



## 9.2 Experimento 2: Equilíbrio entre Corpos num Plano Inclinado com Atrito

### 9.2.1 Objetivos

- ✓ Reconhecer os efeitos da força motora  $P_x$  e de sua equilibrante (tensão, compressão, atrito, etc).
- ✓ Reconhecer os efeitos da componente do peso  $P$  perpendicular a rampa  $P_y$  e sua equilibrante (força normal  $N$ ).
- ✓ Determinar a dependência de  $P_x$  e  $P_y$  com o ângulo de inclinação da rampa.
- ✓ Determinar a dependência de  $P_x$  e  $P_y$  com a massa envolvida e a aceleração gravitacional no local.
- ✓ Determinar a vantagem mecânica  $V_m$  da máquina simples denominada plano inclinado.
- ✓ Saber interpretar o comportamento do atrito no sistema.
- ✓ Determinar o coeficiente de atrito estático de diversas superfícies.

### 9.2.2 Materiais Necessários

- ✓ 01 plano inclinado com ajuste angular regulável, escala de 0 a 45 graus, com divisão de um grau, indicador da inclinação; sistema de elevação contínuo por fuso milimétrico; sapatas niveladoras amortecedoras; rampa principal metálica com trilhos secundários paralelos tipo bordas finas, ranhura central, esperas laterais, escala na lateral do trilho secundário.
- ✓ 02 massas acopláveis de 50 g;
- ✓ 01 carrinho com conexão flexível para dinamômetro, conjunto móvel indicador da orientação da força peso com haste normal e espera de carga adicional;
- ✓ 01 dinamômetro de 2 N.
- ✓ 01 corpo de prova de madeira com uma das faces revestida em material com alto coeficiente de atrito.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

### 9.2.3 Procedimento Experimental

1. Verifique o zero do dinamômetro, avalie a incerteza deste instrumento.
2. Pese o sistema carrinho + pesos (veja Figura 1) com o uso do dinamômetro (Neste caso, na posição vertical). Anote o valor obtido, bem como a incerteza.
3. Obs: Cuidado ao utilizar o dinamômetro para não ultrapassar a carga máxima que ele suporta.
4. Girando o manípulo do fuso de elevação contínua eleve o plano inclinado até um ângulo de 30 graus (Figura 1).

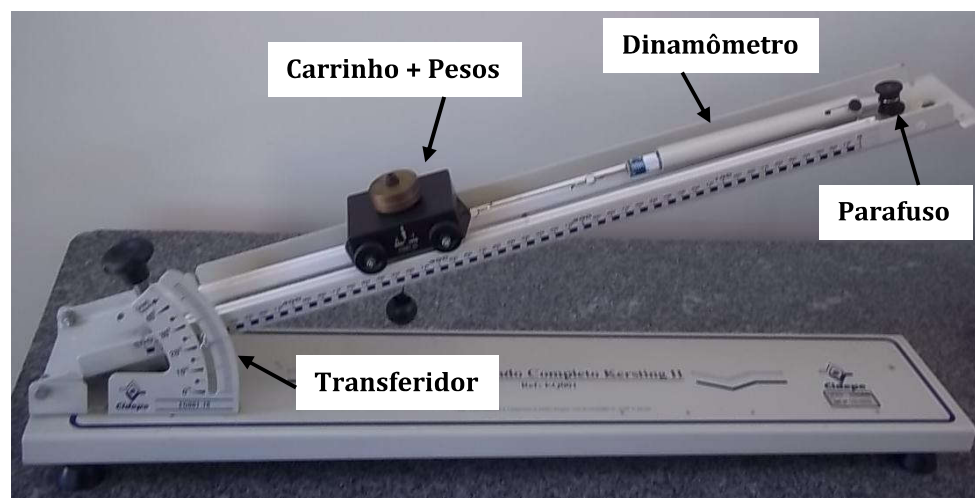


Figura 1- Montagem experimental para o carrinho + pesos no plano inclinado.

5. Prenda o dinamômetro no parafuso situado na parte superior da rampa do plano inclinado. Observe para que o dinamômetro fique paralelo ao plano inclinado.
6. Prenda o carrinho ao dinamômetro.
7. Realize quatro valores de força medida pelo dinamômetro. Obtenha a média e adote o desvio padrão como incerteza.
8. Faça o diagrama de forças que atuam neste momento sobre o móvel, identificando cada uma delas.
9. Diminua a inclinação do plano inclinado para 20 graus e meça a força no dinamômetro.
10. Obtenha e anote a relação entre a força mínima necessária para fazer o carro subir a rampa e o peso do carro, para os ângulos de 30 e 20 graus.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

11. Retire o carro e o dinamômetro da rampa.
12. Use o dinamômetro para medir o peso do corpo de prova (Figura 2).
13. Coloque o plano em posição horizontal.

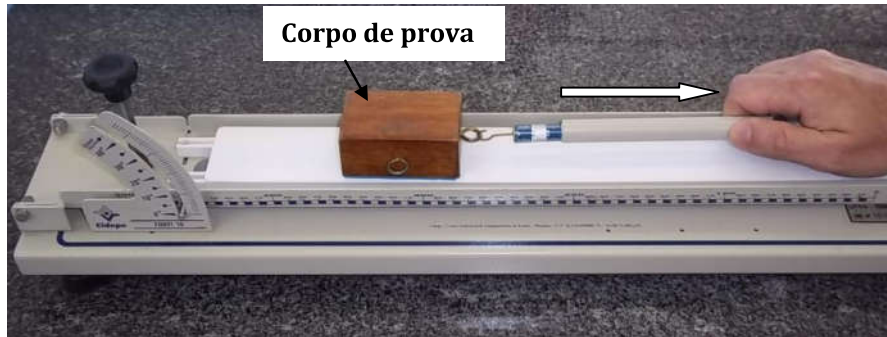


Figura 2 – Montagem experimental para o plano em posição horizontal.

14. Reajuste o zero do dinamômetro para que este trabalhe na posição horizontal.
15. Utilizando o dinamômetro, meça a força de atrito estático entre as superfícies do corpo de prova e a rampa do plano, agora na posição horizontal. Repita o procedimento de medida cinco vezes, obtenha a média e o desvio padrão.
16. Coloque a superfície esponjosa do corpo de prova para baixo e aumente o ângulo de inclinação da rampa, batendo levemente nela em cada grau, até que o corpo de prova comece a se mover lentamente.
17. Retire o corpo, reduza um pouco o ângulo, recoloque o corpo sobre a rampa e verifique se o corpo ainda se move. Caso não se mova aumente o ângulo até ele começar a se mover. Anote este ângulo.
18. Repita a determinação do ângulo em que o corpo está na iminência de movimento cinco vezes.
19. Repita os procedimentos 11- 18 com a superfície de madeira do corpo em contato com a rampa.
20. Preencha os formulários abaixo:

Peso dos cilindros de 50g com incerteza	
Peso do carrinho com incerteza	
(Peso do carrinho + pesos) com incerteza	



Força medida pelo dinamômetro com o carrinho no plano inclinado.

Ângulo	Força Medida				Valor médio	Desvio
30 graus						
20 graus						

Peso do corpo de Prova = \_\_\_\_\_

Força de Atrito Estático no Plano horizontal

Superfície	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Média	Desvio
Lisa							
Esponjosa							

Ângulo de Iminência do Movimento (obtido variando o ângulo até que o objeto esteja na iminência de movimento)

Medições	Superfície Lisa (ângulo em graus)	Superfície Esponjosa (ângulo em graus)
Medida 1		
Medida 2		
Medida 3		
Medida 4		
Medida 5		
Média		
Desvio		

#### 9.2.4 O que Incluir no Relatório do Experimento.

- Os diagramas de força (**com valores**) de todos os sistemas estudados.
- Verifique se a força medida no dinamômetro para o carrinho no plano inclinado confere com o previsto na teoria.
- A vantagem mecânica do plano inclinado (Peso/Força mínima para suspender a carga), para dois ângulos diferentes.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

- Uma discussão sobre as vantagens e desvantagens do uso de planos inclinados com menor ângulo de inclinação.
- O cálculo dos coeficientes de atrito estático das superfícies do corpo de prova em relação à rampa, utilizando o dinamômetro.
- O coeficiente de atrito estático é numericamente igual a tangente do ângulo de inclinação da rampa quando o corpo se encontra na iminência de movimento? Por que?