

# Comparação de dois grupos (quantitativo)

## Testes para médias

Felipe Figueiredo

Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Aprofundamento

- 1 Discussão da aula passada
  - Discussão da aula passada
- 2 Revisão
  - Revisão
- 3 Testes paramétricos para médias
  - Dois grupos independentes
  - Dois grupos pareados
  - Exercício
  - Resumo
- 4 Aprofundamento
  - Aprofundamento

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Aprofundamento

- 1 Discussão da aula passada
  - Discussão da aula passada
- 2 Revisão
  - Revisão
- 3 Testes paramétricos para médias
  - Dois grupos independentes
  - Dois grupos pareados
  - Exercício
  - Resumo
- 4 Aprofundamento
  - Aprofundamento

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Discussão da aula  
passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Aprofundamento

# Discussão da aula passada



Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Discussão da aula  
passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Aprofundamento

Discussão da leitura obrigatória da aula passada

- 1 Discussão da aula passada
  - Discussão da aula passada
- 2 Revisão
  - Revisão
- 3 Testes paramétricos para médias
  - Dois grupos independentes
  - Dois grupos pareados
  - Exercício
  - Resumo
- 4 Aprofundamento
  - Aprofundamento

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão  
Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Aprofundamento

## Conceito da hipótese nula

### **A hipótese de que não há efeito no tratamento.**

O objetivo do estudo é providenciar evidências suficientes para rejeitar esta hipótese, “provando” assim a eficácia do tratamento.

## Exemplo

**Hipótese do estudo:** um certo tratamento de fisioterapia diminui o tempo de recuperação após uma artroplastia total do joelho.

**Hipótese nula:** não há alteração no tempo de recuperação.

## Conceito do p-valor

Assumindo que não há efeito real (hipótese nula), e você observou uma aparente diferença...

... qual é a probabilidade de você ter observado essa diferença ao acaso?

## Interpretação do p-valor

- Um valor pequeno para o p-valor (tipicamente  $p \leq 0.05$ ) representa forte evidência para rejeitar a hipótese nula, então deve-se rejeitá-la.
- Um valor alto para o p-valor (tipicamente  $p \geq 0.05$ ) representa pouca evidência contra a hipótese nula, então não se deve rejeitá-la
- Um valor próximo do ponto de corte (0.05) é considerado marginal, portanto “qualquer decisão pode ser tomada”. Sempre apresente seu p-valor para que o leitor possa tirar suas próprias conclusões.

Fonte: Rumsey, D. (Statistics for Dummies, 2nd ed.)



Testes estatísticos sempre seguem o mesmo roteiro

- ① A região crítica é escolhida (bilateral ou unilateral)?
- ② As estatísticas sumárias são calculadas a partir da amostra
- ③ Estas são usadas para calcular uma estatística de teste
- ④ O valor da estatística de teste é o critério de decisão:
  - Pode ser comparado com um valor crítico, da distribuição de probabilidades; OU
  - **A estatística de teste é usada para o cálculo do p-valor, e este é usado como critério**

- Existe uma infinidade de testes estatísticos (cada qual com sua hipótese nula)
- São divididos em dois grandes grupos: paramétricos e não paramétricos
- Os testes paramétricos assumem que a amostra vem de uma **distribuição Normal**
- Os testes não-paramétricos não presumem nenhuma forma para a distribuição dos dados

## Atenção

Esta é uma escolha metodológica fundamental na análise, como veremos no futuro.

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

- Os testes paramétricos assumem que a amostra vem de uma **distribuição Normal** <sup>1</sup>
- Hoje veremos o **teste t** (de Student), aplicado em duas formas/contextos

---

<sup>1</sup> nunca é demais frisar

- 1 Discussão da aula passada
  - Discussão da aula passada
- 2 Revisão
  - Revisão
- 3 Testes paramétricos para médias
  - Dois grupos independentes
  - Dois grupos pareados
  - Exercício
  - Resumo
- 4 Aprofundamento
  - Aprofundamento

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

- Os dois grupos foram coletados independentemente (inter-grupo)
- Todas as observações em cada grupo são independentes entre si (intra-grupo)
- Todos os dados foram amostrados de populações Normalmente distribuídas (aprox.)
- O DP das duas populações são idênticos <sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>uma violação desta premissa não é grave - buscar aproximação de Welch.

## O teste t de Student

Assumindo duas populações Normais com DPs semelhantes, o teste t pode detectar diferença nas médias das populações.

# Exemplo 1



## Exemplo 23.2

Motulsky, *et al.* (1983) investigaram se pessoas com hipertensão tem alteração nos níveis de receptores adrenérgicos  $\alpha_2$  em suas plaquetas.

Selecionaram 18 homens hipertensos, e 17 controles da mesma faixa etária. Os resultados estão descritos como média  $\pm$  SEM.

As plaquetas dos hipertensos tiveram  $257 \pm 14$  receptores por plaqueta. As plaquetas dos controles tiveram  $263 \pm 21$  receptores por plaqueta.

Os autores concluíram que não havia diferença significativa entre as médias dos grupos.

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

## Teste t, amostras independentes

P value and statistical significance:

The two-tailed P value equals 0.8116

By conventional criteria, this difference  
is considered to be not statistically significant.

Confidence interval:

The mean of Controle minus Hipertensos equals 6.00

95% confidence interval of this difference:

From -44.81 to 56.81

Intermediate values used in calculations:

$t = 0.2403$

$df = 33$

standard error of difference = 24.973

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento



# Quais são as variáveis?



## Interpretação típica

- Grupo Hipertensos: contínua (mensuração)
- Grupo Controle: contínua (mensuração)

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

# Quais são as variáveis?



Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

## Interpretação típica

- Grupo Hipertensos: contínua (mensuração)
- Grupo Controle: contínua (mensuração)

Ou, podemos pensar em termos de modelagem

# Quais são as variáveis?



- Dependente: níveis de receptores (contínua)
- Independente: grupo (categórica binária)

Esta relação pode ser expressa como

níveis de receptores  $\sim$  grupo

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

- 1 Discussão da aula passada
  - Discussão da aula passada
- 2 Revisão
  - Revisão
- 3 Testes paramétricos para médias
  - Dois grupos independentes
  - **Dois grupos pareados**
  - Exercício
  - Resumo
- 4 Aprofundamento
  - Aprofundamento

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

**Dois grupos  
pareados**

Exercício

Resumo

Aprofundamento

# Grupos independentes x pareados



Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

- Assim como no cálculo de ICs, os grupos de estudo podem ser independentes ou pareados
- Quando são independentes, a comparação é entre as médias de ambos os grupos
- Quando são pareados, a comparação é entre as diferenças dos pares

Quando faz sentido parear indivíduos de dois grupos?

- Mensurar o **mesmo** indivíduo antes e depois do procedimento
- Recrutamento aos pares, quando o par tem a(o) mesma(o)
  - idade/faixas etária
  - região demográfica
  - diagnóstico
- irmãos, pai/filho
- lateralidade (tratamento = lado E, controle = lado D)

- Os pares amostrados aleatoriamente de uma mesma população (ou representativa)
- Os participantes são pareados - o primeiro do grupo A com o primeiro do grupo B, etc.
- Cada par é independente de todos os outros
- A distribuição das diferenças, na população, é Normalmente distribuída (aprox.)

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

# Exemplo 2



Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

## Exercício 25.1

Os pesquisadores compararam o número de receptores beta-adrenérgicos nos linfócitos de um grupo de participantes, antes e após a administração de uma droga.



## Teste t, amostras pareadas

Paired t-test

```
data:  Receptors by Group
t = 6.9636, df = 5, p-value = 0.000939
alternative hypothesis: true difference
in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 145.7279 316.2721
sample estimates:
mean of the differences
                231
```

# Quais são as variáveis?



- Dependente: número de receptores (contínua)
- Independente: grupo (categórica binária)

Esta relação pode ser expressa como

número de receptores  $\sim$  grupo

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

- 1 Discussão da aula passada
  - Discussão da aula passada
- 2 Revisão
  - Revisão
- 3 Testes paramétricos para médias
  - Dois grupos independentes
  - Dois grupos pareados
  - Exercício
  - Resumo
- 4 Aprofundamento
  - Aprofundamento

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

**Exercício**

Resumo

Aprofundamento

# Exercício



Queremos avaliar a eficiência de uma nova dieta reduzida em gordura no tratamento de obesidade.

Selecionamos aleatoriamente 100 pessoas obesas para o grupo 1, que receberão a dieta com pouca gordura. Selecionamos outras 100 pessoas obesas para o grupo 2 que receberão a mesma quantidade de comida, com proporção normal de gordura. O estudo durou 4 meses.

A perda de peso média no grupo 1 foi de 9.33 lbs ( $s=4.72$ ) e no grupo 2 foi de 7.58 lbs ( $s=3.90$ ).

Essa nova dieta é eficaz na perda de peso?

Fonte: Khan Academy

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

- 1 Para este estudo, qual dos dois testes é o mais apropriado?
- 2 Qual é a hipótese nula?
- 3 Qual é a hipótese alternativa?
- 4 O que você usaria como critério de decisão?
- 5 Qual é o resultado?
- 6 Qual é a conclusão?
- 7 O que significam valores negativos neste caso?

# Visualização (independentes)

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

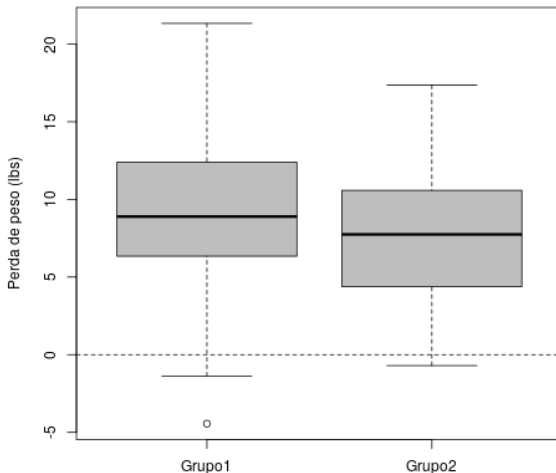
Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

**Exercício**

Resumo

Aprofundamento



# Visualização (pareados)

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

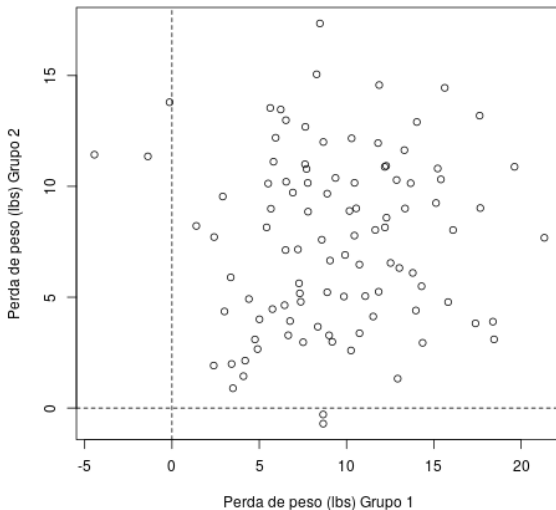
Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

**Exercício**

Resumo

Aprofundamento



- 1 Para este estudo, qual dos dois testes é o mais apropriado?
- 2 Qual é a hipótese nula?
- 3 Qual é a hipótese alternativa?
- 4 O que você usaria como critério de decisão?
- 5 Qual é o resultado?
- 6 Qual é a conclusão?
- 7 O que significam valores negativos neste caso?



## Teste t, amostras independentes

Two Sample t-test

```
data:  Perda by Grupo
t = 2.871, df = 198, p-value = 0.004537
alternative hypothesis: true difference
in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.5506833 2.9667462
sample estimates:
mean in group Grupo1 mean in group Grupo2
      9.334005          7.575291
```

# Saída típica de um programa



Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

**Exercício**

Resumo

Aprofundamento

## Teste t, amostras pareadas

Paired t-test

```
data:  Perda by Grupo
```

```
t = 2.9545, df = 99, p-value = 0.003913
```

```
alternative hypothesis: true difference  
in means is not equal to 0
```

```
95 percent confidence interval:
```

```
0.5775744 2.9398551
```

```
sample estimates:
```

```
mean of the differences  
1.758715
```

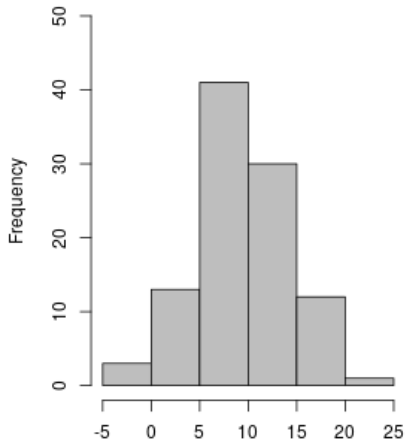
- 1 Para este estudo, qual dos dois testes é o mais apropriado?
- 2 Qual é a hipótese nula?
- 3 Qual é a hipótese alternativa?
- 4 O que você usaria como critério de decisão?
- 5 Qual é o resultado?
- 6 Qual é a conclusão?
- 7 O que significam valores negativos neste caso?

## Pergunta

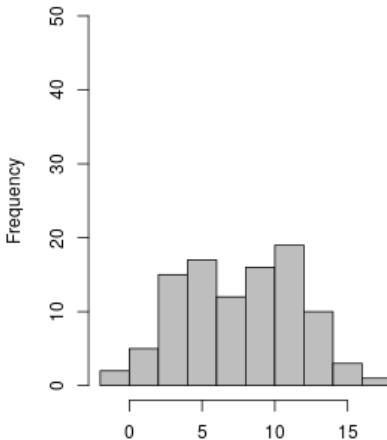
Todas as premissas do teste que você selecionou são satisfeitas?

# Distribuição (independentes)

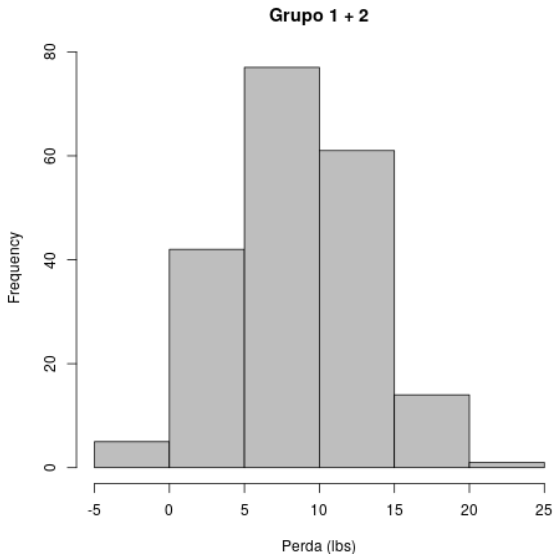
**Grupo 1**



**Grupo 2**



# Distribuição (pareados)



Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

**Exercício**

Resumo

Aprofundamento

Caso de você tenha escolhido grupos independentes...

Os dois grupos tem variabilidades semelhantes?

## Teste t, amostras independentes

Two Sample t-test

```
data:  Perda by Grupo
t = 2.871, df = 198, p-value = 0.004537
alternative hypothesis: true difference
  in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
  0.5506833 2.9667462
sample estimates:
mean in group Grupo1 mean in group Grupo2
      9.334005          7.575291
```



## Teste t, amostras independentes, com correção de Welch

Welch Two Sample t-test

```
data:  Perda by Grupo
t = 2.871, df = 191.12, p-value = 0.004554
alternative hypothesis: true difference
  in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
  0.550416 2.967014
sample estimates:
mean in group Grupo1 mean in group Grupo2
      9.334005          7.575291
```

# Quais são as variáveis?



Escreva a relação entre

- a variável dependente
- a variável independente

**P:**

Qual delas varia em função da outra?

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

**Exercício**

Resumo

Aprofundamento

- 1 Discussão da aula passada
  - Discussão da aula passada
- 2 Revisão
  - Revisão
- 3 Testes paramétricos para médias
  - Dois grupos independentes
  - Dois grupos pareados
  - Exercício
  - **Resumo**
- 4 Aprofundamento
  - Aprofundamento

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

**Resumo**

Aprofundamento

- Teste paramétrico (assume dados Normalmente distribuídos)
- Para dois grupos independentes assume independência inter- e intra-grupo, e DPs semelhantes
- Para dois grupos pareados assume independência entre os pares
- Esta decisão **não** deve ser tomada após a coleta dos dados.
- Variáveis:
  - Dependente: contínua
  - Independente: categórica binária (2 grupos)

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Dois grupos  
independentes

Dois grupos  
pareados

Exercício

Resumo

Aprofundamento

- 1 Discussão da aula passada
  - Discussão da aula passada
- 2 Revisão
  - Revisão
- 3 Testes paramétricos para médias
  - Dois grupos independentes
  - Dois grupos pareados
  - Exercício
  - Resumo
- 4 Aprofundamento
  - Aprofundamento

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Aprofundamento  
Aprofundamento

## Leitura obrigatória

- Capítulo 23, pular as seções:
  - Cálculo do teste t em uma tabela
  - Cálculo do poder.
- Capítulo 25, pular as seções:
  - Teste t de uma razão
  - Teste de Wilcoxon

## Exercícios selecionados

Não há exercícios.

## Leitura recomendada

Capítulo 25: seção teste t de uma razão (para projetos experimentais)

Comparação  
de dois  
grupos  
(quantitativo)

Felipe  
Figueiredo

Discussão da  
aula passada

Revisão

Testes  
paramétricos  
para médias

Aprofundamento  
Aprofundamento