

UFSC – Departamento de Química

QMC 5119 – Introdução ao Laboratório de Química – 2011/1

Prof. Marcos Brito

Prof. Fábio Peres

Prof. José Gesser

Experiência 01: Algarismos significativos, medidas e tratamento de dados. Calibração de equipamentos volumétricos**1. Introdução**

Química é uma ciência teórica-experimental e por isso consideramos importante que você inicie a disciplina Introdução ao Laboratório de Química realizando experimentos sobre medidas e os tratamentos de dados. A validade dos dados obtidos dependerá de você se esforçar para realizar medidas precisas, mediante a utilização de instrumentos previamente calibrados. Geralmente, os alunos calouros não realizam experimentos no ensino médio e também imaginam que Química é uma ciência exata, o que é falso. Através desta experiência você e seus colegas deverão realizar medidas de temperatura, de massa e de volume para depois realizarem o tratamento estatístico sobre as medidas realizadas.

Medidas de massa, de volume e de temperatura, por exemplo, são realizadas através de balanças, de equipamentos volumétricos (proveta, bureta etc.) e de termômetros respectivamente e conforme disponíveis no laboratório diferem no grau de precisão. Utilizamos *algarismos significativos* para expressar a precisão das medidas realizadas. Nas medidas apresentadas a seguir, embora o último dígito seja considerado duvidoso, pois ele é estimado, ainda é significativo para a medida.

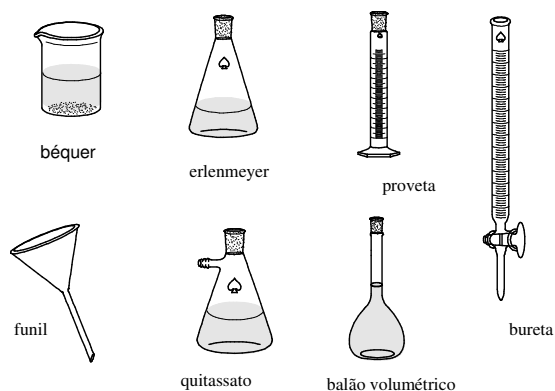
Medida	Número de algarismos significativos
2,5620 g	5
3,891 mL	4
25,5 °C	3

Observe a seguinte tabela, em que apresentamos a notação científica e o número de algarismos significativos para cada medida de massas:

Medida	Notação científica	Número de algarismos significativos
0,00235 g	$2,35 \times 10^{-3}$ g	3
0,25 g	$2,5 \times 10^{-1}$ g	2
20,010 g	$2,0010 \times 10^1$	5
20,01 g	$2,001 \times 10^1$	4

Assim, entendemos que os dados apresentados na tabela anterior foram obtidos em balanças que diferem na precisão das medidas. Desse modo, para se ter confiança nas medidas realizadas, os instrumentos devem ser calibrados.

• Exemplos de equipamentos de uso geral utilizados no laboratório



A seguir são apresentados múltiplos de unidade de medida:

Nome	Símbolo	Unidade
mega	M	10^6
quilo	k	10^3
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
angstroms	Å	10^{-10}
pico	p	10^{-12}

Quilograma deve ser representado por k seguido de g [kg]. É importante lembrar que o k deve ser minúsculo.

Exercício de auto-avaliação - Complete:

- i) 4 cm corresponde a _____ m
 ii) 10 nm corresponde a _____ m
 iii) 2 mL corresponde a _____ L

1.1 - Um pouco sobre algarismos significativos

Quando especificamos, vinte pessoas em uma sala de aula ou nos referimos a uma dúzia de ovos temos certeza que são números exatos, ou seja, não existe dúvida com relação a estas grandezas. Entretanto, se tivermos diferentes medidas de uma mesma grandeza, os valores podem ser diferentes e devem ser representados pelo valor médio.

Se você tivesse que determinar a temperatura, lendo diretamente em um termômetro, conforme ilustrado na figura a seguir, poderia anotar que seria 25,6 ou 25,7 °C.



Na tentativa de medir a temperatura com *precisão* até uma casa depois da vírgula é necessário fazer-se uma estimativa do último algarismo. Você teria a certeza de que a temperatura é maior do que 25 °C, mas menor do que 26 °C, ou seja, o último algarismo é duvidoso. O valor da temperatura medida com esse termômetro possui 3 algarismos significativos, ou seja, os dois primeiros não são algarismos duvidosos, mas o último é considerado algarismo duvidoso.

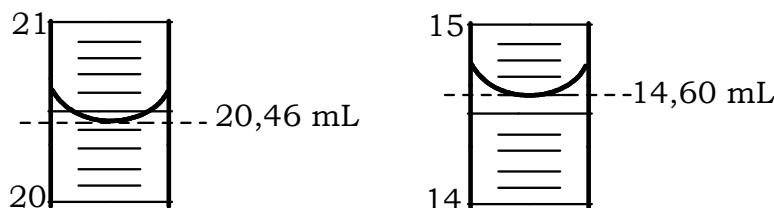
Não deve ser acrescentado um quarto algarismo, como, por exemplo, 25,63 °C, pois se o algarismo 6 já é duvidoso não faz sentido incluir-se o algarismo 3, quando utiliza-se um termômetro com estas especificações.



Com um termômetro mais preciso, uma medida com maior números de algarismos poderiam ser obtidos. O termômetro da figura ao lado possui divisões de 0,1 °C. Assim você poderá obter o valor da temperatura com 4 algarismos significativos, 25,78 °C ou 25,79 °C sendo o último algarismo duvidoso.

Na leitura do volume de água em uma proveta ou em uma bureta, você notará que a superfície da água não é plana e forma um *menisco*. Leia sempre o ponto mais baixo do menisco quando se tratar de água ou de solução aquosa.

Os valores das medidas da figura abaixo são 20,46 mL e 14,60 mL, respectivamente. Observe que o algarismo zero da medida 14,60 deve ser escrito. Se você escrever somente 14,6 mL, você está indicando que o valor da medida está entre 14,5 e 14,7 mL. Por outro lado, 14,60 significa um valor entre 14,59 e 14,61 ou entre 14,58 e 14,62, dependendo do *desvio médio* nas medidas realizadas. Note também, que escrever a unidade de medida é tão importante quanto anotar um número.



O melhor valor para representar uma medida é a média aritmética dos valores medidos, por exemplo:

20,46 mL
 20,42 mL
 20,45 mL
 20,48 mL
20,48 mL
 Média 20,46 mL

O desvio de cada medida será:

$$|20,46 - 20,46| = 0,00$$

$$|20,42 - 20,46| = 0,04$$

$$|20,45 - 20,46| = 0,01$$

$$|20,48 - 20,46| = 0,02$$

$$|20,48 - 20,46| = \underline{0,02}$$

$$\text{Média dos desvios} = 0,02$$

Portanto, o desvio médio é de 0,02 e o valor da medida é: 20,46 ± 0,02 mL

Os valores a seguir que representam medidas de volume, possuem:

22,48 mL	⇒	4 algarismos significativos
210,34 mL	⇒	5 algarismos significativos
1,0 L	⇒	2 algarismos significativos

Com relação ao algarismo zero, deve ser observado que:

- Quando está entre dois outros dígitos é um algarismo significativo

i)	1107	⇒	4 algarismos significativos
ii)	50.002	⇒	5 algarismos significativos

- Quando precede o primeiro algarismo diferente de zero, não é significativo

i)	0,000163		
	ou	⇒	3 algarismos significativos
	$1,63 \times 10^{-4}$		
ii)	0,06801		
	ou	⇒	4 algarismos significativos
	$6,801 \times 10^{-2}$		

- Quando se encontra no final de um número é significativo

i)	0,0200	⇒	3 algarismos significativos
ii)	0,040120	⇒	5 algarismos significativos

1.1.1 - Operações com algarismos significativos.

Na multiplicação ou divisão mantenha o número de algarismos significativos da medida que tiver menor número de algarismos significativos.

Exemplo: $25,2 \text{ cm} \times 3.192 \text{ cm} = 80.438,4 \text{ cm}^2 = 8,04 \times 10^4 \text{ cm}^2$

Na adição ou subtração o número de dígitos à direita da vírgula, no resultado deve ser igual ao do número com menos dígitos dos números somados ou subtraídos.

Exemplo:

$$\begin{array}{r} 35,271 \\ 11,30 \\ \hline 102,1920 \\ 148,7630 = 148,76 \end{array}$$

- Arredondamento de números:

Na soma acima, se desejássemos expressar o resultado com 4 algarismos significativos = 148,8

O número 80438,4 expresso com três algarismos significativos = $8,04 \times 10^4$

O arredondamento é sempre feito com relação ao número superior ou inferior, em relação ao número 5, 50, 500 ... No caso de ser o algarismo 5 o último, procede-se conforme os exemplos:

$$105,85 = 105,8 \quad (8 \text{ é par, o algarismo 5 simplesmente cai}).$$

$$24,315 = 24,32 \quad (1 \text{ é ímpar, aumenta 1 passando para 2}).$$

Exercício de auto-avaliação - Calcule:

- i) $56,3 \times 10,22 =$
- ii) $42,175 + 32,8 =$
- iii) $4,78 \times 0,0453 =$
- iv) $34,5 + 5,72 \times 2,4 =$
- v)

• **Diferença entre precisão e exatidão:**

Todas as medidas possuem um determinado erro, cuja medida muitas vezes é limitada pelo equipamento que está sendo utilizado.

EXATIDÃO: refere-se à tão próximo uma medida concorda com o valor “correto” (ou mais correto), ou seja, aceito na literatura como valor padrão.

PRECISÃO: refere-se à tão próximo diversos valores de uma medida estão entre si, ou seja, quanto menor seja o desvio médio, maior será a precisão na medida.

O ideal seria que as medidas sejam exatas e precisas. Medidas podem ser precisas e não serem exatas devido a algum erro sistemático que é incrementado a cada medida. A média de várias determinações é geralmente considerada o melhor valor para uma medida do que uma única determinação.

2. Questões de pré-laboratório

1. Quantos algarismos significativos existem em cada uma das medidas:

- | | |
|---------------|------------------------------------|
| (a) 212,9 cm | (d) $4,021 \times 10^{-3}$ m |
| (b) 540.31 m | (e) $5,10 \times 10^{18}$ átomos |
| (c) 0,02009 g | (f) $4,1 \times 10^{22}$ moléculas |

2. Arredonde os seguintes números de forma que fiquem com três algarismos significativos:

- | | |
|-----------------------------|-------------|
| (a) 8100,402 | (d) 14010,2 |
| (b) 0,501070 | (e) 135200 |
| (c) $2,3001 \times 10^{-5}$ | (f) 0,40455 |

3. Faça os cálculos abaixo e escreva a resposta com o número correto de algarismos significativos:

(a) 821×250

(d) $8.119 \times 0,23$

(b) $(5,603 \times 10^3) \times (7,2 \times 10^3)$

(e) $14,098 + 27,340 + 84,7593$

(c) $3928,0 / 22,10$

(f) $42,07 + 0,259 / 28,4445$

4. Um determinado técnico de laboratório determinou a temperatura de ebulição de um determinado solvente, obtendo os seguintes valores: 42,50; 41,10; 40,20; 42,25; 39,85; 40,70 e 40,00 °C. Qual é a média e o desvio dessas medidas. Com quantos algarismos significativos deve ser representada a média da temperatura? Justifique a resposta.

3. Procedimentos experimentais

A - Medidas de temperatura

1. Coloque água de torneira em um béquer, até aproximadamente $2/3$ do seu volume e meça a temperatura utilizando um termômetro. Obtenha o valor da temperatura com o número máximo possível de algarismos significativos. Durante a medida mantenha o bulbo do termômetro totalmente imerso na água, sem tocar o vidro. Realize 3 medidas.

Temperatura: _____

2. Em um béquer, coloque certa quantidade de gelo picado e em seguida adicione um pouco de água. Agite esta mistura e determine a temperatura. Realize 3 medidas.

Temperatura: _____

3. Adicione 4 colheres de cloreto de sódio ao béquer com água e gelo, sob agitação e anote a temperatura quando permanecer constante. Novamente realize 3 medidas.

Temperatura: _____

Obs₁: Note que a água continua líquida a uma temperatura menor que zero grau.

Não se esqueça de colocar o sinal negativo para temperaturas abaixo de zero.

Obs₂: Apresente e explique no item resultados e discussão no relatório, o resultado deste procedimento experimental.

B – Medidas de massa

1. Considere três objetos que se encontram em sua bancada:

- uma rolha de borracha,
- um cadinho de porcelana e

- uma rolha de vidro.

O professor e/ou o monitor lhe ensinará como utilizar a(s) balança(s) disponível(eis) no laboratório, mas utilize sempre a mesma balança nas pesagens. Antes de pesá-los, pegue cada objeto e tente estimar o mais pesado e o mais leve. Em seguida, utilizando uma balança, pese cada um destes objetos.

	Massa estimada	Massa determinada na balança
Rolha borracha	_____ g	_____ g
Cadinho	_____ g	_____ g
Rolha de vidro	_____ g	_____ g

2. Inicialmente, pese um béquer pequeno. Em seguida adicione, com um conta-gotas, 30 gotas de água destilada ao béquer e pese o conjunto.

Obs3: O objetivo deste procedimento é encontrar o número aproximado de gotas em um mililitro e o volume de uma gota de água.

Massa do béquer:	_____ g
Massa do béquer com 30 gotas de água:	_____ g
Massa das 30 gotas de água:	_____ g

Obs4: Utilizando este procedimento experimental, qual o volume de cada gota? Apresente os cálculos no item resultados e discussão do relatório.

C - Medidas de volume e a calibrações de três equipamentos volumétricos

1. Calibração de proveta

- a) Pese um béquer seco, em uma balança com duas casas decimais. Meça 20 mL de água da torneira com uma proveta, coloque-a no béquer e pese-o novamente.
- b) Adicione, ao mesmo béquer, mais 20 mL de água e pese-o novamente. Repita este procedimento, sempre acumulando as frações de 20 mL, mais cinco vezes e anote as massas obtidas.

	Massa de cada 20 mL adicionados ao béquer	
Béquer seco:	_____ g	
+ 20 mL de água	_____ g	_____ g
+ 20 mL de água	_____ g	_____ g
+ 20 mL de água	_____ g	_____ g
+ 20 mL de água	_____ g	_____ g
+ 20 mL de água	_____ g	_____ g
Valor médio	_____	Valor do desvio _____

2. Calibração de pipeta volumétrica

- a) Seque o béquer previamente utilizado e repita o procedimento anterior, utilizando uma pipeta volumétrica de 20 mL. Anote as massas obtidas.

Massa de cada 20 mL adicionados ao béquer

Béquer seco:	_____ g	
+ 20 mL de água	_____ g	_____ g
+ 20 mL de água	_____ g	_____ g
+ 20 mL de água	_____ g	_____ g
+ 20 mL de água	_____ g	_____ g
+ 20 mL de água	_____ g	_____ g
Valor médio	_____	Valor do desvio _____

Obs₅: A partir dos dados experimentais que você obteve nos itens 1 e 2 (medidas de volume), utilizando uma proveta e uma pipeta volumétrica, qual dos dois equipamentos possui maior precisão? Justifique a sua resposta e leve a sua conclusão para o relatório.

3. Calibração de bureta

- Encha completamente uma bureta com água destilada.
- Escoe lentamente a água até tangenciar a marca zero na bureta. Certifique-se que o espaço abaixo da torneira está completo com água.
- Transfira alíquotas de aproximadamente 2 mL para um erlenmeyer, lendo o valor transferido na escala da bureta.
- Determine a massa do volume transferido da bureta para o erlenmeyer.
- Repetir cinco vezes o procedimento anterior, utilizando o mesmo erlenmeyer, transferindo volumes da mesma ordem.
- Determine a temperatura da água.
- Calcule os volumes escoados da bureta, a partir da massa que você determinou experimentalmente. Consulte um “Handbook” para obter a densidade da água na temperatura do experimento.

Massa do erlenmeyer antes da adição da água _____ g

Volume lido	Massa	Volume calculado a partir do valor da densidade da água

Obs₆: Construa um gráfico, colocando na ordenada os valores de volume lidos diretamente na bureta e na abscissa os volumes calculados a partir da massa da alíquota e da densidade da água, na temperatura em que foi feito o experimento. Este gráfico permite a correção dos valores de volume lidos na bureta, ou seja, essa será a curva de calibração da bureta utilizada no experimento. Elabore o relatório, com o seu colega de equipe e o entregue ao monitor da disciplina no início da próxima aula. Você deve responder individualmente as questões de pré-laboratório da Experiência 02 e entregar as respostas ao monitor no início da próxima aula. Utilize o seguinte modelo para a elaboração dos relatórios nesta disciplina.

UFSC – Departamento de Química
QMC 5119 – Introdução ao Laboratório de Química – 2011/1

Título do experimento:

Data de realização do experimento:

Turma:

Equipe: _____

Nome completo e assinatura ao lado

Nome completo e assinatura ao lado

Data de elaboração do relatório:

Os itens acima identificam o relatório e devem constituir a CAPA. Os seguintes itens se constituem no relatório em si e devem constar explicitamente (I. Introdução, etc.) em cada relatório.

- 1) Introdução (2,0 pontos):** Indicar os objetivos do experimento, destacando a sua importância para o trabalho experimental em Química (no máximo 10 linhas, com espaçamento 1,5; fonte 12).
- 2) Resultados e discussão (5,0 pontos):** Anexar os resultados (em tabelas e em observações) e os cálculos feitos com os dados obtidos no experimento. Discutir significa explicar resumidamente, com suas palavras, os resultados obtidos.
- 3) Conclusões (2,0 pontos):** apresentar (não explicar os resultados, pois a discussão já ocorreu no item anterior) as principais conclusões evidenciadas pelo experimento.
- 4) Referências (1,0 ponto):** Apresentar apenas as referências que efetivamente foram consultadas para a confecção do relatório. Você poderá indicar livros (veja o modelo apresentado no item XI do plano de ensino da QMC 5119), artigos científicos e/ou sites da internet relacionados ao assunto trabalhado e relatado.