

Questão 1 – Engenharia da Qualidade (2 pontos)

Construir um diagrama de relações para organizar as diversas filosofias e estratégias da *Engenharia da Qualidade*, indicando o parentesco entre elas e suas principais características.

Questão 2 – Filosofias da Qualidade (2 pontos)

Escolha um dos conceitos a seguir e explique-o (defina, exemplifique, descreva, contextualize, apresente suas principais características):

- (i) Kaizen
- (ii) Produção Enxuta
- (iii) Indústria 4.0

Questão 3 – Incerteza de Medição (2 pontos)

Para avaliar a incerteza da medida do comprimento de uma peça de vidro pyrex segundo procedimento do ISO GUM foi realizada uma série de medidas com um paquímetro. Da série de $n = 6$ medidas foi obtido o valor médio $\bar{x} = 20,2\text{mm}$ e o desvio padrão $s = 0,2\text{mm}$. Durante as medições a peça e o paquímetro encontravam-se em equilíbrio térmico à temperatura de $25,0^\circ\text{C} \pm 0,2^\circ\text{C}$. Sabe-se que o paquímetro foi calibrado à temperatura de $19,0^\circ\text{C} \pm 0,2^\circ\text{C}$.

A expressão da dilatação térmica linear, para pequenas variações de temperatura, é dada por:

$$L = L_0 + \alpha L_0 (T - T_0)$$

onde L e L_0 são os comprimentos nas temperaturas T e T_0 , e α é o coeficiente linear de dilatação térmica do material, cujo valor vale $\alpha_{\text{inox}} = 18,0 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ para o aço inoxidável e $\alpha_{\text{pyrex}} = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ para o vidro pyrex.

Pede-se:

- a) Com base nas informações fornecidas sobre o efeito da temperatura, qual tipo de incerteza de medição do comprimento da peça é possível estimar, i.e., estimação de incerteza tipo A ou tipo B? Justifique!
- b) Qual é a contribuição dessa fonte de incerteza, i.e., efeito da temperatura, para a incerteza de medição do comprimento? Calcule a incerteza padrão dessa fonte de incerteza considerando que a estimativa da incerteza da temperatura foi obtida pelo procedimento do ISO GUM com um nível de confiança de 95%.
- c) Considerando somente essa fonte de incerteza, quanto vale o coeficiente de abrangência k para um nível de confiança de 95% e quanto vale a incerteza expandida.
- d) Exprima o valor da medida e sua incerteza de medição conforme ISO GUM.

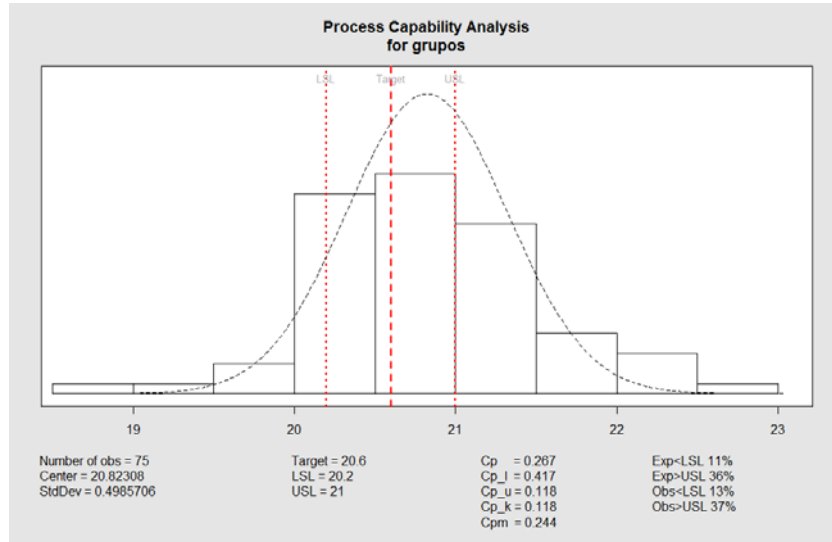
Distribuição t-Student com 95% de grau de confiança

$v = n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	50	80	∞
k	12,71	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23	2,09	2,04	2,01	1,99	1,96

PARA DIVULGAÇÃO PÚBLICA

Questão 4 – Desempenho e Capacidade de Processo (2 pontos)

Foi avaliada a capacidade de um processo de produção de bolinhas de acrílico para *Jogo de Bingo* de tamanho nº 2. No gráfico abaixo são apresentados os resultados da análise:



Sabe-se que o diâmetro das bolinhas desse processo apresentam um desvio padrão de $\sigma = 0,50 \text{ mm}$. Pede-se:

- Quanto valem os limites de especificação do processo?
- Qual é a proporção de bolinhas que atendeu à especificação (process yield)? Qual é a estimativa da proporção de bolinhas do processo que atende à especificação?
- Quanto valem os índices de capacidade do processo e que eles significam?
- Quanto valem os índices de desempenho do processo e que eles significam?

São fornecidas as seguintes expressões:

$$\hat{p} = \frac{n_C}{n} = 1 - \frac{n_{NC}}{n}$$

$$\hat{\sigma}_{LT} = s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$\hat{\sigma}_{ST} = \frac{\bar{S}}{c_4}$$

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{LT}}$$

$$P_{pkU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma_{LT}}$$

$$P_{pkL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma_{LT}}$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{ST}}$$

$$C_{pkU} = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma_{ST}}$$

$$C_{pkL} = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma_{ST}}$$

e a seguinte tabela:

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c ₄	0,7979	0,8862	0,9213	0,9400	0,9515	0,9594	0,9650	0,9693	0,9727

PARA DIVULGAÇÃO PÚBLICA

Questão 5 – Inspeção por amostragem (2 pontos)

Um lote de 3.000 peças deve ser inspecionado por amostragem.

Deseja-se que:

- i. O lote tenha no máximo $p_o = 1\%$ peças defeituosas (não conformes).
- ii. Se o lote satisfaz à especificação, o comprador deseja limitar a 5% a probabilidade de concluir que o lote é insatisfatório.
- iii. Se o lote tiver até 5% de peças defeituosas, tal fato não causa grande preocupação, porém deseja-se que tal fato seja identificado com pelo menos 90% de probabilidade.

Adotou-se uma inspeção por amostragem simples com critério de aceitação de até 1 peça defeituosa por amostra aleatória de tamanho $n = 10$. Considere que a distribuição de probabilidade do número de peças defeituosas por amostra possa ser modelada pela distribuição Binomial.

Pede-se:

- a) Para as condições desejadas, quais seriam os valores do risco do produtor α e do risco do consumidor β ?
- b) Para o procedimento de amostragem adotado, esboçar a Curva Característica de Operação – CCO, i.e., a probabilidade de aceitação do lote em função da proporção de peças defeituosas no lote. Indique o nível de qualidade aceitável – AQL e o tolerância para porcentagem de defeitos do lote – LTPD.
- c) Segundo essa CCO, qual é a probabilidade de aceitação de um lote que tenha 1% de peças defeituosas? E qual é a probabilidade de aceitação de um lote que tenha 5% de peças defeituosas?
- d) Analisando a Curva Característica de Operação, verifique se o plano de amostragem adotado consegue atender ao critério de aceitação desejado? Justifique. Caso você julgue que o critério não seja adequado, deve-se aumentar ou reduzir o tamanho da amostra n e o número de aceitação Ac ?

Obs.: Na distribuição Binomial a probabilidade de se obter k sucessos é dada por:

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

onde n é o número de Testes de Bernoulli independentes com probabilidade de sucesso p constante.

PARA DIVULGAÇÃO PÚBLICA