



MODELAGEM MATEMÁTICA DOS PROCESSOS DE MEDIÇÃO UTILIZANDO PAQUÍMETRO

Lucas Lopes Lemos; Monique Alves Franco de Moraes; Cláudio Costa Souza; Rosenda Valdés Arencibia

O paquímetro quadrimensional é um dos instrumentos mais utilizados no controle dimensional de peças devido principalmente à sua versatilidade. Ele possibilita a medição de dimensões externas, internas, ressalto e profundidades.

A idéia de incorporar um nônio a uma régua graduada constituiu um grande passo na evolução dos instrumentos de medição, possibilitando efetuar medições com resolução de até 0,02 mm. Porém, quando o cursor se desloca ao longo da régua estão presentes desvios angulares os quais influenciam o valor da indicação do paquímetro e a incerteza de medição. Isto torna o paquímetro um instrumento bastante vulnerável ao erro de Abbè, surgindo sempre como candidato em potencial quando necessário apresentar um exemplo de instrumentos que não obedecem este princípio.

A medição de dimensões externas é realizada por meio dos bicos, que contem as faces de medição para externos, enquanto as dimensões internas são medidas através das orelhas do instrumento, nas quais se encontram as superfícies de medição para internos. Os ressalto são medidos por meio das superfícies de medição para ressalto, enquanto as medições de profundidades são efetuadas utilizando-se a haste de profundidades.

Como o paquímetro apresenta desvios de forma e posição o processo de medição é afetado por algumas fontes de erros, que comprometem o resultado da medição. Assim sendo, a estimativa da incerteza se torna imprescindível com o intuito de assegurar a confiabilidade metrológica do processo. Porém, como o paquímetro quadrimensional possui quatro formas distintas de acesso à peça, é preciso conhecer as variáveis de influência para cada tipo de medição. Desta forma, o objetivo do presente trabalho é propor modelos matemáticos para o cálculo da incerteza de medição de diferentes características utilizando o paquímetro.

A metodologia aplicada consiste das seguintes etapas: estudo das características construtivas do paquímetro quadrimensional e das possíveis fontes de erro; identificação das variáveis que afetam os resultados de medição para cada caso e definição dos modelos matemáticos que melhor quantificam suas incertezas.

Para as medições de dimensões externas, compõem o modelo de incerteza a variabilidade das leituras L_M , a resolução do paquímetro R_M , as correções devido aos desvios de planeza das superfícies de medição para externos fixa $D_{PIExt(Fixa)}$ e móvel $D_{PIExt(Móvel)}$ e a correção devido ao desvio de paralelismo D_{PrExt} entre estas superfícies.

Os paquímetros não seguem as condições prescritas no princípio de Abbè. Existe uma folga causada pelo jogo do movimento do cursor bem como pela pressão da superfície de medição móvel contra a peça a ser medida. A NM 216 (2000) recomenda que durante a medição de características externas com paquímetro, a peça objeto de medição deve entrar em contato com a superfície de medição do paquímetro o mais próximo possível da régua.

Caso a temperatura de medição seja diferente de 20 °C, estipulada através da NBR NM-ISO 1 como temperatura padrão de referência para as medições industriais de comprimento, pode ser necessário considerar sua variação no modelo, juntamente com os coeficientes de expansão térmica linear dos materiais do instrumento α_I e da peça medida α_P . O modelo matemático para a estimativa da incerteza de medições de dimensões externas é apresentado pela Eq. 1.

$$C = L_M + R_M + D_{PIExt(Fixa)} + D_{PIExt(móvel)} + D_{PrExt} + L_M \cdot \Delta T \cdot (\alpha_P + \alpha_I) \quad (1)$$

Um caso particular de medição de dimensões externas é a medição da largura de um cordão de solda onde apenas as pontas dos bicos do paquímetro entram em contato direto com o cordão e, portanto, os desvios de planeza das superfícies de medição não afetam o resultado. O braço de Abbé, neste caso, não pode ser reduzido e o Erro de Abbé assume seu valor máximo. O modelo de incerteza é definido conforme a Eq. (2).

$$C = L_M + R_M + D_{PrExt} + L_M \cdot \Delta T \cdot (\alpha_p + \alpha_I) \quad (2)$$

O modelo para as medições de dimensões internas difere do anterior pelo fato de serem considerados os desvios de retitude das superfícies de medição para internos fixa $D_{Ret(Fixa)}$ e móvel $D_{Ret(Móvel)}$, além do desvio de paralelismo D_{PrInt} entre as faces de medição para internos. O modelo matemático para as medições internas é apresentado através da Eq. 3.

$$C = L_M + R_M + D_{Ret(Fixa)} + D_{Ret(móvel)} + D_{PrInt} + L_M \cdot \Delta T \cdot (\alpha_p + \alpha_I) \quad (3)$$

No caso das medições de ressaltos, deve-se considerar a variabilidade das leituras, a resolução do paquímetro e os efeitos térmicos, quando a temperatura for diferente de 20 °C. Também, pode ser incluída uma parcela (Outros) que represente as correções devido aos desvios de planeza das superfícies de medição de ressaltos fixa $D_{PIRes(Fixa)}$ e móvel $D_{PIRes(Móvel)}$ e a correção devido ao desvio de paralelismo D_{PrRes} entre as superfícies mencionadas. O modelo é então definido de acordo com a Eq. 4.

$$C = L_M + R_M + L_M \cdot \Delta T \cdot (\alpha_p + \alpha_I) + Outros \quad (4)$$

Da mesma forma pode ser definido o modelo para estimativa da incerteza associada à medição de profundidades (Eq. 5). Neste caso, (Outros) representa as correções devido ao desvio de planeza da superfície de medição de profundidade fixa $D_{PIProf(Fixa)}$ e a correção devido ao desvio de perpendicularidade $D_{PerpProf}$ entre a haste e a base da régua.

$$C = L_M + R_M + L_M \cdot \Delta T \cdot (\alpha_p + \alpha_I) + Outros \quad (4)$$

O operador deverá estipular um valor para (Outros) de acordo com seu conhecimento e experiência.

Pode-se concluir que, apesar da simplicidade do paquímetro, para cada característica medida deve ser adotado um modelo matemático apropriado.

A aplicação da metodologia recomendada pelo ISO GUM exige um amplo conhecimento a respeito do sistema de medição utilizado.

As fontes de incerteza encontradas para o paquímetro quadrimensional são basicamente a indicação do instrumento, a resolução, os desvios de forma e posição das superfícies de medição e o afastamento da temperatura ambiente em relação a 20 °C.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR NM 216: Paquímetros e paquímetros de profundidade – Características Construtivas e requisitos metrológicos, 2000. 15p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR NM-ISO 1: Temperatura padrão de referência para medições industriais de comprimento, 1997. 2p.
- INMETRO, Guia para Expressão da Incerteza de Medição, Rio de Janeiro, 3ª Edição Brasileira, 2003. 120p.
- INMETRO, Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia – VIM, 2007. 72p.
- ISO TAG 4/WG 3, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, Geneva Switzerland, 1993. 125p.
- SUGA, N. **Metrologia Dimensional: A Ciência da Medição**, São Paulo: Vox Editora, 2007.