

Análise de Incerteza de medição

Rugosidade R_a pelo método de Monte Carlo

Neste trabalho foi avaliado o Método do Monte Carlo aplicado a medição do parâmetro de rugosidade R_a em um tarugo obtido por torneamento cilíndrico externo de aço endurecido D6. Foram realizadas 5 medições no sentido do avanço de corte, com um rugosímetro TaylorHobson® modelo Surtronic-S128 mediante a rotação do tarugo em 72 ° entre cada aferição. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem – LEPU, e não foi aferido a temperatura ambiente.

Tabela 1. Valores da rugosidade R_a

Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Leitura 4	Leitura 5
0,73 μm	0,74 μm	0,77 μm	0,75 μm	0,77 μm

NOTA 1: O certificado de calibração utilizado nesse trabalho foi baseado no retirado do Anexo II da dissertação “Influência das condições de usinagem do brunimento flexível na rugosidade de cilindros de blocos de compressores herméticos”, de Leandro Carvalho Pereira, disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/18327>, acessado em 10 de outubro de 2021, apesar de ser do mesmo equipamento.

Mitutoyo
Mitsutoyo Sul Americana Ltda.

LABORATÓRIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N°. 15218/11

Pág.: 1 / 2

Cliente : " FUNDAÇÃO DE APOIO UNIVERSITÁRIO "
Endereço : Avenida Engenheiro Diniz, 1.178 - Uberlândia - MG

Ordem de serviço: 059.531

1 - Objeto Calibrado

PADRÃO DE RUGOSIDADE
Fabricante: Mitutoyo
Código: 178-604
N° de Série: 001031008
Valor Nominal: 0,38 μm RA
Valor Nominal: 2,94 μm RA
Identificação do proprietário: Não consta

2 - Padrões utilizados na Calibração:

Padrão de rugosidade
Número: 131809
Certificado N°. DIMCI 1752/2010 - INMETRO
Validade: 09/2013

3 - Procedimento de Medição: ICM-0077 Versão 1/0

O erro foi verificado comparativamente com padrão Mitutoyo e a leitura da indicação feita no aparelho

Condições de Medição:
Curso medido (L) = 4,5 mm Filtro = Gauss
Cut-off (Ac) = 0,8mm

Data da Calibração: 04 de Novembro de 2011
Data da Emissão: 07 de Novembro de 2011

Carlos Kazuo Shibata
Gerente do Depto. de Gestão da Qualidade

Mitutoyo
Mitsutoyo Sul Americana Ltda.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N°. 15218/11

Pág.: 2 / 2

4 - Resultado da Medição: O resultado é a média das medições.

Valor Nominal

N° Série

Posição	Ra (μm)	Rz (μm)	Rmax (μm)
1	0,37	1,41	1,45
2	0,40	1,67	1,81
3	0,39	1,48	1,58
4	0,38	1,54	1,49
5	0,37	1,43	1,48

Posição	Ra (μm)	Rz (μm)	Rmax (μm)
1	2,84	10,38	10,61
2	2,85	10,94	10,78
3	2,86	10,67	10,91
4	2,86	10,60	10,92
5	2,83	10,51	10,70

5 - Incerteza de Medição : U = 6%

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k= 2,65, o qual para uma distribuição t com Veff= 5 graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.

A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

6 - Nota : Temperatura ambiente (20,0 \pm 0,5)°C.

Calibração rugosímetro

Mensurando:

Rugosidade Ra (Ra)

Variáveis de entrada:

Variabilidade das leituras (\bar{x})

Resolução do rugosímetro (R_r)

Incerteza da calibração do rugosímetro (C_r)

Modelo matemático:

$$T = \bar{x} + \Delta R_r + \Delta C_r$$

Cálculo das incertezas padrões associados às variáveis de entrada:

Incerteza-padrão associada à variabilidade das leituras (avaliação tipo A):

Distribuição t-student

$$n - 1 = 5 - 1 = 4 \text{ graus de liberdade}$$

$$u(\bar{x}) = \sqrt{\frac{s^2}{n}} = \sqrt{\frac{(0,0179 \mu\text{m})^2}{5}} = 0,0080 \mu\text{m}$$

Resolução do termo-higrômetro (avaliação tipo B):

Distribuição retangular

Infinitos graus de liberdade

$$u(\Delta R_r) = \frac{R_r}{2 \cdot \sqrt{3}} = \frac{0,01 \mu\text{m}}{2 \cdot \sqrt{3}} = 0,0029 \mu\text{m}$$

Incerteza da calibração da temperatura do termo-higrômetro (avaliação tipo B):

Distribuição normal

5 graus de liberdade

$$u(\Delta C_r) = \frac{10 \% \cdot \bar{x}}{k_{C_r}} = \frac{10 \% \cdot 0,7520 \mu\text{m}}{2,65} = 0,0170 \mu\text{m}$$

Definir o número de interações

1 000 000 interações

Identificar as FDPs das variáveis de entrada

FDP Normal para:

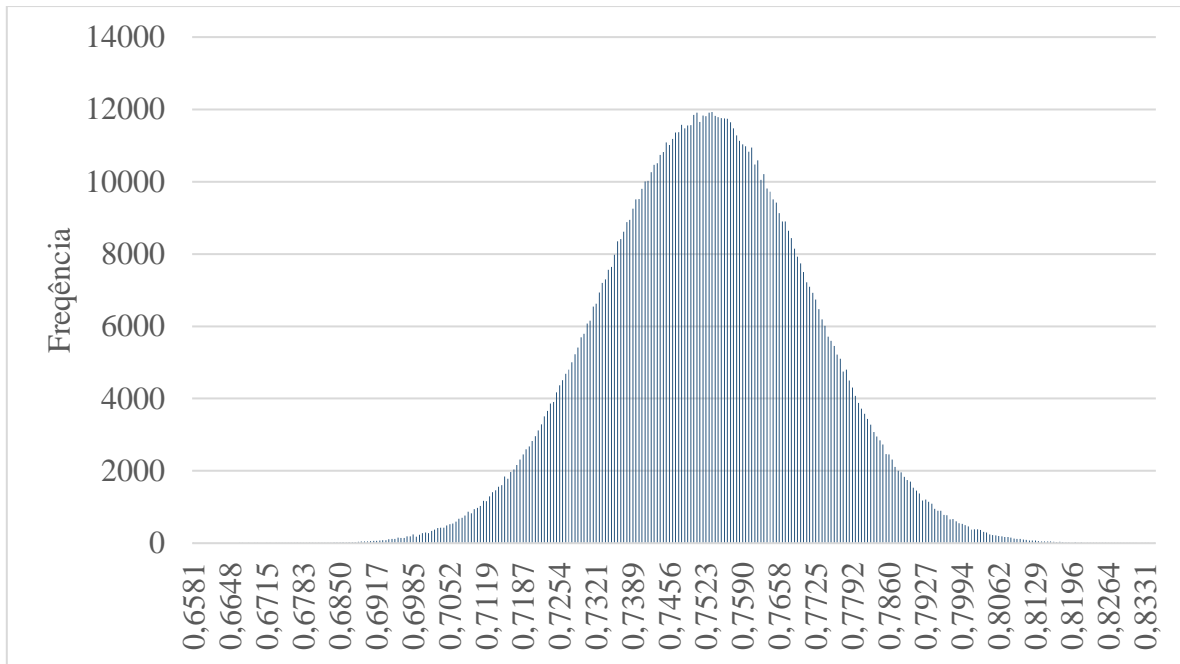
Variabilidade das leituras (\bar{x})

Incerteza da calibração do rugosímetro (C_r)

FDP Retangular para:

Resolução do rugosímetro (R_r)

Simulação de Monte Carlo feita por Excel



Média	0,7520 μm
Desvio padrão	0,0189 μm
Valor mínimo	0,6581 μm
Valor máximo	0,8353 μm
<i>Skewness</i>	-0,0021
<i>Kurtosis</i>	3,0022

Calcular a incerteza padrão associada à variável de saída

$$u(R_a) = s(R_{a,\text{simulado}}) = 0,0189 \mu\text{m}$$

Calcular a incerteza expandida associada à variável de saída

$$U(R_a) = 2 \cdot s = 2 \cdot 0,0189 \mu\text{m} = 0,0378 \mu\text{m}$$

Resultado da medição de rugosidade R_a

$$R_a = 0,75 \pm 0,4 \mu\text{m} \text{ para } k=2,00 \text{ e } 95,45 \% \text{ de probabilidade de abrangência}$$