

TRILHO DE AR - UMA PROPOSTA DE BAIXO CUSTO

JORGE ROBERTO PIMENTEL, VITOR HÉLIO ZUMPANO e

LUCIA TAMAÉ YAGINUMA

Departamento de Física - IGCE

UNESP - Campus de Rio Claro, 13500 Rio Claro, SP

RESUMO

Neste artigo descrevemos a construção e utilização de um trilho de ar, feito com material de baixo custo, destinado às nossas escolas secundárias. Sugerimos, também, experimentos qualitativos e quantitativos que podem ser executados, bem como discutimos alguns resultados experimentais obtidos com o equipamento.

1. INTRODUÇÃO

Para aqueles que iniciam o estudo de Cinemática, conceitos como os de velocidade e de aceleração (média e instantânea) são essenciais na compreensão do movimento dos corpos. Já em Dinâmica, as leis de conservação de energia e momento linear, entre outras, manifestam-se em muitas situações diárias e devem igualmente ser bem entendidas e fixadas.

A realização de experimentos relacionados com esses assuntos permite, por exemplo, que se comprovem as previsões e/ou se discutam os conceitos introduzidos na formulação teórica. Vários desses experimentos, destinados às escolas secundárias, são sugeridos na literatura^(1,3,6).

O desenvolvimento de equipamentos mais adequados à realidade brasileira, aliados a experimentos objetivos e claros, nos parece ser uma das formas eficazes de suplantarmos as dificuldades, materiais ou operacionais, que possam estar sen

do enfrentadas pelas escolas do setor secundário.

Baseados nisso, propomos um equipamento, gerador de um colchão de ar, destinado à realização de alguns experimentos de Mecânica.

II. O TRILHO DE AR

Um comportamento mais próximo da idealização teórica, em experiências de Mecânica, pode ser conseguido, por exemplo, diminuindo-se o atrito existente entre os objetos em estudo. O polimento eficiente das superfícies de contato ou a utilização de uma camada de ar entre essas mesmas superfícies, são técnicas empregadas para isso. Com base nesse último princípio, desenvolveram-se várias classes de dispositivos, tais como os discos e as mesas de ar⁽²⁾ para estudos bidimensionais - e o trilho de ar^(5,7) - para análises unidimensionais.

No equipamento que desenvolvemos, o trilho (figura 1), foi construído a partir de um tubo de PVC, que se usa em instalações hidráulicas. Ao longo do mesmo foram feitas 3 carreiras de pequenos orifícios, por onde sai o ar necessário ao funcionamento do trilho. Uma das extremidades do tubo foi fechada com um tampão e na outra adaptou-se um encaixe, que permite a ligação do trilho com o compressor.

O fluxo de ar é obtido a partir de um aspirador de pó doméstico, que tem sua saída (ar expirado) acoplada ao trilho.

III. CARRINHOS

Para a confecção dos carrinhos (figura 1), empregamos "nipples" de PVC, sendo necessário apenas um pequeno acabamento interno para adaptá-los ao diâmetro externo do trilho. Retirando material da rosca externa do "nipple" obtivemos carrinhos de massas diferentes.

Na parte externa dos carrinhos, colamos pequenos ímãs, cuja função é prover o campo magnético necessário ao funcionamento do dispositivo de registro, descrito posteriormente.

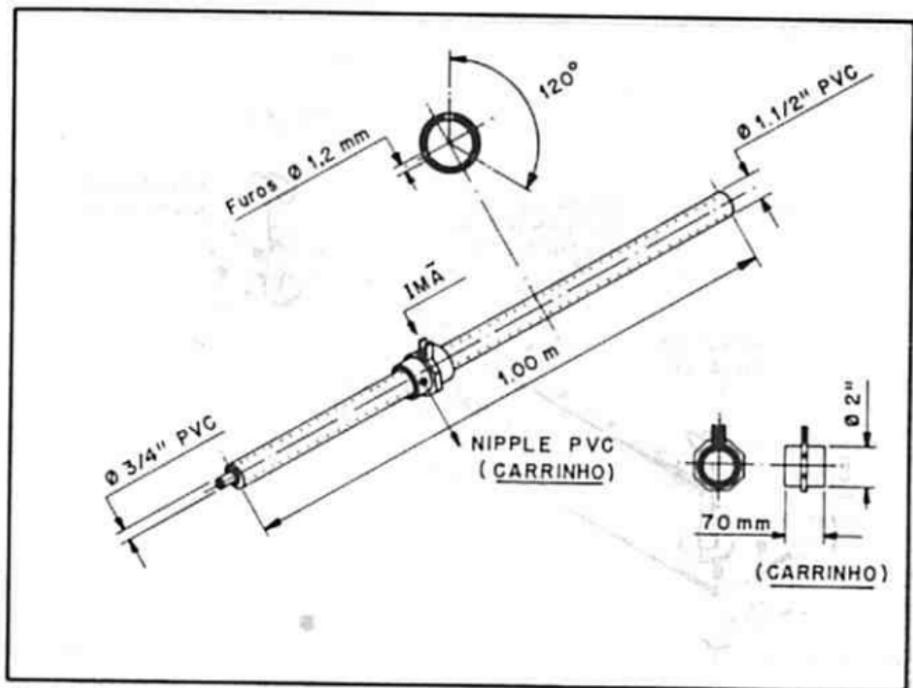


Fig. 1 - Detalhes do trilho de ar e carrinho.

IV. BASE DO TRILHO

A base de sustentação do trilho (figura 2), foi feita de madeira, com parafusos que permitem ajustar sua inclinação. Dois suportes semicilíndricos possibilitam que o trilho seja encaixado com pressão e permitem a colocação dos carrinhos com facilidade.

Entre as colunas de sustentação dos suportes, instalamos uma pista de interruptores magnéticos (reed switches), a qual também faz parte do sistema de registro.

V. SISTEMA DE REGISTRO DO MOVIMENTO DOS CARRINHOS

O sistema de registro é composto da pista de interruptores e de um marcador de tempo, tipo PSSC, que funciona

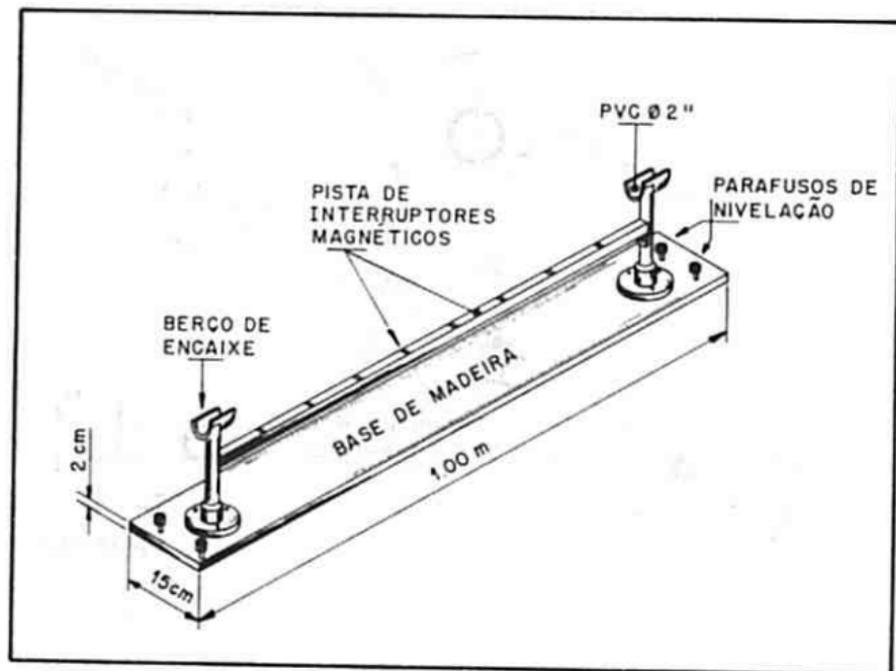


Fig. 2 - Base de sustentação e pista de interruptores magnéticos.

ligado à rede⁽⁴⁾ no qual foram feitas modificações. Destas, resultou um marcador constituído de dois solenóides que acionam, independentemente, as lâminas oscilantes. Uma delas vibra permanentemente à frequência da rede (60 Hz), imprimindo na fita de registro uma sequência de pontos com separação temporal igual a $1/60$ de segundo. Essa lâmina serve como cronômetro. A outra lâmina só é acionada quando algum interruptor magnético da pista é ativado pela ação do ímã instalado no carrinho. Quando isto ocorre, o segundo circuito é fechado e a corrente elétrica passa a circular também por aquele solenóide. Seu núcleo atrai a segunda lâmina, que imprime na fita um ponto correspondente a esse instante. Após a passagem do carrinho, o circuito se abre e a lâmina retorna à posição inicial. Esse ciclo se repete até que todos os interruptores magnéticos da pista tenham sido acionados.

A fita de registro utilizada é comum para as duas lâminas do marcador, de forma que o resultado final mostra 2 séries de pontos impressos lado a lado. Uma delas refere-se ao cronômetro e a outra ao momento da passagem do carrinho por um dos interruptores magnéticos. Através da contagem do número de pontos registrados pelo cronômetro, entre a passagem do carrinho por 2 interruptores (cuja separação é conhecida), determina-se a velocidade do mesmo. Dessa forma podem ser feitas considerações sobre o movimento.

VI. UTILIZAÇÃO DO TRILHO DE AR

O equipamento pode ser empregado tanto para experimentos qualitativos, quando o sistema de registro é dispensável, quanto quantitativos, onde ele deve ser usado completo.

Como exemplos de aplicações citamos:

a) Experimentos qualitativos

1. Para ilustrar e discutir conceitos como noção de força, tipos de forças, forças dissipativas e inércia, faz-se um carrinho girar, estando o compressor desligado. Após algumas revoluções o movimento cessa. Em seguida o compressor é ligado e a experiência repetida, verificando-se que o carrinho gira muito mais vezes antes de parar. Em ambas as situações discute-se o estado de movimento do carrinho, bem como as forças atuantes.
2. Para verificar a conservação da energia e do momento linear em colisões, choques elásticos e inelásticos, bem como a 3ª Lei de Newton, posicionam-se dois carrinhos na pista e liga-se o compressor. Um dos carrinhos é lançado contra outro e o movimento antes e depois do choque discutido. Em seguida um pedaço de fita adesiva é preso num dos carrinhos sendo o experimento e a discussão repetidos.

b) Experimentos quantitativos

1. Movimento Retilíneo Uniforme

Para a execução desse experimento, ajusta-se o trilho de

ar, de modo a deixá-lo com inclinação nula. Aplica-se impulso no carrinho. Ao mesmo tempo o marcador de tempo é acionado e sua fita puxada, até cessar o movimento do carrinho. Os resultados permitem que se analise as variações da posição e da velocidade do carrinho, em função do tempo.

A figura 3 mostra como varia a distância percorrida por dois carrinhos de massas diferentes, em função do tempo. Através da declividade da reta, podemos determinar o valor da velocidade em cada trecho do movimento. O resultado evidencia que os valores das velocidades instantâneas e médias são os mesmos, uma característica do movimento uniforme.

No gráfico da figura 4 temos representada a velocidade média dos carrinhos, em função do tempo. A declividade da reta fornece o valor da aceleração que, como esperado nesse tipo de movimento, é nula.

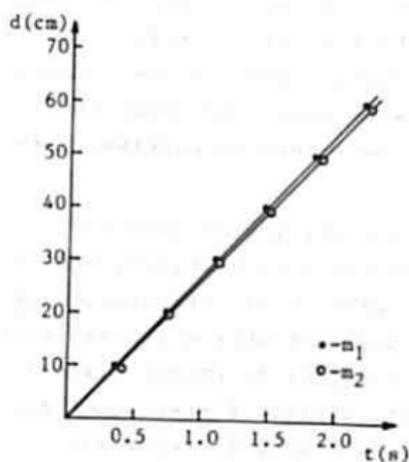


Fig. 3. Distância em função do tempo. Movimento uniforme.

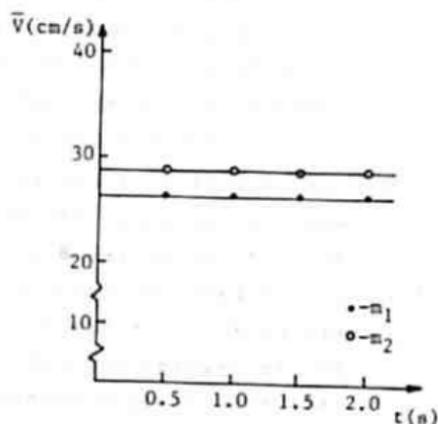


Fig. 4. Velocidade média em função do tempo. Movimento uniforme.

2. Movimento Retilíneo Acelerado

Para este experimento o trilho deve ser ajustado de modo que fique com ligeira inclinação. O carrinho é abandonado numa das extremidades e o movimento registrado na fita do marcador de tempo.

Com os dados obtidos constrói-se um gráfico como o da figura 5, que mostra a variação da posição (d) dos carrinhos, em função do tempo (t). Nele podemos constatar valores diferentes para as velocidades instantâneas e médias do movimento. Além disso, mostra que o deslocamento aumenta quadraticamente com o tempo, conforme previsto pela equação:

$$d = d_0 + v_0 t + \frac{1}{2} \gamma t^2$$

onde d_0 é o deslocamento inicial do carrinho, v_0 a velocidade inicial do carrinho e γ a aceleração do carrinho na direção do movimento.

No gráfico da figura 6 está representado o deslocamento dos carrinhos em função do quadrado do tempo. O resultado é uma reta cuja declividade - equivalente à metade da aceleração, de acordo com a expressão (1) - permite determinar o valor da aceleração do movimento. Desprezando-se os efeitos das forças viscosas teremos

$$\gamma = g \text{ sen } \theta \quad (2)$$

onde g é o valor da aceleração gravitacional e θ o ângulo de inclinação do trilho. Como esperado o valor da aceleração é constante e independente do valor da massa do carrinho.

A fotografia (figura 7) mostra o equipamento descrito.

VII. CONCLUSÃO

O trilho de ar que descrevemos não requer material sofisticado para sua construção e utiliza um aspirador de pó

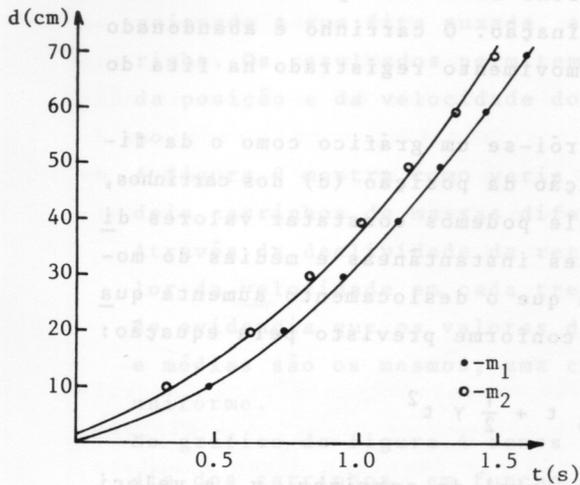


Fig. 5 : Posição em função do tempo.
Movimento uniformemente acelerado.

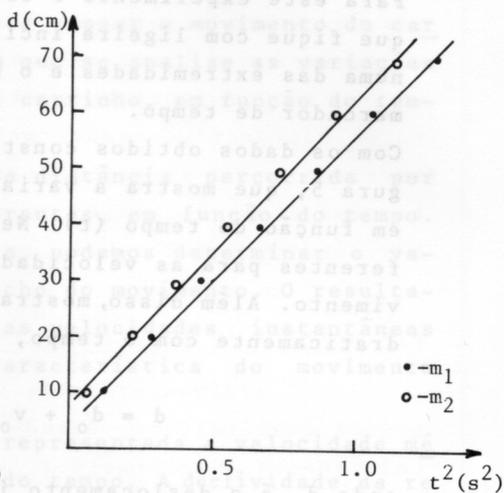


Fig. 6 : Posição em função do quadrado do tempo.
Movimento uniformemente acelerado.

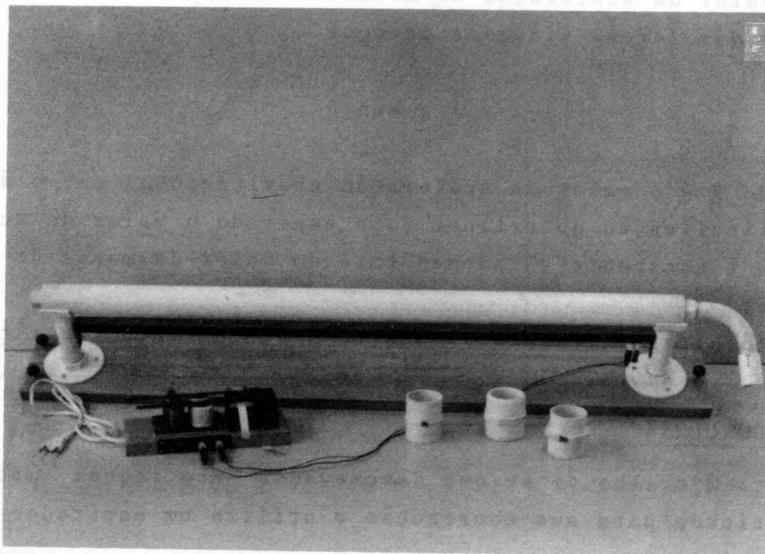


Fig. 7 - Fotografia do equipamento descrito.

doméstico como compressor. Seu sistema de registro, usando um marcador de tempo e uma pista de interruptores magnéticos, substitui os sistemas tradicionais, baseados em fontes de alta tensão ou estroboscopia.

Os experimentos sugeridos e a análise dos resultados podem ser executados com facilidade e outras aplicações para o trilho, utilizando 2 marcadores de tempo para acompanhar o movimento de 2 carrinhos, podem ser desenvolvidas.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. BRASIL. MEC/FENAME/PREMEN. Projeto de Ensino de Física. Rio de Janeiro, 1973, v. 1-2.
2. DAW, H.A. A Two - dimensional air table. Am. J. Phys., 31: 867-869, 1963.
3. GRUPO DE ESTUDOS EM TECNOLOGIA DE ENSINO DE FÍSICA. São Paulo. Física Auto Instrutivo. São Paulo, Saraiva, 1974, v. 1-2.
4. HESSEL, R. Novas aplicações para o marcador de tempo do PSSC. Rev. Ens. Fís., 3(2): 26-38, 1981.
5. NEHER, M.V. & LEIGHTON, R.B. Linear air trough. Am. J. Phys., 31(4): 255-262, 1963.
6. SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. "Subsídios para a implantação da proposta curricular de Física para o segundo Grau". São Paulo SE/CENP/FUNBEC, 1979. v. 1, 2.
7. STULL, J.L. Linear air trough - A Modification. Am. J. Phys., 30: 839-840, 1962.