



# PRO2271 ESTATÍSTICA

## 5. Intervalos de Confiança

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção



# Introdução

**Inferência Estatística**

- afirmação sobre uma população ou um processo com base em dados amostrais

**Intervalo de Confiança**

- Inferência Estatística que consiste em determinar um intervalo de valores prováveis de um parâmetro da população ou processo.

**Teste de Hipóteses**

- Inferência Estatística que consiste em aceitar ou rejeitar uma hipótese a respeito da população ou processo.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção

2



## Parâmetros e Estatísticas



**Parâmetro:**

- valores que determinam a distribuição de uma variável aleatória referente a uma população ou processo.

**Estatística:**

- valores calculados a partir de uma ou mais amostras, que fornecem estimativa de um parâmetro

| Parâmetro | Estatística |
|-----------|-------------|
| $\mu$     | $\bar{x}$   |
| $\sigma$  | $s$         |
| $p$       | $\hat{p}$   |

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

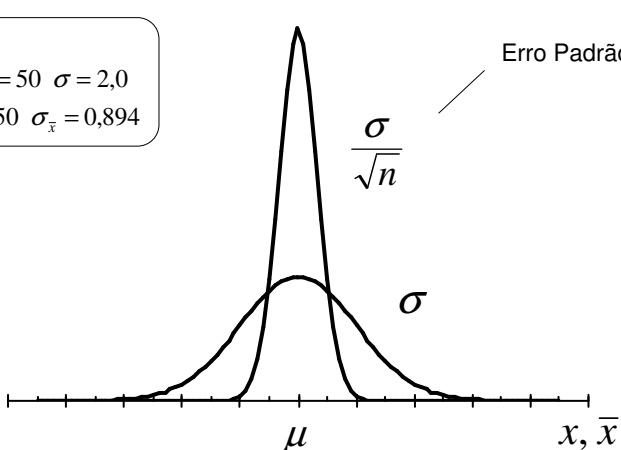
3



## Distribuição Amostral da Média



**Exemplo:**  
 $n = 5$   $\mu = 50$   $\sigma = 2,0$   
 $\Rightarrow \mu_{\bar{x}} = 50$   $\sigma_{\bar{x}} = 0,894$



$\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

$\sigma$

$\mu$

$x, \bar{x}$

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

4



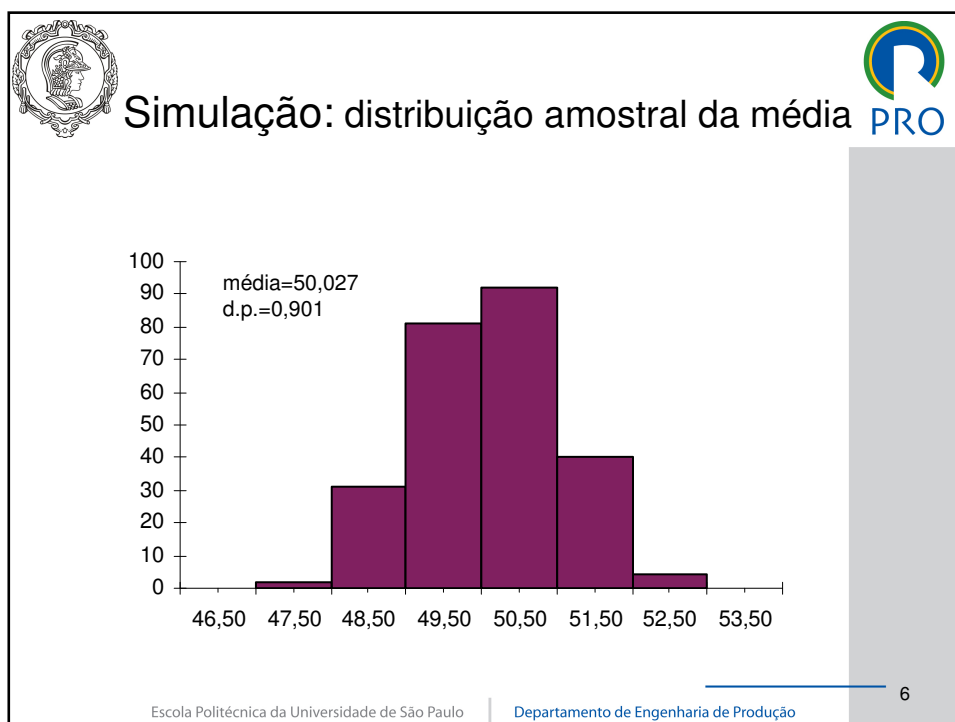
Simulação: amostragem de uma v.a. normal com  $\mu=50$  e  $\sigma=2$ .

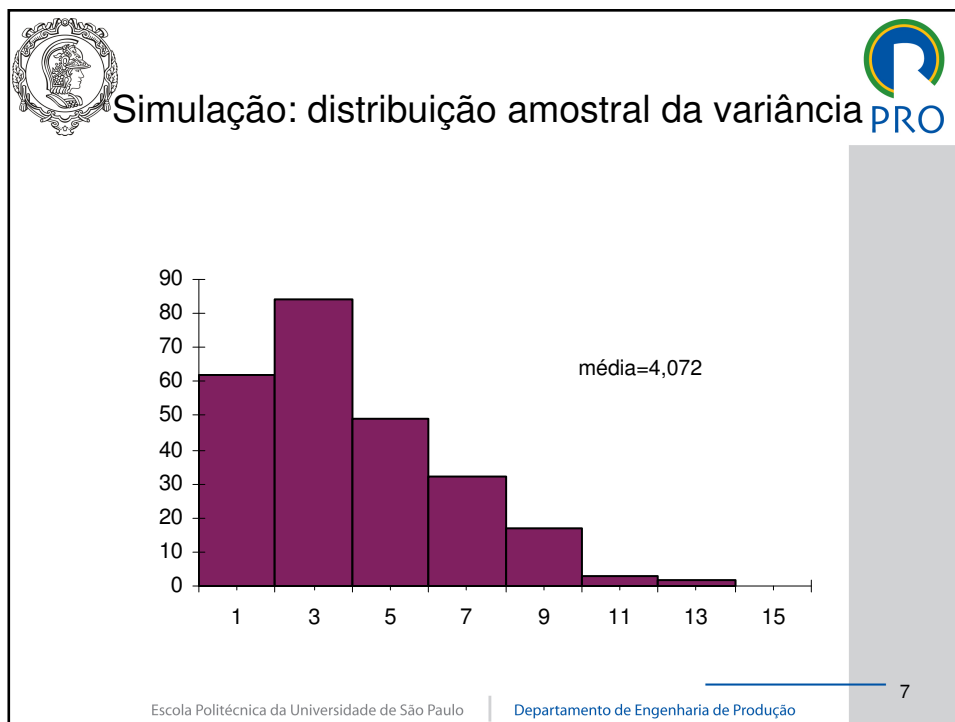


|     | Amostra |      |      |      |      | $\bar{x}$ | $s^2$ |
|-----|---------|------|------|------|------|-----------|-------|
| 1   | 51,7    | 48,7 | 49,3 | 52,5 | 49,1 | 50,26     | 2,948 |
| 2   | 52,6    | 49,8 | 48,2 | 49,3 | 49,9 | 49,96     | 2,633 |
| 3   | 52,4    | 46,8 | 50,1 | 50,5 | 52,9 | 50,54     | 5,803 |
| 4   | 48,8    | 53,0 | 50,2 | 49,3 | 50,8 | 50,42     | 2,682 |
| 5   | 50,4    | 48,5 | 51,9 | 52,7 | 52,1 | 51,12     | 2,862 |
| 6   | 45,4    | 47,0 | 47,1 | 48,0 | 52,5 | 48,00     | 7,205 |
| 7   | 51,4    | 46,1 | 49,8 | 49,8 | 49,4 | 49,30     | 3,790 |
| 8   | 50,4    | 46,0 | 51,4 | 49,7 | 49,5 | 49,40     | 4,165 |
| 9   | 51,7    | 51,0 | 51,0 | 47,0 | 51,1 | 50,36     | 3,613 |
| 10  | 48,5    | 50,8 | 50,7 | 49,7 | 49,1 | 49,76     | 0,998 |
| 250 | 52,8    | 47,5 | 48,8 | 50,1 | 49,0 | 49,64     | 3,973 |

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção

5





## Distribuições Especiais

**Distribuição t**

- quando se utiliza o desvio-padrão da amostra, a estatística

$$t_{n-1} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

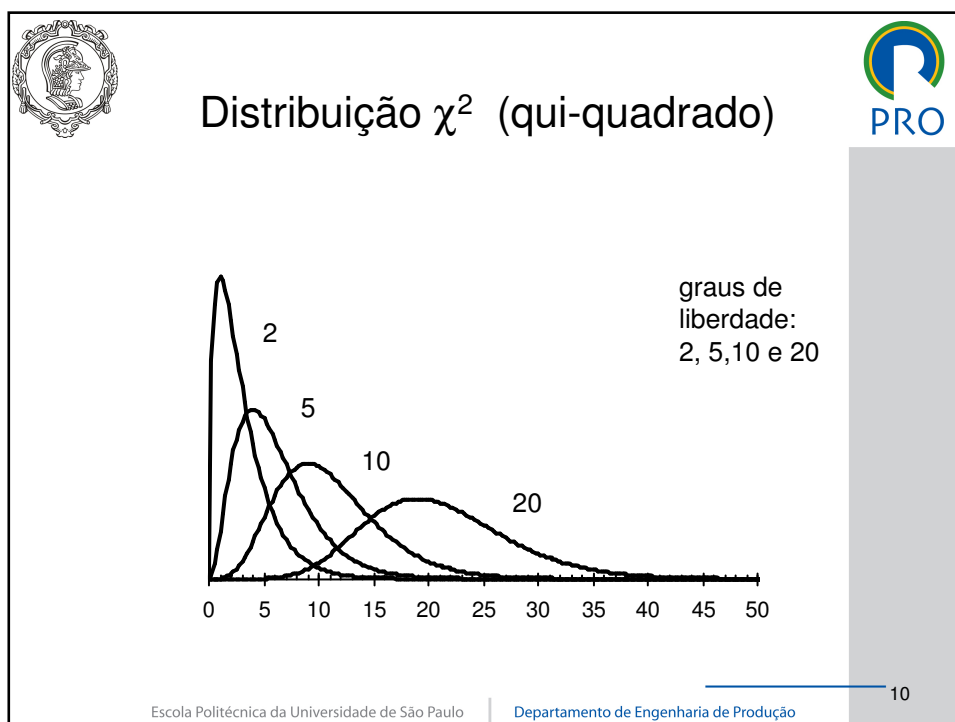
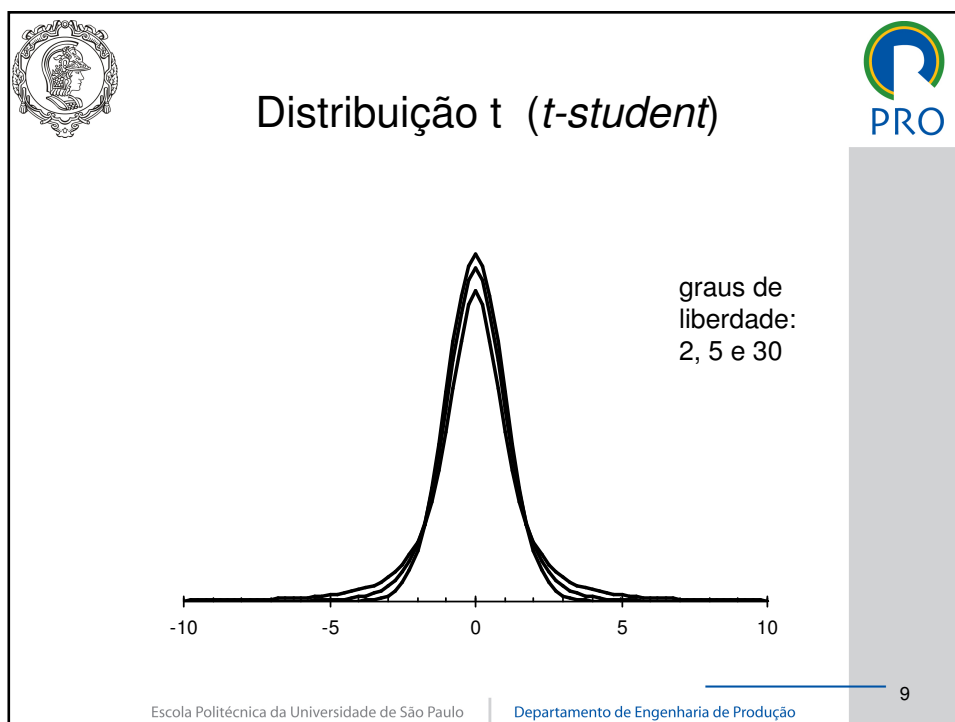
- terá distribuição t de *student*.

**Distribuição  $\chi^2$**

- a variância padronizada terá distribuição qui-quadrado

$$\chi_{n-1}^2 = \frac{(n-1)s^2}{\sigma^2}$$

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção





**Tabela t - student**



| g.l.'s | 10%   | 5%    | 2,5%   | 1,0%   | 0,5%   |
|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 1      | 3,078 | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,656 |
| 2      | 1,886 | 2,920 | 4,303  | 6,965  | 9,925  |
| 3      | 1,638 | 2,353 | 3,182  | 4,541  | 5,841  |
| 4      | 1,533 | 2,132 | 2,776  | 3,747  | 4,604  |
| 5      | 1,476 | 2,015 | 2,571  | 3,365  | 4,032  |
| 6      | 1,440 | 1,943 | 2,447  | 3,143  | 3,707  |
| 7      | 1,415 | 1,895 | 2,365  | 2,998  | 3,499  |
| 8      | 1,397 | 1,860 | 2,306  | 2,896  | 3,355  |
| 9      | 1,383 | 1,833 | 2,262  | 2,821  | 3,250  |
| 10     | 1,372 | 1,812 | 2,228  | 2,764  | 3,169  |

11

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção



**Tabela  $\chi^2$  (qui-quadrado)**



| g.l.'s | 99,5%               | 99%                 | 97,5%  | 95%    | 5%     | 2,5%   | 1,0%   | 0,5%   |
|--------|---------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1      | 0,0 <sup>4</sup> 39 | 0,0 <sup>3</sup> 16 | 0,0010 | 0,0039 | 3,841  | 5,024  | 6,635  | 7,879  |
| 2      | 0,010               | 0,020               | 0,051  | 0,103  | 5,991  | 7,378  | 9,210  | 10,597 |
| 3      | 0,072               | 0,115               | 0,216  | 0,352  | 7,815  | 9,348  | 11,345 | 12,838 |
| 4      | 0,207               | 0,297               | 0,484  | 0,711  | 9,488  | 11,143 | 13,277 | 14,860 |
| 5      | 0,412               | 0,554               | 0,831  | 1,145  | 11,070 | 12,832 | 15,086 | 16,750 |
| 6      | 0,676               | 0,872               | 1,237  | 1,635  | 12,592 | 14,449 | 16,812 | 18,548 |
| 7      | 0,989               | 1,239               | 1,690  | 2,167  | 14,067 | 16,013 | 18,475 | 20,278 |
| 8      | 1,344               | 1,647               | 2,180  | 2,733  | 15,507 | 17,535 | 20,090 | 21,955 |
| 9      | 1,735               | 2,088               | 2,700  | 3,325  | 16,919 | 19,023 | 21,666 | 23,589 |
| 10     | 2,156               | 2,558               | 3,247  | 3,940  | 18,307 | 20,483 | 23,209 | 25,188 |

12

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção



## Intervalos de Confiança para Média



Nos livros didáticos, em geral, estuda-se inicialmente o intervalo de confiança da média de uma população normal. Este intervalo é determinado em duas situações. Na primeira, considera-se que o desvio-padrão  $\sigma$  é conhecido (Caso I). A seguir, apresenta-se o caso em que o desvio-padrão é estimado a partir da amostra (Caso II).

Embora o Caso I não seja a situação mais real, ele é apresentado primeiro por ser analiticamente mais simples e permitir compreender melhor os conceitos, inclusive quanto ao dimensionamento de amostras.



## Intervalo de Confiança da Média (Caso I)



IC( $\mu$ ,  $1-\alpha$ )

$$\bar{x} - z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + z_{\alpha/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad c / 1-\alpha$$

desvio-padrão  
conhecido

Tamanho da Amostra

$$n = \left( \frac{z_{\alpha/2} \sigma}{e} \right)^2$$

– onde “e” é erro do intervalo de confiança




### Exemplo 1

Dados:  $n = 16$     $\bar{x} = 40,8$     $\sigma = 0,5$

IC( $\mu$ , 95%)

$\alpha = 5\% \quad z_{2,5\%} = 1,96$

$$40,8 - 1,96 \cdot \frac{0,5}{\sqrt{16}} \leq \mu \leq 40,8 + 1,96 \cdot \frac{0,5}{\sqrt{16}}$$

$$\Rightarrow 40,55 \leq \mu \leq 41,05 \quad c / 95\%$$

15

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção




### Intervalo de Confiança - Média e D.P.

IC( $\mu$ ,  $1-\alpha$ )

desvio-padrão  
estimado

$$\bar{x} - t_{n-1, \alpha/2} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{n-1, \alpha/2} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad c / 1-\alpha$$

IC( $\sigma$ ,  $1-\alpha$ )

$$\sqrt{\frac{(n-1) \cdot s^2}{\chi_{n-1, \alpha/2}^2}} \leq \sigma \leq \sqrt{\frac{(n-1) \cdot s^2}{\chi_{n-1, 1-\alpha/2}^2}} \quad c / 1-\alpha$$

16

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção



### Exemplo 2

Dados:  $n = 16$   $\bar{x} = 40,8$   $s = 0,6$

IC( $\mu$ , 95%)

$$\alpha = 5\% \quad t_{15; 2,5\%} = 2,131$$
$$40,8 - 2,131 \cdot \frac{0,6}{\sqrt{16}} \leq \mu \leq 40,8 + 2,131 \cdot \frac{0,6}{\sqrt{16}}$$
$$\Rightarrow 40,48 \leq \mu \leq 41,12 \quad c / 95\%$$

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção

17



### Exemplo 2 (cont.)

Dados:  $n = 16$   $\bar{x} = 40,8$   $s = 0,6$

IC( $\sigma$ , 95%)

$$\alpha = 5\% \quad \chi_{15; 2,5\%}^2 = 27,488 \quad \chi_{15; 97,5\%}^2 = 6,262$$
$$\sqrt{\frac{15 \cdot s^2}{27,488}} \leq \sigma \leq \sqrt{\frac{15 \cdot s^2}{6,262}}$$
$$\Rightarrow 0,44 \leq \sigma \leq 0,93 \quad c / 95\%$$

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção

18



## Intervalo de Previsão



Um intervalo de previsão corresponde ao intervalo que, com probabilidade  $(1 - \alpha)$ , irá conter o valor de uma nova observação independente da v.a. em questão.

No caso de v.a. normais, o intervalo de previsão pode ser determinado a partir de uma amostra como se segue.

IP( $1 - \alpha$ )

$$\bar{x} - t_{n-1, \alpha/2} \cdot s \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n}} \leq X \leq \bar{x} + t_{n-1, \alpha/2} \cdot s \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n}} \quad c / 1 - \alpha$$



## Exemplo 3



Dados:  $n = 16$     $\bar{x} = 40,8$     $s = 0,6$

IP(95%)

$$\alpha = 5\% \quad t_{15; 2,5\%} = 2,131$$

$$40,8 - 2,131 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{16}} \leq X \leq 40,8 + 2,131 \cdot 0,6 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{16}}$$

$$\Rightarrow \quad 39,5 \leq X \leq 42,1 \quad c / 95\%$$



## Inferências sobre porcentagens



Quando se estuda uma variável qualitativa, utilizam-se as frequências relativas dos resultados para caracterizar sua distribuição de probabilidades.

Nos casos em que a variável só pode resultar em dois valores possíveis (Sucesso e Fracasso), tem-se uma distribuição binomial. Quando se consideram múltiplas respostas, tem-se uma distribuição multinomial.

Em grandes amostras, a porcentagem pode ser aproximada por uma distribuição normal, simplificando o processo de inferência estatística.



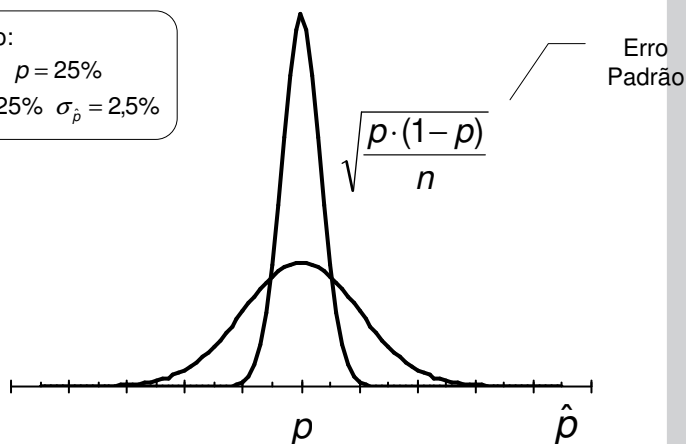
## Distribuição Amostral da Porcentagem



Exemplo:

$$n = 300 \quad p = 25\%$$

$$\Rightarrow \mu_{\hat{p}} = 25\% \quad \sigma_{\hat{p}} = 2,5\%$$



condição:  $np \geq 5$  e  $n(1-p) \geq 5$




## Intervalo de Confiança para Porcentagem

IC(p, 1- $\alpha$ )

$$\hat{p} - z_{\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \leq p \leq \hat{p} + z_{\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \quad c / 1-\alpha$$

Tamanho da Amostra

$$n = \left( \frac{z_{\alpha/2}}{e} \right)^2 p \cdot (1-p) \quad \text{ou} \quad n = \left( \frac{z_{\alpha/2}}{2 \cdot e} \right)^2$$

Obs: aproximação normal válida quando  $np \geq 5$  e  $n(1-p) \geq 5$ .

23

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção




## Exemplo 4

Dados:  $n = 100$   $\hat{p} = 40\%$

IC(p, 95%)

$\alpha = 5\% \quad z_{\alpha/2} = 1,96$

$$0,40 - 1,96 \cdot \sqrt{\frac{0,4 \cdot 0,6}{100}} \leq p \leq 0,40 + 1,96 \cdot \sqrt{\frac{0,4 \cdot 0,6}{100}}$$

$$\Rightarrow 30,4\% \leq p \leq 49,6\% \quad c / 95\%$$

24

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção




## Intervalos de Confiança com duas amostras

IC( $\mu_1 - \mu_2, 1 - \alpha$ )

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm t_{n_1+n_2-2, \alpha/2} \cdot s_c \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \quad c / 1 - \alpha$$

– onde  $s_c^2$  é uma variância média (ponderada) dada por:

$$s_c^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

IC( $p_1 - p_2, 1 - \alpha$ )

$$(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) \pm z_{\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{\hat{p}_1(1 - \hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1 - \hat{p}_2)}{n_2}} \quad c / 1 - \alpha$$

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção

25




## Intervalo de Confiança para duas variâncias

IC( $\sigma_1^2 / \sigma_2^2, 1 - \alpha$ )

$$F_{n_1-1, n_2-1, 1-\alpha/2} \cdot \frac{s_1^2}{s_2^2} \leq \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \leq F_{n_1-1, n_2-1, \alpha/2} \cdot \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad c / 1 - \alpha$$

– onde F é a terceira distribuição amostral clássica, denominada distribuição de Fisher e Snedecor. Esta distribuição é a mesma utilizada nos teste de Análise de Variância e no Delineamento de Experimentos.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo | Departamento de Engenharia de Produção

26

## EXERCÍCIOS

- 1) Um processo de envase foi regulado para preencher um volume médio de 50 ml por frasco, com distribuição normal e desvio padrão máximo igual a 2 ml. Para verificar a regulagem da máquina, foi retirada uma amostra que forneceu os seguintes resultados:

52,9   51,6   55,1   52,0   49,6   51,4   52,7   47,2   50,3   51,2

Podemos concluir, a partir destes dados, que a média está diferente de 50 ml? Qual deveria ser o tamanho da amostra para que a precisão do intervalo de confiança fosse igual a 0,5?

- 2) Considere-se a seguinte amostra aleatória de uma variável normal:

112,7   113,6   114,2   114,4   114,5   115,3   115,4   115,8

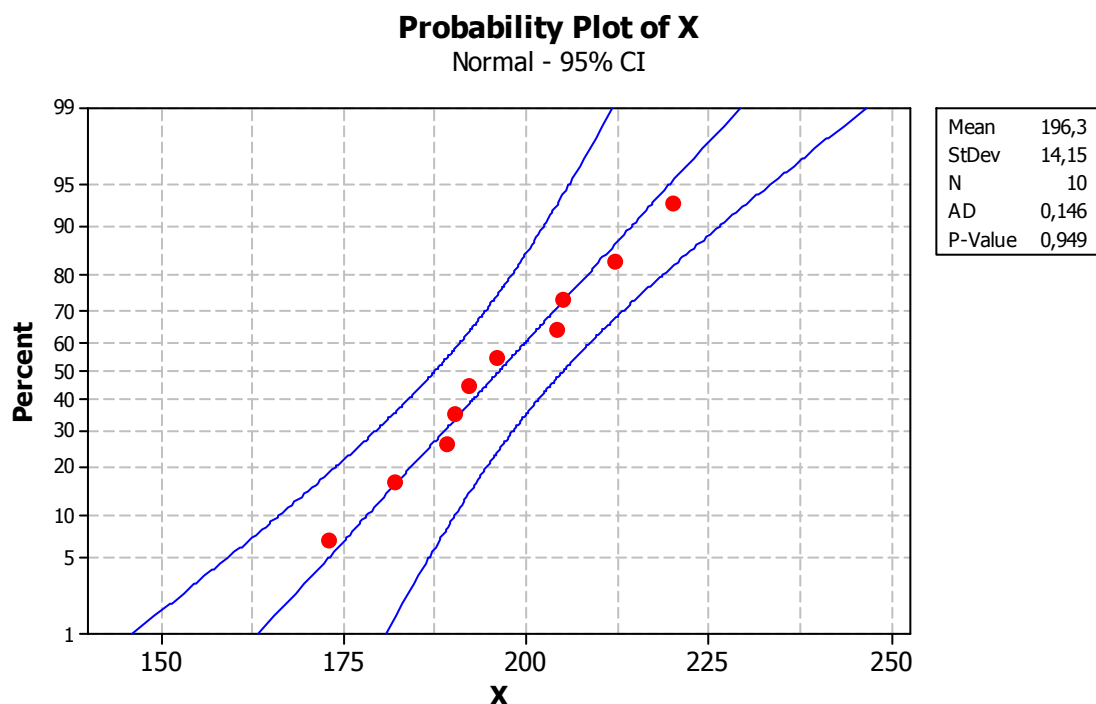
116,2   116,8   116,9   117,0   117,1   117,7   118,2

Determine os intervalos com 95% de confiança para a média e o desvio padrão da variável em questão.

- 3) Dez observações do tempo de uso (em minutos) de baterias utilizadas em computadores portáteis forneceram os seguintes resultados:

173   196   212   220   205   192   204   190   182   189

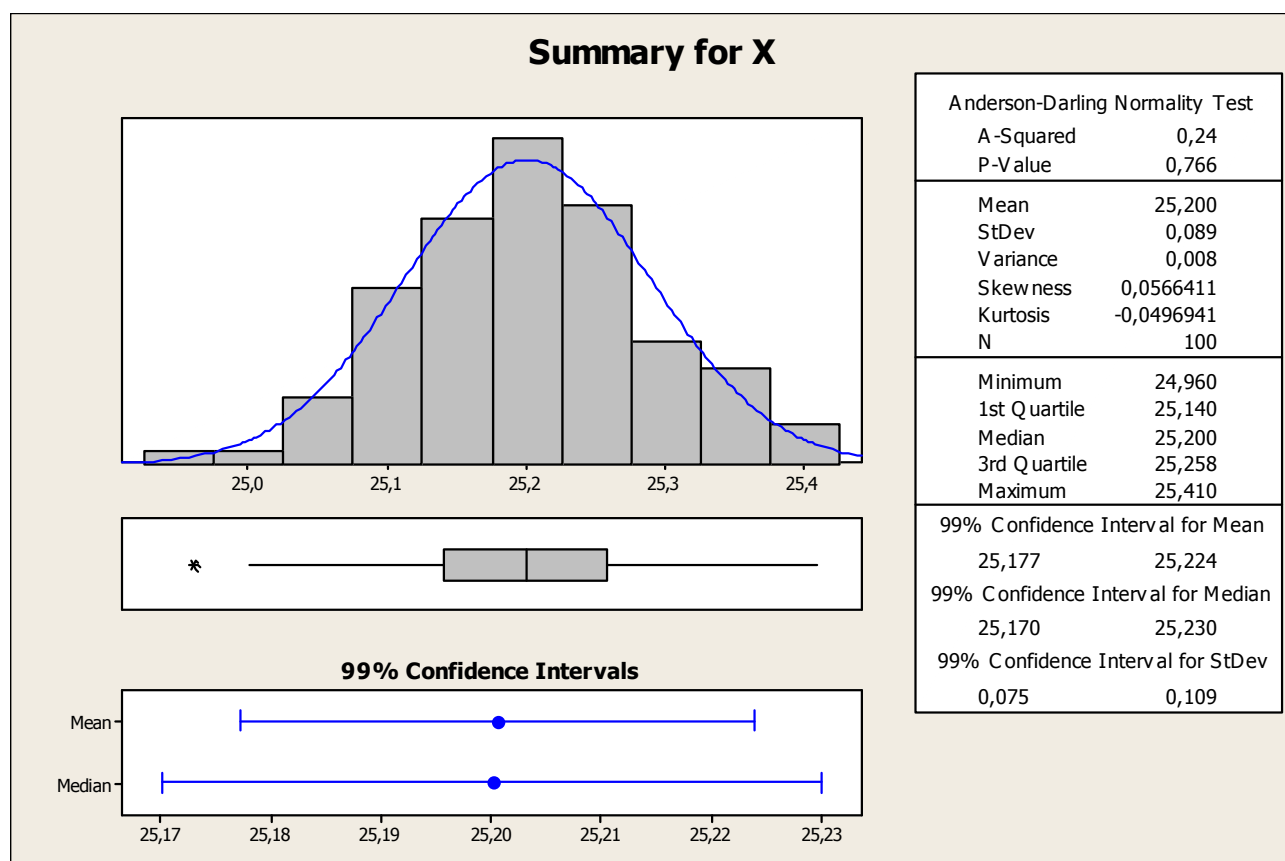
Determine um intervalo com 90% de confiança para a média e para o desvio padrão da distribuição dos tempos.



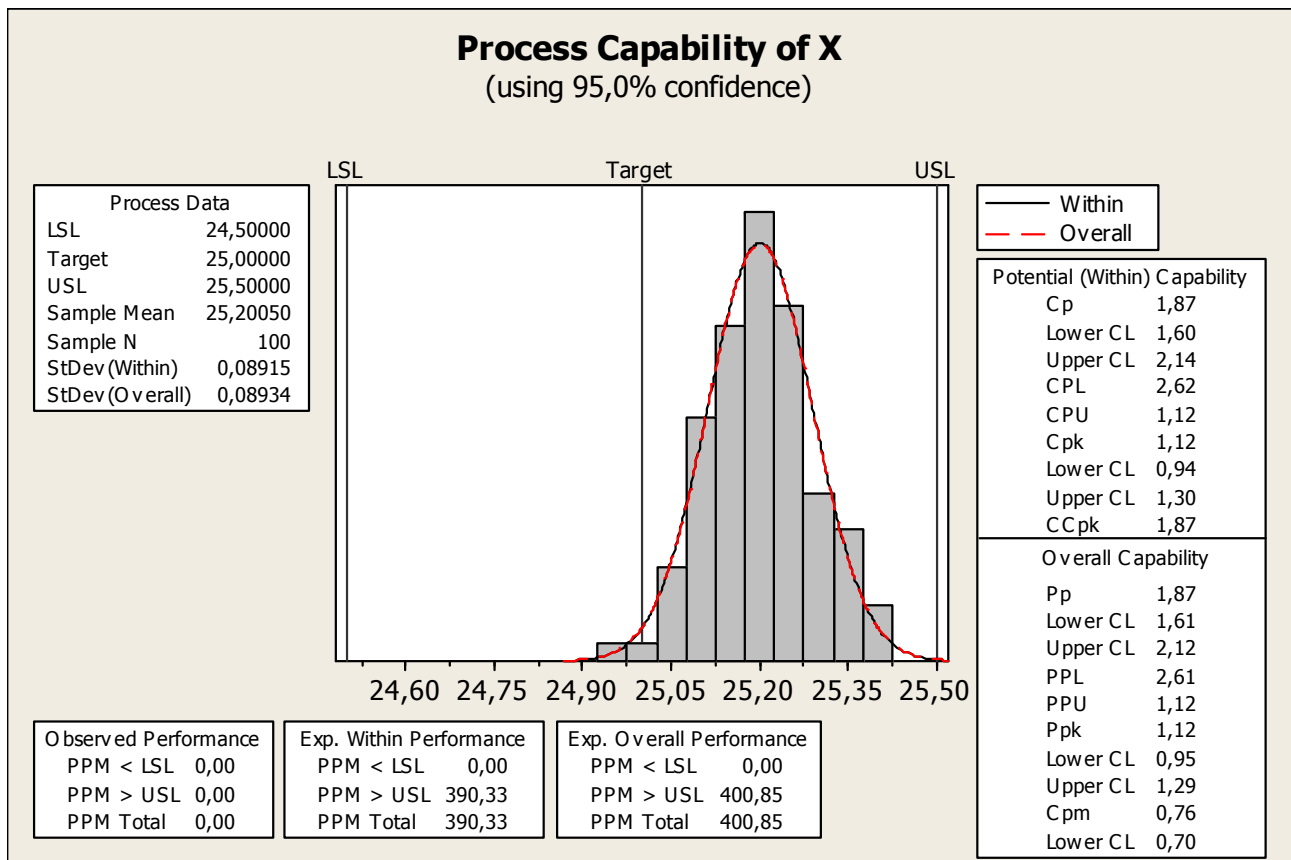
**Figura 4.1** Diagrama de Probabilidade Normal dos Tempos.

4) Os dados abaixo correspondem a uma amostra dos diâmetros de 100 eixos. Represente os dados graficamente e determine os intervalos confiança para a média e o desvio padrão dos diâmetros. Avalie a adequação do processo, sabendo que a especificação do cliente para o diâmetro dos eixos é  $25,0 \pm 0,5$ .

|       |       |              |       |       |       |              |       |       |       |
|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|
| 25,37 | 25,12 | 25,19        | 25,19 | 25,06 | 25,25 | 25,06        | 25,20 | 25,36 | 25,24 |
| 25,10 | 25,15 | 25,23        | 25,10 | 25,14 | 25,20 | 25,19        | 25,27 | 25,33 | 25,21 |
| 25,22 | 25,23 | 25,34        | 25,35 | 25,30 | 25,19 | 25,12        | 25,23 | 25,17 | 25,26 |
| 25,11 | 25,17 | 25,28        | 25,38 | 25,19 | 25,08 | 25,26        | 25,17 | 25,23 | 25,39 |
| 25,20 | 25,11 | 25,17        | 25,21 | 25,10 | 25,18 | 25,11        | 25,20 | 25,13 | 25,09 |
| 25,22 | 25,22 | 25,25        | 25,28 | 25,14 | 25,20 | 25,04        | 25,20 | 25,15 | 25,27 |
| 25,33 | 25,20 | 25,13        | 25,25 | 25,05 | 25,06 | 25,30        | 25,37 | 25,14 | 25,29 |
| 25,24 | 25,32 | <u>24,96</u> | 25,18 | 25,18 | 25,25 | 25,27        | 25,17 | 25,20 | 25,28 |
| 25,31 | 25,24 | 25,32        | 25,15 | 25,18 | 25,10 | <u>25,41</u> | 25,15 | 25,15 | 25,20 |
| 25,16 | 25,19 | 25,26        | 25,24 | 25,17 | 25,14 | 25,00        | 25,23 | 25,10 | 25,08 |



**Figura 4.2** Resumo Estatística da Variável Diâmetro pelo Minitab®.



**Figura 4.3** Análise da Capacidade do Processo Produtivo pelo Minitab®.

- 5) Em uma amostra aleatória de 200 peças, 16 apresentaram algum tipo de defeito. Determine um intervalo com 95% de confiança para a proporção populacional de peças defeituosas. Qual deveria ser o tamanho da amostra para que se obtenha erro de estimação  $\pm 0,03$ ?

- 6) Um Laboratório reuniu 500 voluntários para verificar, entre outras coisas, se um medicamento em teste provoca um determinado efeito colateral. A partir dos resultados apresentados na tabela abaixo, pode-se afirmar que há um aumento da ocorrência do efeito colateral entre os usuários do medicamento?

|                      | Medicamento | Placebo |
|----------------------|-------------|---------|
| Com Efeito Colateral | 78          | 14      |
| Sem Efeito Colateral | 222         | 186     |
| Total                | 300         | 200     |

**IC (  $p_1 - p_2$  , 95% )**

$$n_1 = 300 \quad \hat{p}_1 = 26,0\%$$

$$n_2 = 200 \quad \hat{p}_2 = 7,0\%$$

$$(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) \pm z_{2,5\%} \cdot \sqrt{\frac{\hat{p}_1 \cdot (1 - \hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2 \cdot (1 - \hat{p}_2)}{n_2}}$$

$$(0,26 - 0,07) \pm (1,96) \cdot \sqrt{\frac{0,26 \cdot 0,74}{300} + \frac{0,07 \cdot 0,93}{200}}$$

$$19,0\% \pm 6,1\% \quad \text{ou} \quad 12,9\% \leq p_1 - p_2 \leq 25,1\% \quad c / 95\%$$

**SIM, HÁ EVIDÊNCIA DE AUMENTO DO PERCENTUAL DE EFEITO COLATERAL.**

- 7) Para avaliar o consumo de dois modelos de um veículo com motores 1.0 e 1.3, foram utilizados dez automóveis de cada modelo para percorrer uma distância de 100 km em perímetro urbano. Os consumos de combustível em cada caso estão apresentados na tabela abaixo. Determine um intervalo de confiança para a diferença entre as médias.

| 1.0   | 1.3   |
|-------|-------|
| 7,4   | 7,7   |
| 7,0   | 7,1   |
| 6,9   | 8,2   |
| 6,8   | 7,4   |
| 7,6   | 7,2   |
| 6,7   | 7,5   |
| 7,0   | 7,2   |
| 6,6   | 7,0   |
| 7,2   | 7,4   |
| 6,8   | 8,3   |
| 7,000 | 7,500 |
| 0,316 | 0,445 |

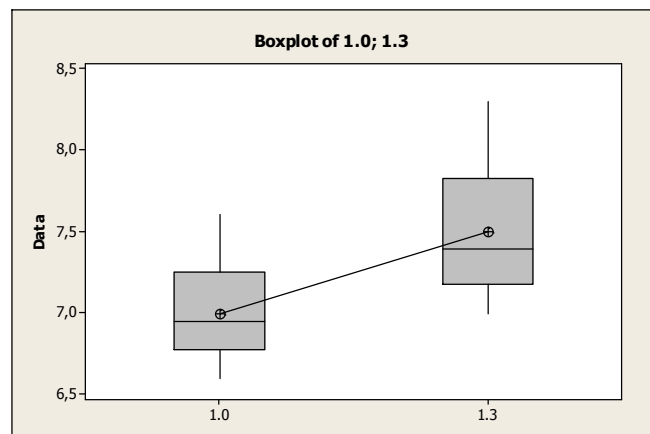


Figura 4.4 Boxplot das Amostras 1.0 e 1.3.

**IC (  $\mu_1 - \mu_2$ , 95% )**

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm t_{n_1+n_2-2; 2,5\%} \cdot s_c \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

$$s_c^2 = \frac{9 \cdot (0,445)^2 + 9 \cdot (0,316)^2}{18} = 0,1489 \Rightarrow s_c = 0,386$$

$$t_{18; 2,5\%} = 2,101$$

$$(7,5 - 7,0) \pm (2,101) \cdot (0,386) \cdot \sqrt{\frac{1}{10} + \frac{1}{10}}$$

$$0,500 \pm 0,363 \quad \text{ou} \quad 0,137 \leq \mu_1 - \mu_2 \leq 0,863 \quad c / 95\%$$

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 1) Considere-se a seguinte amostra com  $n = 10$  observações de uma variável normal. Determine os intervalos de confiança para a média e o desvio padrão populacionais, utilizando níveis de confiança 90, 95 e 99%. Interprete os resultados.

9,5    9,6    9,7    9,8    9,8    9,8    9,9    9,9    10,0    10,2

- 2) Uma amostra aleatória de uma variável contínua forneceu os seguintes valores:

23,5    26,3    28,0    28,2    29,4    29,5    30,6    31,6    33,9    39,3

Calcule os limites da média da variável em questão com 90% de confiança. Qual deveria ser o tamanho da amostra para que a precisão do intervalo de confiança fosse igual a 0,5? Que hipóteses estão implícitas na resolução do exercício ?

- 3) Seja  $X$  uma variável aleatória uniforme entre 0 e  $\theta$ . Determine um intervalo de confiança, baseado em grandes amostras, utilizando como estimador de  $\theta$  o dobro da média amostral.

- 4) Considere-se a seguinte amostra de uma v.a. exponencial :

4,0    10,0    12,3    18,7    26,8    30,3    41,5    73,0    117,5    223,6

Sabendo-se que a v.a.  $2\lambda n \bar{X}$  tem distribuição qui-quadrado com  $2n-1$  graus de liberdade, determine um intervalo de confiança para a média da variável ( $\mu=1/\lambda$ ).

- 5) Construa um histograma e determine os intervalos de confiança (99%) para a média e o desvio padrão da seguinte distribuição de freqüências:

| x  | $f_i$ |
|----|-------|
| 75 | 1     |
| 77 | 6     |
| 79 | 16    |
| 81 | 32    |
| 83 | 22    |
| 85 | 16    |
| 87 | 4     |
| 89 | 2     |
| 91 | 1     |

- 6) Os dados abaixo correspondem à quantidade de defeitos por unidade, em uma amostra com 100 dispositivos. Determine intervalos com 95% de confiança para o número médio de defeitos por unidade e para a porcentagem de itens com 2 ou mais defeitos.

| x | $f_i$ |
|---|-------|
| 0 | 20    |
| 1 | 30    |
| 2 | 25    |
| 3 | 14    |
| 4 | 7     |
| 5 | 3     |
| 6 | 0     |
| 7 | 1     |
| 8 | 0     |

- 7) Uma empresa compra um insumo com especificação de distribuição normal, com média 40,0 e desvio padrão 0,5. Para avaliar um potencial fornecedor A, foi coletada uma amostra que forneceu os seguintes valores :

|              |      |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|
|              | 39,8 | 42,1 | 39,6 | 40,0 | 39,7 |
|              | 38,5 | 39,2 | 40,0 | 40,7 | 38,6 |
| Fornecedor A | 40,5 | 40,2 | 39,9 | 39,5 | 38,4 |
|              | 40,9 | 40,3 | 41,8 | 39,4 | 41,4 |
|              | 39,3 | 39,7 | 42,0 | 39,5 | 40,6 |

Determine os intervalos com 95% de confiança para a média e o desvio padrão.

- 8) Em relação ao exercício anterior, um segundo fornecedor B foi consultado e, em uma amostra de igual tamanho, obteve-se média 39,6 e desvio padrão 0,6. Construa intervalos de confiança para a média e o desvio padrão do fornecedor B. A partir dos resultados obtidos, analise a adequação de cada um dos fornecedores.
- 9) Uma pesquisa de mercado revelou que 25% de uma amostra 400 entrevistados preferem os produtos da marca A. Determine um intervalo com 95% de confiança para a porcentagem global de clientes com preferência pela marca A.
- 10) Uma amostra com 50 itens apresentou 4% de itens desconformes. Utilizando a distribuição binomial , determine, com 95% de confiança, as porcentagens máxima e mínima de itens desconformes do processo de produção. Compare os resultados com os obtidos utilizando a aproximação normal.
- 11) Testes de resistência foram realizados com dois diferentes tipos de materiais, dando origem aos resultados apresentados na tabela abaixo. Construa os intervalos com 95% de confiança para a diferença entre as médias e para a razão entre as variâncias.

| Material | Tamanho da Amostra | Média | Desvio Padrão |
|----------|--------------------|-------|---------------|
| 1078     | 25                 | 123,8 | 3,8           |
| 1064     | 25                 | 107,5 | 2,4           |

- 12) Deseja-se avaliar a porcentagem de motorista que desrespeita o limite de velocidade em uma rodovia. Enquanto a velocidade máxima estava fixada em 100 km/h, observou-se que, em uma amostra aleatória com 100 veículos, 42 ultrapassaram o limite estabelecido. Após a alteração do limite para 120 km/h, uma segunda amostra de mesmo tamanho mostrou apenas 18 motoristas acima do limite. Determine um intervalo com 95% de confiança para a diferença entre.