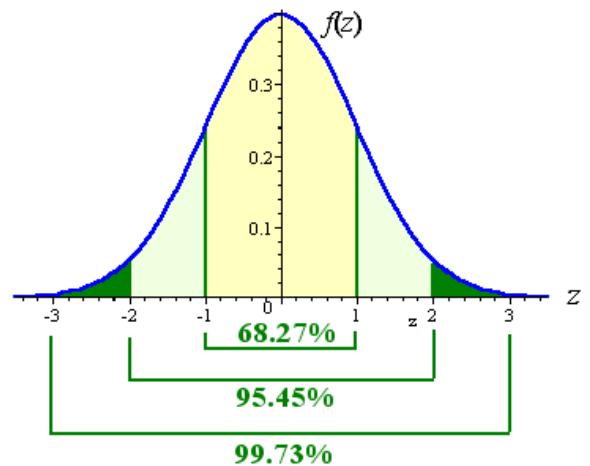


# Incerteza de Medição

Por Gilberto Carlos Fidélis

A palavra incerteza quando utilizada no nosso dia a dia não nos deixa muito confortáveis. Transmite uma sensação de insegurança.

No entanto, quando utilizada tecnicamente, ela tem um significado diferente.



## O que é Incerteza de Medição?

A incerteza de uma medição não é outra coisa senão a sua qualidade. É a *dúvida* que existe sobre o resultado de qualquer medição. Em metrologia, conhecer a incerteza de medição nos dá segurança. Ficamos inseguros sobre a qualidade do resultado quando não a conhecemos. Um resultado sem incerteza “é vago”.

A definição de incerteza de medição, segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia – VIM, item 3.9 é apresentada ao lado.

**Incerteza de Medição**  
Parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser fundamentalmente atribuídos a um mensurando.

Gostaríamos de chamar a atenção que o resultado de uma medição, calibração ou ensaio somente é considerado “completo” se a incerteza de medição estiver informada. Não é considerado resultado de uma medição se um relatório de medição informar que a temperatura do laboratório é 23,5°C. Por outro lado, se for reportado o valor (23,5±0,5)°C temos aqui um resultado de uma medição. O que muda entre uma informação e outra? A segurança da informação. Se o que dispomos é que a temperatura é 23,5°C provavelmente um metrologista experiente irá perguntar: qual a dúvida que temos nessa informação? A única resposta que podemos dar é que não sabemos. No caso do conhecimento da incerteza associada ao resultado, podemos concluir que a temperatura da sala está entre 23,0 e 24,0°C. É verdade que não conhecemos o valor da temperatura, mas sabemos com “uma certa segurança” que ela não fica fora dos limites 23,0 e 24,0°C.

## Como Caracterizar a Incerteza de Medição

Dois valores são necessários para caracterizar uma incerteza. Um é o intervalo. O outro é o nível de confiança ou probabilidade de abrangência, que estabelece o quão seguro estamos de que o “valor verdadeiro” está neste intervalo.

Exemplo.: Temperatura =  $(23,5 \pm 0,5)^\circ\text{C}$  com probabilidade de abrangência de 95%. O intervalo é o valor da incerteza propriamente dito, neste caso,  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ .

Como interpretar o resultado da medição acima? A temperatura exata não é conhecida. Podemos afirmar com 95% de probabilidade que a temperatura do laboratório está entre  $23,0$  a  $24,0^\circ\text{C}$ . Ainda existe aproximadamente 5% de probabilidade de que a temperatura esteja fora destes limites.

Duas observações importantes: o intervalo que define a incerteza é sempre simétrico e a incerteza de medição deve sempre ser acompanhada da probabilidade de abrangência. Sem esta última, o resultado fica ambíguo.

### Qual a Origem da Incerteza de Medição

Nenhuma medição é perfeita. Afinal, os padrões e instrumentos de medição não são perfeitos. Além disso, durante a realização de uma medição, é comum haver variação de temperatura, umidade e pressão atmosférica, vibração no piso e oscilação na tensão de alimentação da rede elétrica. Igualmente, o procedimento de medição não é perfeito e nós, executantes das medições, não conseguimos realizar as medições sempre da mesma forma. A figura 1 mostra algumas das principais fontes de incerteza.

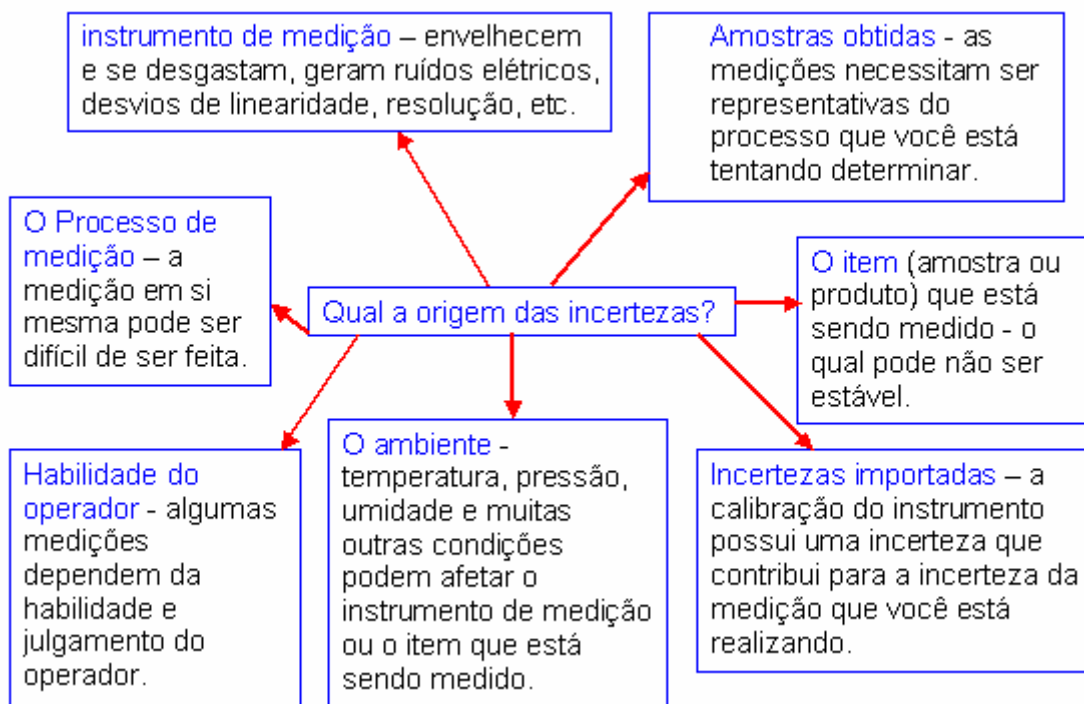


Figura 1. As principais fontes de incerteza de medição.

Medições repetidas apresentam variações nos resultados devido a estes fatores aleatórios. Outras fontes de incerteza devem-se às imperfeições nas correções realizadas nas medições devido aos efeitos sistemáticos. Uma correção devido à temperatura nunca é perfeita, da mesma forma que a correção devido a tendência do instrumento de medição não o é.

## Por que a Incerteza de Medição é Importante?

Como mencionando anteriormente a incerteza é uma indicação quantitativa da qualidade de um resultado. Ela nos ajuda a responder a questão: quão bem o resultado da nossa medição representa o valor da grandeza medida? Ela permite o usuário avaliar a confiabilidade do resultado, por exemplo na comparação de resultados de diferentes laboratórios em comparações interlaboratoriais.

Freqüentemente o resultado de uma medição é comparado com um valor definido de uma especificação técnica ou tolerância de um processo. Conforme a NBR ISO/IEC 17025 uma declaração de conformidade deve sempre levar em conta a incerteza de medição do resultado.

Analisaremos o caso de um laboratório de calibração de instrumentos de medição de grandezas elétricas. Normalmente estes laboratórios especificam a condição ambiental de temperatura, geralmente documentada em procedimento, como sendo  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ . Perceba que o valor da temperatura, segundo a especificação do laboratório, pode variar entre  $21^{\circ}\text{C}$  e  $25^{\circ}\text{C}$ . Se a temperatura estiver dentro destes limites o laboratório pode afirmar que a temperatura ambiente está conforme a especificação. Para avaliar a conformidade da temperatura ambiente em relação à especificação, medições devem ser realizadas. Na figura 2 temos 3 situações diferentes. No caso (a) o resultado da medição foi de  $(23,5\pm 0,5)^{\circ}\text{C}$  e está totalmente dentro da tolerância especificada definida pelo limite mínimo ( $21^{\circ}\text{C}$ ) e pelo limite máximo ( $25^{\circ}\text{C}$ ). O resultado da medição está representado graficamente na cor azul e os limites de tolerância em preto. Este é o caso em que existe atendimento a especificação. A situação (b) aponta para um caso interessante. O resultado da medição,  $(21,2\pm 0,5)^{\circ}\text{C}$  não está completamente dentro da tolerância e, portanto, não podemos concluir que realmente a temperatura ambiente está conforme. Veja que, se a incerteza do resultado da medição não fosse considerada, a conclusão seria de declarar a conformidade já que o valor  $21,2^{\circ}\text{C}$  está dentro da tolerância. O caso (c) é aquele onde não existe atendimento da especificação pois todo o resultado da medição ultrapassa o limite superior de  $25^{\circ}\text{C}$ .

Quando a incerteza não é levada em consideração ou se ela for demasiadamente grande comparativamente à tolerância, é grande a chance de erros de declaração de não conformidades acontecerem, aprovando-se resultados quando na verdade deveriam ser rejeitados, como é o caso (b) apresentado na figura 2, ou rejeitando-se resultados que na verdade seriam bons.

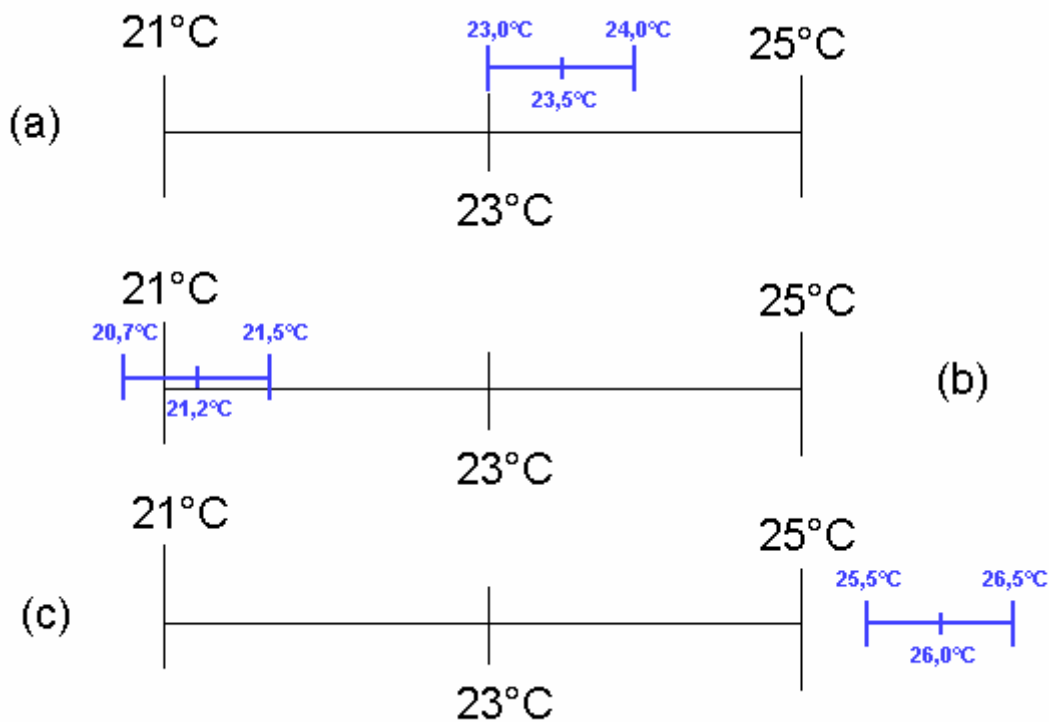


Figura 2. A importância da incerteza de medição na avaliação de conformidade.

### Documentos de Referência para a Avaliação da Incerteza de Medição

Até 1992 alguns laboratórios tinham fórmulas mágicas de avaliação de incerteza. Outros nada avaliavam. Visando uma padronização, a ISO e renomadas organizações internacionais publicaram o Guia para a Expressão da Incerteza de Medição, conhecido popularmente como ISO GUM.

Apesar de ter sido o playground de muitos estatísticos e metrologistas empolgados com a metodologia padronizada, o GUM ganhou adeptos no mundo inteiro, apesar de não ser um documento normativo. A metodologia é boa mas o documento é um convite ao sono pois didaticamente é terrível e cheio de exemplos puramente científicos. É possível comprar o GUM, versão em Português, no site do Inmetro.

O Inmetro disponibiliza gratuitamente no seu site a versão brasileira do documento de referência EA-4/02 – Expressão da Incerteza de Medição na Calibração.

Na área química destaca-se o documento do EURACHEM/CITAC – Determinando a Incerteza na Medição Analítica, que é bom para avaliar a incerteza quando temos casos de medição indireta, ou seja, aqueles em que o valor do mensurando é determinado através do uso de expressões matemáticas. Deixa a desejar com relação à avaliação de incerteza em medições diretas, aqueles casos em que o valor do mensurando é medido diretamente por um instrumento de medição, como por exemplo a medição de uma massa com uma balança, a medição da temperatura do ar com um termômetro, entre outros. O documento pode ser baixado diretamente da internet. O guia do EURACHEM



é muito mais amigável que os dois citados anteriormente pela sua boa forma didática de apresentar os conceitos e os exemplos.

A metodologia de avaliação de incerteza tem basicamente dois pontos chaves. Primeiro a pessoa que avalia a incerteza de medição de um determinado processo de medição, calibração e ensaio deverá conhecer em detalhes como o trabalho é realizado. A experiência neste caso é fundamental para que o executante possa “enxergar” as componentes de incerteza presentes. Portanto o primeiro passo fundamental é avaliar o processo e definir quais são as componentes de incerteza. O “esquecimento” de uma componente fundamental pode colocar todo o trabalho a deriva e inviabilizar completamente o resultado da medição. Recomenda-se que nesta etapa sejam realizadas discussões envolvendo especialistas ou outras pessoas com reconhecida competência no serviço que se deseja avaliar a incerteza. O segundo aspecto primordial é o domínio da metodologia de avaliação de incerteza. Conhecer e entender primeiro a metodologia é fundamental para o uso ou o desenvolvimento de “softwares” para desempenhar essa atividade. A experiência tem revelado que muitas empresas investem na compra de softwares de avaliação de incerteza. Nada contra, muito pelo contrário pois a economia de tempo é grande. Infelizmente, percebe-se a falta de conhecimento para “alimentar” esses softwares e o resultado final é catastrófico.

Gilberto Carlos Fidélis é Gerente de Capacitação do Departamento de Capacitação em Metrologia e Qualidade do Centro de Educação, Consultoria e Treinamento – CECT e é Gerente da Redação da Revista Metrologia e Qualidade ([gcfidelis@cect.com.br](mailto:gcfidelis@cect.com.br))