

# Probabilidade e Estatística

## Series de Problemas 5

21 de Maio de 2025

1. Admita que a resistência mecânica de certo material cerâmico possui distribuição normal com valor esperado e variância desconhecidos. Uma vez medidas as resistências mecânicas de 10 espécimes selecionados casualmente, verificou-se que a média amostral e a variância amostral corrigida são iguais a 10.16 e 2.6401, respectivamente.

Obtenha um intervalo de confiança a 90% para o verdadeiro valor esperado da resistência mecânica.

- A) [9.5015, 10.8185]
- B) [9.4494, 10.8706]
- C) [9.2181, 11.1019]
- D) [9.3148, 11.0052]

### Resolução:

Neste problema, pretende-se construir um intervalo de confiança para o valor esperado (média) de uma distribuição normal com parâmetros desconhecidos.

Considere-se a variável aleatória  $X$  que representa a resistência mecânica do material cerâmico:

$$X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

Dados do problema:

$$n = 10 \quad (\text{tamanho da amostra})$$

$$\bar{X} = 10.16 \quad (\text{média amostral})$$

$$S^2 = 2.6401 \quad (\text{variância amostral corrigida})$$

Quando a média  $\mu$  é desconhecida e a variância  $\sigma^2$  também é desconhecida, utilizamos a distribuição  $t$  de Student para construir o intervalo de confiança.

A estatística de teste apropriada é:

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}} \sim t_{n-1}$$

Para um intervalo de confiança de nível  $(1 - \alpha)$ , o intervalo é dado por:

$$\bar{X} \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Aqui:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{2.6401} \approx 1.6248$$

Para nível de confiança de 90%, temos  $\alpha = 0.10$ , então  $\alpha/2 = 0.05$ .

Com  $n - 1 = 9$  graus de liberdade, e utilizando uma tabela da distribuição  $t$  ou uma calculadora estatística, encontramos:

$$t_{9, 0.95} \approx 1.833$$

O erro padrão da média é:

$$\frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{1.6248}{\sqrt{10}} \approx 0.5138$$

Portanto, a semi-amplitude do intervalo de confiança é:

$$\begin{aligned} t_{9, 0.95} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} &= 1.833 \times 0.5138 \\ &\approx 0.9418 \end{aligned}$$

O intervalo de confiança de 90% para  $\mu$  é:

$$\begin{aligned}\bar{X} \pm 0.9418 &= 10.16 \pm 0.9418 \\ &= [10.16 - 0.9418, 10.16 + 0.9418] \\ &= [9.2182, 11.1018] \\ &\approx [9.2181, 11.1019]\end{aligned}$$

**Resposta:** A opção correta é (C) [9.2181, 11.1019].

2. Considere que o tempo de vida de certo tipo de lâmpadas (na unidade militar de hora) tem distribuição normal com valor esperado e variância desconhecidos. Depois de obtidas as durações de 11 lâmpadas selecionadas casualmente, verificou-se que a variância amostral corrigida é igual a 0.0492.

Determine um intervalo de confiança a 99% para o verdadeiro valor do desvio padrão.

- A) [0.1398, 0.4777]
- B) [0.0195, 0.2282]
- C) [0.3099, 0.6478]
- D) [0.3727, 0.5814]

**Resolução:**

Neste problema, pretende-se construir um intervalo de confiança para o desvio padrão  $\sigma$  de uma distribuição normal com parâmetros desconhecidos.

Considere-se a variável aleatória  $X$  que representa o tempo de vida das lâmpadas:

$$X \sim N(\mu, \sigma^2)$$

Dados do problema:

$$n = 11 \quad (\text{tamanho da amostra})$$

$$S^2 = 0.0492 \quad (\text{variância amostral corrigida})$$

Para construir um intervalo de confiança para  $\sigma^2$  (e consequentemente para  $\sigma$ ), utilizamos o resultado de que:

$$\frac{(n-1)S^2}{\sigma^2} \sim \chi_{n-1}^2$$

Para um intervalo de confiança de nível  $(1 - \alpha)$  para  $\sigma^2$ , temos:

$$P\left(\chi_{n-1, \alpha/2}^2 < \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2} < \chi_{n-1, 1-\alpha/2}^2\right) = 1 - \alpha$$

Isolando  $\sigma^2$ :

$$P\left(\frac{(n-1)S^2}{\chi_{n-1, 1-\alpha/2}^2} < \sigma^2 < \frac{(n-1)S^2}{\chi_{n-1, \alpha/2}^2}\right) = 1 - \alpha$$

O intervalo de confiança para  $\sigma^2$  é, portanto:

$$\left[ \frac{(n-1)S^2}{\chi_{n-1, 1-\alpha/2}^2}, \frac{(n-1)S^2}{\chi_{n-1, \alpha/2}^2} \right]$$

Para nível de confiança de 99%, temos  $\alpha = 0.01$ , então  $\alpha/2 = 0.005$ .

Com  $n - 1 = 10$  graus de liberdade, e utilizando uma tabela da distribuição  $\chi^2$  ou uma calculadora estatística, encontramos:

$$\begin{aligned}\chi_{10, 0.995}^2 &\approx 25.188 \\ \chi_{10, 0.005}^2 &\approx 2.156\end{aligned}$$

Substituindo os valores na fórmula do intervalo de confiança para  $\sigma^2$ :

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{inf}}^2 &= \frac{(n-1)S^2}{\chi_{n-1, 1-\alpha/2}^2} \\ &= \frac{10 \cdot 0.0492}{25.188} \\ &\approx 0.0195\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{sup}}^2 &= \frac{(n-1)S^2}{\chi_{n-1, \alpha/2}^2} \\ &= \frac{10 \cdot 0.0492}{2.156} \\ &\approx 0.2282\end{aligned}$$

Tomando a raiz quadrada para obter o intervalo para o desvio padrão  $\sigma$ :

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{inf}} &= \sqrt{\sigma_{\text{inf}}^2} \\ &= \sqrt{0.0195} \\ &\approx 0.1396\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{sup}} &= \sqrt{\sigma_{\text{sup}}^2} \\ &= \sqrt{0.2282} \\ &\approx 0.4777\end{aligned}$$

Portanto, o intervalo de confiança a 99% para o desvio padrão  $\sigma$  é:

$$[\sigma_{\text{inf}}, \sigma_{\text{sup}}] = [0.1396, 0.4777]$$

Comparando com as alternativas dadas, a opção que mais se aproxima é:

**Resposta:** A opção correta é (A) **[0.1398, 0.4777]**.

3. Em determinada região afetada por um surto epidémico, recolheu-se uma amostra casual de 120 indivíduos, tendo-se encontrado 54 indivíduos contaminados.

Qual das seguintes opções representa um intervalo de confiança a aproximadamente 95% para a verdadeira proporção,  $p$ , de indivíduos contaminados na região afetada pelo surto epidémico?

- A) [0.361, 0.539]
- B) [0.384, 0.516]
- C) [0.3753, 0.5247]
- D) [0.3946, 0.5054]

**Resolução:**

Neste problema, pretende-se construir um intervalo de confiança para a proporção  $p$  de indivíduos contaminados na população.

Dados do problema:

$$n = 120 \quad (\text{tamanho da amostra})$$

$$X = 54 \quad (\text{número de indivíduos contaminados})$$

A proporção amostral é:

$$\hat{p} = \frac{X}{n} = \frac{54}{120} = 0.45$$

Como o tamanho da amostra é grande ( $n = 120$ ) e tanto  $n\hat{p} = 120 \times 0.45 = 54$  quanto  $n(1 - \hat{p}) = 120 \times 0.55 = 66$  são maiores que 5, podemos utilizar a aproximação normal para construir o intervalo de confiança para a proporção.

O erro padrão da proporção é:

$$\begin{aligned} \text{SE}(\hat{p}) &= \sqrt{\frac{\hat{p}(1 - \hat{p})}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{0.45 \times 0.55}{120}} \\ &\approx 0.04542 \end{aligned}$$

Para um nível de confiança de 95%, o valor crítico da distribuição normal padrão é:

$$z_{0.975} \approx 1.96$$

O intervalo de confiança é dado por:

$$\begin{aligned}\hat{p} \pm z_{0.975} \times SE(\hat{p}) &= 0.45 \pm 1.96 \times 0.04542 \\ &= 0.45 \pm 0.0890 \\ &= [0.45 - 0.0890, 0.45 + 0.0890] \\ &= [0.3610, 0.5390] \\ &\approx [0.361, 0.539]\end{aligned}$$

**Resposta:** A opção correta é (A) [0.361, 0.539].

4. O engenheiro mecânico responsável pela produção de um dado tipo de pneus admite que a sua duração (em milhas percorridas) possui distribuição normal. Foram testados 19 pneus desse tipo, tendo-se obtido uma amostra com média e variância iguais a  $\bar{x} = 41089.3$  e  $s^2 = 8.34067 \times 10^6$ , respectivamente.

Um engenheiro afirma que o valor esperado da duração desse tipo de pneus é igual a 40000 milhas, ao passo que uma consultora defende que tal valor esperado é inferior a 40000 milhas. Confronte a hipótese defendida pelo engenheiro com a defendida pela consultora e decida com base no valor- $p$  do teste.

- A) Não se rejeita para 1%, 5% e 10%
- B) Rejeita-se para 10% e não se rejeita para 1% e 5%
- C) Rejeita-se para 5% e 10% e não se rejeita para 1%
- D) Rejeita-se para 1%, 5% e 10%

**Resolução:**

Neste problema, estamos perante um teste de hipóteses sobre o valor esperado da duração dos pneus. As hipóteses são:

$$H_0 : \mu = 40000$$

$$H_a : \mu < 40000$$

Dados do problema:

$$n = 19 \quad (\text{tamanho da amostra})$$

$$\bar{X} = 41089.3 \quad (\text{média amostral})$$

$$S^2 = 8.34067 \times 10^6 \quad (\text{variância amostral corrigida})$$

O desvio padrão amostral corrigido é:

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{S^2} \\ &= \sqrt{8.34067 \times 10^6} \\ &\approx 2888.02 \end{aligned}$$

Para testar as hipóteses sobre o valor esperado de uma distribuição normal com variância desconhecida, utilizamos a estatística de teste  $T$  que segue uma distribuição  $t$  de Student com  $(n - 1)$  graus de liberdade:

$$\begin{aligned} T &= \frac{\bar{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \\ &= \frac{41089.3 - 40000}{2888.02/\sqrt{19}} \\ &= \frac{1089.3}{2888.02/4.3589} \\ &= \frac{1089.3}{662.557} \\ &\approx 1.644 \end{aligned}$$

Como estamos testando  $H_a : \mu < 40000$  (hipótese alternativa da consultora), mas o valor da estatística de teste  $T \approx 1.644$  é positivo, significa que os dados amostrais indicam  $\bar{X} > \mu_0$ . Isto contradiz a direção da hipótese alternativa.

Para calcular o valor- $p$  para este teste unilateral à esquerda:

$$\begin{aligned} \text{valor-}p &= P(T_{18} \leq 1.644) \\ &= 1 - P(T_{18} \leq -1.644) \\ &\approx 0.941 \end{aligned}$$



Como o valor- $p \approx 0.941$  é maior que os níveis de significância usuais  $\alpha \in \{0.01, 0.05, 0.10\}$ , não rejeitamos a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$  em nenhum destes níveis.

**Resposta:** A opção correta é (A) Não se rejeita para 1%, 5% e 10%.

5. Um inquérito a 100 lisboetas revelou que, entre eles, 19 são favoráveis à aplicação de uma taxa à circulação automóvel no centro histórico da cidade.

Uma engenheira afirmou que "um quarto dos lisboetas é favorável à proposta". Avalie se os dados recolhidos contrariam esta afirmação. Decida com base no valor- $p$ .

- A) Rejeita-se para 10% e não se rejeita para 1% e 5%
- B) Não se rejeita para 1%, 5% e 10%
- C) Rejeita-se para 1%, 5% e 10%
- D) Rejeita-se para 5% e 10% e não se rejeita para 1%

**Resolução:**

Neste problema, estamos perante um teste de hipóteses sobre a proporção  $p$  de lisboetas favoráveis à aplicação da taxa. As hipóteses são:

$$H_0 : p = 0.25$$

$$H_a : p \neq 0.25$$

Dados do problema:

$$n = 100 \quad (\text{tamanho da amostra})$$

$$X = 19 \quad (\text{número de indivíduos favoráveis})$$

A proporção amostral é:

$$\begin{aligned}\hat{p} &= \frac{X}{n} \\ &= \frac{19}{100} \\ &= 0.19\end{aligned}$$

Sob  $H_0$ , o erro padrão da proporção é:

$$\begin{aligned}\text{SE}(\hat{p}) &= \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{0.25 \times 0.75}{100}} \\ &= \sqrt{0.001875} \\ &\approx 0.0433\end{aligned}$$

Para testar as hipóteses, calculamos a estatística de teste  $z$ :

$$\begin{aligned}z &= \frac{\hat{p} - p_0}{\text{SE}(\hat{p})} \\ &= \frac{0.19 - 0.25}{0.0433} \\ &\approx -1.386\end{aligned}$$

Como o teste é bilateral, o valor- $p$  é calculado por:

$$\begin{aligned}\text{valor-}p &= 2 \times P(Z \leq -1.386) \\ &\approx 2 \times 0.0829 \\ &\approx 0.1658\end{aligned}$$

Como o valor- $p \approx 0.1658$  é maior que os níveis de significância usuais  $\alpha \in \{0.01, 0.05, 0.10\}$ , não rejeitamos a hipótese nula  $H_0$  em favor da hipótese alternativa  $H_a$  em nenhum destes níveis.

**Resposta:** A opção correta é **(B) Não se rejeita para 1%, 5% e 10%.**