

Questão 1 – Engenharia da Qualidade (2 pontos)

Uma empresa é líder de mercado na produção de bens duráveis corporativos. Por cultura e tradição da liderança da empresa ela adota práticas e critérios exigentes na produção, de maneira que seus produtos são de excelente qualidade. Entretanto, visando a redução dos custos de produção pretende-se adquirir parte dos seus componentes do mercado, alterando sua estrutura vertical de produção. Adicionalmente a empresa pretende obter a acreditação do seu sistema de gestão da qualidade.

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

- Propor uma estratégia de implementação de um sistema de controle estatístico da qualidade para ser implantado gradativamente nessa empresa.
- 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.
- 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):

- PDCA versus DMAIC
- Ferramenta *Poka-Yoke*
- FMEA
- Análise de risco
- Árvore de falhas
- Lean Manufacturing*
- Qualidade na Indústria 4.0
- Estudo de caso

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



Figura 1 Bico Dosador para uso Médico

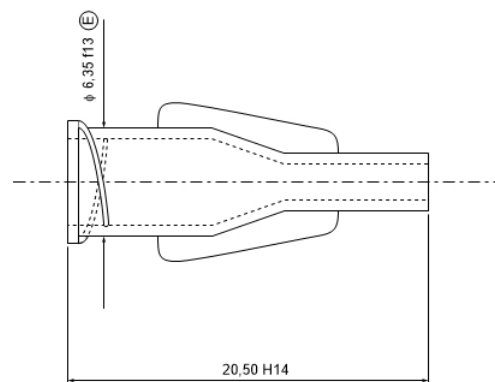


Figura 2 Dimensões dos Bicos Dosadores

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 comprimento das peças. Essa dimensão é crítica para qualidade do produto, visto que quando inadequado pode não sugar completamente o conteúdo da amostra líquida.

A especificação dimensional dessa medida é dada por $20,50H14$, i.e., comprimento nominal $20,50\text{ mm}$, com limite inferior da tolerância $e_i = 0\text{ }\mu\text{m}$ e limite superior da tolerância $e_s = +520\text{ }\mu\text{m}$.

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

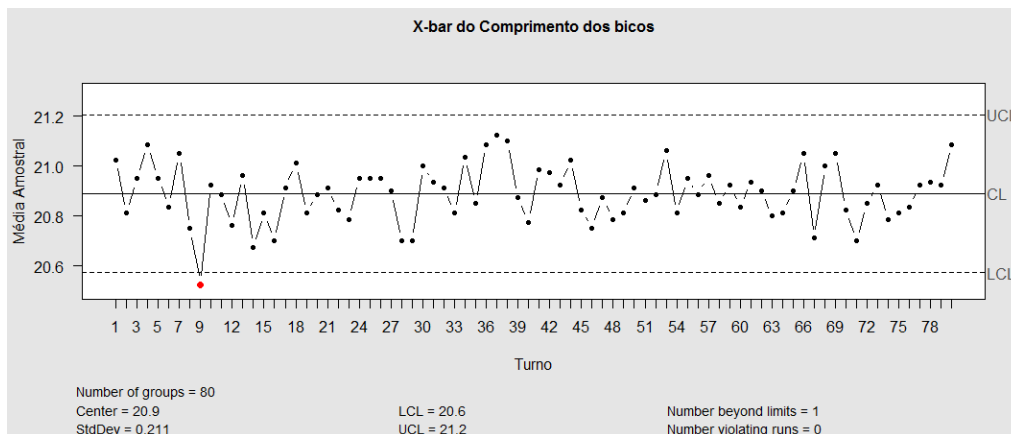


Figura 3 Gráfico de Controle da Média

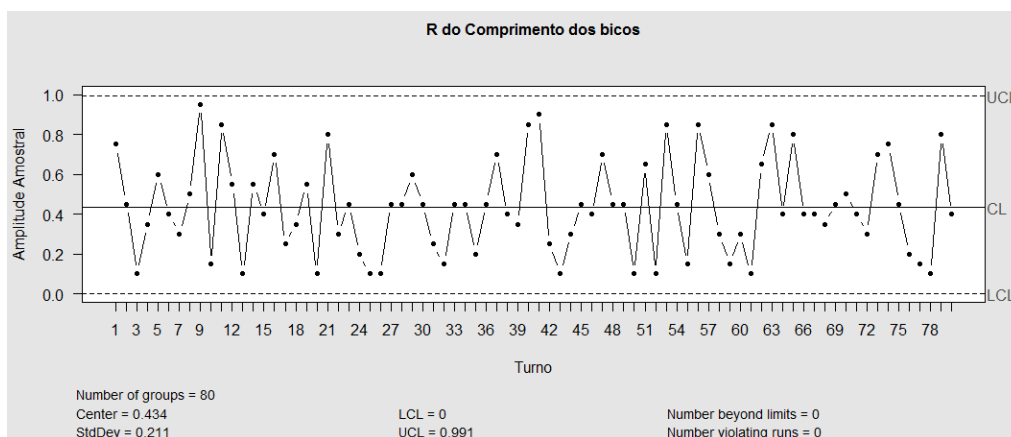


Figura 4 Gráfico de Controle da Amplitude

PME-3463 Introdução à Qualidade
 Prof. Walter Ponge-Ferreira
 1ª Prova – 25/06/2019 - Duração: 120 minutos

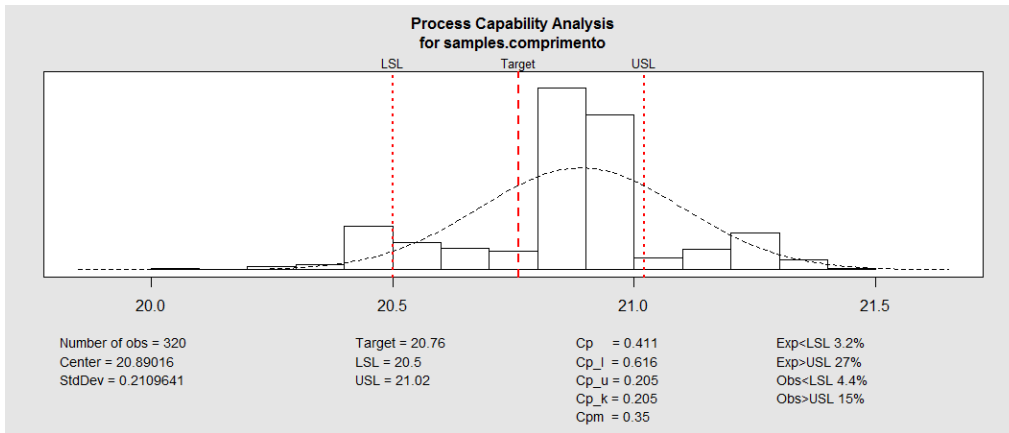


Figura 5 Avaliação de Capacidade do Processo

Sabe-se que o comprimento dos bicos desse processo de fabricação apresentam um desvio padrão de $\sigma = 220 \mu\text{m}$. Pede-se:

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

São fornecidas as seguintes expressões:

$$\hat{p} = \frac{n_C}{n} = 1 - \frac{n_{NC}}{n} \qquad \hat{\sigma}_{LT} = s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \qquad \hat{\sigma}_{ST} = \frac{\bar{S}}{c_4}$$

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{LT}} \qquad P_{pkU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma_{LT}} \qquad P_{pkL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma_{LT}}$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{ST}} \qquad C_{pkU} = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma_{ST}} \qquad C_{pkL} = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma_{ST}}$$

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 – Inspeção por amostragem (2 pontos)

Um lote de $N = 10.000$ peças é adquirido de um produtor de parafusos que produz parafusos com desvio-padrão da carga de ruptura igual a $\sigma = 40 \text{ N}$. Deseja-se que:

- i. A carga de ruptura dos parafusos seja $\mu_0 = 500 \text{ N}$.
- 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 uma resistência média ligeiramente menor que 500 N, tal fato não causa preocupação, porém deseja-se que, se a verdadeira resistência média for inferior a 480 N, tal fato seja identificado com pelo menos 90% de probabilidade.

A fim de avaliar o lote deseja-se realizar uma inspeção por amostragem da resistência média de uma amostra de tamanho igual a $n = 36$ peças. Considere que a distribuição de probabilidade da resistência obedeça a distribuição normal. Pede-se:

- a) Para as condições propostas, quanto valem o risco do produtor α e risco do consumidor β ?
- b) Qual é o valor crítico do diâmetro médio da amostra que limita a faixa de rejeição do lote? Qual é a probabilidade de aceitação de um lote cuja resistência média seja igual ao valor crítico?
- c) Esboçar a Curva Característica de Operação – CCO, i.e., a probabilidade de aceitação do lote em função do desvio da resistência em relação ao valor desejado. Indique o nível de qualidade aceitável – AQL e o nível de qualidade inaceitável – QL.
- d) Analisando a Curva Característica de Operação, verifique se o tamanho da amostra é adequado para atender aos critérios de decisão pretendidos. Caso não seja adequado, deve-se aumentar ou reduzir o tamanho da amostra?

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 1 - Resultados de Ensaio de Resistência das Juntas Soldadas

Tratamento	Resfriamento A	% antimônio B	Limite de Resistência			Média \bar{y} (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 – 25/06/2019 - Duração: 120 minutos

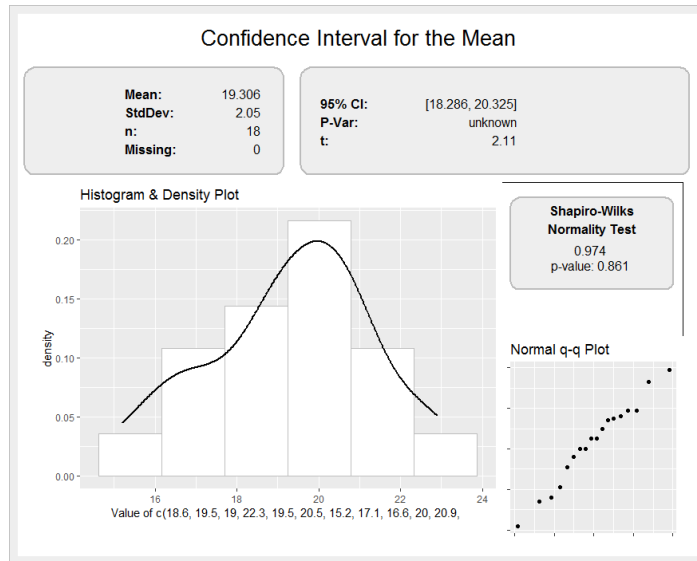


Figura 6 - Análise dos Resultados de Resistência das Juntas Soldadas

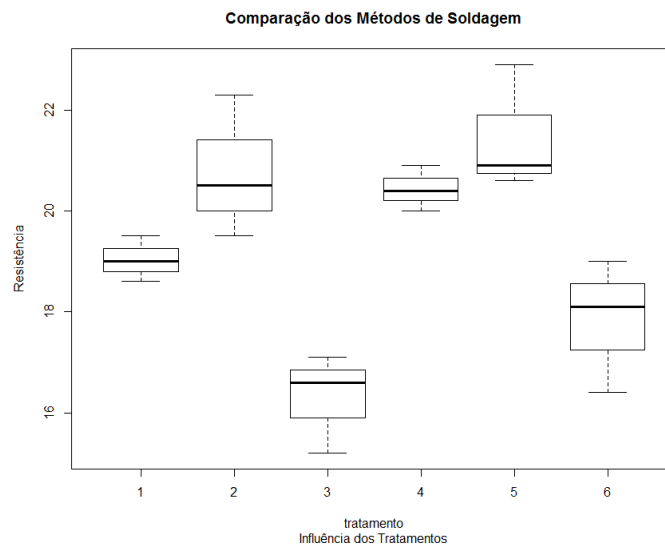


Figura 7- Comparação dos Seis Tratamentos

Em seguida foi estudado o efeito do teor de antimônio no material da solda, nesse estudo obtiveram-se os resultados mostrados na Tabela 3 e nos gráficos da Figura 8.

PME-3463 Introdução à Qualidade
 Prof. Walter Ponge-Ferreira
 1ª Prova – 25/06/2019 - Duração: 120 minutos

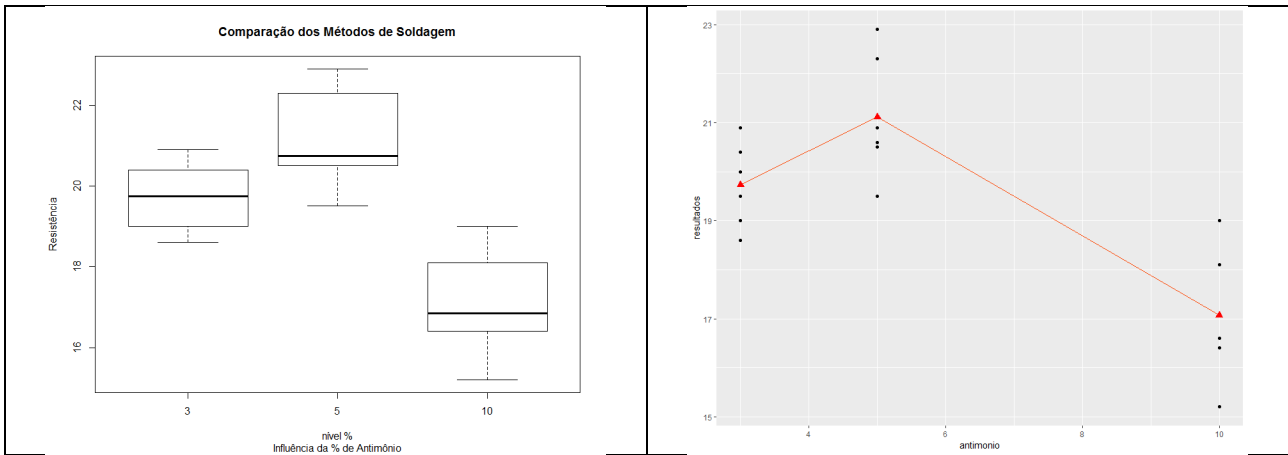


Figura 8- Comparação do Teor de Antimônio

Tabela 2 – ANOVA em relação ao Teor de Antimônio

```
summary(modelo.antimonio)

Call:
lm(formula = resultados ~ antimonio, data = dados)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.2517 -1.0017 -0.2825  0.8060  3.1310

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  22.0863     0.8240  26.804 1.01e-14 ***
antimonio   -0.4635     0.1233  -3.759 0.00171 **

Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.54 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.469, Adjusted R-squared:  0.4358
F-statistic: 14.13 on 1 and 16 DF, p-value: 0.001715
```

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 nível de antimônio no resultado do ensaio?
- Da análise realizada, foi possível verificar se existe interação entre os fatores estudados? Justifique!
- Há evidência de que o nível de antimônio tem efeito sobre a resistência da junta soldada? Justifique!

