

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM FORMAÇÃO
CIENTÍFICA, EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA – PPGFCET.**

MARCUS VINICIUS PERES

**MATERIAL DE APOIO RELACIONADO AO EXPERIMENTO DA CARGA/MASSA
DO ELÉTRON:**

**ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA BASEADO EM
ATIVIDADES DE LABORATÓRIO MEDIADAS PELA UTILIZAÇÃO DE UM
SOFTWARE DE ANÁLISE E MODELAGEM.**

CURITIBA – PR

2016

MARCUS VINICIUS PERES

**MATERIAL DE APOIO RELACIONADO AO EXPERIMENTO DA CARGA/MASSA
DO ELÉTRON:**

**ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA BASEADO EM
ATIVIDADES DE LABORATÓRIO MEDIADAS PELA UTILIZAÇÃO DE UM
SOFTWARE DE ANÁLISE E MODELAGEM.**

Produto associado à dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências, do Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de concentração: Tecnologias de Informação e Comunicação.

Orientador: Professor Dr. Arandi Ginane Bezerra Jr

Co-orientador: Professor Dr. Jorge Alberto Lenz

CURITIBA – PR

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e
Tecnológica - PPGFCET

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

Peres, Marcus Vinicius
P437ma Material de apoio relacionado ao experimento da carga/
2016 massa do elétron / Marcus Vinicius Peres, Arandi Ginane
Bezerra Junior, Jorge Alberto Lenz.-- 2016.
14 f. : il. ; 30 cm

Bibliografia: p. 14.

1. Elétrons – Estudo e ensino. 2. Prática de ensino. 3. Tecnologia educacional. 4. Física – Estudo e ensino. I. Bezerra Junior, Arandi Ginane. II. Lenz, Jorge Alberto. III. Título.

CDD: Ed. 22 – 507.2

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba

EXPERIMENTO DA CARGA/MASSA



Figura 1 – Experimento da carga/massa.

“Uma fonte fornece energia para as bobinas de Helmholtz e a outra para o canhão de elétrons. O feixe surge no canto do bulbo de vidro e conforme o campo magnético aumenta, este feixe se curva fechando uma circunferência cujo raio é medido com o auxílio de uma estrutura metálica presente no bulbo que delimita: 2, 3, 4 e 5 cm.”

Uma vantagem que o experimento “trackeado” fornece é a independência da estrutura metálica presente no equipamento, visto que os valores dos raios da circunferência serão obtidos diretamente com o programa.

Para trabalharmos com os valores extraídos do experimento utilizamos, basicamente, as seguintes equações:

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \mu_0 n \frac{i}{R} \quad (1)$$

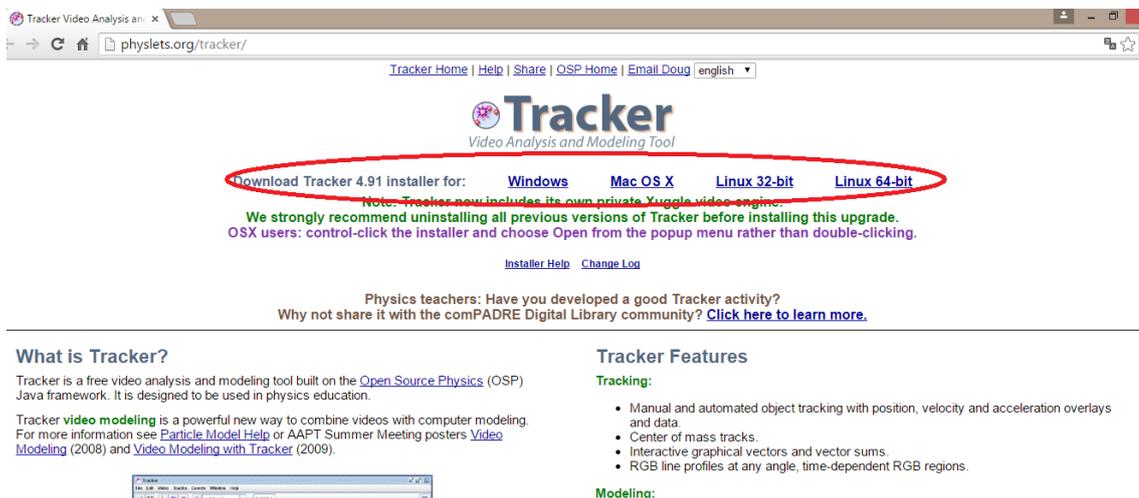
Que permite calcular o campo magnético em função do raio da bobina, do número de espiras e da corrente aplicada. Também temos a equação que fornece a relação carga/massa em função da tensão, do campo magnético e do raio da circunferência.

$$\frac{e}{m_0} = \frac{2U}{B^2 r^2} \quad (2)$$

VIDEOANÁLISE DO EXPERIMENTO DE MILLIKAN

Instalação do *Tracker*

Vá até a página <<http://physlets.org/tracker/>>. Baixe o programa de acordo com seu sistema operacional (*Windows, Mac, Linux* e etc.).



The screenshot shows the Tracker website homepage. At the top, there are navigation links: Tracker Home, Help, Share, OSP Home, Email Doug, and a language dropdown set to English. The main heading is "Tracker" with the subtitle "Video Analysis and Modeling Tool". Below this, there are four download links: "Download Tracker 4.91 installer for: Windows, Mac OS X, Linux 32-bit, Linux 64-bit". These links are circled in red. A note states: "Note: Tracker now includes its own private Yuggle video engine." Below the note, it says: "We strongly recommend uninstalling all previous versions of Tracker before installing this upgrade." and "OSX users: control-click the installer and choose Open from the popup menu rather than double-clicking." There are also links for "Installer Help" and "Change Log". A section for physics teachers asks if they have developed a good Tracker activity and provides a link to learn more. The page is divided into two columns: "What is Tracker?" and "Tracker Features".

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 new 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).

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.

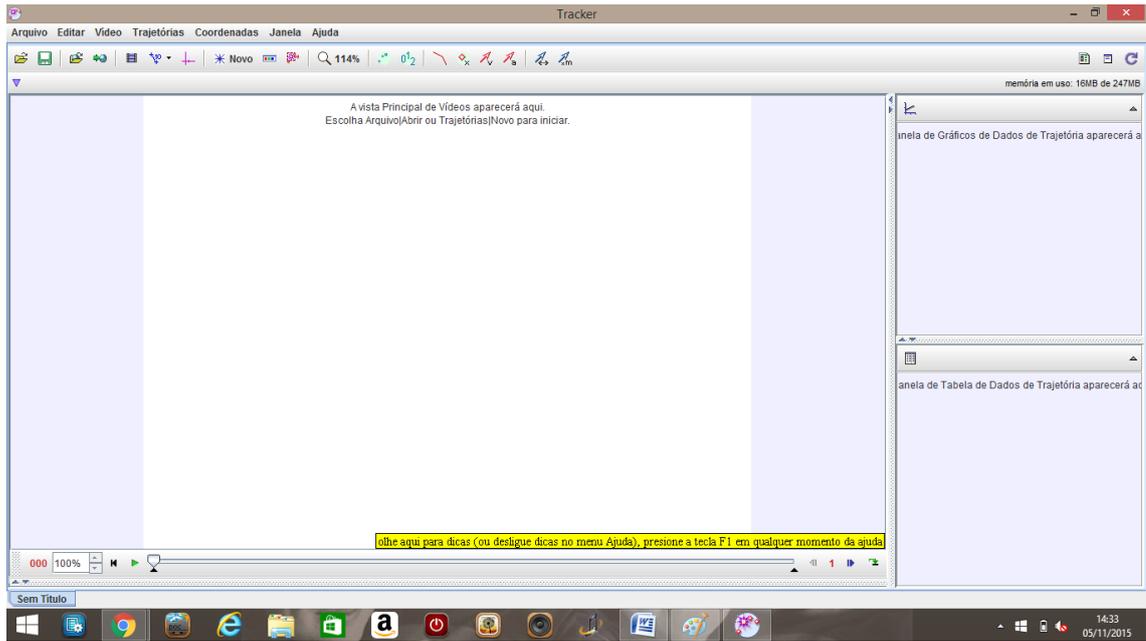
Modeling:

Avance até concluir a instalação do programa.

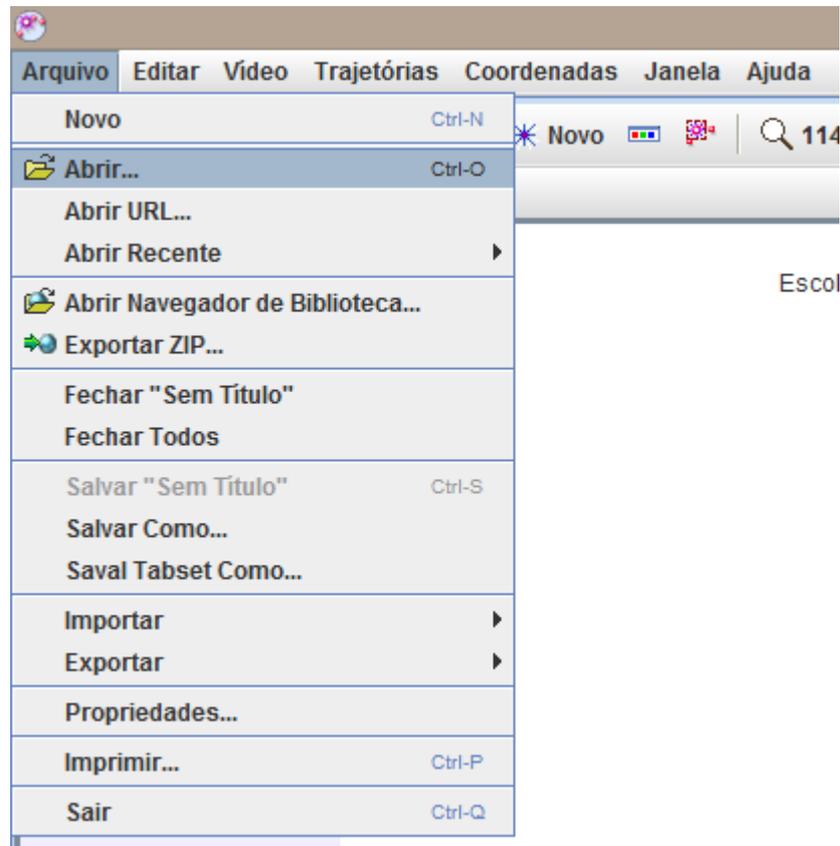
*Pode ser necessário atualizar as versões do programa *Java* e também do *Quicktime*, disponíveis em: <https://www.java.com/pt_BR/> e <<http://www.apple.com/br/quicktime/>>.

Começando a atividade:

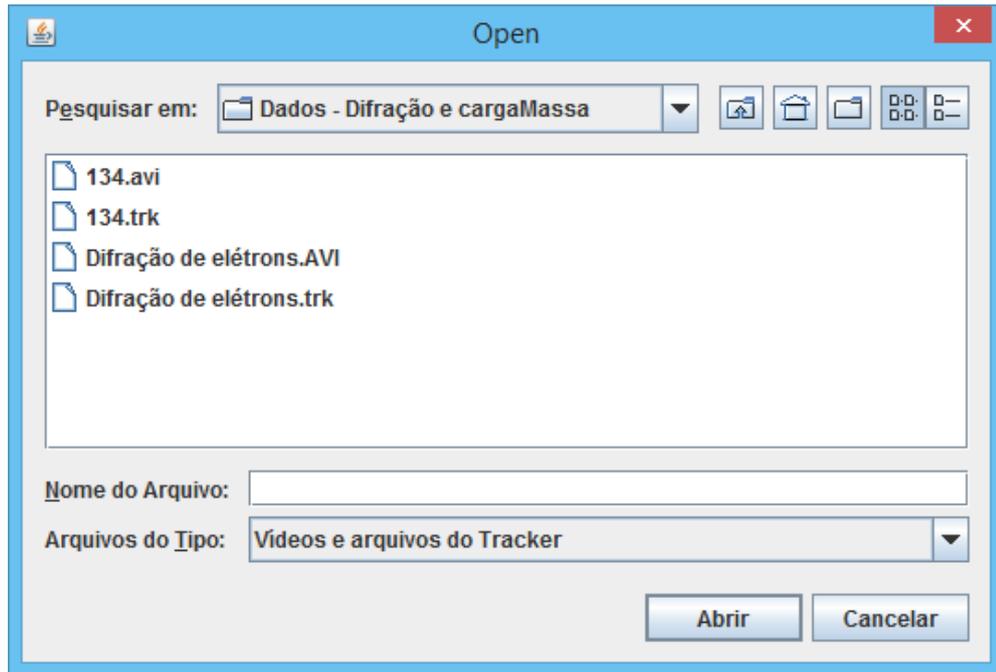
Abra o *Tracker* e verá a seguinte tela:



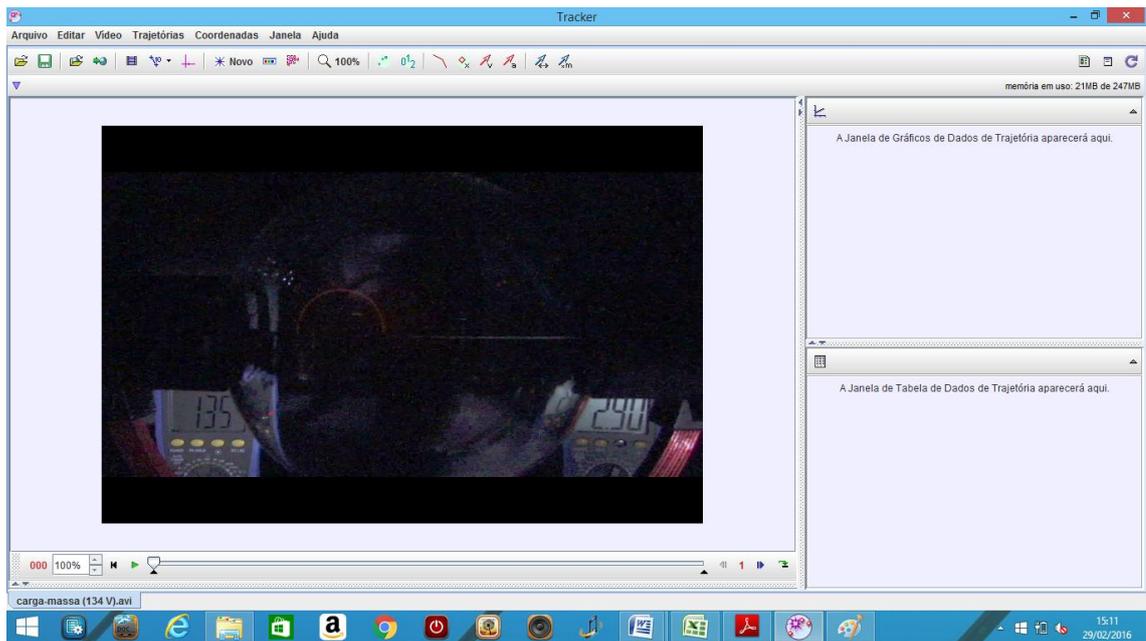
Clique na aba “ARQUIVO” e em seguida selecione a opção “ABRIR”.



Abra o vídeo “134.avi”



O vídeo irá abrir no *Tracker* e a tela do *software* ficará da seguinte maneira:



Note que na parte inferior da tela a uma barra de tempo do vídeo. Os dois ícones pretos (circulados de vermelho), delimitam a parte do vídeo de sua preferência.

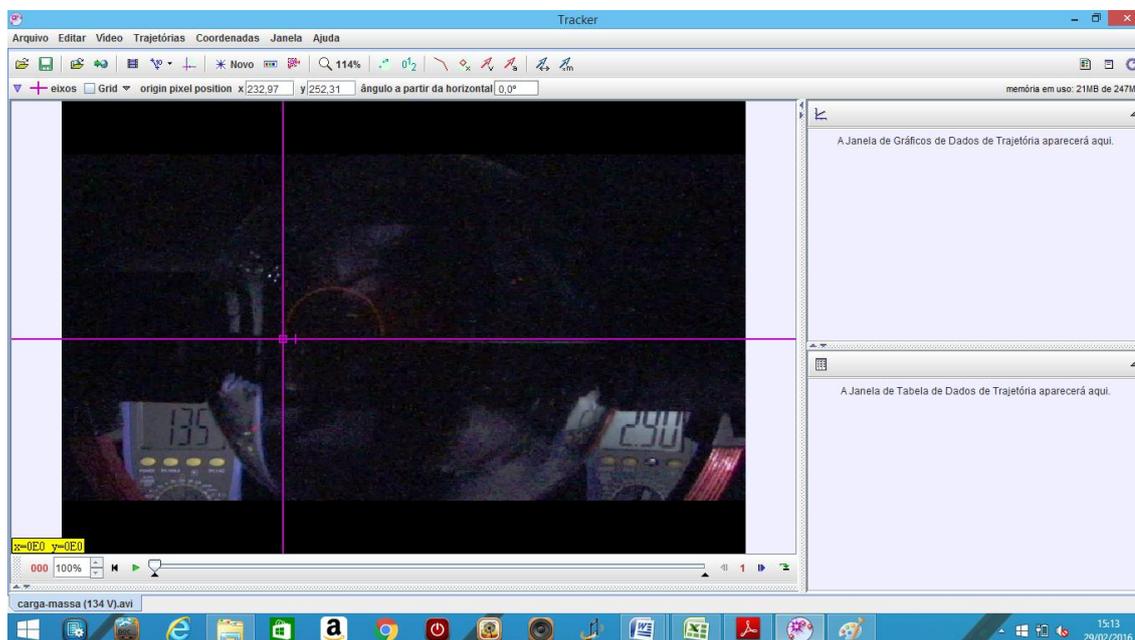


Em seguida, clique no ícone dos “EIXOS DE COORDENADAS” (circulados de vermelho).

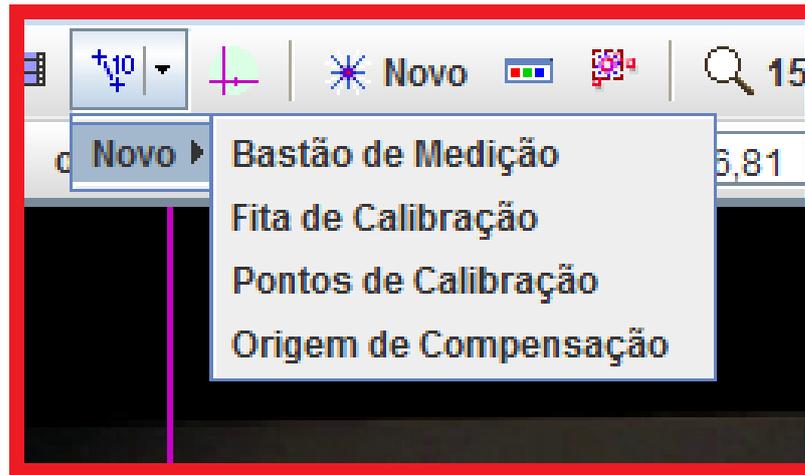


*Posicione os eixos de coordenadas (linhas rosa) no início da circunferência formada pelo feixe curvo. Outra coisa importante é que para mover os eixos você deve clicar no centro dos eixos e arrastá-los para a posição de interesse.

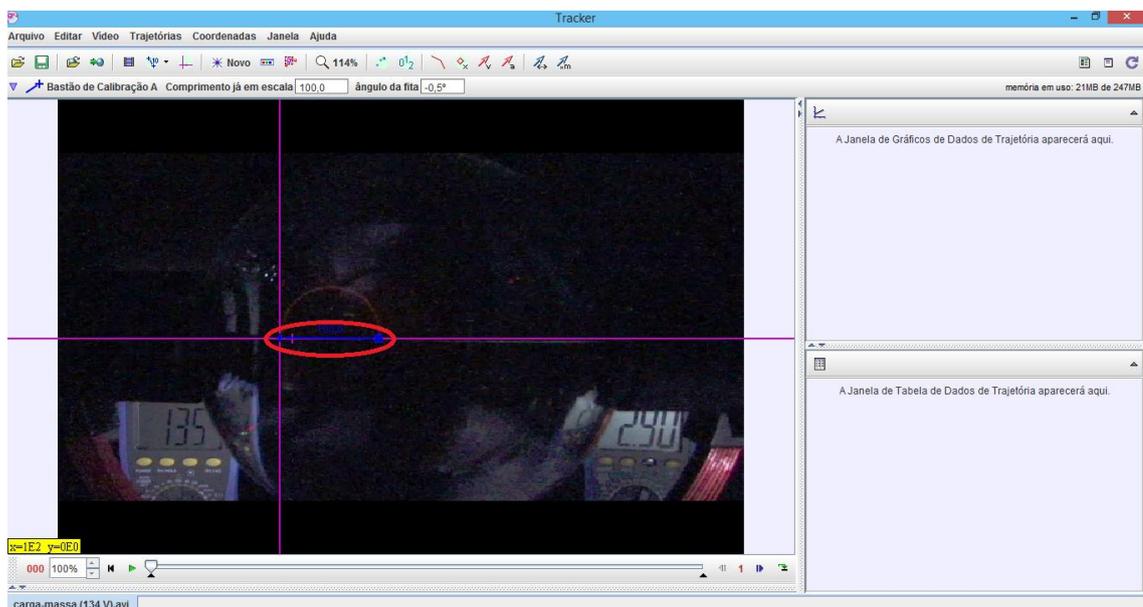
A tela do *Tracker* ficará assim:



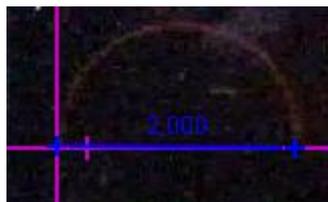
Clique no ícone “FITA MÉTRICA COM TRANSFERIDOR”, na barra de ferramentas do programa, aparecerá a aba “NOVO” e em seguida selecione a opção “BASTÃO DE CALIBRAÇÃO/BASTÃO DE MEDIAÇÃO (depende da versão do programa)”:



Surgirá uma escala flexível (na cor azul e destacada pela marcação vermelha). Posicione esta barra na direção horizontal e coloque-a sob a circunferência. O software ficará com o seguinte aspecto:



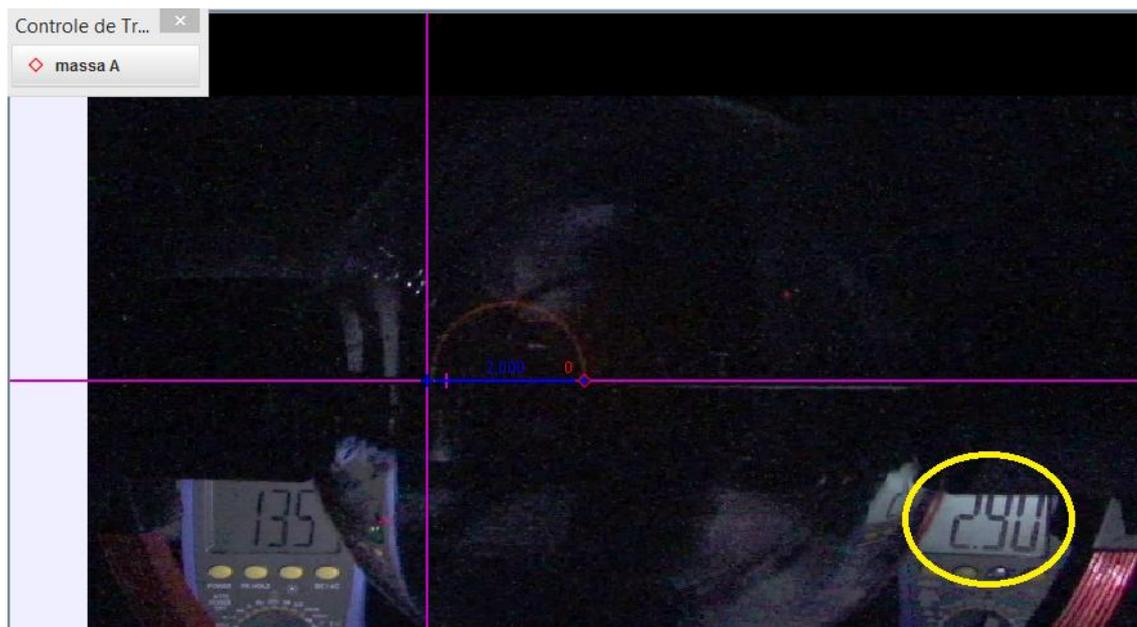
A parte delimitada pelo “BASTÃO DE MEDIÇÃO” vale 2 cm. Desta maneira clique em cima do valor 100, mude para 2 e aperte enter. Dessa maneira:



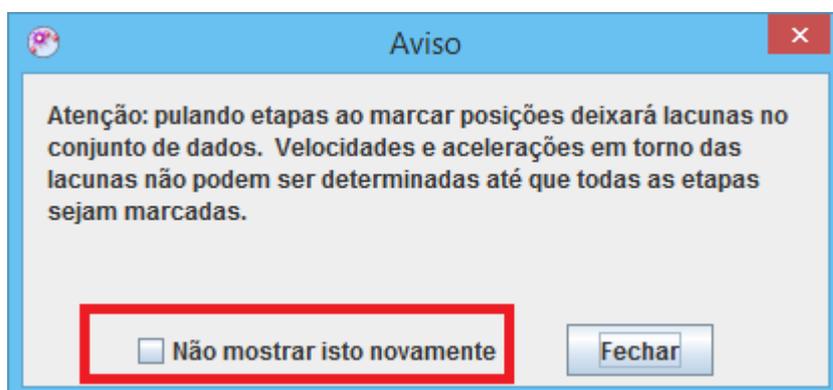
Na sequência, clique na aba “TRAJETÓRIAS”, “NOVO” e selecione “PONTO DE MASSA”



Em seguida inicie o vídeo e quando o multímetro (no canto inferior direito do vídeo, destacado em amarelo) marcar 2,9 A, pare o vídeo clique em “massa A”. Em seguida aperte SHIFT e com o BOTÃO ESQUERDO DO MOUSE, marque um ponto na circunferência (ponto vermelho).



Então continue o vídeo e a cada (aproximadamente) $-0,10$ A, pare o vídeo e marque mais um ponto. A partir da segunda vez, aparecerá a seguinte mensagem:

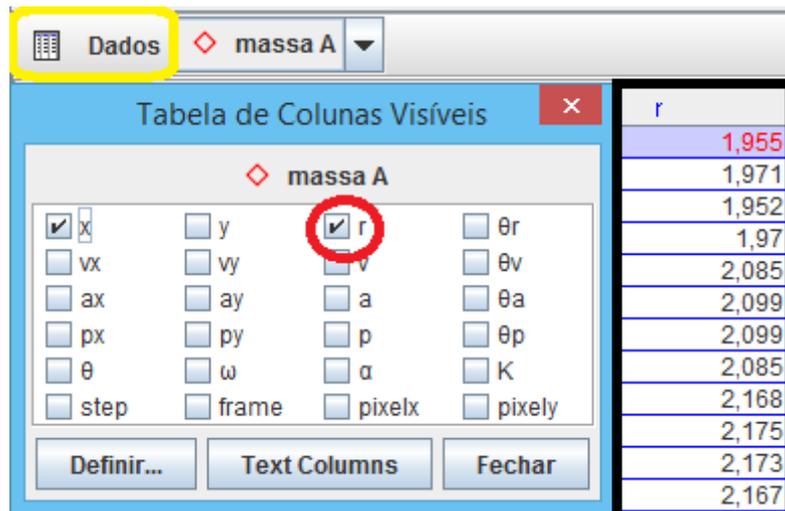


Marque **“Não mostrar isto novamente”** e feche a janela. Repita o processo de marcação até onde desejar.

*É importante salientar que o valor da tensão aplicada no experimento, se encontra no canto inferior esquerdo do vídeo.



Depois disso, no canto inferior direito, clique em DADOS e marque “r”.



Coloque os valores de “r” no Excel, junto com o valor da corrente elétrica (encontrada no próprio vídeo).

Separe cédulas para: os valores das distâncias obtidas (coluna branca) e suas respectivas correntes elétricas (coluna laranja); para a tensão aplicada (coluna amarela); para o campo magnético (coluna preta) que é calculado a partir da equação (1).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	r(m)	x(m)	i(A)	x	r	e/m	U(V)	B
2	0,0196	0,0196	2,90	1,962	1,962	1,73E+11	134	0,0020
3	0,0209	0,0209	2,81	2,091	2,092	1,62E+11	134	0,0019
4	0,0217	0,0217	2,71	2,169	2,171	1,61E+11	134	0,0019
5	0,0225	0,0225	2,61	2,248	2,249	1,62E+11	134	0,0018
6	0,0235	0,0235	2,51	2,348	2,349	1,61E+11	134	0,0017
7	0,0242	0,0242	2,41	2,422	2,423	1,64E+11	134	0,0017
8	0,0249	0,0249	2,32	2,493	2,495	1,67E+11	134	0,0016
9	0,0260	0,0260	2,21	2,597	2,599	1,69E+11	134	0,0015
10	0,0273	0,0273	2,10	2,728	2,730	1,70E+11	134	0,0015
11	0,0286	0,0286	2,01	2,861	2,863	1,69E+11	134	0,0014
12	0,0293	0,0293	1,91	2,931	2,933	1,78E+11	134	0,0013
13	0,0314	0,0314	1,82	3,139	3,141	1,71E+11	134	0,0013
14	0,0333	0,0332	1,71	3,323	3,325	1,73E+11	134	0,0012
15	0,0351	0,0351	1,60	3,507	3,509	1,77E+11	134	0,0011
16	0,0368	0,0367	1,51	3,674	3,676	1,81E+11	134	0,0010
17	0,0391	0,0391	1,41	3,913	3,915	1,83E+11	134	0,0010
18	0,0433	0,0432	1,30	4,325	4,327	1,77E+11	134	0,0009
19	0,0462	0,0462	1,20	4,621	4,623	1,82E+11	134	0,0008
20	0,0482	0,0482	1,11	4,816	4,818	1,95E+11	134	0,0008
21	0,0526	0,0526	1,02	5,256	5,257	1,94E+11	134	0,0007
22	0,0581	0,0581	0,91	5,811	5,813	2,00E+11	134	0,0006

Para o cálculo do B no Excel, utilizamos a seguinte expressão:

$$=((4/5)^{(3/2)})*(1,257*10^{(-6)})*154*(\text{corrente elétrica})/(0,2)$$

Finalmente, para o cálculo da relação carga/massa:

$$=2*\text{tensão aplicada}/((\text{campo magnético}*distância obtida)^2)$$

REFERÊNCIAS

BEZERRA-JR, Arandi G. **“Videoanálise com o software livre *Tracker* no laboratório didático de física: movimento parabólico e Segunda Lei de Newton”**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol 29, número especial 1, setembro, 2012.

Manual da Phywe. Disponível em: <http://www.phywe-es.com/index.php/fuseaction/download /lrn_file/phywe-tess-phy-lep-en.pdf>. Acesso em: 30 de Setembro de 2015.

SILVA, L. C. M; SANTOS, W. M. S; DIAS, P. M. C; **“A carga específica do elétron. Um enfoque histórico e experimental. Revista Brasileira de Ensino de Física”**, vol. 33, n. 1, março, 2011.