AULA 3

Representação e interpretação de resultados experimentais

OBJETIVOS

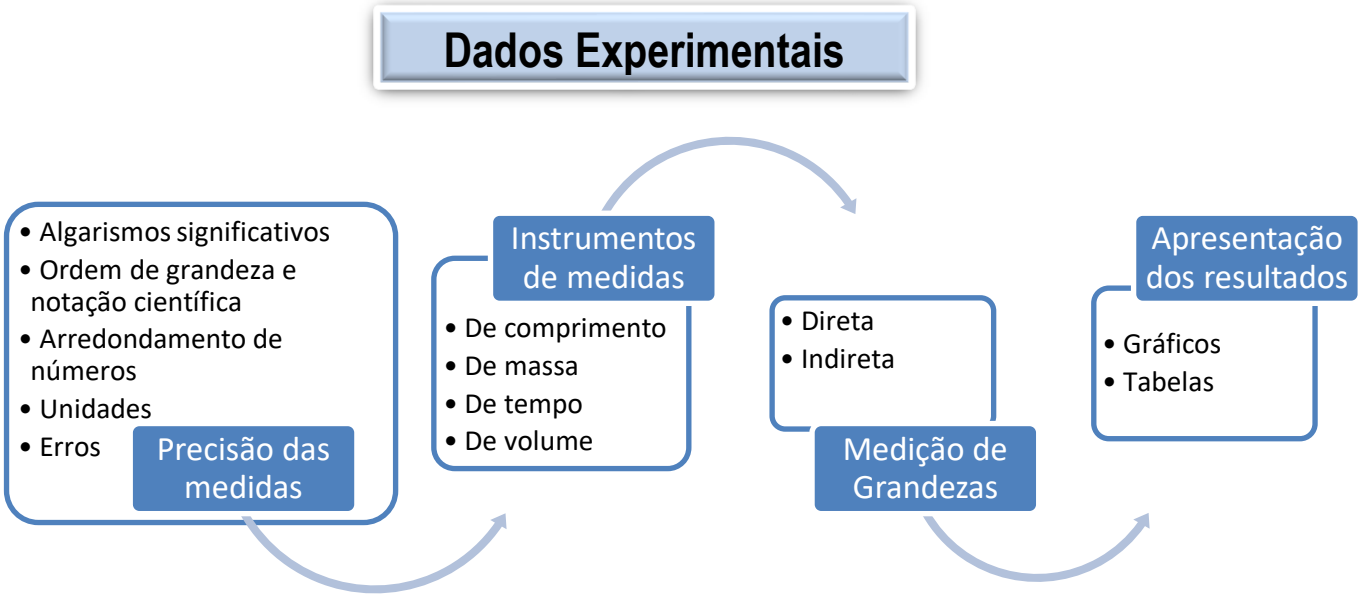
► Analisar a medida de uma grandeza e sua representação;

► Elaborar e interpretar resultados experimentais por gráficos e tabelas;

► Representar, por gráfico, a densidade de soluções de sacarose a diversas concentrações.

Um fenômeno apresenta caráter científico quando pode ser expresso por uma relação matemática e medido, ou quantificado. O que pode ser medido é uma ***grandeza***.

A interpretação e a análise dos resultados experimentais são feitas a partir do levantamento e registro corretos dos dados obtidos. Para isso, precisamos estar atentos a alguns elementos que são muito importantes para a apresentação de um resultado, por exemplo: ***a precisão das medidas***, ***os instrumentos de medidas***, ***a medição das grandezas e a apresentação dos resultados***.



Em todas as aulas posteriores a esta, os dados experimentais resultantes das medidas realizadas sempre deverão ser representados conforme as normas aqui apresentadas.

Algumas definições e conceitos

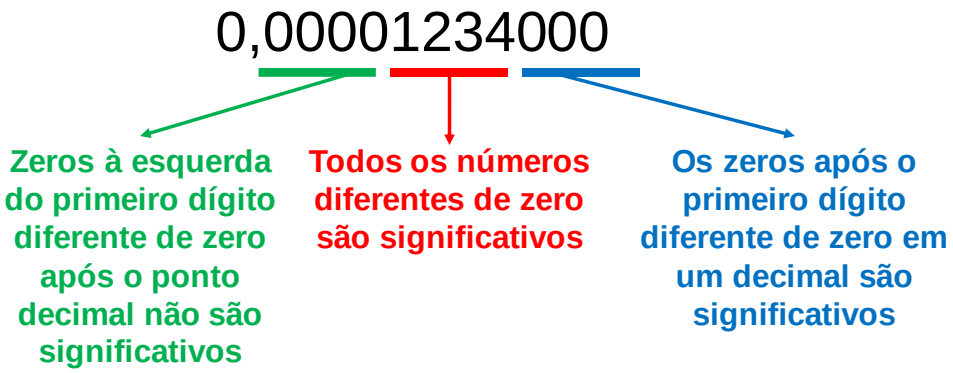
Grandeza extensiva: são as grandezas que dependem da quantidade de matéria, por exemplo, a massa de um corpo.

Grandeza intensiva: são as grandezas que independem da quantidade de matéria, dependem do estado em que está o sistema, por exemplo, a temperatura.

Medida direta: a medida direta de uma grandeza é o resultado da leitura de uma magnitude mediante o uso de instrumento de medida, como por exemplo, um comprimento com uma régua graduada, ou ainda a de uma corrente elétrica com um amperímetro, a de uma massa com uma balança ou de um intervalo de tempo com um cronômetro.

Medida indireta: uma medida indireta é a que resulta da aplicação de uma relação matemática que vincula a grandeza a ser medida com outras diretamente mensuráveis. Como por exemplo, a medida da velocidade média v de um carro pode ser obtida através da medida da distância percorrida Δx e o intervalo de tempo Δt, sendo $v = \Delta x/\Delta t$.

Algarismos significativos: a magnitude de uma grandeza é determinada pelos instrumentos de medidas e dependendo do instrumento, os valores podem ser mais ou menos precisos. Os algarismos corretos e o algarismo duvidoso constituem os "algarismos significativos".



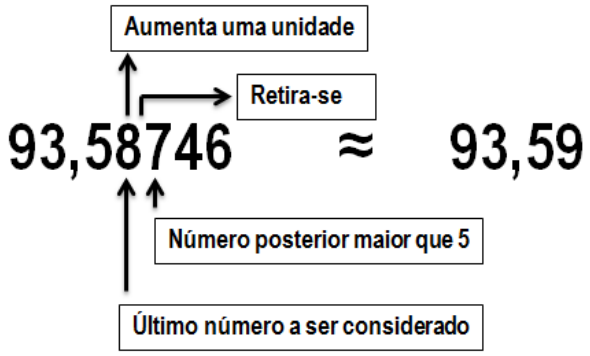
Regras para operações matemáticas com algarismos significativos:

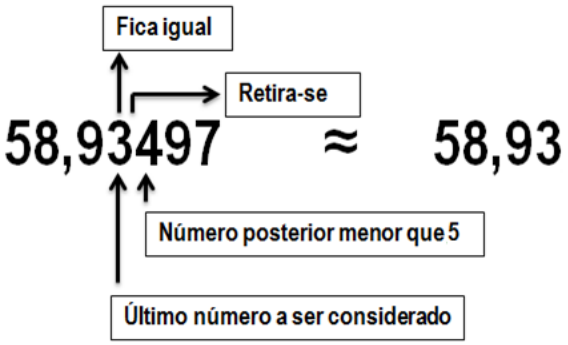
- ✓ Adição e Subtração: o resultado deve ser representado com o mesmo número de casas decimais da parcela de menor número de casas decimais.
- ✓ Multiplicação e Divisão: o resultado deverá ser apresentado com o mesmo número de algarismos significativos do componente de menor número de algarismos significativos.

Adição: 30,00 + 21,5322	**Subtração:** 3,256 – 0,70
30,00 + 21,5322 51,532	3,256 - 0,70 2,558
Resposta: 51,53	**Resposta:** 2,56

Multiplicação	Divisão
9,42 x 3,3 = 31,086 = 31 3,27 x 4,25 = 13,8975 = 13,9 1,20 x 10 – 3 x 0,1234 x 107 ÷ 5,31 = = 4,539736347 = 5	6,82 ÷ 5,4 = 1,2629 = 1,3 76,91 ÷ 4,2 = 18,3119 = 18

Regras para arredondamento: as regras de arredondamento seguem a Norma ABNT NBR 5891. Recomenda-se fazer o arredondamento apenas no resultado final das medidas ou cálculos.





Quando o algarismo seguinte ao último número a ser mantido é um 5 seguido de zeros ou é somente um 5, há duas possibilidades:

- Se o último algarismo a ser mantido for par, ele é inalterado. Ex: Para se arredondar 5,450 para dois algarismos significativos, obtém-se 5,4. Ao se arredondar 8,105 para três algarismos significativos, obtém-se 8,10.
- Se o último algarismo a ser mantido for ímpar, ele é aumentado de 1. Ex: Ao se arredondar 9,855 para três algarismos significativos, obtém-se 9,86.

Notação científica: é uma forma simplificada de representar números reais muito grandes ou muito pequenos nas ciências em geral. Para números muito grandes ou muito pequenos, mais importante que conhecê-los com precisão, é saber a sua ordem de grandeza, isto é a potência de dez mais próxima de seu valor real.

Potências de base 10

$10^0 = 1$	
$10^1 = 10$	$10^{-1} = 0,1$
$10^2 = 100$	$10^{-2} = 0,01$
$10^3 = 1000$	$10^{-3} = 0,001$
$10^4 = 10000$	$10^{-4} = 0,0001$
$10^5 = 100000$	$10^{-5} = 0,00001$
$10^6 = 1000000$	$10^{-6} = 0,000001$
$10^7 = 10000000$	$10^{-7} = 0,0000001$
$10^8 = 100000000$	$10^{-8} = 0,00000001$
$10^9 = 1000000000$	$10^{-9} = 0,000000001$
$10^{10} = 10000000000$	$10^{-10} = 0,0000000001$

A massa do próton é:

0,000000000000000000000000167252 g = 1,67252 x 10^{-24} g

A circunferência da Terra é aproximadamente:

40.000.000 m = 4 x 10^7 m

Prefixos do SI

Fator	Nome do Prefixo	Símbolo	Fator	Nome do Prefixo	Símbolo
10^{1}	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^{2}	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^{3}	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^{6}	mega	M	10^{-6}	micro	µ
10^{9}	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

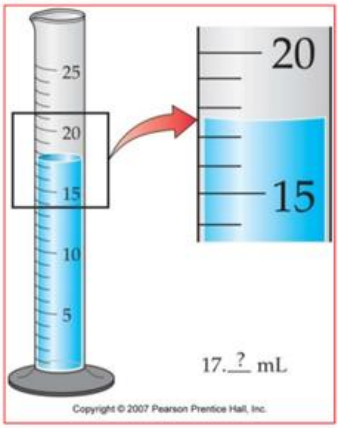
Unidades: o sistema mais utilizado atualmente pelos cientistas é o chamado *Sistema Internacional (SI)*. Um resultado experimental deve ser expresso através de algarismos e unidades. Os algarismos indicam o erro ou incerteza de um resultado, enquanto que as unidades especificam o que está sendo medido.

Medida do melhor valor: normalmente o melhor valor, ou valor experimental, é o resultado da média de ***n*** medidas de uma referida grandeza. A incerteza de uma medida (erro) pode ser expressa de diversas formas, entre elas: *erro padrão ou desvio padrão; erro limite; coeficiente de variação, erro absoluto ou desvio absoluto; erro relativo; desvio médio*.

Desvio avaliado: é a metade da menor divisão de um aparelho. A notação por algarismos significativos possui uma limitação. Ao anotar uma medida com quatro algarismos significativos, sabemos que o último é duvidoso, mas não sabemos em qual extensão ele o é. Por exemplo, a medida 25,52 poderia ser expressa como 25,52±0,01; 25,52±0,02; 25,52±0,03; etc. O número que vem depois do sinal é denominado ***desvio avaliado ou erro absoluto.*** Em instrumentos digitais, o desvio é a própria sensibilidade do instrumento. Por exemplo, no caso de uma medida realizada numa balança digital de sensibilidade igual a 0,01g, a massa medida foi de 5,35g. Portanto, a forma correta de anotar este resultado é (5,35±0,01)g.

Leitura de uma medida: Quando realizamos uma medida precisamos estabelecer a confiança que o valor encontrado para a medida representa. Para representar corretamente a medida realizada devemos utilizar os algarismos significativos. O limite do erro corresponde à metade de sua menor divisão. Veja alguns exemplos abaixo.

Realização da leitura em uma proveta:

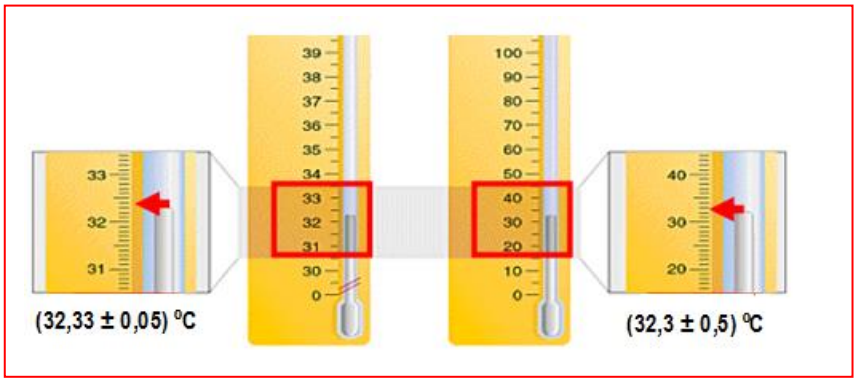


Limite do erro

V = (17,7 ± 0,5) mL

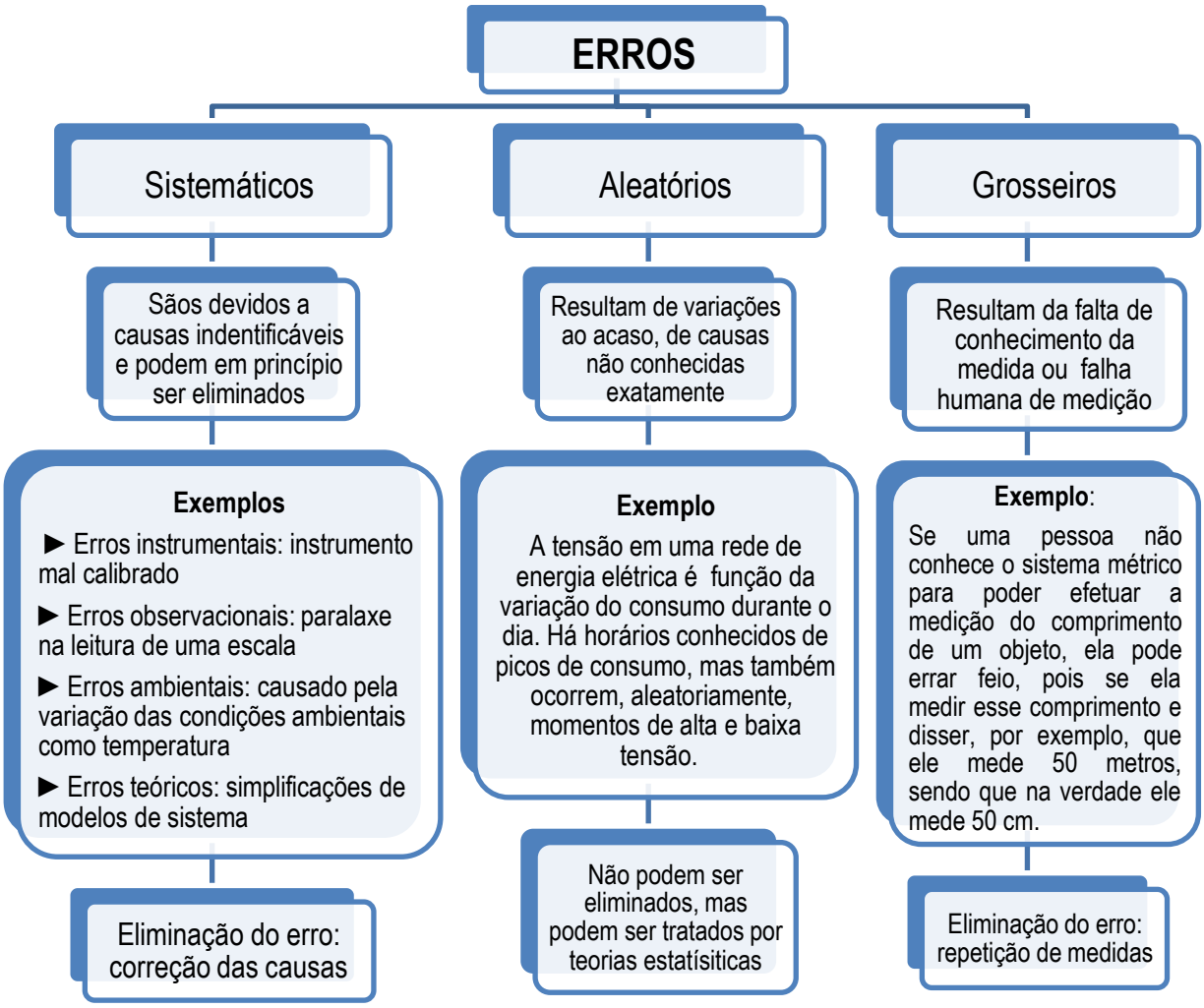
Algarismo duvidoso

➢ Realização da leitura em um termômetro



Já no caso de um valor de massa, por exemplo igual a 7,241 g, medido numa balança cuja precisão é 0,001 g (para balanças, o limite de erro é igual à menor divisão), os dígitos sete, dois e quatro são conhecidos com certeza e o um é o algarismo duvidoso.

De acordo com sua natureza, os erros podem ser classificados conforme representação abaixo.



Precisão e exatidão de uma medida: quando se repete certa medida não se obtém, em geral, o mesmo resultado, pois cada ato de medida está sujeito a erros experimentais. Os valores obtidos diferem ligeiramente uns dos outros.

- ✓ A **precisão** da medida refere-se ao grau de concordância dos resultados individuais dentro de uma série de medidas (reprodutibilidade da medida).
- ✓ A **exatidão** da medida refere-se ao grau de concordância do valor experimental com o valor verdadeiro (fidelidade da medida).

Podemos elevar a precisão de uma medida aumentando o número de determinações (a medida de várias determinações merece mais confiança do que uma só determinação), enquanto a exatidão só pode ser alcançada, eliminando-se os erros sistemáticos.

Erro absoluto: é a diferença entre o valor exato (ou verdadeiro) da grandeza (VT) e o seu valor determinado experimentalmente (VE).

$$E_{abs} = |VT - VE|$$

Erro relativo: expressa a incerteza da medida. Se conhecermos o valor verdadeiro, podemos calcular facilmente o erro da medida (erro percentual ou erro relativo) que é expresso em porcentagem e é adimensional.

$$E_r\% = \left|\frac{VT - VE}{VT}\right| \times 100$$

Se o valor teórico não for conhecido, deve-se medir várias vezes e por diferentes métodos a mesma grandeza, para se ter uma ideia da exatidão. A reprodutibilidade de uma medida usando sempre o mesmo método permite avaliar a precisão da mesma. Por meio de tratamento estatístico adequado dos resultados calcula-se o chamado desvio padrão da medida.

Representação de dados experimentais: os resultados experimentais necessitam ser colocados, ou agrupados, de forma racional para poder, pela mera observação dos mesmos, ou mesmo com pequenos cálculos, interpretar qualitativamente e quantitativamente, se possível, a dependência das variáveis medidas. Para isto existem duas formas científicas de apresenta-los: ***tabelas*** e ***gráficos***. As ilustrações nos trabalhos acadêmicos devem seguir as normas da ABNT.

- ✓ **Tabelas**: uma tabela se divide em 4 partes: ***título, cabeçalho, corpo e rodapé***.
  - As tabelas sempre deverão ser delimitadas na parte de cima e também na de baixo, utilizando traços na horizontal que podem ser um pouco mais fortes que os traços utilizados nas linhas da parte interna da tabela.
  - Jamais se deve utilizar traços verticais para delimitar a tabela em suas partes externas.
  - Utilize traços horizontais para delimitar o cabeçalho.
  - Lembre-se que toda tabela deve ter o seu próprio significado.
  - Numere cada uma das tabelas sempre utilizando algarismos arábicos.
  - Uma observação que não pode deixar de ser feita é quanto a parte estética da tabela, algo que geralmente é deixado de lado.

Título →

Tabela 4: Concentração dos elementos químicos preponderantes no produto lixiviado da amostra de secundário de fundição – Panelas.

Cabeçalho →

Corpo →

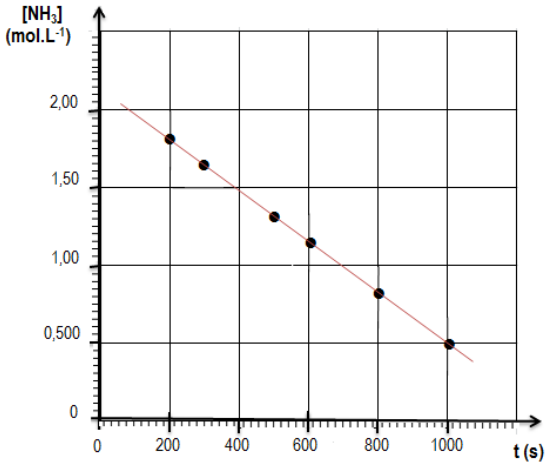
Rodapé →

Elementos analisados	Limite máximo permitido NBR 10.004 ($mg.L^{-1}$)	Resultados obtidos ($mg.L^{-1}$)	Técnicas analíticas utilizadas
Alumínio	-	9,5	AAS
Arsênio	5,0	<0,10	AAS
Chumbo	5,0	39,0	AAS
Cálcio	-	305	AAS
Ferro	-	0,49	AAS
Enxofre total	-	<10	Turbidimetria
Magnésio	-	17,80	AAS
Silício	-	4,90	AAS
Zinco	-	61,0	AAS

AAS: Espectroscopia de Absorção Atômica

Fonte: http://www.scielo.br/pdf/esa/v12n3/a12v12n3.pdf

- ✓ **Gráficos**: o gráfico é a representação dos dados tabelados ou não. Se não resultado de dados tabelados, é um resumo, com o máximo de informações, de uma série de medidas. Existem os mais diferentes tipos de gráficos, dependendo da área e finalidade. Um gráfico deve conter:
  - O ***título***, que é uma breve descrição do que se trata o gráfico. Nos livros e revistas aparece na legenda de figuras. O título é colocado abaixo do gráfico.
  - Os ***eixos***, que devem ser identificados com a abreviação da grandeza representada, bem como sua unidade. Deve-se colocar na abscissa (eixo X), a variável independente, e na ordenada (eixo Y), a variável dependente.
  - As ***escalas***, que devem ser colocadas na folha do gráfico a intervalos iguais e com número de algarismos significativos obtidos no processo da medida. Preferencialmente usa-se múltiplos para construir escalas. As escalas devem ser escolhidas de modo que todos os pontos caibam no gráfico. A distância entre o menor e o maior valor devem ser de pelo menos 75 % do tamanho total do eixo. A escala deve ser legível.
  - Os ***pontos experimentais***, que podem ser marcados com um ponto centrado em um símbolo (um círculo, por exemplo).



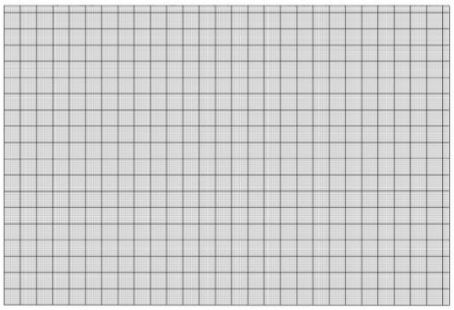
E_X = 10 mm ----- 200 s
E_Y = 10 mm ----- 0,500 mol.L^{-1}

Figura 1: Reação de decomposição da $NH_{3\,(g)}$, em $N_{2\,(g)}$ e $H_{2\,(g)}$, com o tempo.

Fonte: Kotz & Treichel, 1998.

Quando for ajustar uma nos pontos experimentais, faça de tal modo que passe pela maioria dos pontos. Se não for possível, faça com que cada lado da reta exista praticamente o mesmo número de pontos e o mais próximo possível. No caso de ter um ponto muito fora da reta, repita a medida ou então despreze este ponto ao traçar a reta (mas indique-o no gráfico).

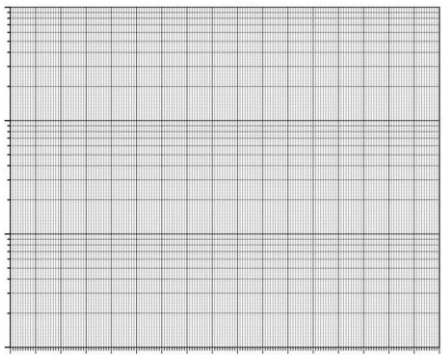
Quando o valor inicial de uma medida for alto comparado ao acréscimo que cada um de seus valores sofrerá na sequência, o gráfico pode começar "quebrado" no eixo em que a variável for lançada, usando-se sobre o eixo dois traços (*//*).



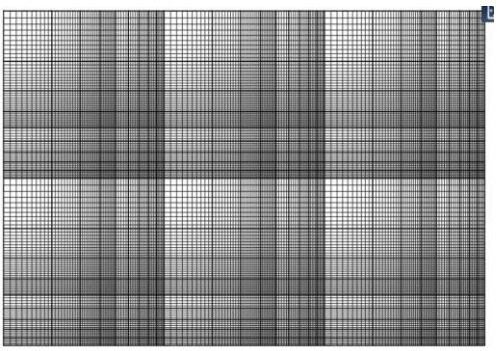
Papel milimetrado

Como escolher o tipo de escala (papel) que deverá usar para fazer um gráfico?

Depende do tipo de função associada ao comportamento físico observado. Em princípio, qualquer função de uma variável pode ser traçada graficamente em um papel milimetrado. Pode-se utilizar escala logarítmica.



Papel monolog



Papel dilog

PARTE PRÁTICA

Procedimento 1: Medida de volume em diversas vidrarias

Vidrarias:
- ✓ 01 béquer (50 mL)
- ✓ 01 erlenmyer (125 mL)
- ✓ 01 bastão de vidro
- ✓ 01 proveta (50 mL)
- ✓ 01 pipeta graduada (10 mL)
- ✓ 01 balão volumétrico (10 mL)

Reagente:
- ✓ Água destilada

Material:
- ✓ Pipetador de 3 vias (pera)

a. Adicionar água destilada em um béquer de 50 mL até a marca que determina este volume.
b. Transferir toda a água destilada contida no béquer para um erlenmeyer de 125 mL com a ajuda de um bastão de vidro em posição inclinada para que não ocorra possível derramamento de líquido. Verificar o volume obtido no erlenmeyer.
c. Em seguida, transferir o líquido contido no erlenmeyer para uma proveta de 50 mL. Verificar o volume obtido na proveta.

Observe os volumes em cada transferência. Os volumes são coincidentes? Explique.

d. Pipetar com auxílio de uma pipeta graduada 10 mL da água destilada e transferir a mesma para um balão volumétrico de mesma capacidade.

Observe os volumes em cada transferência. Os volumes são coincidentes? Explique.

Identifique dentre as vidrarias acima utilizadas àquelas que não possuem precisão e as que possuem precisão.

Vidrarias sem precisão:

Vidrarias de precisão:

Para as vidrarias proveta e pipeta graduada, anote a forma correta de representar a medida do volume. Quantos algarismos significativos possuem estas medidas?

<u>Procedimento 2</u>: Determinação da densidade de soluções de sacarose em função da concentração

Vidrarias:
- ✓ 01 béquer (50 mL)
- ✓ 01 pipeta volumétrica (10 mL)
- ✓ 01 béquer (100 mL)

Reagentes:
- ✓ Soluções de sacarose: 4 %, 6 %, 8 %, 12 %, 16 % e 20 %

Materiais:
- ✓ Pipetador de 3 vias (pera)
- ✓ Balança digital
- ✓ Termômetro de álcool

Cada grupo irá trabalhar **APENAS** com uma das amostras abaixo **DISPONÍVEL** em sua bancada

Grupo 1: Solução de sacarose a **4 %**
Grupo 2: Solução de sacarose a **6 %**
Grupo 3: Solução de sacarose a **8 %**
Grupo 4: Solução de sacarose a **12 %**
Grupo 5: Solução de sacarose a **16 %**
Grupo 6: Solução de sacarose a **20 %**

a. Pesar um béquer de 50 mL e anotar a sua massa, dando a numeração de acordo com a solução acima.

Grupo _____ m ____ =

b. Pipetar, com o auxílio de uma pipeta volumétrica, 10 mL da solução de sacarose que está sob sua bancada e transferir para o béquer cuja massa foi determinada no item acima.
c. Pesar a massa total (béquer + solução)

Grupo _____ m_{TOTAL} =

d. Anotar na Tabela 1 o resultado das medidas feitas pelos demais grupos.

Tabela 1: Determinação da massa de 10 mL de solução de sacarose

Solução de sacarose (%)	Massa do béquer (g)	Massa total (g)	Massa da solução (g)
4			
6			
8			
12			
16			
20			

e. Calcular, a partir dos dados da Tabela 1, a densidade das amostras analisadas, anotando-as na Tabela 2. Verifique a temperatura na qual as medidas foram realizadas, ou seja, a temperatura da solução.

Temperatura =

Tabela 2: Densidade de soluções de sacarose a _____ ºC

Solução de sacarose (%)	Densidade (g/mL)
4	
6	
8	
12	
16	
20	

f. Construa um gráfico, em papel milimetrado, com os dados representados na Tabela 2.

Os procedimentos abaixo poderão ser realizados somente por um dos grupos.
Usar uma amostra de concentração desconhecida – **Concentração "X".**

g. Pesar um béquer de 50 mL e anotar sua massa.

m =

h. Pipetar, com o auxílio de uma pipeta volumétrica, 10 mL da solução de sacarose de concentração "X" e transferir para o béquer. Anotar a massa total (béquer + solução).

m_{TOTAL} =

i. Calcular a densidade desta solução e identificar, a partir do gráfico, a concentração da mesma.

Densidade = **Concentração (%) =**

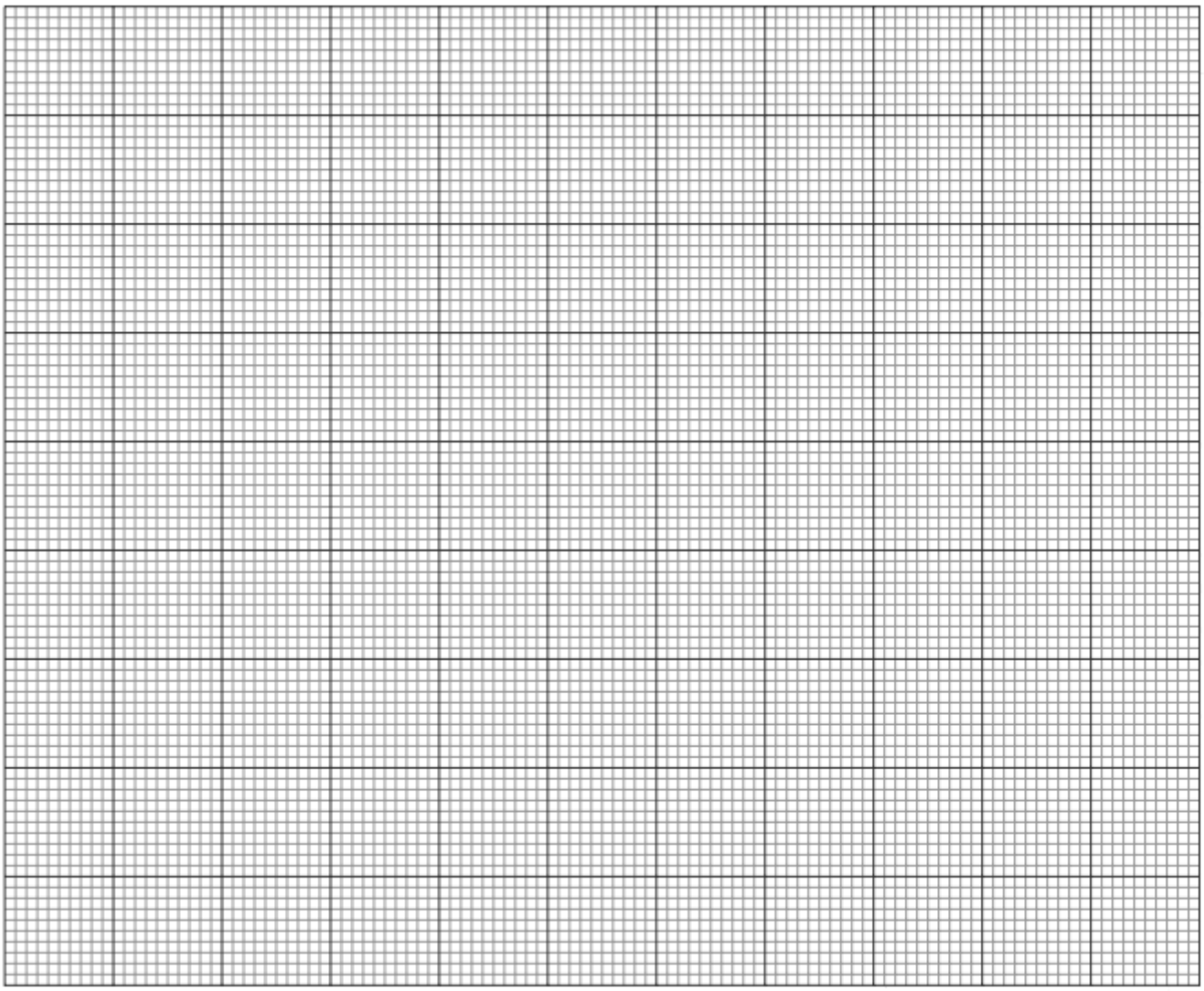


Figura 2: _____

Escala X:
Escala Y:

Consulte, na internet, a densidade da sacarose pura e da água (solvente) e compare com as densidades obtidas para as soluções utilizadas no experimento. Os resultados estão coerentes? Por quê?

Densidade Sacarose (ºC): _____ **Densidade Água (ºC):** _____

Que tipo de erros pode ter ocorrido neste procedimento experimental?

Referência Bibliográfica:

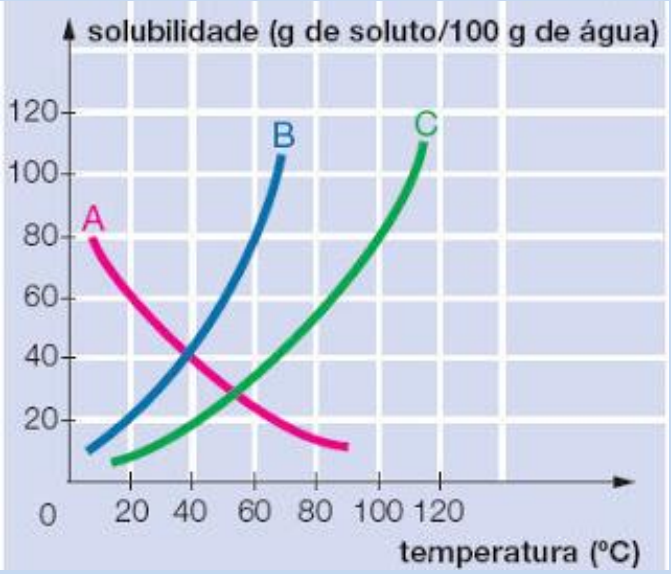
1. Lenzi, E; Favero, L.O.B.; Tanaka, A.S.; Filho, E.A.V.; Silva, M.B. Química Geral Experimental, Freitas Bastos Editora, Rio de Janeiro, RJ, 2004. (ISBN: 85-353-0217-4).

Auto AvaliAÇÃO

1. Três corpos tiveram suas massas determinadas em balanças diferentes, de acordo com a seguinte descrição: o corpo **A** pesou 9,3 g numa balança de decigramas, o corpo **B** pesou 1,16 Kg numa balança de pratos cuja precisão é de ± 1 g e o corpo **C** pesou 5,2714 g em uma balança analítica.
    a. Expressar corretamente os resultados das três determinações de massa, considerando a precisão de cada aparelho utilizado.
    b. Calcular a massa total dos três corpos pelo método dos algarismos significativos e determinar a incerteza associada ao resultado.

2. Expressar cada um dos seguintes números em notação científica:
    a. 1250±1
    b. 13.000.000±1.000.000
    c. 0,0085±0,0001

3. Qual é a sensibilidade e o desvio avaliado de uma régua, cuja menor divisão é 0,1 cm?

4. Todos os aparelhos relacionados a seguir possuem capacidade para medir 50 mL: pipeta graduada, cuja sensibilidade é 0,1 mL; pipeta volumétrica, bureta cuja menor graduação é 0,1 mL; proveta, cujo desvio avaliado é 0,5 mL; e béquer, cuja menor divisão é 5 mL. Qual(is) instrumento(s) sugeridos(s) poderia(m) ser usado(s) para medir:
   a. 10,0 mL
   b. 20,00 mL
   c. 25,000 mL

5. Construir uma tabela a partir dos dados representados no gráfico abaixo.