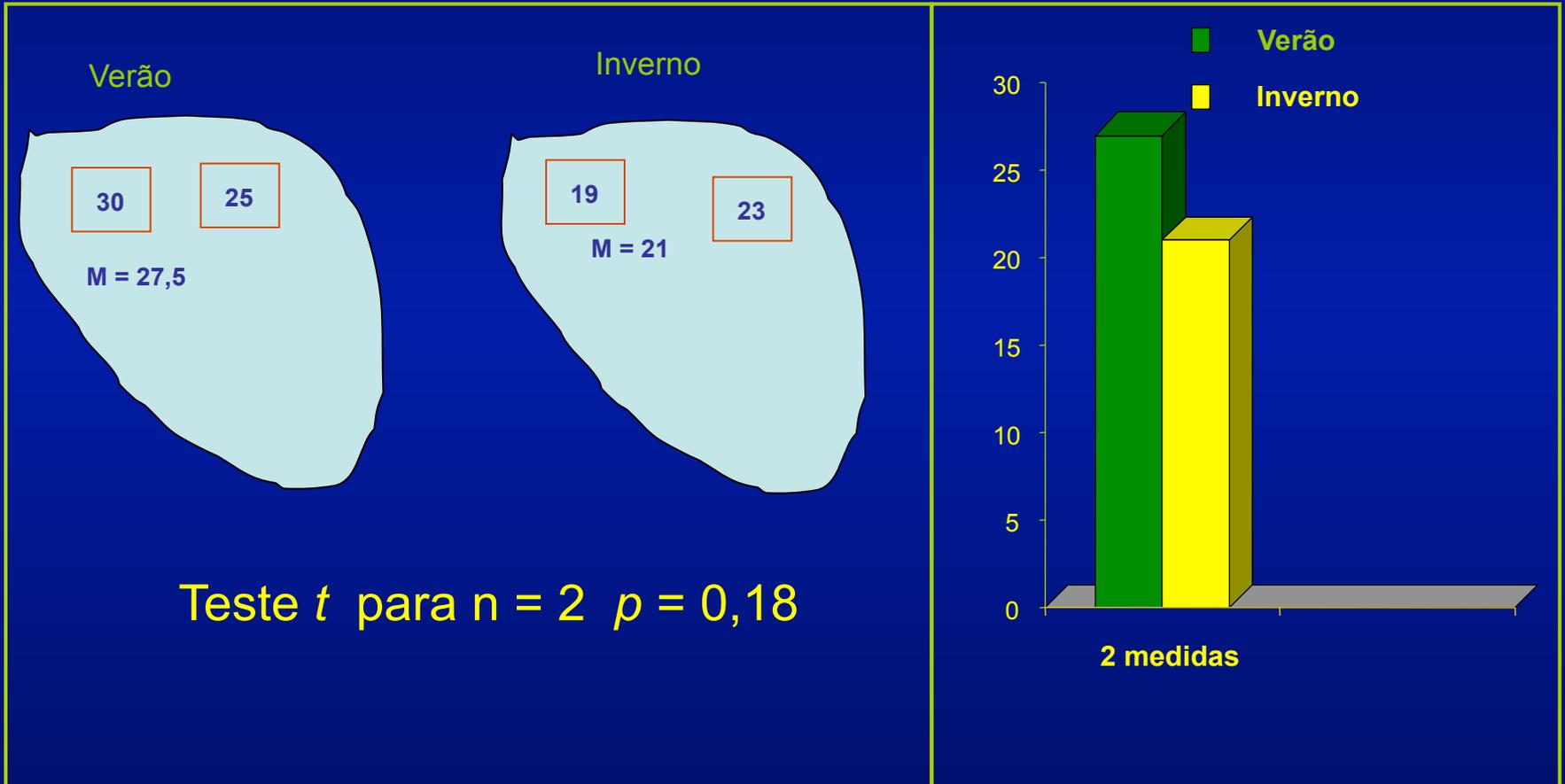


# Amostragem II

- Poder estatístico
- Múltiplas comparações

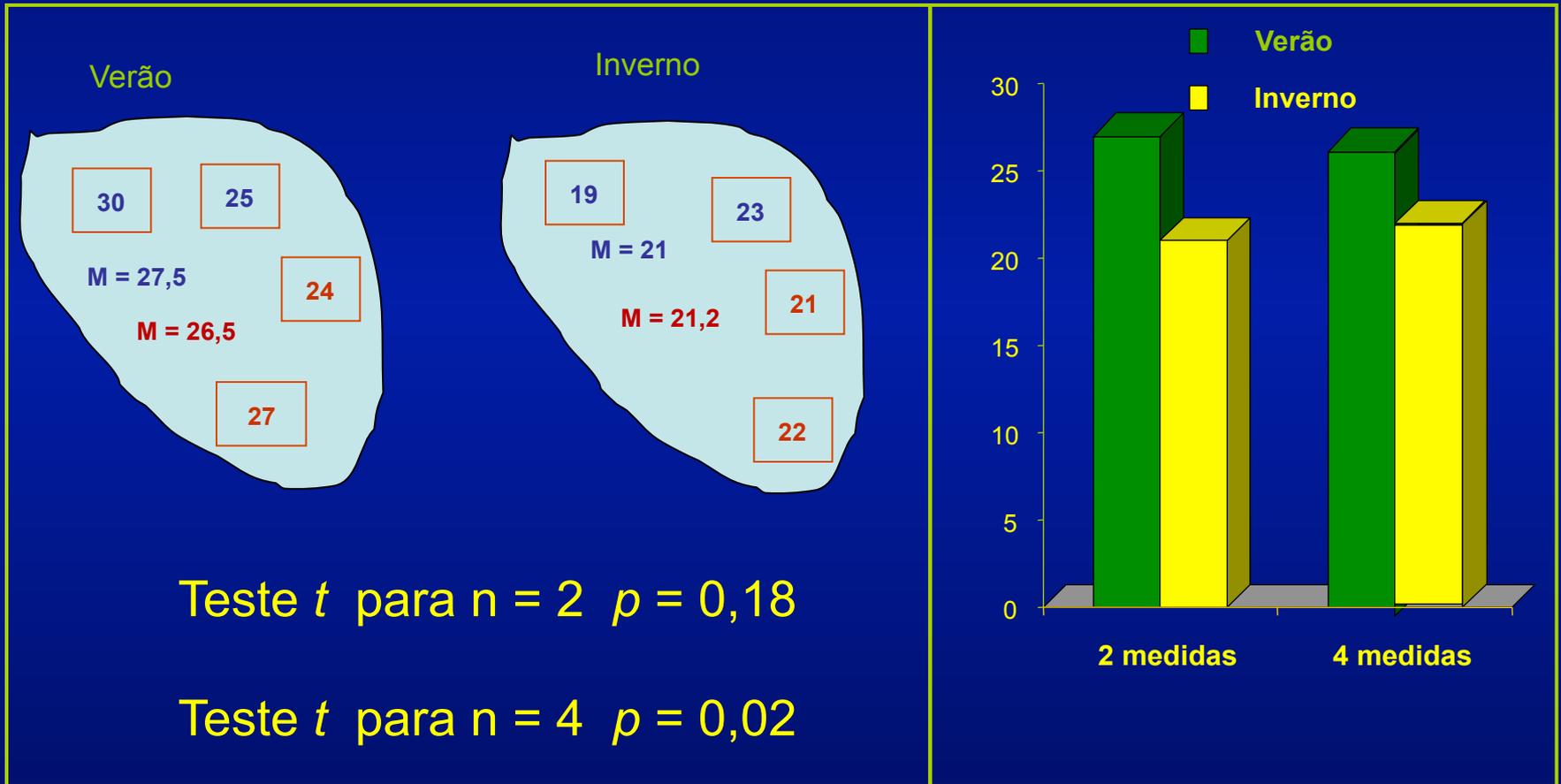
# PODER ESTATÍSTICO

Temperatura em um lago



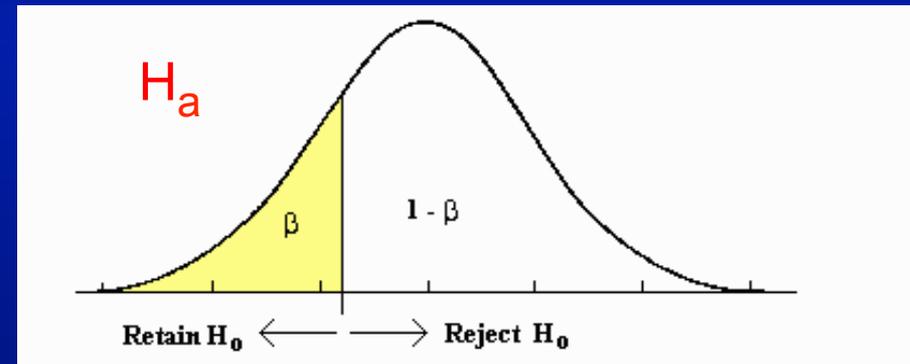
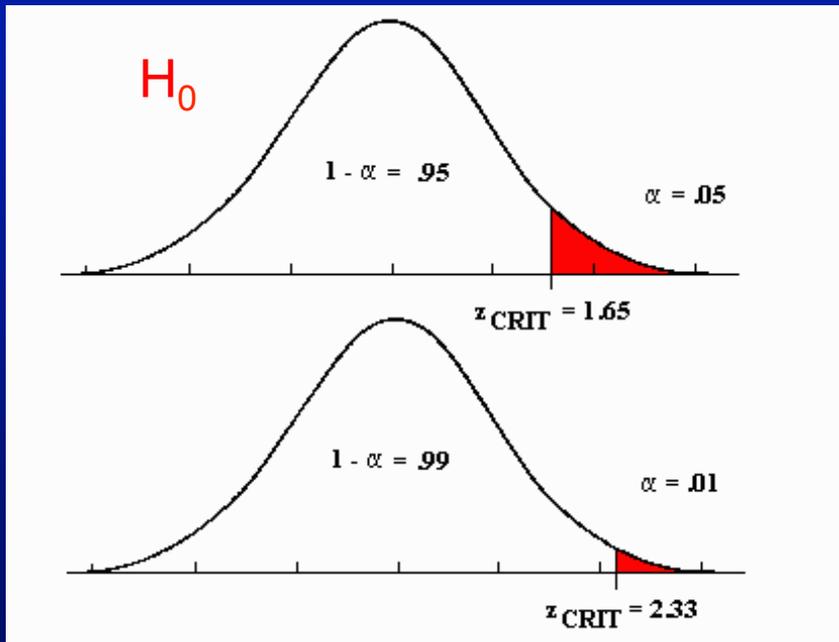
# PODER ESTATÍSTICO

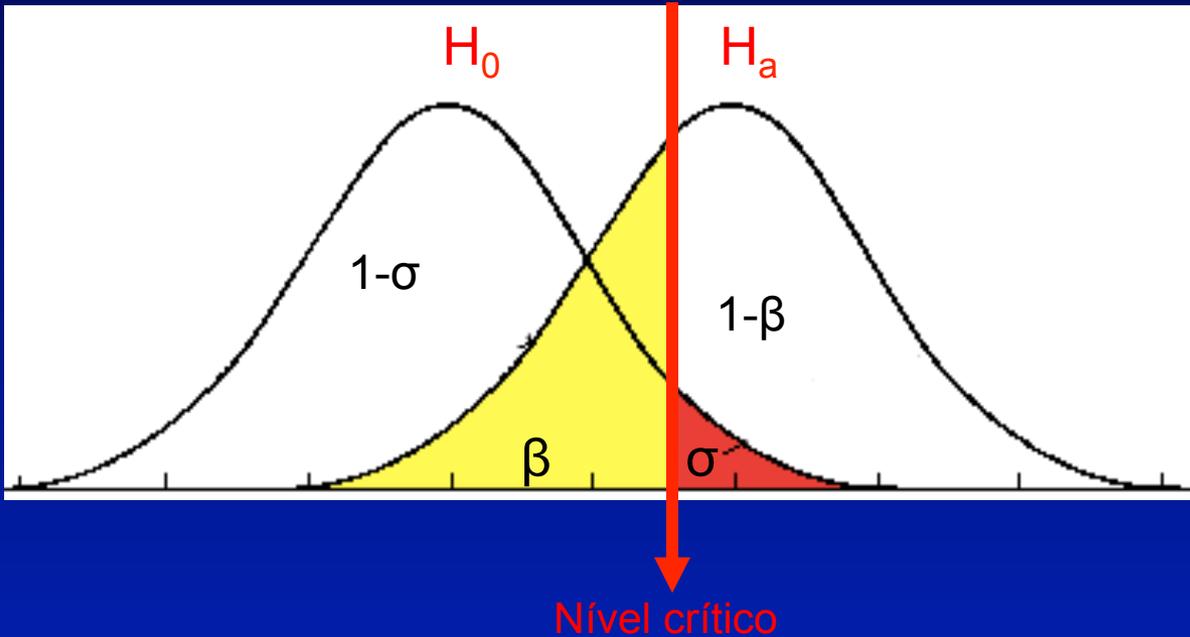
Temperatura em um lago



# PODER ESTATÍSTICO

- $1 - \beta$
  - Poder de rejeitar  $H_0$  (reconhecer diferença) quando  $H_0$  é falsa
- $\alpha$  (Probabilidade do Erro do Tipo I)     $\beta$  (Probabilidade do Erro do Tipo II)





## DECISÃO E RESULTADOS

	Não rejeitou $H_0$	Rejeitou $H_0$
REALIDADE		
$H_0$ é verdadeira	Correto ( $1-\alpha$ )	Erro do Tipo I ( $\alpha$ )
$H_0$ é falsa	Erro do Tipo II ( $\beta$ )	Correto ( $1-\beta$ )

# PODER ESTATÍSTICO

Poder depende de:

1. Número de réplicas
2. Variabilidade
3. Nível de significância ( $\alpha$ )
4. Magnitude do Efeito

Como aumentar o poder:

1. Aumentando a replicagem
2. Alterando  $\alpha$  (Erro do Tipo I)
3. Alterando a magnitude do efeito

# PODER ESTATÍSTICO

Poder depende de:

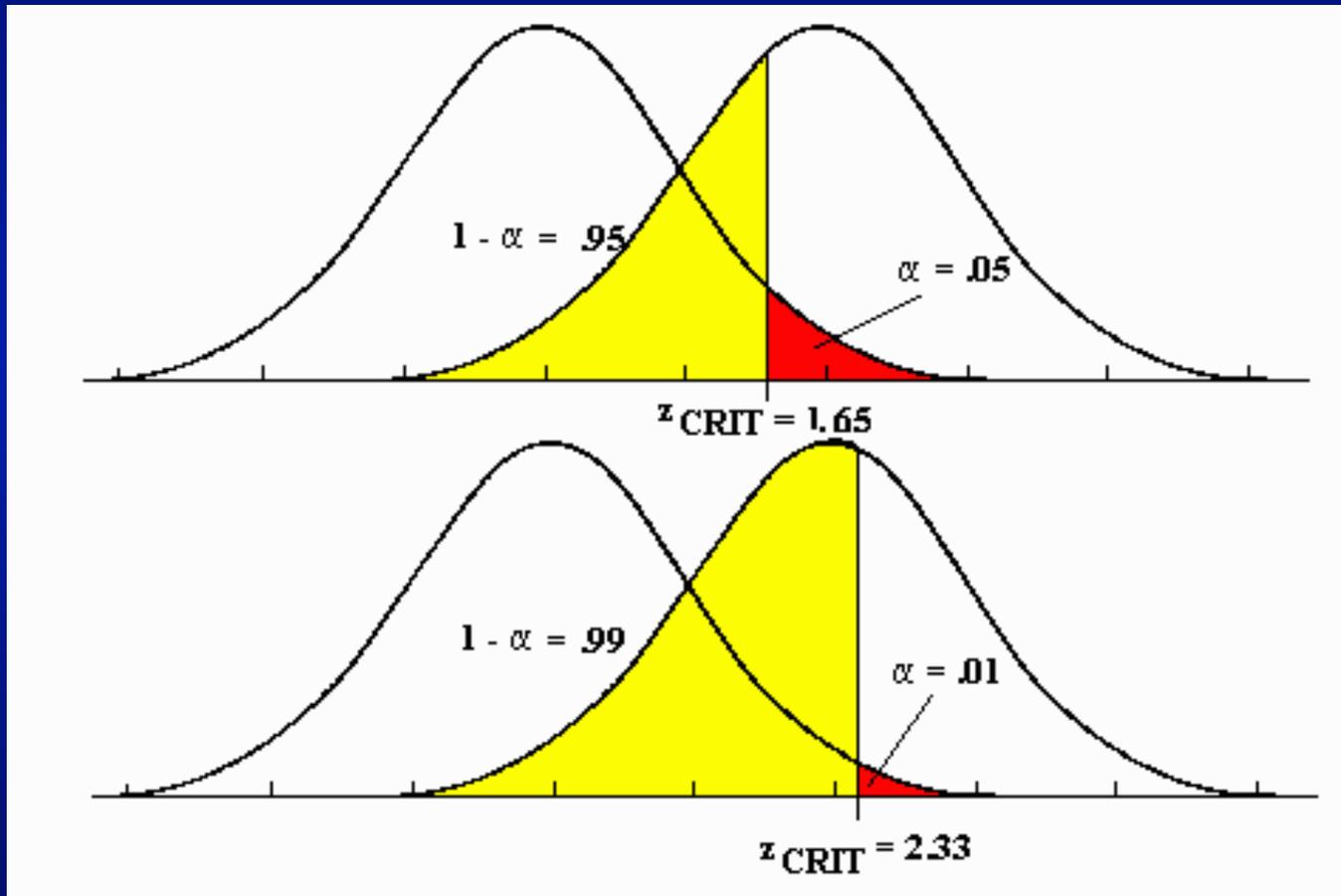
1. Número de réplicas
2. Variabilidade
3. Nível de significância ( $\alpha$ )
4. Magnitude do Efeito

Como aumentar o poder:

1. Aumentando a replicagem
2. Alterando  $\alpha$  (Erro do Tipo I)
3. Alterando a magnitude do efeito ?

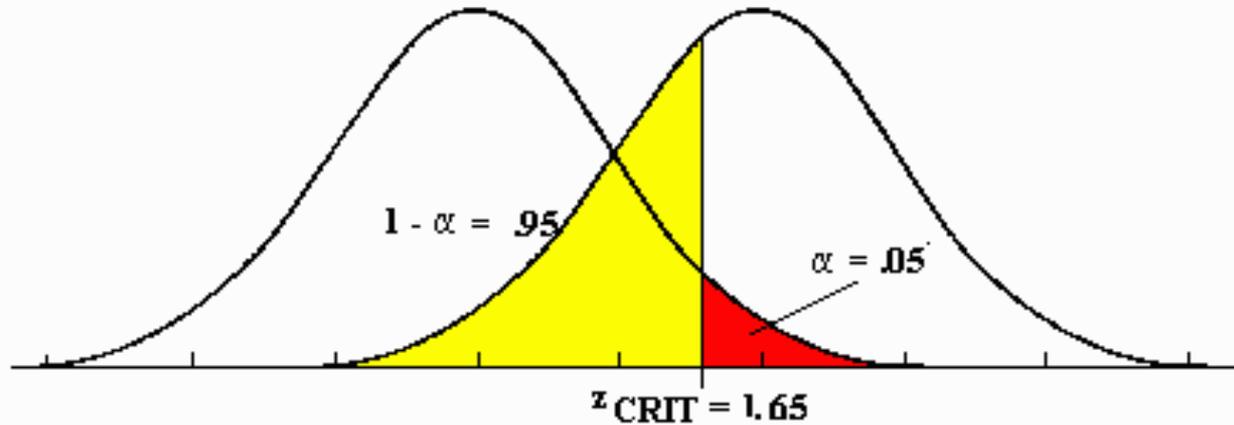
# PODER ESTATÍSTICO

Alterando  $\alpha$

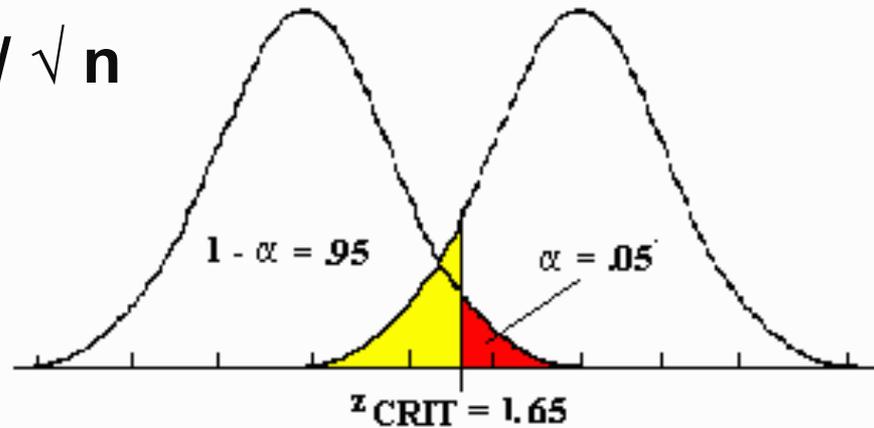


# PODER ESTATÍSTICO

Incrementando a  
replicagem ( $> n$ )

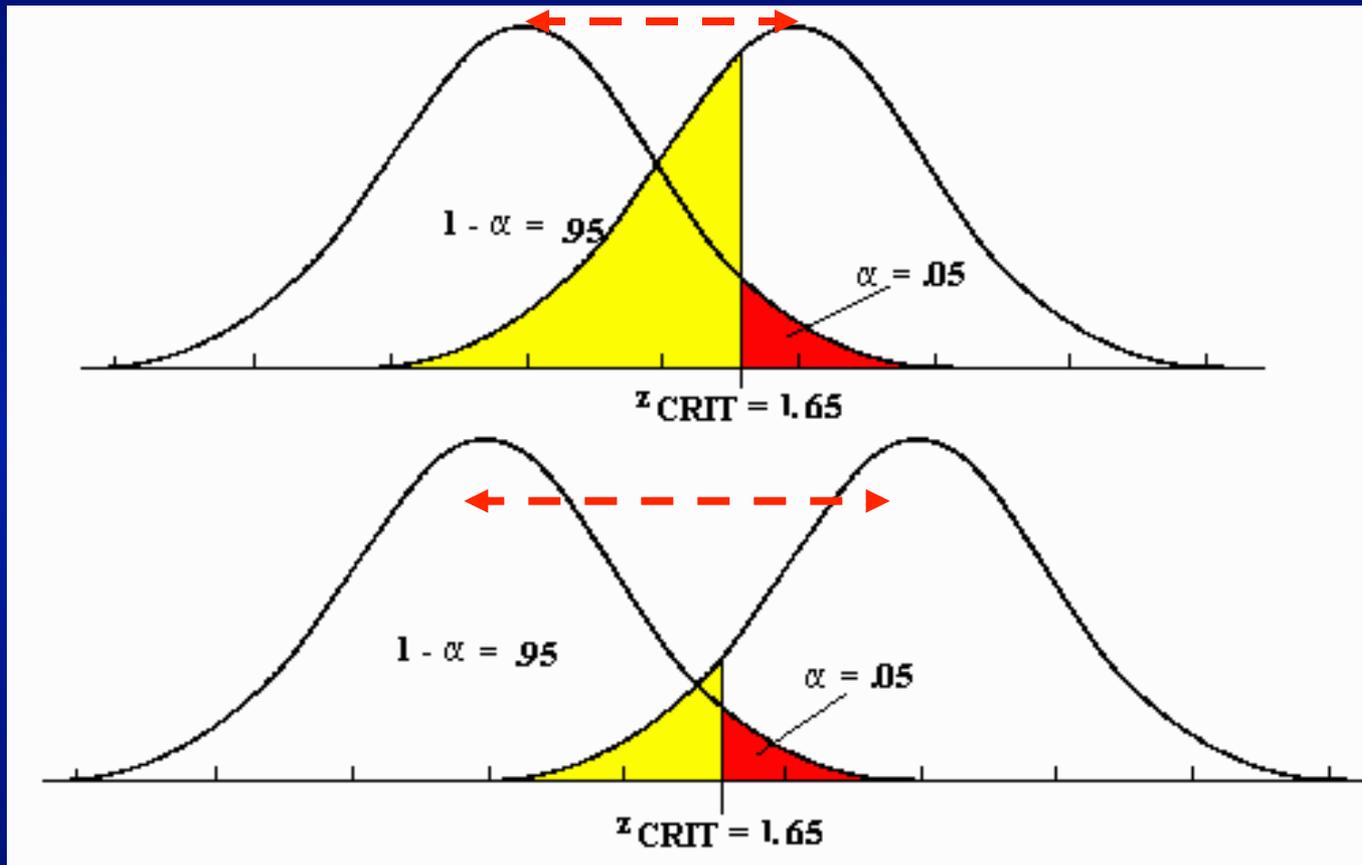


$$s_Y = s / \sqrt{n}$$



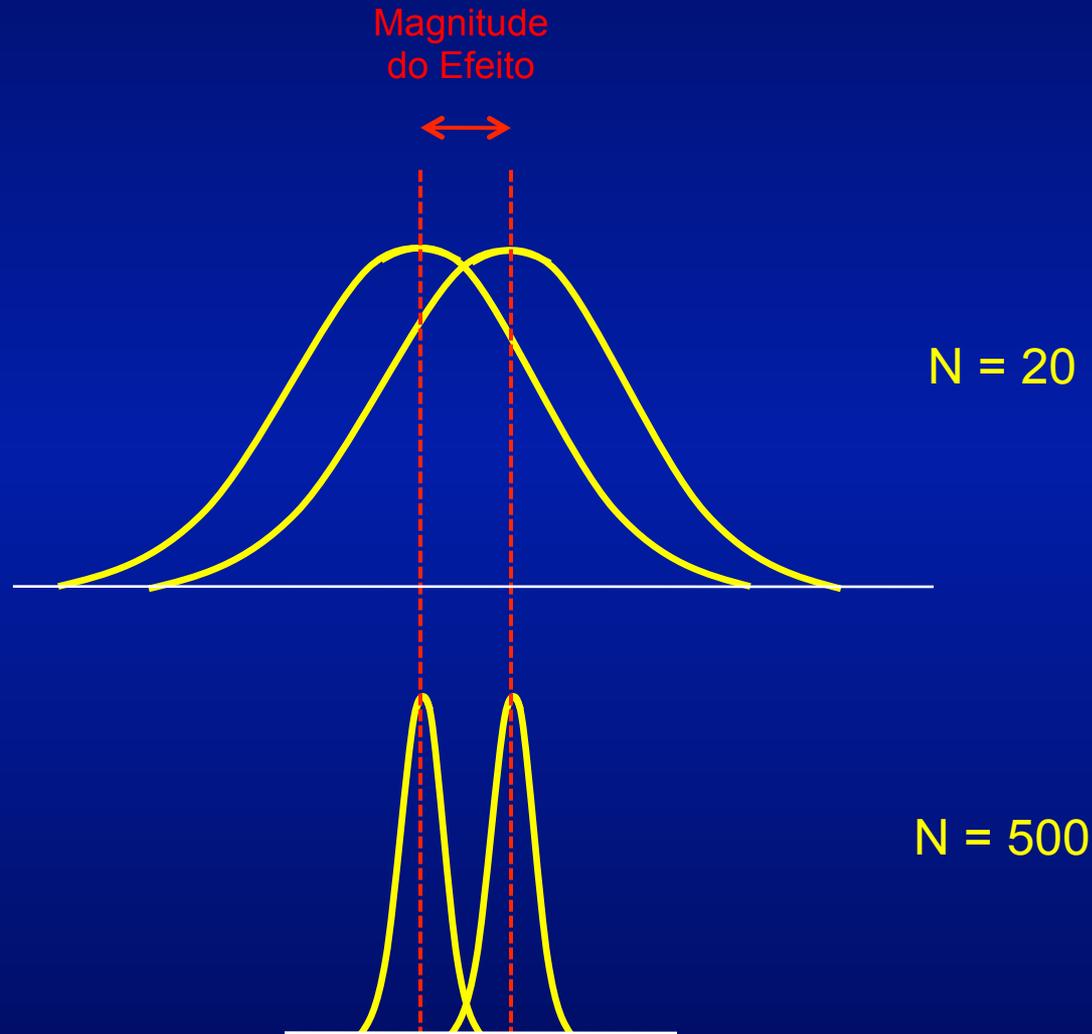
# PODER ESTATÍSTICO

## Magnitude do Efeito



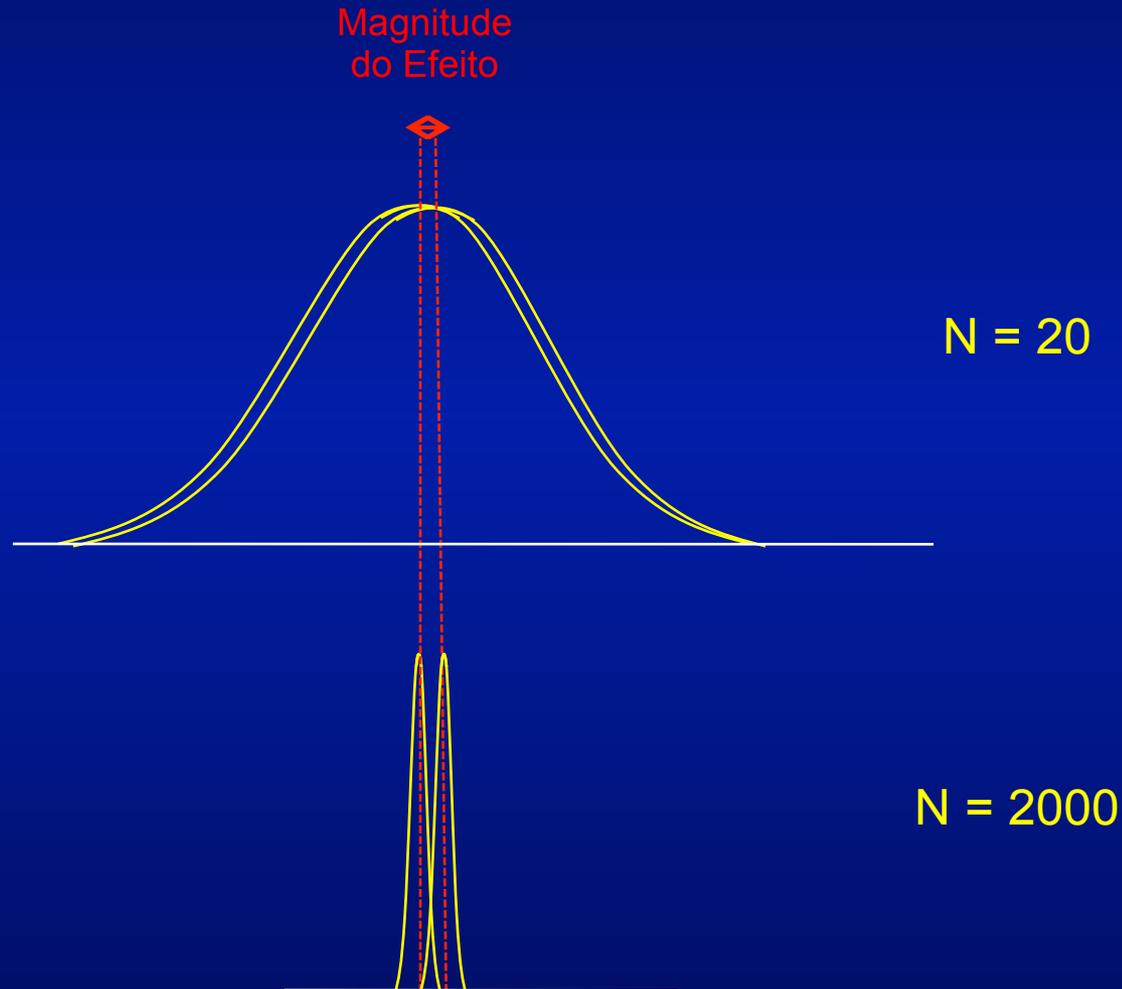
# PODER ESTATÍSTICO

## Magnitude do Efeito & Aumento da Replicagem



# PODER ESTATÍSTICO

## Magnitude do Efeito & Aumento da Replicagem



# Magnitude do Efeito

## Cálculo

*Teste t*  
*Cohen (d)*

$$d = \frac{m2 - m1}{s_{(pooled)}}$$

*d (Cohen)*

*d = 0,2* → pequeno

*d = 0,5* → médio

*d = 0,8* → grande

*Correlação*  
*Pearson (r)*

$$r = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}$$

*r (Pearson)*

*r = 0,1* → pequeno

*r = 0,3* → médio

*r = 0,5* → grande

# Chi-quadrado

	A	B
X	10.225	12.000
Y	11.500	13.000

$$p = 0,046$$

$$\Phi = 0,009$$

	A	B
X	10	1
Y	9	10

$$p=0,044$$

$$\Phi = 0,465$$

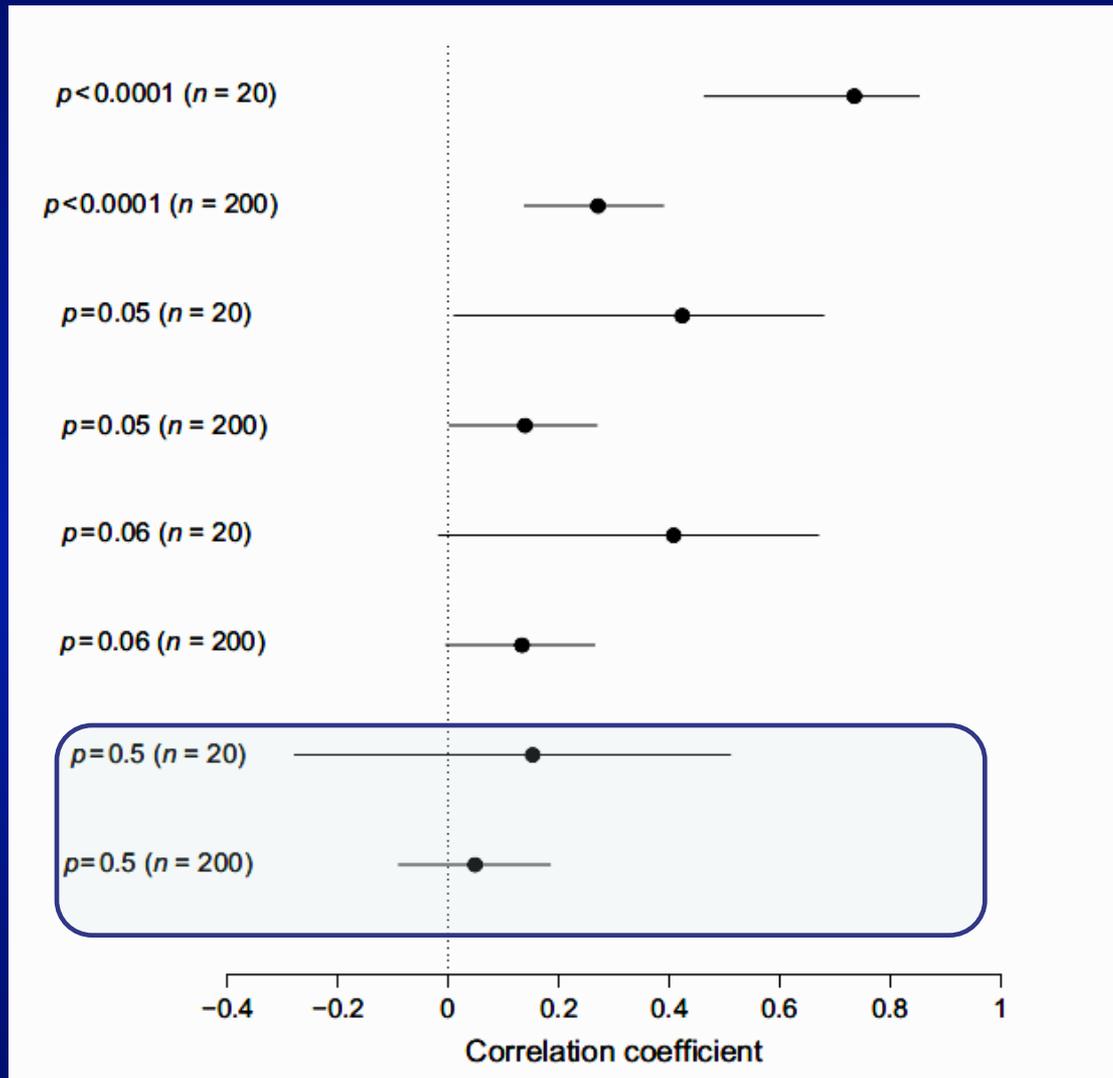
$\Phi = 0,1$  → pequeno

$\Phi = 0,3$  → médio

$\Phi = 0,5$  → grande

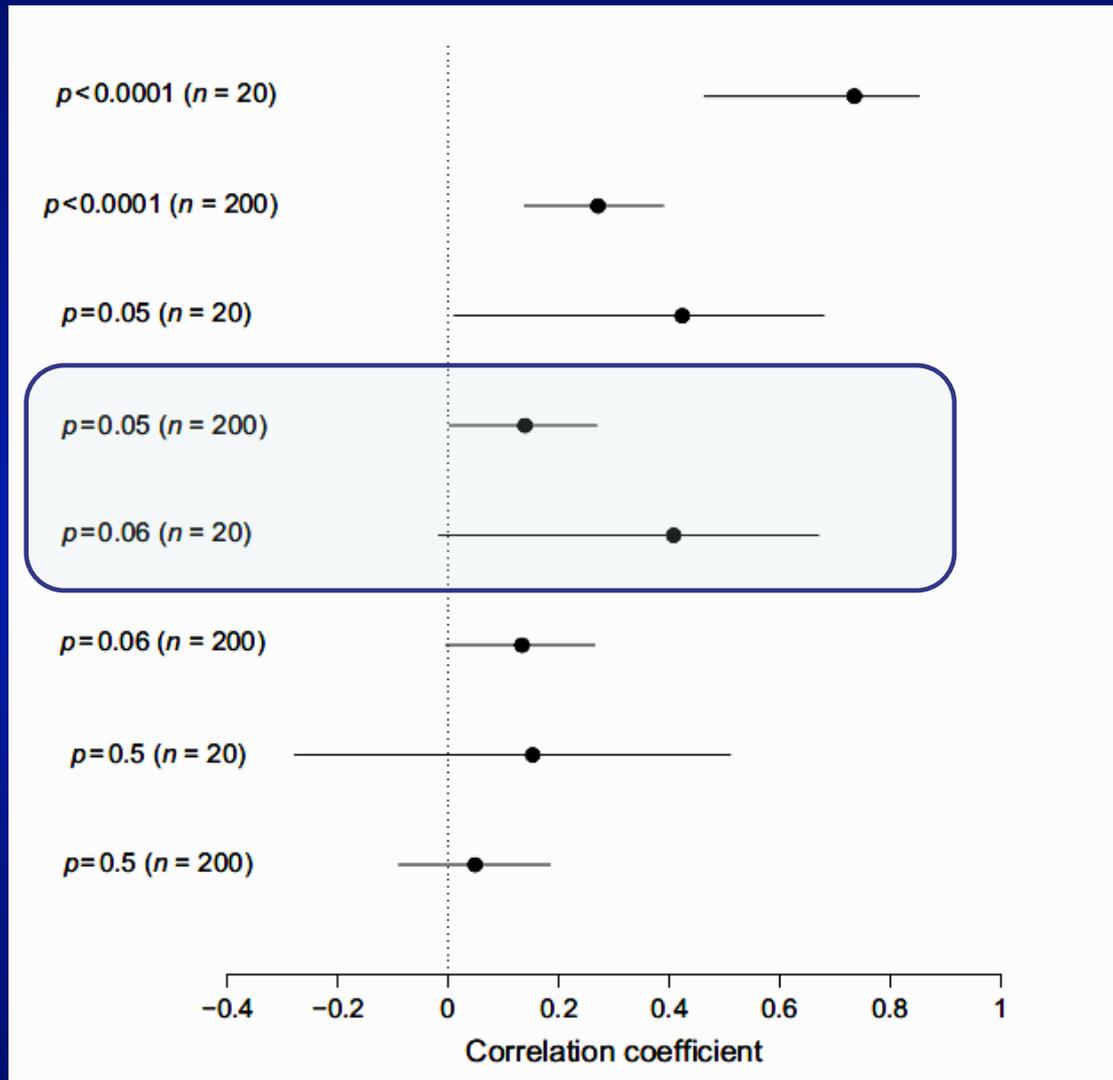
# Correlação

## Pearson ( $r$ )



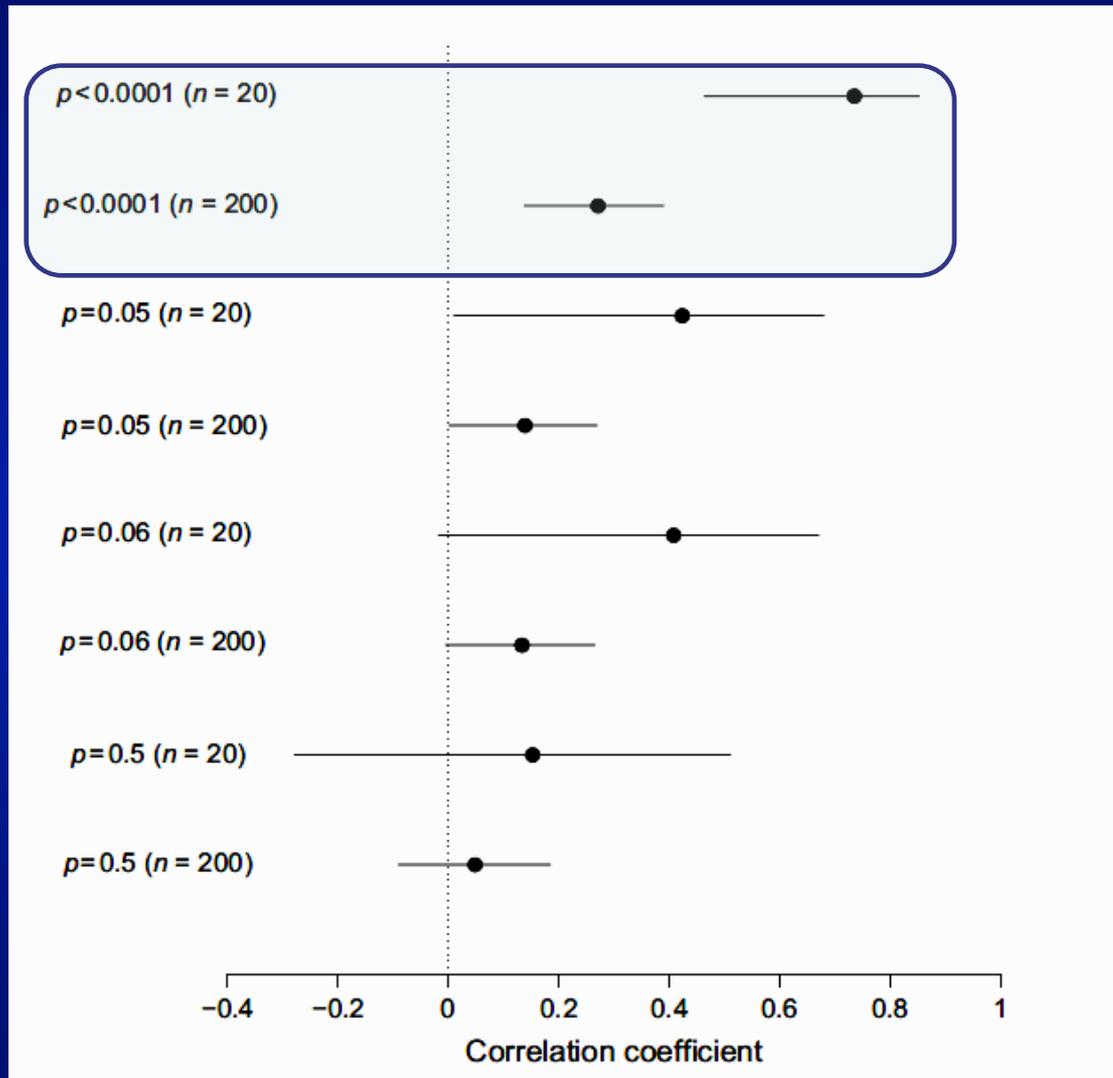
# Correlação

## Pearson ( $r$ )



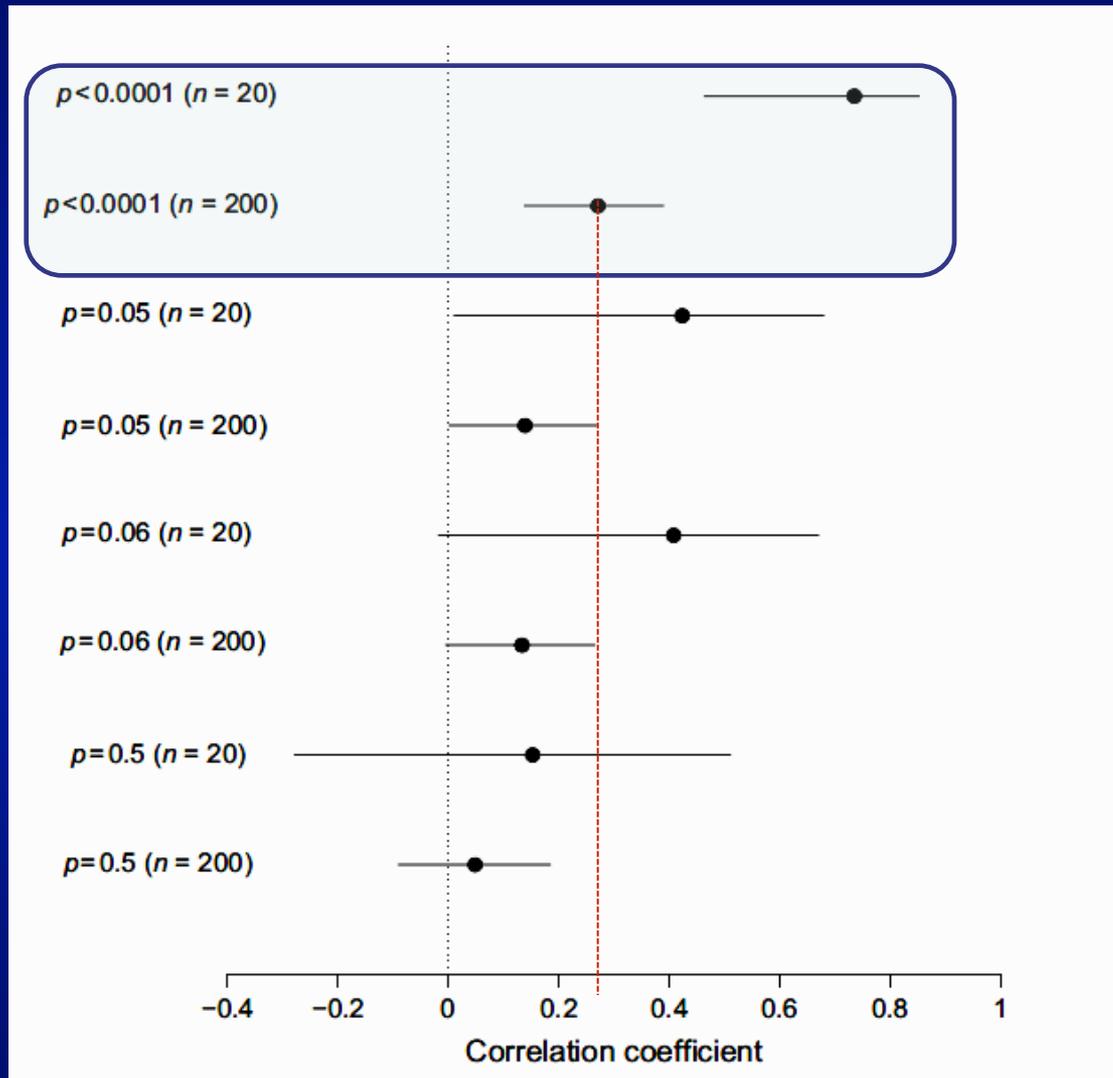
# Correlação

## Pearson ( $r$ )



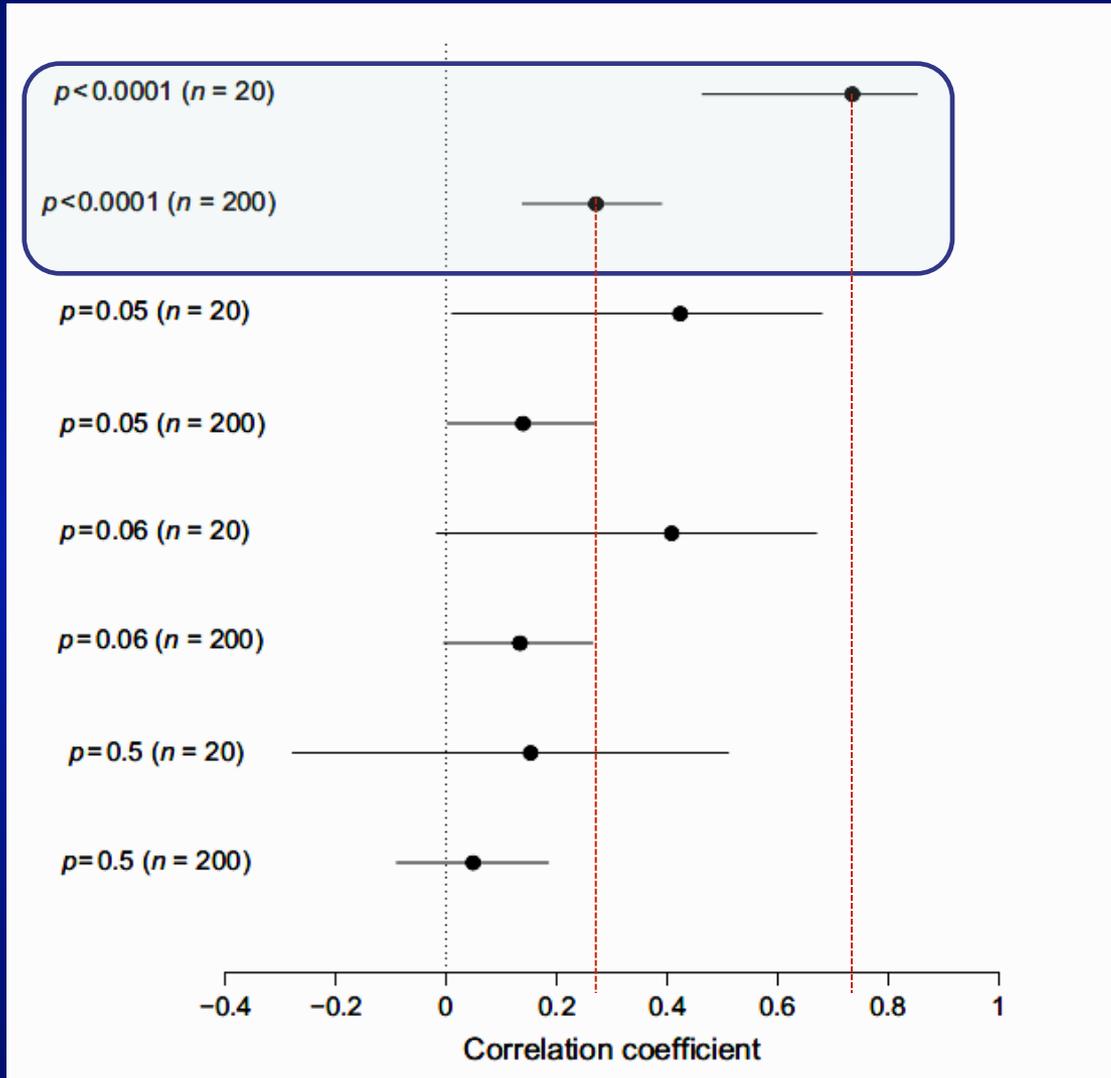
# Correlação

## Pearson ( $r$ )



# Correlação

## Pearson ( $r$ )

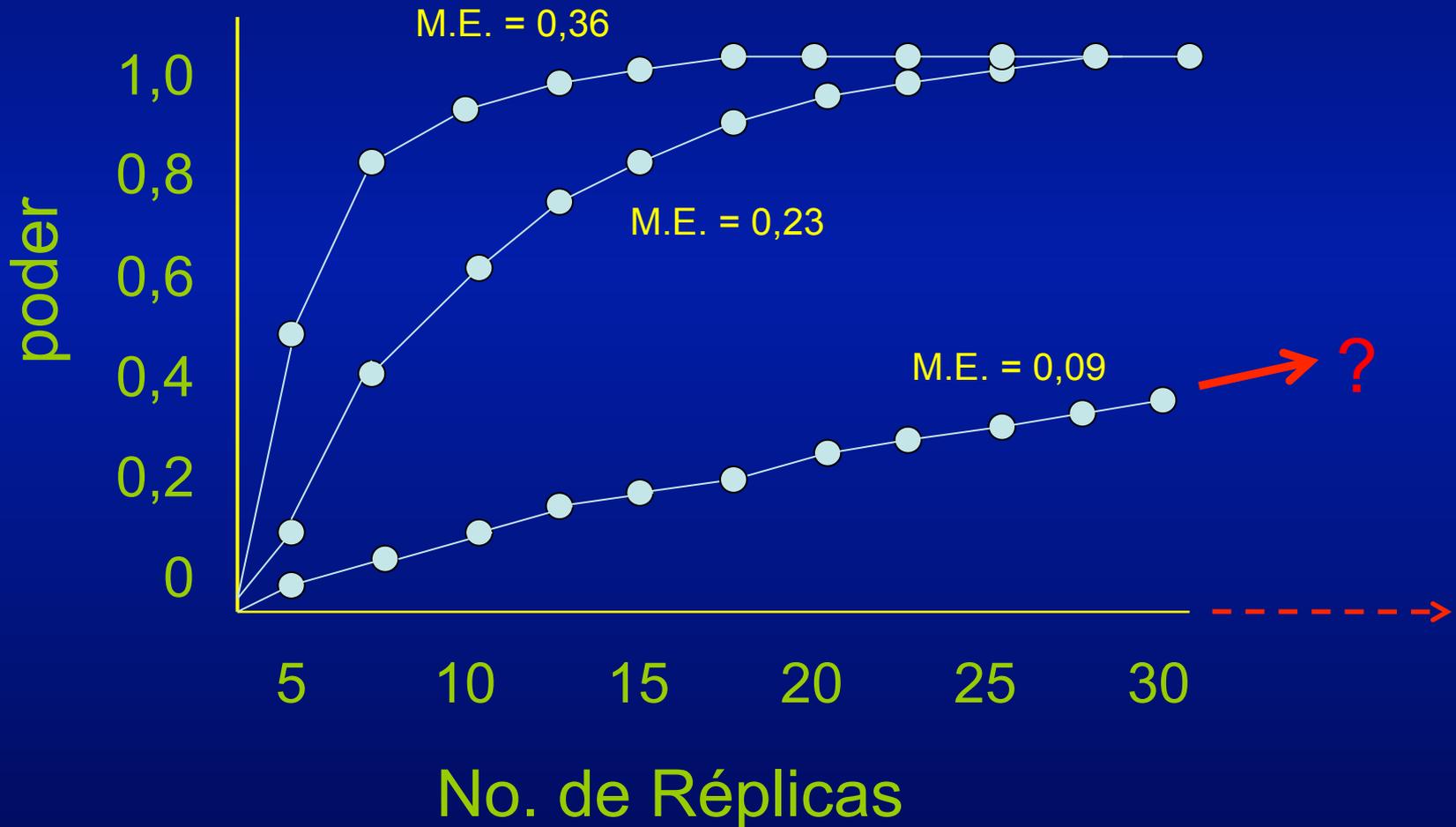


# PODER ESTATÍSTICO

- Poder prospectivo – antes do estudo
- Poder retrospectivo – após o estudo
- Cálculo do poder
  - ✓ Conhecimento da variância ou estimativa
  - ✓ Estabelecimento da magnitude do efeito
    - Qual o poder para ‘perceber’ uma determinada magnitude ?

# PODER ESTATÍSTICO

## Magnitude do Efeito



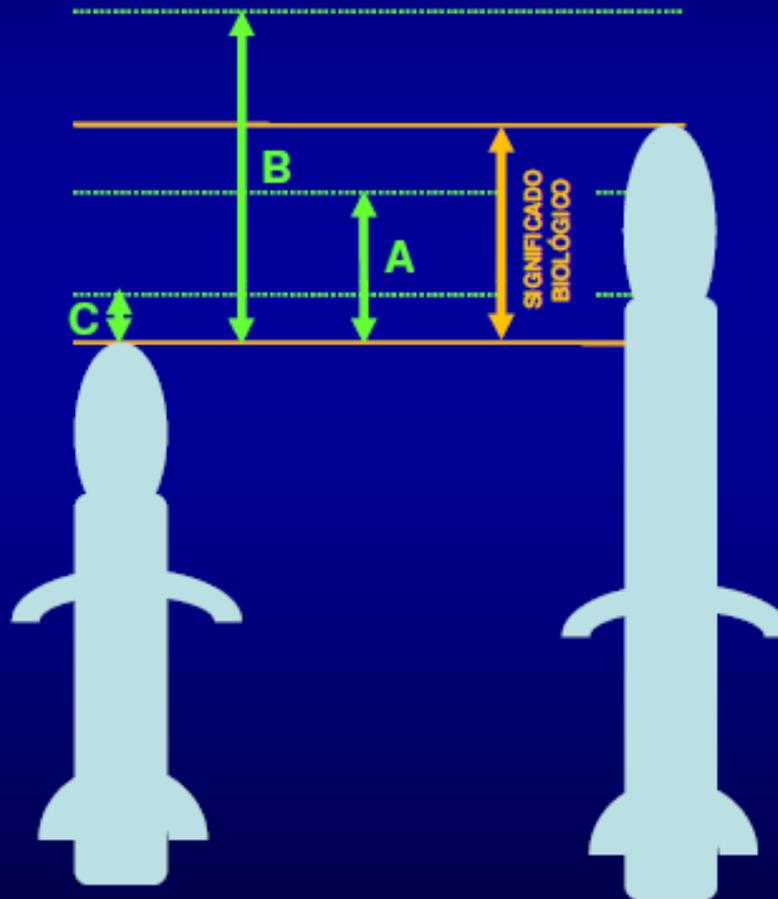
# PODER ESTATÍSTICO

- Poder prospectivo – antes do estudo
- Poder retrospectivo – após o estudo
- Cálculo do poder
  - ✓ Conhecimento da variância ou estimativa
  - ✓ Estabelecimento da magnitude do efeito
    - Qual o poder para ‘perceber’ uma determinada magnitude ?
    - Qual o poder de perceber uma diferença biologicamente válida ?

# PODER ESTATÍSTICO E SIGNIFICADO BIOLÓGICO (magnitude biológica)

## DIFERENÇAS ESTATÍSTICAS

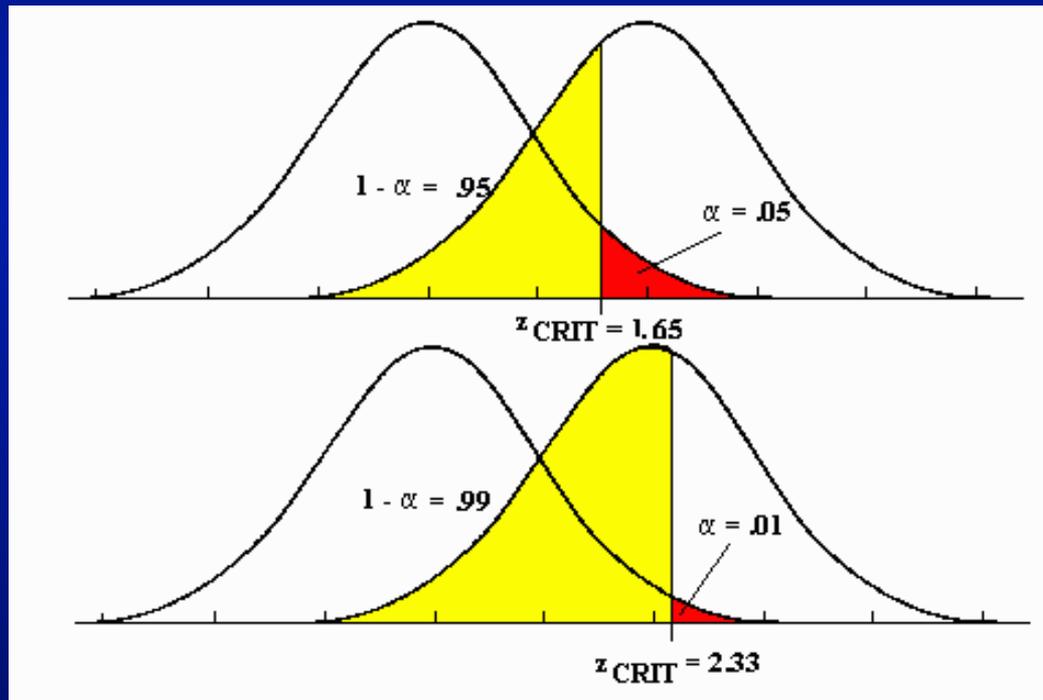
- COM PODER (A)
- SEM PODER (B)
- EXCESSO  
DE  
PODER (C)



# PODER ESTATÍSTICO

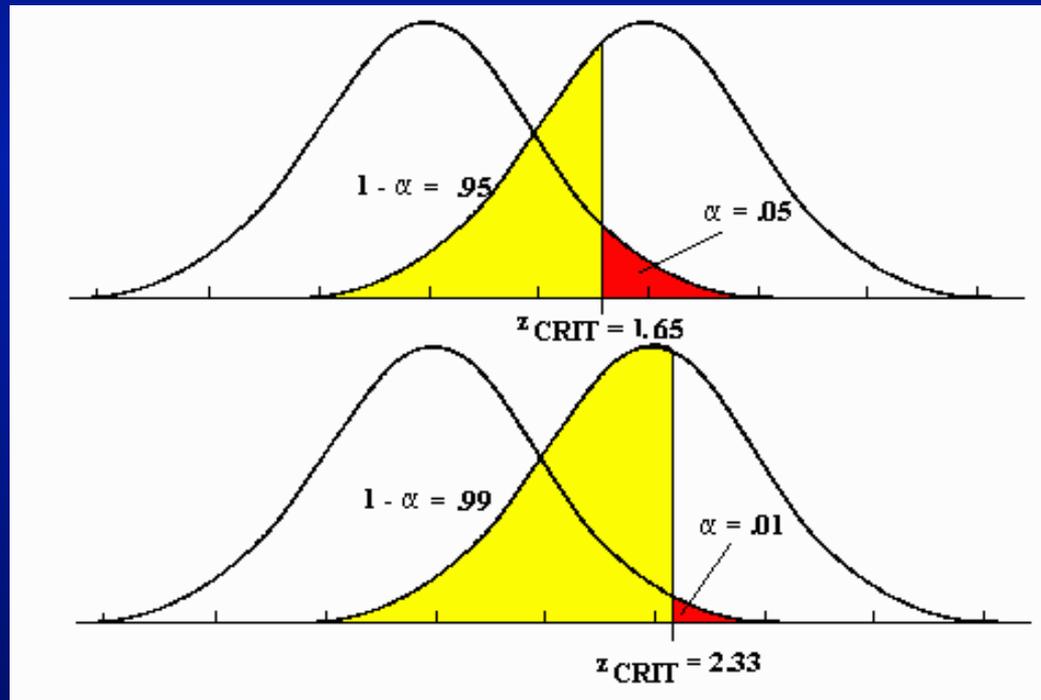
- Poder prospectivo – antes do estudo
- Poder retrospectivo – após o estudo
- Cálculo do poder
  - ✓ Conhecimento da variância ou estimativa
  - ✓ Estabelecimento da magnitude do efeito
    - Qual o poder para ‘perceber’ uma determinada magnitude ?
    - Qual o poder de perceber uma diferença biologicamente válida ?
  - ✓ Esforço amostral (n)

$\alpha$  ou  $p$  ?



A ditadura ou não de  $\alpha = 0,05$   
Qual erro é mais grave Tipo I ou Tipo II ?

- Ciências Biomédicas
- Ciências Ambientais



# PODER & ERRO DO TIPO I

## Erro do Tipo I em múltiplas comparações

- Erros individuais
- Propagação dos Erros (Erro Total)
- Correções:
  - ✓ Bonferroni
  - ✓ Bonferroni Sequencial
  - ✓ FDR (*False Discovery Rate*)

# CORREÇÕES

---

Valor de $p$ ordenado	Bonferroni	Bonferroni sequencial	Benjamini & Hochberg (FDR)
1	$\alpha / m$	$\alpha / m$	$\alpha / m$
2	$\alpha / m$	$\alpha / (m-1)$	$2\alpha / m$
3	$\alpha / m$	$\alpha / (m-2)$	$3\alpha / m$

---

---

Valor de $p$ ordenado	Bonferroni	Bonferroni Sequencial	Benjamini & Hochberg (FDR)
$p = 0,001$	0,005	0,005	0,005
$p = 0,002$	0,005	0,005	0,010
$p = 0,005$	0,005	0,006	0,015
$p = 0,010$	0,005	0,007	0,020
$p = 0,020$	0,005	0,008	0,025
$p = 0,030$	0,005	0,010	0,030
$p = 0,040$	0,005	0,012	0,035
$p = 0,050$	0,005	0,016	0,040

---

Valor de $p$ ordenado	Bonferroni	Bonferroni Sequencial	Benjamini & Hochberg (FDR)
$p = 0,001$	0,005	0,005	0,005
$p = 0,002$	0,005	0,005	0,010
$p = 0,005$	0,005	0,006	0,015
$p = 0,010$	0,005	0,007	0,020
$p = 0,020$	0,005	0,008	0,025
$p = 0,030$	0,005	0,010	0,030
$p = 0,040$	0,005	0,012	0,035
$p = 0,050$	0,005	0,016	0,040

Valor de $p$ ordenado	Bonferroni	Bonferroni Sequencial	Benjamini & Hochberg (FDR)
$p = 0,001$	0,005	0,005	0,005
$p = 0,002$	0,005	0,005	0,010
$p = 0,005$	0,005	0,006	0,015
$p = 0,010$	0,005	0,007	0,020
$p = 0,020$	0,005	0,008	0,025
$p = 0,030$	0,005	0,010	0,030
$p = 0,040$	0,005	0,012	0,035
$p = 0,050$	0,005	0,016	0,040

Valor de $p$ ordenado	Bonferroni	Bonferroni Sequencial	Benjamini & Hochberg (FDR)
$p = 0,001$	0,005	0,005	0,005
$p = 0,002$	0,005	0,005	0,010
$p = 0,005$	0,005	0,006	0,015
$p = 0,010$	0,005	0,007	0,020
$p = 0,020$	0,005	0,008	0,025
$p = 0,030$	0,005	0,010	0,030
$p = 0,040$	0,005	0,012	0,035
$p = 0,050$	0,005	0,016	0,040

# MÚLTIPLAS COMPARAÇÕES

## O que fazer ?

- Não corrigir.
- Escolher uma correção menos conservativa.
- Eliminar variáveis pouco explicativas.
- Priorizar testes múltiplos (regressão múltipla, MANOVA, ANOVA com vários fatores etc...) que avaliam um erro único.
- Diferenças da aplicação de correções entre Ecologia e Genética.