

FGE2255 Física Experimental para o Instituto de Química

Segundo Semestre de 2008

Experimento 1

http://fge.if.usp.br/~takagui/fge2255_2008

Introdução

- Incertezas experimentais:
 - Noção de incerteza
 - Representação de medidas
 - Algarismos significativos.
- Apresentação gráfica dos dados:
 - Como apresentar os dados

Uma medida não é absoluta

- Irregularidades do objeto podem influenciar a medida final.
- As características do instrumento influem na medida.
- Mas, o que isso significa?
 - Medidas experimentais não são absolutas. Sempre existe uma “dúvida” no resultado obtido.
 - Como expressar essa “dúvida”?
 - Supondo que exista um valor verdadeiro, que nunca saberemos qual é, como avaliar a qualidade da medida efetuada?

Erro e incerteza de uma medida

ERRO não é a mesma coisa que INCERTEZA!!!

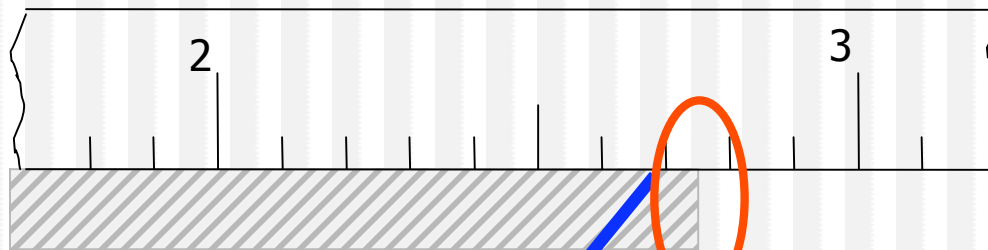
- **Erro** = *valor verdadeiro - valor medido*
pode-se afirmar que **toda medida experimental apresenta um erro**, que precisa ser estimado e compreendido.
O valor do erro NUNCA pode ser conhecido!
- **Incerteza** = *melhor estimativa do valor do erro*

Apresentando o resultado de uma medida

- Se toda medida tem uma incerteza, como representá-la?
- Forma mais comum
- (Valor $\pm$ incerteza) unidade
- Ex: $(24,50 \pm 0,05)$ cm
- Forma compacta
- Valor(incerteza) unidade
- Ex: 24,50(5) cm

Apresentando o resultado de uma medida

- Se toda medida tem uma incerteza, como representá-la?



(2,7 ±) cm

Tenho certeza

Estou em dúvida

Incerteza!
Em geral,
metade da
menor divisão

Apresentando o resultado de uma medida

- Resultado = $(2,74 \pm 0,05)$ cm
- Por que a incerteza é 0,05 e não 0,050 ou 0,053?
 - Em geral, a incerteza é expressa somente com 1 algarismo significativo
- Note que a representação da medida deve levar em consideração a incerteza
 - $(2,74 \pm 0,05)$ cm

O que são Algarismos significativos?

- São, como o próprio nome diz, algarismos que têm significado
- Ex:
 - Seja o resultado $(2,746 \pm 0,050)$ cm
 - 2 tem significado (eu tenho certeza dele). O mesmo com 7
 - 4 é um número incerto mas é uma estimativa plausível, sendo assim, também tem significado
 - 6 não faz sentido, pois se o 4 já é um “chute”, qual a importância do 6? Então ele não tem significado.
 - Portanto a forma correta é $(2,74 \pm 0,05)$ cm

Regras para algarismos significativos

- Algarismos significativos são todos aqueles que temos certeza na medida mais o **primeiro** algarismo incerto (chute)
 - Pode-se utilizar dois algarismos incertos quando o primeiro algarismo correspondente na incerteza é 1 ou 2
 - Ex: $(1,452 \pm 0,018)$ cm
- Zeros à esquerda não são significativos enquanto à direita podem ser.
 - Ex: 0,000043 tem apenas 2 algarismos significativos
 - Ex: 2,3500 tem 5 algarismos significativos

Alguns exemplos

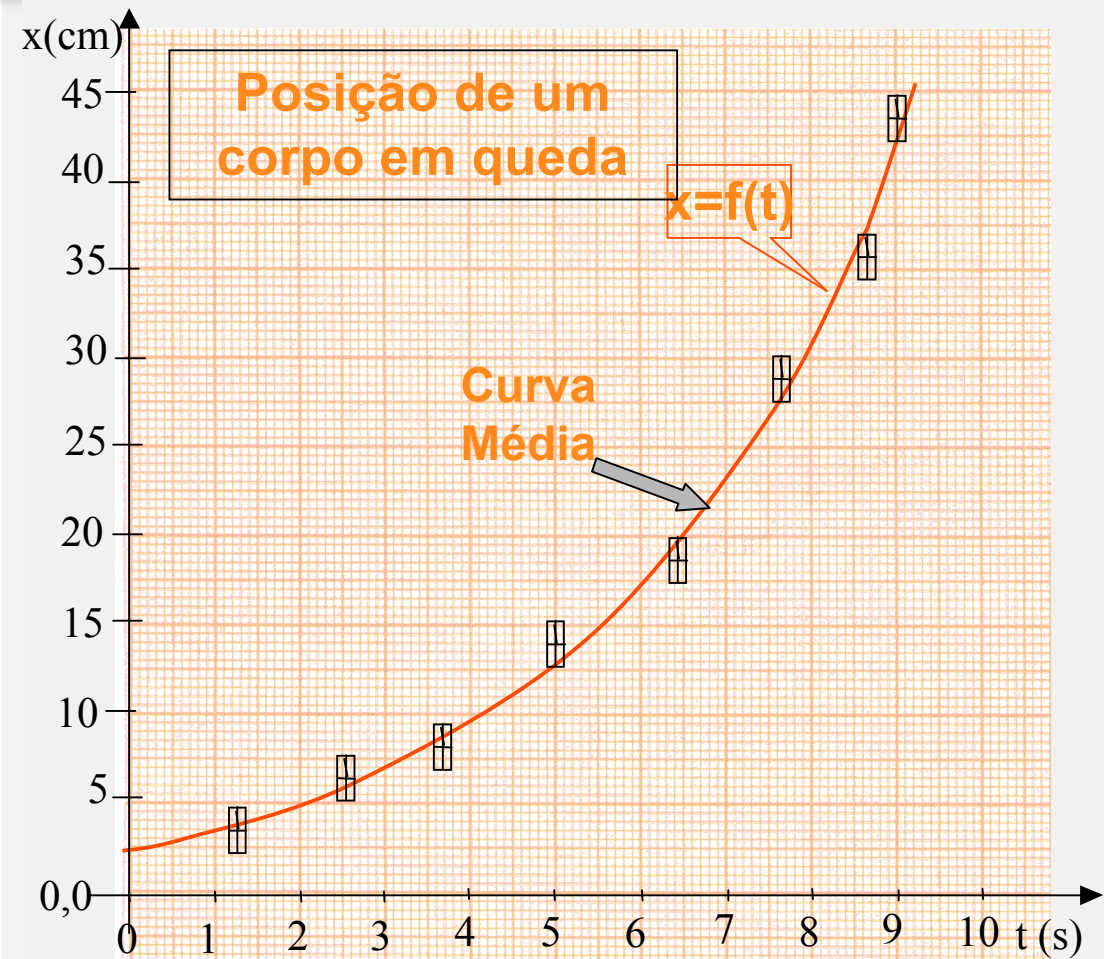
- **Forma correta**
 - $(2,74 \pm 0,05) \text{ cm}$
 - $2,74(5) \text{ cm}$
 - $(123,4 \pm 1,2) \text{ kg}$ ou $(123 \pm 1) \text{ kg}$
- **Forma incorreta**
 - $(2,746 \pm 0,053) \text{ cm}$ (dois algarismos na incerteza e primeiro algarismo é >2)
 - $(2,7455 \pm 0,0532) \text{ cm}$ (incerteza com muitos algarismos)
 - $(2,7 \pm 0,05) \text{ cm}$ (a representação da medida não é compatível com a incerteza)

Como fazer no caso (1345 $\pm$ 132) ml?

- A incerteza deve sempre apresentar 1 (ou 2, em alguns casos) algarismo significativo.
- 132 possui 3 algarismos significativos
- 130 também (zero à direita É significativo!)
- Uso de potências
- $1345 = 1,345 \times 10^3$
- $132 = 0,132 \times 10^3$
- A forma correta é $(1,34 \pm 0,13) \times 10^3$ ml ou ainda $(1,34 \pm 0,13) \text{ l}$ (troca de unidades)
- O importante é representar com o número correto de algarismos significativos

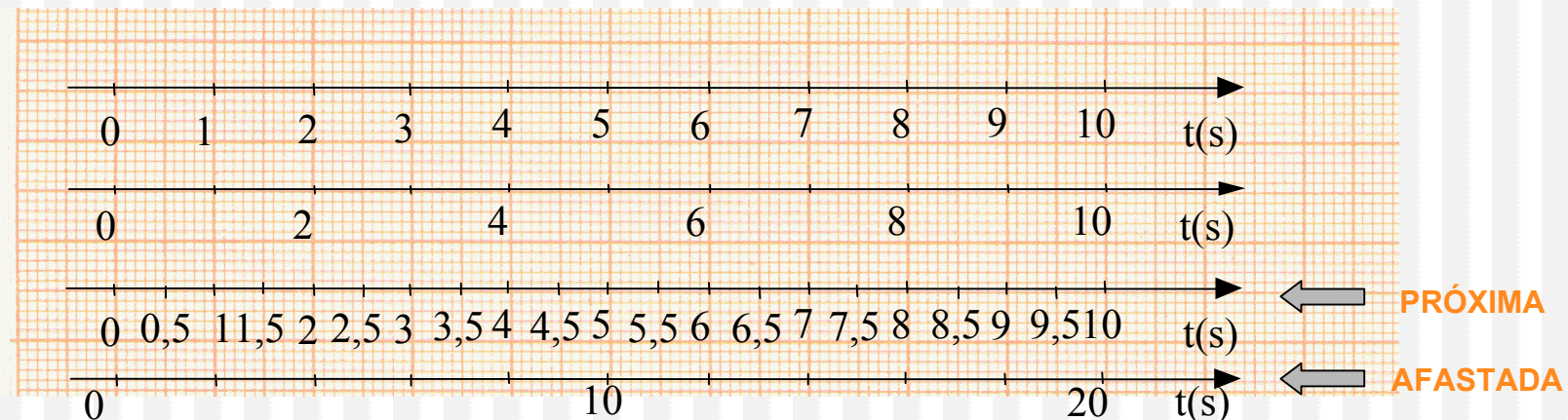
Fazendo gráficos

- O que é um gráfico?
 - Representação do comportamento de um parâmetro em função de outro
- Itens importantes
 - Título
 - Eixos
 - Grandeza, unidade, escala
 - Dados
 - Legenda quando houver mais de 1 gráfico superposto
 - Em alguns casos, ajustes de funções



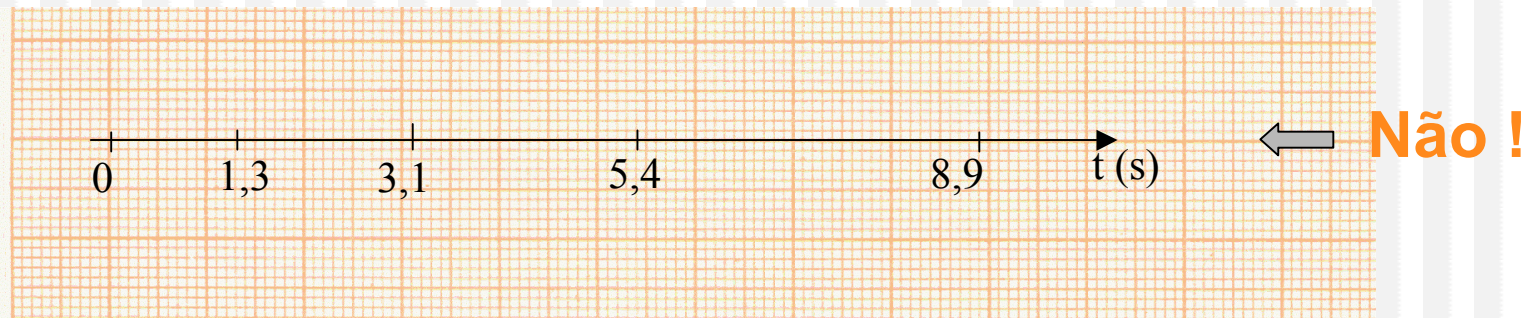
Eixos em um gráfico

- Deve-se escolher a escala que melhor se adapte ao tamanho do papel utilizado
 - **IMPORTANTE: Não use escalas difíceis de se compreender. Sempre utilize escalas “múltiplas” de 1, 2 ou 5**
- Gradue os eixos de 1 em 1 cm (ou 2 em 2). **Evite** escalas muito espaçadas ou muito comprimidas



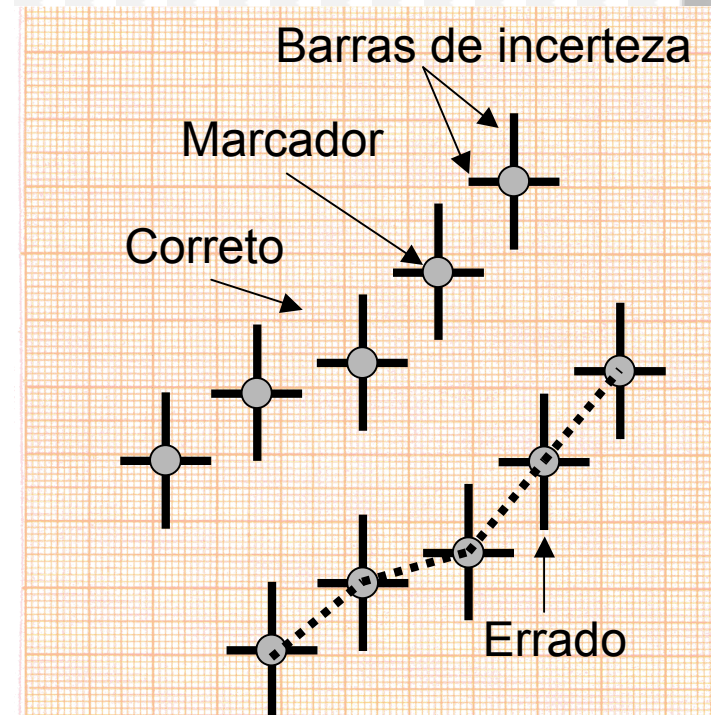
Eixos em um gráfico

- Desenhe os eixos. Não utilize os eixos e escalas pré-desenhadas no papel
- Coloque legendas em cada um dos eixos
- **NUNCA escreva os valores dos pontos nos eixos nem desenhe traços indicando os pontos**



Representação dos pontos no gráfico

- Utilize marcadores visíveis
- Represente as barras de incerteza em y e x (quando houver) de forma clara
- **NUNCA LIGUE OS PONTOS**
- Conjunto de dados diferentes devem ser representados com símbolos (ou cores) diferentes.



E1: Elementos resistivos lineares e não lineares

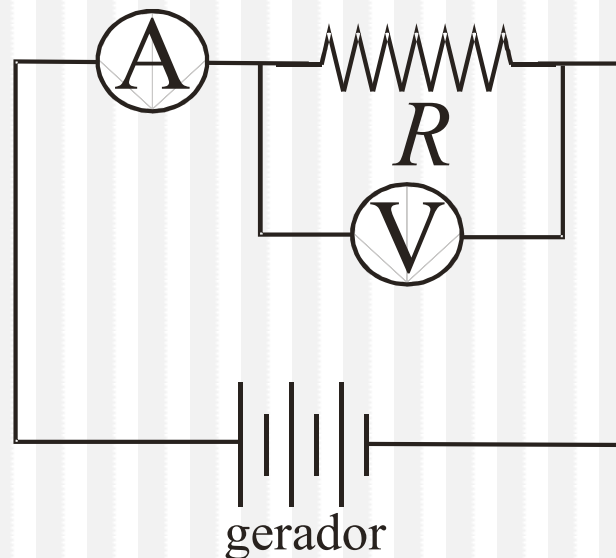
- Objetivos:
 - Medidas de grandezas elétricas:
 - Curvas características de elementos resistivos;
 - Utilização de um multímetro;
 - Análise de dados:
 - Análise Gráfica;
 - Comparação com um modelo.
- Roteiro:
 - Curva característica de um resistor de Carbono
 - Curva característica de uma lâmpada
 - Condutividade de uma solução eletrolítica

Multímetros

- Medem Voltagem, Corrente e Resistência (alguns modelos medem adicionalmente outras grandezas)
- Chaves ou botões de seleção:
 - Seleccionam a função
 - Seleccionam o fundo de escala (máximo valor mensurável) - há modelos com seleção automática
 - Seleccionam o modo - AC ou DC
- Orifícios de conexão
 - Devem ser selecionados de acordo com a função
 - O orifício “COM” é sempre utilizado

Multímetros

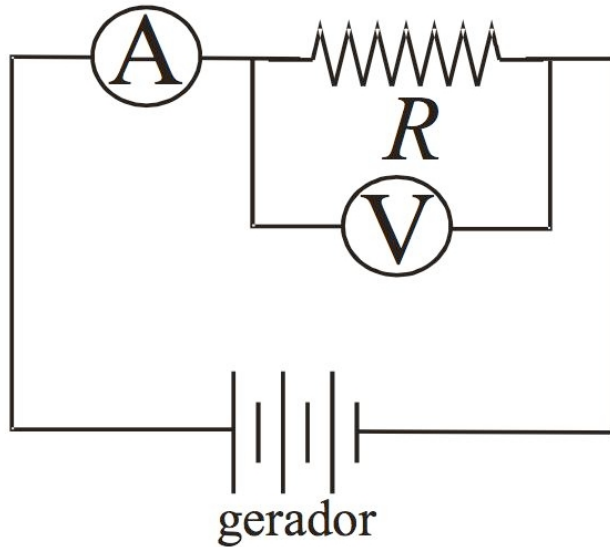
- O amperímetro é sempre montado em série no circuito, portanto sua resistência deve ser ..?..
- O voltímetro é sempre montado em paralelo no circuito, portanto sua resistência deve ser ?



Uma consequência importante

- Voltímetros e amperímetros possuem resistência
- Voltímetros e amperímetros funcionam através do desvio de um pouco de corrente para o instrumento
- **Voltímetros e amperímetros MODIFICAM as tensões e correntes em um circuito. Eles alteram as medidas**

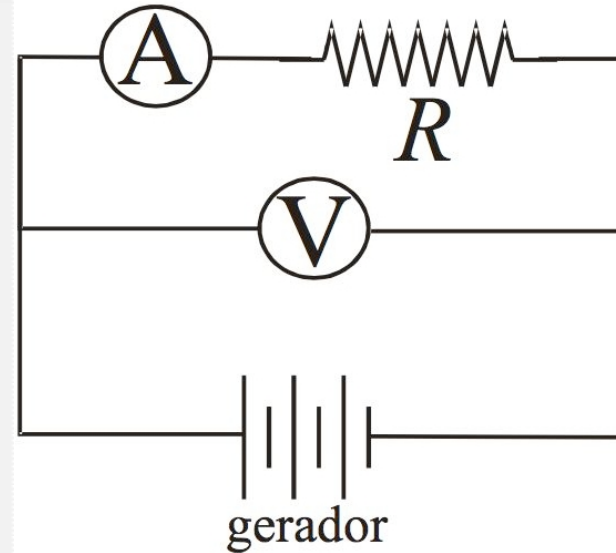
Duas possíveis montagens



Indicada para resistências baixas, quando $R \ll R_V$

Neste caso,

$$1/R_{\text{med}} = 1/R + 1/R_V \approx 1/R$$



Indicada para resistências altas, quando $R \gg R_A$

Neste caso,

$$R_{\text{med}} = R + R_A \approx R$$

Qual é a incerteza do voltímetro e do amperímetro?

- Olhar o manual do instrumento
- Depende da escala utilizada
 - Cada escala possui uma incerteza distinta
- Em geral, é fornecida com dois termos, um em porcentagem e outro em dígitos
 - Ex: $0,2\% + 3D$
 - O que isso significa?

0,2% + 3D. O que é isso?

- 0,2%
 - Porcentagem do valor medido
 - Ex: valor medido: 2,040 V
 - Incerteza: $0,2 * 2,040 / 100 = 0,004$ V
- 3D
 - Algarismo “3” na última casa decimal da medida (**do multímetro**)
 - Ex: valor medido: 2,040 V → 2,04**0** V
 - Incerteza: 0,003 V
- Incerteza total da medida
 - Soma linear (superestimando): $0,004 + 0,003 = 0,007$

Atividade: Resistor

- Monte o circuito conforme a página 1 da apostila utilizando um resistor de Carbono como elemento resistivo e uma fonte de voltagem contínua
- Muita atenção com a montagem dos multímetros (não confundir amperímetro com voltímetro!), e escolha o modo DC
- Obtenha dados de I em função de V para 11 valores de voltagem entre -10 e 10V (o zero incluído), sem esquecer das incertezas nas medidas
- Faça um gráfico de V versus I (com barras de incerteza se visíveis na escala usada) e discuta a validade da lei de Ohm ($V=RI$)
- Obtenha o valor de R a partir do coeficiente angular do gráfico e compare com o valor nominal

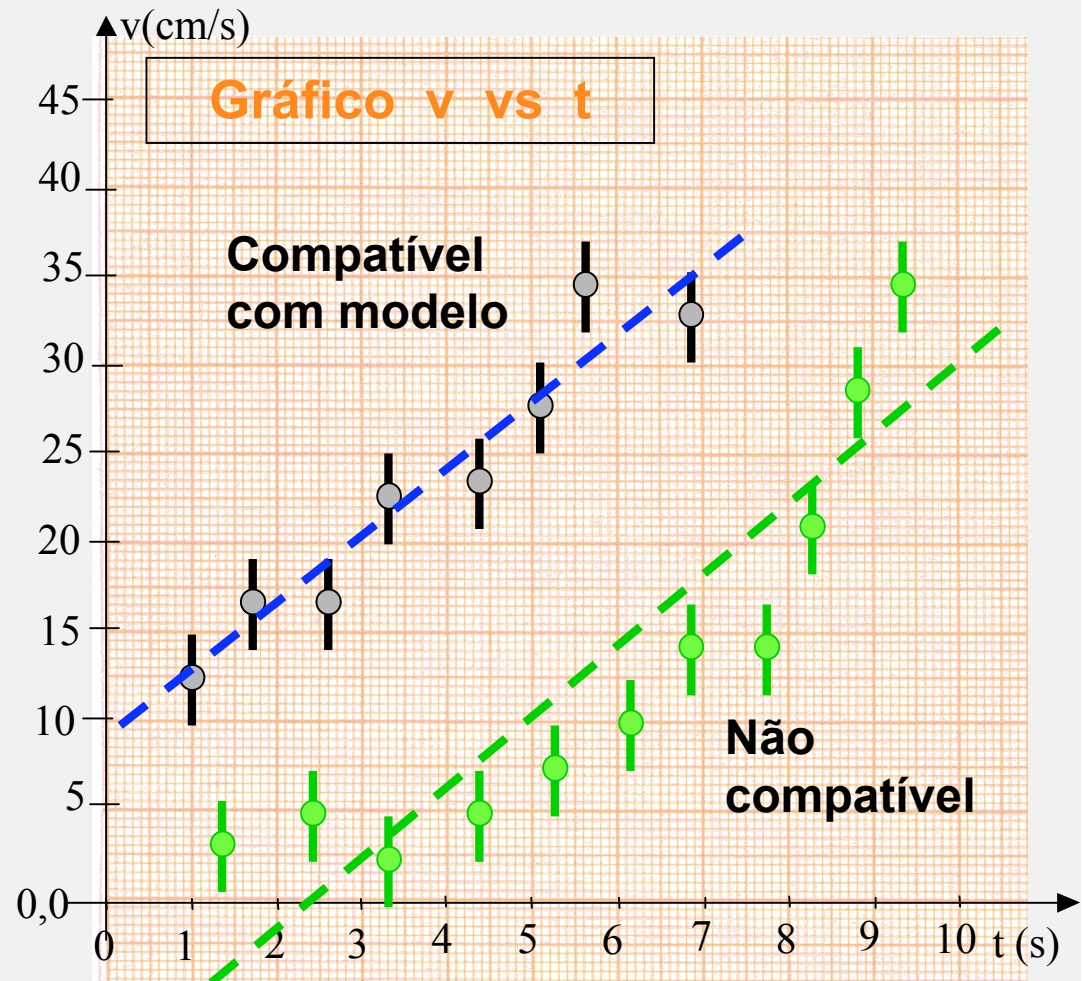
Ok, tenho um gráfico. Como extrair informações do mesmo?

- Deve-se testar os modelos no gráfico

- As incertezas têm um papel fundamental

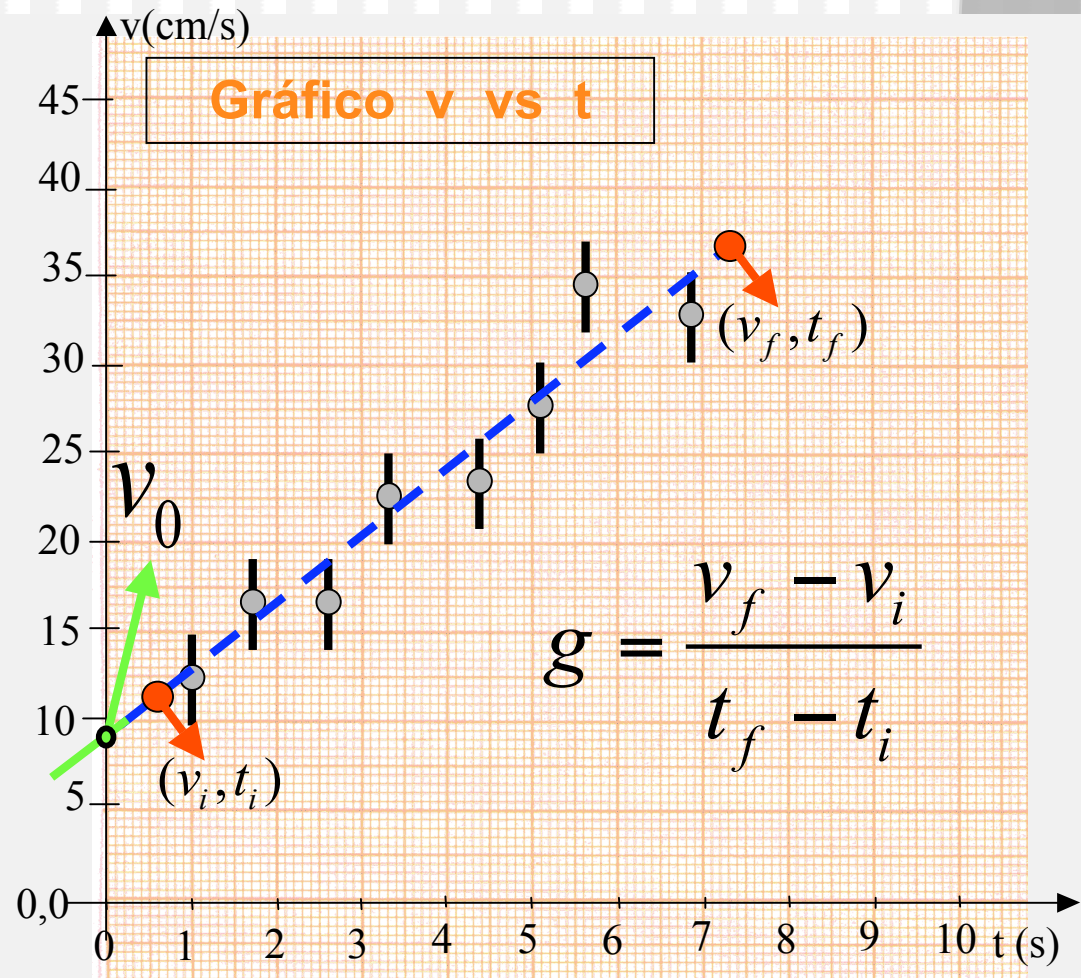
- Ex:

$$v = v_0 + gt$$



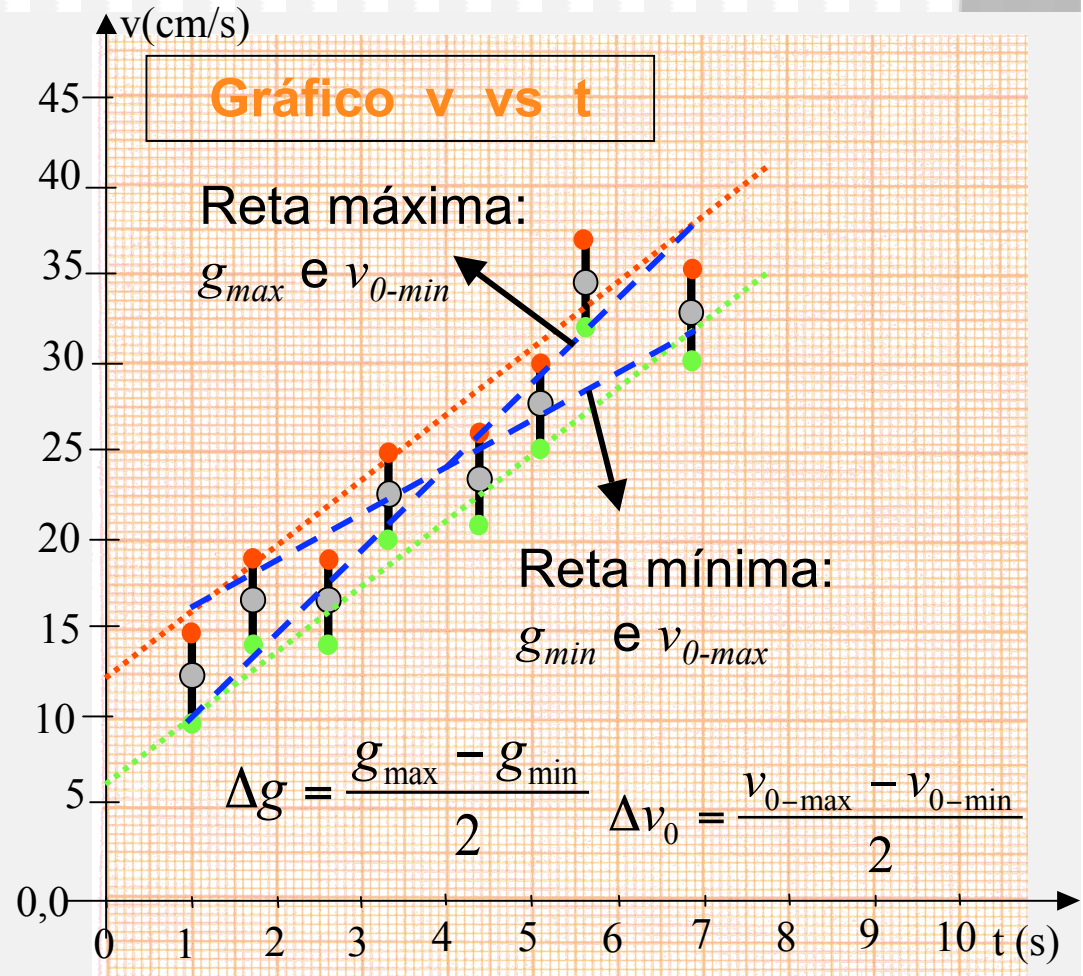
Ok, tenho um gráfico. Como extrair informações do mesmo?

- Extraindo informações
 - Pelo modelo:
$$v = v_0 + gt$$
 - Coef. Angular
 - Aceleração
 - Escolher dois pontos **sobre a reta média**
 - Coef. Linear
 - velocidade inicial
 - Estender a reta média até tempo igual a zero



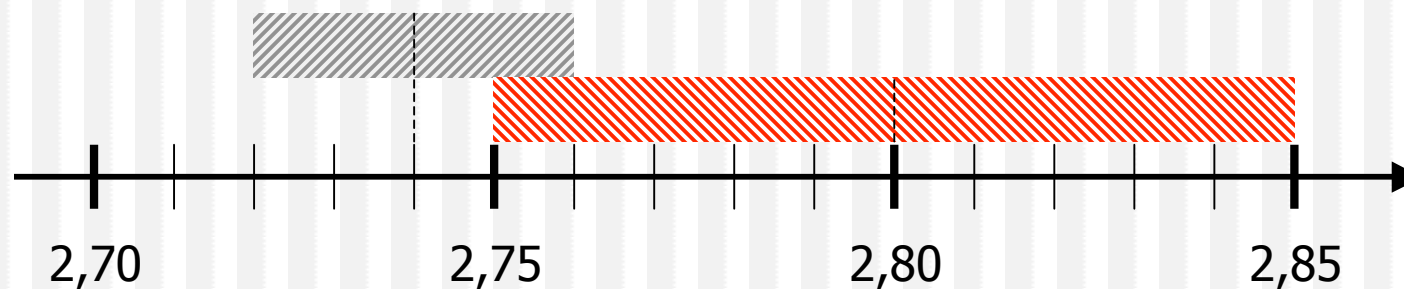
E as incertezas?

- Imaginar 2 conjuntos de pontos
 - Traçar retas paralelas à reta média **baseadas nos limites dos pontos**
 - Usar essas retas para definir as retas máxima e mínima (retas azuis)
 - Calcular, das retas máxima e mínima, os valores de g_{max} , g_{min} , v_{0-max} e v_{0-min}
- Se as barras de erro forem tão pequenas e os pontos tão alinhados
 - Será impossível desenhar as retas paralelas e as máxima e mínima.
 - g_{max} é obtido de $(v+\sigma)(t_f)$ e $(v-\sigma)(t_i)$ e o oposto para g_{min}
 - Δg é obtido da fórmula ao lado, e Δv_0 é a incerteza de leitura do gráfico.
 - Outra alternativa para a incerteza de g é usar propagação de erros.



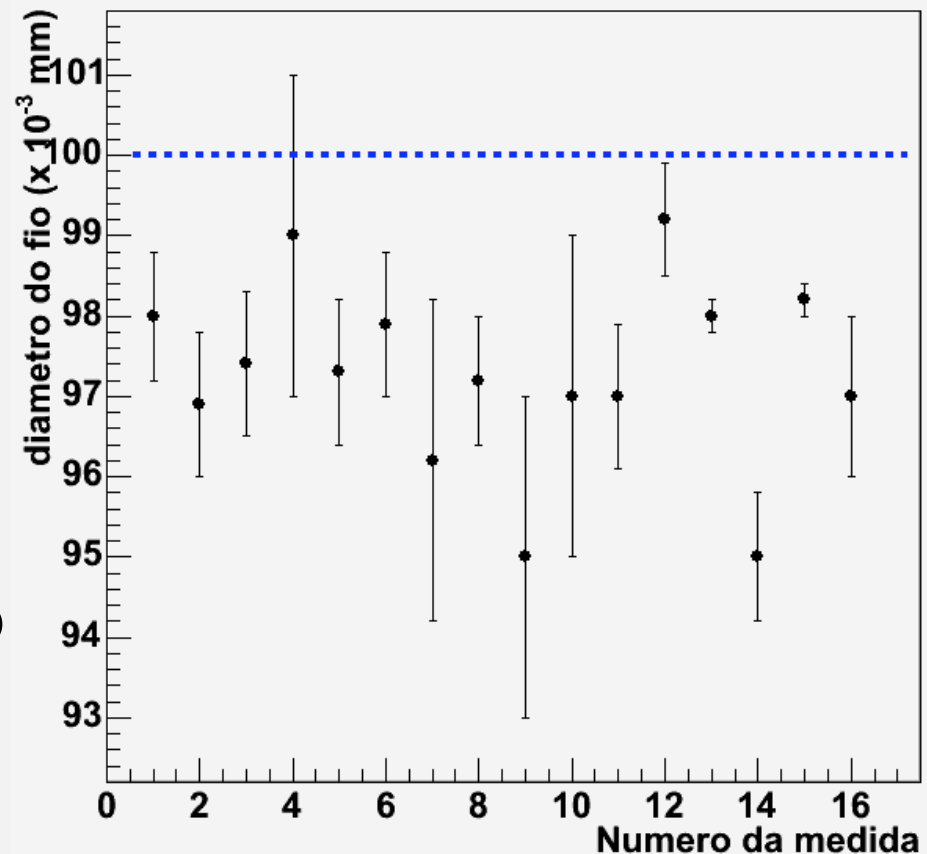
Como comparar os resultados de medidas?

- É preciso levar em consideração **sempre** a incerteza de medida.
- Devemos nos perguntar se as medidas são **compatíveis** ao invés de “iguais”
- Por exemplo, $2,74 \pm 0,02$ mm é compatível com $2,80 \pm 0,05$ mm ?



Exemplo: diâmetro de um fio de cobre

- Quais medidas são compatíveis entre si?
- Quais medidas são compatíveis com o valor nominal fornecido pelo fabricante?



Atividade: Lâmpada

- Monte o circuito conforme a página 1 da apostila utilizando a lâmpada como elemento resistivo e uma fonte de voltagem contínua
- Muita atenção com a montagem dos multímetros, e escolha o modo DC
- Faça medidas que permitam verificar (i) como a resistência do filamento varia com a intensidade da luz; (ii) a não linearidade do elemento
- Faça um gráfico dos seus dados e discuta as questões propostas na apostila

Atividade: Condutividade de água com sal

- Monte o circuito utilizando a cuba de plástico com eletrodos e uma fonte de voltagem ALTERNADA
- Escolha o modo **AC** nos multímetros
- Verifique que sem água na cuba a corrente é nula
- Atenção com a limpeza do sistema (por que?)
- Coloque 400 ml de água destilada na cuba e determine a resistência
- Mantendo a distância entre os eletrodos fixa (bem afastados) e a voltagem fixa em $\sim 5 \text{ VAC}$, adicione pequenas quantidades de solução salgada (1 ml é bom número), homogeneíze e meça a corrente. Obtenha dados de I em função da concentração para 10 valores de concentração
- Faça um gráfico de I versus c e responda às questões propostas na apostila

Relatório

- Siga as orientações propostas na apostila
- Tabelas e gráficos devem ser identificados com títulos