

# Modelo mecanístico de roldanas

Aires Vinícius Correia da Silveira

ULBRA, Unidade São Mateus, Cachoeirinha, RS, Brasil.  
aires-silveira35@hotmail.com

## Resumo

As roldanas são máquinas simples, geralmente apresentadas por meio de figuras esquemáticas e por um modelo ideal que, nalgumas montagens, demonstra que uma força potente pode ser menor que uma força resistente. Contudo, os valores experimentais medidos não coincidem com os valores calculados. Neste trabalho apresenta-se um modelo que tem em conta mais componentes do sistema. Com esta abordagem, o desvio entre os valores obtidos experimentalmente e os valores obtidos pela aplicação do modelo, é menor.

## Introdução

Durante as aulas de Física, mais especificamente, nas aulas com máquinas simples [1-4] (roldanas, polias), usam-se simplificações, considerando a montagem como sendo ideal. Devido a estas simplificações, o cálculo nunca coincide com a realidade. Isto não significa que o tratamento dos sistemas como sistemas ideais, sejam errados. Eles foram implementados para interpretar situações complexas das ciências, em que se fossem consideradas todas as complexidades, seriam problemas de difícil resolução. Um exemplo de modelo ideal seria os gases, que são considerados com movimentos caóticos, colisões elásticas (sem perdas de energias), distâncias entre as moléculas maiores que o seu tamanho e forças de interações desprezíveis (força eletrostática desprezada,...). Desta forma, os modelos ideais nos auxiliam nas interpretações, não só da Física, mas das ciências.

Possivelmente, Arquimedes (287-212 a.C.) foi o primeiro a deduzir a lei das roldanas[5]. Não descurando a validade de algumas simplificações, pode desenvolver-se um modelo mecanístico, que contenha outros componentes do sistema, e que atenuem as diferenças entre os valores medidos experimentalmente e os valores calculados por aplicação de um modelo.

Neste artigo pretende-se introduzir um novo modelo para o estudo das roldanas e propor um protocolo ex-

perimental que aproxima o modelo da realidade, quando comparado com os modelos propostos tradicionalmente.

## Modelo ideal de roldanas

As roldanas são discos, que podem rolar sobre um eixo, com uma gola por onde passa uma corda ou corrente, que possibilita aplicar forças (potentes) para suspender ou fazer movimentar cargas (força resistente). Em determinadas montagens a força potente é menor que a força resistente. Para interpretar o seu funcionamento utiliza-se um modelo ideal, considerando-se desprezáveis: a massa da corda; a massa da roldana; o atrito entre o fio e a gola da roldana; o atrito entre a roldana e o eixo que suporta a roldana sobre o qual ela rola. Desta forma, de acordo com o modelo ideal, uma montagem com uma roldana móvel, a força potente seria a metade da força resistente. Na prática, este resultado não se verifica.

Muitos exercícios apresentam situações envolvendo roldanas (polias) com considerações ideais. Nos livros do ensino superior foram verificados exercícios que apresentam polias sem atrito e sem massa, mas também situações físicas como a máquina de atwood [6-8].

Em alguns livros do ensino médio foram verificadas descrições ideais de roldanas, com ilustrações em que a força potente é a metade da força resistente [1,2,9,10].

Já noutros livros do ensino médio, além da descrição de roldanas ideais, foi também tida em conta a equação (1), em que “ $F$ ” é a força potente, “ $P$ ” a força resistente, que normalmente é o peso do objeto, e “ $n$ ” o número roldanas móveis [3,4,11]. Esta equação (1) aplica-se a uma associação de roldanas móveis com uma só roldana fixa.

$$F = \frac{P}{2^n} \quad (1)$$

Portanto, na descrição e resolução de situações com roldanas, é utilizado o modelo ideal, em que as massas da corda, da roldana e o atrito são desprezados.

## Configurações de roldanas para experiências

Propõe-se uma sequência de experiências com as configurações das figuras 1, 2, 3 e 4, sendo que na configuração da figura 1, apenas se modifica o sentido da força potente

relativamente à situação da configuração da figura 2. A força resistente é representada pela força “P”, que é o peso do objeto. A força potente é representada por “F”, medida com o dinamómetro.

Os materiais a serem utilizados são: um suporte, um objeto de latão com peso “P” igual a 0,96 N, dois fios de nylon, duas roldanas de alumínio de 0,14 N e um dinamómetro de alcance 2 N.

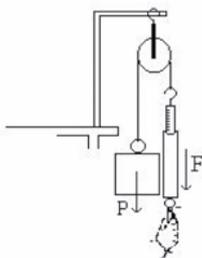


Figura 1 - Sistema com roldana fixa preso no suporte.

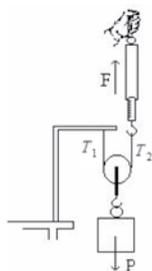


Figura 2 - Sistema com uma roldana móvel. O objeto de peso “P” está preso à roldana.

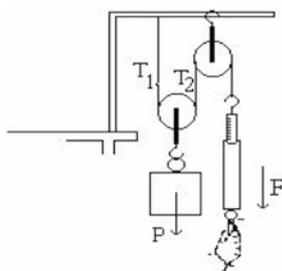


Figura 3 - Sistema com a associação de duas roldanas, uma fixa e a outra móvel.

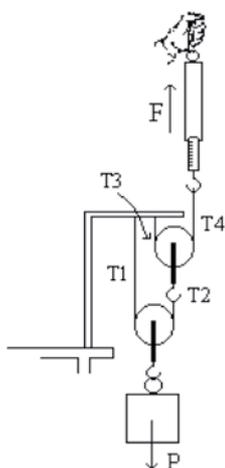


Figura 4 - Sistema com a associação de duas roldanas móveis.

## Modelo e Interpretações

A tabela 1 pretende comparar os resultados do modelo previsto por aplicação da equação 1, com os resultados obtidos experimentalmente.

Tabela 1- Resultados da equação (1) e experimentais.

	Valor da força potente previsto por aplicação de equação (1) [N]	Valor da força potente obtido experimentalmente [N]
Configuração 1	0,96	0,96
Configuração 2	0,48	0,56
Configuração 3	0,48	0,56
Configuração 4	0,24	0,36

Para que os valores previstos possam ser mais próximos dos que se obtêm experimentalmente, tem de se introduzir alterações ao modelo representado na equação (1).

Na configuração da figura 2, além do peso do objeto, “P”, o peso da roldana “Pr1” de 0,14 N, tem também de ser suportado. Tal como para o objeto de peso “P”, o peso da roldana também se distribui igualmente pelas partes esquerda (representado por  $T_1$ ) e direita (representado por  $T_2$ ) do fio que passa pela gola da roldana. É esta força  $T_2$  que é medida pelo dinamómetro. Se alterarmos a equação (1) para incluir o peso da roldana, obteríamos a equação (2).

$$T_2 = \frac{P + P_{r1}}{2^n} \quad (2)$$

Para o caso das configurações (2) e (3), que em termos de intensidade de força potente são idênticas, teríamos a seguinte situação descrita na tabela 2.

Tabela 2- Resultados da equação (1), da equação (2), experimentais e desvios. Na tabela 2,  $F(1)$  é o valor da força potente previsto por aplicação da equação (1),  $T_2(2)$  o valor da força potente previsto por aplicação da equação (2) e  $T_2$  o valor da força potente obtido experimentalmente, medido com o dinamómetro.

P (N)	$P_{r1}$ (N)	n	$F(1)$ (N)	$T_2(2)$ (N)	$T_2$ [N]	Usando eq. (1) Desvio absoluto/desvio percentual	Usando eq. (2) Desvio absoluto/desvio percentual
0,96	0,14	1	0,48	0,55	0,56	0,08 N / 14,3 %	0,01 N / 1,8 %

Nesta situação de uma roldana móvel, o desvio percentual entre o valor medido da força potente e o valor da força potente calculado pela aplicação da equação (1) e (2), diminui de 14,3 % para 1,8 %, o que não pode deixar de traduzir uma melhoria do modelo proposto.

Na configuração da figura 4, o peso do corpo (P) e o peso da roldana 1, que está associada ao corpo ( $P_{r1}$ ), estão distribuídos igualmente pelos dois lados do fio que passa pela gola da roldana. A parte direita do fio está ligado ao eixo da roldana 2. Portanto esta roldana suporta metade do peso do corpo e metade do peso da roldana 1, ou seja, a roldana 2 suporta uma força equivalente à que é obtida pela resolução da equação (2), ou seja  $T_2$ . O fio que passa pela roldana 2, suporta, além da força  $T_2$ , o peso da própria roldana (2),  $P_{r2}$ . Toda esta carga está distribuída pelos dois lados do fio, representadas pelas forças  $T_3$  e  $T_4$ , sendo esta última, aquela que é medida pelo dinamómetro. O valor previsto da força medida pelo dinamómetro será:

$$T_4 = \frac{T_2 + P_{r2}}{2^n} \quad (3)$$

Se o peso das roldanas for igual, poderemos representar esse peso por  $P_r$  e substituir na expressão (3), assim como o  $T_2$  da equação (2). Não esquecer que o  $P_{r1}$  da equação (2), corresponde, na configuração da figura 4, a  $P_{r2}$ . Para o caso específico desta configuração, com duas roldanas móveis ( $n = 2$ ), obtém-se a equação (4).

$$T_4 = \frac{P + 3P_r}{4} \quad (4)$$

Nesta equação,  $T_4$  é a força potente ( $F = T_4$ ). O fator 3 da equação está relacionado com o número de roldanas móveis. Para esta configuração, com 2 roldanas móveis ( $n = 2$ ):  $2n - 1 = 3$ .

Generalizando para os sistemas com roldanas móveis de igual massa, o valor da força potente é obtido pela expressão (5).

$$F = \frac{P + (2n-1)P_r}{2^n} \quad (5)$$

Esta expressão é válida para sistemas com roldanas móveis ou que envolvam uma roldana fixa e  $n$  roldanas móveis. Particularizando para o caso da configuração (4), tem-se os resultados da tabela 3.

Tabela 3- Resultados da equação (1), da equação (5), experimentais e desvio. Na tabela,  $F(1)$  é o valor da força potente previsto por aplicação da equação (1),  $F(5)$  - valor da força potente previsto por aplicação de equação (5) e  $F$  é o valor da força potente obtido experimentalmente, medido com o dinamômetro.

P (N)	P <sub>r</sub> (N)	n	F(1) (N)	F(5) (N)	F (N)	Usando eq. (1)	Usando eq. (5)
						Desvio absoluto/desvio percentual	Desvio absoluto/desvio percentual
0.96	0.14	2	0.24	0.35	0.36	0.12 N / 33.3 %	0.01 N / 2.8 %

Com duas roldanas móveis, o desvio percentual entre o valor medido da força potente e o valor da força potente calculado pela aplicação das equações (1) e (5), diminui, de um modo muito significativo, de 33.3 % para 2.8 %! Este pequeno desvio relativamente à medida efetuada com o dinamômetro, pode ser facilmente entendido pelos alunos, devido a não levar em conta a massa do fio e os atritos envolvidos.

Querendo evoluir a expressão (5) para incluir as forças desprezadas (peso do fio e os atritos envolvidos), obter-se-ia a equação (6).

$$F_n = \frac{P + (2n-1)P_r}{2^n} + F' \quad (6)$$

Em que  $F'$  corresponderia a essas forças. Naturalmente os alunos poderão estimar a magnitude dessas forças fazendo a diferença entre o valor da força potente obtido experimentalmente e o valor calculado pela expressão (5). Assim, teremos um novo modelo para  $n$  roldanas móveis iguais, com a opção de acrescentar apenas uma roldana fixa.

## Conclusão

A ciência não apresenta um conhecimento estático, está sempre em evolução. Este artigo propõe um modelo mecânico de roldanas com a incorporação de mais componentes dos sistemas de roldanas e corresponde a uma evolução do modelo tradicionalmente lecionado. Quando comparado com o modelo tradicional, este modelo proposto tem uma consequência muito benéfica e que se traduz pela diminuição do desvio entre os valores calculados e os valores experimentalmente obtidos.

## Referências

- Alvarenga, B; Máximo, A. Física: volume único. São Paulo: Scipione, 2007, 200p.
- Alvarenga, B; Máximo, A. Física, contexto e aplicações. São Paulo: Scipione, 2013, 117p.
- Barreto Filho, Benigno. Física aula por aula: mecânica 1º ano. 2ed. São Paulo: FTD, 2013, 154p.
- Bonjorno, José Robert. Física: história e cotidiano. Volume único. São Paulo: FTD, 2005, 212p.
- Dieguez, Flávio. As façanhas de um gênio. Revista Galileu Especial, nº 1. Editora Globo. Abril de 2003, 10p.
- Halliday, D.; Resnick, R.. Fundamentos da Física. Volumes 1. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996, p.105.
- Nussenzveig, H. Moisés. Curso de Física Básica, VI. 5ª Ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2013, p.312.
- Tipler, Paul Allen. Física para Cientistas e Engenheiros, VI. Rio de Janeiro: TC, 2014, p.298.
- Gaspar, Alberto. Física 1. São Paulo: Editora Atica, 2008, 132, 134, 141-143p.
- Menezes, Luís Carlos de. Quanta Física, 1º ano. 2ªed. São Paulo: Person Education do Brasil, 2013, 243p.
- Guimarães, Osvaldo. Física 1 /Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira, Wilson Carron. 1ª ed. São Paulo: Atica, 2013, 158p.



Aires Vinícius Correia da Silveira, é professor de Física, de ciências, com licenciatura, bacharelado e mestrado em Física pelo IF-UFRGS. Autor dos livros: "Acordando em outro mundo" e "Contribuições das ciências e perspectivas".