

Questão 1 – Engenharia da Qualidade (2 pontos)

Uma empresa experimenta um crescimento vertiginoso na produção de bens tecnológicos. Nessa expansão surgem diversos problemas de qualidade em função do aumento substancial na escala de produção. Os problemas são detectados ao longo do fluxo da produção e também pelo principal cliente, que anda insatisfeito. A empresa não tem um sistema da qualidade formalmente implantado, baseia-se somente na experiência adquirida pelos funcionários da produção na fase inicial de produção em baixa escala, quando não haviam problemas de qualidade. A liderança da empresa está comprometida com o crescimento e faturamento da empresa, dedicando pouca atenção às questões da qualidade.

Você é contratado para propor uma estratégia para solucionar o problema, pede-se:

- a) Propor uma estratégia de implementação de um sistema de controle estatístico da qualidade para ser implantado gradativamente nessa empresa.
- b) Construir um fluxograma para representar as diversas etapas da implementação do sistema da qualidade, a sequência de adoção das ferramentas da qualidade e os pontos de controle da implementação do sistema da qualidade.
- c) Fazer uma argumentação crítica, defendendo e justificando a estratégia proposta.

Questão 2 – Filosofias da Qualidade (2 pontos)

Escolha um (e somente um) dos conceitos a seguir e explique-o (identifique claramente qual é o conceito escolhido, defina, exemplifique, descreva, contextualize, apresente suas principais características):

- (i) PDCA versus DMAIC
- (ii) Ferramenta *Poka-Yoke*
- (iii) FMEA
- (iv) Análise de risco
- (v) Árvore de falhas
- (vi) *Lean Manufacturing*
- (vii) Qualidade na Indústria 4.0
- (viii) Estudo de caso

Questão 3 – CEP e Capacidade de Processo (2 pontos)



Figura 1 - Bico Dosador para uso Médico

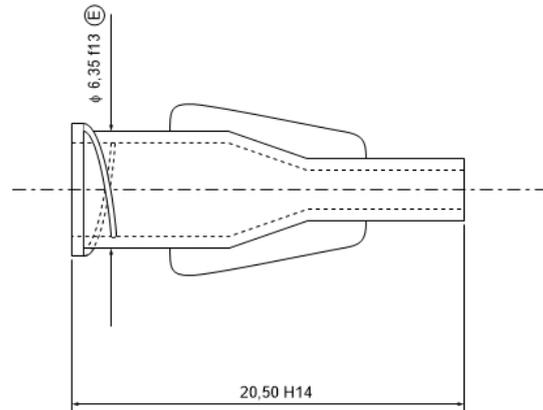


Figura 2 - Dimensões dos Bicos Dosadores

Uma linha de injeção de peças para equipamentos médicos produz bico plástico para aplicação de líquidos, conforme pode ser visto na Figura 1. Os bicos têm as principais dimensões mostradas na Figura 2.

Para analisar a produção, foram tiradas $k = 80$ amostras de tamanho $n = 4$ de turnos consecutivos da produção, totalizando 320 peças analisadas. Foram feitas medições do diâmetro das peças no local previsto para encaixe no equipamento. Essa dimensão é crítica para qualidade do produto, visto que o ajuste está ligado à facilidade de troca da peça descartável e quando inadequado pode produzir vazamento.

A especificação dimensional dessa medida é dada por $\phi 6,35 f13 E$, i.e., diâmetro nominal 6,35 mm, com limite inferior da tolerância $e_i = -233 \mu m$ e limite superior da tolerância $e_s = -13 \mu m$.

Os gráficos de controle são mostrados na Figura 3 e Figura 4. A avaliação de capacidade do processo é mostrada na Figura 5.

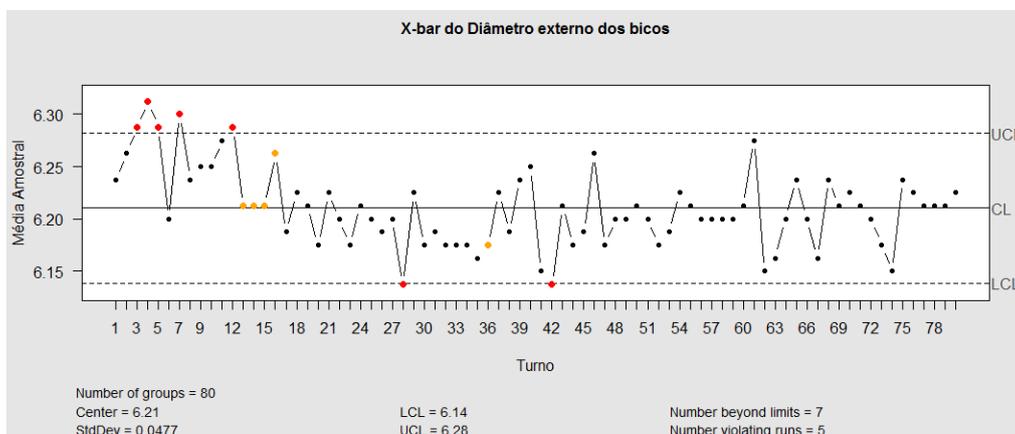


Figura 3 - Gráfico de Controle da Média

PME-3463 Introdução à Qualidade
 Prof. Walter Ponge-Ferreira
 1ª Prova – 24/06/2019 - Duração: 120 minutos

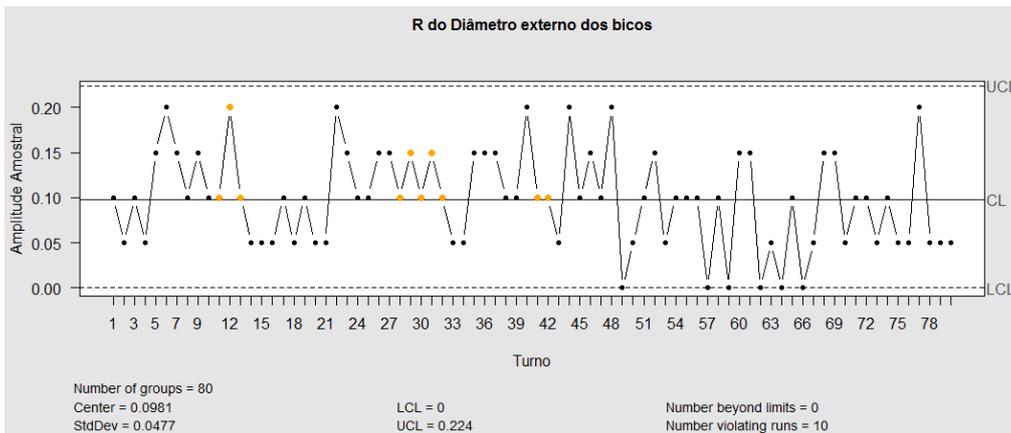


Figura 4 - Gráfico de Controle da Amplitude

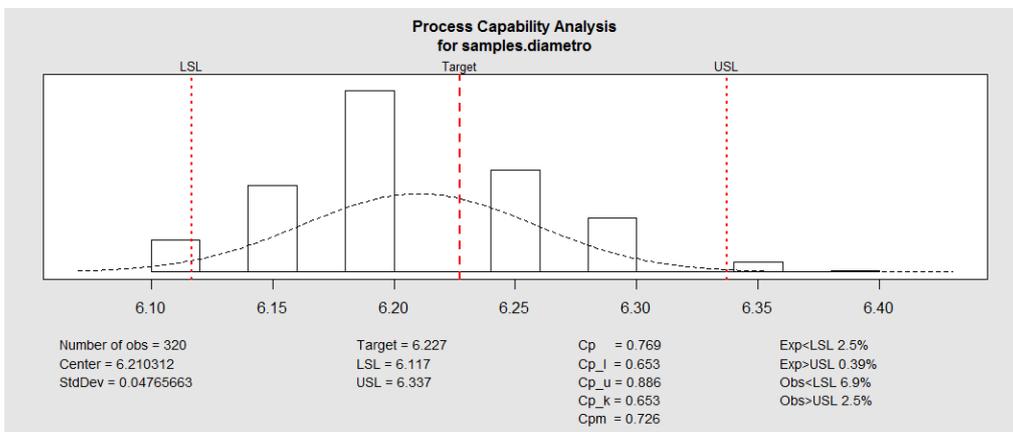


Figura 5 Avaliação de Capacidade do Processo

Sabe-se que o diâmetro externo dos bicos desse processo de fabricação apresentam um desvio padrão de $\sigma = 50 \mu m$. Pede-se:

- Quais são os valores dos limites de especificação do processo?
- Quais são os valores para $CL_{\bar{x}}$, $UCL_{\bar{x}}$ e $LCL_{\bar{x}}$ da carta de controle da média?
- Quais são os valores para CL_R , UCL_R e LCL_R da carta de controle da amplitude?
- Quanto valem os índices de capacidade do processo e que eles significam?
- O que é possível dizer sobre a estabilidade do processo? Justifique!
- O que é possível dizer sobre a capacidade e o desempenho do processo? Justifique!

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

Questão 4 – Avaliação de Sistemas de Medição – R&R (2 pontos)

Para avaliar a capacidade de medição do diâmetro interno dos anéis foram selecionados aleatoriamente dez anéis de aço. O diâmetro de cada anel foi medido duas vezes, refazendo as medições por três instrumentos de medição diferentes. Ao final foram totalizadas 60 medições do mensurando. Na Tabela 1 são apresentadas as médias e as amplitudes amostrais de duas medidas do diâmetro interno das dez peças realizadas com os três instrumentos de medição.

Tabela 1- Médias e amplitudes de duas repetições de cada mensurando (mm)

Peça	Instrumento 1		Instrumento 2		Instrumento 3	
	X _{med}	R	X _{med}	R	X _{med}	R
1	20,85	0,70	21,48	0,75	20,50	1,00
2	20,40	0,80	20,83	0,55	20,60	0,80
3	20,10	0,20	20,28	0,45	20,10	0,00
4	20,45	0,10	20,50	0,10	20,65	0,30
5	20,50	0,40	20,65	0,20	20,45	0,10
6	21,60	1,20	21,38	0,05	21,15	0,70
7	20,00	0,40	20,10	0,30	19,95	0,10
8	20,55	0,10	20,78	0,05	20,50	0,40
9	20,30	0,40	19,85	0,30	19,65	0,30
10	20,05	0,10	20,53	0,45	19,95	0,10
Médias	20,48	0,44	20,64	0,32	20,35	0,38

Pede-se:

- a) Estimar a variância total das medições, σ_{total}^2 .
- b) Estimar a variância de repetitividade do processo de medição, σ_{repe}^2 .
- c) Estimar a variância de reprodutibilidade do processo de medição, σ_{repro}^2 .
- d) Estimar a variância inerente à medição, σ_{med}^2 .
- e) Estimar a variância do processo de fabricação, $\sigma_{processo}^2$.
- f) Estime o índice R&R do processo de medição.

São fornecidas as seguintes expressões:

$$\sigma_{total}^2 = \sigma_{processo}^2 + \sigma_{med}^2$$

$$\sigma_{med}^2 = \sigma_{repe}^2 + \sigma_{repro}^2$$

$$\hat{\sigma}_{repe} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$\hat{\sigma}_{repro} = \sqrt{\left(\frac{R_{\bar{x}}}{d_2}\right)^2 - \frac{(\hat{\sigma}_{repe})^2}{nr}}$$

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

$$R\&R = 6\hat{\sigma}_{med}$$

$$\%R\&R = \frac{R\&R}{6\hat{\sigma}_{total}} 100$$

$$\hat{\sigma}_{total} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^o \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r (X_{ijk} - \bar{\bar{X}})^2}{onr - 1}}$$

e a seguinte tabela:

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d ₂	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Questão 5 – Projeto Estatístico de Experimento (2 pontos)

Foram realizados ensaios de resistência em juntas soldadas para avaliar o melhor tratamento a ser utilizado. Foram estudados dois métodos de resfriamento, em água e em óleo. Também foi estudado o efeito do teor de antimônio no material da solda, com três porcentagens em peso, 3%, 5% e 10%. Cada tratamento foi replicado três vezes. Os resultados dos ensaios são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados de Ensaio de Resistência das Juntas Soldadas

Tratamento	Resfriamento A	% antimônio B	Limite de Resistência			Média ȳ (kN)	Desvio Padrão s _y (kN)
			Y (kN)				
1	água	3	18,6	19,5	19,0	19,033	0,451
2	água	5	22,3	19,5	20,5	20,767	1,419
3	água	10	15,2	17,1	16,6	16,300	0,985
4	óleo	3	20,0	20,9	20,4	20,433	0,451
5	óleo	5	20,9	22,9	20,6	21,467	1,250
6	óleo	10	16,4	19,0	18,1	17,833	1,320

Em primeiro lugar foi estudado o comportamento estatístico dos resultados dos ensaios. Com base nos 18 ensaios realizados, construíram-se os gráficos da Figura 6 e Figura 7.

PME-3463 Introdução à Qualidade
Prof. Walter Ponge-Ferreira
1ª Prova – 24/06/2019 - Duração: 120 minutos

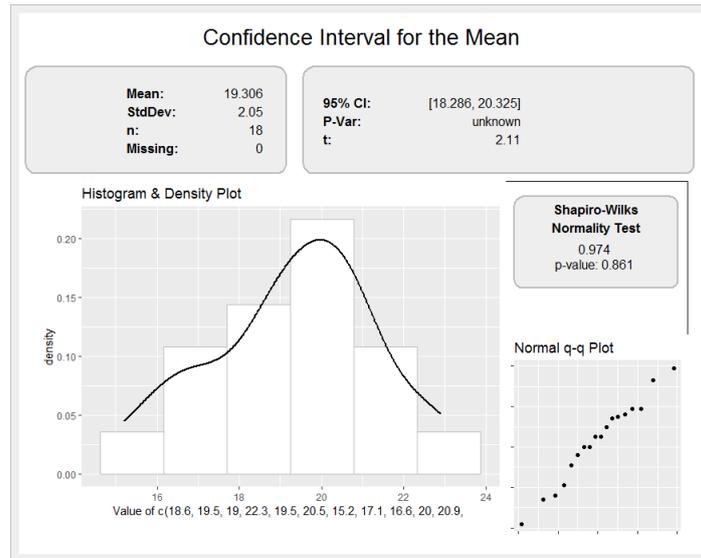


Figura 6 - Análise dos Resultados de Resistência das Juntas Soldadas

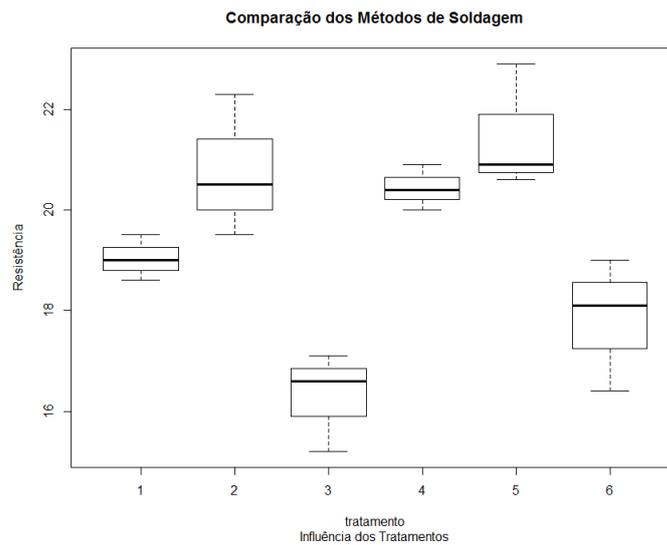


Figura 7- Comparação dos Seis Tratamentos

Em seguida foi estudado o efeito do método de resfriamento, nesse estudo obtiveram-se os resultados mostrados na Tabela 3 e nos gráficos da Figura 8.

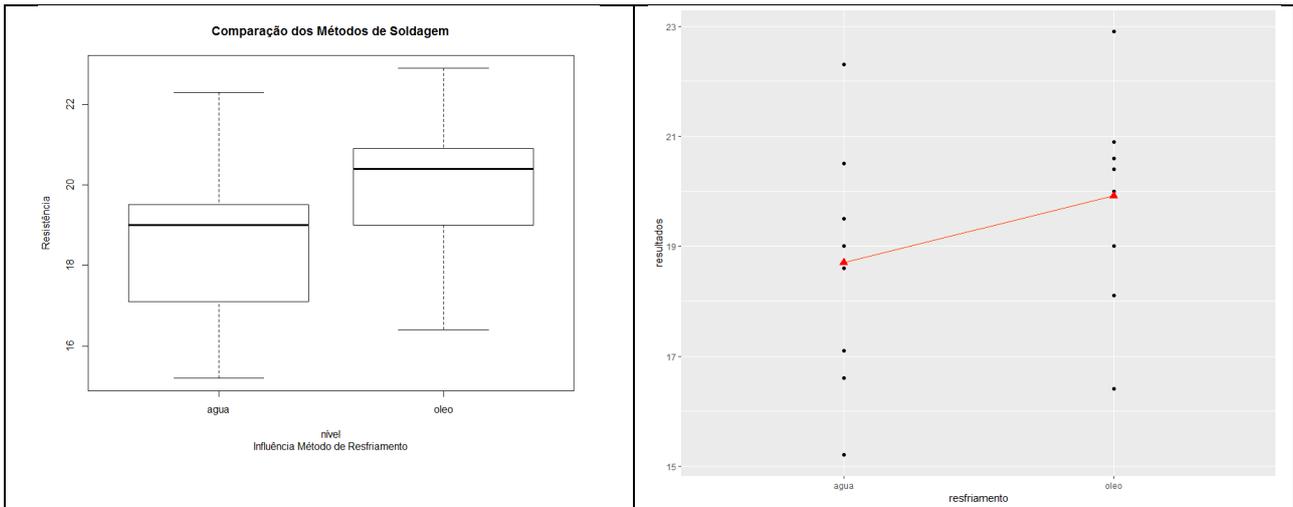


Figura 8- Comparação dos Métodos de Resfriamento

Tabela 3 - Teste de Hipóteses de Comparação de Duas Médias

welch Two sample t-test	
data: dados.agua and dados.oleo	
t = -1.2761, df = 15.714, p-value = 0.2204	
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0	
95 percent confidence interval:	
-3.2259701 0.8037479	
sample estimates:	
mean of x mean of y	
18.70000	19.91111

Com base no estudo realizado pede-se:

- Quantos fatores, níveis e replicações foram utilizados nos ensaios? Quais foram os níveis e os fatores?
- Considerando-se o resultado das 18 medições, expresse o valor da resistência da junta soldada segundo procedimento do ISO GUM.
- Qual o principal efeito do fator resfriamento no resultado do ensaio?
- Da análise realizada, foi possível verificar se existe interação entre os fatores estudados? Justifique!
- Há evidência de que o método de resfriamento tem efeito sobre a resistência da junta soldada? Justifique!