

# **Introdução às Medidas em Física**

**4300152**

**2ª Aula**

# **Experiência I:**

## **Medidas de Tempo e o Pêndulo Simples**

### **Objetivos:**

**Realizar medidas de tempo e adquirir noções sobre ordem de grandeza em medidas de tempo**

**Estudo do período de oscilação de um pêndulo**

**Noções de estatística:**

**Introdução a erros aleatórios ou estatísticos**

**Média e desvio padrão**

**Introdução a histogramas**

**Ocorrências**

**Frequências**

**Densidade de probabilidade**

# Algarismos significativos

## Algarismos usados para representar um valor

Quantidade define confiabilidade e precisão

345 - 1200,0 - 0,0004 - 43 - 12,45  
3            5            1            2            4

Para contar número de algarismos significativos de um valor inicia-se pelo primeiro algarismo não nulo.

## Arredondamento

3,1415926535

3 sig → 3,14

5 sig → 3,1416

Regra: adiciona-se uma unidade ao último algarismo significativo, se o valor do algarismo seguinte for igual ou maior que 5; caso contrário mantem-se o mesmo valor

# Como realizar medidas

## Análise do instrumento de medida

identificação do tipo e funcionamento

## Fundo de escala e unidade

seleção conveniente

## Precisão e incerteza da medida

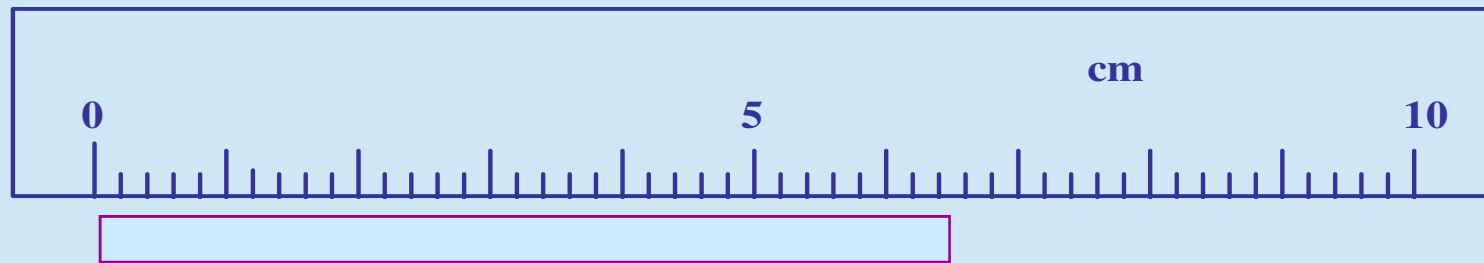
**Instrumental**

Escala simples

Duas escalas: principal e auxiliar (nônio ou vernier)

**Método**

Aleatórios



**Régua - mede distâncias**

**Fundo de escala = 10 cm**

**Precisão = menor divisão/2 = 0,1 cm ou 1 mm**

**Para realizar a medida:**

$$\text{Comp} = ( 6,5 \text{ +/- } 0,1 ) \text{ cm}$$

←  
duvidoso

# Características de uma medida

**Medidas repetidas – diferentes**

Diferentes experimentadores

Diferentes instrumentos

**Nunca iremos obter o valor verdadeiro em  
nossas medições**

características da própria grandeza sendo medida

limitações intrínsecas e inevitáveis dos nossos  
instrumentos e técnicas de medida

# Conceitos envolvidos em uma medida experimental

**Definindo:**

**Erro = *valor verdadeiro - valor medido***

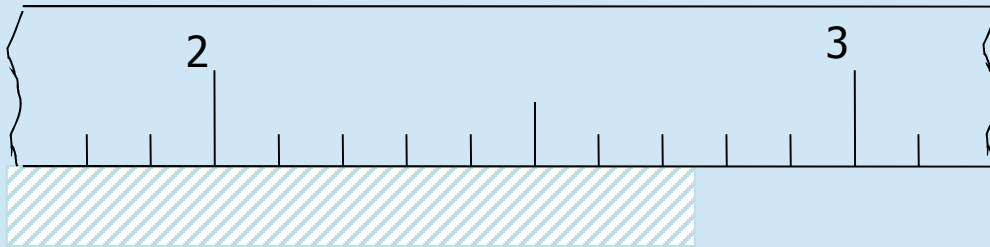
**toda medida experimental apresenta um erro, que precisa ser estimado e compreendido**

**Incerteza = *estimativa estatística do valor do erro***

# Incerteza instrumental

## Como avaliar a incerteza?

Devo considerar a dificuldade de leitura e a imprecisão do equipamento



(2,74 ± ?) cm

E incerteza?

tenho “certeza”

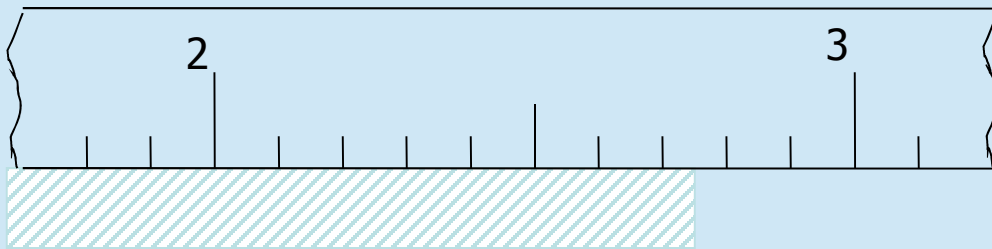
Avalia o melhor possível



# Incerteza instrumental

## Como avaliar a incerteza?

Devo considerar a dificuldade de leitura e a imprecisão do equipamento.

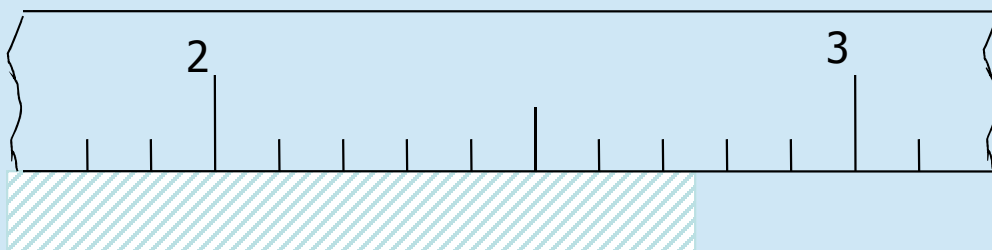


$(2,74 \pm 0,05)$  cm

↑  
metade da menor divisão ( $1 \text{ mm} \div 2 = 0,5 \text{ mm} = 0,05 \text{ cm}$ )

# Incerteza instrumental

## Algarismos significativos



**$(2,74 \pm 0,05)$  cm**

**Dizemos que os algarismos 2, 7 e 4 são os algarismos significativos do valor da medida, sendo 4 o algarismo duvidoso;**

**E 5 é o único algarismo significativo da incerteza.**

# Clasificação de erros

**1 – Erro de escala:** Relacionado ao limite de resolução da escala do instrumento de medida.

**Ex:** A avaliação de décimos de centímetros na escala de uma régua graduada comum.

**2 – Erro sistemático:** É aquele que aparece seguindo algumas regras definidas; descoberta sua origem, é possível eliminá-lo.

**Ex:** Calibração dos instrumentos, aproximações eventuais das constantes físicas em modelos teóricos.

**3 – Erro aleatório ou estatístico:** É aquele que decorre de perturbação estatísticas imprevisíveis não seguindo qualquer regra definida. Assim sendo, não se pode evitá-los.

**Ex:** Medida de massa em uma balança.

# **Incerteza devido ao método**

## **Erros Aleatórios ou Estatísticos:**

**Resultam de variações aleatórias no resultado da medição devido a fatores que não podem ser controlados;**

**A estimativa desse erro é chamada de incerteza estatística;**

**Essa incerteza é obtida por métodos estatísticos, como o desvio padrão da média.**

# **Incerteza devido ao método**

**Se o resultado experimental varia a cada nova medida, como representá-lo?**

**Graficamente:**

**Tabelas**

**Histogramas**

# Incerteza devido ao método

## Tabelas

**Identificação**

**Legenda**

**Cabeçalho**

**Unidades**

**Incertezas**

**Tabela III.1:** *Alguns valores experimentais para a constante de gravitação ao longo dos anos.*

<b>ano</b>	<b><math>G \pm \sigma</math> (<math>10^{-11} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1}</math>)</b>
1798	$6,75 \pm 0,05$
1930	$6,670 \pm 0,005$
1988	$6,67259 \pm 0,00085$

# Tratamento estatístico de medidas

**1 – Valor médio:** Se forem realizadas **N** medidas de uma mesma grandeza **x**, os **n** resultados serão geralmente diferentes.

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{N-1}, x_N$$

A melhor estimativa para o valor correto da grandeza será a **média** dos valores medidos.

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

$\bar{X}$  é o valor em torno do qual as medidas estão distribuídas.

**2 – Dispersão das medidas:** Ao se realizar várias medições da mesma grandeza nas mesmas condições, a incidência de erros estatísticos faz com que os valores medidos estejam distribuídos em torno da média.

**Para um conjunto de medidas:**

- **Se afasta da média** – medida pouco precisa, ou seja, **alta dispersão**
- **Concentrado em torno da média** – medida mais precisa, ou seja, **baixa dispersão**.

Quantitativamente a dispersão do conjunto de medidas realizadas pode ser caracterizado pelo **desvio padrão** do conjunto de medidas

$$\Delta X = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}$$

Quanto menor o desvio padrão, maior é a precisão.



**3 – Desvio padrão da média ou erro padrão:** Um maior número de medidas faz com que a compensação dos erros estatísticos entre si melhore e a média do conjunto de medidas,  $\bar{X}$ , torna-se uma grandeza mais precisa.

$$\Delta\bar{X} = \frac{\Delta X}{\sqrt{N}}$$

**Obs:** O erro padrão diminui com o número de medidas, ou seja, realizar mais medidas melhora a determinação do valor médio como estimador da grandeza que se deseja.

# **Incerteza devido ao método**

## **Histogramas**

**Histograma: Tipo de gráfico onde os dados são colecionados em “canais” de largura conveniente ao longo da abscissa, enquanto nas ordenadas está representada a frequência de ocorrência dos valores correspondentes a cada canal.**

# **Incerteza devido ao método Histogramas**

**1ª etapa : decidir a  
escala e a largura do  
canal do histograma**

**mínimo : 2 s**

**máximo: 7 s**

**largura do canal: 1 s**

<b>medida</b>	<b>período (s)</b>
<b>1</b>	<b>2,4</b>
<b>2</b>	<b>5,3</b>
<b>3</b>	<b>5,8</b>
<b>4</b>	<b>6,1</b>
<b>5</b>	<b>5,5</b>
<b>6</b>	<b>4,7</b>
<b>7</b>	<b>4,1</b>
<b>8</b>	<b>5,2</b>

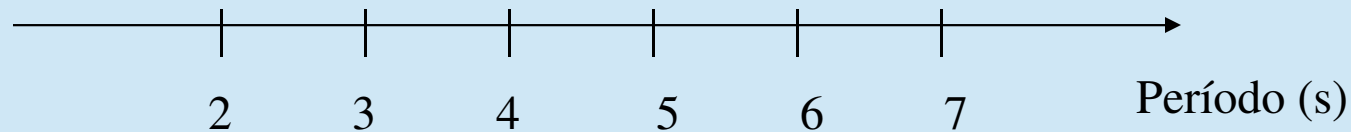
# Incerteza devido ao método

## Histogramas

**2ª etapa : calcular a frequência com que os dados aparecem em cada intervalo**

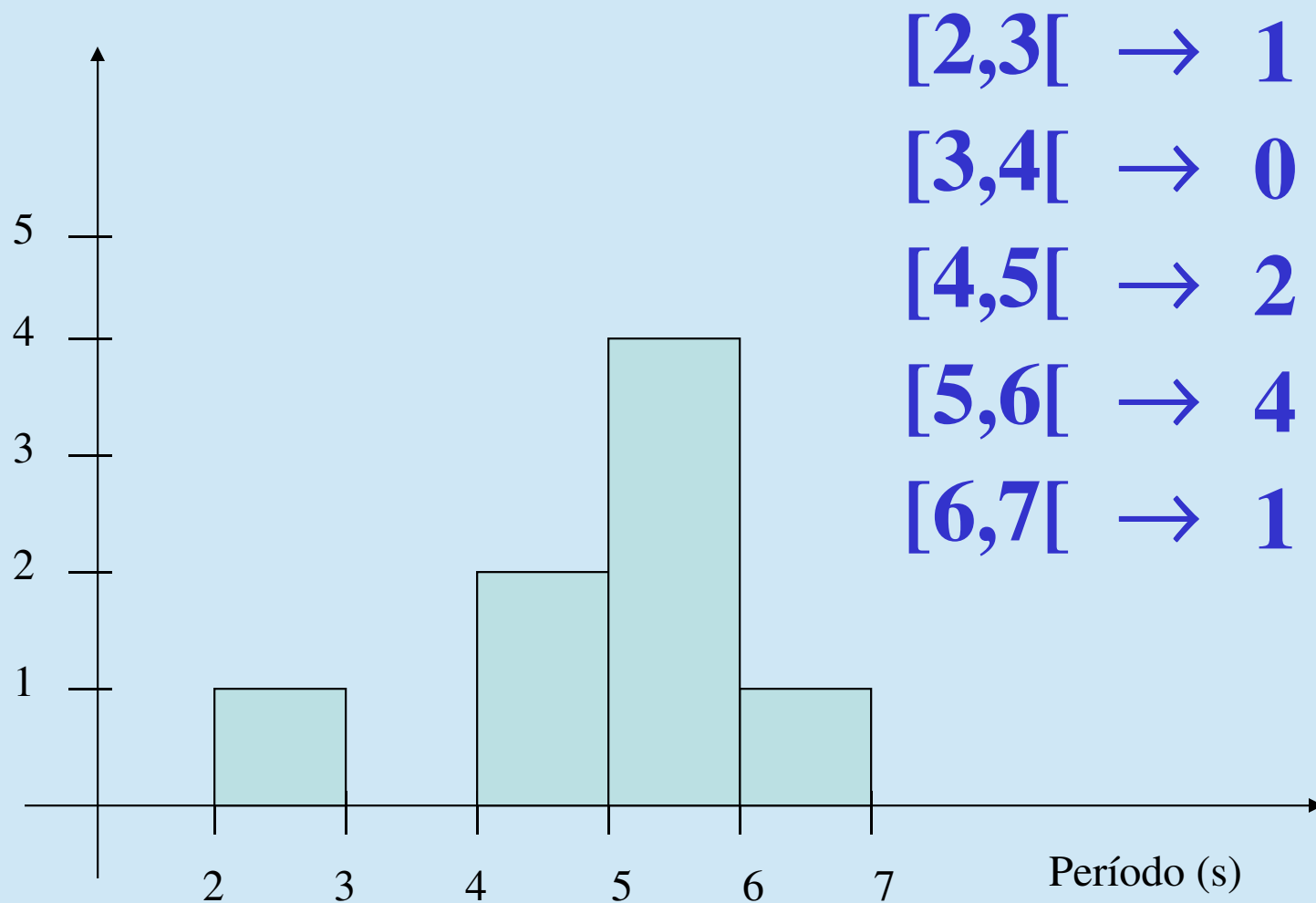
**3ª etapa : preencher o histograma**

medida	período (s)
1	2,4
2	5,3
3	5,8
4	6,1
5	5,5
6	4,7
7	4,1
8	5,2

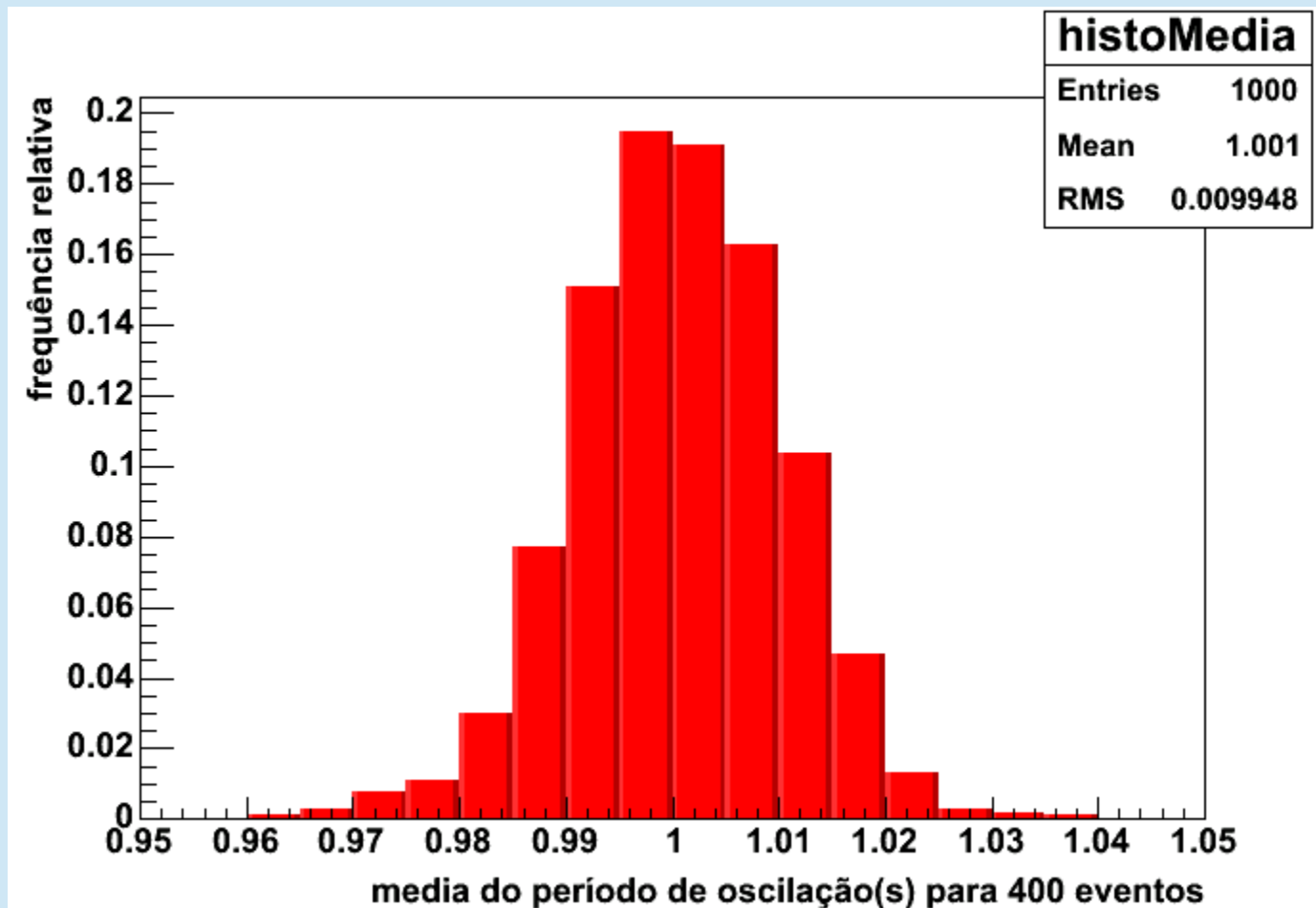


# Incerteza devido ao método

## Histogramas



# Frequência de ocorrência

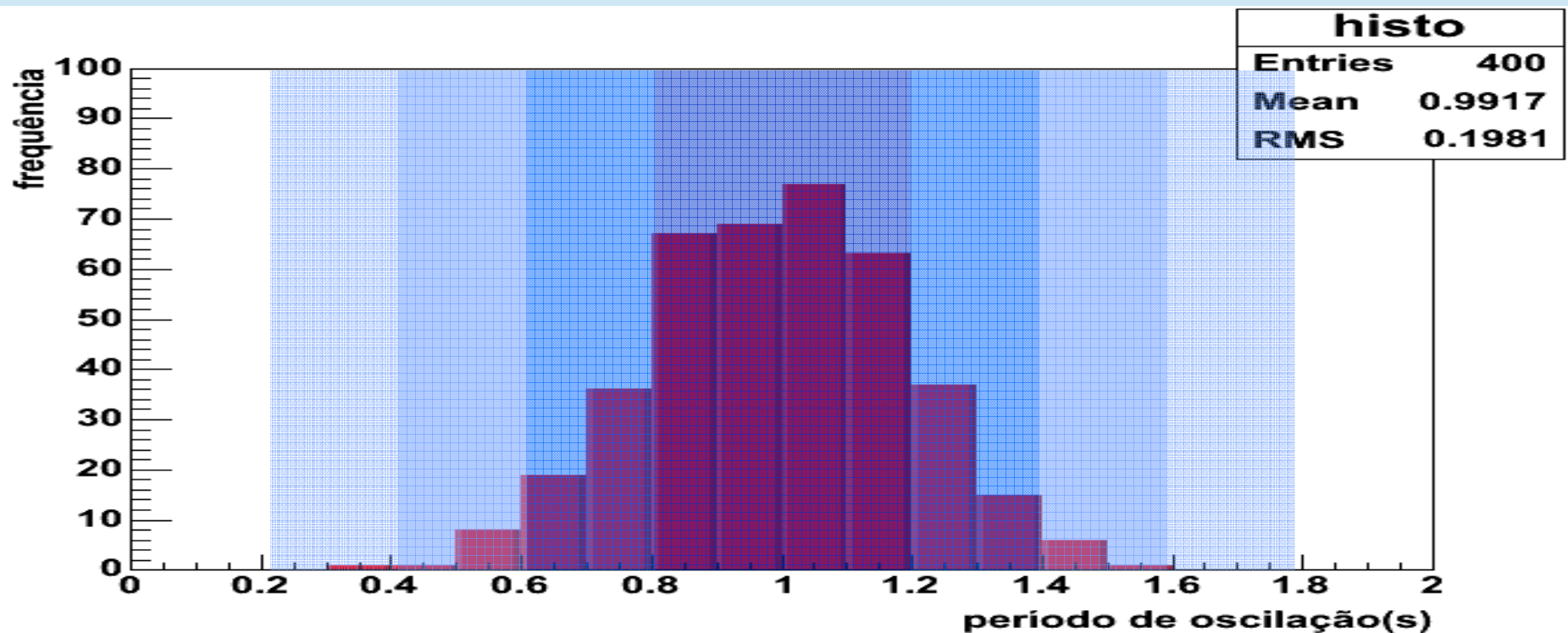


# Frequência de ocorrência

**Qual o significado da frequência de ocorrência?**

**Podemos dizer que cada canal representa a probabilidade de se fazer uma medida entre o limite inferior e o limite superior do canal**

# Interpretação Estatística da Média e Desvio Padrão



Quase  
Impossível

Muito  
Pouco  
Provável

Pouco  
Provável

Provável

Muito Provável

Provável

Pouco  
Provável

Muito  
Pouco  
Provável

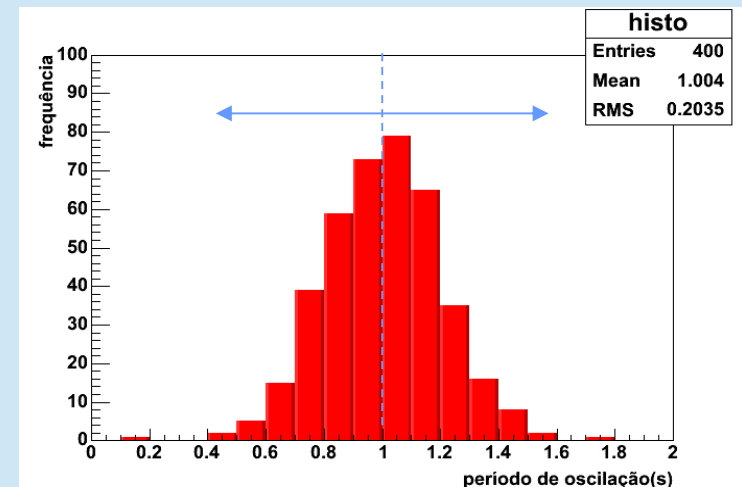
Quase  
Impossível



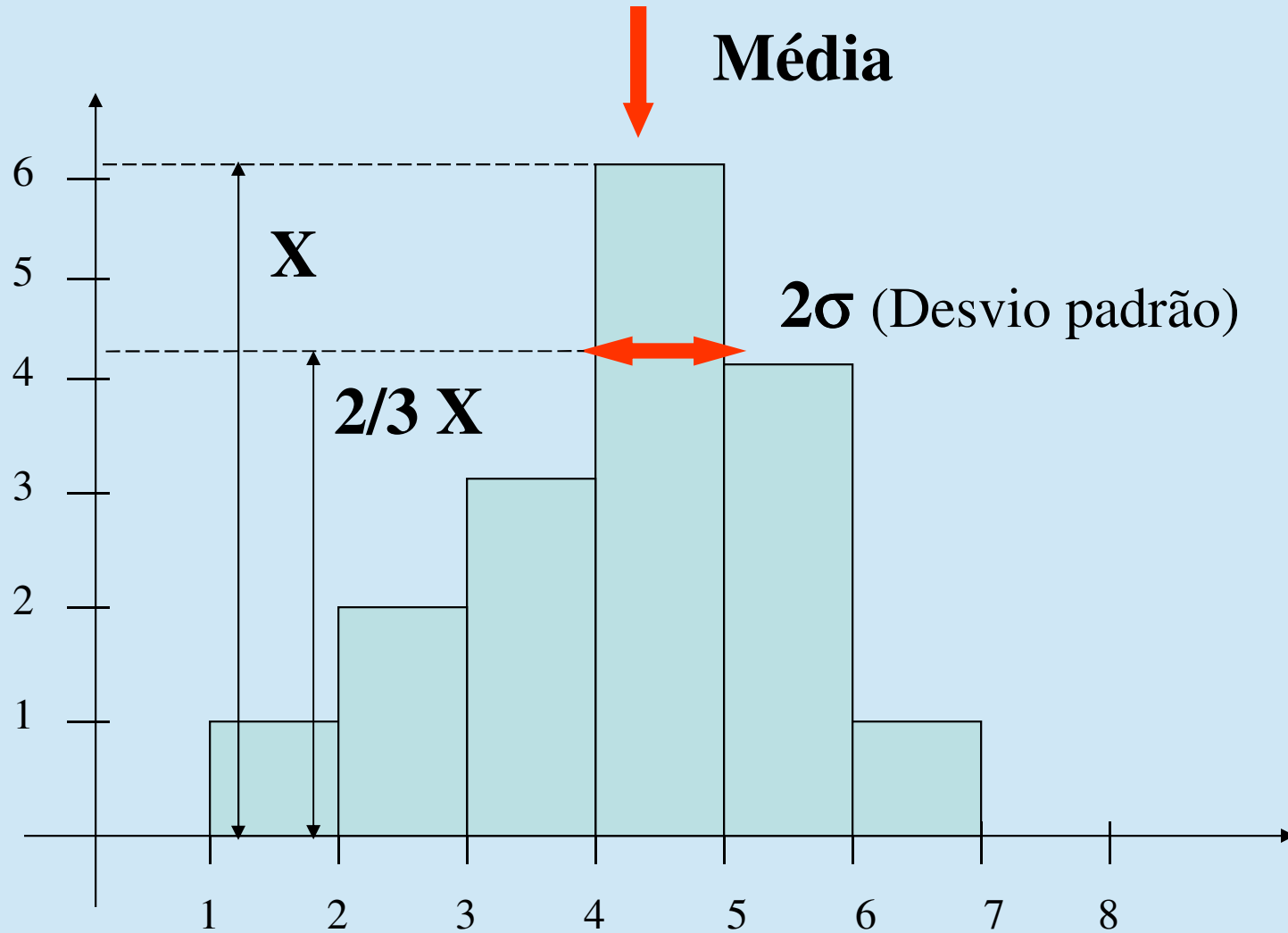
# Erros Estatísticos ou Aleatórios

Inicialmente, que características devemos esperar para a distribuição dos dados obtidos?

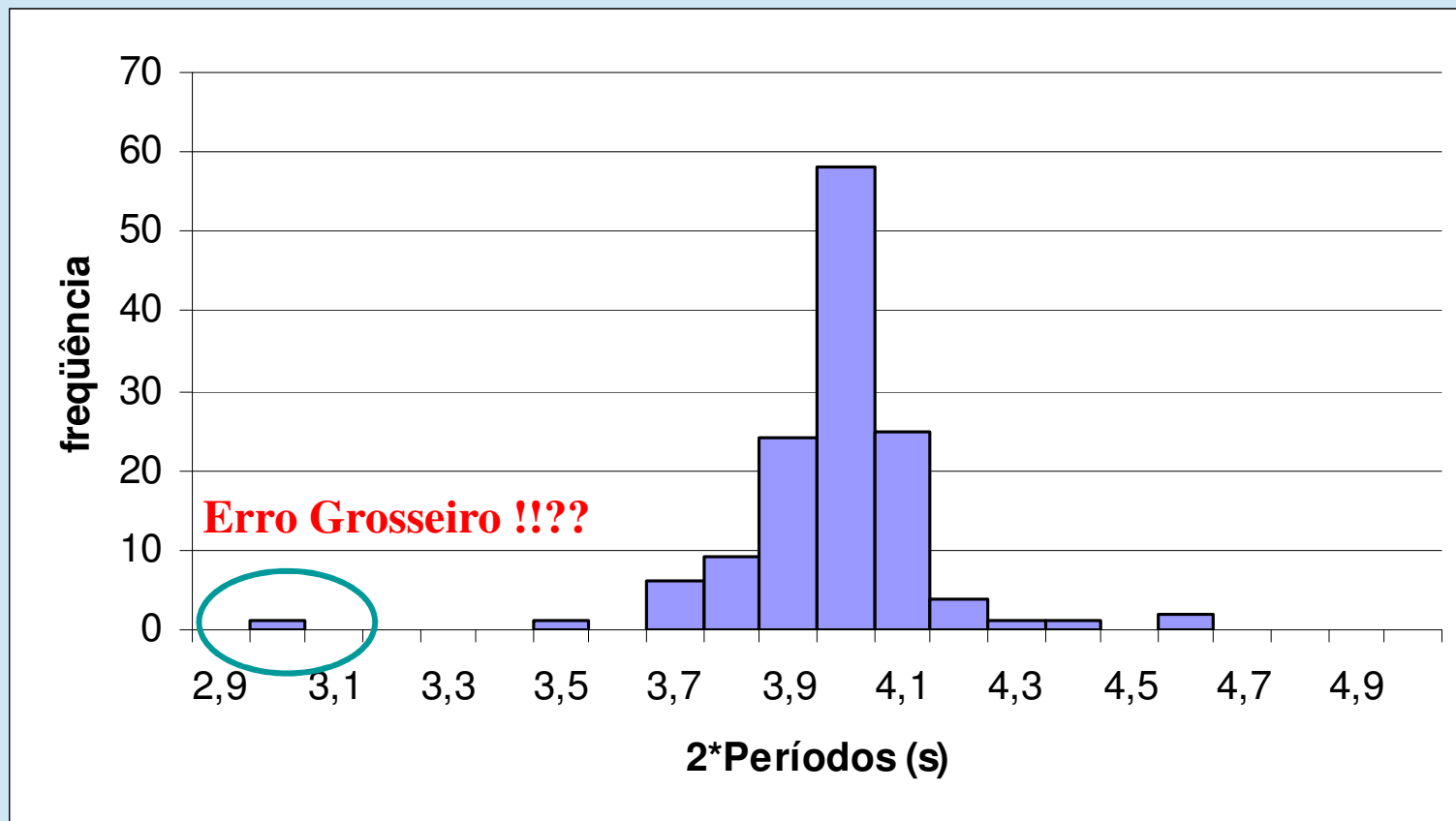
Simétrica em torno de um certo valor, e decresce ao se afastar desse valor.



# Média e Desvio padrão



# Checando dados



# O Pêndulo Simples

**Baseado em hipóteses simples, pode-se deduzir a relação entre o período de oscilação ( $T$ ) e o comprimento do fio ( $L$ ):**

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

**onde  $g$  é a aceleração da gravidade**

# Procedimento Experimental

**Cada aluno terá um cronômetro e irá medir o período de oscilação do pêndulo colocado próximo ao professor 8 vezes;**

**O cronômetro tem a menor divisão igual a 0,01 s. Qual será a incerteza de sua medida?**

**Se repetirmos várias vezes a medida, obteremos sempre o mesmo resultado? A variação nos valores obtidos será em torno de 0,01 s?**

# **Procedimento Experimental**

**Qual é a melhor maneira de realizar esta medida? Que procedimento você sugere?**

**Quais os cuidados que devemos tomar para realizar uma boa medida?**

**O que você entende por uma boa medida?**

# Análise dos Dados

**Preencha a tabela com os dados coletados por todos os colegas;**

**Calcule a média, desvio padrão e desvio padrão da média dos dados usados para fazer o histograma;**

**Construa um histograma de frequência de ocorrência dos dados seguindo as instruções do professor;**

**Como os valores numéricos se comparam com o histograma?**

# **Por que os resultados variam?**

**Qual seria o resultado se utilizarmos um cronômetro com uma resolução diferente?**

**Cada integrante do grupo deve medir pelo mesmo número de vezes o período de oscilação do pêndulo usando um relógio de pulso analógico (menor divisão igual a 1 segundo).**



# **Análise dos Dados**

**Calcule a média, o desvio padrão e o desvio padrão da média de suas medidas com relógio de pulso**

**Como se compara o desvio padrão obtido nestas medidas com aquele obtido com o cronômetro? O que você pode concluir?**

# Comparação com o modelo

Calcule o valor esperado para o período do pêndulo que você utilizou através da expressão:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

onde  $L$  é o comprimento do fio  $g$  é a aceleração da gravidade.

# Comparação com o modelo

**O valor medido experimentalmente e o valor obtido através da expressão matemática são iguais?**

**Como é possível compará-los?**

**A medida do comprimento tem incerteza?**

**Como você acha que isso vai afetar o valor do período obtido pela expressão matemática?**