

Capítulo 2

MEDIR

2.1 Por que Medir ?

Do ponto de vista técnico, a medição é empregada para *monitorar*, *controlar* ou *investigar* um processo ou fenômeno físico.

Nas aplicações que envolvem monitoração, os SM (Sistemas de Medição) apenas indicam para o usuário o valor momentâneo ou acumulado do mensurando (ME). Barômetros, termômetros e higrômetros, quando usados para observar aspectos climáticos são exemplos clássicos de aplicações que envolvem monitoração. Medidores do consumo de energia elétrica ou volume d'água são outros exemplos. Nenhuma ação ou decisão é tomada em relação ao processo.

Qualquer sistema de controle envolve um SM como elemento sensor, compondo um sistema capaz de manter uma grandeza ou processo dentro de certos limites. O valor da grandeza a controlar é medido e comparado com o valor de referência estabelecido e uma ação é tomada pelo controlador visando aproximar a grandeza sob controle deste valor de referência. São inúmeros os exemplos destes sistemas. O sistema de controle da temperatura no interior de um refrigerador é um exemplo: um sensor mede a temperatura no interior do refrigerador e a compara com o valor de referência pré-estabelecido. Se a temperatura estiver acima do valor máximo aceitável, o compressor é ativado até que a temperatura atinja um patamar mínimo, quando é desligado. O isolamento térmico da geladeira mantém a temperatura baixa por um certo tempo, e o compressor permanece desativado enquanto a temperatura no interior estiver dentro da faixa tolerada. Exemplos mais sofisticados passam pelo controle da trajetória de um míssil balístico teleguiado, uma usina nuclear, uma máquina de comando numérico, etc.

Os recursos experimentais foram, e ainda são, uma ferramenta indispensável com a qual diversas descobertas científicas tornaram-se possíveis. Problemas nas fronteiras do conhecimento freqüentemente requerem consideráveis estudos experimentais em função de não existir ainda nenhuma teoria adequada. Estudos teóricos e resultados experimentais são complementares e não antagônicos. A análise combinada teoria-experimentação pode levar ao conhecimento de fenômenos com muito maior profundidade e em menor tempo do que cada uma das frentes em separado. Através da experimentação é possível, por exemplo, testar a validade de teorias e de suas simplificações, testar relacionamentos empíricos, determinar propriedades de materiais, componentes, sistemas ou o seu desempenho.

2.2 O Processo da Medição

Medir é o procedimento experimental pelo qual o valor momentâneo de uma grandeza física (*mensurando*) é determinado como um múltiplo e/ou uma fração de uma unidade, estabelecida por um padrão, e reconhecida internacionalmente.

A operação de medição é realizada por um *instrumento de medição* ou, de uma forma mais genérica, por um *sistema de medição* (SM), podendo este último ser composto por vários módulos.

Obtém-se desta operação instrumentada a chamada *indicação direta*, que é o número lido pelo operador diretamente no *dispositivo mostrador*, acompanhado da respectiva unidade indicada neste dispositivo. Para que a medição tenha sentido, é necessário determinar a chamada

indicação. A indicação corresponde ao valor momentâneo do mensurando no instante da medição, e é composta de um número acompanhado da mesma unidade do mensurando.

A indicação é obtida pela aplicação da chamada *constante do instrumento* à indicação direta. A constante do instrumento deve ser conhecida pelo usuário do SM antes do início da operação de medição. Pode ser expressa através de constante aditiva ou multiplicativa, e em alguns casos o valor da indicação pode ser calculada a partir de equações lineares ou não lineares, tabelas ou gráficos.

A figura 2.1 ilustra a operação de medição realizada através de um instrumento de medição denominado paquímetro. A indicação direta obtida é 50,38 mm. Sabe-se que a constante multiplicativa deste instrumento é unitária. Logo, a indicação resulta em:

$$I = 50,38 \text{ mm},$$

que corresponde ao comprimento medido.

O exemplo da figura 2.2 consiste de um SM de comprimento que funciona por princípios optoeletrônicos. A peça a medir é iluminada por um feixe de luz colimada e uniforme. A sombra do comprimento a medir é projetada sobre o fotodetector, que gera um sinal elétrico proporcional à quantidade de energia recebida, que é proporcional à área iluminada. Este sinal elétrico é amplificado por meio de um circuito eletrônico e indicado pelo SM. Como mostra a figura 2.2, a indicação direta é 251,9 mV. Neste caso, fica claro que 251,9 mV não é o valor do diâmetro a medir. O cálculo do valor da indicação é efetuado através da constante multiplicativa do SM: 0,2 mm/mV. Assim,

$$I = 251,9 \text{ mV} \cdot 0,2 \text{ mm/mV} = 50,38 \text{ mm}.$$

A figura 2.3 mostra um outro exemplo de SM. Deste SM faz parte um relógio comparador, cuja indicação reflete o deslocamento vertical da sua haste. A medição é efetuada em três etapas:

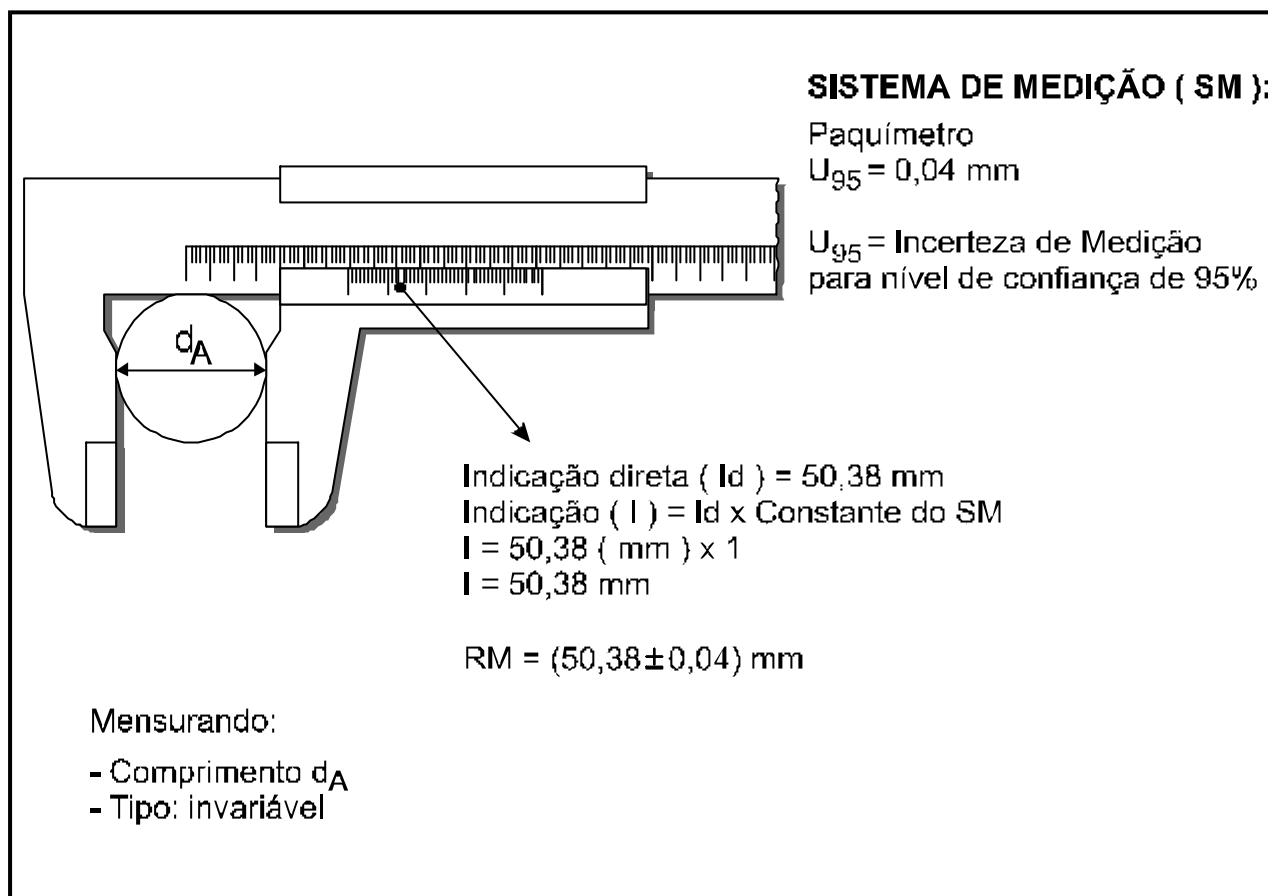
- a) inicialmente um bloco padrão de comprimento conhecido de 50 mm é aplicado sobre o SM;
- b) o SM é regulado para que, neste caso, a indicação direta seja zero;
- c) o padrão de 50 mm é retirado e a peça a medir é submetida ao SM;

A indicação direta obtida, neste caso, é de 19 divisões, e está associada à diferença entre os comprimentos da peça a medir e o padrão de 50 mm. A determinação da indicação envolve uma constante aditiva igual ao comprimento do padrão de 50 mm e uma constante multiplicativa relacionada com a sensibilidade do relógio comparador, isto é, com a relação mm/divisão deste relógio comparador. Assim, o valor da indicação é:

$$I = 50 \text{ mm} + 19 \text{ div} \cdot 0,02 \text{ mm/div}$$

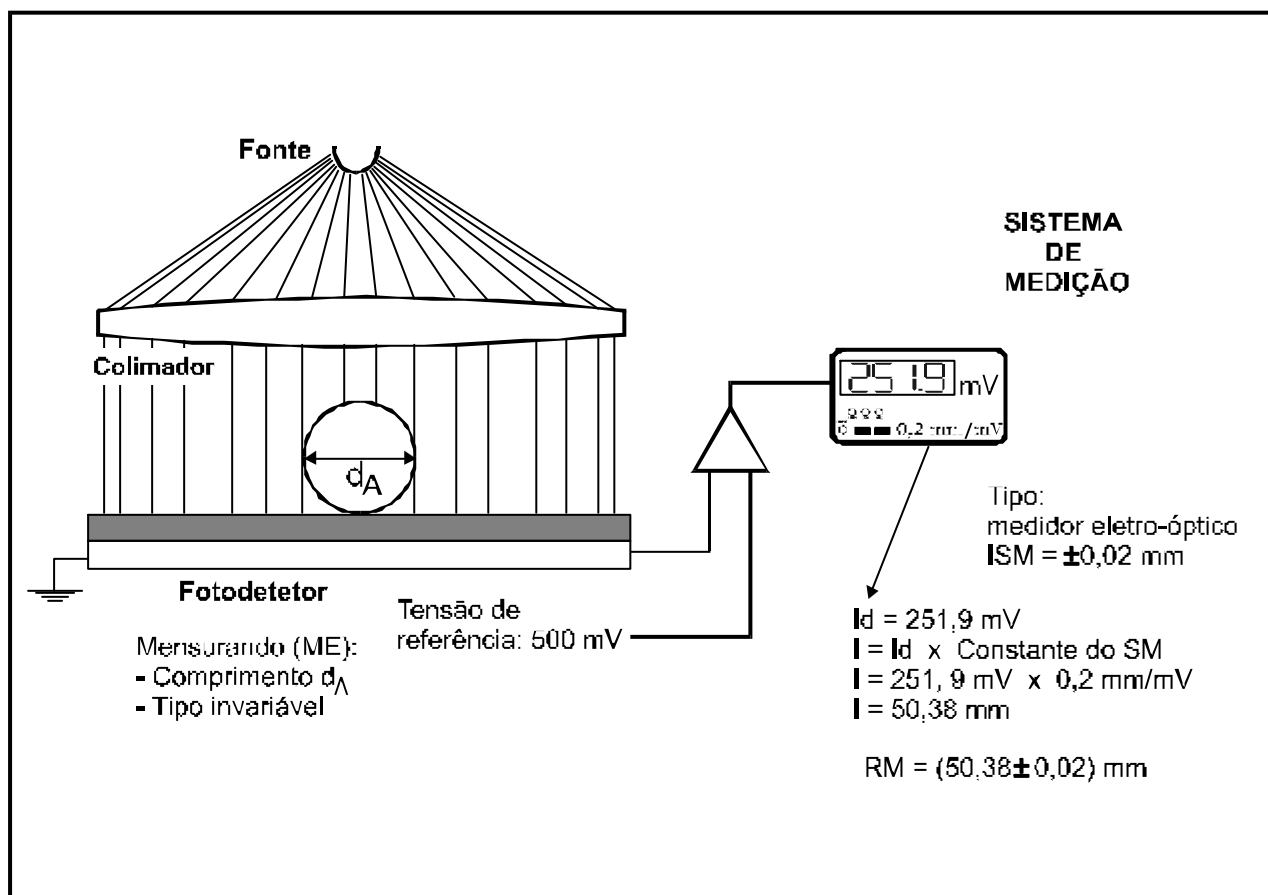
$$I = 50,38 \text{ mm}$$

Em boa parte dos SM comerciais a *indicação* coincide numericamente com a *indicação direta*, caso em que a constante do instrumento é multiplicativa e unitária, o que torna bastante cômoda e prática a aplicação do SM. Porém, deve-se estar atento para as diversas situações.



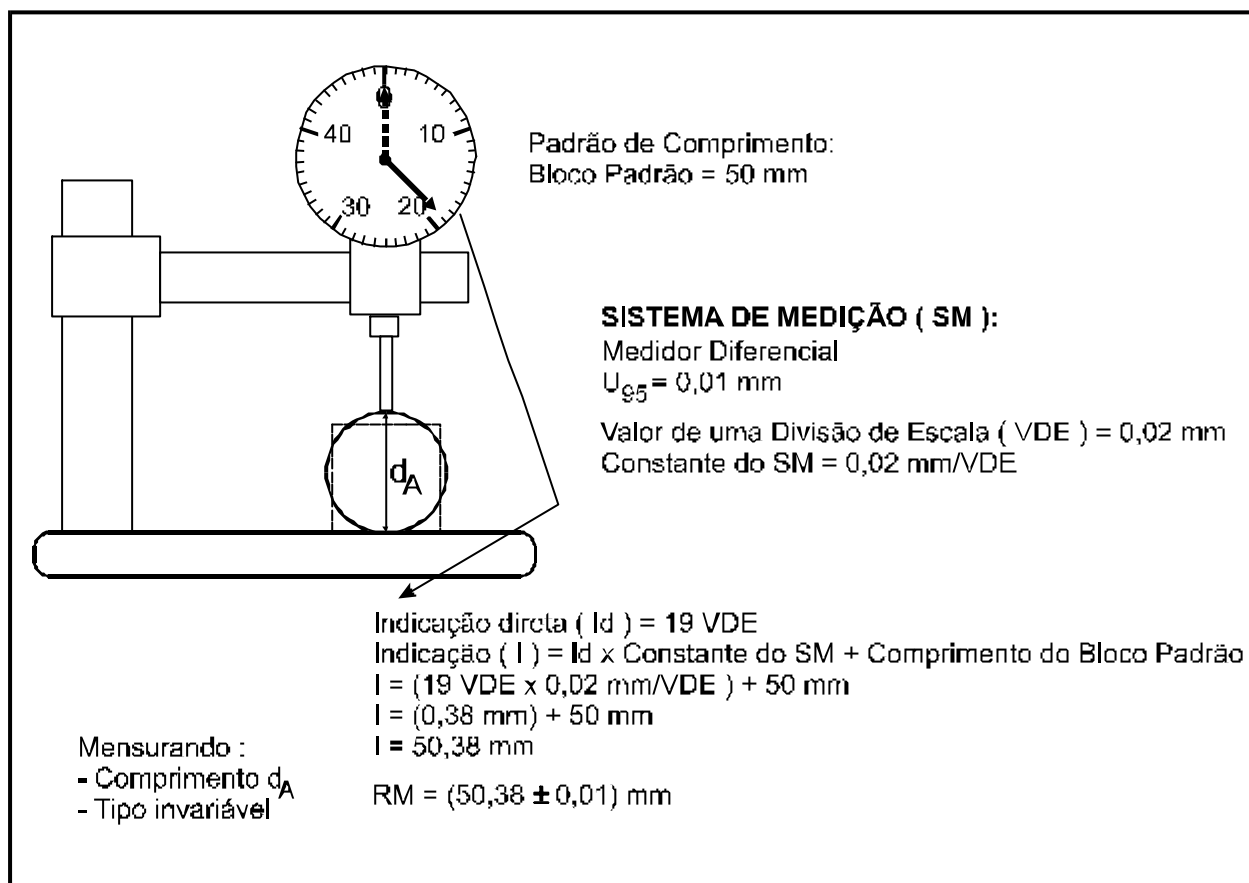
AAG - 11/97 - MCG 001

Figura 2.1 - Operação de Medição



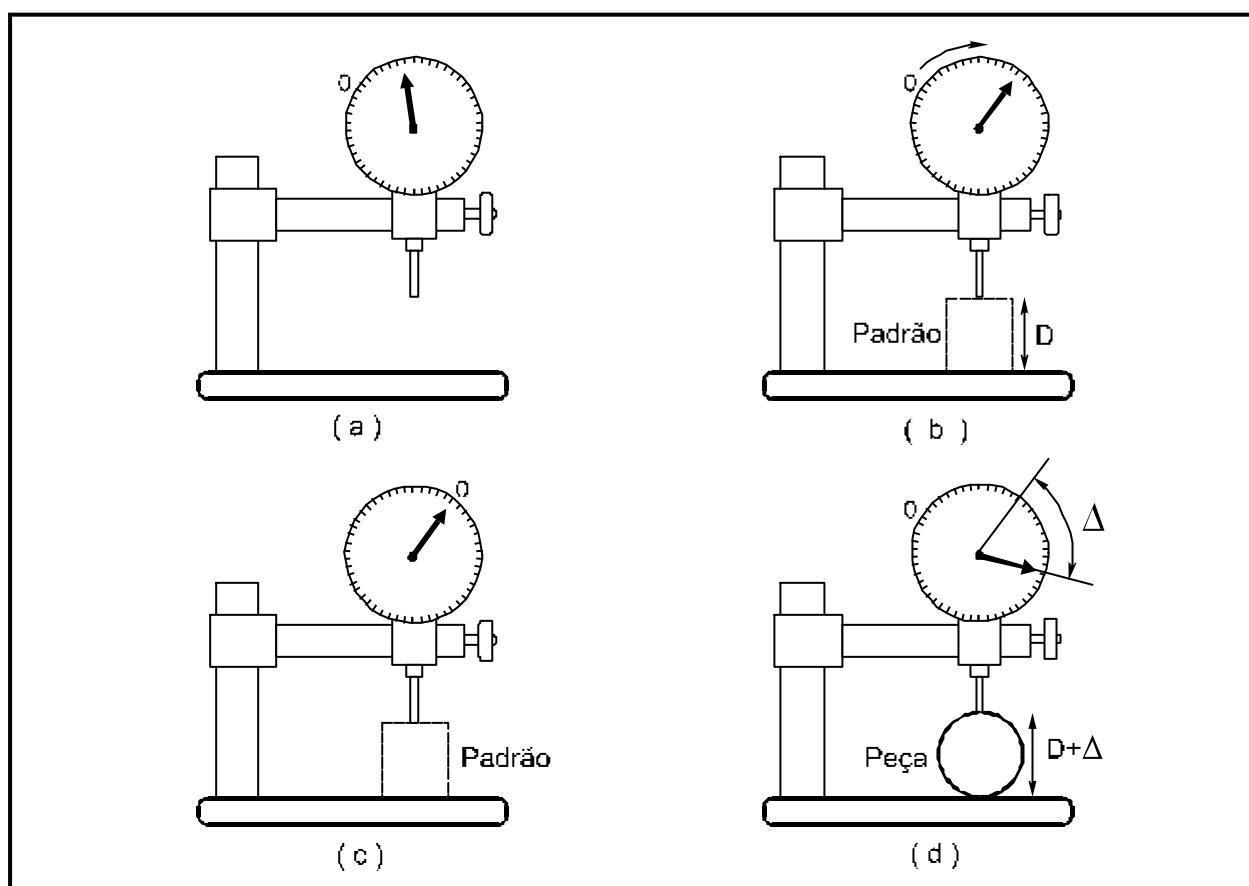
AAG - 10/97 - MCG 002

Figura 2.2 - Operação de Medição



AAG - 11/97 - MCG 003

Figura 2.3 - Operação de Medição



CA - 07/98 - AM 065

Figura 2.4 - Medição Diferencial

2.3 O Resultado de uma Medição

A indicação, obtida de um SM, é sempre expressa por meio de um número e a unidade do mensurando. O trabalho de medição não termina com a obtenção da *indicação*. Neste ponto, na verdade, inicia o trabalho do experimentalista. Ele deverá chegar à informação denominada: *resultado de uma medição*.

O resultado de uma medição (RM) expressa propriamente o que se pode determinar com segurança sobre o valor do mensurando, a partir da aplicação do SM sobre esta. É composto de duas parcelas:

- a) o chamado *resultado base* (RB), que corresponde ao valor central da faixa onde deve situar-se o valor verdadeiro do mensurando;
- b) e a *incerteza da medição* (IM), que exprime a faixa de dúvida ainda presente no resultado, provocada pelos erros presentes no SM e/ou variações do mensurando, e deve sempre ser acompanhado da unidade do mensurando. Assim, o resultado de uma medição (RM) deve ser sempre expresso por:

$$RM = (RB \pm IM) [\text{unidade}]$$

O procedimento de determinação do RM deverá ser realizado com base no:

- a) conhecimento aprofundado do processo que define o mensurando (o fenômeno físico e suas características);
- b) conhecimento do sistema de medição (características metrológicas e operacionais);
- c) bom senso.

No capítulo 6 são detalhados os procedimentos empregados para a determinação do RB e da IM a partir dos dados do SM, das características do mensurando e das medições efetuadas