
INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA
ESTATÍSTICA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL – 2025-26
Resoluções dos Exercícios Introdutórios

1. Os comandos do R necessários para a resolução são os seguintes:

(a) `> precip <- c(101.0, 60.7, 75.1, 19.9, 26.7, 10.5, 2.5, 39.8, 5.7, 51.7, 50.1, 170.6)`

O resultado pode ser visualizado escrevendo o nome do objecto criado:

```
> precip
[1] 101.0  60.7  75.1  19.9  26.7  10.5   2.5  39.8   5.7  51.7  50.1 170.6
```

(b) `meses <- c("Jan", "Fev", "Mar", "Abr", "Mai", "Jun", "Jul", "Ago", "Set", "Out", "Nov", "Dez")`

Resultado:

```
> meses
[1] "Jan" "Fev" "Mar" "Abr" "Mai" "Jun" "Jul" "Ago" "Set" "Out" "Nov" "Dez"
```

(c) `names(precip) <- meses`

Resultado:

```
> precip
  Jan   Fev   Mar   Abr   Mai   Jun   Jul   Ago   Set   Out   Nov   Dez
101.0  60.7  75.1  19.9  26.7  10.5   2.5  39.8   5.7  51.7  50.1 170.6
```

(d) i. `> sum(precip)`

```
[1] 614.3
```

ii. `> mean(precip)`

```
[1] 51.19167
```

iii. `> median(precip)`

```
[1] 44.95
```

iv. Assinale-se que o R define, por omissão, os quantis de forma ligeiramente diferente da forma como foram definidos na disciplina de Estatística dos primeiros ciclos do ISA:

```
> quantile(precip, 0.75)
```

```
75%
```

```
64.3
```

Na realidade, o comando `quantile` pode calcular nove diferentes definições de quantis (caso tenha interesse, veja `help(quantile)` para os pormenores de cada tipo). A definição de quantis usada em Estatística corresponde ao segundo tipo:

```
> quantile(precip, 0.75, type=2)
```

```
75%
```

```
67.9
```

v. `> var(precip)`

```
[1] 2291.604
```

vi. `> sd(precip)`

```
[1] 47.87071
```

ou

```
> sqrt(var(precip))
```

```
[1] 47.87071
```

vii. `> min(precip)`

```
[1] 2.5
```

viii. `> max(precip)`

```
[1] 170.6
```

-
- (e) `> summary(precip)`
- | Min. | 1st Qu. | Median | Mean | 3rd Qu. | Max. |
|------|---------|--------|-------|---------|--------|
| 2.50 | 17.55 | 44.95 | 51.19 | 64.30 | 170.60 |
- (f) i. `> precip[10]`
- ```
Out
51.7
```
- ou, em alternativa,
- ```
> precip["Out"]
Out
51.7
```
- ii. `> precip[6:9]`
- | Jun | Jul | Ago | Set |
|------|-----|------|-----|
| 10.5 | 2.5 | 39.8 | 5.7 |
- (g) i. O comando `precip > 50` cria um vector de valores lógicos “verdade” (TRUE) ou “falso” (FALSE), resultantes da comparação de cada valor do vector `precip` com o valor 50:
- ```
> precip > 50
```
- | Jan  | Fev  | Mar  | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out  | Nov  | Dez  |
|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| TRUE | TRUE | TRUE | FALSE | FALSE | FALSE | FALSE | FALSE | FALSE | TRUE | TRUE | TRUE |
- Este vector lógico pode ser usado, por sua vez, para indexar o vector `precip`, fazendo com que apenas os valores de precipitação correspondentes ao valor lógico TRUE (ou seja, apenas as precipitações superiores a 50mm) sejam devolvidos:
- ```
> precip[precip > 50]
```
- | Jan | Fev | Mar | Out | Nov | Dez |
|-------|------|------|------|------|-------|
| 101.0 | 60.7 | 75.1 | 51.7 | 50.1 | 170.6 |
- ii. Para obter apenas as precipitações superiores à média pode adequar-se a condição lógica, da seguinte forma: `precip > mean(precip)`. Assim, as precipitações acima da média podem ser obtidas pelo comando:
- ```
> precip[precip > mean(precip)]
```
- | Jan   | Fev  | Mar  | Out  | Dez   |
|-------|------|------|------|-------|
| 101.0 | 60.7 | 75.1 | 51.7 | 170.6 |
- (h) i. Tal como na alínea anterior, o comando `precip == min(precip)` devolve um vector de valores lógicos (TRUE ou FALSE) correspondentes a cada elemento do vector `precip` ter, ou não, valor igual ao valor de precipitação mínimo (atenção ao duplo sinal de igualdade, que é a forma obrigatória de perguntar se se verifica uma igualdade de valores). Esse vector lógico tem comprimento igual ao vector original `precip`, o que em vectores com muitos dados pode dificultar a identificação do(s) elemento(s) que verificam a condição lógica. O comando `which` facilita essa identificação, uma vez que selecciona apenas os elementos dum vector que verificam a condição lógica. Nesta alínea é pedido para identificar o mês onde se verificou a precipitação mínima, e isso pode ser feito através do seguinte comando:
- ```
> which(precip == min(precip))
```
- ```
Jul
7
```
- Repare-se que o valor devolvido (7) *não* é a precipitação mínima, mas o índice da posição no vector `precip` onde se encontra o valor mínimo (neste caso, o sétimo mês, Julho). Uma forma alternativa de identificar o mês de menor precipitação seria o de utilizar a mesma condição lógica para indexar o vector `meses`. Esta indexação cruzada é possível

---

porque os vectores `meses` e `precip` têm o mesmo tamanho, e posições correspondentes. Eis a resposta utilizando esta indexação cruzada:

```
> meses[precip == min(precip)]
[1] "Jul"
```

- ii. Tal como no ponto anterior, a resposta pode ser obtida da seguinte forma:

```
> which(precip == max(precip))
Dez
12
```

Nota: Inspeccione o resultado do comando `precip == max(precip)`. Atenção ao duplo sinal de igualdade.

- (i) Executar o comando `plot(precip)`  
(j) Executar os comandos `plot(precip, type="l")` e `plot(precip, type="h")`. Para dados de precipitação mensal será mais adequado o gráfico tipo histograma, produzido pela opção `type='h'`.

2. Para visualizar os dados, basta escrever `sunspots`.

(a) `> length(sunspots)`  
[1] 2820

- (b) Os comandos necessários são:

- i. `hist(sunspots)`  
ii. `hist(sunspots, breaks=(0:26)*10)`

(c) i. `> quantile(sunspots)`  
0% 25% 50% 75% 100%  
0.000 15.700 42.000 74.925 253.800  
ii. `> quantile(sunspots, 0.9)`  
90%  
112

(d) `> summary(sunspots)`  
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.  
0.00 15.70 42.00 51.27 74.93 253.80

- (e) O comando pedido é `boxplot(sunspots)`.

3. Eis a resolução do exercício com os dados relativos a coelhos.

- (a) Eis a criação do vector dos pesos:

```
> peso <- c(1.5, 1.4, 1.4, 1.2, 1.4, 2.7, 2.9, 2.1, 3.0, 3.3, 2.1, 2.2, 2.4,
+ 2.0, 2.5, 1.3, 1.0, 1.1, 1.3, 1.5)
> peso
[1] 1.5 1.4 1.4 1.2 1.4 2.7 2.9 2.1 3.0 3.3 2.1 2.2 2.4 2.0 2.5 1.3 1.0 1.1 1.3
[20] 1.5
```

Para criar `dieta` e `tratamento` será necessário usar o comando `factor`. Uma vez que existem numerosas repetições, utilizar-se-á o comando `rep`, que permite gerar valores repetidos. O primeiro argumento do comando `rep` é sempre o vector de valores que se desejam repetir. O segundo argumento, de nome `times`, pode ser um vector numérico do mesmo tamanho, indicando quantas vezes deve ser repetido o correspondente valor do vector original. É o que sucede na seguinte criação do factor `dieta`, onde se indica que cada uma das letras deve ser repetida 5 vezes:

---

```
> dieta <- factor(rep(c("A","B","C","D") , times=c(5,5,5,5)))
> dieta
[1] A A A A A B B B B B C C C C C D D D D D
Levels: A B C D
```

Quando o segundo argumento do comando `rep` for um único número inteiro, a totalidade do vector é repetido esse número de vezes. É o que sucede na criação do vector `tratamento`, onde o vector de inteiros de 1 a 5 (gerado por `1:5`) é repetido quatro vezes.

```
> tratamento <- factor(rep(1:5 , times=4))
> tratamento
[1] 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5
Levels: 1 2 3 4 5
```

(b) Aqui está a criação da *data frame*, e o resultado obtido:

```
> coelhos <- data.frame(peso, dieta, tratamento)
> coelhos
 peso dieta tratamento
1 1.5 A 1
2 1.4 A 2
3 1.4 A 3
4 1.2 A 4
5 1.4 A 5
6 2.7 B 1
7 2.9 B 2
8 2.1 B 3
9 3.0 B 4
10 3.3 B 5
11 2.1 C 1
12 2.2 C 2
13 2.4 C 3
14 2.0 C 4
15 2.5 C 5
16 1.3 D 1
17 1.0 D 2
18 1.1 D 3
19 1.3 D 4
20 1.5 D 5
```

(c) O enunciado pede o seguinte comando:

```
> summary(coelhos)
 peso dieta tratamento
Min. :1.000 A:5 1:4
1st Qu.:1.375 B:5 2:4
Median :1.750 C:5 3:4
Mean :1.915 D:5 4:4
3rd Qu.:2.425 5:4
Max. :3.300
```

Como é visível, na coluna numérica `peso` o comando `summary` produz as habituais indicadores (mínimo, primeiro quartil, mediana, média, terceiro quartil e máximo). Já para factores, o comando `summary` lista as diferentes categorias (níveis do factor) e, à direita do símbolo `‘:’`, o número de vezes que cada nível é repetido.

- (d) Uma vez que as colunas da *data frame* `coelhos` têm nomes atribuídos, a forma mais fácil de seleccionar uma coluna é escrever o nome da *data frame* e, separado por um cifrão (\$), o nome da coluna que se pretende. Assim, para extrair apenas a coluna `peso` e calcular a respectiva média, escreve-se:

```
> coelhos$peso
[1] 1.5 1.4 1.4 1.2 1.4 2.7 2.9 2.1 3.0 3.3 2.1 2.2 2.4 2.0 2.5 1.3 1.0 1.1 1.3
[20] 1.5
> mean(coelhos$peso)
[1] 1.915
```

Alternativamente, pode seleccionar-se qualquer subconjunto de linhas e/ou colunas da *data frame* indicando, entre parenteses rectos após o nome do objecto, os números de linha e/ou coluna que se deseja (separados por uma vírgula). Se quisermos seleccionar as três primeiras linhas das colunas 1 e 3, podemos escrever:

```
> coelhos[c(1,2,3),c(1,3)]
 peso tratamento
1 1.5 1
2 1.4 2
3 1.4 3
```

Para obter a *totalidade* da primeira coluna, basta deixar em branco o índice de linhas (antes da vírgula) e escrever apenas o número da coluna após a vírgula:

```
> coelhos[,1]
[1] 1.5 1.4 1.4 1.2 1.4 2.7 2.9 2.1 3.0 3.3 2.1 2.2 2.4 2.0 2.5 1.3 1.0 1.1 1.3
[20] 1.5
```

- (e) Na sequência do que se viu na alínea anterior, e sabendo que a dieta C corresponde às linhas 11 a 15, podemos corresponder ao pedido do enunciado escrevendo:

```
> coelhos[11:15,]
 peso dieta tratamento
11 2.1 C 1
12 2.2 C 2
13 2.4 C 3
14 2.0 C 4
15 2.5 C 5
```

No entanto, o R oferece a poderosa possibilidade de escolher elementos dum vector ou *data frame* através da especificação de alguma condição. No nosso exemplo, a condição de selecção será que a coluna `dieta` tenha o valor C. É possível (à semelhança do que se viu no primeiro Exercício) criar um vector de valores lógicos (verdadeiro/falso) correspondendo à condição:

```
> coelhos$dieta=="C"
[1] FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE TRUE
[13] TRUE TRUE TRUE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
```

Este vector de valores lógicos pode ser usado para indicar quais as linhas da *data frame* que desejamos escolher (apenas sendo escolhidas as que correspondem ao valor lógico TRUE):

```
> coelhos[coelhos$dieta=="C" ,]
 peso dieta tratamento
11 2.1 C 1
12 2.2 C 2
13 2.4 C 3
14 2.0 C 4
15 2.5 C 5
```

- (f) O comando `apply` permite aplicar uma mesma função a todas as linhas ou a toda as colunas duma *data frame*. O nome da *data frame* é o primeiro argumento do comando `apply`. O segundo argumento especifica a dimensão à qual se pretende aplicar a função: 1 indica as linhas e 2 indica as colunas. O terceiro argumento é o nome da função que se deseja aplicar. Assim, para obter o valor máximo de cada coluna pode invocar-se o seguinte comando:

```
> apply(coelhos, 2, max)
 peso dieta tratamento
 "3.3" "D" "5"
```

Registe-se como a função `max` tanto age sobre valores numéricos, como sobre níveis de um factor (usando-se neste caso a ordem alfabética dos nomes dos níveis do factor).

4. Eis a resolução do exercício relativo ao estudo das framboesas.

- (a) Leitura dos dados no *R*: `brix<-read.table("brix.txt", header=T)`  
(b) Construção da nuvem de pontos correspondentes a cada possível par de variáveis: `plot(brix)`.  
(c) Para obter a matriz a variâncias-covariâncias dos dados, basta fazer o comando:

```
> var(brix)
 Diametro Altura Peso Brix pH Acucar
Diametro 0.011868132 0.0073626374 0.01184615 0.016703297 0.0060879121 0.068318681
Altura 0.007362637 0.0191758242 0.02926923 -0.009395604 0.0009120879 0.004142857
Peso 0.011846154 0.0292692308 0.12948846 -0.019576923 0.0150615385 0.054146154
Brix 0.016703297 -0.0093956044 -0.01957692 0.075659341 0.0190439560 0.250351648
pH 0.006087912 0.0009120879 0.01506154 0.019043956 0.0185054945 0.061236264
Acucar 0.068318681 0.0041428571 0.05414615 0.250351648 0.0612362637 1.627074725
```

Uma matriz de variâncias-covariâncias é uma matriz simétrica (isto é, cada elemento na posição  $ij$  é igual ao elemento na posição  $ji$  para todo  $i$  e todo  $j$ ). Na diagonal principal tem as variâncias das variáveis observadas e os elementos não diagonais são as covariâncias para os correspondentes pares de variáveis.

- (d) A matriz de correlações para todos os pares de variáveis obtém-se com o comando:

```
> cor(brix)
 Diametro Altura Peso Brix pH Acucar
Diametro 1.0000000 0.48805100 0.3021834 0.5574164 0.41079660 0.49163698
Altura 0.4880510 1.00000000 0.5873795 -0.2466701 0.04841828 0.02345412
Peso 0.3021834 0.58737946 1.0000000 -0.1977869 0.30768297 0.11796368
Brix 0.5574164 -0.24667005 -0.1977869 1.0000000 0.50895050 0.71353524
pH 0.4107966 0.04841828 0.3076830 0.5089505 1.00000000 0.35290238
Acucar 0.4916370 0.02345412 0.1179637 0.7135352 0.35290238 1.00000000
```

Uma matriz de correlações é uma matriz simétrica. Os elementos da diagonal principal são todos 1 (corresponde à correlação da variável com ela própria) e os elementos não diagonais são as correlações para os correspondentes pares de variáveis.