# ATIVIDADE 11 - EXPLORANDO O TRILHO DE AR PARA O ESTUDO DA CINEMÁTICA

**Objetivos:**

1) Explorar o trilho de ar e seus acessórios.

2) Calibrar os instrumentos de medida e o equipamento experimental.

3) Reconhecer o procedimento experimental para o cálculo da velocidade média e instantânea.

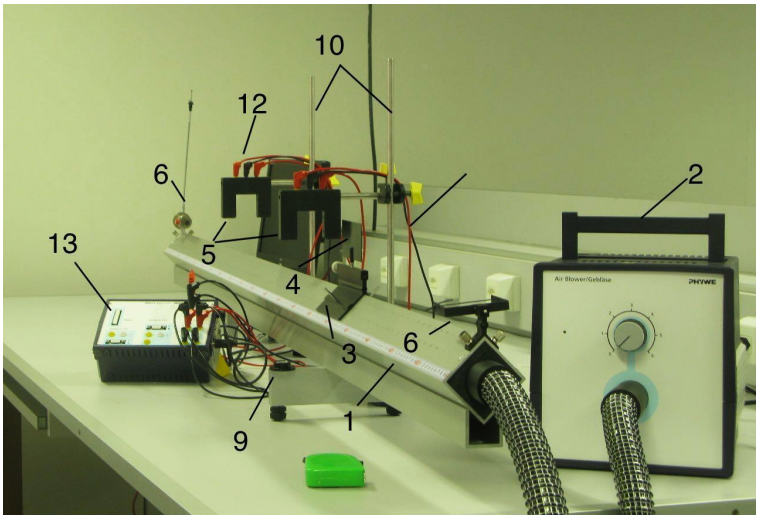
4) Construir tabelas e gráficos de dados do movimento de um corpo rígido em uma dimensão.

5) Reconhecer as etapas do método científico.

## 1. Explorando o trilho de ar, seus dispositivos e sensores.

O equipamento sobre a bancada possui os seguintes elementos:

- (1) Trilho de ar;
- (2) Bomba de ar;
- (3) Carrinho;
- (4) Vela do carrinho;
- (5) Sensores de luz;
- (6) Disparadores;
- (7) Bloqueadores (rígidos e elásticos);
- (8) Batedores (elásticos, encaixe e magnéticos);
- (9) Nível de bolha;
- (10) Hastes de aço;
- (11) Tripés;
- (12) Cabos pino-banana;
- (13) Dispositivo Cobra 3.




## 2. Ajustando o equipamento.

Você precisa nivelar o trilho de ar antes de qualquer experimentação. Para tal, verifique que o trilho de ar possui três pés e dois deles possuem parafusos que permitem nivelar ou desnivelar o trilho de ar em relação à mesa. Ligue a bomba de ar no fluxo máximo e aguarde alguns segundos a fim de estabilizar o fluxo de ar dentro do trilho.

**Importante!** Para saber que chegou no máximo, nem sempre devemos nos basear na escala mostrada na bomba de ar, pois o botão costuma estar desregulado. Vá aumentando o fluxo (perceba pelo som feito) até que o aparelho ofereça uma resistência ao giro do botão. Não force o botão quando perceber essa resistência.

Note que o ar é expelido por pequenos orifícios ao longo do trilho. Ponha o carrinho com a vela e os batedores (magnético e placa rígida) sobre a região central do trilho. Caso o carrinho fique parado por cerca de 10 s (ou oscile em torno de um ponto de equilíbrio), o trilho está nivelado. Caso o carrinho vá em um sentido predominante, você deve ajustar os dois parafusos do trilho até que o carrinho fique parado.

A qualidade da medida depende da sua paciência e zelo na calibração do experimento.

**NUNCA ARRASTE O CARRINHO SOBRE O TRILHO DE AR COM A BOMBA DE AR DESLIGADA.**

## 3. Explorando um sensor de luz e o software Measure: configuração com apenas um sensor

O sensor de luz é um dispositivo eletrônico que possui fotossensores e fotorreceptores que permitem medir o tempo. O sensor de luz possui três conectores: +5 V (vermelho), 0 V (azul) e dados (amarelo). O sensor de luz deve ser conectado à interface Cobra 3 que possui várias conexões. Entre elas há também os conectores +5 V (vermelho) e 0 V (azul). Para alimentar o sensor de luz você deve usar cabos pinos-banana obedecendo essa correspondência de tensões. O sensor emite um sinal de "ligado" no conector de dados (amarelo) quando detecta o sinal de luz sem interrupção e "desligado" quando algo (como a vela do carrinho) interrompe o sinal de luz. O conector de dados (amarelo) pode ser colectado em diferentes entradas da interface, dependendo daquilo que você pretende registrar. É possível utilizar um ou mais sensores com finalidades distintas.

Para melhorar a qualidade das medidas de distância percorrida pelo carrinho e o tempo de viagem devemos utilizar os sensores de luz.

Com um único sensor podemos iniciar a contagem do tempo quando a vela do carrinho chega ao sensor e parar a contagem de tempo quando a vela do carrinho deixa o sensor. Portanto, o sensor registra quanto tempo a vela do carrinho leva para passar através do sensor.

Para essa medida de tempo, o cabo de dados deve sair do sensor até o conector “Timer Counter 1 - Start”. Use um segundo cabo de dados deve sair de “Timer Counter 1 - Start” para “Timer Counter 1 - Stop”. Os cabos podem ser conectados um sobre o outro! Desta forma, temos o seguinte esquema de conexão:

- Dados do sensor ↔ Timer Counter 1 - Start
- Timer Counter 1 - Start ↔ Timer Counter 1 - Stop

Nessa configuração, o software Measure deve ser configurado como mostra a figura 2:



**Figura 1: Interface Cobra**

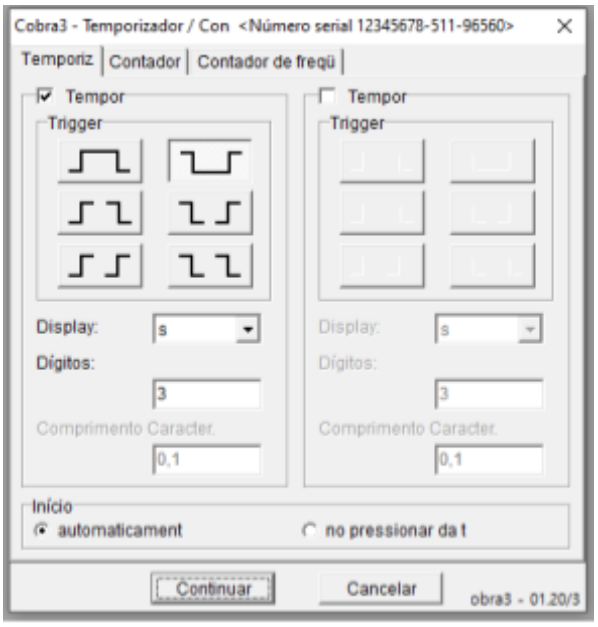



**Figura 2: Software *Measure***

Nesta configuração o gatilho (*trigger*) para o temporizador 1 (*timer*) iniciará a contagem (*Start*) quando o sinal mudar de ligado para desligado (chamamos essa transição de *borda descendente* do sinal) e irá parar a contagem (*Stop*) quando o sinal mudar de desligado para ligado (*borda ascendente*). Ou seja, configuramos o software para iniciar a contar o tempo quando a vela começa a cruzar o sensor e parar a contagem quando a vela termina de passar pelo sensor.

Posicione o sensor em algum lugar perto do centro do trilho. Ponha o carrinho sobre o trilho e aproxime o lado com o batedor de placa rígida do disparador elástico que está fixo na extremidade do trilho de ar. Empurre o carrinho contra o elástico (~ 2 cm) e solte-o. Tenha sempre o cuidado de empurrar por uma mesma distância. Deixe o carrinho ir e voltar (se seu trilho tiver rebatedores elásticos nas duas pontas, senão, meça apenas a ida).

- Quanto tempo o carrinho levou para atravessar o sensor na ida? E na volta?
  **R:_____; R:_____**

  - Repita o procedimento outras duas vezes. Os tempos se repetiram?

    **R:**_____; _____; _____. (IDA)

    **R:**_____; _____; _____. (VOLTA)

Por que os tempos de ida são menores do que os tempos de volta?

Utilize a régua para medir o comprimento da vela do carrinho. Calcule a velocidade do carrinho (em m/s) nos intervalos medidos acima. Vamos considerar essas medidas como medidas de *velocidade instantânea* do carrinho[1]

**Técnica de ajuste do local de passagem**

Como fazer para medir, com a melhor precisão possível, onde está o carrinho quando o sensor é acionado? Vamos mostrar uma técnica em um exemplo: posicionar o sensor quando o carrinho chega na posição 100,0 cm do trilho. O procedimento é o seguinte:

- Desligue a bomba de ar.
- Coloque a frente do carrinho exatamente na marca 100 cm do trilho de ar (na metade do trilho). *Lembre-se de fazer isso sem deslizar o carrinho pelo trilho*
- Ajuste a altura do sensor de luz de modo que a vela do carro passe através do sensor a fim de parar e iniciar a contagem dos tempos. Afaste o sensor de luz alguns centímetros da vela do carrinho.
- Aperte o botão [Continuar] do Measure (Figura 2) e vá aproximando o sensor de luz da vela do carrinho. Quando o sensor disparar a contagem do tempo pare de mover o sensor. Agora, ele está exatamente na marca 100 cm (com precisão de menos de 1 mm). Isso melhora a qualidade das medidas.

A partir de agora, sempre que for posicionar os sensores em algum ponto no trilho, utilize este método.

## 4. Explorando dois sensores de luz e o software Measure: configuração básica

Vamos usar dois sensores de luz e ambos serão conectados ao Cobra 3, como mostrado na Figura 3. Primeiramente, remova as configurações do cabo de dados usadas na seção anterior, mantendo apenas os cabos de alimentação (+ 5V ) e aterramento (0 V).

Para conectar o segundo sensor ao Cobra 3, utilize outros dois cabos pino-banana para as tensões +5 V e 0 V. Você pode conectar um cabo sobre o outro.

Agora, conecte o cabo de dados fazendo as seguintes ligações:

- Sensor 1 ↔ “Timer Counter 1 – Start”
- Sensor 2 ↔ “Timer Counter 1 – Stop”.

[1] A rigor, trata-se de uma velocidade média ao longo do tempo em que a vela atravessa o sensor, mas as acelerações envolvidas são pequenas o suficiente para considerar a velocidade aproximadamente constante nesse intervalo.

Nessa configuração, o software Measure deve ser configurado como mostra a Figura 4.

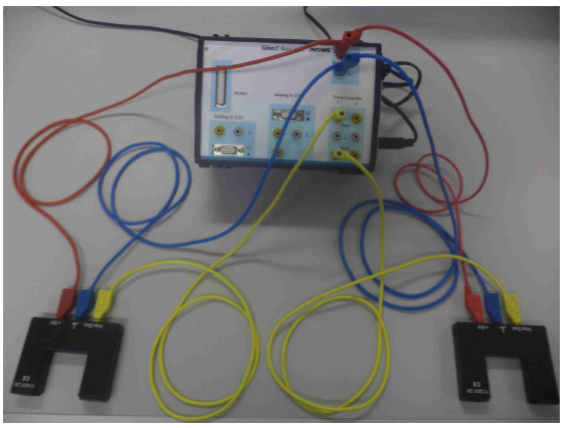


**Figura 3. Interface Cobra 3 com dois sensores.**

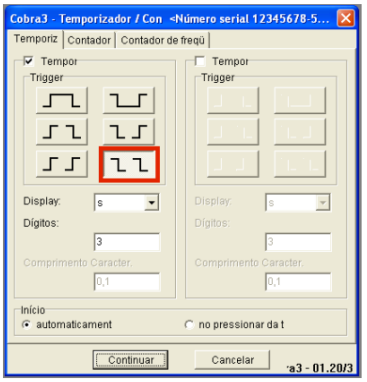



**Figura 4. Software Measure.**

Com essa configuração, a contagem do tempo começa na *borda descendente* do sensor 1 e termina na *borda descendente* do sensor 2, ou seja, inicia quando a vela começa a atravessar o sensor 1, e a termina quando a vela começa a atravessar o sensor 2. Verifique esse comportamento no aparato. Qual é a distância que o carrinho percorre enquanto o tempo está sendo contado? Ela é maior, igual ou menor que a distância entre os sensores? Faça três medidas do tempo de deslocamento do carrinho.

## 5. Explorando dois sensores de luz e o software Measure: configuração avançada

Agora, a configuração dos dois sensores será como mostrado na Figura 5, com as seguintes conexões, utilizando 4 cabos:

- Dados do sensor de luz 1 ↔ “Timer Counter 1 – Start”
- Dados do sensor de luz 2 ↔ “Timer Counter 1 – Start” (*um ficará por cima do outro*)
- “Timer Counter 1 - Start” ↔ “Timer Counter 1 - Stop”.
- “Timer Counter 1 - Stop” ↔ “Timer Counter 2 - Stop”

Nessa configuração, o software Measure deve ser configurado como mostra a figura 6.

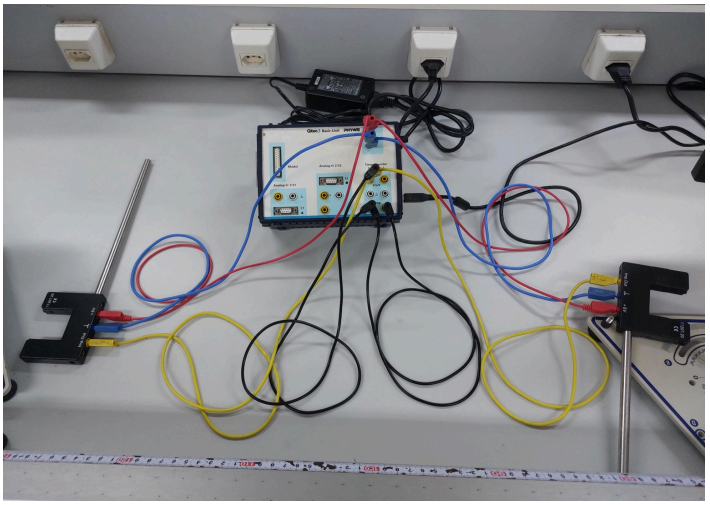


**Figura 5. Interface Cobra 3 com dois sensores**

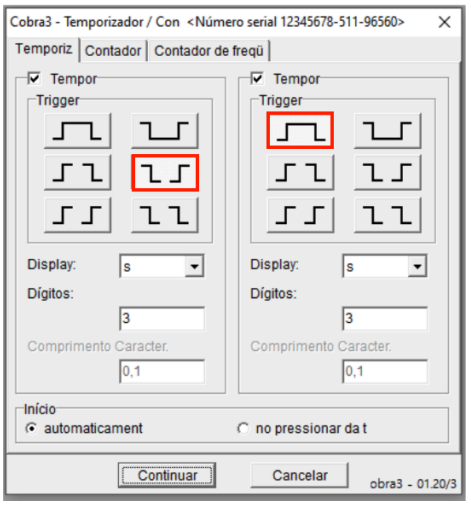



**Figura 6. Software Measure.**

Perceba que, ao clicar em [Continuar], o temporizador 2 já começa a contar um tempo. Esse primeiro intervalo medido não será importante para nossas medidas.

Retire a vela do carrinho e lentamente, conduza-a com a mão, fazendo-a passar pelo sensor 1 e ir até o sensor 2. No trajeto, vá acompanhando o que vai sendo registrado no temporizador 1 e no temporizador 2. Cada vez que o carrinho atravessa o trilho, três intervalos de tempo relevantes são medidos. Você compreende o significado de cada um deles? Qual a distância que o carrinho percorre enquanto o Temporizador 2 está contando o tempo? Ela é maior, menor ou igual à distância entre os sensores? Por quê?

Faça o seguinte procedimento:

- Posicione o sensor de luz 1 a cerca de 50 cm a partir do lado do trilho com o rebatedor elástico. (Utilizando a técnica que vimos acima)
- Posicione o sensor de luz 2 a cerca de 150 cm, a partir do mesmo lado do trilho.
- Ligue a bomba de ar no fluxo máximo.
- Ponha o carrinho sobre o trilho e aproxime o lado com o batedor de placa rígida do disparador elástico que está fixo na extremidade do trilho de ar. Empurre o carrinho contra o elástico (~ 2 cm) e solte-o. Tenha sempre o cuidado de empurrar por uma mesma distância.
    - Quanto tempo o carrinho levou para atravessar o sensor 1? ($\Delta t_1$)

      **R:**_____.
    - Quanto tempo o carrinho levou para atravessar o sensor 2? ($\Delta t_2$)

      **R:**_____.
    - Quanto tempo o carrinho levou para ir do sensor 1 ao sensor 2? ($\Delta t_{1\to2}$)

      **R:**_____.

Repita o procedimento duas vezes, tentando soltar o carrinho com o mesmo impulso, preenchendo a tabela abaixo.

| Intervalo | Medição 1 | Medição 2 | Medição 3 | Média ± incerteza |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta t_1$ | | | | |
| $\Delta t_2$ | | | | |
| $\Delta t_{1\to2}$ | | | | |

Verifique como os valores medidos são bastante diferentes. Calcule a média e o desvio-padrão da média das três repetições de cada medida.

Agora, coloque peças de 50 g em cada lado do carrinho. Antes de soltar o carrinho, responda: haverá variação nos intervalos de tempo medidos? Em seguida, faça as medidas e verifique se sua intuição estava correta, comparando as médias em relação às suas incertezas.

| Intervalo | Medição 1 | Medição 2 | Medição 3 | Média ± incerteza |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta t_1$ | | | | |
| $\Delta t_2$ | | | | |
| $\Delta t_{1\to2}$ | | | | |

Para finalizar a aula, vamos fazer o seguinte procedimento (ainda com a mesma configuração dos sensores):

- Usando o calço de madeira, eleve o trilho na mínima inclinação.
- Posicione o sensor de luz 1 a cerca de 50 cm a partir do lado do trilho com o rebatedor elástico. Possivelmente, será necessário regular a altura do sensor.
- Posicione o sensor de luz 2 a cerca de 150 cm a partir do mesmo lado do trilho.
- Retire o rebatedor elástico do trilho.
- Ligue o soprador de ar e aguarde alguns segundos para que o fluxo estabilize.
- Retire os dois batedores do carrinho e o posicione na extremidade mais alta do trilho. É importante pressionar levemente o carrinho contra a extremidade do trilho, para garantir que ele estará posicionado sem folga.
- Largue o carrinho do repouso.

Verifique os intervalos de tempo registrados em ambos os temporizadores.

Repita o procedimento e compare os intervalos de tempo medidos com os anteriores. Houve grande variação? Compare a incerteza neste caso com a incerteza do caso anterior

| Intervalo | Medição 1 | Medição 2 | Medição 3 | Média ± incerteza |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta t_1$ | | | | |
| $\Delta t_2$ | | | | |
| $\Delta t_{1\to2}$ | | | | |

Finalmente, coloque peças de 50 g em cada lado do carrinho. Antes de soltar o carrinho, responda: haverá variação nos intervalos de tempo medidos? Em seguida, faça a medida e verifique se sua intuição estava correta.

| Intervalo | Medição 1 | Medição 2 | Medição 3 | Média ± incerteza |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta t_1$ | | | | |
| $\Delta t_2$ | | | | |
| $\Delta t_{1\to2}$ | | | | |

Você entende o comportamento observado? Entender o que aconteceu será um dos principais objetivos da parte final da nossa disciplina.