

## MANUAL FORÇA DE ATRITO

Consideremos um bloco apoiado em uma superfície horizontal. Como o bloco está em repouso, as forças que atuam sobre ele têm resultante nula, isto é, o seu peso,  $\vec{P}$ , é equilibrado pela reação normal,  $\vec{N}$ , da superfície Figura 1. Suponhamos, agora, que uma pessoa puxe ou empurre o bloco com

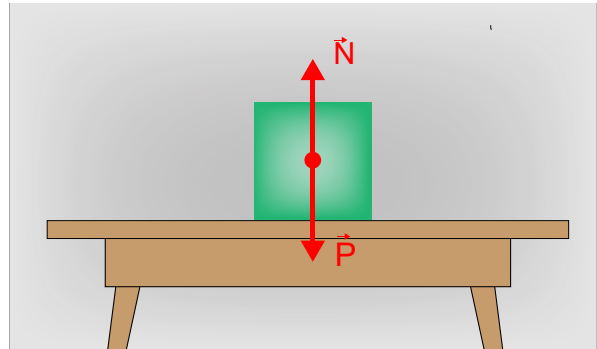


Figura 1- Não havendo tendência de movimento do bloco sobre a superfície, não haverá forças de atrito entre eles.

uma força  $\vec{F}$  Figura 2 e que o bloco continue em repouso. Então, a resultante das forças

que atuam no bloco é, ainda, nula. Deve, portanto, existir uma força atuando no bloco, que equilibre a força  $\vec{F}$ . Este equilíbrio é devido a uma força, exercida pela superfície sobre o bloco, denominada *força de atrito*  $\vec{f}$  Figura 2.

A força de atrito sempre se opõe à tendência de movimento do corpo sobre a superfície e é decorrente, entre outros fatores, da existência de pequenas irregularidades das superfícies em contato.

## ATRITO ESTÁTICO

Na Figura 2, se aumentarmos o valor da força  $\vec{F}$  e verificarmos que o bloco continua em repouso. Pode-se concluir que a força de atrito  $\vec{f}$  continua equilibrando a força  $\vec{F}$ . Em outras palavras, o módulo de  $\vec{f}$  também se tornou maior ao aumentarmos o valor de  $\vec{F}$ . Esta força de atrito, que atua no bloco em repouso, é denominada *força de atrito estático*  $\vec{f}_e$ . Concluimos, pois, que:

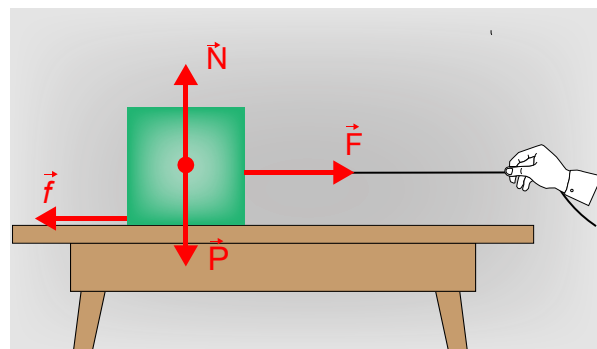


Figura 2 - Nesta situação, o bloco continuou em repouso porque a força  $\vec{F}$  foi equilibrada pela força de atrito estático  $\vec{f}$

A força de atrito estático  $\vec{f}_e$  que atua sobre um corpo é variável, estando sempre a equilibrar as forças que tendem a colocar o corpo em movimento.

### FORÇA DE ATRITO ESTÁTICO MÁXIMA

Aumentando continuamente o valor de  $\vec{F}$  Figura 2, verificamos que a força de atrito estático  $\vec{f}_e$  também cresce, continuando sempre com seu módulo igual ao módulo de  $\vec{F}$ . Entretanto, a força  $\vec{f}_e$ , cresce até um valor limite, além do qual ela não mais equilibra a força  $\vec{F}$ . Este valor limite de  $\vec{f}_e$  denomina-se *força de atrito estático máxima*,  $\vec{f}_{eM}$  Figura

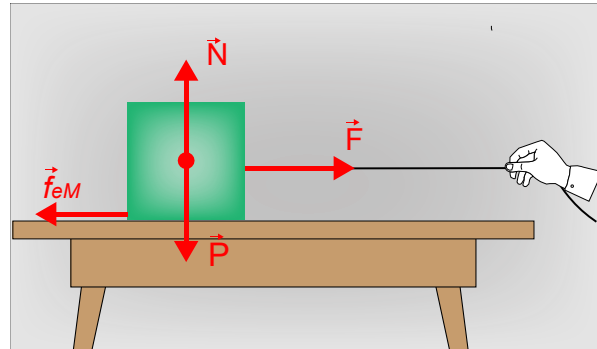


Figura 3 - A força de atrito estático cresce, à medida que aumentamos o valor de  $\vec{F}$ , até atingi um valor máximo.

3. Quando o valor de  $\vec{F}$  ultrapassa o valor de  $\vec{f}_{eM}$ , o bloco começa a se movimentar.

A experiência mostra que  $\vec{f}_{eM}$  é proporcional à compressão normal que o bloco exerce sobre a superfície, isto é, quanto mais comprimido estiver o bloco sobre a superfície, maior será o valor da força de atrito estático máxima. Como esta compressão tem valor igual ao da reação normal  $\vec{N}$  da superfície sobre o bloco, Podemos escrever que  $f_{eM} \propto N$ . A constante de proporcionalidade entre  $f_{eM}$  e  $N$  é representada por  $\mu_e$  e denominada *coeficiente de atrito estático*. O valor de  $\mu_e$  depende da natureza das superfícies em contato, do polimento destas superfícies, da existência ou não de lubrificação entre elas etc. Resumindo,

A força de atrito estático cresce até um valor máximo  $f_{eM}$ . Este valor máximo é dado por  $f_{eM} = \mu_e . N$ , onde  $\mu_e$  é o coeficiente de atrito estático entre as superfícies.

### ATRITO CINÉTICO

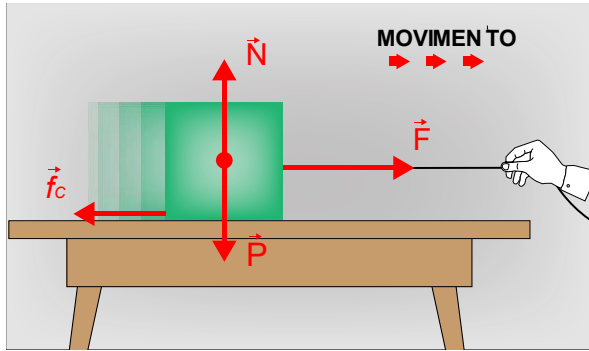


Figura 4 - Quando o bloco está em movimento, a força de atrito que atua sobre ele se denomina força de atrito cinético.

Suponhamos que o valor de  $\vec{F}$  tenha se tornado superior ao valor de  $\vec{f}_{eM}$ . Nestas condições, o bloco estará em movimento. Observamos, então, que a força de atrito continua a atuar sobre o corpo, sempre se opondo ao seu movimento. Esta força de atrito que atua sobre o corpo em movimento é denominada *força de atrito cinético*  $\vec{f}_c$

Figura 4.

Verifica-se que o valor de  $\vec{f}_c$  é menor do que o valor de  $\vec{f}_{eM}$ , isto é, o valor da força de atrito diminui quando o movimento se inicia. O valor de  $\vec{f}_c$  é praticamente constante (independente da velocidade do corpo) e proporcional ao valor da compressão normal que o corpo exerce na superfície. Então

$$f_{eM} \propto N \text{ donde } f_c = \mu_c \cdot N$$

Sendo  $\mu_c$  o *coeficiente de atrito cinemático* entre o corpo e a superfície. O valor de  $\mu_c$  depende dos mesmos fatores que afetam  $\mu_e$  e, evidentemente, para duas superfícies dadas, temos  $\mu_c < \mu_e$ .

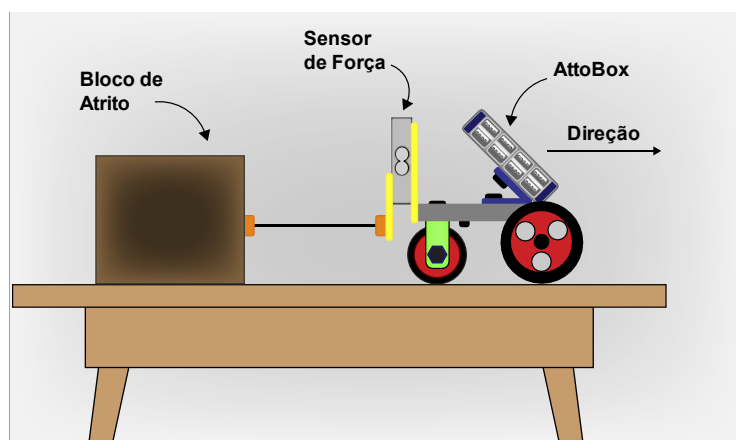
## EXPERIMENTO – MONTAGEM

### Componentes para realização do experimento

- 1 AttoBox
- 1 Celular ou Tablet
- 1 Sensor de Força
- 2 Motores DC
- 1 Botão
- 1 pedaço de linha
- 1 Módulo Bluetooth USB
- Peças Kit Atto para montagem do experimento

Este experimento consiste em montar um carrinho com motores DC, para que se mova em uma determinada direção juntamente com um sensor de força conectado na parte de trás. Através de uma linha é possível conectar o sensor de força com o bloco de atrito, o qual será arrastado quando o carrinho estiver se movendo.

A AttoBox deve estar conectada com o carrinho para que possa se movimentar juntamente com o mesmo.



*Figura 5 - Exemplo da montagem do experimento de atrito*

## UTILIZANDO ARDUBLOCK

Com a utilização dos componentes Atto, sendo eles, sensor de força, botão, módulo bluetooth, motores DC e a AttoBox, agora é necessário a programação para que o usuário possa realizar o experimento, e para essa atividade será utilizado o software Ardublock.

Com o Ardublock aberto, do lado esquerdo é possível encontrar a aba “ATTO FÍSICA” onde dentro dessa aba existe um bloco pronto chamado de “Força Atrito”, representado na Figura 6.

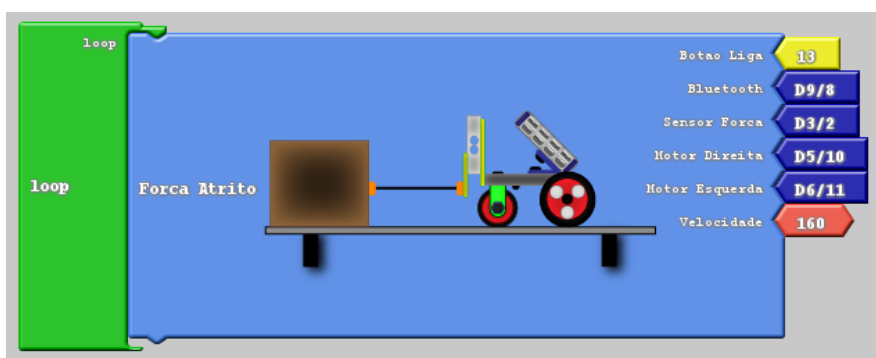


Figura 6 - Bloco de programação para o experimento

Fazendo as conexões na AttoBox do botão, do sensor de Força, motores DC e do módulo bluetooth conforme as portas estão selecionadas no bloco de programação, o aluno também deverá determinar qual a velocidade que o carrinho irá atuar para conseguir puxar o bloco de atrito, e fazer a modificação do valor no bloco onde está escrito “Velocidade”, com tudo configurado, o programa pode ser carregado na placa, entretanto para que o aluno possa visualizar os resultados obtidos, é necessário a integração com o software Phyphox, que irá gerar gráficos e informações referente ao experimento que está sendo utilizado.

## UTILIZANDO O PHYPHOX

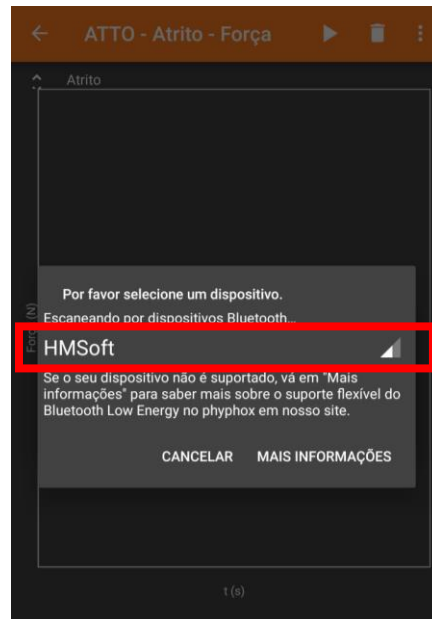
Inicialmente o aluno deverá pegar o tablete/celular e abrir o aplicativo nele instalado chamado pelo nome Phypbox, após isso deverá procurar pela seção “ATTO – Ciência” onde encontrará alguns experimentos disponíveis como visto na Figura 7. Neste momento o aluno deverá estar com o bluetooth do dispositivo ligado para que seja possível localizar o módulo bluetooth que foi conectado na AttoBox. Sendo assim, seguindo os passos abaixo a conexão com o módulo bluetooth será realizada para obtenção dos dados corretamente.

Passo 1- Na seção “ATTO – Ciência” acesse o experimento “ATTO – Atrito - Força”, Figura 7.



Figura 7 - Primeiro passo no phypbox

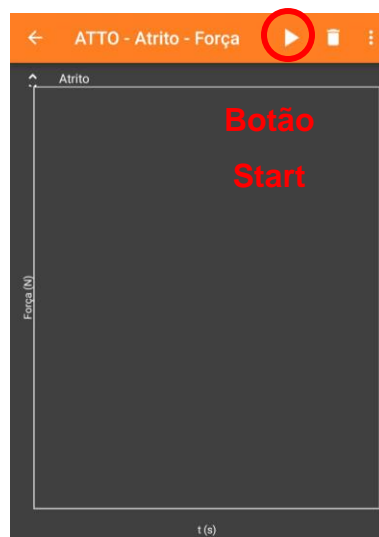
Passo 2 – Se a AttoBox estiver ligada e o módulo bluetooth estiver conectado corretamente, o nome deste módulo irá aparecer nesse próximo passo conforme mostra a Figura 8, onde o nome do dispositivo está como “HmSoft”.



**Módulo  
bluetooth**

*Figura 8 - Conexão com o módulo bluetooth*

Passo 3 – Após os passos anteriores serem feitos corretamente, o aluno deverá apertar o botão de start, o qual ficará esperando o início do experimento e seus devidos valores obtidos através do sensor de força para mostrar o gráfico resultante.



*Figura 9 - Iniciar gravação*

## EXPERIMENTO – PRÁTICA

Inicialmente o aluno deverá posicionar o bloco de atrito em cima de uma mesa ou em uma base a qual deseja determinar o atrito, juntamente com o carrinho em cima do mesmo local conforme o exemplo da Figura 5.

Após isso o aluno pode posicionar a AttoBox com o sensor de Força acoplado na parte de trás do carrinho. O a linha que conecta o sensor de força com o bloco de atrito não precisa estar esticada neste momento.

Após estar com o experimento todo posicionado agora é hora de começar a coletar os dados: Já com o phyphox iniciado e pronto para receber os valores do experimento, o aluno poderá apertar o “Botão Liga/Desl.” E logo em seguida o carrinho irá começar a se mover para frente, fazendo com que a linha comece a esticar, e se a força na direção que o carrinho está percorrendo for maior que a força de atrito do bloco com a base, o atrito estático máximo será vencido e o bloco de atrito irá começar a se deslocar. Após o bloco de atrito tiver se movido o aluno poderá apertar novamente no “Botão Liga/Desl” para desligar o carrinho. E para encerrar o experimento vai ser possível visualizar no phyphox um gráfico se formando da força (N) pelo tempo (s) conforme visto na Figura 10.

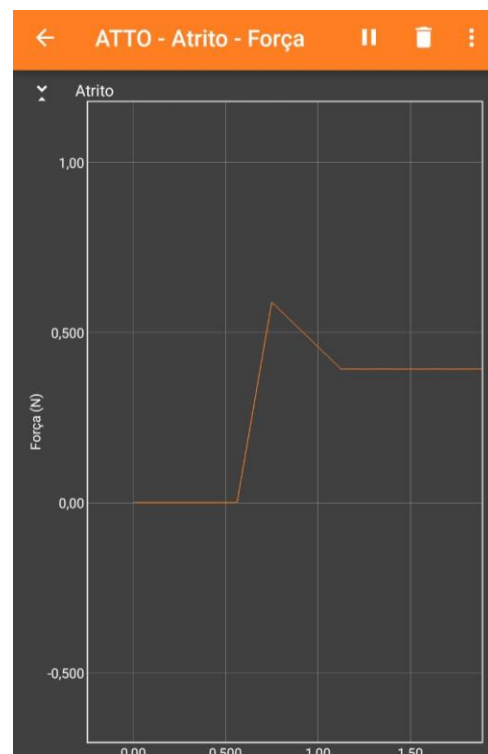


Figura 10 - Gráfico do experimento na prática