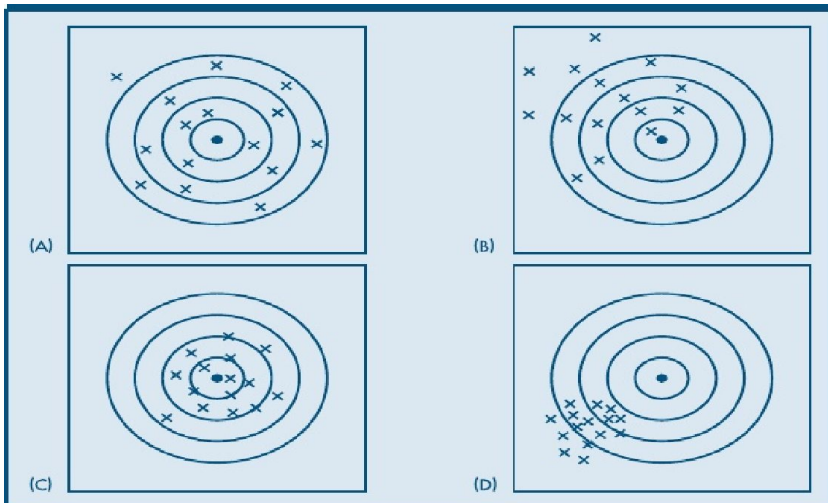
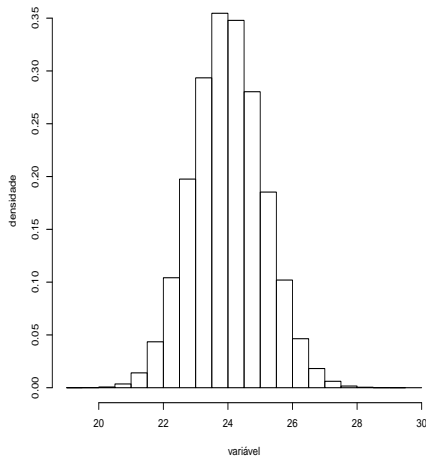


# Estimação (de Bussab & Morettin (2010))

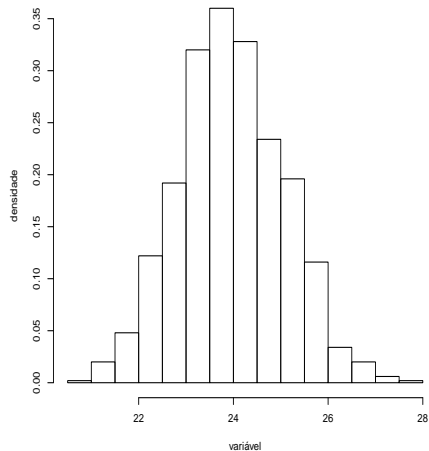


# População e amostra

Histograma:população



Histograma:amostra



# Estatística

- Uma estatística é uma característica da amostra. Ou seja, se  $X_1, \dots, X_n$  é uma amostra,  $T = \text{função}(X_1, \dots, X_n)$  é uma estatística.
- Exemplos
  - $\bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{X_1 + \dots + X_n}{n}$ : a média amostral é uma estatística
  - $X_{(1)} = \min\{X_1, \dots, X_n\}$
  - $X_{(n)} = \max\{X_1, \dots, X_n\}$
  - $X_{(i)}$  é o  $i$ -ésimo valor da amostra ordenada
- Note que uma estatística é uma função que em uma determinada amostra, assume um valor numérico.

# Estatística

- Para que serve uma estatística? Para “estimar” os valores de uma distribuição, ou características de uma população.
- População:
  - média<sub>P</sub>
  - variância<sub>P</sub>
- Amostra:
  - média<sub>A</sub> =  $\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$  “estima” a média<sub>P</sub>
  - variância<sub>A</sub> =  $\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \text{média}_A)^2}{n}$  “estima” a variância<sub>P</sub>

# Estatística

- Exemplo de uso de uma estatística para estimar uma quantidade de interesse: Seja  $\theta$  a proporção na cidade de Campinas de consumidores de um determinado produto.
  - planejamento de experimento: planeja-se obter uma amostra aleatória simples de tamanho  $n = 100$ , sem reposição.
  - cada  $X_i$ ,  $i = 1, \dots, 100$ , vai assumir o valor 1 se a pessoa  $i$  consome o produto, e 0 se não.
  - estatística:  $T = \frac{X_1 + \dots + X_{100}}{100}$
  - experimento: uma vez que o experimento foi implementado,  $T$  assume um valor  $t_0$ , que estima  $\theta$ , ou seja,  $\hat{\theta} = t_0$

# Parâmetros

- Cada quantidade de interesse (como  $\theta$  no exemplo anterior) é chamado de parâmetro da população.
- Para apresentar uma estimativa de um parâmetro (como  $\hat{\theta}$ ), devemos escolher uma estatística (Como  $T$ ).
- Note que da maneira que o experimento é planejado, a estatística  $T$  é uma variável aleatória, uma vez que o experimento pode apresentar resultados diversos, se repetido diversas vezes.
- Portanto, a estatística  $T$  (não necessariamente  $T = \frac{X_1 + \dots + X_{100}}{100}$ ) possui uma distribuição, que será a **distribuição amostral de  $T$** .

# Aplicação e Exemplos de Distribuição Amostral

- Planejamento: pretendemos avaliar a honestidade de uma moeda. Para isso, planeja-se lançar uma moeda 50 vezes, sendo cada lançamento independente dos demais. Definimos:

$$X_i = \begin{cases} 1, & \text{quando cara} \\ 0, & \text{quando coroa} \end{cases}$$

- Assim, a variável  
 $Y = \sum_{i=1}^{50} X_i =$  número de caras nos 50 lançamentos
- $Y$  é uma v.a. que pode assumir os valores  $\{0, 1, 2, \dots, 50\}$

# Aplicação e Exemplos de Distribuição Amostral

- $Y = \sum_{i=1}^{50} X_i \sim B(50, p)$ , pois é uma soma de Bernoullis
- $p = P(X_i = 1) = P(\text{obter cara})$
- $Y$  é a estatística usada para avaliar a honestidade da moeda
- se a moeda for honesta  $p = \frac{1}{2}$
- Definimos por fim  $T = \frac{Y}{n}$ , e a partir de  $T$ , estimamos  $p$
- Supondo que foram observadas 30 caras nos 50 lançamentos,  
$$T = \frac{30}{50} = 0.6 = \hat{p}$$



# Aplicação e Exemplos de Distribuição Amostral

- Qual a importância de saber a distribuição de  $Y$ ? Para avaliar se a ocorrência de 30 caras em 50 lançamentos nos traz evidências se a moeda é honesta ou não.
- Assumindo que a moeda é honesta, dado  $p = \frac{1}{2}$ :

$$P(Y = 30 | n = 50, p = 0.5) = \binom{50}{30} (0.5)^{30} (0.5)^{20} = 0.042$$

- Então  $P(Y \geq 30 | n = 50, p = 0.5) = 0.08$

# Aplicação e Exemplos de Distribuição Amostral

- Assim, se a moeda for honesta, a probabilidade de ocorrer mais de 30 caras em 50 lançamentos é de aproximadamente 0.08.
- Essa probabilidade é evidência suficiente contra a honestidade da moeda?

# Distribuição Amostral

- **Resultado:** Seja  $X$  uma v.a. com média  $\mu$  e variância  $\sigma^2$ . Seja  $X_1, \dots, X_n$  uma amostra casual simples de  $X$ .
  - $\bar{X}_n = \frac{X_1 + \dots + X_n}{n}$
  - $E(\bar{X}_n) = \mu$
  - $Var(\bar{X}_n) = \frac{\sigma^2}{n}$
- Exemplo:  $X_1, X_2, X_3$  ensaios  $Ber(0.3)$  independentes
  - $E(X_i) = 0.3 \Rightarrow E(\bar{X}_3) = 0.3$
  - $Var(X_i) = 0.3(0.7) = 0.21 \Rightarrow Var(\bar{X}_3) = \frac{0.21}{3} = 0.07$

# Teorema Central do Limite

- **Resultado (T.C.L.):** Para amostras casuais simples  $X_1, \dots, X_n$  colhidas de uma população com média  $\mu$  e variância  $\sigma^2$ , a distribuição amostral de  $\bar{X}_n$  aproxima-se de uma distribuição Normal de média  $\mu$  e variância  $\frac{\sigma^2}{n}$ , quando  $n$  for suficientemente grande.

# Teorema Central do Limite

- Exemplo:  $X_1, \dots, X_n$  uma amostra aleatória

- $\exp(2)$ :  $f_{X_i}(x) = 2e^{-2x}\mathbb{I}_{(x>0)}$

- $E(X_i) = \frac{1}{2}$

- $Var(X_i) = \frac{1}{4}$

Suponha que  $X_i$  modela o tempo de vida de um transistor em horas.

Os tempos de 100 transistores são coletados. Desejamos estudar a variável aleatória  $\bar{X}_{100}$ , e pelo T.C.L., temos que:

- $E(\bar{X}_{100}) = \frac{1}{2}$

- $Var(\bar{X}_{100}) = \frac{1/4}{100} = \frac{1}{400}$

- $\bar{X}_{100} \sim N\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{400}\right)$

# Teorema Central do Limite

- **Resultado do T.C.L.:** Se  $X_1, \dots, X_n$  é uma amostra casual simples com média  $\mu$  e variância  $\sigma^2$ , e definimos  $\bar{X}_n = \frac{X_1 + \dots + X_n}{n}$ , quando  $n$  for suficientemente grande:

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

- Retomando o exemplo dos transistores:  $\frac{\bar{X}_{100} - (1/2)}{(1/2)/\sqrt{100}} \sim N(0, 1)$

# Teorema Central do Limite

- Utilidade do Resultado:

$$\begin{aligned}P(\bar{X}_{100} \leq x) &= P\left(\frac{\bar{X}_{100} - (1/2)}{(1/2)/\sqrt{100}} \leq \frac{x - (1/2)}{(1/2)/\sqrt{100}}\right) \\ &= P(Z \leq 10(2x - 10))\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P(\bar{X}_{100} \geq x) &= 1 - P(\bar{X}_{100} \leq x) \\ &= 1 - P\left(\frac{\bar{X}_{100} - (1/2)}{(1/2)/\sqrt{100}} \leq \frac{x - (1/2)}{(1/2)/\sqrt{100}}\right) \\ &= 1 - P(Z \leq 10(2x - 10))\end{aligned}$$