DAY, 2001; HERDEIRO; SILVA, 2008), que ser um bom professor depende de um longo

período de experiências e estudos, pois a formação profissional do docente não se encerra quando o mesmo deixa a universidade, porém é na universidade o ponto de acesso ao desenvolvimento profissional do docente.

Essas experiências tratam-se das vivenciadas ao longo da carreira, um saber construído e marcado pelo conhecimento prático em sala de aula (FLORES, 2014; TERIGI; 2007). Vemos este conhecimento prático importante uma vez que fornece ao professor uma melhor destreza ao lidar com diferentes situações no ensino (HEIDEMAN, 1990), desde questões relacionadas à interação com os alunos, até a forma de ensinar (GARCIA, 2009). Contudo, o professor deve, também, procurar evoluir como profissional buscando, também fora da escola, sempre seu desenvolvimento através de novas técnicas de ensino e novos conhecimentos para aprofundar e embasar suas práticas pedagógicas (NÓVOA, 1992). Day (2001), descreve estas duas formas de desenvolvimento como o desenvolvimento natural e o planejado, tendo ambas o mesmo objetivo, contribuir para a melhoria da qualidade da educação.

Não podemos pensar estas duas formas de formação continuada do docente, através das experiências do cotidiano e a busca externa por conhecimento, como não sendo interligadas. Segundo Roldão (1999), a busca do professor em se aprimorar capacita-o a lidar com situações diversas ao longo de seu percurso na docência, transformando o conhecimento adquirido em saber pedagógico.

O desenvolvimento profissional do docente pode ser dado de forma individual ou coletiva (Day, 2001). Na forma individual, o docente submete sua prática em sala de aula por uma avaliação crítica, onde o mesmo observa seus pontos proveitosos e suas dificuldades (HERDEIRO E SILVA, 2008). A partir desta reflexão, o profissional pode buscar melhorar sua prática, buscando melhoria de suas competências individuais relacionadas às necessidades de suas turmas. Já na forma coletiva, os profissionais de uma escola, ou um grupo de professores, buscam solucionar problemas, trocam informações, planejam ações educativas conjuntas, compartilham experiências com o propósito de melhoria do docente e das aulas lecionadas por estes (DAY, 2001; VAILLANT; MARCELO GARCIA, 2012).

Contudo, vale lembrar que deve partir do professor a preocupação de melhoria própria como profissional, neste mesmo pensamento Vaillant e Marcelo Garcia (2012, p. 173), afirmam que “quando os docentes participam da formatação de seu próprio

aprendizado, seu compromisso cresce”. Este docente deve perceber que a busca por melhorar o seu “eu docente” deve atender às suas demandas de melhoria, deve atingir o seu público específico e suas condições de trabalho. Logo, o professor deve ser o protagonista de seu desenvolvimento contínuo, as mudanças e transformações em suas atitudes como profissional docente só surgirão se o mesmo buscar estes conhecimentos, compreender a importância desta busca e tomar como significativo para o exercício da profissão as experiências e saberes obtidos.

### **2.3 Uso das TIC's como recurso didático**

A utilização de tecnologias de informação e comunicação tem se mostrado uma ferramenta promissora de potencialização do processo de Ensino e Aprendizagem de diversas áreas do conhecimento. Com o avanço da tecnologia e sua influência direta no cotidiano de todos, Haag, Araujo e Veit (2005) veem como imprescindível o uso destas no processo educacional, sendo esta uma ferramenta importante na construção do conhecimento.

Em especial no ensino de Física, as TIC's têm um papel facilitador na compreensão conceitual, uma vez que permite ao aluno a modelagem, simulação e aquisição de dados através de programas computacionais (ROCHA; GUADAGNINI, 2010).

Dentre as diversas aplicações do uso da tecnologia em sala de aula, uma das possibilidades é a aplicação das TIC's como suporte de aquisição e análise de dados. Segundo Haag, Araujo e Veit (2005) a aquisição automática de dados em laboratório auxiliam os alunos e professores de várias formas, como na agilidade da coleta, tornando mais propensa a aplicação de aulas experimentais para professores de dispõem de uma pequena carga horária, auxilia também na precisão, facilitando a vinculação da fundamentação teórica relacionada ao experimento e os dados obtidos. Dorneles (2010) aponta também, que a utilização das tecnologias como ferramenta auxiliadora nas práticas experimentais pode auxiliar os alunos a terem uma experimentação mais lúcida e coerente e não apenas investidas experimentais por tentativa. Atuando assim, como um meio de interligação entre os meios formais, modelos teóricos e matemáticos com a realidade encontrada no processo experimental.

Não obstante, o fato do aluno manipular e explorar equipamentos como sensores de coleta de dados, softwares e os dados aferidos torna a aula mais interessante ao estudante uma vez que este assume um papel de agente participativo. Vale lembrar que, a aplicação dos recursos tecnológicos por aplicar, não resulta numa boa educação. Para Araujo e Veit (2009) a eficiência das TIC's como recurso educacional não está ligada apenas a sua utilização, mas, essencialmente, na forma com que é aplicada e as estratégias didáticas relacionadas ao seu uso. Vemos as TIC's como um recurso, entre tantos, que podem apresentar bons resultados educacionais e que na atualidade é imprescindível o seu uso por estar presente na realidade de muitos dos estudantes.

## **2.4 Videoanálise no Ensino de Física**

Com o avanço tecnológico, a realização de experimentos com maior precisão na medição de dados tem se tornado cada vez mais fácil (ARAUJO; VEIT, 2009). Contudo, o valor destes equipamentos laboratoriais, como sensores e outros hardwares, tem um custo muito elevado (LENZ; FILHO; BEZERRA, 2014). Para contornar esta dificuldade, a utilização de recursos presentes no cotidiano dos alunos se tornou imprescindível. Um destes recursos que pode ser amplamente explorado são os *smartphones*, que estão cada vez mais acessíveis à realidade dos estudantes e possuem sensores e câmeras de vídeos cada vez mais potentes. Estes fatores, numa perspectiva educacional, oferecem grandes oportunidades de utilização desta tecnologia no ensino de Física.

Leitão, Teixeira e Rocha (2011) apontam a técnica de análise por vídeo como um dos importantes recursos, principalmente na cinemática e dinâmica dos corpos, para o estudo dos fenômenos físicos inerentes ao experimento, uma vez que permite a observação de eventos que por vezes são de difícil visualização através do olho humano.

A videoanálise trata-se em realizar uma prática experimental que está sendo gravada por vídeo através de algum equipamento como celulares, câmera de vídeo, *webcam*. Após a tomada do vídeo, é possível realizar, através de algum programa computacional apropriado, uma análise minuciosa do fenômeno físico por trás do experimento realizado. Esta ferramenta permite que uma gama de experimentos, que necessitariam de sensores e outros hardwares de custo elevado, possam ser

realizados como recurso didático e sem grandes custos, muitas vezes podendo ser realizados com materiais de baixo custo e convencionais ao cotidiano, facilitando assim a descentralização das práticas experimentais nos laboratórios específicos. A videoanálise possibilita que professores e estudantes de Física desenvolvam experimentos e atividades de laboratório utilizando material de fácil acesso (JESUS, 2014). Isso permite que professores que atuam em colégios que não possuem estrutura de laboratórios adequados possam também realizar experimentos com seus alunos e obter resultados satisfatórios.

Dentre vários programas que têm a finalidade de realizar videoanálise no ensino de Física, o software *Tracker - Videos Analysis and Modeling Tool* se destaca. O Tracker é um software gratuito desenvolvido pelo projeto *Open Source Physics* (OPS), projeto este de âmbito mundial que tem por objetivo difundir recursos gratuitos e livres voltados para o ensino de Física e a modelagem computacional. Sendo assim, além de gratuito, o Tracker também é um software livre, de código aberto para que quem o utilize possa editar e realizar alterações no programa, o atualizando e corrigindo possíveis erros. O software pode ser baixado gratuitamente pela internet<sup>1</sup>, onde é possível encontrar o software Tracker atualizado, para diferentes sistemas operacionais e em diversos idiomas, incluindo o português.

O Tracker é um software que permite a análise quadro a quadro em tempos sucessivos de um vídeo que permite estudo de diversos tipos de movimento através da filmagem das práticas experimentais. Além da análise quadro a quadro, o software conta com diversos recursos, como a possibilidade da construção de gráficos de várias grandezas físicas (como posição, velocidade, aceleração, entre outros), a facilidade em recortar o vídeo no trecho que será analisado, facilidade na marcação de pontos de calibração, marcação dos eixos de movimento, entre outras características.

Há diversos outros programas similares ao Tracker com o objetivo de permitir a realização de videoanálise, como o Logger Pro, Kinovea, Dartfish, entre outros, porém, muitos destes são software fechados e/ou pagos, inviabilizando a utilização por encarecer a prática. Outros possuem uma interface mais complexa, dificultando o trabalho de videoanálise.

---

<sup>1</sup> <https://physlets.org/tracker/>

### 3 MECÂNICA

Dentre os diversos ramos da Física, neste trabalho a Mecânica aparece como objeto de estudo principal. O estudo da Mecânica está diretamente relacionado à descrição do movimento dos corpos, sub-ramo este chamado de cinemática, e também a causa destes movimentos, área esta denominada dinâmica. Interligado ao estudo da Mecânica conceitos como força, energia, espaço e tempo são essenciais para compreensão (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

Os princípios básicos da Mecânica foram formulados por Galileu Galilei e Isaac Newton. Em especial neste trabalho, partiremos da 2ª Lei de Newton, princípio fundamental da dinâmica, para obter as equações que descrevem o movimento dos corpos aqui estudados. A 2ª Lei de Newton estabelece que “A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida.”<sup>2</sup> A força resultante é a taxa de variação temporal do momento linear ( $\vec{p} = m\vec{v}$ ), ou seja:

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}. \quad (1)$$

No caso particular em que a massa do objeto não varia com o tempo, a Equação (1) pode ser simplificada para ( $\vec{F} = m\vec{a}$ ):

$$\sum \vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}. \quad (2)$$

$$\sum \vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}. \quad (3)$$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}. \quad (4)$$

#### 3.1 Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

Um corpo está em movimento em relação a um determinado referencial quando sua posição, nesse referencial, varia no decorrer do tempo. No caso particular de um objeto em que massa não varia ao longo do movimento e que a somatória das forças que agem sobre o corpo seja nula, da 2ª Lei de Newton, Equação (4), implica que a

---

<sup>2</sup> Retirados do livro *Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Livro I*, traduzido da obra em inglês por tradutores da Edusp – Editora da Universidade de São Paulo.

aceleração do corpo será nula. Sendo a aceleração a derivada em relação ao tempo da velocidade, temos neste caso, que a velocidade do corpo será constante:

$$\sum \vec{F} = \vec{0} , \quad (5)$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{0} , \quad (6)$$

$$\vec{v} = \overrightarrow{cte} . \quad (7)$$

Denominamos de movimento retilíneo e uniforme (MRU) o movimento que ocorre ao longo de uma reta com velocidade escalar instantânea constante em relação a um observador. A velocidade de um corpo é representada pela derivada em relação ao tempo da posição. Definindo o eixo de coordenadas  $x$  ao longo da direção que ocorre o movimento, a velocidade instantânea  $v(t)$  em um instante  $t$  qualquer, é dada por:

$$v(t) = \frac{dx}{dt} . \quad (8)$$

Ao integrarmos ambos os lados da igualdade, aplicando os limites de integração para a posição inicial  $x_0$  em um instante de tempo inicial zero até uma posição qualquer  $x$  e em um instante de tempo qualquer  $t$ , temos:

$$\int_0^t \frac{dx}{dt} dt = \int_0^t v(t) dt. \quad (9)$$

Sendo a velocidade constante, ao solucionar as integrais, obtemos:

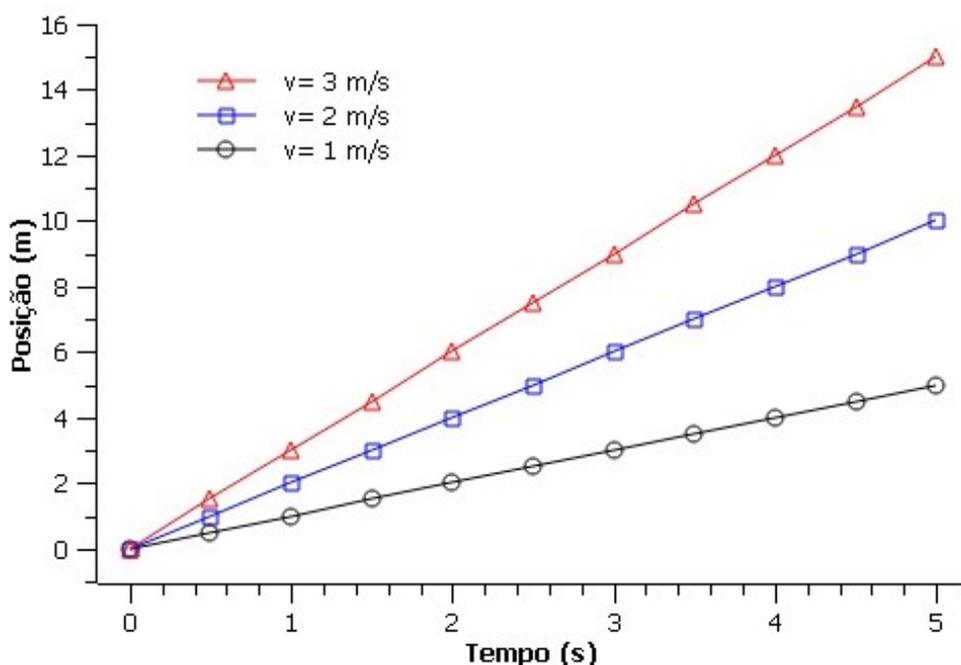
$$x(t) - x(0) = v t. \quad (10)$$

Reescrevendo  $x(0) = x_0$ ,

$$x(t) = x_0 + v t. \quad (11)$$

Assim obtemos, partindo da 2ª Lei de Newton, a equação horária da posição para corpos não acelerados. A Equação (11), chamada de equação horária do movimento retilíneo uniforme, descreve a posição do objeto em função tempo, para um objeto livre de aceleração, ou seja, sob força resultante nula. Na Figura 1 é apresentado o gráfico da posição ( $x$ ) em função do tempo ( $t$ ) em um MRU, considerando um corpo que parte de uma posição inicial igual a zero e se move com velocidade constante de 1 m/s, 2 m/s e 3 m/s. As curvas possuem um comportamento linear, indicando que a mudança da posição ao longo do tempo é constante, logo a velocidade é constante e igual ao coeficiente angular da reta (relacionado a inclinação da curva).

Figura 1 – Gráfico da posição em função do tempo em um MRU.



Fonte: Autoria própria (2022).

### 3.2 Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

No movimento retilíneo uniformemente variado, temos corpos que deslocam em uma única direção com uma variação constante de sua velocidade, logo podemos afirmar que há uma aceleração tangencial de intensidade constante atuando sobre o corpo e, sendo assim, há também uma força resultante não nula e também constante. Assim, podemos escrever através da 2ª Lei de Newton que:

$$\sum F = m a = \text{constante}. \quad (12)$$

Sendo assim, para corpos que não sofrem alteração em sua massa, podemos concluir que a aceleração também será constante:

$$a = \text{constante}. \quad (13)$$

Sendo a aceleração a derivada da velocidade em relação ao tempo:

$$a(t) = \frac{dv}{dt}. \quad (14)$$

Ao integrar ambos os lados da Equação (14), podemos representar esta mesma equação da seguinte forma:

$$\int_0^t \frac{dv}{dt} dt = \int_0^t a(t) dt. \quad (15)$$

Ao integrarmos ambos os lados da igualdade, aplicando limites de uma velocidade inicial  $v_0$  em um instante de tempo inicial zero até uma velocidade qualquer  $v$  em um instante de tempo qualquer  $t$ , lembrando que a aceleração no MRUV é constante, temos:

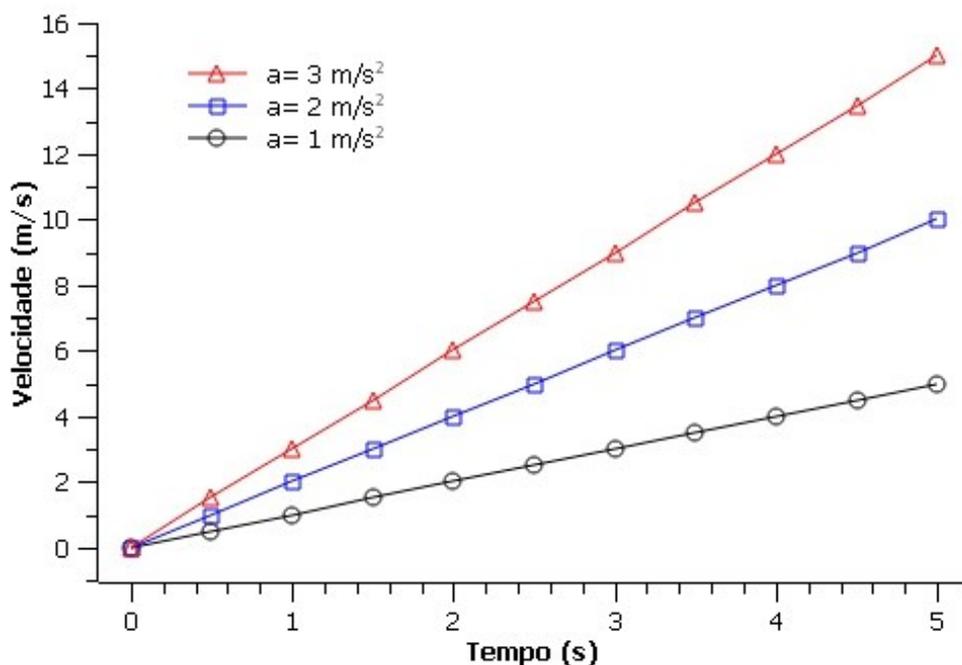
$$v(t) - v(0) = a t. \quad (16)$$

Logo, chegamos em uma equação que determine a velocidade de um móvel em aceleração constante ao longo do tempo. Substituindo,  $v(0) = v_0$ :

$$v(t) = v_0 + a t. \quad (17)$$

A Equação (17) é chamada de equação horária da velocidade para corpos em MRUV. Em um gráfico da velocidade em relação ao tempo, a curva formada apresentará um comportamento linear, demonstrando uma variação contínua da velocidade ao longo do tempo, indicando uma aceleração constante, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Gráfico da velocidade em função do tempo em um MRUV.



Fonte: Autoria própria (2022).

Podemos também, substituir a Equação (17) em (9), lembrando que no MRUV a velocidade não é mais constante, e assim teremos:

$$\int_0^t \frac{dx}{dt} dt = \int_0^t (v_0 + a t) dt. \quad (18)$$

Separando a soma em duas integrais e tendo a aceleração constante, característica do MRUV, temos:

$$x(t) - x(0) = v_0 \int_0^t dt + a \int_0^t t dt. \quad (19)$$

Ao solucionarmos as integrais, temos:

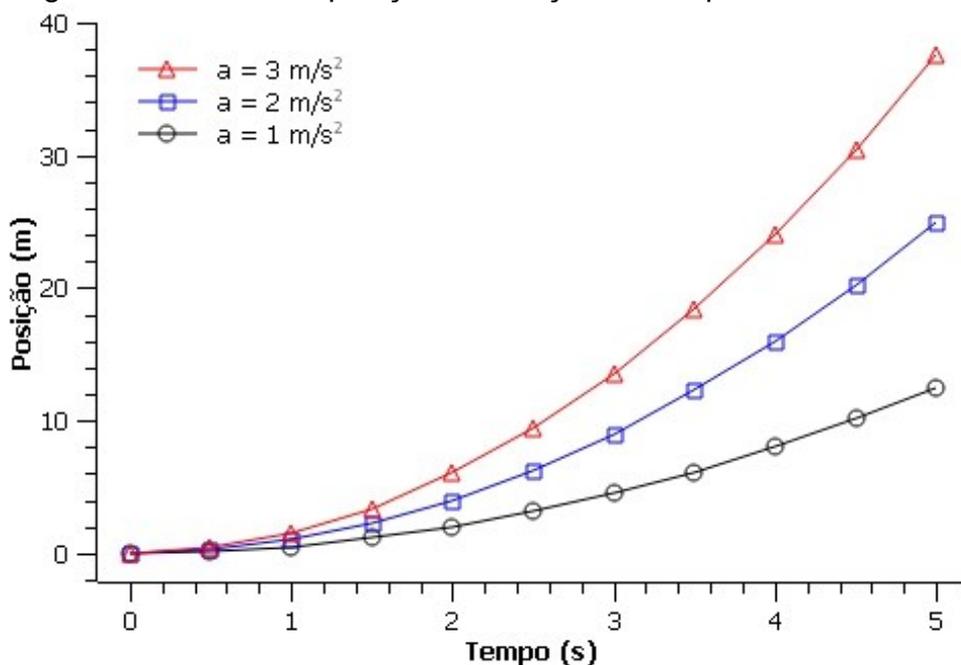
$$x(t) - x_0 = v_0 t + a t^2/2. \quad (20)$$

E assim, chegamos a equação que descreve o movimento de corpos com aceleração constante, a equação horária da posição para corpos acelerados:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2. \quad (21)$$

Como a equação que descreve a posição de um corpo com aceleração constante em relação ao tempo é uma função de segundo grau, ao representar essa posição na forma gráfica a curva formada terá característica parabólica, como mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Gráfico da posição em função do tempo em um MRUV.



Observa-se que a variação da posição ao longo do tempo já não se dá de forma constante, como a observada no MRU, uma vez que com a mudança da velocidade, a quantidade da variação da posição muda também com o passar do tempo.

### 3.3 Lançamento de Projéteis

A localização de um objeto em relação a origem de um sistema de coordenadas é dada por um vetor posição, que pode ser descrito em termos de componentes dos eixos cartesianos  $x$ ,  $y$  e  $z$ . O lançamento de projéteis é um caso específico que pode ser descrito como um movimento em duas dimensões. O sistema de coordenadas pode ser orientado de tal forma que o movimento do projétil ocorra no plano  $xy$ , com o eixo  $y$  na vertical (direção da aceleração da gravidade) e o eixo  $x$  na horizontal. Vamos considerar a situação em que a resistência do ar pode ser desconsiderada. Como não existe aceleração na direção horizontal, durante toda a trajetória a componente  $v_x$  da velocidade do projétil permanece constante (igual ao valor inicial,  $v_{0x}$ ). Dessa forma, o deslocamento horizontal do projétil em relação à posição inicial pode ser descrito de forma semelhante a Equação (11):

$$x(t) = x_0 + v_{0x} t. \quad (22)$$

Na direção vertical, o corpo inicia um movimento com uma velocidade inicial e muda seu movimento devido a ação da aceleração gravitacional (constante para pequenas variações de altitude). Dessa forma, o deslocamento vertical do projétil em relação à posição inicial pode ser descrito de forma semelhante a Equação (21):

$$y(t) = y_0 + v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2. \quad (23)$$

Em que,  $g$  é a aceleração da gravidade ( $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$  na superfície da Terra). Na Equação (23) foi considerado a orientação do eixo  $y$  no sentido oposto a aceleração da gravidade.

Sendo assim, no eixo vertical a aceleração atuante sobre o corpo é constante, a gravitacional, caracterizando o movimento uniformemente variado. Já na horizontal a aceleração é nula e a velocidade constante, indicando um movimento uniforme. Essa característica permite a análise do movimento bidimensional em dois movimentos unidimensionais independentes, o horizontal e o vertical (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

### 3.4 Movimento Oscilatório

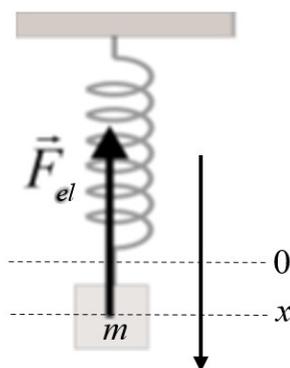
O movimento oscilatório tem por característica a ação de uma força restauradora que atua sobre um objeto com intenção de colocá-lo em equilíbrio e pela alteração da direção do movimento, tendo sempre o seu estado de equilíbrio sendo perturbado. Se o corpo em oscilação estiver sob efeito de uma força restauradora linear e na ausência de forças dissipativas, temos um caso específico denominado Movimento Harmônico Simples (MHS), no qual as oscilações ocorrem em períodos de tempo iguais. (SERWAY, JEWETT, 2011).

#### 3.4.1 Sistema massa-mola

Na figura 4 é apresentado a representação de um sistema massa-mola, livre da ação de forças dissipativas, formado por uma mola com constante elástica  $k$ , com suas extremidades fixadas em um suporte rígido e em um objeto de massa  $m$ . A força elástica que atua no sistema massa-mola, denominada Lei de Hooke, é dada por:

$$F_{el} = -k x . \quad (24)$$

Figura 4 – Diagrama de representação sistema massa-mola.



Fonte: Autoria própria (2022).

Como a força elástica é a única atuando no sistema, podemos escrever a segunda Lei de Newton como:

$$\sum F = F_{el} = m a . \quad (25)$$

Sendo a aceleração a derivada segunda da posição em relação ao tempo:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}. \quad (26)$$

Logo, substituindo as Equações (24) e (26) em (25), temos que:

$$-kx = m \frac{d^2x}{dt^2}. \quad (27)$$

Logo,

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0. \quad (28)$$

Identificando  $\omega^2 = k/m$ , a Equação (28) pode ser reescrita como

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2x = 0. \quad (29)$$

Dessa forma, a frequência angular pode ser escrita como:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (30)$$

Ao resolvermos a equação diferencial ordinária de segunda ordem, Equação (29), temos que:

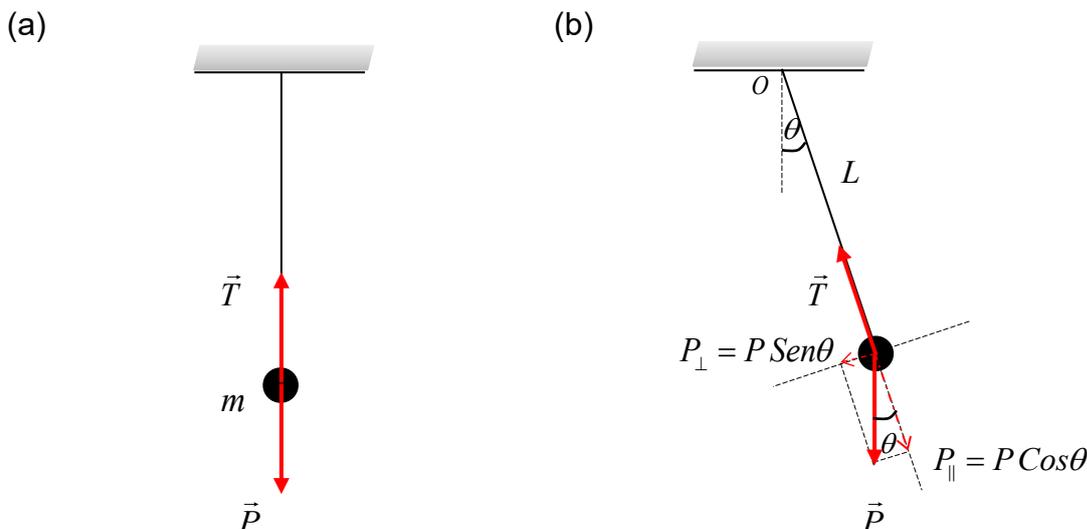
$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi). \quad (31)$$

Esta é a equação horária da posição para corpos em movimento harmônico simples. O qual determina a posição de um corpo em função do tempo  $x(t)$  relacionando com a amplitude da oscilação  $A$ , a frequência angular do movimento  $\omega$  e a constante de fase  $\phi$  (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

### 3.4.2 Pêndulo Simples

O pêndulo simples é um sistema idealizado constituído de uma massa pontual que move-se sobre um arco de círculo com de raio constante e presa por um fio inextensível de massa desprezível. Esta massa pontual ao ser tirada do equilíbrio tende a retornar a esta posição de equilíbrio devido a uma força restauradora, como ilustrado na Figura 5. Devido a atuação desta força restauradora, tentando colocar o pêndulo em equilíbrio, o mesmo se põe a oscilar. Na Figura 5,  $L$  representa o comprimento do fio inextensível e, logo, a distância entre a massa e o eixo de rotação,  $\vec{p}$  força peso que age sobre o corpo oscilante,  $m$  a massa do corpo oscilante e  $\vec{T}$  a força de tração.

Figura 5 – Diagrama com a representação das forças atuando sobre a partícula.



Fonte: Autoria própria (2022).

Como trata-se de um movimento de rotação em torno de um eixo, podemos aplicar ao sistema, à segunda Lei de Newton para corpos em movimento de rotação (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012):

$$\sum \tau = I \alpha . \quad (32)$$

No qual,  $\tau$  é o torque,  $I$  o momento de inércia e  $\alpha$  a aceleração angular.

Para o pêndulo simples, como toda a massa está situada a uma distância constante  $L$  do eixo de rotação, tem-se por definição que o momento de inércia é:

$$I = L^2 m . \quad (33)$$

Já a aceleração angular  $\alpha$  pode ser escrita como a segunda derivada da posição angular  $\theta$  em relação ao tempo  $t$ :

$$\alpha = \frac{d^2 \theta}{dt^2} . \quad (34)$$

Substituindo as Equações (33) e (34) em (32), temos que:

$$\sum \tau = L^2 m \frac{d^2 \theta}{dt^2} . \quad (35)$$

Ao analisar o sistema do pêndulo simples é possível observar que a única força que exerce torque em relação ao eixo de rotação é a componente da força peso perpendicular ao fio  $P_{\perp} = mg \text{sen}(\theta)$ . Logo, podemos escrever o torque resultante sobre a massa como:

$$\sum \tau = -P_{\perp} L = -m g \text{sen}(\theta) L . \quad (36)$$

Comparando as Equações (35) e (36), temos:

$$-m g \operatorname{sen}(\theta) L = L^2 m \frac{d^2 \theta}{dt^2}. \quad (37)$$

Podendo ser reescrita como:

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{g}{L} \operatorname{sen}(\theta) = 0. \quad (38)$$

Para pequenas oscilações temos a relação  $\operatorname{sen}(\theta) \approx \theta$ . Sendo assim:

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{g}{L} \theta = 0. \quad (39)$$

Identificando  $\omega^2 = g/L$ , a Equação (39) pode ser reescrita como

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \omega^2 \theta = 0. \quad (40)$$

Ao resolver esta equação diferencial ordinária de segunda ordem, tem-se como solução:

$$\theta(t) = \theta_0 \cos(\omega t + \phi). \quad (41)$$

Sendo a frequência angular:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}. \quad (42)$$

A Equação (41) descreve a posição angular em função do tempo  $\theta(t)$  relacionando com a amplitude da oscilação  $\theta_0$ , a frequência angular do corpo  $\omega$  e a fase inicial do movimento  $\phi$ .

O período de oscilação  $T$  do movimento oscilatório é dado por:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}. \quad (43)$$

Na qual,  $g$  é a aceleração da gravidade. Observe que o período de oscilação não depende da massa suspensa.

#### 4 OFICINA DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

As práticas experimentais quantitativas e a videoanálise são recursos de grande potencial para sanar parte das dificuldades encontradas pelos alunos ao estudar os conteúdos de Física. A realização de atividades experimentais utilizando o software Tracker são úteis na realização da coleta de dados, na análise e na modelagem dos dados experimentais. Dessa forma, elaboramos uma coletânea de vídeos contendo detalhes da utilização do software Tracker em vários experimentos envolvendo o estudo do movimento dos corpos com foco na Educação Básica.

Devido à suspensão das aulas presenciais para o enfrentamento à pandemia do COVID-19 durante os anos 2020 e 2021, a aplicação do material desenvolvido foi realizada com professores, discentes do MNPEF, e discentes de licenciatura em Química em forma de oficina para estes dois grupos (flexibilização permitida pelo Artigo 4º, da Resolução Nº 01, de 03 de junho de 2020, da Comissão de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - CPG).

Destacamos que as atividades propostas na oficina podem ser aplicadas aos alunos nas aulas de Física no Ensino Médio da forma que estão apresentados neste trabalho (seis encontros de aproximadamente 3 horas). Ou de forma individual, a depender do planejamento e conteúdo a ser abordado pelo docente. Os experimentos abordados são: movimento no plano horizontal, plano inclinado, queda livre dos corpos, lançamentos horizontal e oblíquo, colisão entre corpos, coeficiente de restituição, pêndulo simples e sistema massa-mola.

Ao roteirizar a oficina, objetivou-se abordar práticas comuns em vários níveis de ensino de Física, com ênfase na Educação Básica (fundamental e médio) e também apresentar ferramentas e formas de análises possibilitadas pelo software.

Pensou-se também, uma vez sendo uma oficina, em trazer os participantes a interagirem em todos os encontros, realizando análises similares às apresentadas, para que eles pudessem participar de forma ativa, tornando as aulas interativas e o recurso utilizado significativo aos participantes. Este propósito ficou ainda mais desafiador devido à necessidade da oficina ocorrer através de encontros remotos, uma vez que foram realizadas as aulas no período de fevereiro a abril de 2021, momento em que nos encontrávamos em meio à pandemia. Contudo, era fundamental a presença ativa dos participantes na oficina, para que eles pudessem experienciar,

de forma similar aos alunos deles, caso fossem aplicar posteriormente. Sendo assim, optou-se por sugestões de práticas que pudessem ser realizadas em casa e que permitisse assim a participação de todos na oficina.

A proposta foi aplicada em dois grupos distintos. Um de discentes em Licenciatura em Química na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, que dentro da grade curricular do curso possui a disciplina de Práticas de Física. Com o acompanhamento do docente responsável por ministrar a disciplina, aplicou-se a oficina durante as aulas da disciplina. Escolheu-se este grupo, turma com 8 discentes, pois pretendia-se trazer este conhecimento para possíveis futuros docentes.

Além disso, pretendia-se também, apresentar estes recursos a docentes já na ativa em sala de aula e por isso aplicou-se a oficina com alunos do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEF-MD) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira, no qual todos os discentes do programa são docentes na área. Oito discentes do MNPEF/Polo Medianeira participaram da oficina que ocorreu durante a disciplina Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental, com o acompanhamento do docente responsável pela disciplina.

Assim, a oficina contemplaria e contaria com as objeções de futuros professores que entrarão em sala de aula com este conhecimento e de docentes que já estão lecionando e buscam aperfeiçoamento e uma formação continuada que possa auxiliá-los em sala de aula.

Como a oficina contaria com participantes de idades variadas e também de diferentes níveis de familiaridade com a utilização de ferramentas tecnológicas, abordou-se desde os passos mais simples até os mais complexos com a mesma ênfase para que pudesse alcançar a todos. Esta passagem gradual, tanto da quantidade ferramentas utilizadas no software quanto da dificuldade do conceito físico trabalhado, foi pensado com intuito de gradativamente fortalecer os conhecimentos já carregados pelos alunos, para que pudessem ser aprofundados e fortalecidos de modo a servir de subsunção para os posteriores.

Uma coletânea de vídeos foi produzida e disponibilizada no canal “Tracker – Videoanálise no Ensino de Física”<sup>3</sup> na plataforma Youtube. Dessa forma, os alunos poderiam acompanhar passo a passo como utilizar o software Tracker após o

---

<sup>3</sup> [https://www.youtube.com/channel/UCd9bCDG9yq\\_2x9QpjCmKhQg](https://www.youtube.com/channel/UCd9bCDG9yq_2x9QpjCmKhQg)

encontro. Além disso, a disponibilização dos vídeos permite que uma maior quantidade de docentes seja alcançada.

#### 4.1 Síntese das aulas

A sequência de práticas escolhidas para serem abordadas nos encontros foi pensada no grau de dificuldade do conceito físico como também na quantidade de interações necessárias com o software Tracker. Iniciou-se com os experimentos com conceitos físicos menos complexos e que exigiam menos interação dos participantes com software e com o andamento da oficina intensificou-se o grau de dificuldade da execução das análises.

##### 4.1.1 Primeiro encontro

No primeiro encontro com os alunos, iniciou-se com uma apresentação da importância das atividades experimentais no ensino de Física e os pontos que estas podem contribuir para a construção do conhecimento dos estudantes. Em seguida, introduziu-se o conceito da videoanálise, as vantagens da utilização desta ferramenta e a apresentação do software Tracker, para que eles pudessem trabalhar a videoanálise.

Na continuidade do encontro, foi demonstrada a realização do download e instalação do software Tracker, apresentação do site oficial e procedimento de utilização do software. Abriu-se um espaço durante a aula para os alunos pudessem realizar o download e instalação do software em seus computadores, para que pudessem abri-lo e já se familiarizarem. Alguns estavam acompanhando a aula pelo celular, para estes foi disponibilizado um vídeo tratando do procedimento necessário para o download e instalação do Tracker<sup>4</sup>.

Em seguida, foram dadas as instruções de como devem ser realizadas as filmagens das práticas experimentais que são submetidas a videoanálise. Uma vez que alguns cuidados na videoanálise são fundamentais para uma boa coleta de dados e análise. Por exemplo: o vídeo deve ter uma boa qualidade, iluminação adequada do ambiente de filmagem, contraste entre o objeto e o plano de fundo, movimento do

---

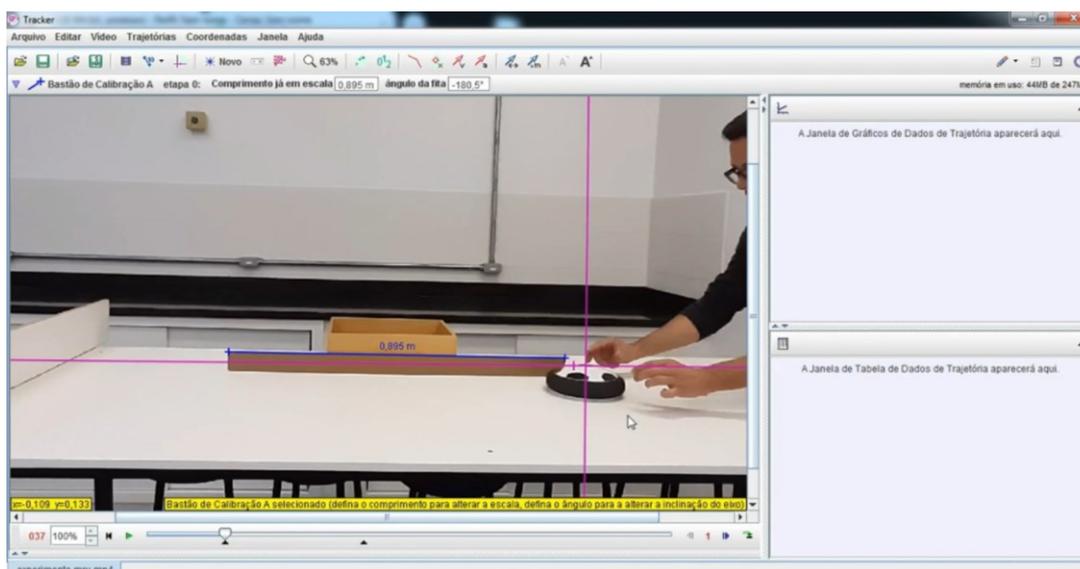
<sup>4</sup> <https://youtu.be/EyYwLpjh5i4>

objeto deve ocorrer em duas dimensões, a câmera deve estar estática durante a filmagem, o plano em que o movimento do objeto ocorre não pode se afastar ou aproximar da posição da câmera, posicionamento adequado do eixo cartesiano e do bastão de calibração durante a análise, entre outros<sup>5</sup>.

Na sequência, iniciou-se a primeira prática a ser analisada, tratou-se essa de uma prática de movimento retilíneo uniforme. Com um vídeo de uma bola flutuante (*hover ball*) deslizando por uma superfície horizontal, previamente gravado, como mostra a Figura 6, apresentou-se como inserir e orientar o eixo de coordenadas, realizar o processo de calibração da distância e a marcação da localização do objeto para diferentes quadros da filmagem. Foi utilizado a câmera de um aparelho celular para realização da filmagem com uma taxa de aquisição de 30 quadros por segundos. Com os dados coletados, pode-se analisar o movimento do objeto e comparar os dados obtidos com as equações que regem o movimento. Através da videoanálise aferiu-se a velocidade da bola flutuante em seu trecho de movimento analisado<sup>6</sup>.

Por fim, um vídeo similar foi disponibilizado aos alunos para que estes pudessem também realizar a mesma análise demonstrada. Também foi requisitado, como critério avaliativo da disciplina na qual a oficina estava sendo realizada, uma atividade da análise dos dados obtidos por cada um deles. Ao fim, abriu-se espaço para que os alunos pudessem sanar suas dúvidas.

Figura 6 – Tela de análise do movimento retilíneo uniforme por meio do Tracker.



Fonte: Autoria própria (2022).

<sup>5</sup> [https://youtu.be/kPeJ8j\\_f6fU](https://youtu.be/kPeJ8j_f6fU)

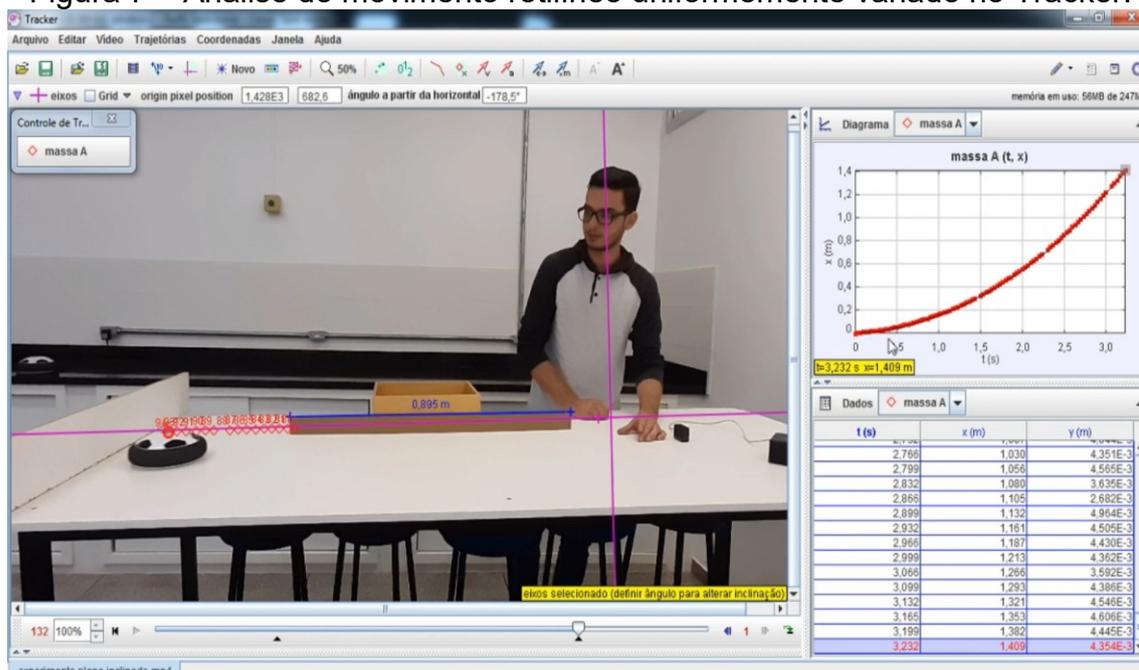
<sup>6</sup> <https://youtu.be/TEExHLDNH2eE>

#### 4.1.2 Segundo encontro

Iniciou-se o segundo encontro comentando com os alunos o movimento uniformemente variado e as equações que descrevem este movimento, equações horárias da posição e da velocidade. Em seguida, demonstrou-se aos alunos como realizar a coleta de dados, por meio do Tracker, de uma prática experimental previamente filmada referente a um movimento retilíneo uniformemente variado: o deslizamento, sem atrito, de um corpo através de um plano inclinado<sup>7</sup>, Figura 7.

Por meio dos dados obtidos e o gráfico construído no próprio Tracker, realizou-se, como demonstração, a análise da obtenção do valor experimental para a aceleração gravitacional. Assim, pode-se comparar os resultados obtidos na análise com o esperado teoricamente para a situação específica,  $a = g \text{ sen}(\theta)$ .

Figura 7 – Análise do movimento retilíneo uniformemente variado no Tracker.



Fonte: Autoria própria (2022).

Em seguida, foram lembradas as instruções de como devem ser realizadas as filmagens das práticas experimentais que são submetidas a videoanálise. Uma vez que alguns cuidados na videoanálise são fundamentais para uma boa coleta de dados e análise.

<sup>7</sup> <https://youtu.be/SD6pmGAATiM>

Por fim, os alunos tiveram como atividade a realização em suas casas de uma prática experimental de um corpo em movimento retilíneo uniformemente acelerado, indicamos como sugestão, o próprio plano inclinado (neste caso, também poderia ser utilizado o rolamento de uma lata) ou o movimento de queda livre<sup>8</sup>. Desta vez, eles realizaram a filmagem das suas próprias práticas experimentais para serem analisadas. Tiveram como materiais auxiliares, dois vídeos que tratavam especificamente da realização da videoanálise destas duas práticas sugeridas.

Ao final, foi requisitado um relatório apresentando os resultados da prática realizada por eles e suas respectivas análises e os professores ficaram à disposição dos alunos para que pudessem realizar as práticas e caso houvesse dúvidas, nos procurassem.

#### 4.1.3 Terceiro encontro

O terceiro encontro teve início com a análise física do movimento em duas dimensões, mais especificamente o lançamento de projéteis. Comentou-se sobre as equações físicas que descrevem o movimento em cada um dos eixos de movimento, tanto para acelerado (vertical) quanto para o movimento uniforme (horizontal), e a importância de analisar, de forma distinta, cada um destes movimentos.

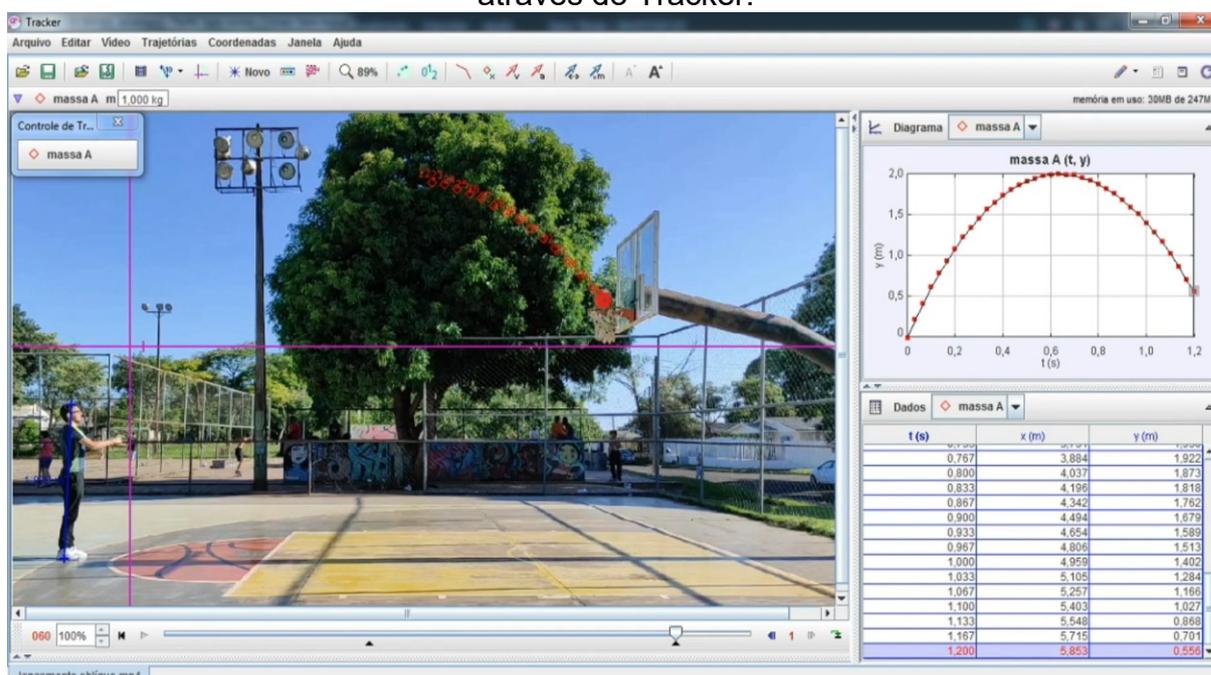
Após a demonstração da análise física de um lançamento, abriu-se uma discussão com os alunos sobre algumas situações de lançamento de projéteis que podiam ser encontradas no ambiente escolar. Comentamos sobre o lançamento de uma bola de basquete, saques no voleibol e lançamentos no futebol.

Em seguida, houve a demonstração de que estes tipos de movimento também poderiam ser analisados através da videoanálise. Utilizando de um vídeo de situação desportiva, o lançamento de uma bola de basquete, foi abordado todo o procedimento para realizar a coleta de dados e a calibragem experimental do vídeo utilizando o software Tracker, como demonstrado na Figura 8.

---

<sup>8</sup> <https://youtu.be/LWqhVPAiBnl>

Figura 8 – Movimento de uma bola de basquete arremessada sendo analisada através do Tracker.



Fonte: Autoria própria (2022).

Após o aferimento dos dados, realizou-se a construção dos gráficos da posição vertical e horizontal em função do tempo e discutiu-se com a turma os resultados obtidos. Assim como o ajuste da curva ( $y \times t$ ) para obtenção da aceleração da gravidade. O valor obtido para a aceleração da gravidade foi comparado o valor teórico esperado.

Ao término do terceiro encontro, foi proposto aos participantes que replicassem a análise de um lançamento de projétil através do Tracker, podendo ser tanto lançamento vertical ou horizontal. Para que realizassem essa análise, eles deveriam realizar a gravação de seus próprios vídeos. Para auxiliá-los, dois vídeos que demonstravam como realizar a coleta e análise de dados tanto de um lançamento horizontal<sup>9</sup> como de um lançamento oblíquo<sup>10</sup> foram disponibilizados para os alunos. Na parte final do encontro, foi disponibilizado um período para que os alunos pudessem sanar possíveis dúvidas tanto da prática sugerida no terceiro encontro, como dúvidas que pudessem ter surgido nas atividades propostas nas aulas anteriores.

<sup>9</sup> <https://youtu.be/y-oHdO97noU>

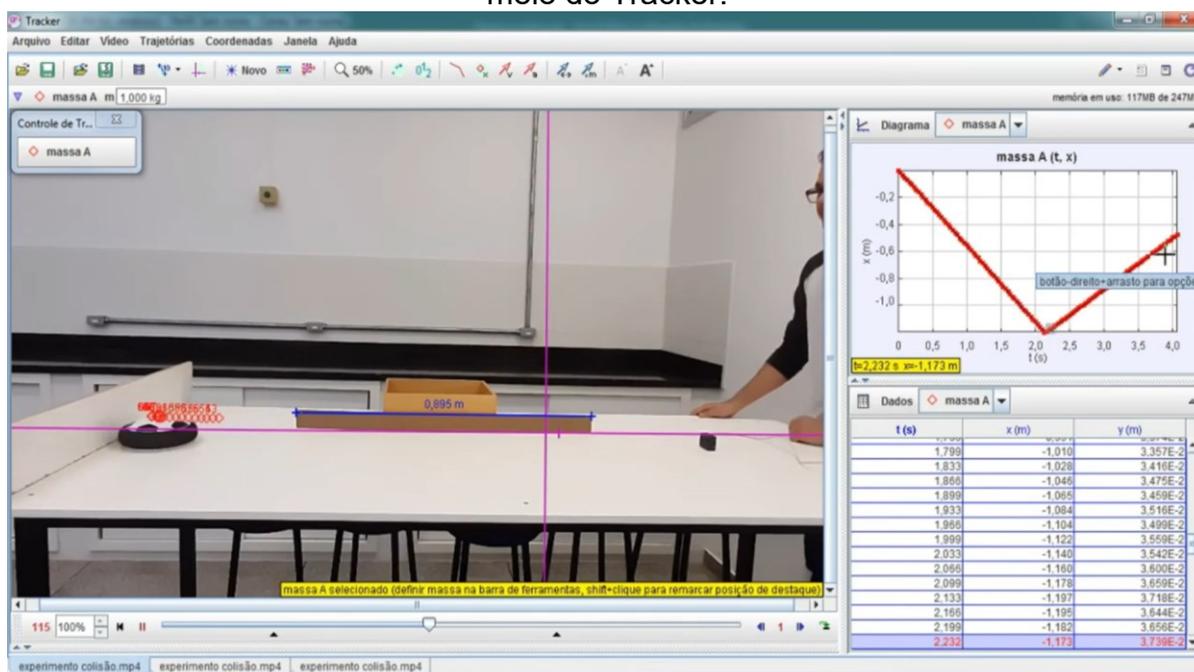
<sup>10</sup> <https://youtu.be/eC7AS8TDIyA>

#### 4.1.4 Quarto encontro

O quarto encontro teve início com a discussão com os alunos sobre conservação da energia e momento linear dos corpos, uma vez que nesta aula tinha-se por objetivo trabalhar colisões. Comentou-se também as diferenças entre as classificações de colisões: elástica, inelástica e parcialmente inelástica.

Dentre as diversas formas de colisão que poderiam ser trabalhadas, optou-se, por critérios de facilidade da execução experimental, a colisão entre um móvel e corpo fixo. Com um vídeo previamente gravado de uma bola flutuante, deslizando, sem atrito, sobre uma superfície e colidindo com um anteparo fixo, aferiu-se dados da posição do corpo móvel ao longo do tempo, antes e após a colisão com o anteparo<sup>11</sup>, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Colisão de uma bola flutuante com um anteparo fixo sendo analisado por meio do Tracker.



Fonte: Autoria própria (2022).

Com estes dados, foi construído no software Tracker o gráfico da posição do móvel ao longo do tempo, o que permitiu encontrar a velocidade antes e após a colisão, possibilitando a verificação da conservação ou não da energia cinética do

<sup>11</sup> <https://youtu.be/HqLysaPFFFA>

móvel e assim, classificar a colisão. Também foi apresentada outras possibilidades de construção de gráficos no software Tracker, como o da quantidade da energia cinética do móvel ao longo do tempo.

Por fim, foi proposto aos alunos a realização de uma prática experimental que envolvesse colisão, para que eles pudessem analisar os conceitos físicos envolvidos. Sugeriu-se como prática a colisão de uma esfera com o solo, assim poderiam determinar, por exemplo, o coeficiente de restituição<sup>12</sup>. Junto a sugestão, foi disponibilizado um vídeo no qual explicamos como realizar esta prática e então os professores ficaram à disposição para sanar possíveis dúvidas.

#### 4.1.5 Quinto encontro

No quinto encontro, tinha-se o intuito de demonstrar a análise de fenômenos oscilatórios, mais especificamente, o movimento harmônico simples, por meio da videoanálise. No início do encontro, foi apresentado a filmagem da oscilação de um sistema massa-mola vertical como demonstração de uma possível prática experimental<sup>13</sup>. Através desta filmagem e utilizando do software Tracker fez-se a marcação da posição da massa acoplada a mola durante quatro oscilações completas. Com os dados aferidos houve a demonstração aos alunos da facilidade de obtenção do gráfico da posição ao longo do tempo, uma vez que o Tracker constrói, durante a coleta dos dados, o gráfico automaticamente, como mostra a Figura 10.

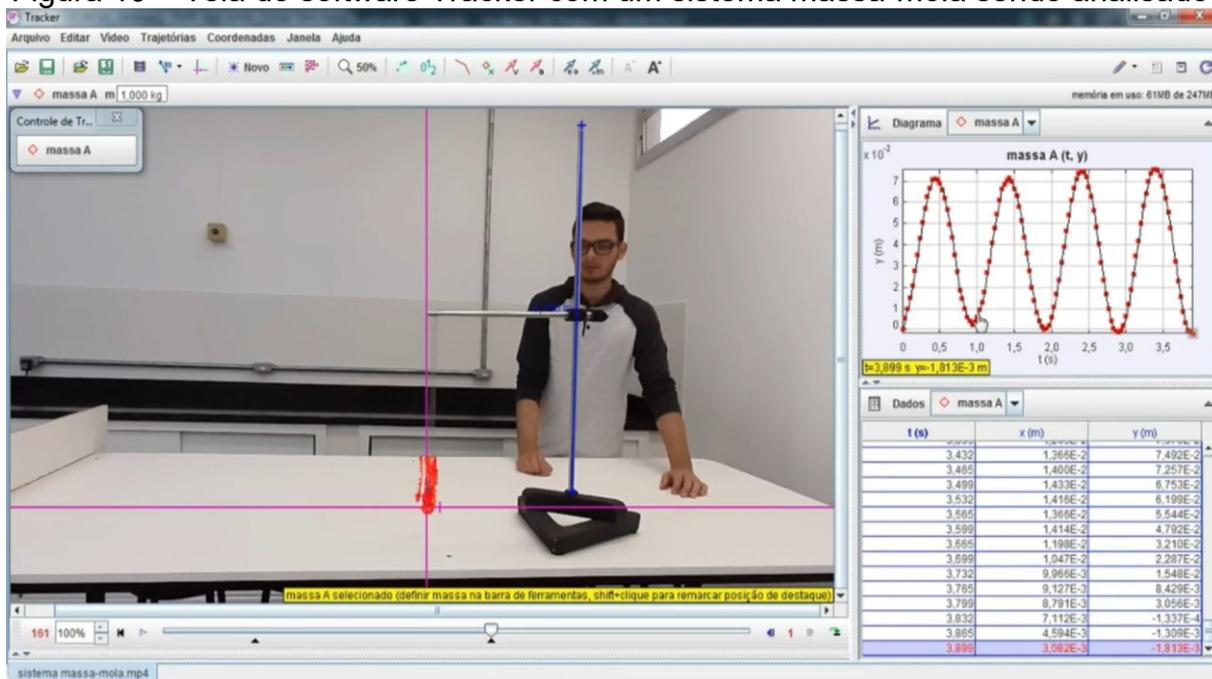
Com o gráfico em mãos iniciou-se a análise destes. Para isso, foi discutido com os alunos as características e equações que descreviam o movimento indicado, e assim comparou-se, de forma superficial, os resultados experimentais com os teóricos esperados. Contudo, com a pretensão de demonstrar funcionalidades dentro do software, foi explicado aos alunos como descrever no software a equação horária da posição do movimento harmônico simples. Com a equação descrita pelo programa, aferiu-se valores para a amplitude, frequência angular e a fase do movimento analisado. Para finalizar a análise experimental, através do dado da frequência angular, trabalhou-se com os alunos como é possível obter o valor experimental para a constante elástica da mola.

---

<sup>12</sup> <https://youtu.be/QMBIFtanwg8>

<sup>13</sup> [https://youtu.be/jCKZnH5\\_6TM](https://youtu.be/jCKZnH5_6TM)

Figura 10 – Tela do software Tracker com um sistema massa-mola sendo analisado.



Fonte: Autoria própria (2022).

Por fim, foi sugerido aos alunos a realização da prática experimental do pêndulo simples. Como material auxiliar, um vídeo demonstrativo de como realizar a análise da prática sugerida foi disponibilizado<sup>14</sup>. Assim, encerrou a aula e os professores ficaram disponíveis para sanar dúvidas possíveis.

#### 4.1.6 Sexto encontro

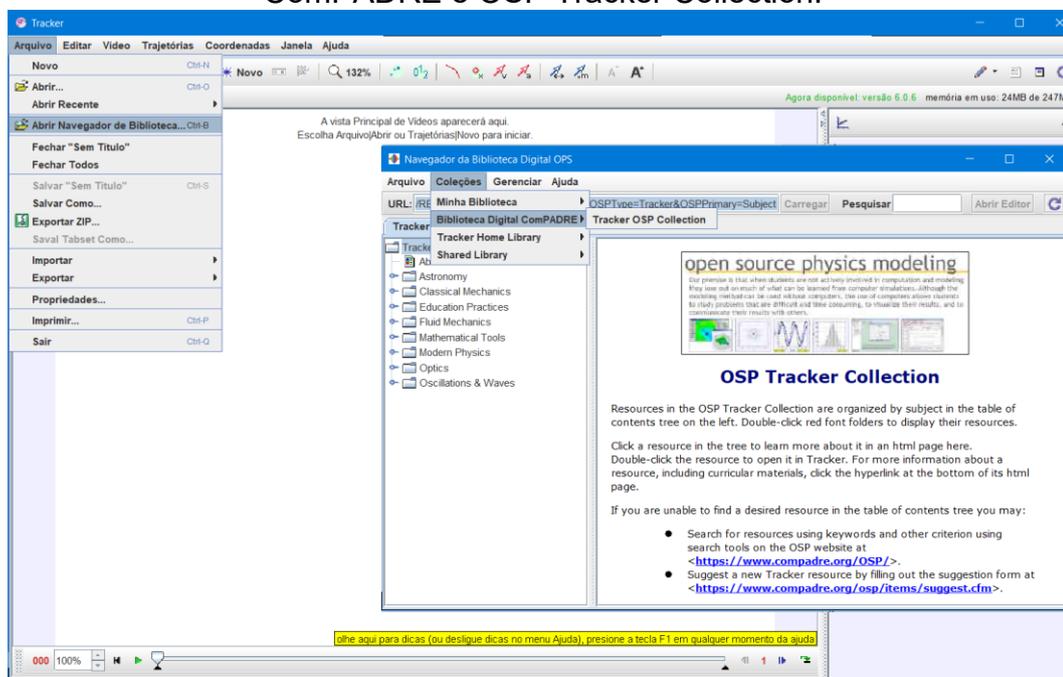
No último encontro, não foi realizado a demonstração de um experimento específico, nesta aula foi apresentado duas bibliotecas de experimentos possíveis de serem analisados com o Tracker. Uma delas é um conjunto de vídeos e análises já prontas de práticas experimentais que podem ser baixadas junto com o software Tracker. A outra é a Biblioteca Digital ComPADRE<sup>15</sup>, *OSP (Open Source Physics) Tracker Collection*, que pode ser acessada por meio do próprio software Tracker, que disponibiliza diversos experimentos com a coleta de dados já realizada, alguns possuem inclusive um relatório sobre a prática e conceitos físicos envolvidos,

<sup>14</sup> [https://youtu.be/jx\\_MnT2orpA](https://youtu.be/jx_MnT2orpA)

<sup>15</sup> <https://www.compadre.org/OSP/>

Figura 11. Assim, permitiu-se abrir, ainda mais, a gama de possibilidades de situações que podem ser analisadas.

Figura 11 – Tela do software Tracker com o Navegador da Biblioteca Digital ComPADRE e OSP Tracker Collection.



Fonte: Autoria própria (2022).

Foi apresentado aos alunos algumas práticas de ambas as bibliotecas para mostrar como acessar os experimentos, como adquirir apenas o vídeo da prática experimental sem os dados já coletados e também como acessar os roteiros naqueles que possuem este material disponível.

Como atividade para que os alunos pudessem interagir com estas bibliotecas de práticas experimentais, propôs-se a eles que escolhessem, dentro das diversas possibilidades disponibilizadas nestas duas bibliotecas, uma prática que desejassem analisar e comentar os conceitos físicos.

Como tratava-se do último encontro, com intenção de avaliar o método apresentado, um questionário de aceitação sobre o software, suas ferramentas e a possibilidade de aplicação em sala de aula foi disponibilizado aos participantes. Abriu-se espaço para que, além do questionário, os participantes comentassem como foi a interação com o software, as dificuldades encontradas na utilização e a viabilidade de aplicação desta ferramenta em atividades experimentais de Física que eles fossem realizar com seus alunos.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para avaliar a opinião dos alunos sobre o software Tracker e suas possibilidades de análises, as dificuldades encontradas pelos alunos na utilização do software, a relevância dos vídeos produzidos para o produto educacional (Apêndice A) e indicados como materiais de apoio e a possibilidade de aplicação desta ferramenta de análise em futuras atividades experimentais, foi aplicado um questionário com dezesseis perguntas no qual os alunos puderam expressar suas opiniões sobre os tópicos citados, Apêndice B. Ao total, dezesseis alunos responderam ao questionário.

Foi aberto também, ao fim da oficina, um momento de discussão direta com os alunos, no qual estes puderam apresentar de forma oral suas opiniões sobre a relevância do software e a viabilidade de aplicação em sala de aula.

### **5.1 Análise das respostas dos alunos no questionário**

No questionário, uma das preocupações foi verificar se os alunos já conheciam o software Tracker como ferramenta para videoanálise e o ensino de Física (Questão 1). Dos dezesseis alunos que responderam, treze afirmaram que não conheciam o Tracker e três disseram que apenas tinham ouvido falar, mas nunca tinham utilizado. Observa-se que a ferramenta era uma novidade tanto para os alunos da graduação quanto para os alunos do mestrado, estes já professores atuantes. Notasse a importância de se ter disciplinas que ajudem tanto na formação inicial docente quanto na continuada, uma vez que com o passar dos anos os recursos disponíveis aos docentes vão sendo alterados e atualizados. Vale ressaltar, como já pautado neste trabalho, que faz parte do compromisso do profissional com a docência buscar sempre estas melhorias.

Outra indagação feita foi em relação a dificuldade de realizar a análise por meio do Tracker. Os alunos foram questionados se houveram dificuldades na realização do download e instalação do software (Questão 2), nos cuidados básicos na filmagem das práticas experimentais (Questão 4), na obtenção dos materiais para realização das práticas (Questão 6), na importação dos vídeos, processo de calibração, orientação dos eixos cartesianos, marcação dos pontos de massa (Questão 7). A maioria dos alunos não encontraram grandes dificuldades nestes tópicos, as exceções relataram dificuldades em encontrar materiais com cores contrastantes com o plano

de fundo da filmagem para facilitar a visualização em vídeo e/ou dificuldades com a filmagem, mais especificamente, o posicionamento da câmera ou celular. Dessa forma, um suporte adequado para fixação da câmera/celular seria útil na gravação dos experimentos.

Observasse que mesmo sendo uma ferramenta nova para os alunos, não foram encontradas grandes dificuldades nos procedimentos básicos e comuns a todas as práticas realizadas, mesmo sendo aulas remotas e no qual cada aluno deveria buscar materiais para a realização das práticas experimentais.

Com intuito de analisar os vídeos instrucionais produzidos, questionou-se aos participantes da oficina se os vídeos conseguiriam orientá-los nas dificuldades que surgiram relacionadas ao download e instalação do software (Questão 3), aos cuidados com a filmagem (Questão 5), e também os procedimentos de coleta de dados que foram indicados a eles como materiais de complementares de apoio (Questão 8). Algumas das respostas foram:

*“Muito útil, pois explica o passo a passo para proceder o download de forma fácil de compreender.”*

*“Sim, o vídeo explica de forma sucinta a instalação.”*

*“Sim, acredito que qualquer dificuldade ao baixar, a pessoa assistindo o vídeo não teria mais.”*

*“É muito útil, vocabulário e orientações bem claras.”*

*“Sim. O vídeo é muito bom para orientar os alunos. Ajudou a ter noções e cuidados para a filmagem.”*

*“Sim, apresenta detalhes bem relevantes para a análise do vídeo, principalmente nas situações que podem ocorrer que podem gerar dificuldades.”*

*“As dicas em relação a filmagem são úteis principalmente pra quem não tem muita familiaridade com as mesmas.”*

*“Sim, inclusive eu assisti os vídeos para sanar minhas dúvidas, o que me ajudou bastante, pois explicava muito bem como fazer.”*

Todas as respostas obtidas para estes questionamentos coadunam com as afirmações expostas acima, de forma unânime os alunos afirmaram que os vídeos são úteis e ajudam na utilização básica do software.

Pode-se notar que, embora poucos afirmaram apresentar dificuldades nestes pontos, boa parte utilizaram os vídeos para auxiliá-los nas atividades propostas a eles a cada encontro da oficina. Logo, surgiram algumas dúvidas, contudo foram sanadas através dos vídeos, muitas vezes não havendo a necessidade de contactar os professores.

Ao serem questionados se os participantes da oficina tiveram dificuldades na análise dos resultados experimentais, como no ajuste de curva dos dados experimentais, identificação dos parâmetros ajustados, cálculo de grandezas físicas relacionadas aos parâmetros (Questão 9), nove dos dezesseis afirmaram que sim, tiveram dificuldades em um destes procedimentos. Alguns afirmaram que tiveram dificuldades nos cálculos de grandezas em algumas atividades. Observa-se que a esta dificuldade está entrelaçada ao não conhecimento dos conceitos físicos e não propriamente ao software. Outros afirmaram dificuldades na construção dos gráficos e no procedimento para a análise de dados através do software.

Foram indagados então, se os vídeos produzidos no presente trabalho, indicados a eles como material auxiliar na realização das análises de cada atividade experimental, ajudaram a sanar as dificuldades encontradas (Questão 10). Novamente, todos afirmaram que sim, os vídeos ajudaram de alguma forma a sanar as dúvidas. Algumas das respostas encontradas foram:

*“Sim, são bem explicativos e de fácil compreensão.”*

*“Sim. Pois os comentários feitos pelo autor ajudam na interpretação dos resultados.”*

*“Sim, sem os vídeos teriam muito mais erros nas atividades.”*

*“Sim, com toda certeza, pois possibilita o aprendiz detalhes muito importantes com relação a entender o software de forma muito claro e quais são os objetivos em utilizar eles em experimentação.”*

*“Sim. Pois deixa mais especificado a realização do experimento.”*

Notou-se que, mesmo com a aula remota e com os professores expondo todos os passos necessários para cada prática, os alunos recorreram aos vídeos explicativos de como realizar as práticas e suas respectivas análises. Os alunos foram questionados se, em suas opiniões, seria possível apenas com os vídeos disponibilizados na plataforma Youtube, sem os encontros da oficina, aprender as funcionalidades do Tracker e assim realizar a videoanálise dos experimentos

(Questão 11). Nove dos alunos afirmaram que seria possível aprender a utilizar o software apenas com os vídeos criados. Os demais sete alunos disseram que seria possível aprender parcialmente as funcionalidades do Tracker. Dessa forma, pode-se observar que o recurso criado, coletânea de vídeos, para orientação dos atuais e futuros docentes na utilização do Tracker apresentou resultados satisfatórios.

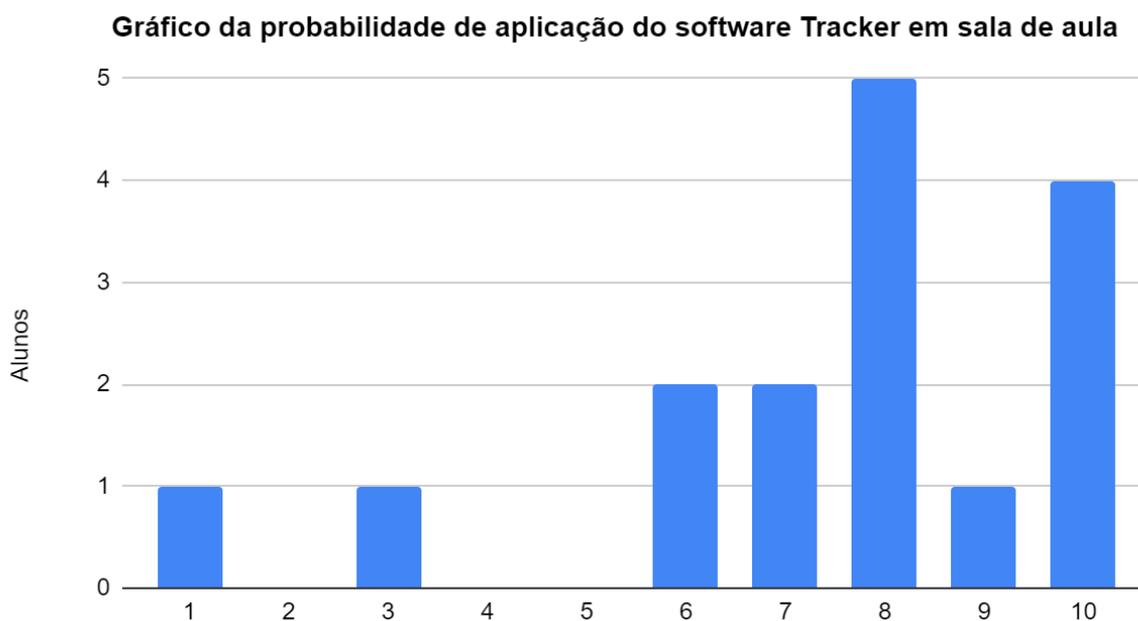
Todos os dezesseis alunos avaliaram o Tracker como sendo bom ou muito bom ao serem indagados sobre a qualidade do software na realização da coleta e análise de dados (Questão 12).

Perguntou-se a eles qual o nível de dificuldade na utilização do software Tracker (Questão 13). Seis dos alunos disseram ser fácil ou muito fácil utilizar o Tracker e nove avaliaram como mediano e apenas um disse ter encontrado muita dificuldade na utilização do Tracker. Verifica-se que, segundo a maioria dos participantes da oficina, o software Tracker apresenta, de uma forma geral, um nível baixo de dificuldade de utilização.

Por fim, os participantes foram questionados quanto à possibilidade de utilizar o software em sala de aula com seus alunos. Em uma das perguntas onde eles poderiam marcar a probabilidade numa escala de 1 à 10, sendo 1 a menor probabilidade e 10 a maior (Questão 14), obteve-se o resultado apresentado na Figura 12.

Os participantes da oficina também foram questionados sobre a frequência que utilizariam o Tracker em sala de aula para realizar a análise de práticas experimentais (Questão 15): seis se manifestaram por “sempre que o experimento permitisse”, sete participantes por “na maioria dos casos possíveis”, dois por “uma ou outra vez” e um aluno informou que nunca utilizaria o software Tracker em sala de aula.

Figura 12 – Gráfico da probabilidade de aplicação do software Tracker em sala de aula.



Fonte: Autoria própria (2022).

Por fim, foi solicitado para que os alunos comentassem sobre essa possibilidade de aplicação do software Tracker em sala de aula (Questão 16). Alguns afirmaram que utilizariam o Tracker, como mostra algumas das respostas dadas:

*“Com certeza vou utilizar o software em minhas aulas, no entanto é necessário um domínio maior desta ferramenta.”*

*“Acredito que se com o computador em sala de aula, seria possível e com grande aproveitamento.”*

*“No meu caso, existe a possibilidade, pois os meus alunos possuem equipamentos para diversas possibilidades para a utilização de Tracker (Câmeras, computador, laboratório de informática, etc ...). Isso torna a utilização desse programa muito viável no meu caso.”*

*“Vou utilizar, mas de acordo com a minha realidade e adaptações possíveis, provavelmente em grupos, devido a escassez de dispositivos dos alunos.”*

*“Ótimo para aulas online, pois o aluno tem a autonomia para realizar experimentos e fazer as análises com acompanhamento do professor.”*

*“No atual cenário de pandemia seria uma ideia muito interessante. Para aplicar aos alunos na escola, iria depender da disponibilidade em relação à computadores. Mas, é um recurso muito bom para ser aplicado aos alunos.”*

*“Acho que ele é um programa de fácil compreensão que ajuda a realizarmos práticas que não seriam possível de realizarmos.”*

Outros já afirmaram ter mais dificuldades na aplicação, dando as seguintes respostas:

*“Acho que seria algo bem complexo para ensino médio, pois tomaria bastante tempo para os alunos aprenderem como procede o programa, sendo ao mesmo tempo útil para facilitar a aprendizagem e alguns aspectos.”*

*“Na minha realidade que trabalho em colégios estaduais, com falta de tecnologia disponíveis aos alunos e também aos professores, seria um pouco difícil em sala de aula. Mas auxiliar para que façam em casa, com internet e aparelhos próprios.”*

*“Eu tive muita dificuldade em realizar as atividades pelo fato de estar sem notebook. Pela minha experiência e a realidade que já encontrei nos colégios, não seria uma possibilidade fazer a aplicação do software Tracker em sala de aula.”*

Observa-se que mesmo entre os alunos que afirmaram que poderiam utilizar o Tracker com os alunos, um dos principais empecilhos encontrados por eles é a falta de estrutura nos colégios, principalmente computadores.

## **5.2 Análise dos comentários orais dos alunos**

No último encontro com os participantes da oficina foi aberto um momento para que eles relatassem como foi a experiência com o software Tracker, com a oficina, os vídeos e se haveria a possibilidade de aplicação desta ferramenta em sala de aula com seus alunos. Vários alunos se propuseram a comentar sobre. Neste momento, pode-se perceber, de forma mais direta e próxima as opiniões dos participantes.

Alguns comentaram que:

*“Se tivéssemos o Tracker no laboratório de física salvaria bastante as práticas realizadas na graduação.”*

*“A versatilidade do programa é muito grande para uso com os alunos.”*

*“Acho a ferramenta fundamental.”*

*“A ferramenta é muito boa, traz uma abordagem diferenciada, mais ilustração, mais realidade. Creio que o aluno consiga visualizar mais por ser mais próximo da realidade.”*

*“Quando se tem possibilidade de trabalhar, o Tracker vem a agregar muito.”*

Observa-se pelos comentários, que os participantes aprovaram o software e a videoanálise como ferramentas que podem contribuir com a aprendizagem e também facilita a realização de práticas experimentais.

Quanto aos vídeos instrucionais produzidos para auxiliar na utilização do software Tracker, os comentários recebidos foram animadores:

*“Nas primeiras aulas era um pouco apavorador, mas com a prática e os vídeos foi ficando muito mais fácil.”*

*“Os vídeos postados ajudam bastante, a gente percebe o que temos que considerar no experimento, quais as partes da física onde trabalhamos e o que conseguimos explorar com isso.”*

*“Os vídeos auxiliaram bastante, nos momentos que tinha dúvidas, voltava, assistia o vídeo e conseguia realizar as atividades.”*

Nota-se que os alunos tiveram facilidades graças ao material produzido, não só na utilização do software e a realização dos experimentos, mas também na hora de analisá-los e nos conceitos físicos envolvidos em cada um deles.

Quanto a possibilidade de utilização do software nas aulas, de forma geral os alunos afirmaram que gostariam sim de aplicá-lo em sala de aula e foram de encontro às afirmações abaixo:

*“Quero usar o Tracker, só preciso ver como encaixar na minha realidade, no meu método de aula pois vejo a ferramenta muito importante.”*

*“Pretendo usar, vamos vendo conforme vão indo as aulas para ver quando posso usar.”*

Porém, entre alguns participantes que já atuam como docentes, um comentário foi recorrente:

*“Muitos dos alunos da minha realidade não possuem celular.”*

Alguns participantes relataram não possuir estrutura física adequada nas escolas, como um laboratório de informática, e que boa parte de seus alunos não possuíam celulares, dificultando a aplicação. Contudo, estes mesmos comentaram afirmando que tentariam encaixar a ferramenta de alguma forma, como pode-se ver no comentário exposto e em outros já citados.

*“Pretendo ver ainda como utilizar com meus alunos.”*

Esta afirmação de tentativa de aplicação da videoanálise e da utilização do software, mesmo em condições de maiores dificuldades, mostra um grande interesse dos participantes da oficina em aplicar com seus alunos.

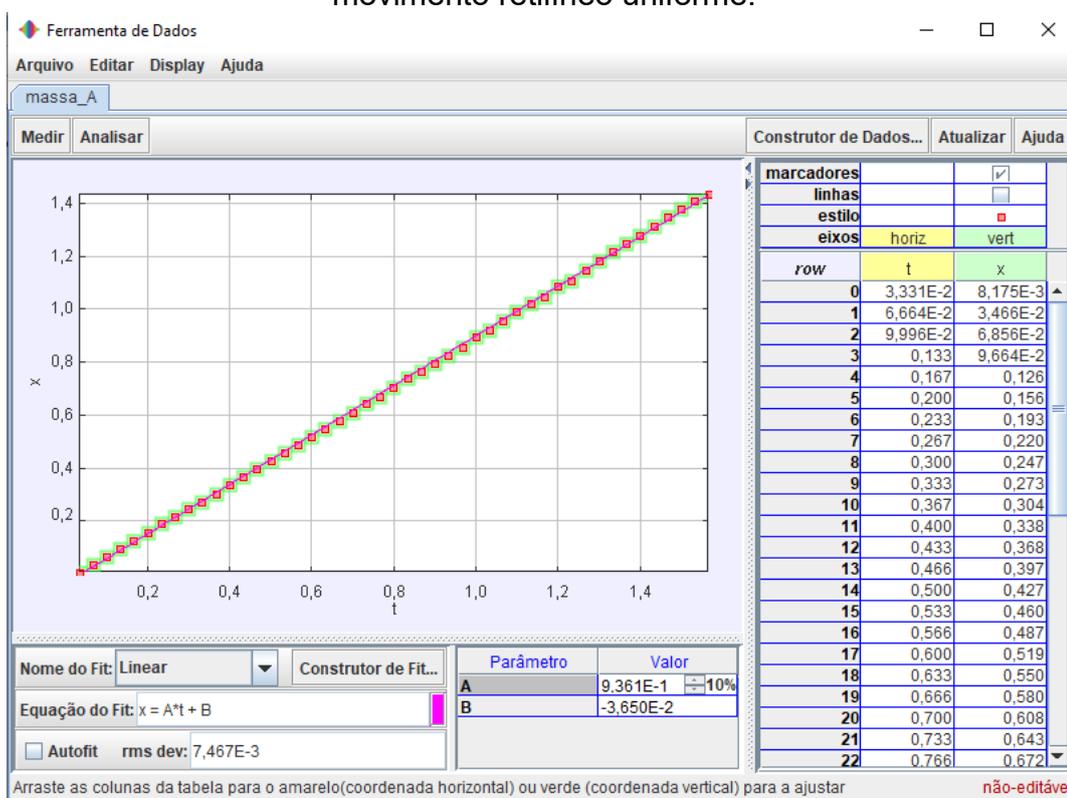
### **5.3 Atividades entregue pelos alunos aos fim de cada encontro**

Ao fim de cada um dos cinco primeiros encontros foi solicitado para que os alunos entregassem um relatório das atividades realizadas no respectivo encontro. Nestas atividades foram realizado o experimento, a análise das práticas experimentais e a interpretação dos resultados.

Ao fim do primeiro encontro, com um vídeo previamente disponibilizado, os participantes analisaram uma situação de movimento retilíneo uniforme e aferiram a posição inicial e a velocidade do corpo a partir da Equação (11).

Um dos alunos, ao realizar a análise, obteve por meio dos dados coletados o gráfico de posição em função do tempo apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Gráfico dos dados experimentais da posição em função do tempo no movimento retilíneo uniforme.



Fonte: Respostas enviadas pelos alunos e organizadas pelo autor (2022).

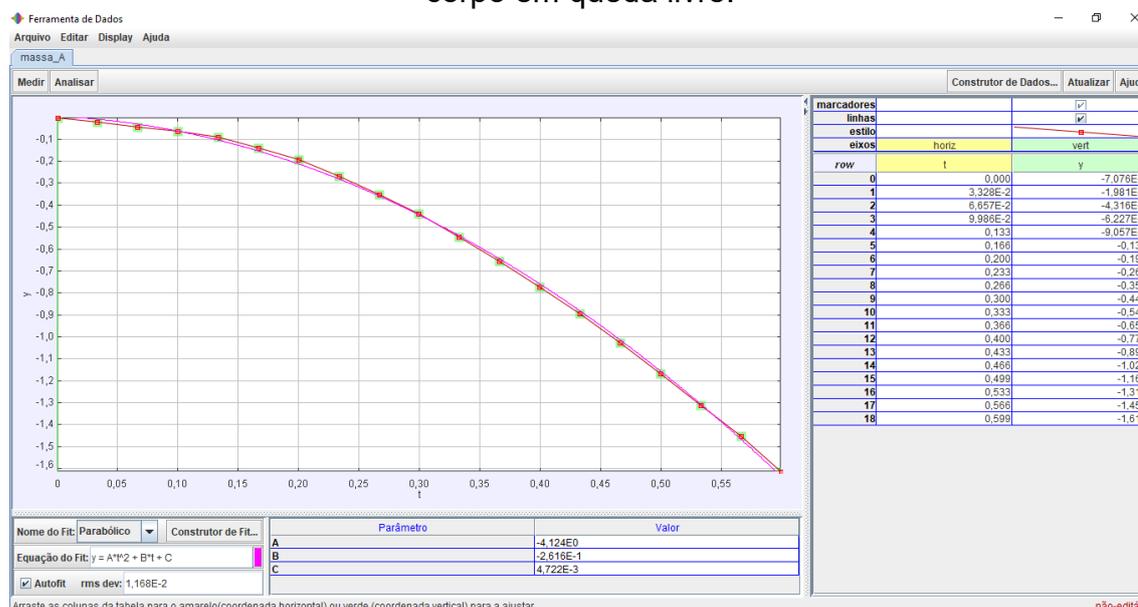
Através do gráfico e da sua análise, o participante chegou a seguinte relação: “Podemos observar que o parâmetro,  $B = x_0 = -3,650 \times 10^{-2} m \approx 3,65 \text{ cm}$ . Como esperado, o valor do parâmetro  $B$  é próximo de zero, pois o movimento partiu próximo da origem). A velocidade do objeto é  $v = A = 9,361 \times 10^{-1} \frac{m}{s} = 0,9361 \frac{m}{s} \approx 93,6 \frac{cm}{s}$ .”

Observou-se que os pontos marcados coincidiam com o esperado, assim como o resultado obtido para a velocidade do objeto, uma vez que o vídeo do experimento foi fornecido a eles.

No segundo encontro, a proposta experimental foi relacionada ao movimento uniformemente acelerado. Os participantes realizaram a prática experimental da queda livre de um corpo, gravaram e analisaram o movimento utilizando o Tracker. Através da análise aferiram um valor experimental para a aceleração gravitacional utilizando da Equação (23) e relacionaram ao resultado teórico esperado.

Em uma das análises, um dos participantes chegou nos pontos experimentais apresentados na Figura 14.

Figura 14 - Gráfico dos dados experimentais da posição em função do tempo de um corpo em queda livre.



Fonte: Respostas enviadas pelos alunos e organizadas pelo autor (2022).

Ao solicitar para que o participante identificasse as grandezas física (posição inicial  $y_0$ , velocidade inicial  $v_0$  e aceleração da gravidade  $g$ ) obtidas do ajuste teórico, a relação encontrada foi:

“Parâmetro  $C = y_0 = 4,722 \times 10^{-2} m = 0,04722 m \approx -4,7 cm$ .

Parâmetro  $B = v_0 = -2,616 \times 10^{-1} \frac{m}{s} = -0,2606 m/s$ .

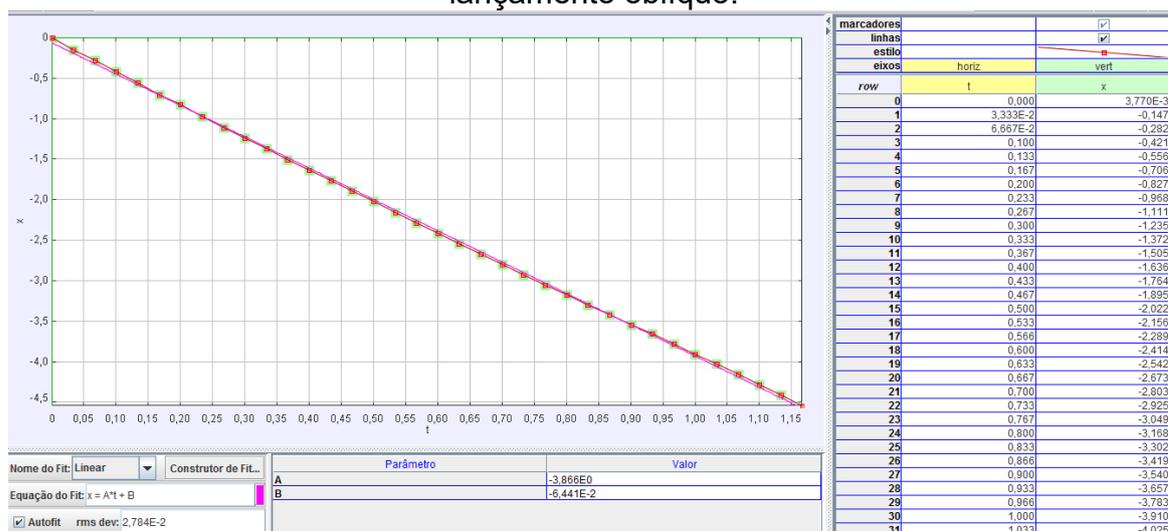
O parâmetro  $A = -\frac{1}{2}g$ . Logo,  $g = -2A = -2 \times (-4,124) \approx 8,248 m/s^2$ , com um desvio percentual de aproximadamente 15% do valor esperado para a aceleração da gravidade ( $g = 9,8 m/s^2$ ).”

Podemos observar o comportamento parabólico da curva da posição em função do tempo, característico de um movimento com aceleração constante. O valor experimental encontrado para a aceleração da gravidade desviou-se do valor esperado, podendo ter sido gerado por erros na medida do bastão de calibração.

No terceiro encontro, a proposta experimental tratou de um experimento de movimento bidimensional, o lançamento oblíquo. Os participantes realizaram o lançamento de um corpo, gravaram e analisaram o movimento tanto do eixo horizontal (velocidade constante) como do eixo vertical (aferindo um valor experimental para a aceleração da gravidade).

Um dos participantes, ao analisar o movimento ao longo do eixo horizontal, encontrou os resultados apresentados na Figura 15. Ao dissertar sobre os valores encontrados afirmou: “No eixo  $x$  temos que o valor de  $A$  é a velocidade  $3,866 \text{ m/s}$  e o valor de  $B$  corresponde a posição inicial sendo  $6,441 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ”.

Figura 15 - Gráfico da posição (horizontal) em função do tempo de um corpo em lançamento oblíquo.

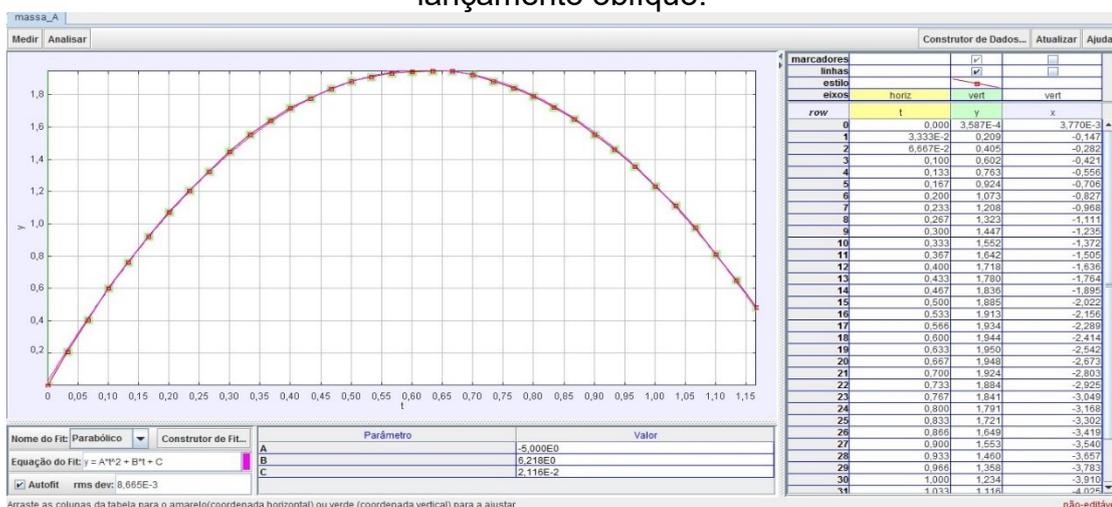


Fonte: Respostas enviadas pelos alunos e organizadas pelo autor (2022).

Ao analisar o movimento ao longo do eixo vertical, encontrou os resultados apresentados na Figura 16. Através do gráfico e dos resultados obtidos, sua análise foi a seguinte: “No eixo  $y$  temos  $A$  para aceleração  $5 \text{ m/s}^2$ , como na equação esse valor corresponde a metade, portanto multiplicando por 2,  $a = 10 \text{ m/s}^2$ , o valor esperado para aceleração da gravidade ( $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ). O valor encontrado de  $B$  corresponde a velocidade inicial de  $6,218 \text{ m/s}$ , e o valor encontrado em  $C$  corresponde a posição inicial  $S_0 = 2,116 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ .”

Pode-se observar que os gráficos coincidem com o esperado teoricamente para o movimento analisado, no eixo horizontal um movimento uniforme e no eixo vertical um movimento uniformemente variado. O valor experimental obtido para a aceleração da gravidade obtido está de acordo com o valor esperado teoricamente.

Figura 16 - Gráfico da posição (vertical) em função do tempo de um corpo em lançamento oblíquo.

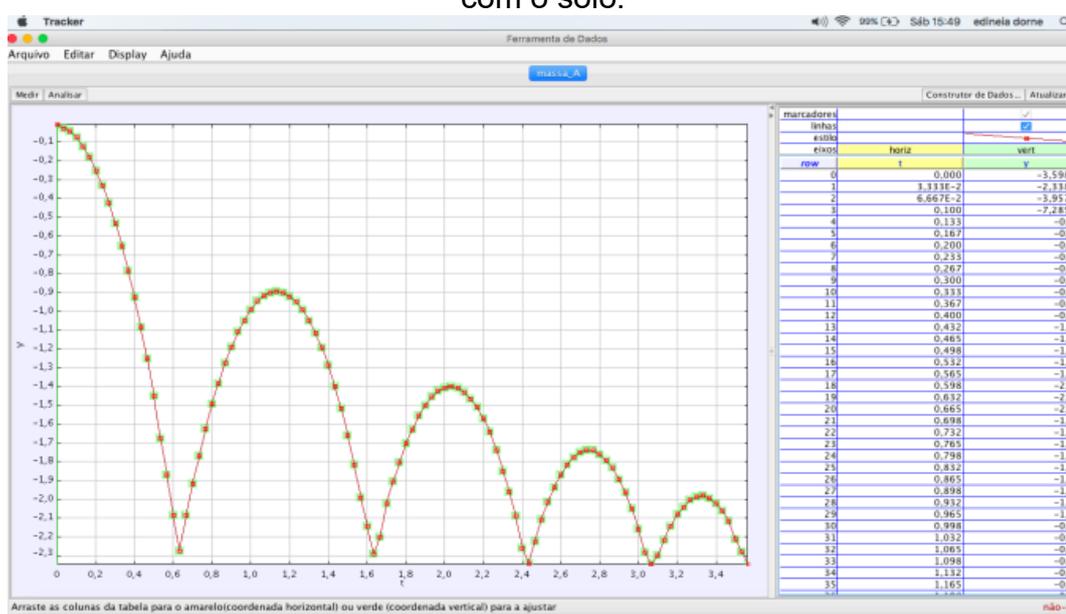


Fonte: Respostas enviadas pelos alunos e organizadas pelo autor (2022).

No quarto encontro trabalhou-se as colisões, como atividade os participantes realizaram a análise do movimento de um objeto, por exemplo uma bola, colidindo várias vezes no chão após uma queda. Após realizar a gravação do experimento, foi analisado os gráficos da posição e da velocidade em função do tempo. Também foi calculado o coeficiente de restituição após cada colisão com o chão.

Um dos participantes, após a realização da prática e coleta dos dados, obteve o resultado apresentado no gráfico da Figura 17.

Figura 17 - Dados experimentais da posição em função tempo de um corpo colidindo com o solo.

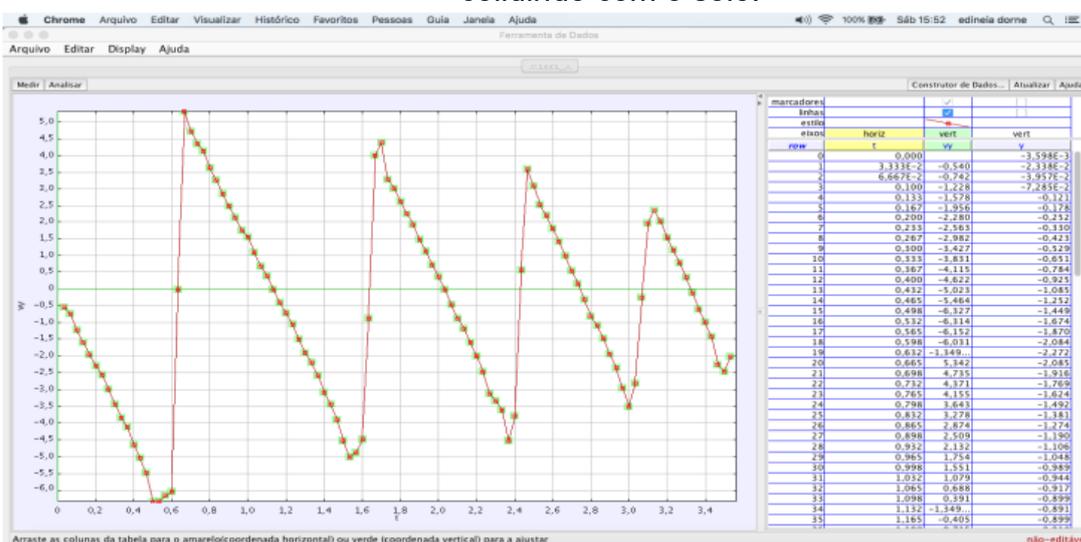


Fonte: Respostas enviadas pelos alunos e organizadas pelo autor (2022).

Sua análise quanto ao resultado obtido foi: “Ao analisar o eixo que o nosso objeto está se movimentando o eixo y, percebemos que são formadas várias parábolas isso se dá pelo movimento acelerado. No qual a bola está sendo acelerada pela gravidade, assim tendo o gráfico da posição ao longo do tempo é característico de parábolas. Analisando as várias parábolas, podemos analisar os pontos máximo em cada uma delas.”

Quanto ao gráfico da velocidade em função do tempo, o resultado obtido é apresentado na Figura 18. A análise feita pelo participante através do resultado obtido foi: “No gráfico da velocidade ao longo do tempo, sendo o componente y da velocidade, onde podemos analisar alguns saltos, isso acontece porque quando a bola colide com o chão ela altera a direção do movimento, percebendo assim que na decida ele está se movimentando no sentido negativo do eixo y e na colisão ele se altera de forma rápida o sentido do deslocamento para um sentido positivo no eixo y, permitindo assim que observamos os saltos que ocorreram no gráfico da velocidade ao longo do tempo. Assim notamos que a bola é um corpo muito pequeno colidindo com a Terra.”

Figura 18 - Dados experimentais da velocidade ao longo do tempo de um corpo colidindo com o solo.



Fonte: Respostas enviadas pelos alunos e organizadas pelo autor (2022).

Os resultados aferidos e a análise feita pelo participante quanto ao coeficiente de restituição para as colisões foram: “Ao fazer a coleta de dados através da realização do experimento de colisão, para determinarmos os coeficientes de colisão (e) utilizamos as velocidades: depois da colisão (V) e antes da colisão (u). Na fórmula

os valores da velocidade estão em módulos.  $e = (\text{Módulo de } V) / (\text{Módulo de } u)$ . Os valores encontrados para os coeficientes de restituição da colisão são os seguintes:

Na primeira colisão:  $e (1) = (\text{Módulo de } 5,342) / (\text{Módulo de } -6,327) = 0,8443$ .

Na segunda colisão:  $e (2) = (\text{Módulo de } 4,228) / (\text{Módulo de } -4,992) = 0,8469$ .

Na terceira colisão  $e (3) = (\text{Módulo de } 3,811) / (\text{Módulo de } -4,52) = 0,8431$ .

Na quarta colisão:  $e (4) = (\text{Módulo de } 2,561) / (\text{Módulo de } -3,308) = 0,7741$ .

Percebemos que foram encontrados valores próximos, o ideal seria encontrar valores iguais. Mas podemos determinar o valor médio do coeficiente de restituição da colisão que seria a soma dos 4 valores / por 4 = 0,8271. Assim encontrei um valor bem satisfatório em relação aos valores do coeficiente de restituição da colisão.”

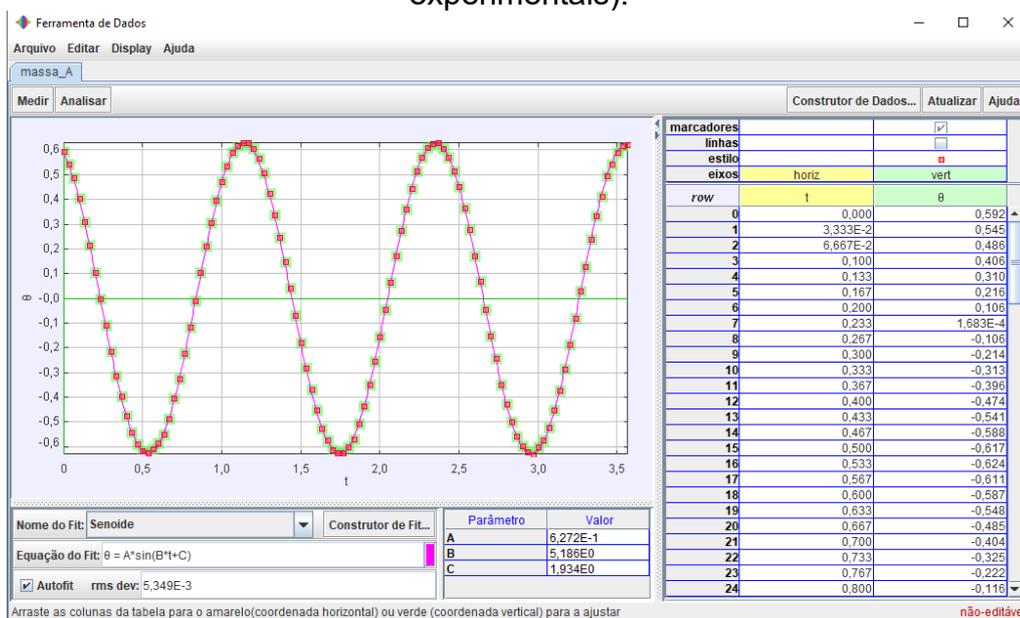
Quanto a análise realizada sobre a conservação da energia do objeto e a classificação da colisão, a afirmação feita pelo participante foi: “A energia cinética é a energia associada ao movimento dos corpos. Percebi que no experimento tivemos uma diminuição da velocidade ao longo do tempo percebendo assim que a Energia Cinética é diretamente proporcional a velocidade ela também diminui nas colisões. O tipo de colisão ocorrida na realização do experimento foi a inelástica. Que também podemos observar através dos valores encontrados no coeficiente de restituição da colisão, quando temos esses valores compreendidos em  $0 \leq e < 1$  temos a Colisão inelástica. Uma colisão inelástica é uma colisão em que há uma perda de energia cinética. Enquanto a quantidade de movimento do sistema é conservada em uma colisão inelástica, a energia cinética não é. Isto acontece porque alguma energia cinética foi transferida para outra coisa.”

Observasse que os gráficos construídos descrevem de forma satisfatória o fenômeno físico estudado, e os coeficientes de restituição encontrados estão ligeiramente próximos.

No quinto encontro a proposta experimental foi relacionada ao movimento harmônico simples, no qual os participantes realizaram a prática do pêndulo simples, analisaram os gráficos da posição angular em função do tempo, aferiram um valor experimental para amplitude da oscilação, frequência angular e a constante de fase do movimento ao comparar os resultados aferidos à Equação (41) e explicar teoricamente o que representa cada uma destas grandezas. Além disso, por meio da Equação (42), foi obtido o resultado experimental para a aceleração da gravidade.

A Figura 19 apresenta o resultado obtido por um dos participantes, que fez a seguinte observação: “O movimento observado da posição angular em função do tempo é Senoidal”. Quando aos valores para amplitude de oscilação, frequência angular e constante de fase do movimento, juntamente com a explicação do que indica cada uma destas grandezas, o participante afirmou: “Sendo  $A$  a amplitude,  $B$  a frequência angular e fase o  $C$ , temos os seguintes valores:  $A = 6,272 \cdot 10^{-1} \text{ rad}$ ,  $\omega = 5,186 \text{ rad/s}$ ,  $\phi = 1,934 \text{ rad}$ ”. Observa-se que o comportamento oscilatório é facilmente observado neste experimento com a utilização de videoanálise. Além disso, é possível utilizar o software para realizar os ajustes teóricos das curvas e observar a característica de cada um dos parâmetros.

Figura 19 - Posição angular de um pêndulo ao longo do tempo (dados experimentais).



Fonte: Respostas enviadas pelos alunos e organizadas pelo autor (2022).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi idealizado com o objetivo de elaborar uma coletânea de vídeos sobre a utilização da videoanálise para o ensino do conteúdo de mecânica na Educação Básica, a aplicação da coletânea de vídeos no formato de uma oficina para docentes e estudantes de licenciatura e a análise da aplicação do material no ensino de Física. A coletânea é composta por onze vídeos explicativos com apresentação de uma forma direta, visual e didática, a utilização da videoanálise, por meio do software Tracker, para a coleta e análise dos dados experimentais. A coletânea de vídeos elaborada e utilizada na oficina foi disponibilizada em um canal específico em plataforma de vídeos para que assim seja alcançado um maior número de docentes interessados no recurso.

A videoanálise e a aplicação do software Tracker nos âmbitos educacionais se mostrou como uma importante ferramenta com potencial de auxiliar os alunos no processo de uma aprendizagem significativa de Física, possibilitando que estes interajam com situações do cotidiano, realmente vividas por eles, e não apenas situações idealizadas em laboratório. Permitindo uma aprendizagem significativa, uma vez que para executar as atividades propostas o aluno terá que assumir papel principal na realização das atividades e o professor a função de mediar e orientar os estudantes.

Visto que as práticas experimentais são inerentes ao ensino de Física, é importante que se tenha ferramentas facilitadoras ajudando na aplicação destas atividades e permitindo aos docentes executá-las um maior número de vezes e com diferentes propósitos, e a videoanálise, junto com o Tracker, mostrou potencial para exercer esta função. Não obstante, se apresentou também com papel facilitador da própria realização das atividades experimentais, tornando mais acessível uma vez que demanda de poucos recursos e estes comumente presentes no cotidiano dos alunos e das escolas.

Pode-se notar a aceitação dos participantes quanto a utilização do Tracker em sala de aula, as afirmações positivas dadas por eles remetem a isso. Mesmo aqueles no qual sua realidade de trabalho dificultaria a aplicação desta ferramenta, devido à falta de recursos tecnológicos, observa-se um empenho dos participantes em pensar e recorrer a recursos para suprir essas dificuldades e assim conseguir aplicá-lo.

Quanto aos vídeos instrucionais produzidos, mesmo os alunos, em maioria, relatando no questionário que não tiveram dificuldades nas realizações das análises através do software, vários comentaram que por vezes recorreram aos vídeos para os auxiliarem. Isto mostra que surgiu a dificuldade, mas foram sanadas por meio do material produzido. Além disso, os comentários positivos relacionados aos vídeos produzidos mostraram que o material possui o potencial de auxiliar docentes no uso da videoanálise no ensino de Física.

Este não é o primeiro trabalho que busca ensinar os docentes como utilizar o software Tracker, porém os trabalhos acadêmicos publicados que buscam este propósito, convencionalmente se apresentam na forma escrita, através de livros, artigos e monografias. Buscou-se apresentar o conteúdo de uma forma ilustrada, exemplificada através de vídeos, no qual os interessados em aprender teriam o passo a passo e poderiam acompanhar junto aos vídeos todos os procedimentos, tornando mais acessível e fácil, principalmente àqueles que possuem maiores dificuldades com a utilização das ferramentas tecnológicas.

## REFERÊNCIAS

- Alves, V. F. **A inserção de atividades experimentais no ensino de física em nível médio**: em busca de melhores resultados de aprendizagem. 2006. 133f. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- Aráujo, M. S. T; Abib, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.25, n.2, 2003.
- Ausubel, D.P; Novak, J.D; Hanesian, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- Brasil, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**; Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2000.
- Campos, M. C. C; Nigro, R. G. **Didática de ciências**: o ensino-aprendizagem como investigação. São Paulo: FTD, 1999.
- Carvalho, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.18, v.3, 2018.
- Cavalcante, M.A.; Bonizzia, A.; Gomes, L.C.P. Aquisição de dados em laboratórios de física: um método simples, fácil e de baixo custo para experimentos em mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, 2501, 2008.
- Day, C. A Liderança e o impacto do Desenvolvimento Profissional Contínuo de professores, in J.C. Morgado e M.I. Reis (Org.) **Formação e Desenvolvimento Profissional Docente**: Perspectivas Europeia: Universidade do Minho, Cadernos CIED, 2007.
- Day, C. **Desenvolvimento profissional de professores**. Os desafios da aprendizagem permanente. Porto: Porto Editora, 2001.
- Dewey, John. **Vida e educação**. São Paulo: Melhoramentos, 1967.
- Dorneles, P. F. T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral**. 2010. 367 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- Flores, M. A. Discursos do profissionalismo docente paradoxos e alternativas conceituais. **Revista Brasileira de Educação**, V.19, n. 59, 2014.
- Garcia, C. M. Desenvolvimento Profissional: passado e futuro. **Sísifo – Revista das Ciências da Educação**, n. 08, p. 7-22, 2009.
- Garcia, C. M. **Formação de professores**. Para uma mudança educativa. Porto: Porto Editora, 1999.

Haag, R.; Araújo, I. S.; Veit, E. A. Por que e como introduzir aquisição automática de dados no laboratório didático de Física? **Física na escola**. v. 6, n.1, p. 69-74, 2005

Halliday, D; Resnick, R; Walker, J. **Fundamentos de Física**, volume 1: Mecânica. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Halliday, D; Resnick, R; Walker, J. **Fundamentos de Física**, volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica, 10ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

Heideman, C. **Introduction to staff development**. London: Falmer Press, 1990.

Herdeiro, R.; Silva, A. M. Práticas reflexivas: uma estratégia de desenvolvimento profissional dos docentes. In **ANAIS (Actas)** do IV Colóquio Luso-Brasileiro, VIII Colóquio sobre Questões Curriculares: Currículo, Teorias, Métodos. Brasil: Universidade de Santa Catarina – Florianópolis. 2008.

Iberss, P.; Alves, M. F. S. Experimentos no Ensino de Física: Uma proposta de metodologia de análise das atividades experimentais dos livros do PNLD. **Arquivos do Mudi**, v. 24, n. 3, p. 277-293, 2020.

Jesus, V. L. B. **Experimentos e Videoanálise**. Dinâmica. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

Leitão, L. I.; Teixeira, P. F. D.; Rocha, F. S. A vídeo-análise como recurso voltado ao ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, v. 6, n. 1, p. 18-32, 2011.

Lenz, J. A.; Filho, N. C. S.; Bezerra Jr., A. G. Utilização de TIC para o estudo do movimento: alguns experimentos didáticos com o software Tracker -. **Abakós**, v. 2, n. 2, p. 24-34, 2014.

Martinazzo, C. A.; Trentin, D. S.; Ferrari, D. Arduino: Uma tecnologia no ensino de Física. **Perspectiva**, v. 38, n. 143, p. 21-30, 2014.

Moreira, M. A. A Teoria de Ausubel. In: **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Editora UnB, 1999.

Moreira, M. A. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 2011.

Moreira, M. A. ¿Al final qué es aprendizaje significativo? **Revista Qurriculum**, La Laguna, 25: 29-56, 2012.

Neto, J. T. C; Apolinário, F. R.; Soares, A. A. Sistema photogate de seis canais analógicos para laboratórios didáticos de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 1, 1504, 2018.

Nóvoa, A. S. Firmar a posição como professor, afirmar a profissão docente. **Cadernos de Pesquisa**, v. 47, n. 166, p. 1106-1133, 2017.

Nóvoa, A. S. **Profissão professor**. Porto: Porto, 1992.

Oliveira, Fábio Anastácio. **Uso e divulgação do software livre Tracker em aulas de Física do Ensino Médio**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2014.

Pereira, M. V.; Moreira, M. C. A. Atividades prático-experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 265-277, 2017.

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

Rocha, F. S.; Guadagnini, P. H. Sensor sonar de movimento para ensino de Física experimental. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 4, n. 2, p. 7, 2010.

Roldão, M. C. **Gestão curricular** – fundamentos e práticas. Lisboa: ME-DEB, 1999.

Serway, R. A.; Jewett, J. Jr. **Princípios de Física: Movimento Ondulatório e Termodinâmica**. 3ª ed. v. 2, São Paulo: Cengage Learning, 2011.

Terigi, F. **Desarrollo profesional continuo y carrera docente em América Latina**. Santiago de Chile: PREAL, 2007.

Vaillant, D.; Garcia, C. M. **Ensinando a ensinar: as quatro etapas de uma aprendizagem**. Curitiba: Ed. UTFPR, 2012.

Vieira, L. P; Aguiar, C. E. **Mecânica com o acelerômetro de smartphones e tables**. Física na Escola, v. 14, n. 1, p. 8-14, 2016.

Zômpero, A. F; Laburú, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa e Educação em Ciências**, v.13, n.3, 2011.

## **APÊNDICE A – Produto Educacional**



## PRODUTO EDUCACIONAL

### VIDEOANÁLISE NO ENSINO DE MECÂNICA: COLETÂNEA DE VÍDEOS PARA FORMAÇÃO DOCENTE CONTINUADA

**Video analysis in mechanics education: Collection of videos continuing teacher education**

Patrick Iberss

Produto Educacional vinculado à Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo V. B. Lukasievicz

**MEDIANEIRA  
2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

## SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO</b>	<b>65</b>
<b>2 COLETÂNEA DE VÍDEOS</b>	<b>67</b>
2.1 Vídeo 1: Download e Instalação do software Tracker	69
2.2 Vídeo 2: Cuidados com a filmagem da prática experimental	70
2.3 Vídeo 3: Movimento retilíneo uniforme	71
2.4 Vídeo 4: Experimento do plano inclinado	72
2.5 Vídeo 5: Queda livre dos corpos	73
2.6 Vídeo 6: Lançamento horizontal	74
2.7 Vídeo 7: Lançamento oblíquo	75
2.8 Vídeo 8: Colisão de corpos	76
2.9 Vídeo 9: Coeficiente de restituição	77
2.10 Vídeo 10: Pêndulo simples	78
2.11 Vídeo 11: Sistema massa-mola	79
<b>3 OFICINA DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS</b>	<b>80</b>
3.1 Síntese das aulas	80
3.2 Atividades aplicadas na oficina	81
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>88</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>89</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

São inúmeras as dificuldades encontradas no ensino de Física: abstração dos conteúdos, idealização dos fenômenos, o rigor matemático, entre outros. Por esse motivo, cabe ao profissional da educação, cada vez mais, conseguir atrair e gerar interesse nos alunos para o que se ensina e também trazer formas atuais de ensino que facilitem o processo de ensino aprendizagem.

Devido a estes desafios, diversas são as pesquisas no meio educacional visando a melhoria da educação. Dentre as várias existentes, vemos as práticas experimentais como um recurso de grande potencial para sanar parte das dificuldades encontradas pelos alunos. Ao pensar neste recurso, há um forte aliado que tende a potencializar as atividades experimentais, as tecnologias da informação e comunicação (TIC's). Estas, podem ser úteis na realização da coleta de dados, trazendo praticidade e qualidade ao experimento, e facilidade na análise e modelagem dos dados experimentais.

Dessa forma, é necessário apresentar essas ferramentas tecnológicas aos docentes, para que assim possam, se julgar apropriado, utilizar destes recursos em sala de aula para melhoria da sua forma de ensino, visando complementar e facilitar o processo de aprendizagem dos alunos.

Assim, pensou-se em apresentar aos docentes de uma forma direta, visual e didática, como utilizar uma entre tantas TIC's no auxílio das atividades experimentais. Propomos mostrar aos professores como utilizar a videoanálise, por meio do software Tracker, para a melhoria da coleta de dados e análise das práticas experimentais. Optou-se por esta ferramenta, pois não requer materiais de custo elevado e permite uma análise satisfatória de diversos experimentos relacionados à física do movimento de corpos.

Embora já existam trabalhos que apresentem o software Tracker e sua utilização no ensino de Física, estes dão as orientações de utilização da ferramenta através de textos, artigos científicos e trabalhos acadêmicos. Pensamos que o fato destes trabalhos estarem em textos possa desencorajar, devido à complexidade do processo, os professores a aprender a utilizar o software, principalmente aqueles que possuem pouca familiaridade e aptidão com a utilização de tecnologias.

A ideia inicial do produto educacional era aplicar a videoanálise no estudo do conteúdo de mecânica nas aulas de Física no Ensino Médio. No entanto, devido à

suspensão das aulas presenciais para o enfrentamento à pandemia do COVID-19, houve uma adaptação da ideia inicial e a aplicação do material desenvolvido foi realizada com professores atuando em sala de aula, discentes do MNPEF, e discentes de licenciatura em forma de oficina para estes dois grupos. Destacamos que todos os vídeos produzidos, assim como as atividades propostas na oficina, podem ser diretamente aplicados nas aulas de Física no Ensino Médio.

O presente produto educacional conta com uma coletânea de 11 vídeos explicativos sobre a utilização do software Tracker na análise de diversos experimentos de mecânica. Estes vídeos buscam atingir desde os professores que possuem dificuldades na utilização de tecnologias até os mais hábeis nesta área. Portanto, os vídeos contam com procedimentos detalhados para utilização do software.

Com o objetivo de atingir o máximo de professores possíveis e para que este conteúdo seja de fácil acesso, os vídeos foram disponibilizados na plataforma Youtube por meio de um canal denominado: TRACKER – Videoanálise no Ensino de Física<sup>16</sup>.

---

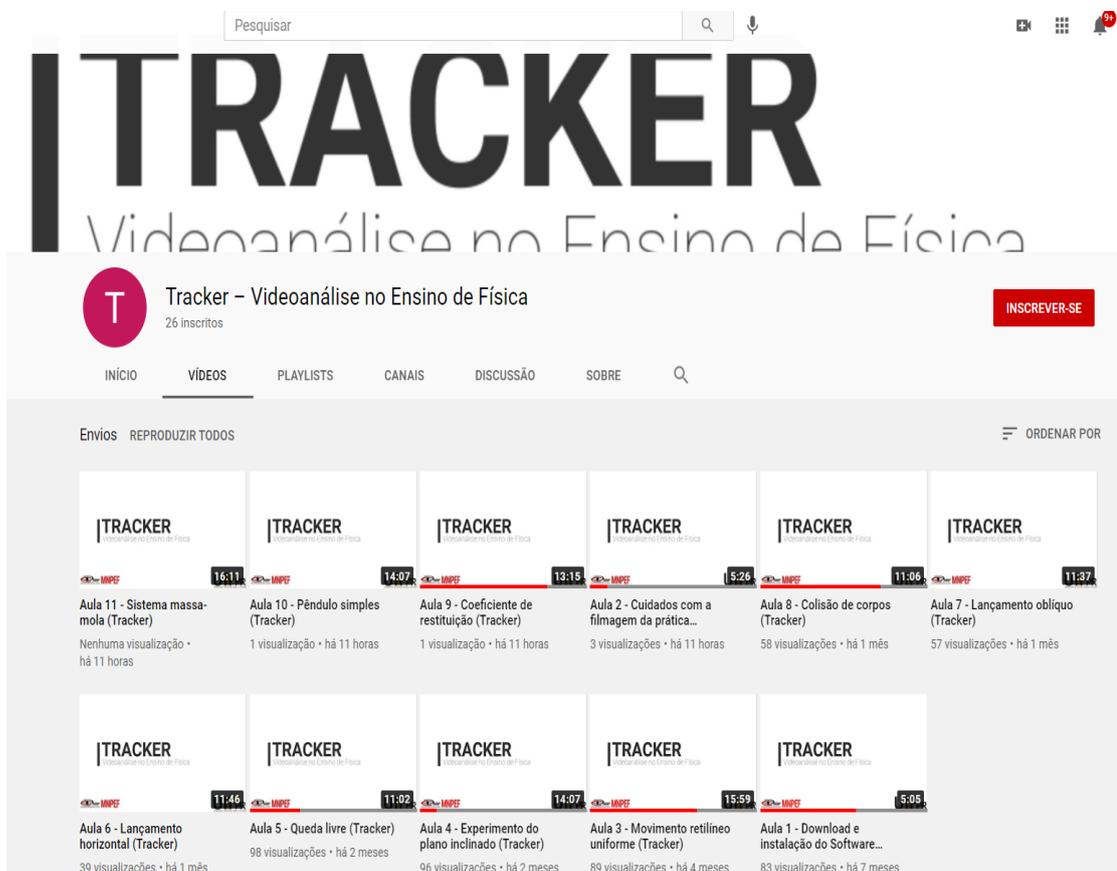
<sup>16</sup> [https://www.youtube.com/channel/UCd9bCDG9yq\\_2x9QpjCmKhQg/videos](https://www.youtube.com/channel/UCd9bCDG9yq_2x9QpjCmKhQg/videos)

## 2 COLETÂNEA DE VÍDEOS

A coletânea é composta de onze vídeos que tratam desde a realização do download e instalação do software Tracker, os cuidados com a filmagem das atividades experimentais que serão analisadas e como usufruir dos diversos recursos que esta ferramenta possui.

Dos onze vídeos propostos, nove destes abordam a utilização do Tracker em diferentes práticas experimentais de tópicos distintos da mecânica (movimento no plano horizontal, plano inclinado, queda livre dos corpos, lançamentos horizontal e oblíquo, colisão entre corpos, coeficiente de restituição, pêndulo simples e sistema massa-mola). Os vídeos apresentam a utilização de recursos da videoanálise através da aplicação direta nos experimentos, mostrando assim como utilizar o software e apontando dicas de práticas experimentais possíveis de serem realizadas em sala de aula. Na Figura 1 é apresentado a captura de tela do canal no Youtube criado para disponibilização dos vídeos instrucionais.

Figura 1 – Canal criado no Youtube para divulgação dos vídeos.



Fonte: Autoria própria (2022).

A seguir é apresentado uma lista dos vídeos produzidos:

- Aula 1 - Download e instalação do software Tracker<sup>17</sup>;
- Aula 2 - Cuidados com a filmagem da prática experimental<sup>18</sup>;
- Aula 3 - Movimento retilíneo uniforme (Tracker)<sup>19</sup>;
- Aula 4 - Experimento do plano inclinado (Tracker)<sup>20</sup>;
- Aula 5 - Queda livre (Tracker)<sup>21</sup>;
- Aula 6 - Lançamento horizontal (Tracker)<sup>22</sup>;
- Aula 7 - Lançamento oblíquo (Tracker)<sup>23</sup>;
- Aula 8 - Colisão de corpos (Tracker)<sup>24</sup>;
- Aula 9 - Coeficiente de restituição (Tracker)<sup>25</sup>;
- Aula 10 - Pêndulo simples (Tracker)<sup>26</sup>;
- Aula 11 - Sistema massa-mola (Tracker)<sup>27</sup>.

---

<sup>17</sup> <https://youtu.be/EyYwLpjh5i4>

<sup>18</sup> [https://youtu.be/kPeJ8j\\_f6fU](https://youtu.be/kPeJ8j_f6fU)

<sup>19</sup> <https://youtu.be/TExHLDNH2eE>

<sup>20</sup> <https://youtu.be/SD6pmGAATiM>

<sup>21</sup> <https://youtu.be/LWqhVPAiBnl>

<sup>22</sup> <https://youtu.be/y-oHdO97noU>

<sup>23</sup> <https://youtu.be/eC7AS8TDlyA>

<sup>24</sup> <https://youtu.be/HqLysaPFFFA>

<sup>25</sup> <https://youtu.be/QMBIFtanwg8>

<sup>26</sup> [https://youtu.be/jx\\_MnT2orpA](https://youtu.be/jx_MnT2orpA)

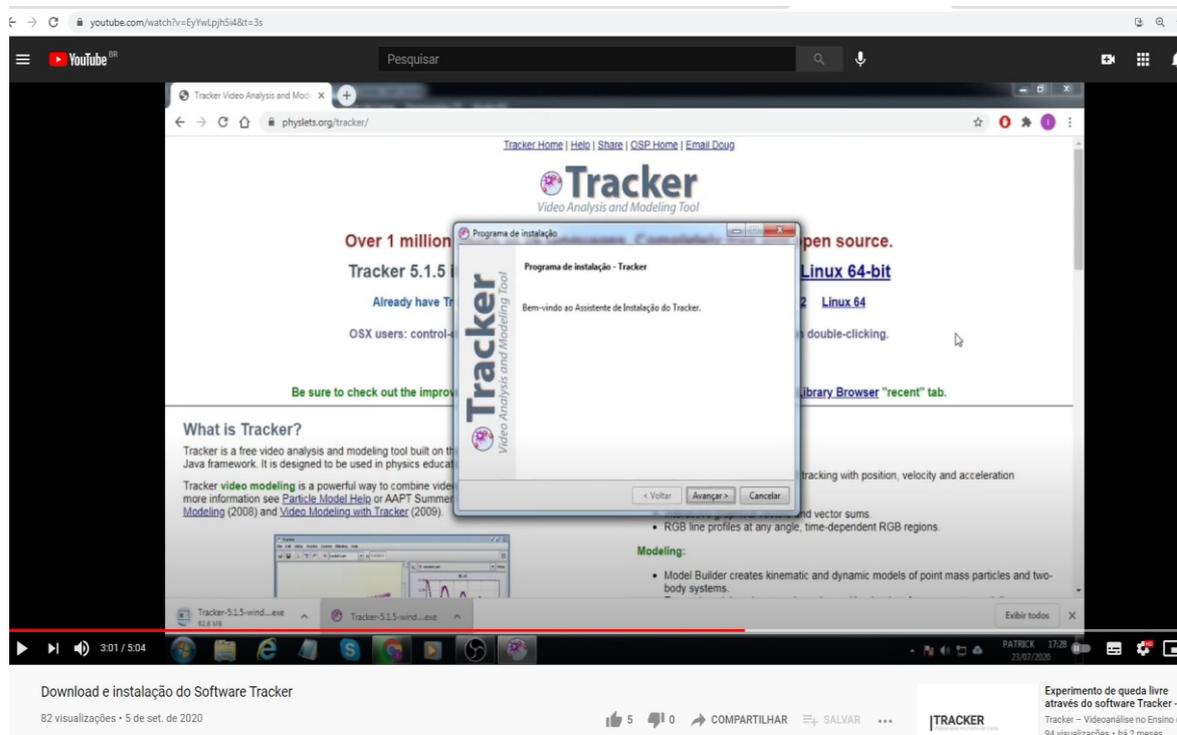
<sup>27</sup> [https://youtu.be/jCKZnH5\\_6TM](https://youtu.be/jCKZnH5_6TM)

## 2.1 Vídeo 1: Download e Instalação do software Tracker

O primeiro vídeo da série apresenta o site e o link a se clicar para realização do download do software Tracker. Mostra também como realizar a instalação do programa de forma segura e traz dicas de como adquirir novos conteúdos junto ao software.

O vídeo tem o intuito de ajudar, principalmente, os professores que possuem pouca familiaridade e/ou dificuldades com a utilização do computador. Logo, buscamos trazer no vídeo o passo a passo necessário para a instalação.

Figura 2 – Tela do vídeo 1: Download e instalação do software Tracker.



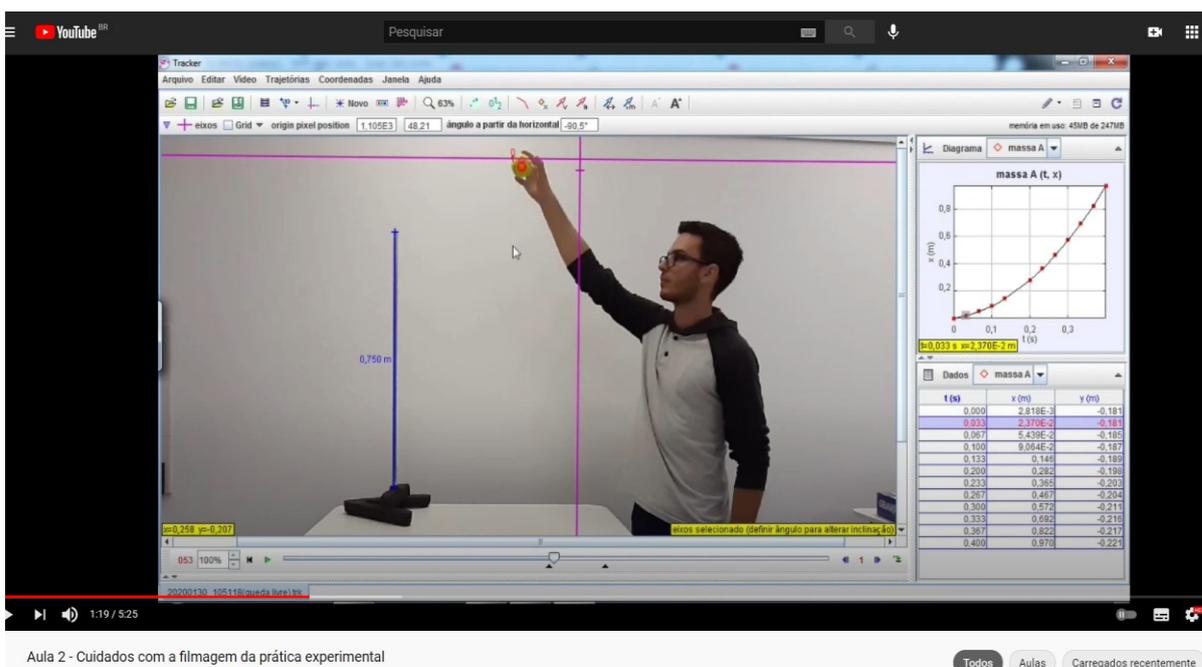
Fonte: Autoria própria (2022).

## 2.2 Vídeo 2: Cuidados com a filmagem da prática experimental

O segundo vídeo da coletânea aborda os cuidados básicos e gerais que devemos ter ao realizar a filmagem das práticas experimentais as quais serão analisadas no Tracker. O vídeo apresenta dicas de posicionamento da câmera, a necessidade desta em não estar em movimento, os cuidados com a luminosidade do ambiente e a necessidade de contraste entre as cores do objeto que será analisado e o plano de fundo da filmagem, entre outros.

Estas dicas são importantes, uma vez que, caso a filmagem do experimento não seja realizada de forma correta, os resultados experimentais aferidos podem ser afetados e a obtenção de dados pode ser dificultada.

Figura 3 – Tela do vídeo 2: Cuidados com a filmagem da prática experimental.



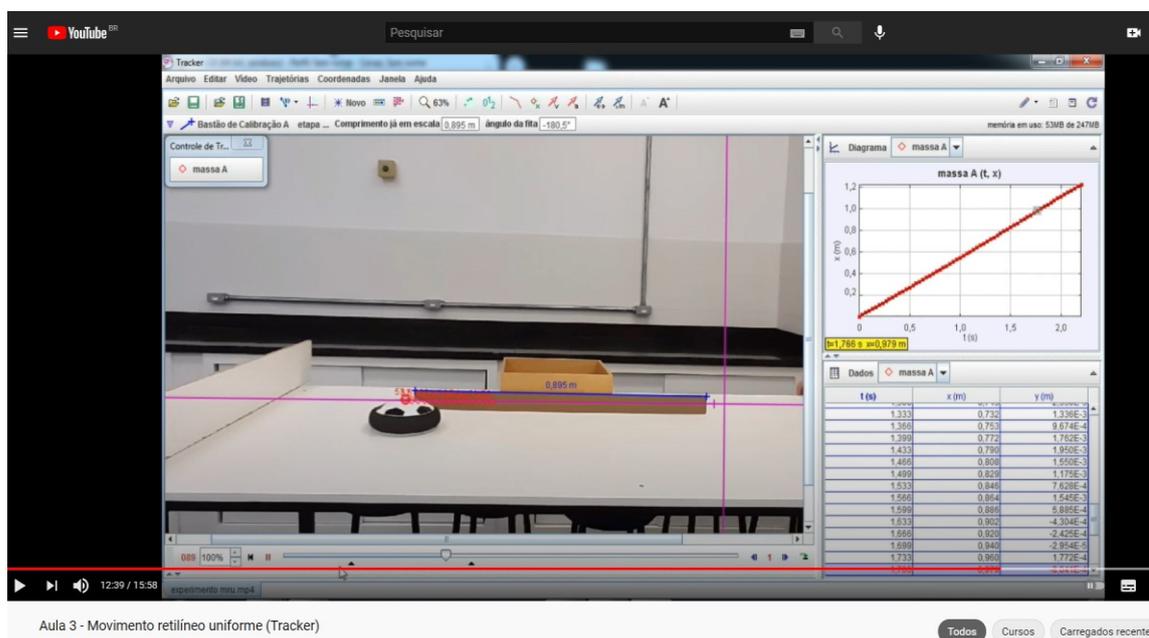
Fonte: Autoria própria (2022).

Neste vídeo é apresentado detalhes gerais necessários para as filmagens das práticas que serão analisadas por meio do Tracker, porém há experimentos que exigem cuidados particulares, e estes são tratados nos vídeos específicos de suas respectivas práticas.

### 2.3 Vídeo 3: Movimento retilíneo uniforme

A partir do vídeo 3 da coletânea, é apresentado experimentos específicos a serem analisados por meio do software Tracker e os diferentes recursos existentes. No vídeo 3 é apresentado como realizar a coleta de dados e a análise do movimento de um corpo deslizando com velocidade constante em uma superfície horizontal, descrevendo movimento retilíneo uniforme.

Figura 4 – Tela do vídeo 3: Análise do movimento retilíneo uniforme.



Fonte: Autoria própria (2022).

O procedimento da coleta de dados e análise do movimento é apresentado em detalhes. A partir do gráfico da posição do objeto em função do tempo é obtido a velocidade do móvel por meio de um ajuste linear.

Por se tratar do movimento retilíneo uniforme, o vídeo objetiva mostrar ao professor a facilidade de se aferir um valor experimental para a velocidade do corpo analisado a partir do software Tracker.

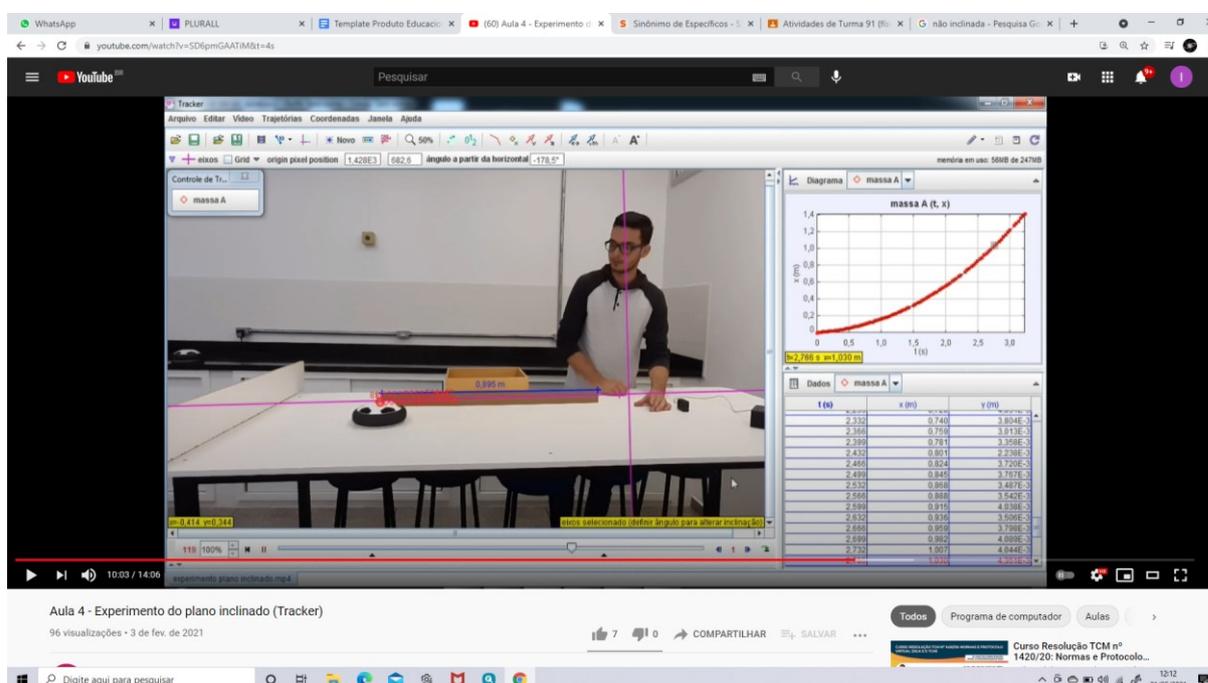
Além disso, é comentado os cuidados específicos ao filmar esta prática, como a necessidade de um corpo deslizando com o mínimo de atrito possível e sobre uma superfície plana. Caso contrário, não se obterá um movimento com velocidade constante.

## 2.4 Vídeo 4: Experimento do plano inclinado

O vídeo 4 apresenta a análise experimental do movimento de um corpo deslizando sobre uma superfície inclinada e sem atrito, descrevendo um movimento retilíneo uniformemente variado.

Através da prática do plano inclinado, foi mostrado como realizar a coleta de dados e a análise deste movimento utilizando o Tracker e evidenciado a facilidade com que estes procedimentos são realizados.

Figura 5 – Tela do vídeo 4: Análise do movimento uniformemente variado.



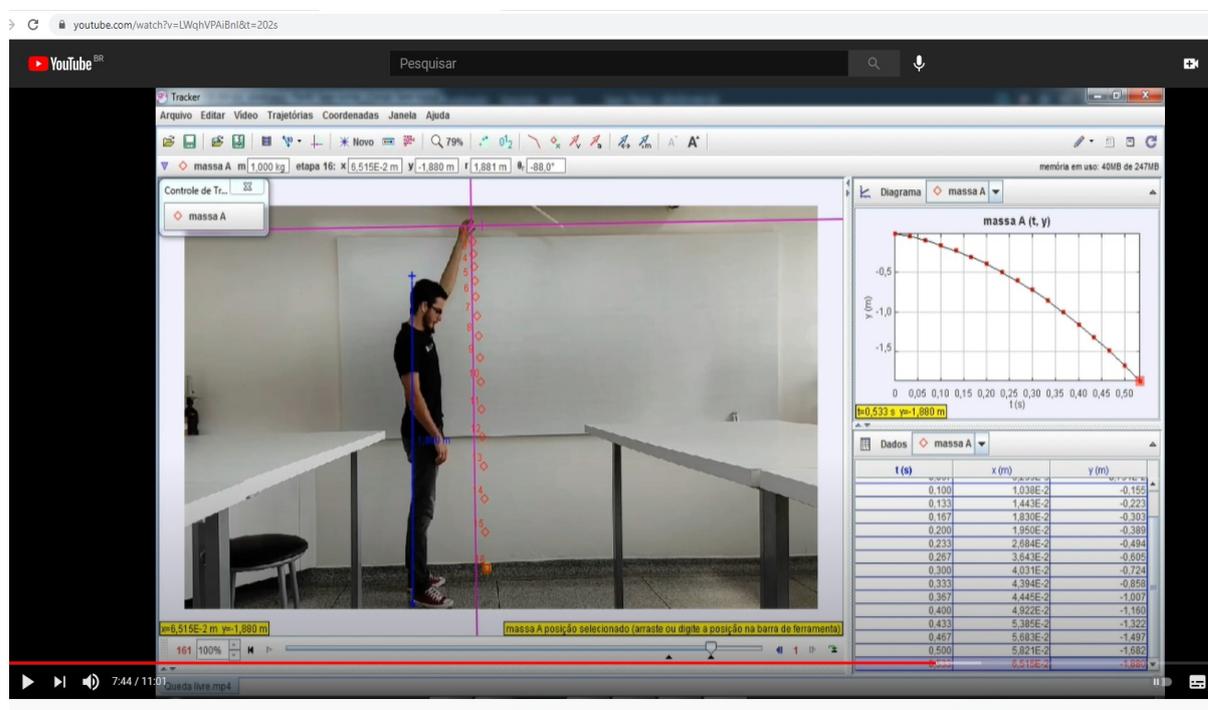
Fonte: Autoria própria (2022).

Por meio dos dados coletados e com o gráfico da posição em função do tempo construído no próprio software Tracker, foi mostrado como obter o valor da aceleração do corpo que desliza pelo plano inclinado. A aceleração é determinada através da comparação (ajuste) entre a equação horária da posição para corpos acelerados e o gráfico formado pelos pontos experimentais da posição em função do tempo coletados ao longo do vídeo. Além disso, é apresentado os cuidados necessários para realizar esta prática específica e sua filmagem e indicado como comparar o valor obtido para a aceleração com o valor esperado teoricamente, sendo que esta dependerá da inclinação do plano.

## 2.5 Vídeo 5: Queda livre dos corpos

No vídeo 5 é mostrado como realizar a análise do movimento de um corpo em queda livre. A dificuldade de se coletar muitos dados de forma manual utilizando um cronômetro é comentada, uma vez que, o intervalo de tempo para o corpo atingir o solo é relativamente curto. Porém, através da videoanálise e utilizando o software Tracker, é demonstrado como aferir dados da posição ao longo do tempo e determinar o valor da aceleração gravitacional por meio do ajuste da curva da posição em função do tempo.

Figura 6 – Tela do vídeo 5: Queda livre dos corpos.



Aula 5 - Queda livre (Tracker)

Fila

Fonte: Autoria própria (2022).

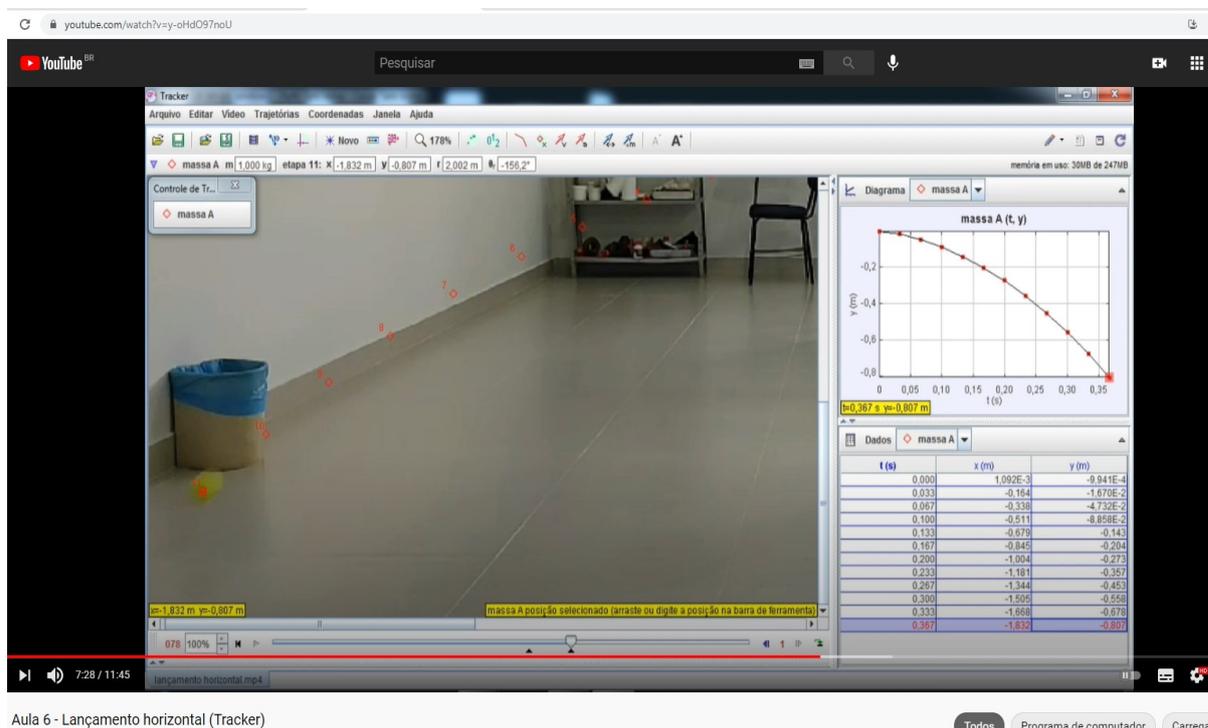
Também é evidenciado no vídeo, a proximidade entre o valor experimental aferido para a gravidade por meio do ajuste da curva e o valor teórico esperado, uma vez que tratamos de uma prática simples, sem materiais de alto custo, apenas um objeto sendo abandonado em queda livre.

## 2.6 Vídeo 6: Lançamento horizontal

Com objetivo de aprofundar o conhecimento e as possibilidades de análise de práticas experimentais utilizando o software Tracker, o vídeo 6 da coletânea busca, através de uma prática simples, mostrar a possibilidade de análise do movimento em duas dimensões. O experimento utilizado para esta demonstração foi o lançamento horizontal.

Por meio da videoanálise percebe-se que o movimento pode ser descrito como a composição de um movimento uniforme na direção horizontal (MRU) com um movimento uniformemente acelerado na direção vertical (MRUV). É apresentado como analisar os movimentos em duas direções distintas, eixos  $x$  e  $y$ . Assim, obter o valor da velocidade ao longo do eixo ao qual o movimento não é acelerado. No eixo em que ele sofre ação da gravidade, aferir o valor da aceleração da gravidade.

Figura 7 – Tela do vídeo 6: Lançamento horizontal.



Fonte: Autoria própria (2022).

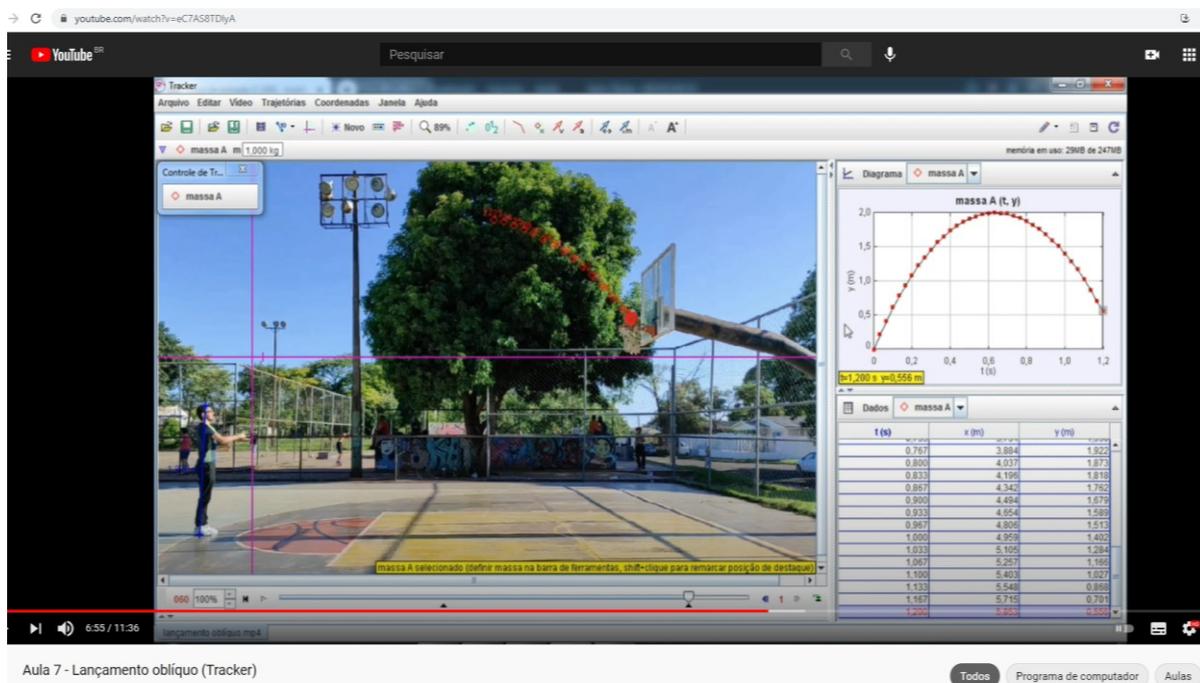
## 2.7 Vídeo 7: Lançamento oblíquo

Assim como o vídeo 6, este busca demonstrar a utilização do software Tracker para analisar um movimento de lançamento de projéteis. Embora tenha o mesmo objetivo de análise, o vídeo 7 apresenta uma outra proposta de experimento, um lançamento oblíquo.

Para este vídeo é realizado o lançamento de uma bola de basquete em direção ao aro. Esta escolha se deu para demonstrar uma situação simples e que possivelmente possa ser replicada pelos docentes com seus alunos sem muitas dificuldades.

Percebe-se que o movimento descrito pela bola pode ser descrito como a composição de um movimento uniforme na direção horizontal (MRU) com um movimento uniformemente acelerado na direção vertical (MRUV). Além disso, devido ao maior intervalo de tempo que ocorre o movimento, obtém-se uma elevada quantidade de pontos na descrição do movimento.

Figura 8 – Tela do vídeo 7: Lançamento oblíquo.



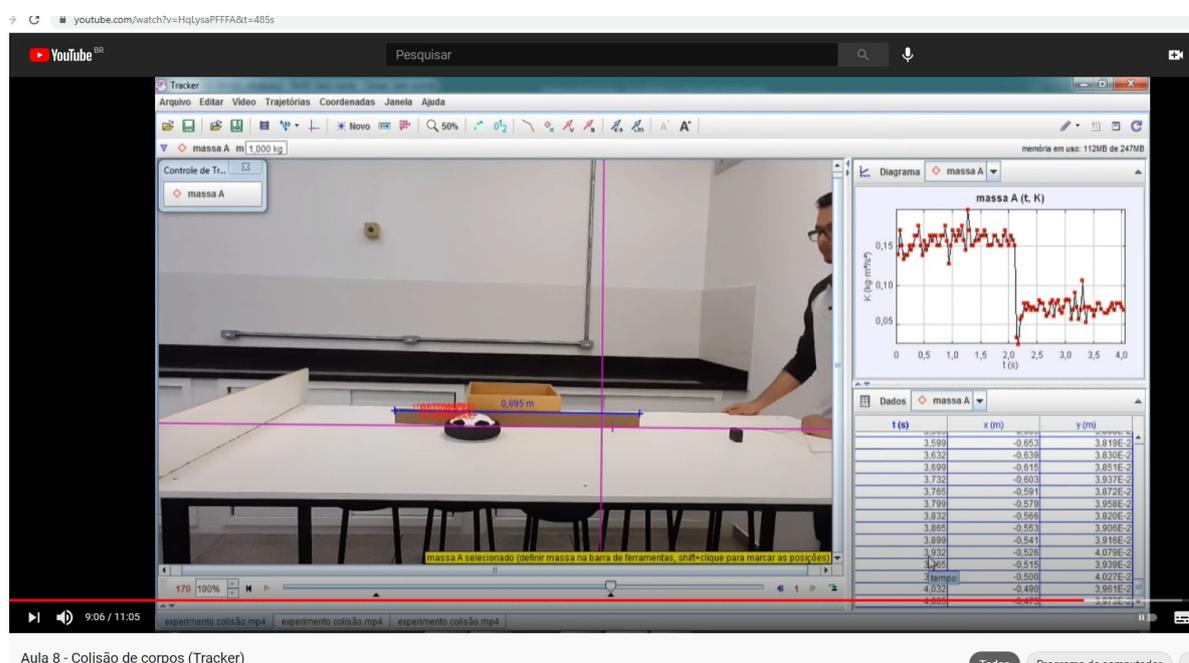
Fonte: Autoria própria (2022).

## 2.8 Vídeo 8: Colisão de corpos

No vídeo 8 é apresentado um experimento da colisão de um corpo contra um anteparo fixo, que é possível analisar a conservação, ou não, da energia cinética antes e após a colisão.

Através do Tracker, aferiu-se as velocidades antes e depois da colisão e conhecendo a massa do corpo, previamente medida, pode-se calcular o valor para a energia cinética nos dois momentos através dos dados experimentais encontrados.

Figura 9 – Tela do vídeo 8: Colisão de corpos.



Aula 8 - Colisão de corpos (Tracker)

Fonte: Autoria própria (2022).

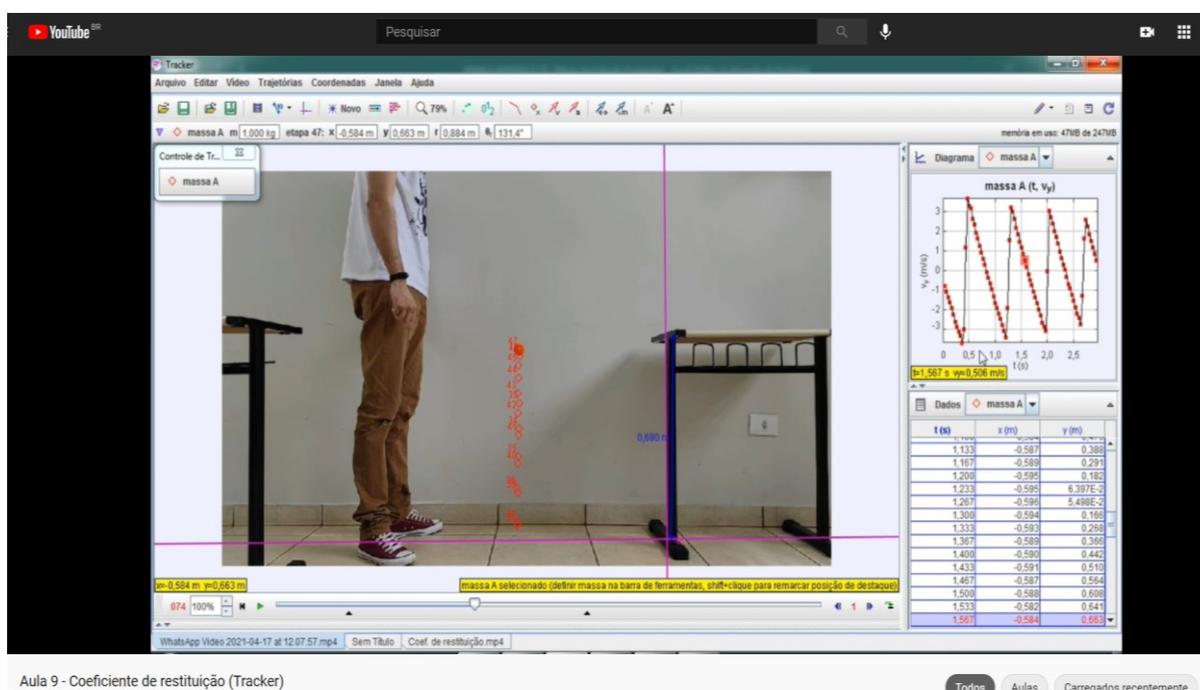
No vídeo, é mostrado essa possibilidade de cálculo da energia cinética, através da aferição das velocidades. Porém, é utilizado o gráfico da energia cinética do móvel ao longo do vídeo, gráfico este fornecido pelo Tracker, para verificar se houve variação da energia cinética antes e depois da colisão, e assim classificá-la como elástica, parcialmente elástica ou totalmente inelástica.

## 2.9 Vídeo 9: Coeficiente de restituição

No vídeo 9 é mostrado uma outra forma de analisar a colisão de um corpo. Neste buscou-se verificar em uma série de colisões de uma esfera com o chão, piso de uma sala, o coeficiente de restituição.

A partir das colisões da esfera com o chão é apresentado como verificar através do Tracker as velocidades antes e depois de cada uma destas colisões e assim calcular o coeficiente de restituição.

Figura 10 – Tela do vídeo 9: Coeficiente de restituição.



Fonte: Autoria própria (2022).

Através da análise do vídeo, é demonstrado como aferir o valor experimental para o coeficiente de restituição entre bola e piso para cada uma das colisões. Por se tratar de um mesmo corpo colidindo com a mesma superfície esperava-se encontrar valores iguais para estes coeficientes. Os resultados obtidos foram próximos, com uma variação inferior a 10%. Por se tratar de uma prática simples e com materiais de baixo custo considerou-se o resultado satisfatório, sendo esta, uma sugestão de atividade experimental facilmente desenvolvida pelos docentes em sala de aula.

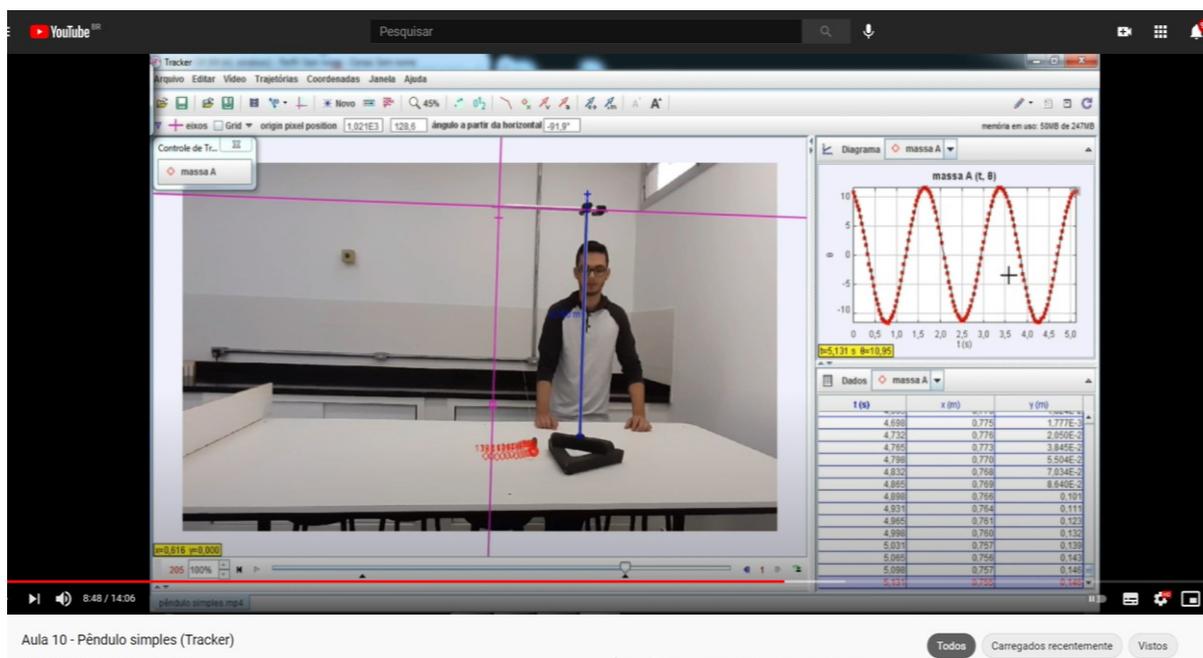
## 2.10 Vídeo 10: Pêndulo simples

No vídeo 10 é apresentado o experimento do pêndulo simples e a análise de um movimento harmônico simples (MHS). Todos os passos de coleta de dados e calibragem experimental para realização desta análise é apresentado em detalhes.

No vídeo é explicado como obter o gráfico da posição angular do pêndulo em função do tempo e o procedimento para realizar o ajuste teórico dos dados experimentais, uma vez que este processo exige alguns passos não tratados nos vídeos anteriores, devido a característica senoidal do gráfico.

A partir do ajuste teórico da posição angular em função do tempo são obtidos os valores para a amplitude angular, frequência angular e fase. Na sequência, é calculado o valor da aceleração gravitacional e comparado com o valor teórico esperado.

Figura 11 – Tela do vídeo 10: Pêndulo simples.



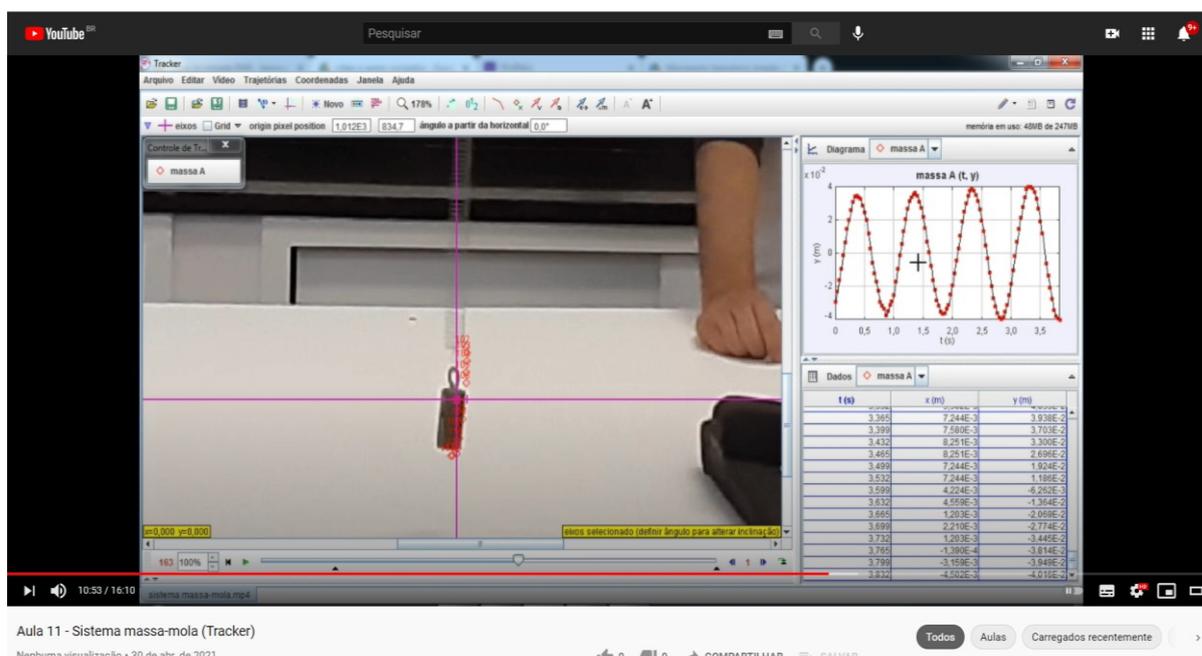
Fonte: Autoria própria (2022).

## 2.11 Vídeo 11: Sistema massa-mola

Assim como o vídeo 10, este tem por objetivo apresentar aos docentes uma forma de analisar um movimento harmônico simples (MHS) através da videoanálise. Porém, no vídeo 11 é proposto a análise utilizando um sistema massa-mola como prática experimental.

Através do gráfico com característica senoidal construído com os dados da posição da massa do sistema ao longo do vídeo, gráfico este gerado pelo próprio Tracker, é demonstrado como realizar o ajuste da curva e obter os valores da amplitude, fase e frequência angular do sistema. A partir do valor da frequência angular e conhecendo a massa suspensa, como calcular o valor empírico para a constante elástica da mola.

Figura 12 – Tela do vídeo 11: Sistema massa-mola.



Fonte: Autoria própria (2022).

### 3 OFICINA DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

A sequência de práticas escolhidas para serem abordadas da oficina de práticas experimentais com o uso do software Tracker foi pensada no grau de dificuldade do conceito físico como também na quantidade de interações necessárias com o software Tracker. Iniciou-se com os experimentos com conceitos físicos menos complexos e que exigiam menos interação dos participantes com software e com o andamento da oficina intensificou-se o grau de dificuldade da execução das análises.

#### 3.1 Síntese das aulas

No primeiro encontro foi abordado o seguinte conteúdo:

- Aula 1 - Download e instalação do software Tracker;
- Aula 2 - Cuidados com a filmagem da prática experimental;
- Aula 3 - Movimento retilíneo uniforme (Tracker);
- Atividade 1.

No segundo encontro foi abordado o seguinte conteúdo:

- Aula 4 - Experimento do plano inclinado (Tracker);
- Aula 5 - Queda livre (Tracker);
- Atividade 2.

No terceiro encontro foi abordado o seguinte conteúdo:

- Aula 6 - Lançamento horizontal (Tracker);
- Aula 7 - Lançamento oblíquo (Tracker);
- Atividade 3.

No quarto encontro foi abordado o seguinte conteúdo:

- Aula 8 - Colisão de corpos (Tracker);
- Aula 9 - Coeficiente de restituição (Tracker);
- Atividade 4.

No quinto encontro foi abordado o seguinte conteúdo:

- Aula 10 - Pêndulo simples (Tracker);
- Aula 11 - Sistema massa-mola (Tracker);
- Atividade 5.

No sexto encontro foi apresentado duas bibliotecas de experimentos possíveis de serem analisados com o Tracker. Uma delas é um conjunto de vídeos e análises já prontas de práticas experimentais que podem ser baixadas junto com o software Tracker. A outra é a Biblioteca Digital ComPADRE, *OSP (Open Source Physics) Tracker Collection*, que pode ser acessada por meio do próprio software Tracker, que disponibiliza diversos experimentos com a coleta de dados já realizada, alguns possuem inclusive um relatório sobre a prática e conceitos físicos envolvidos. Como atividade para que os alunos pudessem interagir com estas bibliotecas de práticas experimentais, propôs-se a eles que escolhessem, dentro das diversas possibilidades disponibilizadas nestas duas bibliotecas, uma prática que desejassem analisar e comentar os conceitos físicos.

### **3.2 Atividades aplicadas na oficina**

Na sequência são apresentadas as atividades que foram aplicadas durante a oficina.

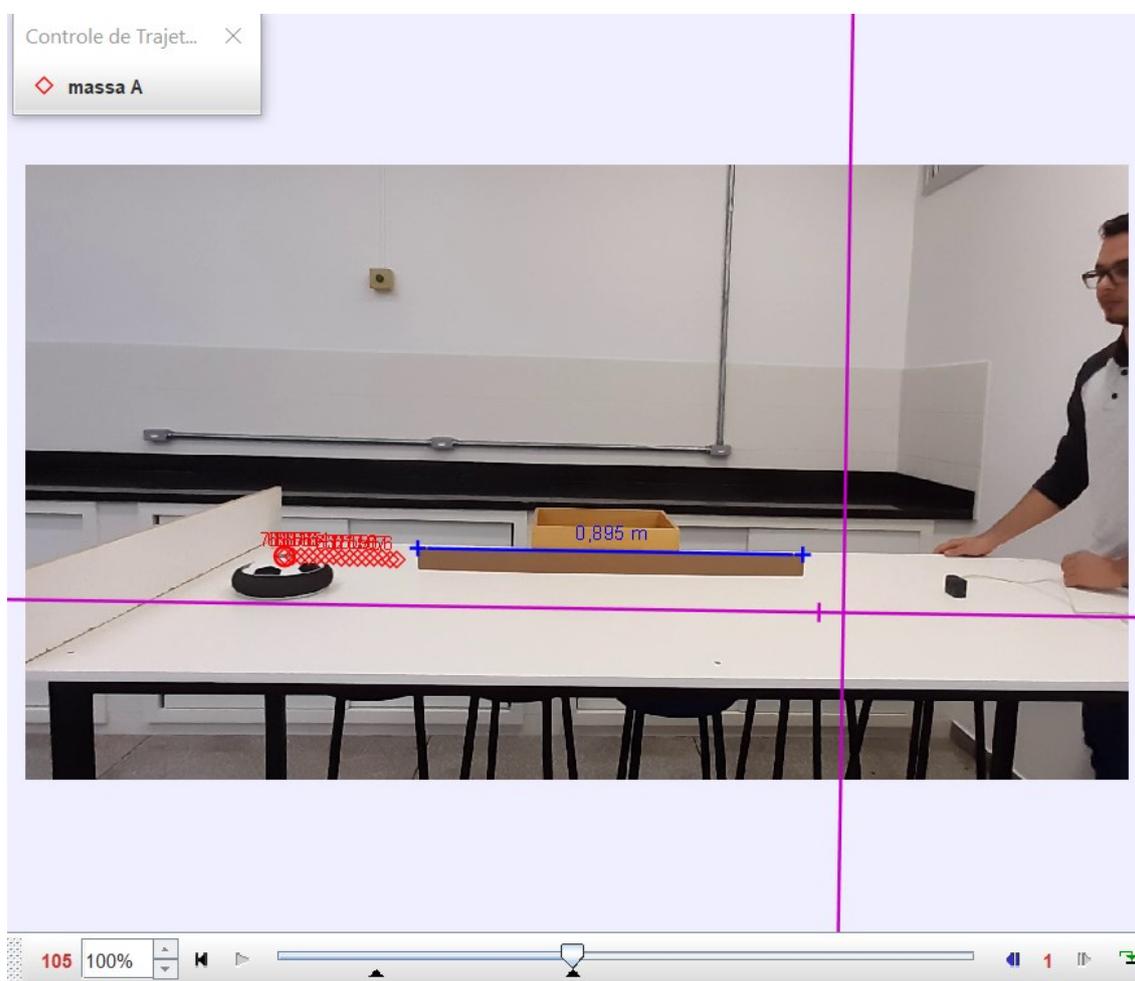
### Atividade 1: Experimento Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

Faça o download e instalação do software Tracker. Realize a análise do movimento de deslizamento de um objeto no plano horizontal.

1) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha as marcações das posições do objeto, o sistema de coordenadas (eixos) e o bastão de medição.

Dica: A imagem pode ser obtida por meio da tecla *Print screen* do teclado, em seguida, cole e recorte no editor de texto ou editor de imagem. Por exemplo:

Figura 13 – Exemplo da análise do movimento horizontal no Tracker.

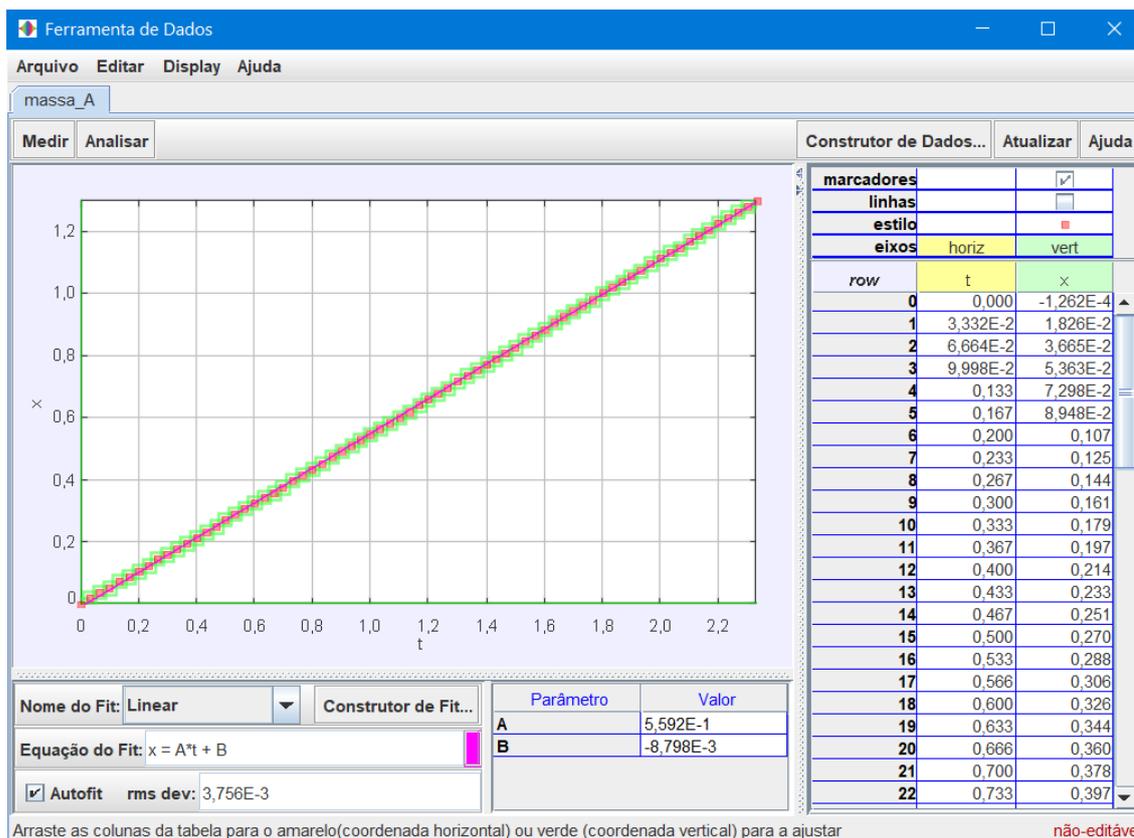


Fonte: Autoria própria (2022).

2) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha o gráfico com o ajuste teórico e a Tabela contendo os dados experimentais.

Dica: A imagem pode ser obtida por meio da tecla *Print screen* do teclado, em seguida, cole e recorte no editor de texto ou editor de imagem. Por exemplo:

Figura 13 – Exemplo de ajuste linear no Tracker.



Fonte: Autoria própria (2022).

3) Identifique as grandezas física (posição inicial e velocidade) obtidas do ajuste teórico.

Dica: Observe que a equação de ajuste é dada por

$$x = At + B$$

A equação que descreve o movimento retilíneo uniforme (MRU) é

$$x = v t + x_0$$

Logo, podemos observar que o parâmetro

$$B = x_0 = -8,798 \times 10^{-3} m = -0,008798 m \approx 0,8 \text{ cm}.$$

$$\text{A velocidade do objeto é } v = A = 5,592 \times 10^{-1} \frac{m}{s} = 0,5592 \frac{m}{s} \approx 55,9 \frac{cm}{s}.$$

**Atividade 2:** Experimento Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

Realize o experimento e a videoanálise do movimento de um objeto que se desloca com aceleração constante. Por exemplo:

- Rolamento de uma lata de refrigerante em um plano inclinado;
- Rolamento de uma esfera de bilhar em um plano inclinado;
- Queda-livre de um corpo.

1) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha as marcações das posições do objeto, o sistema de coordenadas (eixos) e o bastão de medição.

2) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha o gráfico com o ajuste teórico e a Tabela contendo os dados experimentais.

3) Identifique as grandezas física (posição inicial, velocidade inicial e aceleração da gravidade) obtidas do ajuste teórico.

**Atividade 3:** Experimento Lançamento Oblíquo ou Lançamento Horizontal

Realize o experimento e a videoanálise do movimento de um objeto no lançamento oblíquo ou lançamento horizontal.

1) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha as marcações das posições do objeto, o sistema de coordenadas (eixos) e o bastão de medição.

2) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha o gráfico com o ajuste teórico e a Tabela contendo os dados experimentais para o movimento ao longo do eixo horizontal (eixo  $x$ ). Identifique as grandezas físicas (posição inicial e velocidade) obtidas do ajuste teórico dos dados experimentais.

3) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha o gráfico com o ajuste teórico e a Tabela contendo os dados experimentais para o movimento ao longo do eixo vertical (eixo  $y$ ). Identifique as grandezas físicas (posição inicial, velocidade inicial e aceleração) obtidas do ajuste teórico dos dados experimentais.

#### Atividade 4: Coeficiente de restituição

Realize o experimento e a videoanálise de uma colisão entre objetos. Por exemplo, uma bola quicando no chão.

1) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha as marcações das posições do objeto, o sistema de coordenadas (eixos) e o bastão de medição.

2) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha o gráfico da posição do objeto em função do tempo. Qual o movimento observado?

3) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha o gráfico da velocidade do objeto em função do tempo. O que se pode observar?

4) Calcule o coeficiente de restituição da colisão.

Observação: Para um objeto quicando sobre outro objeto estacionário, como o chão:  $e = |v_f/v_i|$ . Sendo,  $v_f$  e  $v_i$  a velocidade depois e antes da colisão, respectivamente. Caso a bola quique várias vezes com o chão, calcule o coeficiente de restituição de cada colisão e obtenha o valor médio e desvio padrão da medida.

5) A energia cinética do objeto aumentou, diminuiu ou não variou durante a colisão? Qual o tipo de colisão ocorrida? Comente sobre as formas de energia e suas transformações no experimento.

### Atividade 5: Experimento Pêndulo Simples

Realize o experimento e a videoanálise do experimento do pêndulo simples. Meça o comprimento do fio ( $L$ ).

1) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha as marcações das posições do objeto, o sistema de coordenadas (eixos) e o bastão de medição.

2) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha o gráfico da posição angular em função do tempo. Qual o movimento observado?

3) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha o gráfico da velocidade angular em função do tempo. Qual o movimento observado?

4) Apresente uma imagem do software Tracker que contenha o gráfico da posição angular em função do tempo com o ajuste teórico realizado. Identifique as grandezas físicas (amplitude, frequência angular e fase) obtidas do ajuste teórico dos dados experimentais.

5) Com o valor obtido para a frequência angular, encontre o valor do período de oscilação e da aceleração da gravidade local  $g$ . Discuta o resultado obtido tendo como base o valor médio aproximado da aceleração da gravidade,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

*Dica: O período do movimento oscilatório de um pêndulo simples é dado por:*

$$T = 2\pi\sqrt{L/g} . \text{ Elevando ao quadrado os dois lados da equação obtemos:}$$

$$T^2 = 4\pi^2 L/g . \text{ Logo, a aceleração da gravidade pode ser obtida por: } g = 4\pi^2 L/T^2 .$$

6) Explique o significado física das grandezas: amplitude ( $A$ ), frequência angular ( $\omega_0$ ) e fase ( $\varphi$ ).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os vídeos foram produzidos com intenção de proporcionar aos docentes uma maneira de trazer tecnologia e experimentos para sala de aula. Uma vez que estes são artifícios com potencial de conquistar os alunos e ajudá-los a construir conhecimento.

Sabemos que há docentes que possuem muito conhecimento sobre a utilização de recursos tecnológicos, porém sabemos também, que alguns docentes têm dificuldades e pouca familiaridade com a utilização destas ferramentas. Com os vídeos buscamos alcançar a todos estes docentes. Devido a isso pensamos neste produto educacional como uma coletânea de vídeos que vai aos poucos aprofundando a quantidade de recursos utilizados dentro do software Tracker, e sempre explicando todos os procedimentos pausadamente para que o público-alvo possa acompanhar e replicar.

Esperamos que a coletânea de vídeos possa ser útil a todos os docentes que buscam aprender sobre a utilização deste recurso, a videoanálise, e o software que nos propomos a apresentar, o Tracker.

Ressaltamos que as possibilidades apresentadas aqui, é apenas uma ínfima parte que uma vasta gama de experimentos de diferentes ramos da Física que podem ser analisadas com o Tracker e utilizado nas aulas de Física na Educação Básica. Esperamos proporcionar uma formação inicial, para que a partir dela, os professores possam explorar esta ferramenta na forma que julgar útil no exercício da docência.

## BIBLIOGRAFIA

ARÁUJO, M. S. T; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, 2003.

BEZERRA JR., A. G.; OLIVEIRA, L. P.; LENZ, 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**, Florianópolis, v. 29, n. Especial 1, 2012.

JESUS, V. L. B. **Experimentos e Videoanálise - Dinâmica**. 1. ed. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2014.

PARREIRA, J. E. Um curso de mecânica com o uso do programa de videoanálise Tracker. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, n. 3, 2018.

**APÊNDICE B – Perguntas realizadas aos participantes e respectivas respostas**

Este apêndice apresenta as perguntas e respostas dos alunos participantes na oficina sobre o software Tracker e suas possibilidades de análises, as dificuldades encontradas por eles na utilização do software, a relevância dos vídeos produzidos e a possibilidade de aplicação desta ferramenta de análise em futuras atividades experimentais. O questionário possui dezesseis perguntas no qual dezesseis alunos expressaram suas opiniões sobre os tópicos citados. Para não identificar os alunos nomearemos como aluno 1, aluno 2, etc.

### **Questão 1: Você já conhecia o software Tracker?**

**Aluno 1:** Não.

**Aluno 2:** Já tinha ouvido falar, mas nunca tinha utilizado.

**Aluno 3:** Não.

**Aluno 4:** Não.

**Aluno 5:** Não.

**Aluno 6:** Não.

**Aluno 7:** Não.

**Aluno 8:** Não.

**Aluno 9:** Não.

**Aluno 10:** Não.

**Aluno 11:** Não.

**Aluno 12:** Não.

**Aluno 13:** Já tinha ouvido falar, mas nunca tinha utilizado.

**Aluno 14:** Não.

**Aluno 15:** Não.

**Aluno 16:** Já tinha ouvido falar, mas nunca tinha utilizado.

**Questão 2: Você encontrou dificuldades na realização do download e instalação do software Tracker? Se sim, quais?**

**Aluno 1:** Não.

**Aluno 2:** Não.

**Aluno 3:** Não.

**Aluno 4:** Não encontrei dificuldades.

**Aluno 5:** Encontrei dificuldade devido a uma atualização do notebook, mas depois de atualizá-lo foi muito fácil de realizar o download.

**Aluno 6:** Não, o download e instalação foi simples.

**Aluno 7:** Não.

**Aluno 8:** Apenas o fato de que no meu computador demorou a abrir.

**Aluno 9:** Não.

**Aluno 10:** Não, o vídeo ilustra bem a instalação, similar a outras instalações programas.

**Aluno 11:** Não.

**Aluno 12:** Não foi bem tranquilo com as orientações durante a aula.

**Aluno 13:** Não.

**Aluno 14:** Não, muito interessante os vídeos disponibilizado para orientação ajudou muito.

**Aluno 15:** Não, foi bem tranquilo a instalação do software seguindo o tutorial do professor Patrick.

**Aluno 16:** Não.

**Questão 3: O vídeo que trata da instalação e download do software Tracker é útil caso alguém encontrasse dificuldades? Comente.**

**Aluno 1:** Sim. Achei bem didático o vídeo de instalação, já o de download não cheguei a assistir, pois acompanhei a explicação do Patrik e fiz junto dele.

**Aluno 2:** Sim é útil.

**Aluno 3:** Sim.

**Aluno 4:** Sim, pois pode haver dúvidas sobre a sua instalação.

**Aluno 5:** Muito útil, pois explica o passo a passo para proceder o download de forma fácil de compreender.

**Aluno 6:** Sim.

**Aluno 7:** Sim, o vídeo explica de forma sucinta a instalação.

**Aluno 8:** Sim, pois explica como fazer.

**Aluno 9:** sim, ajudou bastante.

**Aluno 10:** Apresenta de forma bem clara a instalação, sendo útil para pessoas que possuem dificuldade em instalar.

**Aluno 11:** Muito útil.

**Aluno 12:** Sim todos os vídeos auxiliaram muito para as práticas.

**Aluno 13:** Sim, acredito que qualquer dificuldade ao baixar, a pessoa assistindo o vídeo não teria mais.

**Aluno 14:** Sim ajuda muito.

**Aluno 15:** Sim. Ele é fundamental, pois indica os locais corretos a serem seguidos.

**Aluno 16:** É muito útil, vocabulário e orientações bem claras.

**Questão 4: Você encontrou dificuldades ou empecilhos ao desenvolver a filmagem das práticas experimentais? Se sim, quais?**

**Aluno 1:** Não. Achei bem fácil. Na primeira apenas fiz o vídeo com a câmera em pé, mas deu pra fazer a análise perfeitamente.

**Aluno 2:** Sim, ângulo correto.

**Aluno 3:** Não.

**Aluno 4:** Não encontrei dificuldades.

**Aluno 5:** Locais adequados para filmagem dos mesmos.

**Aluno 6:** Não.

**Aluno 7:** Não.

**Aluno 8:** Não.

**Aluno 9:** Um pouco pela falta de espaço na minha residência para gravação dos vídeos.

**Aluno 10:** Nas primeiras tentativas tiveram várias dificuldades com relação a fazer várias vezes até encontrar um vídeo que tivesse a qualidade suficiente para a execução do experimento.

**Aluno 11:** Sim. a) Alinhar a câmera. b) Objetos com cores e tamanhos adequadas. c) Ambiente para fazer a filmagem com espaço adequado, d) não tenho suporte para fixação do celular.

**Aluno 12:** Não, foi bem tranquilo todas as filmagens e com materiais de fácil acesso para a aplicação do experimento.

**Aluno 13:** Sim, as vezes tinha dificuldade de encontrar algum objeto conhecido com medição.

**Aluno 14:** Sim, depende muito do celular e o suporte para fixá-lo.

**Aluno 15:** Sim. Em realizar a filmagem, pois a falta de um suporte para realizar a filmagem. A utilização do bastão de medição pois ele tem que estar perto do objeto em análise (não muito pra frente e nem muito pra trás), se não a divergências.

**Aluno 16:** Sim, pelo fato de não ter um suporte.

**Questão 5: O vídeo que trata dos cuidados básicos no momento da filmagem é útil para alguém que encontre dificuldades neste procedimento? Comente.**

**Aluno 1:** MUITOOOO. Não tinha assistido e acabei fazendo errado.

**Aluno 2:** Sim.

**Aluno 3:** Sim. O vídeo explica bem a maneira que deve ser feita a filmagem para que a análise possa ser feita com mais precisão.

**Aluno 4:** Sim, pois dependendo de como a filmagem é feita poderá implicar na falha de coleta de dados.

**Aluno 5:** Super útil, explica detalhadamente os cuidados com a filmagem.

**Aluno 6:** Sim. O vídeo é muito bom para orientar os alunos. Ajudou a ter noções e cuidados para a filmagem.

**Aluno 7:** Sim, pois explica os cuidados necessários na filmagem.

**Aluno 8:** Sim, pois explica como fazer as filmagens de modo correto.

**Aluno 9:** Sim.

**Aluno 10:** Sim, apresenta detalhes bem relevantes para a análise do vídeo, principalmente nas situações que podem ocorrer que podem gerar dificuldades.

**Aluno 11:** Sim. Ajudou muito no início da aprendizagem de filmagem.

**Aluno 12:** Sim, mostra os cuidados que temos que ter para que possamos ter um resultado bom na coleta de dados do Tracker.

**Aluno 13:** Sim, assistindo ao vídeo a pessoa não teria mais dificuldades, visto que o vídeo explica detalhadamente os cuidados a serem tomados.

**Aluno 14:** Com certeza.

**Aluno 15:** Sim, as dicas ajudam em melhorar a imagem da filmagem para o estudo posterior no tracker.

**Aluno 16:** As dicas em relação a filmagem são úteis principalmente pra quem não tem muita familiaridade com as mesmas.

**Questão 6: Você encontrou dificuldades em encontrar os materiais necessários para realização da filmagem das práticas experimentais, como câmera, objetos para realizar a calibragem da prática, objetos para o experimento, etc? Se sim, quais?**

**Aluno 1:** Não.

**Aluno 2:** Não.

**Aluno 3:** Não.

**Aluno 4:** Não encontrei dificuldades.

**Aluno 5:** Não, em relação aos objetos foi super tranquilo.

**Aluno 6:** Não.

**Aluno 7:** Não, foi bem fácil.

**Aluno 8:** Não.

**Aluno 9:** Sim, estava sem celular, e não tinha bola em casa.

**Aluno 10:** Não.

**Aluno 11:** Sim. objetos com cores e tamanhos adequados (bolas).

**Aluno 12:** Não foi bem tranquilo.

**Aluno 13:** Somente o objeto conhecido com a medição.

**Aluno 14:** Não, pois podemos substituir outros objetos.

**Aluno 15:** Não.

**Aluno 16:** Não.

**Questão 7: Com relação à utilização do software, você encontrou dificuldades na importação dos vídeos, calibragem da prática, orientação dos eixos cartesianos ou na marcação dos pontos de massa? Se sim, quais?**

**Aluno 1:** Não.

**Aluno 2:** Sim, minha dificuldade é fazer o que o exercício pede na verdade.

**Aluno 3:** Não.

**Aluno 4:** Não encontrei dificuldades.

**Aluno 5:** Não encontrei dificuldades pois os vídeos explicativos auxiliavam e tudo, passo a passo desde o começo até o final do experimento.

**Aluno 6:** Não. As explicações nos vídeos sempre foram colocadas de uma forma clara.

**Aluno 7:** Não, foi fácil de realizar.

**Aluno 8:** Não.

**Aluno 9:** Na marcação dos pontos de massa.

**Aluno 10:** Não, a partir da primeira prática, já se torna mais fácil de executar.

**Aluno 11:** Sim. Dificuldades para marcação dos pontos no início. Depois ficou fácil.

**Aluno 12:** Não, somente no começo a dificuldade de encontrar marcar bem certo o centro de massa. Mas com a prática ficou bem mais fácil.

**Aluno 13:** Não.

**Aluno 14:** No início é um pouco, mas com após treinamento de várias atividades, se torna mais acessível.

**Aluno 15:** Não.

**Aluno 16:** A maior dificuldade foi na marcação dos pontos de massa.

**Questão 8: Os vídeos disponibilizados ajudariam alguém com dificuldades em um dos procedimentos citados acima? Comente.**

**Aluno 1:** Sim. Os vídeos trazem passo a passo as etapas que precisamos saber como fazer uma análise do vídeo.

**Aluno 2:** Sim, ajudaram muito.

**Aluno 3:** Sim. Os vídeos disponibilizados explicam bem o passo a passo para a realização dos ajustes.

**Aluno 4:** Sim, pois reflete na coleta de dados.

**Aluno 5:** Ajudariam muito, pois são vídeos de fácil compreensão.

**Aluno 6:** Sim. Iriam ajudar muito, pois são explicações claras e objetivas.

**Aluno 7:** Sim, os vídeos disponibilizados trazem tudo detalhado.

**Aluno 8:** Sim, inclusive eu assisti os vídeos para sanar minhas dúvidas, o que me ajudou bastante, pois explicava muito bem como fazer.

**Aluno 9:** Sim... pois traz o passo a passo.

**Aluno 10:** Sim. A minha experiência com os vídeos foi bem relevante, pois a todo momento tinha que retornar o vídeo para observar algum detalhe perdido na aula, tornando muito versátil ter o vídeo bem detalhado.

**Aluno 11:** Ajudariam sim.

**Aluno 12:** Sim, pois eles explicam bem certo como devemos proceder para a realização do experimento.

**Aluno 13:** Sim, sanaria as dificuldades.

**Aluno 14:** Sim.

**Aluno 15:** Sim. Com certeza, pois qualquer dúvida era possível voltar e verificar qual tinha sido o erro realizado.

**Aluno 16:** Com certeza, ajudam e muito, eu utilizei todos para fazer as práticas.

**Questão 9:** Você encontrou dificuldades na análise dos resultados experimentais, como: ajuste de curva dos dados experimentais, identificação dos parâmetros ajustados, cálculo de grandezas físicas relacionadas aos parâmetros? Comente.

**Aluno 1:** Não.

**Aluno 2:** Sim, tive dificuldade para entender tudo, como funcionava e como eu deveria proceder com a análise.

**Aluno 3:** Sim.

**Aluno 4:** Encontrei um pouco de dificuldade, pois tinha dificuldade em realizar alguns cálculos.

**Aluno 5:** Em algumas práticas sim, porém sempre recebi ajuda dos professores.

**Aluno 6:** Não.

**Aluno 7:** Não, pois quando houve alguma dúvida assisti o vídeo disponibilizado.

**Aluno 8:** Tive dificuldade em alguns cálculos, mas os professores explicaram na aula como fazer.

**Aluno 9:** Sim, eu estava sem computador, então tive que me adaptar ao uso de vários computadores emprestados.

**Aluno 10:** Não.

**Aluno 11:** Não. Bem tranquilo.

**Aluno 12:** Não.

**Aluno 13:** Dificuldade na realização de algum gráfico mas que ao assistir o vídeo novamente conseguir realizar.

**Aluno 14:** Com auxílio do vídeo, não.

**Aluno 15:** Sim, mas em decorrência do vídeo utilizado não estar muito bom.

**Aluno 16:** Sim, porque fiz errado uma atividade.

**Questão 10: Os vídeos disponibilizados ajudariam alguém com dificuldade na análise dos resultados experimentais aferidos? Comente**

**Aluno 1:** Sim, pelos motivos já expostos.

**Aluno 2:** Sim.

**Aluno 3:** Sim.

**Aluno 4:** Sim, são bem explicativos e de fácil compreensão.

**Aluno 5:** Sim.

**Aluno 6:** Sim. Pois os comentários feitos pelo autor ajudam na interpretação dos resultados.

**Aluno 7:** Sim, me ajudou em pequenas dúvidas que tive.

**Aluno 8:** Sim, pois nos vídeos há a explicação de como fazer a análise.

**Aluno 9:** Sim, sem os vídeos teriam muito mais erros nas atividades.

**Aluno 10:** Sim, com toda certeza, pois possibilita o aprendiz detalhes muito importantes com relação a entender o software de forma muito claro e quais são os objetivos em utilizar eles em experimentação.

**Aluno 11:** Acredito que sim.

**Aluno 12:** Sim, pois comentam sobre os cuidados que temos que ter na realização da atividade.

**Aluno 13:** Sim, sanaria as dificuldades.

**Aluno 14:** Com certeza.

**Aluno 15:** Sim. Pois deixa mais especificado a realização do experimento.

**Aluno 16:** Com certeza, entendi quando refiz, e assistindo novamente o vídeo.

**Questão 11: Em sua opinião, apenas com os vídeos disponibilizados na plataforma Youtube (sem a participação nas aulas) seria possível aprender as funcionalidades necessárias para a realização da videoanálise?**

**Aluno 1:** Sim.

**Aluno 2:** Parcialmente.

**Aluno 3:** Parcialmente.

**Aluno 4:** Parcialmente.

**Aluno 5:** Sim.

**Aluno 6:** Sim.

**Aluno 7:** Sim.

**Aluno 8:** Parcialmente.

**Aluno 9:** Parcialmente.

**Aluno 10:** Sim.

**Aluno 11:** Parcialmente.

**Aluno 12:** Sim.

**Aluno 13:** Sim.

**Aluno 14:** Sim.

**Aluno 15:** Sim.

**Aluno 16:** Parcialmente.

**Questão 12: Tratando da coleta e análise de dados, como você avaliaria o software Tracker?**

**Aluno 1:** Muito bom.

**Aluno 2:** Bom.

**Aluno 3:** Bom.

**Aluno 4:** Muito bom.

**Aluno 5:** Muito bom.

**Aluno 6:** Muito bom.

**Aluno 7:** Muito bom.

**Aluno 8:** Muito bom.

**Aluno 9:** Muito bom.

**Aluno 10:** Muito bom.

**Aluno 11:** Muito bom.

**Aluno 12:** Muito bom.

**Aluno 13:** Bom.

**Aluno 14:** Muito bom.

**Aluno 15:** Bom.

**Aluno 16:** Muito bom.

**Questão 13: Quando ao nível de dificuldade na utilização do software, como você avaliaria o Tracker?**

**Aluno 1:** Fácil.

**Aluno 2:** Mediano.

**Aluno 3:** Mediano.

**Aluno 4:** Fácil.

**Aluno 5:** Mediano.

**Aluno 6:** Fácil.

**Aluno 7:** Fácil.

**Aluno 8:** Muito fácil.

**Aluno 9:** Mediano.

**Aluno 10:** Muito difícil.

**Aluno 11:** Mediano.

**Aluno 12:** Fácil.

**Aluno 13:** Mediano.

**Aluno 14:** Mediano.

**Aluno 15:** Mediano.

**Aluno 16:** Mediano.

**Questão 14: Qual a probabilidade de você aplicar o software Tracker com seus alunos?**

**Aluno 1:** 10.

**Aluno 2:** 8.

**Aluno 3:** 6.

**Aluno 4:** 10.

**Aluno 5:** 8.

**Aluno 6:** 9.

**Aluno 7:** 10.

**Aluno 8:** 6.

**Aluno 9:** 1.

**Aluno 10:** 10.

**Aluno 11:** 7.

**Aluno 12:** 8.

**Aluno 13:** 8.

**Aluno 14:** 3.

**Aluno 15:** 7.

**Aluno 16:** 8.

**Questão 15: Com que frequência você utilizaria o Tracker em sala de aula para realizar a análise de práticas experimentais.**

**Aluno 1:** Na maioria dos casos possíveis.

**Aluno 2:** Na maioria dos casos possíveis.

**Aluno 3:** Na maioria dos casos possíveis.

**Aluno 4:** Na maioria dos casos possíveis.

**Aluno 5:** Sempre que o experimento permitisse.

**Aluno 6:** Sempre que o experimento permitisse.

**Aluno 7:** Sempre que o experimento permitisse.

**Aluno 8:** Sempre que o experimento permitisse.

**Aluno 9:** Nunca.

**Aluno 10:** Na maioria dos casos possíveis.

**Aluno 11:** Sempre que o experimento permitisse.

**Aluno 12:** Na maioria dos casos possíveis.

**Aluno 13:** Sempre que o experimento permitisse.

**Aluno 14:** Na maioria dos casos possíveis.

**Aluno 15:** Uma ou outra vez.

**Aluno 16:** Uma ou outra vez.

**Questão 16: Comente sobre a possibilidade da utilização do software Tracker em sala de aula.**

**Aluno 1:** Acho que ele é um programa de fácil compreensão que ajuda a realizarmos práticas que não seriam possível de realizarmos.

**Aluno 2:** Acho que seria algo bem complexo para ensino médio, pois tomaria bastante tempo para os alunos aprenderem como procede o programa, sendo ao mesmo tempo útil para facilitar a aprendizagem e alguns aspectos.

**Aluno 3:**

**Aluno 4:** Ótimo para aulas online, pois o aluno tem a autonomia para realizar experimentos e fazer as análises com acompanhamento do professor.

**Aluno 5:** Se tivéssemos a estrutura necessária seria muito bom aplicar este software em sala de aula, pois faria com que os alunos vissem o experimento acontecer tornando mais fácil a compreensão do conteúdo.

**Aluno 6:** No atual cenário de pandemia seria uma ideia muito interessante. Para aplicar aos alunos na escola, iria depender da disponibilidade em relação á computadores. Mas, é um recurso muito bom para ser aplicado aos alunos.

**Aluno 7:** Fácil de usar pois realizam-se os experimentos com baixo custo.

**Aluno 8:** Se trabalhado de modo adequado, seria uma ferramenta muito útil.

**Aluno 9:** Eu tive muita dificuldade em realizar as atividades pelo fato de estar sem notebook. Pela minha experiencia e a realidade que ja encontrei nos colégios, não seria uma possibilidade fazer a aplicação do software Tracker em sala de aula.

**Aluno 10:** No meu caso, existe a possibilidade, pois os meus alunos possuem equipamentos para diversas possibilidades para a utilização de Tracker (Câmeras, computador, laboratório de informática, etc ...). Isso torna a utilização desse programa muito viável no meu caso.

**Aluno 11:** Com certeza vou utilizar o software em minhas aulas, no entanto é necessário um domínio maior desta ferramenta.

**Aluno 12:** Relacionando ao conteúdo trabalhado na disciplina de Física.

**Aluno 13:** Acredito que se com o computador em sala de aula, seria possível e com grande aproveitamento.

**Aluno 14:** Na minha realidade que trabalho em colégios estaduais, com falta de tecnologia disponíveis aos alunos e também aos professores, seria um pouco difícil em sala de aula. Mas auxiliar para que façam em casa, com internet e aparelhos próprios.

**Aluno 15:** Utilização em Movimentos Retilíneo Uniformes, Lançamentos de Projeteis, Colisões, Oscilações.

**Aluno 16:** Vou utilizar, mas de acordo com a minha realidade e adaptações possíveis, provavelmente em grupos, devido a escassez de dispositivos dos alunos.