



M. E. C. — I. N. E. P.

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS EDUCACIONAIS

379.156

s.d.

DISTRIBUIÇÃO

Orientações para um trabalho científico.

Br 9

Gav. 3

IBEEC - Instituto Brasileiro de Estudos em Ciências Sociais

023-22

ORIENTAÇÃO PARA A
ELABORAÇÃO DE
UM TRABALHO CIENTÍFICO

- I D E C C -

Maria Julieta S. Ormastroni
Adolfo Walter P. Canton
Eurico Carvalho Filho

A ELABORAÇÃO DE UM TRABALHO CIENTÍFICO

Maria Julieta S. Ormastroni

Diretora Executiva do IBECC de S.P.

Infelizmente, nem todos que elaboram um trabalho científico seguem normas já estabelecidas para sua apresentação.

É fundamental que o trabalho seja batido à máquina, para facilidade de leitura e apresentação. Para isto, deve ser batido de um só lado da folha e com espaço duplo, se possível, com duas cópias.

As páginas devem ser numeradas e, os pontos e as palavras que devem ser destacadas, devem vir sublinhados.

1 - TÍTULO - Este deve vir no alto da página, bem conciso e em letras maiúsculas.

2 - AUTOR - Logo abaixo do título, do lado direito. Podendo ser posto logo abaixo deste, o cargo, a posição, credenciais ou títulos do autor. Também deve ser dado o nome da Escola, Instituição ou Órgão a que pertence.

3 - RESUMO - Um resumo muito conciso pode ser apresentado antes do trabalho propriamente dito.

4 - INTRODUÇÃO - Aqui deve ser dado, de um modo geral, o motivo que levou o autor a realizar seu trabalho.

5 - MATERIAL E MÉTODO - Esta é a parte fundamental do trabalho. Devem ser descritos os métodos e as técnicas empregadas, bem como, qual foi o material utilizado. Clareza e objetividade deverão ser os pontos principais do mesmo, com relatos reais observados pelo autor. As experiências terão que ser repetidas inúmeras vezes antes de ser tirada uma conclusão.

Importante: evitar conclusões precipitadas após uma ou duas experiências. O trabalho pode ser de pesquisa original ou não, porém é imprescindível que o autor informe quando não é original.

6 - RESULTADOS-e-DISSCUSSÕES - Dar quais foram os resultados obtidos; discussão, bem como suas características comparações e confrontações de testes ou dados obtidos neste trabalho e, em outros consultados.

7 - CONCLUSÕES - Não deixe de apresentar as conclusões a que chegou. Mesmo que sejam contrárias ao seu ponto de vista primitivo. Não inverta ou modifique as conclusões, para dar a que almeja ou supõe seja a correta, pois isto logo seria evidenciado e tiraria todo o respeito dado ao autor.

8 - BIBLIOGRAFIA - Provavelmente, você não será o primeiro a se utilizar da pesquisa que escolheu, você poderá abordá-la sob outros aspectos, com outras técnicas etc. mas, não deve partir do zero, você deve, e precisa saber o que já foi feito sobre o assunto, portanto deverá ler o maior número possível de trabalhos, antes de iniciar o seu. Só assim, você poderá contribuir com algo novo para a ciência.

As pessoas que o auxiliaram com conselhos ou orientação poderão ser mencionadas na Introdução. Pode-se fazer um item a parte, o que é mais comum, de Agradecimentos. No final do trabalho virá a Bibliografia, isto é, a lista dos livros e revistas consultadas sobre o assunto. Existem normas estabelecidas para a apresentação destas listas. Livros: o sobrenome do autor por extenso em maiúsculo e depois as iniciais do nome; o título do livro; a casa editora; a cidade onde foi editado e o ano. Revista: sobrenome do autor por extenso em maiúsculo, e depois as iniciais do nome; título do artigo; nome da revista; volume e número; página onde se encontra o ano da publicação.

9 - ILUSTRAÇÕES - Fotografias, Tabelas, Desenhos etc.. Sempre que forem necessárias ao esclarecimento do trabalho, deverão ser apresentadas. Deve ser dado junto ao corpo do

texto referências assim: "Fig. 1", "Tabela III", "Fot. 4", e nunca apresentar frases "vide figura abaixo" etc. As figuras, e as fotografias, devem trazer números arábicos e as tabelas números romanos, como ficou evidenciado nos exemplos dados.

Bibliografia:

1º - UNESCO, Normas que devem aplicar-se em material de publicações científicas, Unesco, Paris, 1962.

2º - A.L.A., Cataloging rules for author and title entries, 2nd edition, A.L.A. Chicago, 1949.

3º - DIMAS, D.G., Algumas observações necessárias na elaboração de artigos e relatórios, Rev. da Escola de Minas, nº 2, ano XXV, pg. 73, 1966.

NOÇÕES ELEMENTARES SOBRE A TEORIA DOS ERROS

Adolfo Walter Canton

Assistente da Cadeira Estatística
da F.F.C.L. da U.S.P.

1. Medidas

Medir uma grandeza é compará-la com outra de mesma espécie - tomada como unidade; dessa comparação resulta um número, o qual é definido como medida da grandeza, segundo a unidade considerada.

As medidas classificam-se em:

- a) medidas diretas: são aquelas obtidas através comparações mecânicas. Exemplos: medida do comprimento, realizado com fita métrica; medida de massa com balanças de alavanca, etc...
- b) medidas indiretas: são aquelas obtidas através relações existentes entre a grandeza, cuja medida é procurada, e outras cujas medidas podem ser obtidas por comparações mecânicas.
Exemplo: a medida da superfície com unidade de comprimento, a medida da densidade absoluta ($d = \frac{m}{V}$), etc.

No entanto, quando procuramos uma medida com alta precisão, e portanto medimos a grandeza várias vezes para termos certeza do resultado, ocorre que nessa série de medidas feitas, os resultados não são coincidentes, mas em geral "bastante" próximos. (A série de medições pode ser realizada com o mesmo aparelho, ou com aparelho diferente para cada medição; pela mesma pessoa ou não). Qual seria então o verdadeiro valor da grandeza?

2. Erros

Dado que os resultados das várias medidas, não são sempre coincidentes, afirmamos que "tôda medida traz erros inevitáveis". Para efeito de estudo, classificamos os erros em:

- a) erros sistemáticos: são aqueles que em geral, provêm da imperfeição dos aparelhos de mensuração, ou do método empregado. Seus efeitos podem ser pesquisados e anulados.
Exemplo: erros provenientes de fita métrica errada.

b) erros acidentais:

são os consequentes de várias causas - indeterminadas, em geral devidos à própria imperfeição humana, tais como falta de ajustamento perfeito do aparelho, interpolação nas leituras da escala, - variações de temperatura ou de outras condições ambientes que afetem a medida etc... . Não apresenta, ao contrário dos erros sistemáticos, qualquer regularidade.

As definições dadas a seguir são puramente teóricas, pois dependem do valor verdadeiro da grandeza, o qual nunca é possível de ser encontrado, uma vez que toda medida é afetada de erro.

Erro absoluto - de uma medida é a diferença entre ela e o verdadeiro valor de grandeza; pode ser positivo ou negativo.

Erro relativo - é o quociente entre o erro absoluto e o valor da grandeza.

Não sendo possível a obtenção do verdadeiro valor da medida da grandeza, usamos certas médias como valores bastante próximos do verdadeiro valor da grandeza. Em geral usamos a média aritmética.

Assim, sendo x_i os resultados das n medidas, definimos a média aritmética $\bar{x}$ pela relação

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Desvio - é a diferença entre a medida e a média escolhida como representativa do conjunto das medidas da mesma grandeza.

O desvio usando $\bar{x}$ é dado por:

$$d_i = (x_i - \bar{x}) \quad , \quad p/ \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Desvio médio - é a média aritmética dos desvios

$$d_m = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n}$$

Desvio médio absoluto - é a média aritmética dos valores absolutos dos desvios

$$d_m = \frac{|d_1| + |d_2| + \dots + |d_n|}{n}$$

Desvio médio quadrativo - é a raiz quadrada da média aritmética - do quadrado dos desvios.

$$d_{mq} = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{n}}$$

Exemplo 1: Em 5 medidas de uma mesma - grandeza, obtivemos os seguintes valo-- res:

10,31 10,31 10,32 10,30 e 10,31

Temos:

I) Valor provável: $\bar{x} = \frac{10,31 + 10,31 + 10,32 + 10,30 + 10,31}{5} = 10,31.$

II) Desvio médio: $d_1 = 10,31 - 10,31 = 0$

$$d_2 = 10,31 - 10,31 = 0$$

$$d_3 = 10,32 - 10,31 = 0,01$$

$$d_4 = 10,30 - 10,31 = -0,01$$

$$d_5 = 10,31 - 10,31 = 0$$

$$d_m = \frac{0 + 0 + 0,01 + (-0,01) + 0}{5} = \frac{0}{5} = 0.$$

III) Desvio médio absoluto:

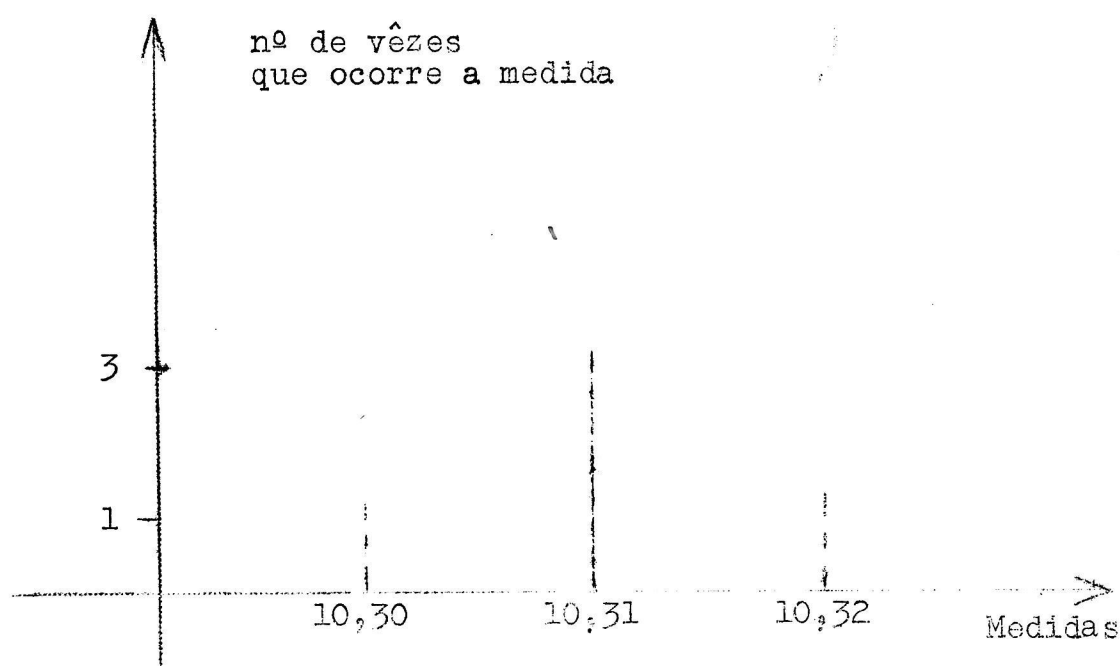
$$d_{ma} = \frac{|0| + |0| + 0,01 + |-0,01| + |0|}{5} =$$

$$= \frac{0,02}{5} = 0,004$$

IV) Desvio médio quadrático -

$$d_{mq} = \sqrt{\frac{(0,01)^2 + (-0,01)^2}{5}} = 0,01 \sqrt{\frac{2}{5}}$$

podemos adotar a seguinte representação gráfica para este exemplo:



Podemos observar que quando desejamos um resultado de confiança, devemos não só utilizar o melhor método, e o mais preciso aparelho, como também realizar várias medidas e tomar-lhes a média, - em geral a média aritmética.

Exemplo 2 - Um topógrafo medindo 30 vezes um ângulo abteve: -
(admitir medidas isentas de erro sistemático).

5º 5' 5º 11' 5º 13' 5º 18' 5º 18' 5º 20' 5º 23' 5º 23'
 5º 25' 5º 25' 5º 26' 5º 27' 5º 28' 5º 29' 5º 30' 5º 33'
 5º 33' 5º 34' 5º 35' 5º 37' 5º 38' 5º 39' 5º 39' 5º 42'
 5º 46' 5º 46' 5º 49' 5º 50' 5º 51' 5º 52'

O valor provável, isto é, a média aritmética nos dá $\bar{x} = 5^\circ 31',5$
 quanto aos desvios temos:

$d_1 = -30',5$, $d_2 = -20',5$, $d_3 = -18',5$, $d_4 = -13',5$, $d_5 = -13',5$
 $d_6 = -11',5$, $d_7 = -8',5$, $d_8 = -8',5$, $d_9 = -6',5$, $d_{10} = -6',5$
 $d_{11} = -5',5$, $d_{12} = -4',5$, $d_{13} = -3',5$, $d_{14} = -2',5$, $d_{15} = -1',5$
 $d_{16} = -2',5$, $d_{17} = -2',5$, $d_{18} = -3',5$, $d_{19} = -4',5$, $d_{20} = -6',5$
 $d_{21} = -7',5$, $d_{22} = -8',5$, $d_{23} = -8',5$, $d_{24} = -11',5$, $d_{25} = -15',5$
 $d_{26} = -15',5$, $d_{27} = -18',5$, $d_{28} = -19',5$, $d_{29} = -20',5$, $d_{30} = -21',5$

Podemos observar em relação a este exemplo que:

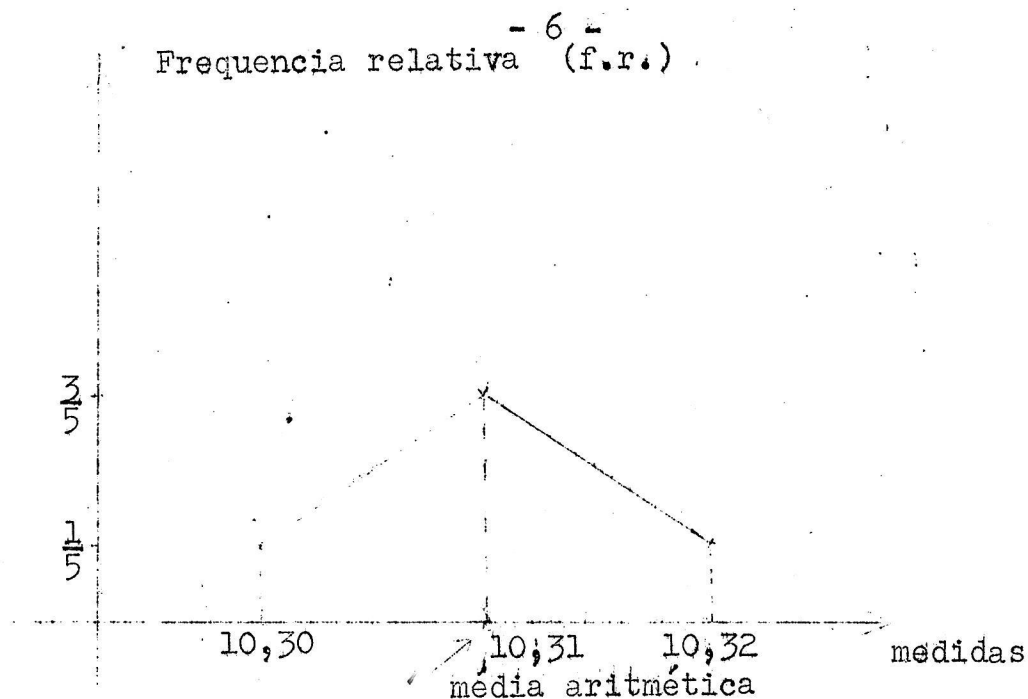
- 1.) Os desvios maiores são menos frequentes.
- 2.) A um desvio $+d$, corresponde outro $-d'$, igual ou muito próximo à $+d$.

As condições acima dão uma idéia de "distribuição das medidas" de uma certa grandeza. Para darmos idéia de uma representação de medidas, necessitamos das seguintes definições:

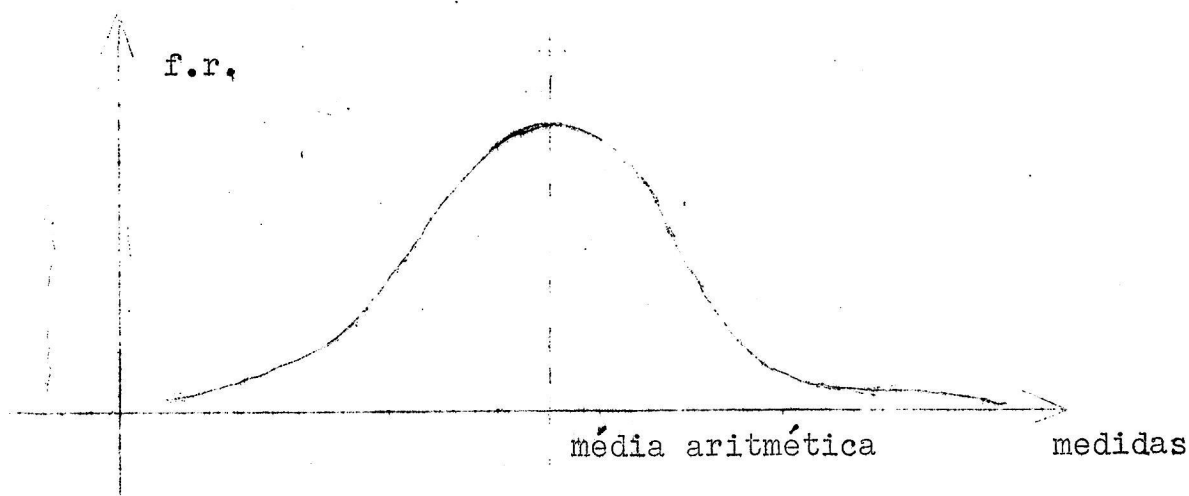
frequência absoluta: definida como o número de vezes que ocorre uma determinada medida. Assim, no exemplo 1, a frequência absoluta de 10,30 é 1 (um), de 10,31 é 3 (três) e de 10,32 é 1 (um).

frequência relativa: é a razão entre o número de vezes que ocorre uma determinada medida e o número total de medidas realizadas. No exemplo 1, a frequência relativa de 10,30 é $1/5$, de 10,31 é $3/5$, e de 10,32 é $1/5$.

Logo, para o exemplo 1, a representação gráfica envolvendo frequência relativa é o seguinte:



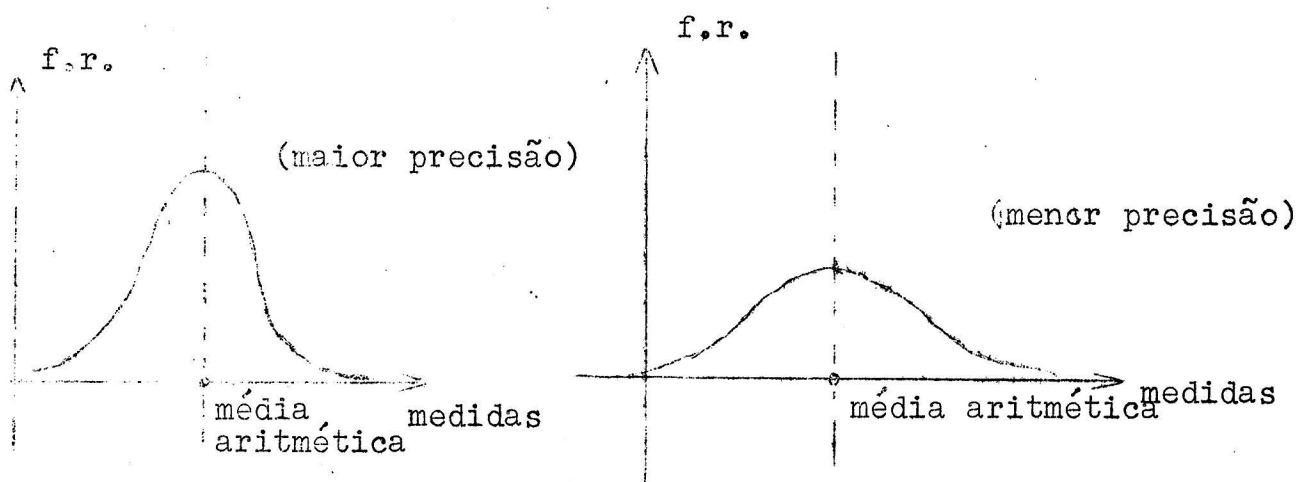
Na prática, observa-se que quando o número de medidas é "muito grande" a tendência do gráfico acima é tomar a forma como a representada abaixo.



Em estudo mais avançados sobre teoria dos erros, pode-se chegar a conclusão que realmente as medidas apresentam, em geral, uma distribuição da forma representada pela figura acima, e tal distribuição é chamada normal. Verifica-se também que quando o desvio médio quadrático é pequeno.

Para maiores detalhes sobre a distribuição normal, apresentados de forma elementar, consultar: Estatística Elementar - Paul G. Hoel - " Editora Fundo de Cultura".

é (maior precisão) as diversas medidas concentram-se fortemente em torno da média aritmética, e quando o desvio médio quadrático é grande (menor precisão) as diversas medidas afastam-se mais da média aritmética.



Devemos salientar ainda que é costume apresentar-se o resultado final de medidas expresso pela forma:

Valor da grandeza = média aritmética $\pm$ erro médio da média aritmética.

onde esse erro é dado por:

$$e_m = \frac{\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}}{n}$$

Assim, por exemplo, se na determinação de um comprimento L , a média aritmética de uma série de medidas resultou 244mm, e o desvio médio calculado foi de 2mm, então o verdadeiro valor de L é expresso por

$$L = (244 \pm 2) \text{ mm.}$$

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Eurico Carvalho Filho

Assistente da Cadeira de Química da

F.F.C.L. da U.S.P.

A conhecida expressão "uma corrente não é mais forte que o seu elo mais fraco" pode ser assim parafraseada: - "um resultado computado não é mais exato que o número menos exato que entra na computação".

Na Matemática os números são sempre exatos. Assim o número 20,64 significa exatamente 20,64; também significam a mesma coisa em Matemática os números 20,64, 20,640 ou 20,6400. Nas ciências experimentais, porém, os números resultam de medidas e possuem um desvio não sendo pois exatos. O experimentador conhece como a escala do instrumento é dividida, qual a menor divisão e quais as precauções que tomou para evitar as mais diversas fontes de erro. Está, pois, em posição de conhecer o grau de exatidão da medida. Assim, o número 20,64 que pode, por exemplo, representar a leitura em uma bureta não significa que a leitura seja exatamente 20,64 mas que o valor mais provável está contido num intervalo que contém êsse valor. A amplitude do intervalo pode ser determinada, conhecendo-se as condições da medida. Na leitura da bureta outros observadores podem obter 20,63 ou 20,65 mas é altamente provável que todos os observadores farão uma leitura no intervalo compreendido entre 20,63 a 20,65. O último algarismo tem uma variação de ± 1 e é pois incerto, enquanto todos os outros são conhecidos com certeza. Em qualquer grandeza medida apenas um algarismo incerto deve ser mantido. Quando o resultado de uma medida não é explicitamente acompanhado do desvio correspondente é convencionalmente admitir-se o desvio de ± 1 no último algarismo.

Em' os motivos responsáveis pelos desvios, podemos citar a imperfeição das observações dos operadores, a inexactidão dos instrumentos e causas várias como temperatura, pressão, correntes de ar, etc. Êstes motivos podem agir isolada ou concomitantemente.

O cientista ao estabelecer o valor de uma grandeza medida, deseja ser honesto e não quer exagerar ou subestimar.

Por outro lado, o valor deve ser dado de tal modo que possa ser facilmente reproduzido por outros observadores. Torna-se, assim necessária a adoção de métodos convencionais para a obtenção dos resultados e a execução dos cálculos. Quase sempre os principiantes em ciências superestimam os resultados e frequentemente gastam mais tempo e energia que o necessário, o que é revelado pelos algarismos supérfluos mantidos nas operações.

Neste trabalho vamos confinar nossa atenção ao - que chamamos de algarismos significativos e estabelecer algumas regras para a computação.

ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS

Em um número resultado de uma medida os algarismos significativos são aqueles que exprimem tão exatamente quanto possível a grandeza medida, sendo o último incerto. Procedemos da seguinte maneira para a sua determinação: dado um número consideramos todos os algarismos a partir do primeiro diferente de zero (da esquerda para a direita) até o algarismo incerto; - êsses são os algarismos significativos.

Exemplos:

<u>Medida</u>	<u>Algarismos significativos</u>
a) 5,63 ml	4 - 5 - 6 - 3
b) 1510,0 m	1 - 5 - 1 - 0 - 0
c) 0,54 A	5 - 4
d) 0,0125 g	1 - 2 - 5
e) 100,000 Ω C	1 - 0 - 0 - 0 - 0 - 0
f) 0,0000102 Kv	1 - 0 - 2

O algarismo zero requer algumas considerações. Como vemos nos exemplos c), d) e f) o zero a esquerda de um outro algarismo - nunca é significativo, servindo apenas para localizar a vírgula decimal. Torna-se muito prático representar êsses números pela notação exponencial, escrevendo os algarismos significativos no fator numérico, com o primeiro algarismo antes de vírgula, e - multiplicando o conjunto por uma potência adequada de 10.

Assim:

c) 0,54 A	correspondente a	$5,4 \times 10^{-1}A$
d) 0,0125 g	"	a $1,25 \times 10^{-2}g$
f) 0,0000102 Kv	"	a $1,02 \times 10^{-5}Kv$

Por outro lado os exemplos b) e e) significam que o comprimento 1.510,0 m foi medido até o décimo metro estando localizada no último zero a incerteza da medida e a temperatura tem o algarismo incerto no milésimo de grau. De acordo com o que já foi dito como nos dois casos não foi dado o desvio de cada medida este deve ser interpretado como ± 1 no último algarismo, ou seja $\pm 0,1\text{m}$ e $\pm 0,001^\circ\text{C}$, respectivamente.

Resta ainda considerar que certas grandezas usadas nas ciências experimentais têm, por definição, valores arbitrários. Esses valores são representados por números exatos, não afetados de desvios.

Exemplos: O calor de formação dos elementos químicos é, por definição, igual a zero calorias; o peso atômico do carbono, é por definição, igual a 12; as condições normais de pressão e temperatura são, por definição, pressão de 1 atmosfera ou 760 milímetros de mercúrio e temperatura de 0°C

REGRAS PARA OS CÁLCULOS:

1. Quando se torna necessário desprezar algarismos não significativos de um número usa-se a seguinte regra: se o primeiro algarismo depois do último significativo for 5 aumenta-se de uma unidade o último algarismo significativo; se for 5 conserva-se simplesmente o último algarismo significativo. O número 23,4056, escrito com cinco algarismos significativos é 23,406; o número 2,3423, conservado três significativos é escrito 2,34.

2. Na soma e na subtração conserva-se nos valores um número de casas decimais igual ao existente no valor com menor número de decimais.

Seja a soma das seguintes parcelas: 25,852,..... 0,0095 e 2,46. Como a parcela 2,46 tem apenas duas decimais, somente duas decimais devem ser mantidas nas outras parcelas.

25,852	passa a figurar	como	25,85
0,0095	" " "	"	0,01
2,46	" " "	"	<u>2,46</u>
			28,32

Podemos reafirmar esse resultado conservando todas as casas decimais e colocando um x onde as decimais são desconhecidas.

$$\begin{array}{r} 25,852x \\ 0,0095 \\ \underline{2,46xx} \\ 28,32xx \end{array}$$

Uma outra maneira para chegar a êsse resultado é fazer a soma dos valores máximos e mínimos das parcelas considerando o desvio como 1 unidade no último algarismo significativo.

Valores máximos

$$\begin{array}{r} 25,853 \\ 0,0096 \\ \underline{2,47} \\ 28,3326 \end{array}$$

Valores mínimos

$$\begin{array}{r} 25,851 \\ 0,0094 \\ \underline{2,45} \\ 28,3104 \end{array}$$

A soma 28,32 cai no intervalo 28,33 e 28,31 mostrando que o método de adição está de acôrdo com o critério adotado.

Seja a subtração: 5,28 menos 3,1384
Com a aplicação da regra chega-se a

$$\begin{array}{r} 5,28 \\ \underline{3,14} \\ 2,14 \end{array}$$

3. Na multiplicação e na divisão conserva-se em cada valor um número de algarismos tal que a percentagem de incerteza em cada um não seja maior que a existente no valor com menor número de algarismos significativos.

Por exemplo, o produto $10,26 \times 0,0094 \times 1,252$ deve ser reescrito $10,3 \times 0,0094 \times 1,25$. O fator 0,0094 tem apenas dois algarismos significativos e os outros, quatro. A incerteza nesse fator é 1 em 94, aproximadamente 1 em 100 ou 1%. Para não introduzir uma incerteza maior que 1% os outros fatores precisam reter 3 algarismos. O número de algarismos do produto deve ser tal que a incerteza da resposta não seja maior do que a existente no fator mais pobre em algarismos significativos. Assim, no exemplo acima chegaremos a

10,3	12,9
1,25	0,0094
515	516
206	1161
103	0,12126
1,2875	

ou seja 0,121

O mesmo procedimento deve ser seguido na divisão.

No exemplo

$$\begin{array}{r} 3,534 \times 0,0145 \\ \hline 2,1982 \end{array}$$

os valores devem ser arredondados para

$$\begin{array}{r} 3,53 \times 0,0145 \\ \hline 2,20 \end{array}$$

Com o resultado igual a 0,0236

4. Na maioria dos casos quando se deseja uma exatidão não maior que 0,25%, na multiplicação e divisão, recomenda-se uma régua de cálculo de 25 cm. No caso de exatidão maior que 0,25% recomenda-se o uso de logarítmos.

5. Na computação com logarítmos decimais deve-se reter na mantissa do logarítmo o mesmo número de algarismos que os do número considerado. A característica por denotar simplesmente a magnitude não é considerada como algarismo significativo.

Consideremos agora um exemplo em que estão envolvidas várias operações aritméticas: Seja a expressão

$$x = \left[\frac{0,235 (8,5 + 12,54)}{455,2 - 453,15} \right]^2$$

em que devem ser executados soma, subtração, multiplicação, divisão e potenciação. Primeiramente fazemos a adição e a subtração arredondando antes o valor 12,54 para 12,5 e 453,15 para 453,2.

$$x = \frac{0,235 \times 21,0}{2,0} \quad 2$$

Antes da multiplicação e divisão arredondamos os valores 0,235 e 21,0 para dois algarismos significativos.

$$x = \frac{0,24 \times 21}{2,0} \quad 2$$

Com o resultado final com dois significativos

$$x = (2,5)^2$$

$$x = 6,3$$

Queremos ainda advertir que os desvios resultantes da medida de uma grandeza nem sempre são ± 1 no último algarismo significativo, mas poderão ser maiores dependendo de como a medição é feita. Na leitura de um termômetro de Beckmann, por exemplo, com o auxílio de uma lente e muita prática poderemos dividir o intervalo de um centésimo de grau em cinco partes com o que estimaremos dois milésimos de grau e o desvio será de $\pm 0,002^\circ\text{C}$.

Finalizando, convém observar que em muitos casos sendo o número de algarismos significativos do valor mais pobre em algarismos significativos é aconselhável reter nos outros valores $n+1$ algarismos e efetuar as operações indicadas. Por outro lado, não foram considerados os cálculos dos desvios e consequentemente os resultados das operações não aparecem afetados dos desvios correspondentes.

Acreditamos que estas regras aproximadas sejam úteis para o fim a que se destinam. Um tratamento mais rigoroso ficará, se for o caso, para outra oportunidade.