

# Estimação: (B) Estimação por intervalo

Wagner H. Bonat  
Fernando P. Mayer  
Elias T. Krainski

Universidade Federal do Paraná  
Departamento de Estatística  
Laboratório de Estatística e Geoinformação

10/05/2018



# Sumário

- 1 Introdução
- 2 Intervalos de confiança para a média:  $\sigma$  conhecido
  - IC para a média:  $\sigma$  conhecido
  - Determinação do tamanho amostral
- 3 Intervalos de confiança para a média:  $\sigma$  desconhecido
  - IC para a média:  $\sigma$  desconhecido
  - Determinação do tamanho amostral
- 4 Intervalo de confiança para a proporção  $p$ 
  - IC para a proporção  $p$
  - Determinação do tamanho amostral
- 5 Exercícios

# Estimação

Existem dois tipos de estimativas que podemos obter a partir de uma **amostra aleatória**:

## Estimativa pontual

Fornecem como estimativa um único valor numérico para o parâmetro de interesse

## Estimativa intervalar

Fornece um intervalo de valores “plausíveis” para o parâmetro de interesse

# Estimação

Por serem **variáveis aleatórias**, os estimadores pontuais possuem uma distribuição de probabilidade (distribuições amostrais).

Com isso, podemos apresentar uma estimativa mais informativa para o parâmetro de interesse, que inclua uma medida de **precisão** do valor obtido  
→ **estimativa intervalar** ou **intervalo de confiança**.

Os **intervalos de confiança** são obtidos a partir da **distribuição amostral** de seus estimadores.

# Sumário

- 1 Introdução
- 2 Intervalos de confiança para a média:  $\sigma$  conhecido
  - IC para a média:  $\sigma$  conhecido
  - Determinação do tamanho amostral
- 3 Intervalos de confiança para a média:  $\sigma$  desconhecido
  - IC para a média:  $\sigma$  desconhecido
  - Determinação do tamanho amostral
- 4 Intervalo de confiança para a proporção  $p$ 
  - IC para a proporção  $p$
  - Determinação do tamanho amostral
- 5 Exercícios

## Suposições necessárias

- A amostra é uma **amostra aleatória simples**. (Todas as amostras de mesmo tamanho tem a mesma probabilidade de serem selecionadas)
- O valor do desvio padrão populacional  $\sigma$ , é conhecido
- Uma ou ambas das seguintes condições são satisfeitas:
  - A população é normalmente distribuída
  - A amostra possui  $n > 30$

# Erro amostral

Quando coletamos uma **amostra aleatória** e calculamos uma média, sabemos que o valor da média possui um desvio natural, em relação ao verdadeiro valor da média populacional (**erro amostral**), ou seja

$$e = \bar{X} - \mu \quad \Rightarrow \quad \bar{X} = \mu + e$$

Sabemos que a **distribuição amostral da média** é uma distribuição normal, com média  $\mu$  e variância  $\sigma^2/n$ ,

$$\bar{X} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$$

## Margem de erro

Usando a transformação

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} = \frac{e}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0, 1)$$

podemos determinar o **erro máximo provável** que assumimos para a média amostral que estamos calculando.

O **erro máximo provável** ou **margem de erro** da média é definido por

$$e = z_{\gamma/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

onde  $z_{\gamma/2}$  é chamado de **valor crítico**.



# Intervalo de confiança

Fixando um valor  $\gamma$  tal que  $0 < \gamma < 1$ , podemos encontrar um valor  $z_{\gamma/2}$  tal que:

$$P[|Z| < z_{\gamma/2}] = \gamma$$

$$P[-z_{\gamma/2} < Z < z_{\gamma/2}] = \gamma$$

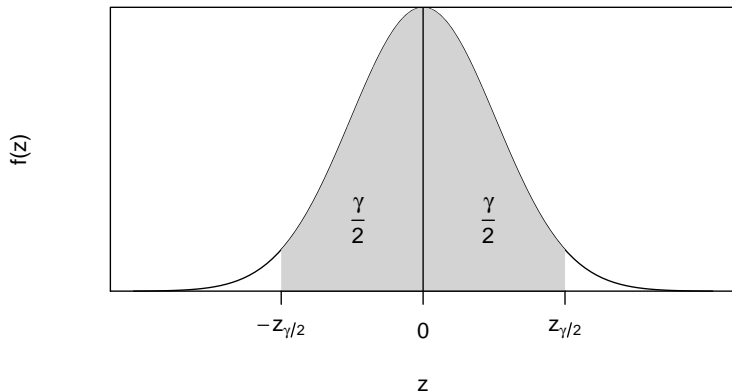
$$P[-z_{\gamma/2} < \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} < z_{\gamma/2}] = \gamma$$

$$P[\bar{x} - z_{\gamma/2} \cdot \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) < \mu < \bar{x} + z_{\gamma/2} \cdot \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)] = \gamma$$

$$P[\bar{x} - e < \mu < \bar{x} + e] = \gamma$$

# Intervalo de confiança

O valor crítico  $z_{\gamma/2}$  é o valor de  $\gamma$  dividido por 2, uma vez que a “massa”  $\gamma$  deve ser distribuída igualmente em torno de 0.



## Coeficiente de confiança $\gamma$

A área  $\gamma$  determina o **coeficiente de confiança** associado ao intervalo de confiança que estamos construindo.

O valor  $z_{\gamma/2}$  pode ser obtido da tabela da Normal padrão, localizando o valor de  $\gamma/2$  no corpo da tabela e obtendo o valor  $z_{\gamma/2}$  nas margens correspondentes.

Exemplo:  $\gamma = 0,95$ :

- Temos que  $\gamma/2 = 0,475$  é a área que devemos procurar no corpo da tabela
- O valor de  $z_{\gamma/2}$  será determinado pelos valores correspondentes nas margens da tabela. Nesse caso,  $z_{\gamma/2} = 1,96$  é o valor crítico procurado.

# Intervalo de confiança

Com estas definições, podemos construir um **intervalo de confiança** para  $\mu$ , com **coeficiente de confiança**  $\gamma$ :

$$\text{IC}(\mu, \gamma) = \left[ \bar{X} - z_{\gamma/2} \cdot \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right); \bar{X} + z_{\gamma/2} \cdot \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \right]$$

Outras notações:

$$\bar{x} - e < \mu < \bar{x} + e$$

$$\bar{x} \pm e$$

$$[\bar{x} - e; \bar{x} + e]$$

# Procedimentos gerais para a construção de intervalos de confiança

1. Verifique se as suposições necessárias estão satisfeitas
  - Temos uma AAS
  - $\sigma$  é conhecido
  - A população tem distribuição normal ou  $n > 30$
2. Determine o nível de confiança  $\gamma$ , e encontre o valor crítico  $z_{\gamma/2}$
3. Calcule a margem de erro  $e = z_{\gamma/2} \cdot (\sigma/\sqrt{n})$
4. Calcule  $IC(\mu, \gamma)$

# Interpretação de um intervalo de confiança

Suponha que obtivemos um intervalo de 95% de confiança:

$$IC(\mu, 95\%) = [52; 58]$$

## Interpretação 1

Temos 95% de confiança de que a verdadeira média populacional  $\mu$  se encontra entre 52 e 58

## Interpretação 2

Temos 95% de confiança de que o intervalo entre 52 e 58 realmente contém a verdadeira média populacional  $\mu$

# Interpretação de um intervalo de confiança

Suponha que obtivemos um intervalo de 95% de confiança:

$$IC(\mu, 95\%) = [52; 58]$$

## Interpretação 1 — ERRADA

Temos 95% de confiança de que a verdadeira média populacional  $\mu$  se encontra entre 52 e 58

## Interpretação 2 — CERTA

Temos 95% de confiança de que o intervalo entre 52 e 58 realmente contém a verdadeira média populacional  $\mu$

## Interpretação de um intervalo de confiança

Como o intervalo de confiança é calculado a partir de uma **amostra aleatória**, este intervalo **também é aleatório!**

Isso significa que para cada amostra aleatória que tivermos, um intervalo **diferente** será calculado.

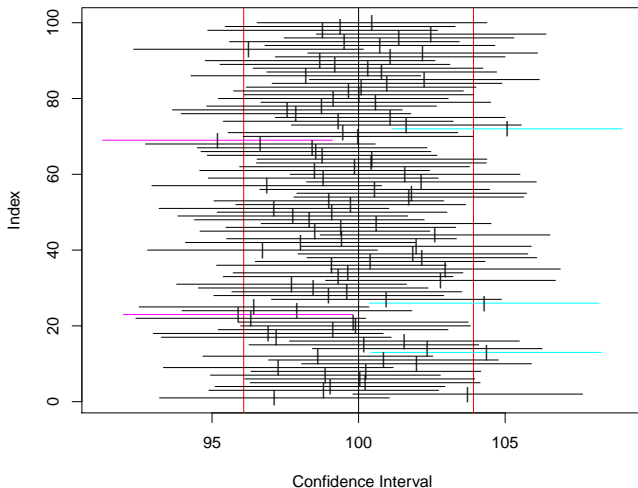
Como o valor de  $\mu$  é fixo, é o intervalo que deve conter o valor de  $\mu$ , e não o contrário.

Isso significa que se pudessemos obter 100 amostras diferentes, e calcularmos um intervalo de confiança de 95% para cada uma das 100 amostras, esperaríamos que 5 destes intervalos **não** contenham o verdadeiro valor da média populacional  $\mu$ .



# Interpretação de um intervalo de confiança

Confidence intervals based on z distribution



## Exemplo

Uma empresa de computadores deseja estimar o tempo médio de horas semanais que as pessoas utilizam o computador.

Uma amostra aleatória de 25 pessoas apresentou um tempo médio de uso de 22,4 horas. Com base em estudos anteriores, a empresa assume que  $\sigma = 5,2$  horas, e que os tempos são normalmente distribuídos.

Construa um intervalo de confiança para a média  $\mu$  com coeficiente de confiança de 95%.

## Amplitude de um intervalo

A **amplitude** de um intervalo de confiança é dada pela diferença entre o limite superior e inferior, ou seja,

$$\begin{aligned} \text{AMP}_{IC} &= \left[ \bar{x} + z_{\gamma/2} \cdot \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \right] - \left[ \bar{x} - z_{\gamma/2} \cdot \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \right] \\ &= 2 \times z_{\gamma/2} \cdot (\sigma / \sqrt{n}) \end{aligned}$$

- Note que, claramente, um intervalo de confiança depende conjuntamente de três componentes:
  - Coeficiente de confiança  $\gamma$ , expresso pelo valor crítico  $z_{\gamma/2}$
  - Desvio-padrão populacional  $\sigma$
  - Tamanho da amostra  $n$

# Amplitude de um intervalo

$z_{\gamma/2} \rightarrow$  Cada vez que aumentamos a confiança  $\gamma$ , o valor de  $z_{\gamma/2}$  fica maior, e consequentemente a amplitude do intervalo aumenta.

$\sigma \rightarrow$  Um grande desvio padrão indica a possibilidade de um considerável distanciamento dos valores amostrais em relação à média populacional

$n \rightarrow$  Quanto maior for o tamanho da amostra, maior será a quantidade de informação disponível. Com isso, valores maiores de  $n$  produzem intervalos mais informativos

## Exemplo

Seja  $X \sim N(\mu, 36)$

- a) Para uma amostra de tamanho 50, obtivemos média amostral 18,5. Construa intervalos de confiança de
  - (i) 90%   (ii) 95%   (iii) 99%
- b) Calcule as amplitudes dos intervalos acima e explique a diferença.
- c) Para um nível de confiança de 95%, construa intervalos de confiança (admita a mesma média amostral 18,5) supondo tamanhos de amostra
  - (i)  $n = 15$    (ii)  $n = 100$
- d) Calcule as amplitudes dos intervalos acima e explique a diferença.

# Determinação do tamanho amostral

Nosso objetivo é coletar dados para estimar a **média populacional**  $\mu$ .

A questão é:

*Quantos elementos (itens, objetos, pessoas, ...) devemos amostrar?*

Já vimos que, de maneira (bem) geral,  $n > 30$  é um tamanho de amostra mínimo para a maioria dos casos.

Será que podemos ter uma estimativa melhor de quantos elementos devem ser amostrados para estimarmos a média populacional com uma precisão conhecida?

# Determinação do tamanho amostral

A partir da equação do **erro máximo provável**

$$e = z_{\gamma/2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

podemos isolar  $n$  e chegar na seguinte equação para a determinação do tamanho amostral

$$n = \left[ \frac{z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{e} \right]^2$$

# Determinação do tamanho amostral

Note que, em

$$n = \left[ \frac{z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{e} \right]^2$$

- O tamanho amostral  $n$  **não** depende do tamanho populacional  $N$
- O tamanho amostral depende:
  - do nível de confiança desejado (expresso pelo valor crítico  $z_{\alpha/2}$ )
  - do erro máximo *desejado*
  - do desvio-padrão  $\sigma$  (embora veremos que não é estritamente necessário)
- Como o tamanho amostral precisa ser um número inteiro, arredondamos sempre o valor para o **maior** número inteiro mais próximo



## Exemplo

Seja  $X \sim N(\mu, 36)$

- a) Calcule o tamanho da amostra, para que com 95% de probabilidade, a média amostral não difira da média populacional por mais de
  - (i) 0,5 unidades    (ii) 2 unidades
- b) Qual o impacto do erro máximo assumido para o tamanho da amostra?
- c) Calcule o tamanho da amostra, para que a diferença da média amostral para a média populacional (em valor absoluto) seja menor ou igual a 2 unidades, com níveis de confiança de
  - (i) 90%    (ii) 95%
- d) Compare as estimativas do item anterior e analise o impacto do nível de confiança para a determinação do tamanho amostral.

# Sumário

- 1 Introdução
- 2 Intervalos de confiança para a média:  $\sigma$  conhecido
  - IC para a média:  $\sigma$  conhecido
  - Determinação do tamanho amostral
- 3 Intervalos de confiança para a média:  $\sigma$  desconhecido
  - IC para a média:  $\sigma$  desconhecido
  - Determinação do tamanho amostral
- 4 Intervalo de confiança para a proporção  $p$ 
  - IC para a proporção  $p$
  - Determinação do tamanho amostral
- 5 Exercícios

## Estimativa da variância amostral

Na maioria das situações práticas, não sabemos o verdadeiro valor do desvio padrão populacional  $\sigma$ .

Se o desvio padrão é desconhecido, ele precisa ser estimado.

Sendo  $(X_1, \dots, X_n)$  VAs onde  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , vimos que o “melhor” estimador para  $\sigma^2$  é a variância amostral

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2 \right)$$

que é não viciada e consistente para  $\sigma^2$ .

# A distribuição $t$ de Student

Definindo a variável padronizada

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{\sqrt{S^2/n}} = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

o denominador  $S^2$  fará com que a função densidade de  $T$  seja diferente da Normal.

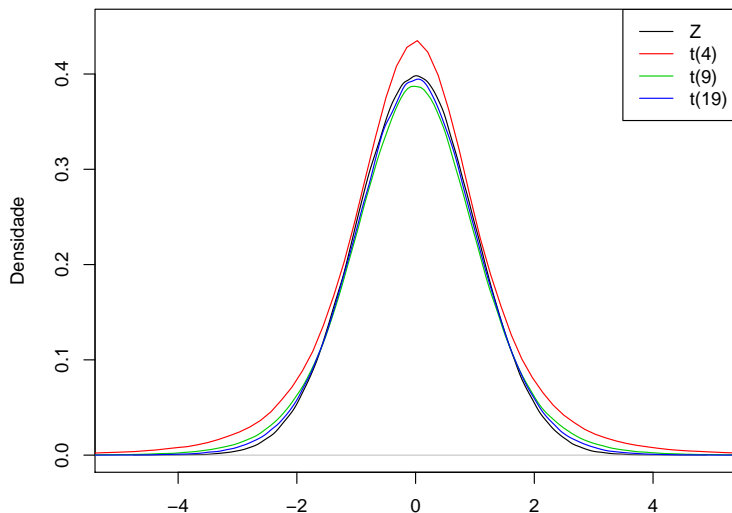
Essa nova densidade é denominada  **$t$  de Student**, e seu parâmetro é denominado **graus de liberdade**, que nesse caso é  $n - 1$ . Assim:

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

## Características da distribuição $t$

- É simétrica com média  $t = 0$  (assim como  $z = 0$ )
- É diferente para tamanhos de amostra diferentes
- Possui maior área nas caudas e menor área no centro (quando comparada com a distribuição normal)  $\rightarrow$  para incorporar a incerteza
- O desvio padrão da distribuição  $t$  varia com o tamanho da amostra (ao contrário da distribuição  $z$  onde  $\sigma = 1$ )
  - $n \downarrow \quad \sigma \uparrow$
  - $n \uparrow \quad \sigma \downarrow$
- A medida que o  $n$  amostral aumenta, a distribuição  $t$  se aproxima cada vez mais de uma distribuição normal padrão  $Z$ 
  - Por isso, para amostras grandes ( $n > 30$ ) o resultado das duas é similar

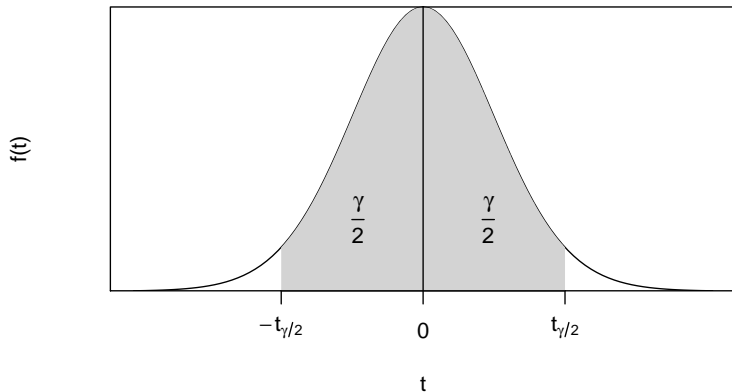
# Características da distribuição $t$



## Encontrando valores críticos de $t$

Com a definição do **nível de confiança** e sabendo o tamanho da amostra  $n$ , sabemos então o valor de  $\gamma$  e dos gl, e devemos encontrar o **valor crítico** de  $t_{\gamma/2}$ . Usando como exemplo  $\gamma = 0,95$  e uma amostra de  $n = 7$

- Temos que  $n = 7 \Rightarrow gl = n - 1 = 6$
- Na tabela da distribuição  $t$  de Student procure a linha correspondente aos gl, e coluna correspondente ao valor de  $1 - \gamma = 1 - 0,95 = 0,05 = 5\%$
- O valor de  $t_{\gamma/2}$  será determinado pelos valores correspondentes **no corpo da tabela**. Nesse caso,  $t_{\gamma/2} = 2,447$  é o valor crítico procurado.

Encontrando valores críticos de  $t$ 



# Intervalo de confiança

Com estas definições, podemos construir um **intervalo de confiança** para  $\mu$ , com **coeficiente de confiança**  $\gamma$ , e  $\sigma$  desconhecido:

$$\text{IC}(\mu, \gamma) = \left[ \bar{X} - t_{\gamma/2} \cdot \left( \frac{S}{\sqrt{n}} \right); \bar{X} + t_{\gamma/2} \cdot \left( \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \right]$$

Outras notações:

$$\bar{x} - e < \mu < \bar{x} + e$$

$$\bar{x} \pm e$$

$$[\bar{x} - e; \bar{x} + e]$$

# Procedimentos gerais para a construção de intervalos de confiança

1. Verifique se as suposições necessárias estão satisfeitas
  - Temos uma AAS
  - Temos uma estimativa de  $s$
  - A população tem distribuição normal ou  $n > 30$
2. Determine o nível de confiança  $\gamma$ , e encontre o valor crítico  $t_{\gamma/2}$
3. Calcule a margem de erro  $e = t_{\gamma/2} \cdot (S/\sqrt{n})$
4. Calcule  $IC(\mu, \gamma)$

## Exemplo

Em um teste da eficácia do alho na dieta para a redução do colesterol, 49 pessoas foram avaliadas e seus níveis de colesterol foram medidos antes e depois do tratamento. As **mudanças** nos níveis de colesterol apresentaram média de 0,4 e desvio-padrão de 21.

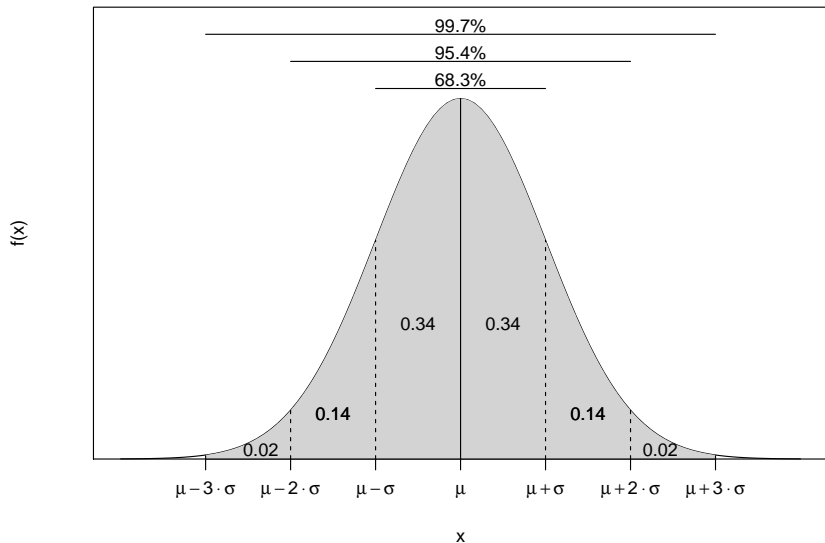
- a) Para um nível de confiança de 95%, calcule o intervalo para a verdadeira média das mudanças no nível de colesterol
- b) O que o intervalo de confiança sugere sobre a eficácia do uso do alho na dieta para a redução do colesterol?
- c) Resolva o mesmo exemplo supondo que o  $\sigma = s$  é conhecido (ou seja, usando a distribuição  $Z$ ). Compare os dois métodos.

# Determinação do tamanho amostral

Se  $\sigma$  for desconhecido?

- Estime o valor de  $\sigma$  com base em algum estudo feito anteriormente
- Faça uma amostra piloto e estime o desvio padrão amostral  $s$ , e use-o como uma aproximação para o desvio-padrão populacional  $\sigma$
- Use a **regra empírica** da amplitude para dados com distribuição (aproximadamente) normal

# Regra empírica para uma distribuição normal



## Regra empírica para uma distribuição normal

Define-se **valores usuais** aqueles que são típicos e não muito extremos.

Como sabemos que em uma distribuição (aproximadamente) normal, aproximadamente 95% dos dados encontram-se a 2 desvios-padrões acima e abaixo da média, temos que

$$4\sigma = (\max - \min)$$
$$\sigma = \frac{(\max - \min)}{4}$$

pode ser utilizado como uma estimativa para  $\sigma$ .

## Exemplo

Um professor deseja estimar o salário médio de professores do ensino médio de uma cidade. Quantos professores devem ser selecionados para termos 90% de confiança que a média amostral esteja a menos de R\$30,00 da média populacional? Sabe-se apenas que os salários variam entre R\$800,00 e R\$1.200,00.

# Sumário

- 1 Introdução
- 2 Intervalos de confiança para a média:  $\sigma$  conhecido
  - IC para a média:  $\sigma$  conhecido
  - Determinação do tamanho amostral
- 3 Intervalos de confiança para a média:  $\sigma$  desconhecido
  - IC para a média:  $\sigma$  desconhecido
  - Determinação do tamanho amostral
- 4 Intervalo de confiança para a proporção  $p$ 
  - IC para a proporção  $p$
  - Determinação do tamanho amostral
- 5 Exercícios



# Proporção amostral

A proporção amostral

$$\hat{p} = \frac{x}{n} = \frac{\text{número de sucessos}}{\text{total de tentativas}}$$

é a “melhor estimativa” para a proporção populacional  $p$

Através do estudo da distribuição amostral da proporção, chegamos aos seguintes resultados:

- A proporção amostral  $\hat{p}$  **tende** para o valor da proporção populacional  $p$
- A distribuição das proporções amostrais tende a ser uma **distribuição normal**
- $E(\hat{p}) = \mu_{\hat{p}} = p$
- $\text{Var}(\hat{p}) = \sigma_{\hat{p}}^2 = \frac{p(1-p)}{n}$

# Distribuição amostral da proporção $\hat{p}$

Assim, sabemos que

$$\hat{p} \sim N \left( p, \frac{p(1-p)}{n} \right)$$

Ainda podemos mostrar que a quantidade

$$Z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}} \sim N(0, 1)$$

Quando não conhecemos  $p$ , usamos  $\hat{p} = x/n$  como estimativa

# Erro amostral da proporção

O **erro amostral** da proporção pode ser definido por

$$e = \hat{p} - p \Rightarrow p = \hat{p} + e$$

então

$$Z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}} = \frac{e}{\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}} \sim N(0, 1)$$

Portanto o **erro máximo provável** ou **margem de erro** da proporção é

$$e = z_{\gamma/2} \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

# Intervalo de confiança

Com estas definições, podemos construir um **intervalo de confiança** para  $p$ , com **coeficiente de confiança**  $\gamma$

$$IC(p, \gamma) = \left[ \hat{p} - z_{\gamma/2} \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}; \hat{p} + z_{\gamma/2} \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \right]$$

Outras notações:

$$\hat{p} - e < p < \hat{p} + e$$

$$\hat{p} \pm e$$

$$[\hat{p} - e; \hat{p} + e]$$

# Procedimentos gerais para a construção de intervalos de confiança

1. Verifique se as suposições necessárias estão satisfeitas
  - Temos uma AAS
  - As condições para a distribuição binomial são satisfeitas
    - as tentativas são independentes
    - há duas categorias de resultado (“sucesso”, “fracasso”)
    - a probabilidade de sucesso  $p$  permanece constante
  - A distribuição normal pode ser usada como aproximação para a distribuição binomial, ou seja,  $np \geq 5$  e  $np(1 - p) \geq 5$
2. Determine o nível de confiança  $\gamma$ , e encontre o valor crítico  $z_{\gamma/2}$
3. Calcule a margem de erro  $e = z_{\gamma/2} \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$
4. Calcule  $IC(p, \gamma)$

## Determinação do tamanho amostral

Uma possível dificuldade nessa abordagem é que em geral não conhecemos o verdadeiro valor de  $p$  para calcular o IC.

Quando **não conhecemos** a proporção populacional  $p$ , temos duas alternativas:

1. Usar  $\hat{p}$  no lugar de  $p$  (**estimativa otimista**)
2. Usar  $p = 0,5$  (**estimativa conservadora**). Porque quando  $p = 0,5$ , o termo  $p(1 - p)$  terá valor máximo.

$p$	$(1 - p)$	$p(1 - p)$
0,1	0,9	0,09
0,3	0,7	0,21
0,5	0,5	<b>0,25</b>
0,6	0,4	0,24
0,8	0,2	0,16

## Exemplo

Em uma pesquisa realizada por um instituto de pesquisa Norte-Americano, 1500 adultos foram selecionados aleatoriamente para responder à pergunta se acreditam ou não no aquecimento global. 1050 entrevistados responderam que sim. Com isso:

- a) Para um nível de confiança de 95%, calcule o intervalo de confiança para a verdadeira proporção de pessoas que acreditam no aquecimento global, utilizando:
  - (i)  $p = \hat{p}$  e (ii)  $p = 0,5$  e compare os resultados.
- b) Com base nesses resultados, podemos concluir que a maioria dos adultos acredita no aquecimento global?

# Determinação do tamanho amostral

A partir da equação do erro máximo provável

$$e = z_{\gamma/2} \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

podemos isolar  $n$  e chegar na seguinte equação para a determinação do tamanho amostral para uma proporção populacional

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

Quando não conhecemos  $p$ , usamos  $\hat{p}$  (estimativa otimista) ou  $p = 0,5$  (estimativa conservadora) como estimativas de  $p$ .



## Exemplo

Um fabricante de peças deseja estimar a verdadeira proporção de peças defeituosas no processo de fabricação, com um erro máximo de 3% e nível de confiança de 99%. Calcule o tamanho da amostra necessário para se estimar esta proporção se:

- a) O fabricante tem uma estimativa de que em uma amostra anterior, aproximadamente 10% das peças eram defeituosas.
- b) O fabricante não tem nenhuma informação prévia sobre a proporção de peças defeituosas.

# Sumário

- 1 Introdução
- 2 Intervalos de confiança para a média:  $\sigma$  conhecido
  - IC para a média:  $\sigma$  conhecido
  - Determinação do tamanho amostral
- 3 Intervalos de confiança para a média:  $\sigma$  desconhecido
  - IC para a média:  $\sigma$  desconhecido
  - Determinação do tamanho amostral
- 4 Intervalo de confiança para a proporção  $p$ 
  - IC para a proporção  $p$
  - Determinação do tamanho amostral
- 5 Exercícios

# Exercícios recomendados

- Seção 7.4 - 1 a 5
- Seção 7.5 - 17, 19, 21, 23, 25, 29
- **Seção 8.3 (distribuição  $t$ ) - 1**