

Avaliação de Sistemas de Medição

Walter Ponge-Ferreira *

2019

1 Introdução

Com a *Avaliação do Sistemas de Medição* pretende-se avaliar se a *precisão de medição* é adequada para avaliar a variabilidade do processo nos *Gráficos de Controle Estatístico do Processos* e na *Análise de Capacidade e Desempenho de Processos*.

A variabilidade total observada nos resultados de um conjunto de medições em n peças, decorre da variabilidade inerente das peças, devido à variabilidade do processo, mas também depende da variabilidade decorrente da incerteza de medição.

A variabilidade do processo é também conhecida por *incerteza irreduzível*, dado que decorre da variabilidade própria do processo de fabricação. A variabilidade decorrente da medição é parte da *incerteza epistemológica*, pois decorre da limitação em determinar o valor verdadeiro do mensurando.

A variabilidade de medição é composta de duas parcelas, a primeira deve-se à repetitividade, ou seja, a dispersão nas medições quando são mantidos fixos todos os fatores de medição (equipamento, operador, calibração, condições ambientes e em prazos curtos intervalos entre medições). A segunda parcela deve-se à reprodutibilidade, ou seja, a dispersão nas medidas provocadas pela variação de alguns ou todos os fatores de medição.

$$\sigma_{total}^2 = \sigma_{proc}^2 + \sigma_{med}^3 \quad (1)$$

$$\sigma_{proc}^2 = \sigma_{total}^2 - \sigma_{med}^3 \quad (2)$$

* e-mail: ponge@usp.br / Cel.: (11) 97244-0900

$$\text{Variabilidade Total} \left\{ \begin{array}{l} \text{Variabilidade devido ó Medição} \\ \text{Variabilidade do Processo} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Repetitividade} \\ \text{Reprodutibilidade} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Fator} \\ \text{Interação} \end{array} \right\}$$

Figura 1: Composição da variabilidade total

A variância total σ_{total}^2 é estimada a partir da variância amostral do total de medições realizadas:

$$\hat{\sigma}_{total}^2 = \frac{1}{n \cdot m \cdot r - 1} \sum_{i=1}^{n \cdot m \cdot r} \left(x_i - \bar{\bar{X}} \right)^2 \quad (3)$$

onde n é o número de itens medidos, m o número de níveis do fator variado, e.g., número de operadores e r o número de repetições da mesma medição.

1.1 Variabilidade da Medição

$$\hat{\sigma}_{med} = \sqrt{\hat{\sigma}_{repe}^2 + \hat{\sigma}_{repro}^2} \quad (4)$$

1.1.1 Repetitividade

$$\hat{\sigma}_{repe} = \frac{\bar{\bar{R}}}{d_2(r)} \quad (5)$$

1.1.2 Reprodutibilidade

$$\hat{\sigma}_{repro}^2 = \sqrt{\left(\frac{R_{\bar{\bar{X}}}}{d_2(m)} \right)^2 - \frac{\hat{\sigma}_{repe}^2}{n \cdot r}} \quad (6)$$

onde:

$$R_{\bar{\bar{X}}} = \bar{\bar{X}}_{max} - \bar{\bar{X}}_{min}$$

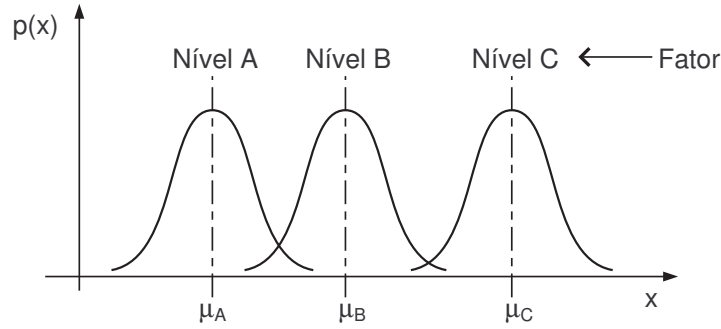


Figura 2: Efeito dos níveis do fator sobre a reprodutibilidade

1.1.3 Índice RR

A estimativa da capacidade do sistema de medição pode ser quantificada pelo *Índice RR*, dado por:

$$R_{R\&R} = 6 \hat{\sigma}_{med} = 6 \sqrt{\hat{\sigma}_{repe}^2 + \hat{\sigma}_{repro}^2} \quad (7)$$

2 Avaliação do Sistema de Medição

A avaliação do sistema de medição pode ser feita por dois critérios: pelo Fração de Tolerância, que compara a incerteza de medição com a largura da faixa de tolerâncias, ou pelo Fração da variabilidade total, que compara a incerteza de medição com a variabilidade total observada.

Fração de Tolerância: A *Fração de Tolerância* é indicada para avaliar a capacidade de medição para a *Análise de Capacidade e Desempenho de Processos*, pois nesse caso compara-se a incerteza de medição (σ_{med}) com a largura da faixa de tolerâncias ($LSE - LIE$).

$$F_T = \frac{R_{R\&R}}{LSE - LIE} = \frac{6 \hat{\sigma}_{med}}{LSE - LIE} \quad (8)$$

Fração da variabilidade total I_{RR} : A *Fração da variabilidade total* é indicada para avaliar a capacidade de medição para o *Controle Estatístico de Processos*, pois nesse caso compara-se a incerteza de medição (σ_{med}) com a variabilidade total observada (σ_{total}).

$$I_{RR} = \frac{\hat{\sigma}_{med}}{\hat{\sigma}_{total}} \quad (9)$$

% I_{RR}	Classificação
$I_{RR} \leq 10\%$	Adequado
$10 < I_{RR} \leq 30\%$	Aceitável, dependendo da aplicação e custo.
$I_{RR} > 30\%$	Inadequado.

Tabela 1: Avaliação de Sistema de Medição quanto ao I_{RR}