

Métodos Estatísticos em Física Experimental

Compilação de termos e definições gerais de metrologia.

Os termos e definições apresentadas a seguir foram extraídos da 1ª edição brasileira do Guia para Expressão da Incerteza de Medições (conhecido como GUM, devido ao nome em inglês: *Guide to expression of Uncertainty in Measurements*) e da 1ª Edição Luso-Brasileira do Vocabulário Internacional de Metrologia (conhecido como VIM). Adaptações foram feitas no texto para remover comentários, referências internas e discussões que extrapolem os objetivos do curso. Esses e outros documentos relacionados à metrologia podem ser obtidos no site do INMETRO em

http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes_avulsas.asp



http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/gum_final.pdf

http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf

Trechos do GUM sobre os conceitos de medição, erro e incerteza:

O objetivo de uma **medição** é determinar o valor do mensurando, isto é, o valor da grandeza específica a ser medida. Uma medição começa, portanto, com uma especificação apropriada do mensurando, do método de medição e do procedimento de medição.

Em geral, o resultado de uma medição é somente uma aproximação ou estimativa do valor do mensurando e, assim, só é completo quando acompanhado pela declaração da incerteza dessa estimativa.

Na prática, o grau de especificação ou definição necessário para o mensurando é ditado pela exatidão de medição requerida. O mensurando deve ser definido com completeza suficiente relativa à exatidão requerida, de modo que, para todos os fins práticos associados com a medição, seu valor seja único.

(...)

Em geral, uma medição tem imperfeições que dão origem a um **erro** no resultado da medição. Tradicionalmente, um erro é visto como tendo dois componentes, a saber, um componente aleatório e um componente sistemático.

NOTA: Erro é um conceito idealizado e os erros não podem ser conhecidos exatamente.

O **erro aleatório** presumivelmente se origina de variações temporais ou espaciais, estocásticas ou imprevisíveis, de grandezas de influência. Os efeitos de tais variações, daqui para frente denominados efeitos aleatórios, são a causa de variações em observações repetidas do mensurando. Embora não seja possível compensar o erro aleatório de um resultado de medição, ele pode geralmente ser reduzido aumentando-se o número de observações; sua esperança ou valor esperado é zero.

(...)

O **erro sistemático**, assim como o erro aleatório, não pode ser eliminado, porém ele também, frequentemente, pode ser reduzido. Se um erro sistemático se origina de um efeito reconhecido de uma grandeza de influência em um resultado de medição, daqui para diante denominado como efeito sistemático, o efeito pode ser quantificado e, se for significativo com relação à exatidão requerida da medição, uma correção ou fator de correção pode ser aplicado para compensar o efeito. Supõe-se que, após esta correção, a esperança ou valor esperado do erro provocado por um efeito sistemático seja zero.

(...)

Supõe-se que o resultado de uma medição tenha sido corrigido para todos os efeitos sistemáticos reconhecidos como significativos e que todo esforço tenha sido feito para identificar tais efeitos.

(...)

A **incerteza** do resultado de uma medição reflete a falta de conhecimento exato do valor do mensurando. O resultado de uma medição, após correção dos efeitos sistemáticos reconhecidos, é ainda e tão somente uma estimativa do valor do mensurando oriunda da incerteza proveniente dos efeitos aleatórios e da correção imperfeita do resultado para efeitos sistemáticos.

(...)

Na prática, existem muitas fontes possíveis de incerteza em uma medição, incluindo:

- (a) definição incompleta do mensurando;
- (b) realização imperfeita da definição do mensurando;
- (c) amostragem não representativa – a amostra medida pode não representar o mensurando definido;
- (d) conhecimento inadequado dos efeitos das condições ambientais sobre a medição ou medição imperfeita das condições ambientais;
- (e) erro de tendência pessoal na leitura de instrumentos analógicos;
- (f) resolução finita do instrumento ou limiar de mobilidade;
- (g) valores inexatos dos padrões de medição e materiais de referência;
- (h) valores inexatos de constantes e de outros parâmetros obtidos de fontes externas e usados no algoritmo de redução de dados;
- (i) aproximações e suposições incorporadas ao método e procedimento de medição;
- (j) variações nas observações repetidas do mensurando sob condições aparentemente idênticas.

(...)

Erros grosseiros cometidos durante o registro ou análise de dados podem introduzir um erro desconhecido significativo no resultado de uma medição. Grandes

erros grosseiros podem geralmente ser identificados por uma revisão apropriada dos dados; já os pequenos erros grosseiros podem ser mascarados por variações aleatórias ou, até mesmo, aparecer como tais. Medidas de incerteza não são projetadas para levar em conta tais erros.

(...)

Comentário final do GUM sobre o procedimento de avaliação de incerteza de medições: **Embora este Guia proporcione uma metodologia para avaliar incertezas, ele não pode substituir o raciocínio crítico, a honestidade intelectual e a habilidade profissional. A avaliação de incerteza não é uma tarefa de rotina nem uma tarefa puramente matemática; ela depende de conhecimento detalhado da natureza do mensurando e da medição. A qualidade e utilidade da incerteza indicada para o resultado de uma medição dependem, portanto, em suma, da compreensão, análise crítica e integridade de todos aqueles que contribuem para o estabelecimento de seu valor.**

Alguns termos metrológicos apresentados no GUM e/ou no VIM:

Incerteza (de medição)

Parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos ao mensurando.

NOTA 1: O parâmetro pode ser, por exemplo, um desvio-padrão (ou um múltiplo dele), ou a metade de um intervalo correspondente a um nível da confiança estabelecido.(...)

Incerteza-padrão

Incerteza do resultado de uma medição expressa como um desvio-padrão.

Avaliação do Tipo A (de incerteza)

Método de avaliação de incerteza pela análise estatística de séries de observações.

Avaliação do Tipo B (de incerteza)

Método de avaliação de incerteza por outros meios que não a análise estatística de séries de observações.

Repetibilidade (de resultados de medições)

Grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo mensurando, efetuadas sob as mesmas condições de medição.

NOTA 1: Estas condições são denominadas condições de repetibilidade.

NOTA 2: Condições de repetibilidade incluem:

- mesmo procedimento de medição;*
- mesmo observador;*
- mesmo instrumento de medição, utilizado nas mesmas condições;*
- mesmo local;*
- repetição em curto período de tempo.*

(...)

Reprodutibilidade (de resultados de medições)

Grau de concordância entre os resultados das medições de um mesmo mensurando efetuadas sob condições modificadas de medição.

NOTA 1: Para que uma expressão da reprodutibilidade seja válida é necessário que sejam especificadas as condições modificadas.

NOTA 2: As condições modificadas podem incluir:

- princípio de medição; método de medição; observador; instrumento de medição; padrão de referência; local; condições de utilização; tempo.*

(...)

Erro (de medição)

Resultado de uma medição menos o valor verdadeiro do mensurando.

NOTA 1: Uma vez que o valor verdadeiro não pode ser determinado utiliza-se, na prática, um valor verdadeiro convencional. (...)

Erro aleatório

Resultado de uma medição menos a média que resultaria de um infinito número de medições do mesmo mensurando efetuadas sob condições de repetibilidade.

NOTA 1: Erro aleatório é igual a erro menos erro sistemático.

NOTA 2: Como somente um número finito de medições pode ser feito pode-se apenas determinar uma estimativa do erro aleatório.

Erro sistemático

Média que resultaria de um número infinito de medições do mesmo mensurando, efetuadas sob condições de repetibilidade, menos o valor verdadeiro do mensurando.

NOTA 1: Erro sistemático é igual ao erro menos o erro aleatório.

NOTA 2: Analogamente ao valor verdadeiro, o erro sistemático e suas causas não podem ser completamente conhecidos. (...)

Precisão (de medição)

Grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas.

NOTA 1: A precisão de medição é geralmente expressa numericamente por características como o desvio-padrão, a variância ou o coeficiente de variação, sob condições especificadas de medição.

Veracidade (de medição)

Grau de concordância entre a média dum número infinito de valores medidos repetidos e um valor de referência.

NOTA 1: A veracidade de medição não é uma grandeza e, portanto, não pode ser expressa numericamente. (...)

NOTA 2: A veracidade de medição está inversamente relacionada ao erro sistemático, porém não está relacionada ao erro aleatório.

NOTA 3: Não se deve utilizar o termo “exatidão de medição” no lugar de “veracidade de medição”.

Exatidão (de medição)

Grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro dum mensurando.

(...) NOTA 2: O termo “exatidão de medição” não deve ser utilizado no lugar de veracidade de medição, assim como o termo “precisão de medição” não deve ser utilizado para expressar exatidão de medição, o qual, contudo, está relacionado a ambos os conceitos. (...)