

Guia didático

Videoanálise no Ensino de Física

Uma abordagem
utilizando o *Software
Tracker*

UTFPR

Universidade Tecnológica Federal
do Paraná

PPGFCET

Programa de Pós Graduação em
Formação Científica, Educacional e
Tecnológica

PRODUTO EDUCACIONAL

Associado ao trabalho de dissertação:
*Potencialidades de uso do software de
videoanálise Tracker no Ensino de Física.*

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA,
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

**GUIA DIDÁTICO – VIDEOANÁLISE NO ENSINO DE FÍSICA – UMA
ABORDAGEM UTILIZANDO O SOFTWARE *TRACKER***

Elaboração:

Giulio Domenico Bordin

Orientação

Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Junior

Este material encontra-se em constante atualização,
para acompanhá-las acesse o site do Grupo Tracker-Brasil
<https://trackerbrasil.ct.utfpr.edu.br>



CURITIBA
2020

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação e o seu respectivo Produto Educacional estão licenciados sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Bordin, Giulio Domenico

Guia didático - videoanálise no ensino de física - uma abordagem utilizando o software *Tracker* [recurso eletrônico] / Giulio Domenico Bordin, Arandi Ginane Bezerra Junior. -- 2020.

1 arquivo eletrônico (33 f.): PDF; 2,12 MB.

Modo de acesso: World Wide Web.

Bibliografia: f. 33.

1. *Tracker* (Software). 2. Física - Estudo e ensino (Ensino médio). 3. Física experimental. 4. Vídeo digital. 5. Vídeo interativo. 6. Prática de ensino. 7. Professores de ciência - Formação. 8. Recursos educacionais abertos. I. Bezerra Junior, Arandi Ginane. II. Título.

CDD: Ed. 23 -- 507.2

Biblioteca Central do Câmpus Curitiba - UTFPR
Bibliotecária: Luiza Aquemi Matsumoto CRB-9/794

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	4
2 SOBRE O TRACKER	5
2.1 O <i>TRACKER</i> na UTFPR.....	6
3 INSTALAÇÃO, PARAMETRIZAÇÃO E OPERAÇÃO DO TRACKER	8
3.1 Adquirindo Gratuitamente o <i>TRACKER</i>	8
3.2 Abertura de Vídeo o Projeto.....	9
3.3 Identificação e Recorte de Quadros para Análise.....	10
3.4 Calibração da Escala de Vídeo.....	12
3.5 Definição do quadro de referência, eixos e seu ângulo.....	13
3.6 Marcação do objeto, plotagem e análise dos dados.....	14
3.7 Persistência do Projeto como arquivo de extensão <i>Tracker</i> (.trk).....	18
3.8 Exportação de Dados e Imagens.....	18
4 MODELO DE OFICINA DE ENSINO	19
4.1 Formato dos Encontros e Momentos.....	19
4.1.1 Primeiro Encontro.....	20
4.1.2 Segundo Encontro.....	21
4.1.3 Terceiro Encontro.....	22
4.2 Materiais Necessários e Custo de Aquisição.....	23
5 ROTEIROS DE EXPERIMENTOS	24
5.1 Queda Livre.....	24
5.1.1 Objetivo.....	24
5.1.2 Ideia do Experimento.....	25
5.1.3 Materiais para realização do Experimento.....	25
5.1.4 Montagem do Experimento.....	25
5.1.5 Comentários.....	26
5.2 Pista de Hot Wheels com 1 ou 2 carrinhos com Colisão.....	27
5.2.1 Objetivo.....	28
5.2.2 Ideia do Experimento.....	28
5.2.3 Materiais para realização do Experimento.....	28
5.2.4 Montagem.....	29
5.2.5 Comentários.....	31
6 REFERÊNCIAS	33

1 APRESENTAÇÃO

O foco deste projeto é a consolidação de um trabalho realizado pelo grupo Tracker-Brasil através da elaboração e realização de oficinas de videoanálise e da criação de um formato para que possa servir como base para todas as outras oficinas e minicursos que estarão por vir.

A ênfase é em metodologias de utilização da videoanálise por meio do *Tracker* para o Ensino de Física, com a utilização de sequências didáticas, visando também a possibilidade de uso de equipamentos de baixo custo, propondo assim uma solução para problemas referentes ao laboratório de Física.

Serão expostos nesse produto educacional informações sobre o *Tracker*, sua aquisição, operação, além de instruções de como realizar os encontros e sugestões de experimentos.

2 SOBRE O TRACKER

O *Tracker* é um software de vídeoanálise e uma ferramenta de modelagem de dados criada utilizando as bibliotecas de códigos Java da *Open Source Physics* (<https://www.compadre.org/osp/>). Dentre os recursos disponíveis destacam-se: rastreamento quadro a quadro de objetos em movimento, com a possibilidade da sobreposição de gráficos de posição, velocidade e aceleração, filtros de efeitos especiais, múltiplos sistemas de referência, pontos de calibração e perfis de linha para análise de padrões de espectro e interferência, dentre outros recursos.

Segundo levantamento realizado pelo autor deste trabalho, quanto a um histórico do *Tracker*, a primeira vez em que ele é mencionado é no Boletim da Sociedade Americana de Física, em 2008, num encontro realizado no Texas; Doug Brown, idealizador do *Tracker*, apresentou um projeto intitulado: “Video Analysis and Modeling in Physics Education” (BROWN, 2008a).

No pôster disponível no site do *Tracker*, da AAPT Summer Meeting, BROWN (2008b) comenta casos de experimentos realizados por seus alunos no outono de 2007, no curso de Introdução à Mecânica. A tarefa que foi dada era: identificar um sistema mecânico onde o comportamento do sistema pode ser capturado por vídeo e modelado como um conjunto de uma ou mais partículas.

Os alunos trabalharam durante poucas semanas e demonstraram no pôster os seguintes casos:

- a) Macaco em um paraquedas;
- b) Guerra de carrinhos, onde os alunos modelaram um carrinho sendo puxado por molas em sentidos opostos e desacelerado pelo atrito;
- c) Salto de um carrinho;
- d) Pendulo com um carrinho.

Brown (2008b) concluiu que com o *Tracker* há um engajamento maior dos alunos na modelagem do experimento, fazendo com que eles se sintam parte importante no Ensino da Física.

De acordo com o site da *Open Source Physics*, o *Tracker* pode sobrepor modelos simples de partículas dinâmicas em um vídeo. Em um experimento típico de modelagem de vídeo, os alunos capturam e abrem um arquivo de vídeo digital, calibram a escala e definem os eixos de coordenadas apropriados, assim como na análise de vídeo tradicional. Mas, em vez de rastrear objetos com o mouse, os alunos

definem expressões teóricas de força e condições iniciais para uma simulação dinâmica de modelo que sincroniza e se desenha no vídeo.

O comportamento do modelo é, então, comparado diretamente com o do movimento do mundo real, portanto a modelagem de vídeo oferece vantagens sobre a análise de vídeo tradicional e a modelagem apenas de simulação.

Quanto ao idealizador do *Tracker*, Doug Brown, está hoje aposentado da Cabrillo College, onde atuou de 1977 a 2008, porém atua ainda como Programador Java, da *Open Source Physics*, onde iniciou seus trabalhos em 2002.

2.1 O *TRACKER* na UTFPR

O *Tracker* foi avaliado inicialmente por um grupo de alunos do curso de Engenharia da Computação, sendo eles: Alessandro Alessi, Arthur Santana e Leonardo de Oliveira, como trabalho de conclusão da disciplina Oficinas de Integração, em 2009.

O professor Jorge Alberto Lenz foi o professor orientador do projeto e o professor Arandi Ginane Bezerra Junior um dos professores da disciplina e o mentor do projeto.

Este trabalho foi considerado o marco inicial para os trabalhos que seriam desenvolvidos posteriormente na UTFPR. Criou-se, nesse momento o grupo Tracker-Brasil (trackerbrasil.ct.utfpr.edu.br), no qual, dentre os trabalhos desenvolvidos, evidenciam-se os estudos das potencialidades do uso do *Tracker* enquanto ferramenta didática no ensino de Física, nas suas mais diversas áreas, englobando desde a Mecânica, até a Física Moderna.

Neste contexto, o trabalho engloba diversos referenciais da área de Ensino, particularmente as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), os Objetos de Aprendizagem (OA) e os Recursos Educacionais Abertos (REA), dialogando ainda com a Formação de Professores, tanto a formação continuada (de docentes em atividade), quanto a formação inicial (de docentes em formação nos cursos de licenciatura).

Os projetos desenvolvidos visam a popularizar a videoanálise, difundir seu uso por meio do *Tracker*, e desenvolver e validar materiais didáticos para uso em sala de aula, com foco no ensino por investigação e nas atividades didáticas de laboratório baseadas em experimentação.

Estes referenciais citados são discutidos na dissertação (BORDIN, 2020) à qual este produto está associado. A dissertação também inclui referências bibliográficas atinentes ao tema.

Na página do grupo Tracker-Brasil, estão disponíveis outros recursos desenvolvidos pelo grupo, inclusive artigos, ideias referentes à videoanálise, dicas e links para contato.

3 INSTALAÇÃO, PARAMETRIZAÇÃO E OPERAÇÃO DO TRACKER

A modelagem de vídeo do *Tracker* é uma maneira poderosa de combinar vídeos com a modelagem por computador e oferece diversos recursos extremamente úteis para o Ensino de Física além de facilitar a extração de dados para uma análise do fenômeno capturado (associado ao movimento do objeto filmado).

O programa oferece diversos recursos de rastreamento, como rastreamento manual e automático, rastreamento do centro de massa, análises e somas vetoriais, modelagens com modelos cinemáticos e dinâmicos, possibilidade de abertura de vídeos com extensão (mov/avi/flv/mp4/wmv etc) no Windows/OSX/Linux, com filtros, cortes, brilho e afins. Fornece também a geração de dados possibilitando analisá-los com ferramenta própria variando escala, sistemas de coordenadas, incluindo múltiplas opções de calibração, além de outros diversos recursos mais detalhadamente disponíveis em: <https://physlets.org/tracker/>.

Nessa apostila serão demonstrados somente os recursos básicos para a operação do *Tracker*, que servem de base para o curso ou oficina desenvolvida como parte do projeto desta dissertação.

3.1 Adquirindo Gratuitamente o TRACKER

Inicialmente, é necessário fazer a aquisição/download do *Tracker* no site: <https://physlets.org/tracker/>. Ao acessar o site, a seguinte página estará disponível (vide Figura 1):

FIGURA 1 – PÁGINA PRINCIPAL TRACKER

Tracker Home | Help | Donate | OSF Home | Email/Donate

Tracker
Video Analysis and Modeling Tool

Over 1 million users in 28 languages. Completely free and open source.

Tracker 5.1.5 installers: [Windows](#) [OS X](#) [Linux 32-bit](#) [Linux 64-bit](#)

Already have Tracker? Upgrade now to version 5.1.5: [Windows](#) [OS X](#) [Linux 32](#) [Linux 64](#)

OSX users: control-click the installer and choose Open from the popup menu rather than double-clicking.

[Installer Help](#) [Change Log](#) [Discussion Forum](#)

Be sure to check out the improved [Tracker Projects](#). Easy to build and save. Easy to browse in the [Library Browser](#) "Recent" tab.

What is Tracker?
Tracker is a free video analysis and modeling tool built on the [Open Source Physics \(OSP\)](#) Java framework. It is designed to be used in physics education.
Tracker [video modeling](#) is a powerful way to combine videos with computer modeling. For more information see [Particle Model Help](#) or AAPT Summer Meeting posters [Video Modeling \(2008\)](#) and [Video Modeling with Tracker \(2009\)](#).

Installing and using Tracker
To install Tracker, [download](#) and run the appropriate installer using the links at the top of the page. Tracker includes a JRE runtime and Xuggler video engine. For help see [tracker Help](#).

Tracker Features

Tracking:

- Manual and automated object tracking with position, velocity and acceleration overlays and data.
- Center of mass tracks
- Interactive graphical vectors and vector sums
- RGB line profiles at any angle, time-dependent RGB regions.

Modeling:

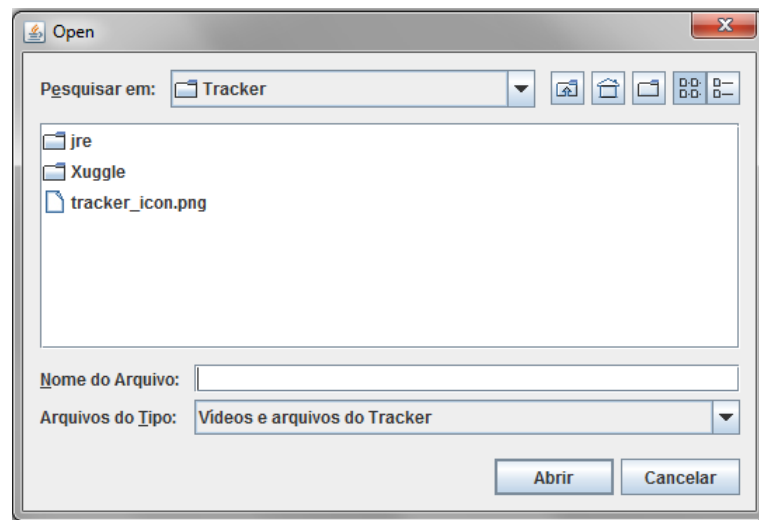
- Model Builder creates kinematic and dynamic models of point mass particles and two-body systems.
- External models animate and overlay multi-point data from separate modeling programs such as spreadsheets and [Easy Java Simulations](#).
- Model overlays are automatically synchronized and scaled to the video for direct visual comparison with the real world.

Video:

- Free Xuggler video engine plays and records most formats (mov/avi/flv/mp4/wmv etc) on Windows/OSX/Linux.
- Video filters, including brightness/contrast, strobe, ghost trails, and denierlacc filters.
- Perspective filter corrects distortion when objects are photographed at an angle rather than straight on.
- Radial distortion filter corrects distortion associated with fisheye lenses.
- Export Video record enables editing and transcoding videos, with or without overlay graphics, using Tracker itself.
- Video Properties dialog shows video dimensions, path, frame rate, frame count, more.

Fonte: Autor (2020)

FIGURA 3 - CAIXA DE ABERTURA DE ARQUIVOS



Fonte: Autor (2020)

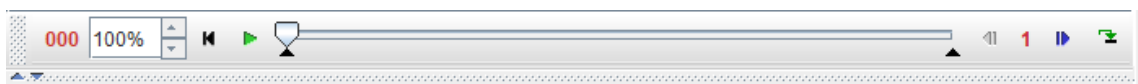
Uma vez aberta, basta selecionar o arquivo que deseja analisar e clicar no botão <Abrir>. Nota: nesta descrição, partiu-se do pressuposto de que a filmagem de um experimento tenha sido realizada previamente e que o respectivo arquivo de vídeo tenha sido transferido para o computador no qual o *Tracker* esteja instalado.

3.3 Identificação e Recorte de Quadros para Análise

Um recurso extremamente importante na análise de vídeo (videoanálise) é o recorte de quadros para análise, pois este é a funcionalidade que delimita a parte da filmagem referente ao objeto de estudo.

A grande tela branca é onde o vídeo será carregado. Atente-se para a barra de progressão do vídeo, pois ela será importante para definir o intervalo da filmagem que interessa, ou seja, o conjunto de quadros de vídeo que efetivamente serão analisados, conforme Figura 4.

FIGURA 4 - ÁREA DE INTERVALO DE QUADROS



Fonte: Autor (2020)

Exemplificando: se utilizarmos um vídeo de 94 quadros, para tal quantidade a área aparecerá com as seguintes características, conforme Figura 5:

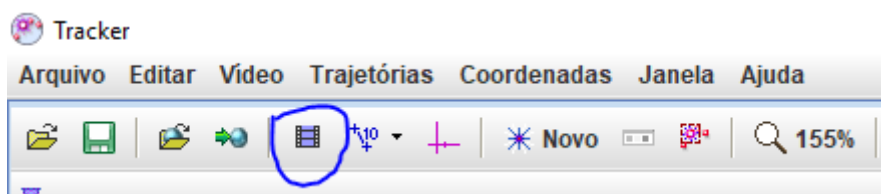
FIGURA 5 - ÁREA DE INTERVALO COM 94 QUADROS



Fonte: Autor (2020)

Porém, para utilizar o pedaço do vídeo que efetivamente será útil para a experiência, procure o ícone “AJUSTE DE CORTE DE VIDEO”, conforme figura 6. Note-se que este recurso é útil porque, ao filmar o movimento de um objeto, o filme associado pode ter-se iniciado muito antes da efetiva realização da experiência, de modo que, ao transferir o vídeo para o computador e ao analisá-lo com o *Tracker*, torna-se importante ignorar a parte da filmagem que não corresponde efetivamente ao experimento.

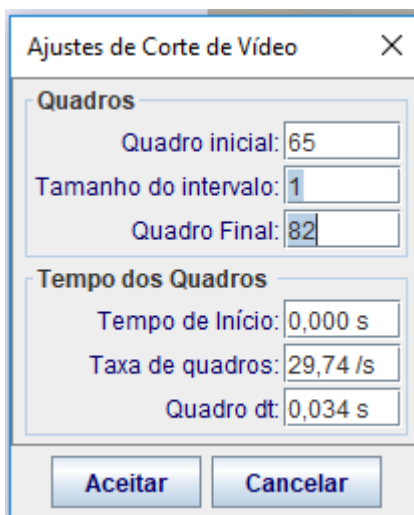
FIGURA 6 - ÍCONE PARA AJUSTE DE CORTE DE VÍDEO



Fonte: Autor (2020)

Nesse vídeo em específico, utilizaremos, para exemplificar, o intervalo do quadro 65 ao quadro 82, conforme demonstrado na figura 7.

FIGURA 7 - TELA DE AJUSTES DE CORTE DE VÍDEO



Fonte: Autor (2020)

Clique em <Aceitar>, feito isso, a área de análise já estará delimitada conforme Quadro Inicial e Final.

3.4 Calibração da Escala de Vídeo


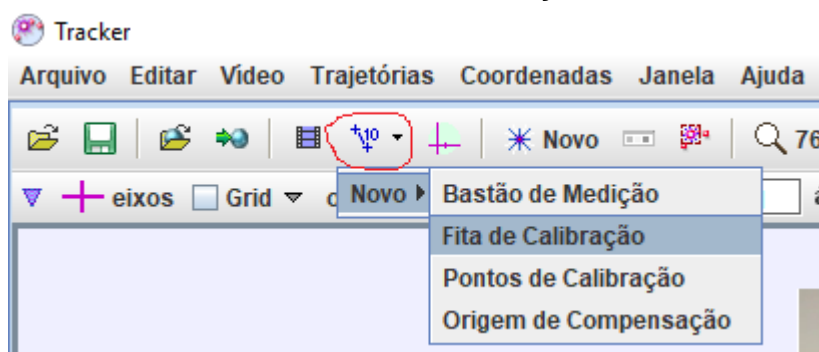
Após selecionado o intervalo de quadros relevantes do vídeo, é necessário inserir a “FITA DE CALIBRAÇÃO”, é ela que define a ESCALA do Vídeo, a escala de análise. Para tal, procure o Ícone , destacado na figura 7, no caminho Novo > Fita de Calibração.

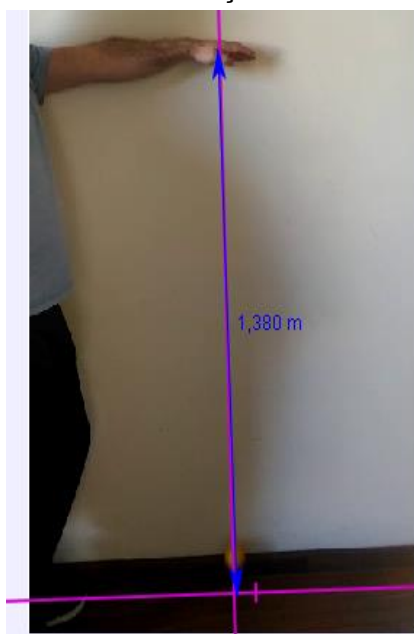
FIGURA 8 - FITA DE CALIBRAÇÃO



Fonte: Autor (2020)

Para marcar a posição inicial e final, basta pressionar ao mesmo tempo a tecla “SHIFT” + um Clique do Mouse. Para exemplificar tal funcionalidade, elaboramos a figura 9, na qual mediu-se com uma trena a altura do chão até a mão da pessoa que aparece na imagem (a calibração do *Tracker* aparece como uma seta azul). Note-se que esta distância também poderia ser estabelecida a partir de uma régua colada ao fundo, na parede. É justamente esta medida externa que serve de base (calibração) para o programa “medir” as distâncias.


FIGURA 9 - FITA DE CALIBRAÇÃO EXEMPLIFICADA.



Fonte: Autor (2020)

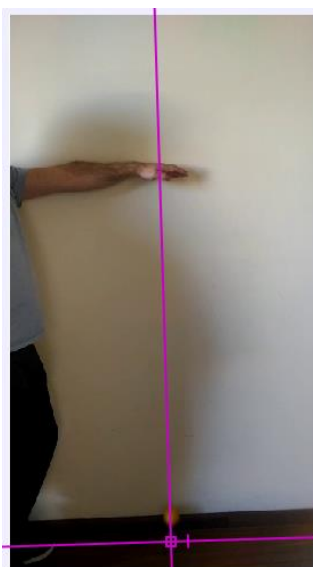
Na figura 9 também estão demonstrados os eixos de coordenadas (em rosa), que serão tratados no item a seguir.

3.5 Definição do quadro de referência, eixos e seu ângulo.

Clique no botão Eixos  para mostrar as coordenadas em X e Y. Arraste a origem e/ou coordenada x para definir o quadro de referência e ângulo. Uma posição conveniente seria a posição inicial do objeto de interesse. A escala de vídeo e quadro/ângulo de referência definem as coordenadas do sistema usados para converter as posições dos pixels da imagem em coordenadas do sistema universal. Em alguns vídeos, as propriedades do sistema podem mudar, podendo variar quadro a quadro como, por exemplo, quando há variação no zoom da câmera. Neste momento, é importante sugerir que, durante a filmagem, não sejam realizadas mudanças de zoom, porque, neste caso, perde-se a referência da calibração e os resultados numéricos obtidos deixam de apresentar valores confiáveis.

Na figura 10 é apresentado o posicionamento dos Eixos, sendo o eixo X horizontal e o Y perpendicular ao chão (e paralelo à altura da pessoa que aparece na imagem).

FIGURA 10 - POSICIONAMENTO DOS EIXOS X E Y

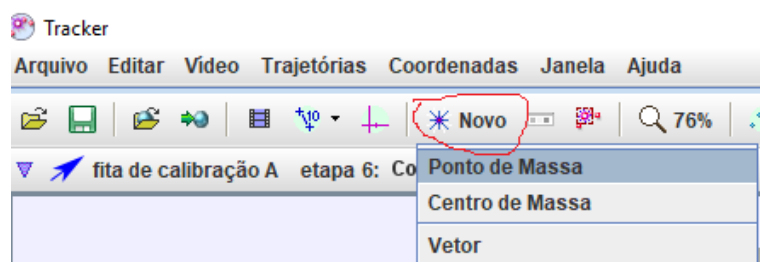


Fonte: Autor (2020)

3.6 Marcação do objeto, plotagem e análise dos dados

Para analisar o movimento do objeto, é necessário demarcá-lo. Para tal, utiliza-se a função “Ponto de Massa”, conforme demonstrado na figura 11.

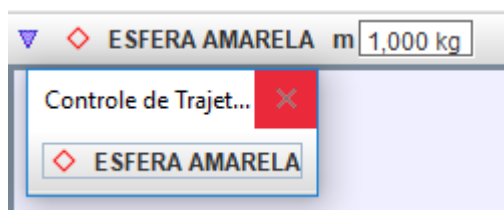
FIGURA 11 - PONTO DE MASSA



Fonte: Autor (2020)

Após selecionada a opção “Ponto de Massa”, aparecerá uma caixa com o nome “Controle de Trajetória” e um ponto de massa padrão que pode ser renomeado; nesta situação, foi utilizado o nome “ESFERA AMARELA”, sendo possível também informar a sua massa em “Kg”, conforme aparece na figura 12.

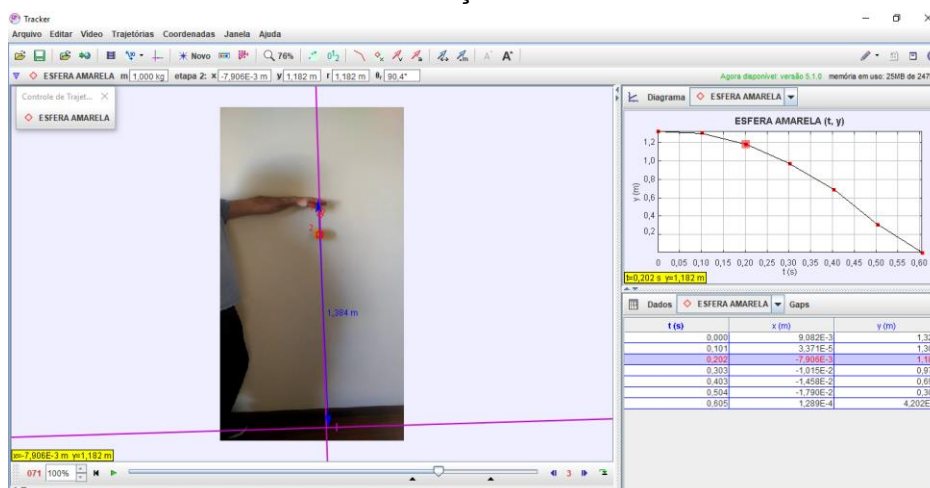
FIGURA 12 - PONTO DE MASSA - ESFERA AMARELA



Fonte: Autor (2020)

O próximo passo é realizar as marcações. Para tal, pressione a tecla “SHIFT” e realize as marcações conforme a evolução dos quadros (no caso aqui apresentado, o vídeo corresponde a uma bolinha solta pela mão visível no vídeo – a bolinha cai em queda livre, na direção do eixo Y). É pertinente que nesse momento seja dado um ZOOM na imagem para poder marcar com o máximo de precisão possível a posição da bola em cada quadro. Na figura 13, manteve-se o ZOOM normal para fins de ilustração.

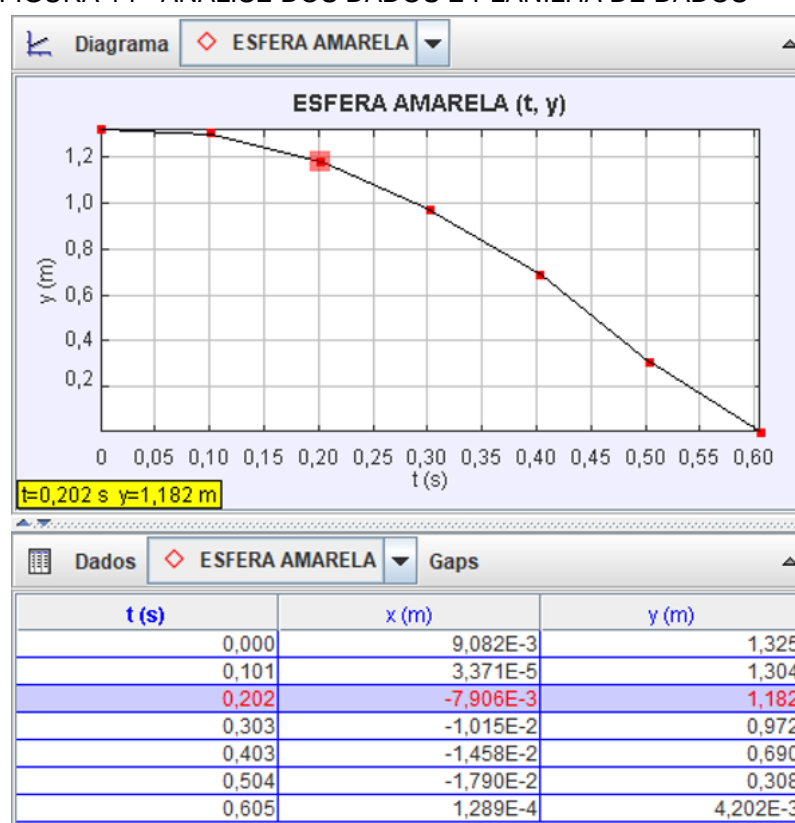
FIGURA 13 - MARCAÇÃO DE PONTOS



Fonte: Autor (2020)

À medida que os pontos de massa são marcados, a tabela localizada na parte inferior direita da tela do *Tracker* começa a ser preenchida e o gráfico também surge dinamicamente (acima à direita). Tal marcação é destacada na figura 14.

FIGURA 14 - ANÁLISE DOS DADOS E PLANILHA DE DADOS



Fonte: Autor (2020)

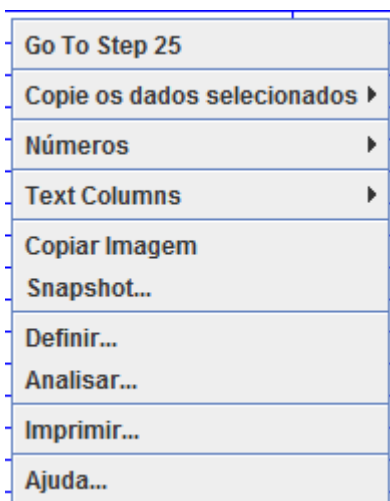
Duas das funcionalidades mais importantes do *Tracker* são o “Definir” e “Analisar”, sendo:

- Definir: mostra o construtor de dados com o qual você poderá definir suas próprias variáveis para plotagem na tabela de dados. Variáveis personalizadas podem ser virtualmente embutidas em qualquer função e previamente definidas como variáveis padrão.

- Analisar: mostra a ferramenta de dados, com estatísticas, curvas e outras possíveis análises.

Ambas estão disponíveis ao clicar-se com o botão Direito do mouse na tabela de dados, conforme demonstrado na figura 15.

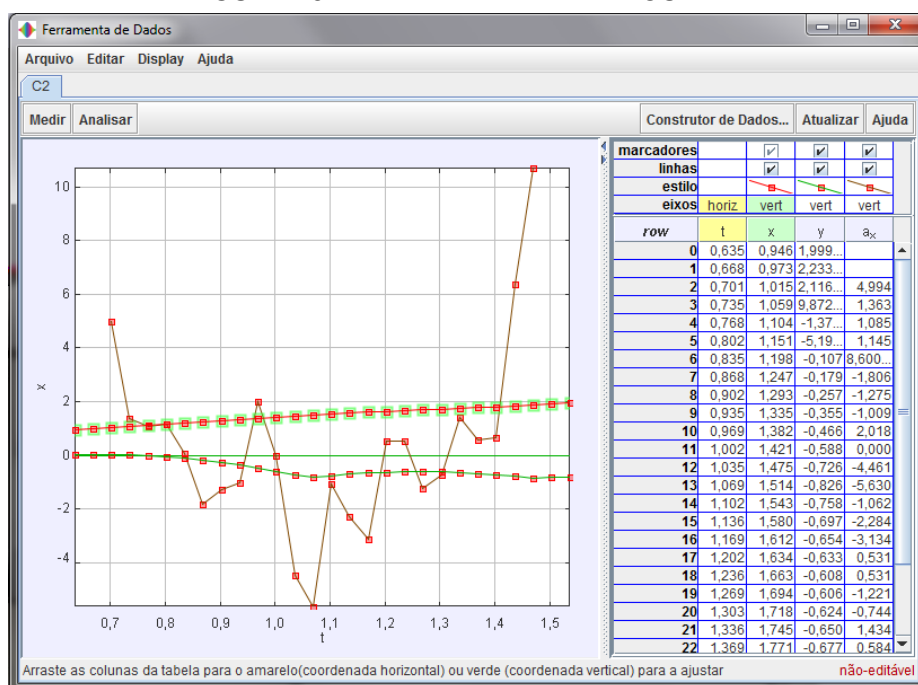
FIGURA 15 - MENU PARA "DEFINIR" E "ANALISAR".



Fonte: Autor (2020)

Ao selecionar “Analisar”, será apresentada a função “Ferramenta de Dados”, mostrada na figura 16, sendo essa uma das mais poderosas ferramentas inclusas no *Tracker* e que será abordada futuramente em um curso avançado sobre o *Tracker*.


FIGURA 16 - FERRAMENTA DE DADOS



Fonte: Autor (2020)

Após realizado as devidas análises é de extrema importância salvar o projeto, para que seja revisto ou revisitado no futuro.

3.7 Persistência do Projeto como arquivo de extensão *Tracker* (.trk)

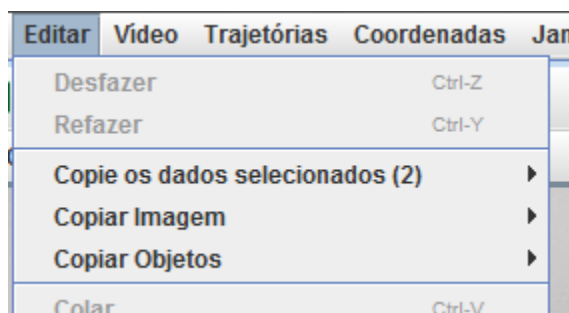
Para gravar o arquivo no seu computador, clique no botão Salvar , ou na barra de tarefas no caminho Arquivo > Salvar Como, sendo que seu projeto será salvo com a extensão “.trk” *Tracker*.

É importante salientar que o *Tracker* grava em seu projeto o arquivo de vídeo e todas as marcações realizadas, inclusive as configurações, não sendo necessário refazê-las.

3.8 Exportação de Dados e Imagens

Os dados da tabela de dados podem ser copiados através do recurso CTRL+A para selecionar todas as informações e CTRL+C para enviar os dados para a área de transferência, sendo possível enviar para outra aplicação, por exemplo, um programa de planilhas ou um programa específico para a confecção de gráficos e análise de dados, caso necessário. No menu “Editar” o programa possui opções para que sejam copiados Objetos, Imagens e Números, como exemplificado na figura 17.

FIGURA 17 - MENU EDITAR EXPANDIDO



Fonte: Autor (2020)

Os recursos descritos neste item são os principais para execução da maioria dos experimentos elaborados com o *Tracker*.

4 MODELO DE OFICINA DE ENSINO

O foco do mestrado profissional que resultou neste produto educacional é o desenvolvimento de um formato de oficinas de videoanálise para a formação de professores, com duração média entre 4 a 12 horas, para utilização do software *Tracker* como ferramenta de apoio no ensino de Física. Neste capítulo, serão descritos formato dos encontros e momentos, os materiais necessários para execução e os custos levantados com referência em maio/2020. Vale salientar que conforme material constante da dissertação, este formato de oficina foi validado por um curso realizado que envolveu professores do Departamento de Física da UTPFR durante a X Jornada Acadêmica, em fevereiro de 2020. Detalhes a respeito desta validação podem ser encontrados na dissertação.

4.1 Formato dos Encontros e Momentos

O formato sugerido pelo autor é uma oficina com duração média de 4 horas por encontro, sendo cada encontro dividido em 3 momentos. A quantidade de encontros pode variar de 1 a 3, dependendo do nível da turma e da disponibilidade do espaço, bem como de quantidade e complexidade dos experimentos propostos, todavia, 1 encontro com 3 momentos é o mínimo sugerido para fazer uma apresentação inicial da videoanálise com o *Tracker*.

Para cada um dos encontros, sugere-se que o instrutor desenvolva um conjunto de slides para utilizar como guia, da mesma forma, é importante que haja um momento de confraternização e troca de experiências profissionais entre os participantes, pois considera-se que este seja o ganho efetivo: o encaixe da videoanálise no cotidiano de cada participante, como ferramenta de ensino e o incentivo à utilização de atividades didáticas experimentais utilizando o *Tracker*.

Em princípio, caso haja um grupo de duas ou três pessoas responsáveis pela oficina, esta pode ser oferecida a um público de até aproximadamente 30 pessoas, porém, turmas menores (com menos de 20 participantes) são sugeridas, para que seja possível um acompanhamento mais detalhado do desenvolvimento dos trabalhos. Sugere-se também que a turma seja dividida em equipes de 3 a 4 participantes, de modo que os responsáveis pela oficina possam ter momentos de interação com grupos menores durante a realização dos experimentos que ilustram o uso da videoanálise e a operação do *Tracker*.

4.1.1 Primeiro Encontro

O objetivo do primeiro encontro é apresentar o aluno ao mundo da videoanálise, então, como objetivos específicos pode-se elencar:

- a) Breve introdução à videoanálise e suas potencialidades na experimentação;
- b) Apresentação do *Tracker*, instalação, parametrização e exemplo de uso;
- c) Realização e filmagem do experimento de Queda Livre;
- d) Prática de uso do Software.

Nota: sugere-se realizar inicialmente o experimento de queda livre, tendo em vista que se trata de um experimento muito comum nas aulas de laboratório de Física e que é conhecido pela quase totalidade dos professores (inclusive licenciandos). Este experimento requer materiais muito simples e pode ser realizado em poucos minutos, incluindo a transferência do arquivo de vídeo para o computador e a execução dos procedimentos com o *Tracker*. A experiência de realização de oficinas indica que em cerca de 15 minutos é possível efetuar todos os passos, desde o experimento em si até a análise dos dados trackeados, o que o torna muito conveniente como modelo para introduzir o uso do *Tracker*.

Como sugestão para os momentos deste primeiro encontro, podemos utilizar a seguinte divisão:

Momento	Conteúdo
1º Momento	<ol style="list-style-type: none"> a) Alinhamento Inicial quanto à proposta do experimento b) Realização do Experimento de Queda Livre pelo professor da Oficina e repetição do experimento por parte das equipes. c) Montagem do Experimento e Realização das Filmagens d) Importação das Filmagens no Tracker e) Trackeamento Inicial e, se for o caso, refilmagem.
2º Momento	Momento de confraternização e discussão quanto ao experimento realizado e as potencialidades da utilização da videoanálise
3º Momento	Apresentação e discussão dos resultados obtidos pelos grupos através do trackeamento do vídeo repassado pelo instrutor.

Sugere-se que o instrutor realize o experimento de queda livre, como instrução ao uso do *Tracker* e para reforço, ainda no 1º Momento, repasse esse vídeo aos alunos, para somente depois pedir para que eles façam o experimento eles mesmos.

No 2º momento, é interessante discutir a prática do experimento realizado, incentivar os participantes a visualizar sua utilização em sala de aula como ferramenta, identificar possíveis experimentos que poderiam realizar com a mesma ferramenta, porém, agora de forma genérica, com materiais que eles tenham disponíveis em seus ambientes de trabalho. Para isso, é importante que os instrutores organizem uma pasta de artigos com exemplos de aplicação de uso da videoanálise, a fim de dar informações embasadas e inspirar os participantes.

No 3º momento, é proposto que os alunos realizem seus próprios experimentos de queda livre, podendo utilizar o material entregue pelo instrutor, ou fazer com materiais próprios. A filmagem deve ser realizada com seus aparelhos de celular e os vídeos construídos trackeados. Ao final, todos devem expor seus trabalhos para o grupo.

4.1.2 Segundo Encontro

O objeto do segundo encontro é a prática do uso do software, através de experimentos propostos pelo instrutor, utilizando materiais como pista de carrinhos e carrinhos (tipo Hot Wheels, por exemplo), pois o foco da oficina é justamente demonstrar que com a videoanálise pode-se investigar conceitos físicos com materiais de baixo custo, sem perda de qualidade com relação à complexidade dos experimentos possíveis de serem realizados.

Momento	Conteúdo
1º Momento	<ul style="list-style-type: none"> a) Instrução inicial quanto ao desenvolvimento do encontro. b) Distribuição do Material para prática com carrinhos. c) Instrução quanto à prática experimental, para realização dos experimentos com 1 e 2 carrinhos respectivamente.
2º Momento	Momento de confraternização e discussão quanto ao experimento realizado e as potencialidades da utilização da videoanálise.
3º Momento	Apresentação dos resultados obtidos pelos grupos.

No segundo encontro, devem ser apresentados os roteiros que constam neste Produto Educacional, intitulados “Pista de Hot Wheels com 1 carrinho” e “Pista de Hot Wheels com 2 carrinhos”. Esta apresentação deve ocorrer ainda no 1º momento, pois ela será a instrução básica para o decorrer do encontro.

Seria relevante também a apresentação dos conceitos físicos envolvidos nestes experimentos e instigar o debate para o 2º momento, tentando viabilizar o encaixe destes experimentos durante alguma sequência didática que os participantes utilizam em sala de aula.

No 3º momento, os grupos devem apresentar os resultados obtidos, não sendo necessária a execução de ambos os experimentos, podendo o grupo escolher realizar o experimento com 1 ou 2 carrinhos. A percepção importante é demonstrar a potencialidade de uso do *Tracker* como ferramenta didática.

Importante salientar que, no 3º momento, também se deva levantar os experimentos que os participantes apresentam como sugestão para o 3º Encontro, caso este esteja planejado, para viabilizar a aquisição dos materiais ou busca dos mesmos, já que o objetivo é realização de experimentos de baixo custo com a utilização da videoanálise.

4.1.3 Terceiro Encontro

O objeto do terceiro encontro, se este se fizer oportuno, é a realização de experimentos propostos pelos próprios participantes das oficinas, todavia, seria necessário viabilizar a inserção de materiais que não sejam aqueles que fazem parte da estrutura inicial deste formato de oficina.

Este encontro é mais generalista, podendo ser dividido conforme o padrão proposto, ou pela sugestão da própria turma, haja vista que será o último encontro.

Como sugestão apresenta-se o seguinte formato:

Momento	Conteúdo
1º Momento	<ul style="list-style-type: none"> a) Instrução inicial quanto ao desenvolvimento do encontro. b) Distribuição do Material levantado pelos participantes. c) Execução dos experimentos.
2º Momento	Momento de confraternização e discussão quanto ao experimento realizado e as potencialidades da utilização da videoanálise.
3º Momento	Apresentação dos resultados obtidos pelos grupos.

O encerramento da oficina pode se dar após o 2º ou 3º encontro, ou até mesmo após o 1º encontro e, como sugestão de avaliação, caso se faça necessária, pode-se avaliar a presença e a qualidade da participação durante as apresentações. Note-se que, neste tipo de trabalho (cursos e oficinas), o importante é o entendimento das funções da ferramenta e de como realizar sua aplicação no ensino de Física.

4.2 Materiais Necessários e Custo de Aquisição

Os materiais necessários para execução dos experimentos são de baixo custo e relativamente fáceis de encontrar para aquisição online. Sugere-se adquirir online pela variedade de oportunidades, até porque mesmo materiais seminovos servem para atividades de experimentação. Todavia, como pré-requisitos para o ambiente da oficina, sugere-se que a sala de aula contenha:

- a) Projetor;
- b) Quadro;
- c) Mesas e Cadeiras;
- d) Pontos de Eletricidade.

Caso a sala de aula não seja um laboratório de informática, é necessário que os participantes levem notebook e aparelho celular com câmera (ou uma câmera digital). Os demais materiais estão relacionados a seguir, com 3 cotações para referência.

Material	1ª Cotação	2ª Cotação	3ª Cotação
Conjunto de Pistas Hot Wheels Track Builder	Magazine Luiza – R\$19,99	Casas Bahia – R\$19,99	Ri Happy Brinquedos – R\$19,99
Carrinho Básico Sortido - Hot Wheels C4982	Americanas.com – R\$10,99	Toymania – R\$9,89	Amazon.com.br – R\$8,81
Fita Crepe Uso Geral Eurocel Borracha Sintética 19mmx50m	Magazine Luiza – R\$2,38	Submarino – R\$2,44	Shoptime – R\$2,44
Bola de Tennis Head Master Tubo Com 3 Bolas - Unissex – Amarelo	Pró-Spin – R\$29,90	Americanas.com – R\$29,90	Submarino – R\$29,90
Cartolina 50 x 66cm Branca Nova Print	Americanas.com – R\$1,84	Submarino – R\$1,84	Shoptime – R\$1,84
Régua Acrimet 30cm	Kalunga.com – R\$2,40	Amazon.com.br – R\$2,28	Magazine Luiza – R\$2,00
Total	R\$ 67,50	R\$ 66,34	R\$ 64,98

O Custo médio do orçamento proposto é, portanto, de R\$ 66,30, o que caracteriza a terminologia “baixo custo” aqui utilizada. Estão listados para aquisição materiais que normalmente temos à disposição, como régua para calibração no *Tracker* e fita crepe. A cartolina é necessária para criar um fundo branco na hora da Filmagem, “ruídos” na imagem de fundo atrapalham na hora da identificação do ponto de massa.

5 ROTEIROS DE EXPERIMENTOS

Os experimentos propostos são: 1- Queda livre dos corpos e 2- Carrinhos em pista de Hot Wheels.

Seguindo essa linha de exemplos, pretende-se passar por diversos temas da Cinemática e Dinâmica, tais como: MRU, MRUV, Momento Linear, Energia, Conservação de Momento, Conservação de Energia, Colisões, Queda Livre, Lançamento Oblíquo.

A proposta é demonstrar experimentos que podem ser utilizados com alunos de diversos níveis, sendo que a complexidade da abordagem depende da formação do professor, dos objetivos constantes do planejamento e dos recursos e infraestrutura disponíveis. É ainda importante notar que se, em algumas situações, pode-se realizar uma única filmagem e a partir dela chegar a diversas conclusões (vide, por exemplo, o “Experimento Inovador e Integrador” descrito na dissertação associada a este produto).

Todos os roteiros seguirão o seguinte padrão:

- a) Objetivo;
- b) Ideia do Experimento;
- c) Materiais para realização do Experimento;
- d) Montagem;
- e) Comentários.

5.1 Queda Livre

O experimento de Queda Livre, do ponto de vista de ensino de videoanálise, é o mais tradicional, pois com um material qualquer como um lápis, uma borracha, apagador, uma bolinha, ou seja, um material à disposição, com o auxílio de uma câmera, é possível realizá-lo.

5.1.1 Objetivo

O objetivo é obter a aceleração da gravidade através da análise de vídeo utilizando o *Tracker*, tendo como referência o valor ideal $9,8 \text{ m/s}^2$. Para tornar mais simples a compreensão do experimento, deve-se realizar todas as etapas e analisar os dados obtidos. Em geral, se o objeto for lançado de uma altura de cerca de 1,5m, ao plotar a curva da posição contra o tempo, haverá diversos pontos disponíveis e

imediatamente será verificado que a função posição versus tempo corresponde a uma parábola, portanto, demonstra-se que se trata de um MRUV. Na sequência, procede-se ao cálculo de g .

5.1.2 Ideia do Experimento

O experimento consiste em observar a queda de uma esfera de borracha amarela, filmá-la e realizar a análise de dados através do software *Tracker*.

5.1.3 Materiais para realização do Experimento

Para realização deste experimento são necessários:

- 1) Uma esfera ou material de fácil filmagem;
- 2) Uma régua para fixar na parede e calibrar o *Tracker*;
- 3) Fita adesiva para fixar a régua na parede;
- 4) Uma câmera ou aparelho celular para filmagem;
- 5) Um notebook para realizar a análise de dados.

Importante ressaltar que materiais como régua, fita adesiva, câmera e notebook são comuns a todos os experimentos com o *Tracker*.

5.1.4 Montagem do Experimento

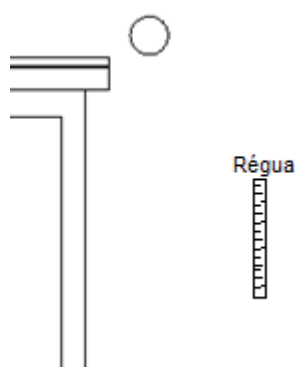
A Montagem é relativamente simples, porém, algumas dicas de filmagem devem ser seguidas para que não haja problema durante o “trackeamento” dos dados.

Para a filmagem, seleciona-se uma parede, ou um fundo de filmagem, liso, de cor clara preferencialmente, onde seja possível distinguir o objeto da cor da parede.

Nesta superfície deve ser fixada a régua, preferencialmente perpendicular ao chão e nivelada.

A Figura 18 é uma sugestão de como deveria ser estruturado o ambiente, utilizando por exemplo uma mesa de referência. Não há essa obrigatoriedade, é somente uma sugestão.

FIGURA 18 - ESQUEMA DE MONTAGEM QUEDA-LIVRE



Fonte: Autor (2020)

Uma condição importante é que a pessoa que irá realizar a filmagem permaneça imóvel, então, como sugestão, pode-se apoiar em uma cadeira e, além disso, também usar um aparato para fixação da câmera ou aparelho celular.

Após isso, basta “soltar” a esfera, iniciando a filmagem na soltura da bola e encerrando após ela encontrar a superfície.

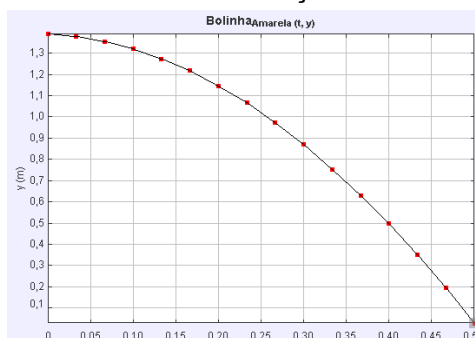
5.1.5 Comentários

O experimento prático já foi realizado, agora basta realizar a importação da filmagem para o software *Tracker*. As instruções quanto à construção dos dados e análise dos mesmos estão disponíveis no capítulo 3 deste produto educacional.

Retomando o objetivo principal, após a realização do experimento, deve-se utilizar a ferramenta de Análise de Dados para fazer o “fitting” da melhor curva para os pontos experimentais – no caso, uma parábola – e, a partir da análise desta curva, para obtenção do valor de g , que, em geral, será próximo a $9,8\text{m/s}^2$. Caso isso não ocorra, o instrutor pode discutir com os participantes as possíveis causas da discrepância, calcular os erros associados e, se for o caso, a filmagem pode ser refeita. É importante notar que, mesmo que seja obtido um valor como, por exemplo, “ $10,0\text{ m/s}^2$ ”, este valor não deva ser considerado “errado”, afinal, o resultado experimental deve ser “soberano” quando se faz investigações da natureza. Neste caso, o instrutor deve discutir com os presentes e sugere-se que sejam realizadas diversas experiências semelhantes, a fim de se obter um conjunto de valores que sirvam de base para uma discussão mais aprofundada.

Como análise didática, vale ressaltar o gráfico gerado pelo *Tracker* com aspecto parabólico, caracterizando, portanto, uma função de 2º grau, conforme Figura 19.

FIGURA 19 - GRÁFICO POSIÇÃO X TEMPO



Fonte: Autor (2020)

Na Ferramenta de Análise de Dados, através do método “analisar”, caracterizando a curva como Parabólica, obtém-se dados com as seguintes características, conforme visto na Figura 20 (Nota: neste exemplo, são utilizados valores obtidos pelo autor em um dos experimentos realizados durante uma oficina ministrada).

FIGURA 20 - ANÁLISE DE CURVA

Nome do Fit: Parabólico	Construtor de Fit...	Parâmetro	Valor
Equação do Fit: $y = A*t^2 + B*t + C$		A	-4,939E0
<input checked="" type="checkbox"/> Autofit rms dev: 2,538E-3		B	-2,601E-1
		C	1,396E0

Fonte: Autor (2020)

Na figura 28, pode-se perceber o recurso para tratamento de dados disponível no *Tracker*. Com os dados obtidos a partir do trackeamento da queda da bola, o programa permite fazer um ajuste (“fit”) segundo uma função parabólica, na figura, representada por $y = A*t^2 + B*t + C$, ou seja, a equação $y = At^2 + Bt + C$, que corresponde à equação bem conhecida do MRUV: $y = y_0 + v_0t + \frac{1}{2}gt^2$, na qual y_0 é a posição inicial, v_0 a velocidade inicial e g a aceleração da gravidade; é por isso que se pode afirmar que $g = 9,88 \text{ m/s}^2$.

5.2 Pista de Hot Wheels com 1 ou 2 carrinhos com Colisão

O experimento Pista de Hot Wheels com 1 ou 2 carrinhos com Colisão pode ser separado em 2 experimentos, sendo um deles realizado somente com 1 carrinho e outro com 2 carrinhos com colisão. A ideia é realizar o trackeamento de ambas as situações e verificar os fenômenos físicos envolvidos.

5.2.1 Objetivo

O objetivo desse experimento é detectar com a filmagem e posterior análise dos dados durante o percurso dos carrinhos, características de conceitos Físicos como MRU, MRUV, Lançamento Oblíquo, Colisões, Conservação de Momento e Conservação de Energia e proporcionar ao aluno participante do experimento construir o conhecimento a partir da análise (modelagem) desses dados experimentais. Inclusive, sugere-se que os estudantes sejam os responsáveis pela realização dos experimentos e pelo trackeamento da filmagem.

5.2.2 Ideia do Experimento

O experimento consiste em “soltar” o carrinho em uma pista de Hot Wheels, inclinada, em que pode ou não haver um segundo carrinho na outra ponta, realizar sua filmagem e observar/analisar os fenômenos físicos.

5.2.3 Materiais para realização do Experimento

Para realização deste experimento são necessários:

- 1) 1 ou 2 carrinhos de Hot Wheels.
- 2) Um conjunto de pista de Hot Wheels encaixadas entre si, 4 gomos de 30 cm são suficientes.
- 3) Uma superfície lisa, para montagem da pista.
- 4) Um suporte, para inclinar a pista para dar movimento inicial do carrinho.
- 5) Uma régua para ser fixada na parede e usada para calibrar o *Tracker*.
- 6) Fita adesiva para fixar a régua na parede.
- 7) Uma câmera ou aparelho celular para filmagem.
- 8) Um notebook para realizar a análise de dados com o *Tracker*.

Este experimento tem uma particularidade para a qual se faz necessária a determinação da massa de ambos os carrinhos, para que a atividade seja mais rica de significado e potencialidades.

Caso não se tenha acesso a uma balança, o valor da massa do carrinho pode aparecer na embalagem, como “peso estimado”.

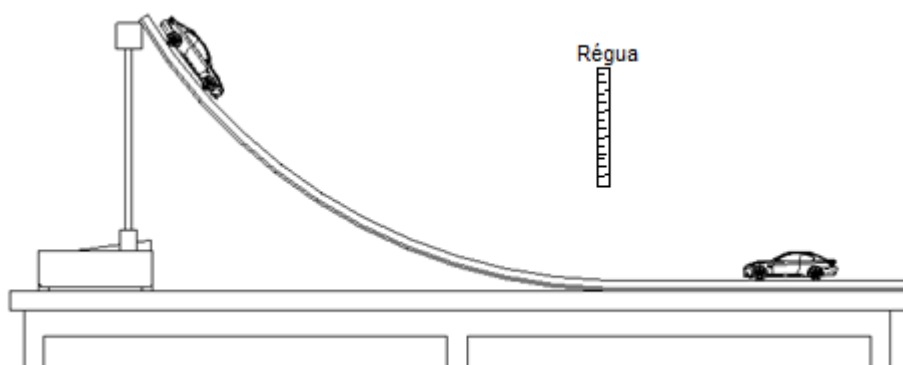
5.2.4 Montagem

Assim como no experimento de queda livre, algumas dicas de filmagem devem ser seguidas para que não haja problema durante o “trackeamento” dos dados.

Para a filmagem, seleciona-se uma parede, ou um fundo de filmagem liso, de cor clara, preferencialmente, onde seja possível distinguir o objeto (no caso, o carrinho) da cor da parede.

Nesta superfície deve ser fixada a régua (sugere-se perpendicular ao chão e nivelada). A Figura 21 apresenta um diagrama esquemático com uma sugestão de como poderia ser estruturado o ambiente, utilizando, por exemplo uma mesa de referência.

Figura 21 - experimento com 1 ou 2 carrinhos



Fonte: Autor (2020)

A montagem inicia por encontrar uma mesa, ou uma superfície lisa, para que não haja oscilações na pista (essas oscilações podem implicar em variações grandes na velocidade dos carrinhos e, por isso, interferem na análise do movimento).

Após encontrar a superfície, montar a pista de Hot Wheels (3 segmentos de 30 cm são suficientes). As pistas são acompanhadas de conectores.

Algumas pistas mais sofisticadas possuem apoios de pista, para “manobras”, porém, outros suportes podem ser “improvisados” como livros. O importante é manter a pista fixa, para que o movimento do carrinho não apresente variações por conta de deformações na pista. Note-se que esta recomendação visa à realização dos primeiros experimentos com o *Tracker*, para os quais movimentos mais simples

implicam em análises mais condizentes com o tempo didático das aulas e com o trabalho de usuários iniciantes.

Note na Figura 22 uma pista montada utilizando somente equipamentos que acompanham a pista de Hot Wheels e alguns improvisos.

Figura 22 - Pista montada



Fonte: Autor (2020)

Alguns pontos relevantes precisam ser observados quanto à filmagem desse experimento.

1º Ponto – A câmera precisa estar a uma distância que consiga filmar o movimento do início da pista até a queda do carrinho no chão.

2º Ponto – A câmera precisa estar fixa para que não existam vibrações na imagem.

3º Ponto – O objeto (carrinho) a ser trackeado precisa ser de uma cor que se destaque em relação à superfície de fundo, por isso, dar preferência a objetos de cor viva.

A Figura 23 mostra um ângulo de câmera utilizado para filmagem desse experimento e que cobre toda a região de interesse. Na imagem, pode-se observar a fita de calibração (seta na cor azul, no centro da imagem, à esquerda da superfície da mesa); os eixos coordenados (na cor rosa), de modo que o eixo X é paralelo à superfície da mesa e o eixo Y está à esquerda e é perpendicular ao chão; e as “marcações” (losangos alaranjados e com números visíveis a partir da parte acima à direita na imagem e que “acompanham” a pista) – estas marcações correspondem à posição do carrinho que desce pela pista nos diversos instantes de tempo (é o trackeamento quadro-a-quadro).

FIGURA 23 - EXEMPLO DE ÂNGULO DE FILMAGEM



Fonte: Autor (2020)

Por fim, com a filmagem realizada, basta importá-la no *Tracker* para realizar as devidas análises. Talvez seja necessário refazer algumas vezes até obter uma melhor imagem, porém, se as instruções que foram apresentadas neste documento forem observadas, diminui consideravelmente a chance de isso acontecer, baseado na experiência de filmagem deste presente autor. De fato, é importante que o professor interessado em utilizar o *Tracker* realize diversos experimentos antes de apresentar a ferramenta aos alunos, a fim de estar familiarizado com esta tecnologia, seus recursos e potencialidades.

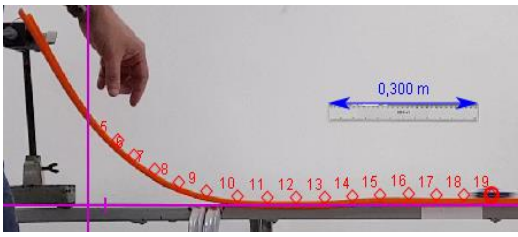

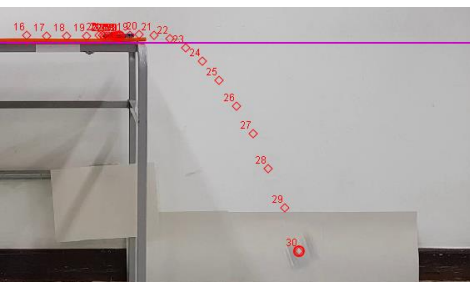
5.2.5 Comentários

Este experimento tem uma particularidade pela sua amplitude no que tange à quantidade de possíveis assuntos abordados. Logo, pode ser separado em partes específicas de trackeamento.

Para estes cenários, pode-se analisar as seguintes cenas/etapas:

- 1º) Carrinho descendo pela rampa.
- 2º) Carrinho 1 colidindo com Carrinho 2 (este colocado em repouso ao final da rampa).
- 3º) Queda do carrinho em lançamento oblíquo, após atingir o final da pista.

Para tal, criou-se uma tabela que relaciona uma sugestão de cenas e marcações com tópicos do ensino de Física.

Cena	Assuntos
	<p>Sugestão de Tópicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) MRUV (o carrinho na descida da rampa, por exemplo, entre os quadros 5 e 9). b) MRU (o carrinho na parte plana da pista, por exemplo, entre os quadros 11 e 19)
	<p>Sugestão de Tópicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Colisões. b) Momento Linear (e conservação). c) Energia Cinética (e conservação).
	<p>Sugestão de Tópicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Lançamento Oblíquo. b) Cálculo da aceleração da gravidade. c) Conservação de Momento Linear. d) Conservação de Energia.

Por fim, entende-se que este experimento dialogue com vários tópicos da Física Básica e pode ser inserido em diversos pontos do planejamento pedagógico, possibilitando que com uma única prática experimental e o mesmo trackeamento possam ser “reaproveitados” em diversos momentos do período letivo.

6 REFERÊNCIAS

BORDIN, G.D. **Potencialidades de uso do software de videoanálise Tracker no ensino de Física**. Orientador: Dr. Arandi Ginane Bezerra Jr. 2020. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

BRASIL, Lei 9394/96, de 23 de dezembro de 1996. **Lei de Diretrizes e Bases para a Educação Nacional**. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm . Acesso em 16/05/2019

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Curricular Comum - BNCC**. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/> . Acesso em 06/01/2020

BRASIL, Ministério da Educação. **Parecer CNE/CES nº 1.304/2001**. <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf> . Acesso em 10/01/2020

BROWN, Doug. Video Analysis and Modeling in Physics Education. APS, p. PL2. 001, 2008a.

BROWN, Doug. Video modeling: combining dynamic model simulations with traditional video analysis. In: **American Association of Physics Teachers (AAPT) Summer Meeting**, 2008b.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**. Editora Paz e Terra, 2018.

GALIAZZI, M.C., **Objetivos para as atividades experimentais no ensino médio**. *Ciência & Educação*, v.7, n.2, p.249-263, 2001.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, Antônio Dias. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

THOMAZ, Marília Fernandes. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 3, p. 360-369, 2000.