Como escrever um bom RELATÓRIO

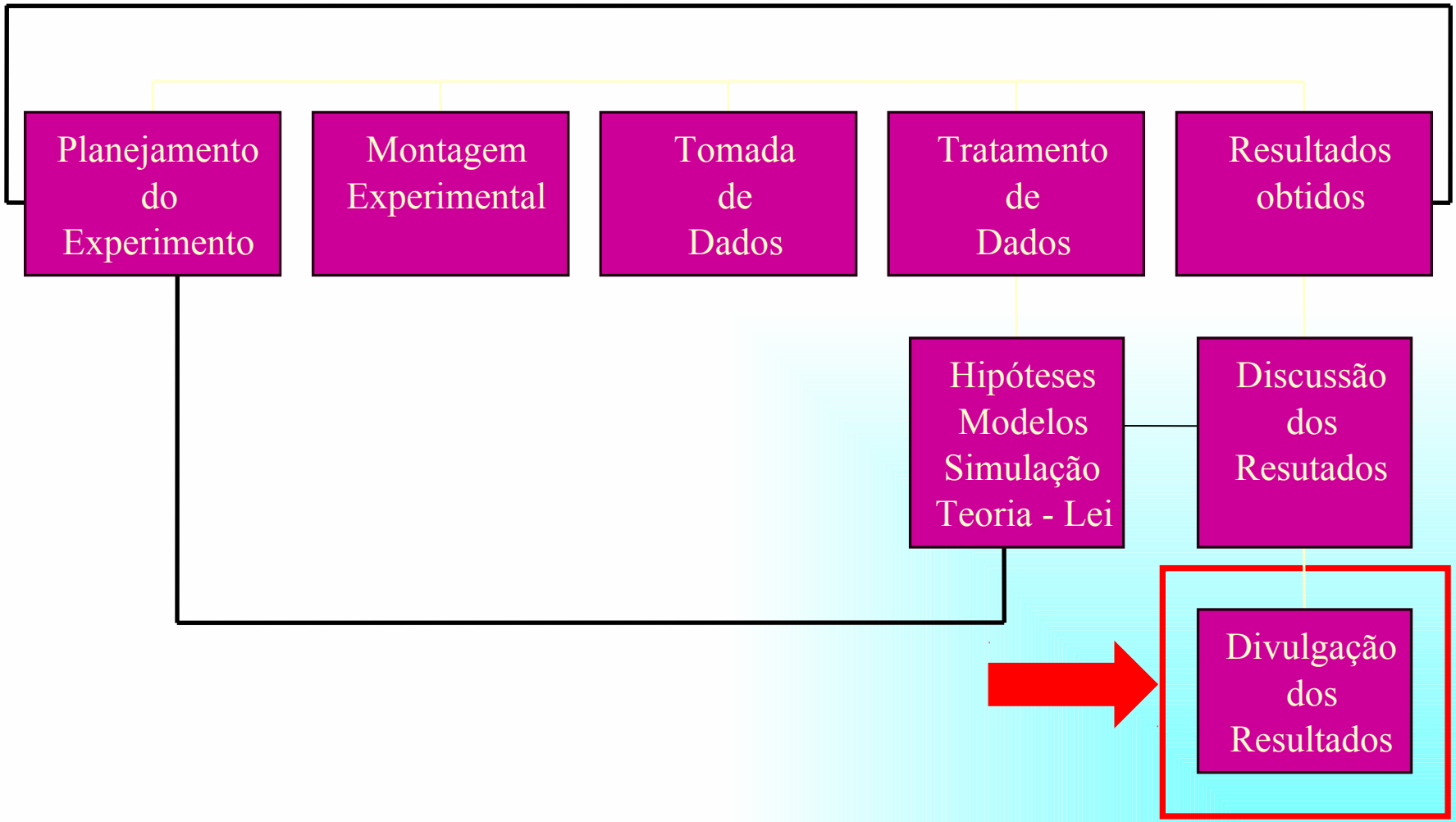
Mas o que é uma EXPERIÊNCIA?
e um RELATÓRIO?

Profa. Ewa W. Cybulska
Profa. Márcia R. D. Rodrigues

Experiência → Pergunta à Natureza e a procura da Resposta

Relatório → Divulgação da resposta

Organização de um EXPERIMENTO qualquer



RELATÓRIO

I) ESTILO

a) Para que tipo de leitor deve ser dirigido o relatório?

O relatório deve ser dirigido a um pesquisador, que entende do assunto, mas nunca tenha visto nada sobre esta experiência.

b) Deve ser escrito em 3ª pessoa,

com verbos em tempo *passado*,

porque descreve um trabalho já realizado

II) FORMATO DO RELATÓRIO

1) RESUMO - Deve ser escrito por último.

2) INTRODUÇÃO

- Objetivos - clareza sobre a pergunta.
- Informações Teóricas.
- O que já se sabe sobre este assunto e outras informações experimentais pertinentes.

3) DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL E PROCEDIMENTO

- Arranjo experimental.
- Procedimento experimental.
- Características de instrumentos e incertezas de leitura.
- Cuidados particulares e detalhes relevantes.

4) RESULTADOS E ANÁLISE

- Tabelas de dados e resultados.
- Cálculos e fórmulas utilizadas.
- Gráficos, auto-explicativos.
- Análise estatística.

5) DISCUSSÃO

- Acordo entre os resultados obtidos e valores calculados ou experimentais obtidos de outras fontes.

- Discutir qualidade de dados e dos resultados.

- O que os resultados acrescentam ao que já se sabia.

- Crítica construtiva, sugestões e comentários.

6) CONCLUSÃO

- A partir dos dados analisados e da discussão, o que pode ser concluído sobre o resultado da experiência.

- Não esqueça de citar os resultados numéricos obtidos.

- A conclusão deve ser auto-consistente.

RESUMO

- No máximo meia página.
- Objetivos.
- Equipamento.
- Resultado final.
- Conclusões.

III) COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE O RELATÓRIO

- Perfeitamente legível.
- No máximo 20 páginas.
- Tabelas e figuras numeradas, com legendas.
- Português correto
- Organizado

EXEMPLO DE UM RESUMO

Objetivos

1) RESUMO

Com o intuito de efetuar uma simulação da questão da FUVEST de 2004 sobre o movimento de um satélite em volta da Terra, foi realizada uma série de medidas de período de oscilação de um pêndulo composto. Foi feito um filme das oscilações deste pêndulo com uma régua grande fixada num fundo liso, a fim de melhorar a precisão das medidas do comprimento e ângulo do pêndulo. Foi dada a ênfase à flutuação dos dados em torno do seu valor médio quando se repetem as medições nas mesmas condições experimentais. O analisados usando os procedimentos estatísticos usuais.

Resultados

O histograma dos dados obtidos de 219 repetições apresentou um formato bimodal com T_1 = 0,7079(16)s e T_2 = 0,7805(14)s, respectivamente para o primeiro e segundo pico. Foi discutida a discrepância entre os valores experimentais e o calculado (0,764(53)s) levando em conta as condições experimentais como também as aproximações no cálculo teórico.

EXEMPLO DE UMA INTRODUÇÃO

Objetivos

2) Introdução

A experiência descrita no presente relatório teve como objetivo determinar o período de rotação do pêndulo composto e comparar com o valor calculado a partir da mecânica newtoniana.

O pêndulo composto em questão simula a questão da FUVEST sobre satélite artificial em órbita circular em torno da Terra, mantendo um período que depende de sua altura em relação à superfície da Terra.

O pêndulo composto (*Figura 1)* consiste de um pequeno objeto (A) e de um fio flexível. O objeto está preso em uma das extremidades do fio que passa por um tubo de vidro especialmente polido e na outra extremidade tem-se um peso de massa *M* (B). O operador segura o tubo de vidro e faz o objeto girar descrevendo uma trajetória circular. O objeto A representa o satélite e o peso B, que determina a força centrípeta aplicada no objeto, corresponde a força gravitacional que atua sobre o satélite.

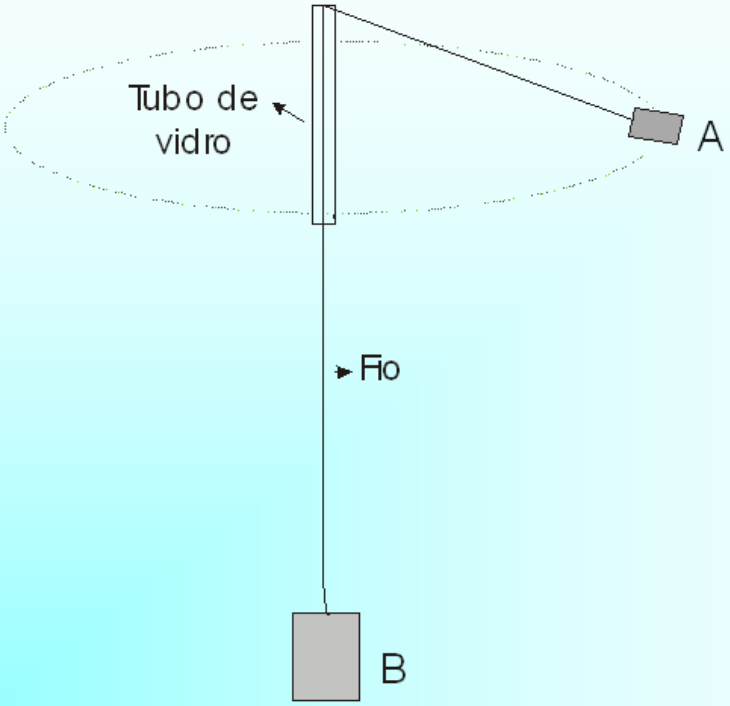


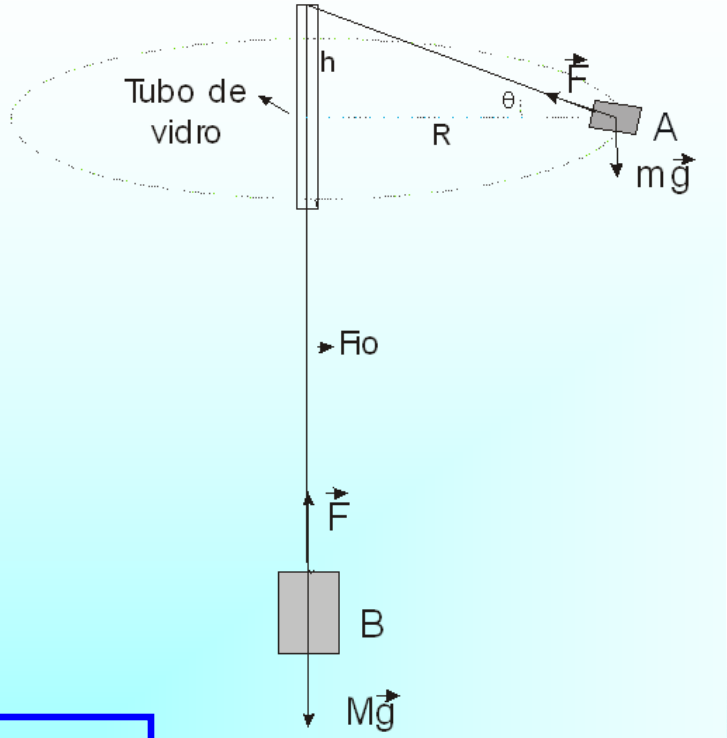
Figura 1: *Desenho esquemático do pêndulo composto*

Hipóteses

Para o estudo do pêndulo composto, utiliza-se um modelo baseado nas seguintes hipóteses:

- O objeto que constitui o pêndulo pode ser considerado como ponto material de massa *m*;
- o fio é inextensível e possui massa desprezível;
- apenas as forças peso e tração do fio atua no objeto A;
- o fio passa livremente pelo tubo de vidro.

O período *T* pode ser obtido por através da relação vetorial entre as forças atuantes no objeto A do pêndulo. Assim, as forças atuantes são: tração do fio e as forças peso (A) e (B). Os vetores estão representados na *Figura 2.*



Identificação

Legenda

Figura 2: *Esquema que representa as forças atuantes no pêndulo composto. A força* $\vec{F}$ *é a tração,* $m\vec{g}$ *e* $M\vec{g}$ *as forças peso do objeto (A) e da massa M (B), respectivamente. O ângulo* θ *é o ângulo formado entre as direções da força de tração e o raio da órbita (R) descrita pelo objeto (A) e h está associado a distância do final do tubo de vidro ao raio da órbita.*

Definindo *m* para a massa do objeto A e *M* para a massa do peso B, *g* para a aceleração da gravidade, *R* como sendo o raio da circunferência descrita pelo objeto A, θ o ângulo formado entre as direções da força de tração e o raio da órbita *R* e *h* a distância do final do tubo de vidro ao raio da órbita. As equações das forças para o objeto A e peso B, são dadas por:

$$\vec{F} = m\vec{g} = m\vec{a} \quad (1)$$

$$\vec{F} = M\vec{g} \quad (2)$$

identificação

Escrevendo a equação (1) em um sistema de duas dimensões tem-se que a componente horizontal da tração corresponde à força centrípeta $(F_c = ma_c)$ responsável pela órbita circular realizada pelo objeto e que a componente vertical da tensão anula a força peso do objeto, pois não há movimento nesta direção.

$$T\,sen(\theta) = mg \quad (3)$$

$$T\cos(\theta) = ma_c \quad (4)$$

Dividindo as equações (3) e (4) pode-se obter:

$$a_c = \frac{g}{tg(\theta)} \qquad \text{onde} \quad tg(\theta) = \frac{h}{R} \qquad (5)$$

A aceleração centrípeta é dada por:

$$a_c = \frac{v^2}{R} \qquad \text{onde} \quad v = \frac{2\pi R}{T} \qquad (6)$$

Substituindo (6) em (5) tem-se o período:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{h}{g}} \qquad (7)$$

Para se obter um resultado numérico para o período *T*, consideram-se os seguintes valores: *h* = 14,46 cm e *g*= 978,6 cm/s^2. Assim, a partir da equação (7), calcula-se o valor do período, dado por: ***T* = 0,7638 s**. É importante ressaltar que os valores numéricos utilizados, especialmente *h* são aproximados. Este fato deve ser levado em conta quando se comparar o valor calculado com o resultado experimental.

Dicas para o item resultados e análise

4) Resultados

(I) Tabela de dados dos 2 cartões

(II) cálculos do valor médio, desvio padrão e desvio da média total e para cada cartão,

(a) explicação das fórmulas usadas e numeradas, por exemplo:

Média aritmética T: $$\bar{T} = \frac{\sum x_i}{N} \qquad (4.1)$$

Desvio padrão amostral s: $$s = \sqrt{\frac{\sum \left(x_i - \bar{x} \right)^2}{N-1}} \qquad (4.2)$$

Desvio da média s_m : $$s_m = \frac{s}{\sqrt{N}} \qquad (4.3)$$

(b) tabela com os resultados dos cálculos com x, s, s_m e o resultado

X= ..... ± ..... unidades

EXEMPLO DE TABELA COM RESULTADOS

Legenda

Identificação

Tabela 2: Média, desvio padrão (s) e desvio padrão da média (s_m) considerando os cartões azuis e verdes separadamente e depois todos os cartões para o primeiro e segundo picos obtidos na medida de dez oscilações do pêndulo composto.

Cabeçalhos e unidades

		Cartões azuis	Cartões verdes	Todos os cartões
1º pico	média (s)	7,084	7,072	7,079
	s (s)	0,13	0,13	0,13
	s_m (s)	0,021	0,024	0,016
2º pico	média (s)	7,833	7,781	7,805
	s (s)	0,17	0,16	0,17
	s_m (s)	0,021	0,018	0,014

(III) propagações de incertezas

(a) dada uma função a fórmula geral para propagação de incertezas é dada por:

$$s_w = \sqrt{\left(\frac{\partial w}{\partial x} s_x\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} s_y\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z} s_z\right)^2 + \ldots} \qquad (4.4)$$

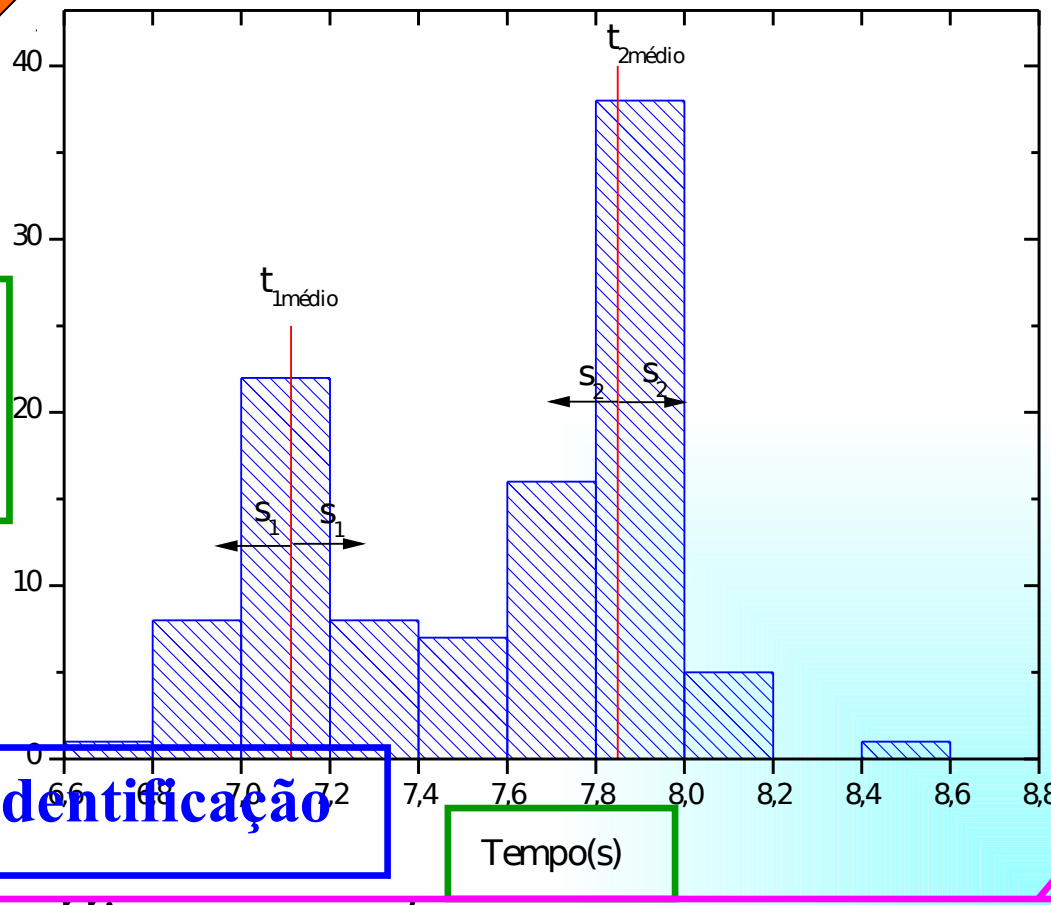
(IV) histogramas e/ ou gráficos com as respectivas legendas.

Escala

EXEMPLO DE HISTOGRAMAS

Título

Distribuição dos tempos para os cartões azuis



Identificar eixos e unidades

Identificação

Legenda

Figura 3: *Histograma dos tempos para os cartões azuis, com discriminação do valor médio de cada pico ($t_{1médio}$ e $t_{2médio}$) e representação dos respectivos desvios padrões s_1 e s_2.*

Escala

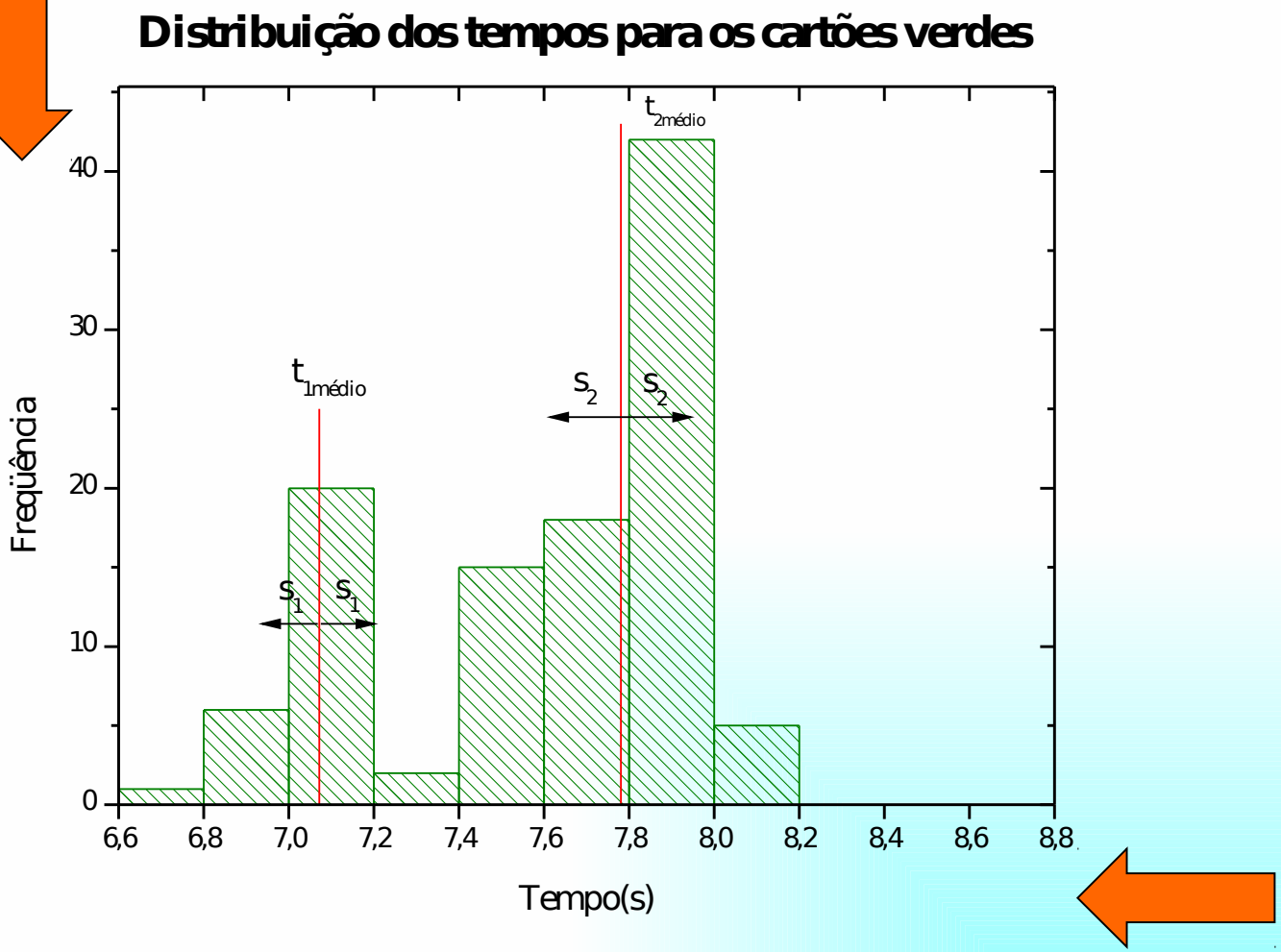


Figura 4: *Histograma dos tempos para os cartões verdes, com discriminação do valor médio de cada pico ($t_{1médio}$ e $t_{2médio}$) e representação dos respectivos desvios padrões s_1 e s_2.*

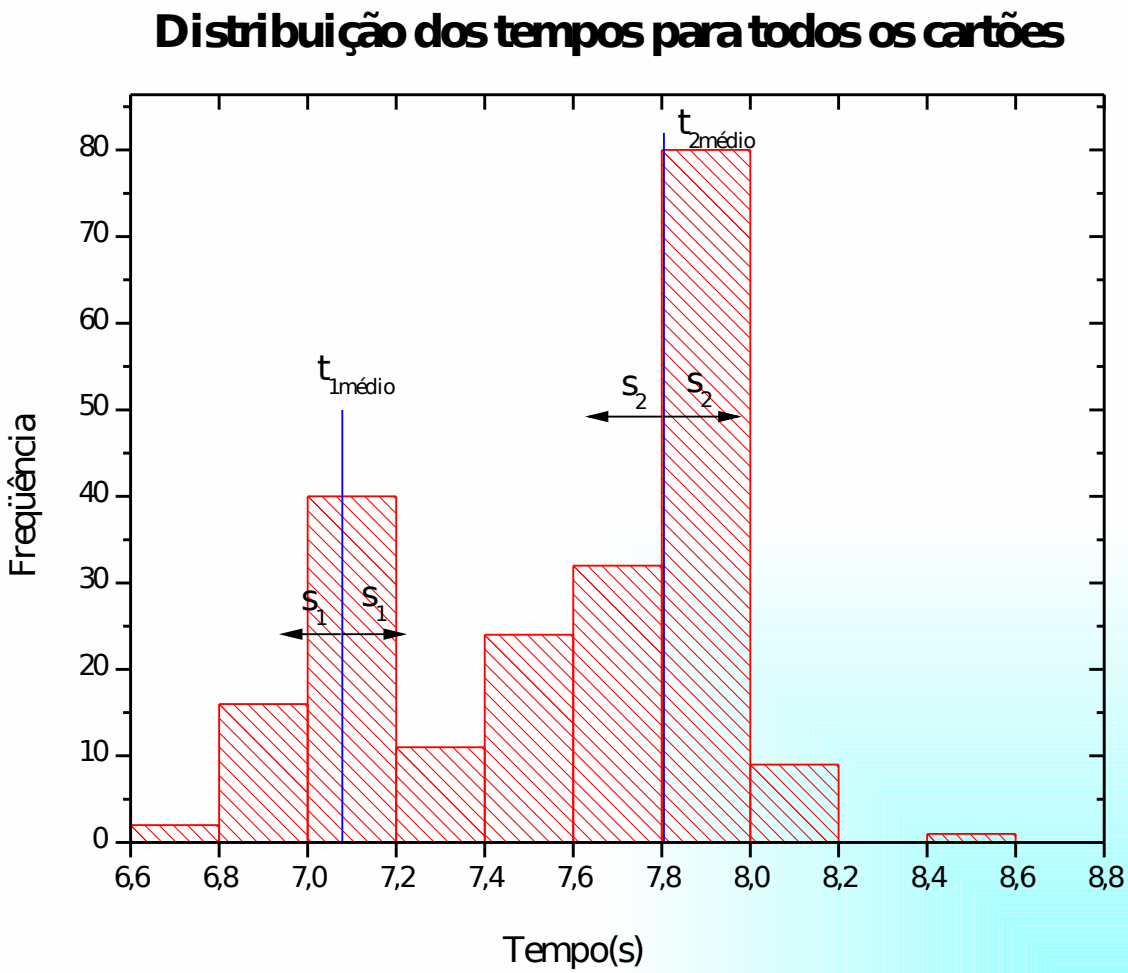


Figura 5: *Histograma dos tempos para todos os cartões, com discriminação do valor médio de cada pico ($t_{1médio}$ e $t_{2médio}$) e representação dos respectivos desvios padrões s_1 e s_2.*

EXEMPLO DE UMA DISCUSSÃO

5) DISCUSSÃO

Examinando os dados adquiridos considerando todos os cartões, pode-se observar uma grande flutuação entre os diferentes valores obtidos. O histograma destes dados mostra claramente a dispersão dos dados num formato bimodal, resultando em dois picos, o primeiro situado em torno do um valor de 7,079(s) referente ao período de 10 oscilações e o segundo, bem mais alto e largo, em 7,805(s). A dispersão dos dados pode ser quantificada pelo desvio padrão amostral, que corresponde à metade da largura do histograma a meia altura como previsto pela análise estatística, e foi calculada para cada pico resultando em 0,13(s) e 0,17(s), respectivamente. Nota-se que o desvio padrão do segundo pico (0,17(s)) é 30% maior que o do primeiro, de acordo com a largura dos picos no histograma. O formato bimodal do histograma pode ser interpretado de duas maneiras. Uma possível interpretação seria a contagem de 9 oscilações em vez de 10, pois a diferença entre os dois picos é de 0,726(s), ordem de grandeza de um período. Por outro lado, o método de oscilar o pêndulo não era perfeitamente uniforme, gerando vários tipos de rotação e dando origem a um espectro de períodos com 2 ou mais picos.

À primeira vista os resultados do período médio compilados para os dois tipos de cartão mostram discrepâncias, como se a cor do cartão pudesse ter influência na medida do período. No entanto, levando em conta as incertezas dos períodos observa-se que para o primeiro pico ($t_{azul}+s_m$) é compatível com ($t_{verde}-s_m$), ou (7,084-0,021)s e (7,072+0,024)s são compatíveis dentro de uma incerteza. Assim, pode-se afirmar que não foi observada influência da cor da ficha no valor do período. No entanto, comparando os centróides dos segundos picos observa-se uma discrepância maior. De fato, para o cartão azul, o valor médio é de 7,833±0,021(s) e para o verde é de 7,781±0,018(s), resultando numa diferença da ordem de 2 incertezas.

O resultado previsto para o período de oscilação do pêndulo composto pelo modelo teórico é T_{calc} = 0,7638s, porém valores calculados também têm incertezas devido aos valores numéricos das grandezas físicas utilizadas. No presente caso foi verificado que a incerteza do *h* (0,10m) é a mais relevante, resultando na incerteza do período de 0,053s. O valor do período calculado, T_{calc} = 0,764(53)s, é compatível dentro de uma incerteza com os resultados finais, T_1 = 0,7079(16)s e T_2 = 0,7805(14)s, respectivamente, para o primeiro e segundo picos. Nota-se que a incerteza do T_{calc} é muito grande (~10%), indicando necessidade de medidas mais precisas das grandezas características deste pêndulo, tais como *h*. Por outro lado, considerando os resultados experimentais, isto é o histograma bimodal, percebe-se a necessidade de repetir a experiência em condições de maior uniformidade nas rotações do pêndulo.

EXEMPLO DE UMA CONCLUSÃO

6). CONCLUSÃO

Foram efetuadas medidas de período de oscilação de um pêndulo composto. O histograma dos dados adquiridos apresentou um formato bimodal, resultando em dois picos, o primeiro situado em 7,079(s) e o segundo em 7,805(s) com a semi largura a meia altura condizente com o desvio padrão amostral s = 0,13(s) e 0,17(s) respectivamente, referente ao período de 10 oscilações. Obtendo-se os seguintes valores para o período de oscilação: T_1 = 0,7079(16)s e T_2 = 0,7805(14)s, respectivamente para o primeiro e segundo picos. O formato bimodal do histograma pode ser interpretado como uma possível contagem de 9 oscilações em vez de 10 ou uma oscilação não uniforme do pêndulo. A comparação do resultado experimental com o $T_{calc.}$ = 0,764(53)s, calculado utilizando o parâmetro *h*, indica a necessidade de refazer a medição desse parâmetro com uma precisão melhor.

EXEMPLO DE UMA BIBLIOGRAFIA

7). BIBLIOGRAFIA

exemplos de revista e livro:

1). M.A.F. Gomes, Am. J. Phys. **55** (1987) 649.

2). H.M. Nussenzweig, *Curso de Física Básica,* Vol. **1**, cap. 6, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1996.