

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

# Funções, objetos e classes

Fernando P. Mayer

## 1 Funções e argumentos

As funções no R são definidas como:

```
nome(argumento1, argumento2, ...)
```

Exemplo: função `runif()` (para gerar valores aleatórios de uma distribuição uniforme):

```
runif(n, min = 0, max = 1)
```

```
runif(10, 1, 100)
# [1] 82.42955 97.51117 46.93282 21.
90022 34.14275 9.44935 92.89543 19.
88535
# [9] 62.39317 32.62787
```

Argumentos que já possuem um valor especificado (como `max` e `min`) podem ser omitidos:

```
runif(10)
```

Se os argumentos forem nomeados, a ordem deles dentro da função não tem mais importância:

```
runif(min = 1, max = 100, n = 10)
```

Argumentos nomeados e não nomeados podem ser utilizados, desde que os não nomeados estejam na posição correta:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
runif(10, max = 100, min = 1)
```

## 1.1 Outros tipos de argumentos

Exemplo: função `sample()` :

```
sample(x, size, replace = FALSE, prob = NULL)
```

- `x` e `size` devem ser obrigatoriamente especificados
- `replace` é lógico: `TRUE (T)` ou `FALSE (F)`
- `prob` é um argumento vazio ou ausente (“opcional”)

Exemplo: função `plot()` :

```
plot(x, y, ...)
```

- “...” permite especificar argumentos de outras funções (por exemplo `par()`)

Para ver todos os argumentos disponíveis de uma função, podemos usar a função `args()`

```
args(sample)
# function (x, size, replace = FALSE,
#           prob = NULL)
# NULL
```

## 2 Mecanismos de ajuda

Argumentos e detalhes do funcionamento das funções:

```
?runif
```

ou

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
help(runif)
```

A documentação contém os campos:

- **Description:** breve descrição
- **Usage:** função e todos seus argumentos
- **Arguments:** lista descrevendo cada argumento
- **Details:** descrição detalhada
- **Value:** o que a função retorna
- **References:** bibliografia relacionada
- **See Also:** funções relacionadas
- **Examples:** exemplos práticos

Procura por nomes de funções que contenham algum termo:

```
apropos("mod")  
apropos("model")
```

Procura por funções que contenham palavra em qualquer parte de sua documentação:

```
help.search("palavra")
```

Ajuda através do navegador (também contém manuais, ...):

```
help.start()
```

Sites para busca na documentação dos diversos pacotes:

- RDocumentation  
<https://www.rdocumentation.org/>  
(<https://www.rdocumentation.org/>)
- R Package Documentation <https://rdrr.io/>  
(<https://rdrr.io/>)
- R Contributed Documentation (várias línguas)  
<https://cran.r-project.org/other-docs.html>  
(<https://cran.r-project.org/other-docs.html>)

Os pacotes do R contém funções específicas para determinadas tarefas, e estendem a instalação

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

básica do R. Atualmente existem mais de 10000 pacotes disponíveis no CRAN (<http://cran-r.c3sl.ufpr.br/web/packages/index.html>), além de diversos outros hospedados em sites como Github (<https://github.com>), por exemplo.

Ao instalar o R, os seguintes pacotes já vêm instalados (fazem parte do chamado "R core"):

```
# [1] "base"      "boot"      "cla
ss"          "cluster"   "codetools"
# [6] "compiler"  "datasets"  "for
eign"        "graphics"  "grDevices"
# [11] "grid"      "KernSmooth" "lat
tice"        "MASS"      "Matrix"
# [16] "methods"   "mgcv"      "nlm
e"           "nnet"      "parallel"
# [21] "rpart"     "spatial"   "spl
ines"        "stats"     "stats4"
# [26] "survival"  "tcltk"     "too
ls"          "utils"
```

No entanto, nem todos são carregados na inicialização do R. Por padrão, apenas os seguintes pacotes são carregados automaticamente:

```
# [1] "survival"   "boot"
"bootstrap"  "plyr"       "lattic
eExtra"
# [6] "RColorBrewer" "lattice"
"expm"       "Matrix"     "knitr"
# [11] "stats"      "graphics"
"grDevices"  "utils"      "datase
ts"
# [16] "methods"   "base"
```

Para listar os pacotes carregados, use a função

```
search()
```

Note que o primeiro elemento, `.GlobalEnv`, será sempre carregado pois ele é o *ambiente* que irá armazenar (e deixar disponível) os objetos criados pelo usuário. Para carregar um pacote instalado, usamos a função `library()`, por exemplo

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

### 5 Tipos e classes de objetos

#### 5.1 Vetores numéricos

#### 5.2 Outros tipos de vetores

#### 5.3 Misturando classes de objetos

#### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

#### 6.1 Fator

#### 6.2 Matriz

#### 6.3 Array

#### 6.4 Lista

#### 6.5 Data frame

### 7 Atributos de objetos

#### 7.1 Exercícios 4

```
library(lattice)
search()
```

Isso tornará todas as funções do pacote `lattice` disponíveis para uso.

Para instalar um pacote usamos a função `install.packages()`. Sabendo o nome do pacote, por exemplo, `mvtnorm`, fazemos

```
install.packages("mvtnorm")
```

Se o diretório padrão de instalação de um pacote for de acesso restrito (root por exemplo), o R irá perguntar se você gostaria de instalar o pacote em uma biblioteca pessoal, e sugerirá um diretório que possui as permissões necessárias. Você pode se antecipar e já definir e criar um diretório na sua pasta pessoal, e instalar os pacotes sempre nesse local. Por exemplo, defina `~/R/library` como sua biblioteca pessoal. Para instalar os pacotes sempre nesse diretório faça:

```
install.packages("mvtnorm", lib = "~/R/library")
```

Para verificar as bibliotecas disponíveis e se existem pacotes para ser atualizados, use

```
packageStatus()
```

Para atualizar automaticamente todos os pacotes faça

```
update.packages(ask = FALSE)
```

## 3 Criando uma função

A ideia original do R é transformar usuários em programadores

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

#### 6.1 Fator

#### 6.2 Matriz

#### 6.3 Array

#### 6.4 Lista

#### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

#### 7.1 Exercícios 4

*“... to turn ideas into software, quickly and faithfully.”*

– John M. Chambers

Criar funções para realizar trabalhos específicos é um dos grandes poderes do R

Por exemplo, podemos criar a famosa função

```
ola.mundo <- function(){  
  writeLines("Olá mundo")  
}
```

E chama-la através de

```
ola.mundo()  
# Olá mundo
```

A função acima não permite alterar o resultado de saída. Podemos fazer isso incluindo um **argumento**

```
ola.mundo <- function(texto){  
  writeLines(texto)  
}
```

E fazer por exemplo

```
ola.mundo("Funções são legais")  
# Funções são legais
```

(Veremos detalhes de funções mais adiante)

## 3.1 Exercícios 1

1. Usando a função `runif()` gere 30 números aleatórios entre:

- o 0 e 1
- o -5 e 5
- o 10 e 500

alternando a posição dos argumentos da função.

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

2. Veja o help da função (?) "+"

3. Crie uma função para fazer a soma de dois números:  $x$  e  $y$

4. Crie uma função para simular a jogada de um dado.

5. Crie uma função para simular a jogada de dois dados.

6. Crie uma função para simular a jogada de  $n$  dados.

# 4 Objetos

O que é um objeto?

- Um **símbolo** ou uma **variável** capaz de armazenar qualquer valor ou estrutura de dados

Por quê objetos?

- Uma maneira simples de acessar os dados armazenados na memória (o R não permite acesso direto à memória)

Programação:

- Objetos  $\Rightarrow$  Classes  $\Rightarrow$  Métodos

*"Tudo no R é um objeto."*

*"Todo objeto no R tem uma classe"*

- **Classe:** é a definição de um objeto. Descreve a forma do objeto e como ele será manipulado pelas diferentes funções
- **Método:** são **funções genéricas** que executam suas tarefas de acordo com cada classe. Duas das funções genéricas mais importantes são:
  - `summary()`
  - `plot()`

Veja o resultado de

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
methods(summary)
methods(plot)
```

(Veremos mais detalhes adiante).

A variável `x` recebe o valor `2` (tornando-se um objeto dentro do R):

```
x <- 2
```

O símbolo `<-` é chamado de **operador de atribuição**. Ele serve para atribuir valores a objetos, e é formado pelos símbolos `<` e `-`, obrigatoriamente **sem espaços**.

Para ver o conteúdo do objeto:

```
x
# [1] 2
```

**Observação:** O símbolo `=` pode ser usado no lugar de `<-` mas não é recomendado.

Quando você faz

```
x <- 2
```

está fazendo uma **declaração**, ou seja, declarando que a variável `x` irá agora se tornar um objeto que armazena o número `2`. As declarações podem ser feitas uma em cada linha

```
x <- 2
y <- 4
```

ou separadas por `;`

```
x <- 2; y <- 4
```



## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

## Operações matemáticas em objetos:

```
x + x
# [1] 4
```

Objetos podem armazenar diferentes estruturas de dados:

```
y <- runif(10)
y
# [1] 0.8325578 0.6797345 0.4042401
0.5941045 0.4121373 0.8982319 0.2192
148
# [8] 0.8691109 0.7959712 0.3231446
```

Note que cada objeto só pode armazenar uma estrutura (um número ou uma sequência de valores) de cada vez! (Aqui, o valor 4 que estava armazenado em `y` foi sobrescrito pelos valores acima.)

## 4.1 Nomes de objetos

- Podem ser formados por letras, números, “\_”, e “.”
- Não podem começar com número e/ou “\_” (começar com ponto não é recomendado)
- Não podem conter espaços
- Evite usar acentos
- Evite usar nomes de funções como:

```
c q t C D F I T diff df data var pt
```

- O R é *case-sensitive*, portanto:

```
dados ≠ Dados ≠ DADOS
```

## 4.2 Gerenciando a área de trabalho

Liste os objetos criados com a função `ls()`:

```
ls()
```

Para remover apenas um objeto:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
rm(x)
```

Para remover outros objetos:

```
rm(x, y)
```

Para remover todos os objetos:

```
rm(list = ls())
```

**Cuidado!** O comando acima apaga todos os objetos na sua área de trabalho sem perguntar. Depois só é possível recuperar os objetos ao rodar os script novamente.

## 4.3 Exercícios 2

1. Armazene o resultado da equação  $32 + 16^2 - 25^3$  no objeto `x`
2. Divida `x` por 345 e armazene em `y`
3. Crie um objeto (com o nome que você quiser) para armazenar 30 valores aleatórios de uma distribuição uniforme entre 10 e 50
4. Remova o objeto `y`
5. Remova os demais objetos de uma única vez
6. Procure a função utilizada para gerar numeros aleatórios de uma distribuição de Poisson, e gere 100 valores para a VA  $X \sim \text{Poisson}(5)$ .

## 5 Tipos e classes de objetos

Para saber como trabalhar com dados no R, é fundamental entender as possíveis estruturas (ou tipos) de dados possíveis. O formato mais básico de dados são os vetores, e a partir deles, outras estruturas mais complexas podem ser construídas. O R possui dois tipos básicos de vetores:

- **Vetores atômicos:** existem seis tipos básicos:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

- double
- integer
- character
- logical
- complex
- raw

- **Listas:** também chamadas de *vetores recursivos* pois listas podem conter outras listas.

A principal diferença entre vetores atômicos e listas é que o primeiro é **homogêneo** (cada vetor só pode conter um tipo), enquanto que o segundo pode ser **heterogêneo** (cada vetor pode conter mais de um tipo).

Um vetor atômico só pode conter elementos de um mesmo tipo

Um vetor, como o próprio nome diz, é uma estrutura unidimensional, mas na maioria das vezes iremos trabalhar com estruturas de dados bidimensionais (linhas e colunas). Portanto diferentes estruturas (com diferentes dimensões) podem ser criadas a partir dos vetores atômicos. Quando isso acontece, temos o que é chamado de **classe** de um objeto. Embora os vetores atômicos só possuam seis tipos básicos, existe um número muito grande de classes, e novas são inventadas todos os dias. E mesmo que um objeto seja de qualquer classe, ele sempre será de um dos seis tipos básicos (ou uma lista).

Para verificar o tipo de um objeto, usamos a função `typeof()`, enquanto que a classe é verificada com a função `class()`. Vejamos alguns exemplos:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
## double
x <- c(2, 4, 6)
typeof(x)
# [1] "double"
class(x)
# [1] "numeric"

## integer
x <- c(2L, 4L, 6L)
typeof(x)
# [1] "integer"
class(x)
# [1] "integer"

## character
x <- c("a", "b", "c")
typeof(x)
# [1] "character"
class(x)
# [1] "character"

## logical
x <- c(TRUE, FALSE, TRUE)
typeof(x)
# [1] "logical"
class(x)
# [1] "logical"

## complex
x <- c(2 + 1i, 4 + 1i, 6 + 1i)
typeof(x)
# [1] "complex"
class(x)
# [1] "complex"

## raw
x <- raw(3)
typeof(x)
# [1] "raw"
class(x)
# [1] "raw"
```

## 5.1 Vetores numéricos

Características:

- Coleção ordenada de valores
- Estrutura unidimensional

Usando a função `c()` para criar vetores:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

#### 6.1 Fator

#### 6.2 Matriz

#### 6.3 Array

#### 6.4 Lista

#### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

#### 7.1 Exercícios 4

```
num <- c(10, 5, 2, 4, 8, 9)
num
# [1] 10  5  2  4  8  9
typeof(num)
# [1] "double"
class(num)
# [1] "numeric"
```

Por que numeric e não integer?

```
x <- c(10L, 5L, 2L, 4L, 8L, 9L)
x
# [1] 10  5  2  4  8  9
typeof(x)
# [1] "integer"
class(x)
# [1] "integer"
```

Para forçar a representação de um número para inteiro é necessário usar o sufixo `L`.

Note que a diferença entre `numeric` e `integer` também possui impacto computacional, pois o armazenamento de números inteiros ocupa menos espaço na memória. Dessa forma, esperamos que o vetor `x` acima ocupe menos espaço na memória do que o vetor `num`, embora sejam aparentemente idênticos. Veja:

```
object.size(num)
# 96 bytes
object.size(x)
# 80 bytes
```

A diferença pode parecer pequena, mas pode ter um grande impacto computacional quando os vetores são formados por milhares ou milhões de números.

## 5.1.1 Representação numérica dentro do R

Os números que aparecem na tela do console do R são apenas representações simplificadas do número real armazenado na memória. Por exemplo,

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
x <- runif(10)
x
# [1] 0.2875775 0.7883051 0.4089769
  0.8830174 0.9404673 0.0455565 0.5281
  055
# [8] 0.8924190 0.5514350 0.4566147
```

O objeto `x` contém números como 0.2875775, 0.7883051, etc, que possuem 7 casas decimais, que é o padrão do R. O número de casas decimais é controlado pelo argumento `digits` da função `options()`. Para visualizar essa opção, use

```
getOption("digits")
# [1] 7
```

Note que esse valor de 7 é o número de **dígitos significativos**, e pode variar conforme a sequência de números. Por exemplo,

```
y <- runif(10)
y
# [1] 0.069360916 0.817775199 0.9426
  21732 0.269381876 0.169348123 0.0338
  95622
# [7] 0.178785004 0.641665366 0.0228
  77743 0.008324827
```

possui valores com 9 casas decimais. Isto é apenas a representação do número que aparece na tela. Internamente, cada número é armazenado com uma precisão de 64 bits. Os únicos números que podem ser representados exatamente no R são os inteiros e frações cujo denominador é potência de 2. Todos os outros números são arredondados internamente com uma acurácia de aproximadamente 53 dígitos binários. Isso pode introduzir algum tipo de erro, por exemplo:

```
sqrt(2)^2 - 2
# [1] 4.440892e-16
print(sqrt(2)^2, digits = 22)
# [1] 2.0000000000000000444089
```

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

não é exatamente zero, pois a raiz quadrada de 2 não pode ser armazenada com toda precisão com “apenas” 53 dígitos. Outro exemplo:

```
0.3 + 0.6 - 0.9
# [1] -1.110223e-16
print(c(0.3, 0.6, 0.9), digits = 22)
# [1] 0.2999999999999999888978 0.5999
9999999999999999777955 0.9000000000000000
0222045
```

Esse tipo de erro é chamado de **erro de ponto flutuante**, e as operações nessas condições são chamadas de **aritmética de ponto flutuante**. Para mais informações sobre esse assunto veja [What Every Computer Scientist Should Know About Floating-Point Arithmetic \(http://www.validlab.com/goldberg/paper.pdf\)](http://www.validlab.com/goldberg/paper.pdf) e [Why doesn't R think these numbers are equal? \(http://cran-r.c3sl.ufpr.br/doc/FAQ/R-FAQ.html#Why-doesn\\_0027t-R-think-these-numbers-are-equal\\_003f\)](http://cran-r.c3sl.ufpr.br/doc/FAQ/R-FAQ.html#Why-doesn_0027t-R-think-these-numbers-are-equal_003f).

No R os números podem ser representados com até 22 casas decimais. Você pode ver o número com toda sua precisão usando a função `print()` e especificando o número de casas decimais com o argumento `digits` (de 1 a 22)

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

### 4 Objetos

#### 4.1 Nomes de objetos

#### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

### 5 Tipos e classes de objetos

#### 5.1 Vetores numéricos

#### 5.2 Outros tipos de vetores

#### 5.3 Misturando classes de objetos

#### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

### 6 Outras classes

#### 6.1 Fator

#### 6.2 Matriz

#### 6.3 Array

#### 6.4 Lista

#### 6.5 Data frame

### 7 Atributos de objetos

#### 7.1 Exercícios 4

```
print(x, digits = 1)
# [1] 0.29 0.79 0.41 0.88 0.94 0.05
#      0.53 0.89 0.55 0.46
print(x, digits = 7) # padrão
# [1] 0.2875775 0.7883051 0.4089769
#      0.8830174 0.9404673 0.0455565 0.5281
#      055
# [8] 0.8924190 0.5514350 0.4566147
print(x, digits = 22)
# [1] 0.28757752012461423873901 0.78
#      830513544380664825439
# [3] 0.40897692181169986724854 0.88
#      301740400493144989014
# [5] 0.94046728429384529590607 0.04
#      555649938993155956268
# [7] 0.52810548804700374603271 0.89
#      241904439404606819153
# [9] 0.55143501446582376956940 0.45
#      661473530344665050507
```

Também é possível alterar a representação na tela para o formato científico, usando a função `format()`

```
format(x, scientific = TRUE)
# [1] "2.875775e-01" "7.883051e-01"
#      "4.089769e-01" "8.830174e-01" "9.404
#      673e-01"
# [6] "4.555650e-02" "5.281055e-01"
#      "8.924190e-01" "5.514350e-01" "4.566
#      147e-01"
```

Nessa representação, o valor `2.875775e-01` =  $2.875775 \times 10^{-01} = 0.2875775$ .

## 5.1.2 Sequências de números

Usando a função `seq()`

```
seq(1, 10)
# [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

Ou `1:10` gera o mesmo resultado. Para a sequência variar em 2



## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
seq(from = 1, to = 10, by = 2)
# [1] 1 3 5 7 9
```

Para obter 15 valores entre 1 e 10

```
seq(from = 1, to = 10, length.out = 15)
# [1] 1.000000 1.642857 2.285714
  2.928571 3.571429 4.214286 4.857143
# [8] 5.500000 6.142857 6.785714
  7.428571 8.071429 8.714286 9.357143
# [15] 10.000000
```

Usando a função `rep()`

```
rep(1, 10)
# [1] 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
```

Para gerar um sequência várias vezes

```
rep(c(1, 2, 3), times = 5)
# [1] 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3
```

Para repetir um número da sequência várias vezes

```
rep(c(1, 2, 3), each = 5)
# [1] 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3
```

## 5.1.3 Operações matemáticas em vetores numéricos

Operações podem ser feitas entre um vetor e um número:

```
num * 2
# [1] 20 10 4 8 16 18
```

E também entre vetores de mesmo comprimento ou com comprimentos múltiplos:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

### 4 Objetos

#### 4.1 Nomes de objetos

#### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

### 5 Tipos e classes de objetos

#### 5.1 Vetores numéricos

#### 5.2 Outros tipos de vetores

#### 5.3 Misturando classes de objetos

#### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

### 6 Outras classes

#### 6.1 Fator

#### 6.2 Matriz

#### 6.3 Array

#### 6.4 Lista

#### 6.5 Data frame

### 7 Atributos de objetos

#### 7.1 Exercícios 4

```
num * num
# [1] 100 25 4 16 64 81
num + c(2, 4, 1)
# [1] 12 9 3 6 12 10
```

## 5.1.4 A Regra da Reciclagem

Original		Expandido		Resposta
num	c(2,4,1)	num	c(2,4,1)	num + c(2,4,1)
10	2	10	2	12
5	4	5	4	9
2	1	2	1	3
4		4	2	6
8		8	4	12
9		9	1	10

Agora tente:

```
num + c(2, 4, 1, 3)
```

## 5.2 Outros tipos de vetores

Vetores também podem ter outros tipos:

- Vetor de caracteres:

```
caracter <- c("brava", "joaquina", "armação")
caracter
# [1] "brava" "joaquina" "armação"
typeof(caracter)
# [1] "character"
class(caracter)
# [1] "character"
```

- Vetor lógico:

```
logico <- caracter == "armação"
logico
# [1] FALSE FALSE TRUE
typeof(logico)
# [1] "logical"
class(logico)
# [1] "logical"
```

1 Funções e argumentos
1.1 Outros tipos de argumentos
2 Mecanismos de ajuda
3 Criando uma função
3.1 Exercícios 1
4 Objetos
4.1 Nomes de objetos
4.2 Gerenciando a área de trabalho
4.3 Exercícios 2
5 Tipos e classes de objetos
5.1 Vetores numéricos
5.2 Outros tipos de vetores
5.3 Misturando classes de objetos
5.4 Valores perdidos e especiais
5.5 Exercícios 3
6 Outras classes
6.1 Fator
6.2 Matriz
6.3 Array
6.4 Lista
6.5 Data frame
7 Atributos de objetos
7.1 Exercícios 4

ou

```
logico <- num > 4
logico
# [1] TRUE TRUE FALSE FALSE TRUE
TRUE
```

No exemplo anterior, a condição `num > 4` é uma **expressão condicional**, e o símbolo `>` um **operador lógico**. Os operadores lógicos utilizados no R são:

Operador	Sintaxe	Teste
<code>&lt;</code>	<code>a &lt; b</code>	a é menor que b ?
<code>&lt;=</code>	<code>a &lt;= b</code>	a é menor ou igual a b ?
<code>&gt;</code>	<code>a &gt; b</code>	a é maior que b
<code>&gt;=</code>	<code>a &gt;= b</code>	a é maior ou igual a b ?
<code>==</code>	<code>a == b</code>	a é igual a b ?
<code>!=</code>	<code>a != b</code>	a é diferente de b ?
<code>%in%</code>	<code>a %in% c(a, b)</code>	a está contido no vetor <code>c(a, b)</code> ?

## 5.3 Misturando classes de objetos

Algumas vezes isso acontece por acidente, mas também pode acontecer de propósito.

O que acontece aqui?

```
w <- c(5L, "a")
x <- c(1.7, "a")
y <- c(TRUE, 2)
z <- c("a", T)
```

Lembre-se da regra:

Um vetor só pode conter elementos do mesmo

## tipo

## 1 Funções e argumentos

## 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

## 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

## 4.1 Nomes de objetos

## 4.2 Gerenciando a área de trabalho

## 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

## 5.1 Vetores numéricos

## 5.2 Outros tipos de vetores

## 5.3 Misturando classes de objetos

## 5.4 Valores perdidos e especiais

## 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

## 6.1 Fator

## 6.2 Matriz

## 6.3 Array

## 6.4 Lista

## 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

## 7.1 Exercícios 4

Quando objetos de diferentes tipos são misturados, ocorre a **coerção**, para que cada elemento possua a mesma classe.

Nos exemplos acima, nós vemos o efeito da **coerção implícita**, quando o R tenta representar todos os objetos de uma única forma.

Nós podemos forçar um objeto a mudar de classe, através da **coerção explícita**, realizada pelas funções `as.*`:

```
x <- 0:6
typeof(x)
# [1] "integer"
class(x)
# [1] "integer"
as.numeric(x)
# [1] 0 1 2 3 4 5 6
as.logical(x)
# [1] FALSE TRUE TRUE TRUE TRUE
TRUE TRUE
as.character(x)
# [1] "0" "1" "2" "3" "4" "5" "6"
as.factor(x)
# [1] 0 1 2 3 4 5 6
# Levels: 0 1 2 3 4 5 6
```

De `?logical`:

```
Logical vectors are coerced to integer vectors in contexts where a numerical value is required, with 'TRUE' being mapped to '1L', 'FALSE' to '0L' and 'NA' to 'NA_integer_'.
```

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
(x <- c(FALSE, TRUE))
# [1] FALSE TRUE
class(x)
# [1] "logical"
as.numeric(x)
# [1] 0 1
```

Algumas vezes não é possível fazer a coerção, então:

```
x <- c("a", "b", "c")
as.numeric(x)
# Warning: NAs introduced by coercion
# [1] NA NA NA
as.logical(x)
# [1] NA NA NA
```

## 5.4 Valores perdidos e especiais

Valores perdidos devem ser definidos como NA (*not available*):

```
perd <- c(3, 5, NA, 2)
perd
# [1] 3 5 NA 2
class(perd)
# [1] "numeric"
```

Podemos testar a presença de NA s com a função `is.na()` :

```
is.na(perd)
# [1] FALSE FALSE TRUE FALSE
```

Ou:

```
any(is.na(perd))
# [1] TRUE
```

Outros valores especiais são:

- NaN (*not a number*) - exemplo: 0/0

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

#### 6.1 Fator

#### 6.2 Matriz

#### 6.3 Array

#### 6.4 Lista

#### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

#### 7.1 Exercícios 4

- -Inf e Inf - exemplo: 1/0

A função `is.na()` também testa a presença de NaN s:

```
perd <- c(-1,0,1)/0
perd
# [1] -Inf NaN Inf
is.na(perd)
# [1] FALSE TRUE FALSE
```

A função `is.infinite()` testa se há valores infinitos

```
is.infinite(perd)
# [1] TRUE FALSE TRUE
```

## 5.5 Exercícios 3

1. Crie um objeto com os valores 54, 0, 17, 94, 12.5, 2, 0.9, 15.
  - a. Some o objeto acima com os valores 5, 6.
  - b. Some o o bjeto acima com os valores 5, 6, 7.
2. Construa um único objeto com as letras: A , B , e C , repetidas cada uma 15, 12, e 8 vezes, respectivamente.
  - a. Mostre na tela, em forma de verdadeiro ou falso, onde estão as letras B nesse objeto.
  - b. Veja a página de ajuda da função `sum()` e descubra como fazer para contar o número de letras B neste vetor (usando `sum()` ).
3. Crie um objeto com 100 valores aleatórios de uma distribuição uniforme  $U(0, 1)$ . Conte quantas vezes aparecem valores maiores ou iguais a 0,5.
4. Calcule as 50 primeiras potências de 2, ou seja,  $2, 2^2, 2^3, \dots, 2^{50}$ .
  - a. Calcule o quadrado dos números inteiros de 1 a 50, ou seja,  $1^2, 2^2, 3^2, \dots, 50^2$ .
  - b. Quais pares são iguais, ou seja, quais

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

números inteiros dos dois exercícios anteriores satisfazem a condição  $2^n = n^2$ ?

c. Quantos pares existem?

5. Calcule o seno, cosseno e a tangente para os números variando de 0 a  $2\pi$ , com distância de 0.1 entre eles. (Use as funções `sin()`, `cos()`, `tan()`).

a. Calcule a tangente usando a relação  $\tan(x) = \sin(x) / \cos(x)$ .

b. Calcule as diferenças das tangentes calculadas pela função do R e pela razão acima.

c. Quais valores são exatamente iguais?

d. Qual a diferença máxima (em módulo) entre eles? Qual é a causa dessa diferença?

# 6 Outras classes

Como mencionado na seção anterior, o R possui 6 tipos básicos de estrutura de dados, mas diversas classes podem ser construídas a partir destes tipos básicos. Abaixo, veremos algumas das mais importantes.

## 6.1 Fator

Os fatores são parecidos com caracteres no R, mas são armazenados e tratados de maneira diferente.

Características:

- Coleção de categorias ou **níveis** (*levels*)
- Estrutura unidimensional

Utilizando as funções `factor()` e `c()`:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
fator <- factor(c("alta","baixa","baixa",
                  "media",
                  "alta","media","baixa",
                  "media","media"))
fator
# [1] alta  baixa baixa media alta  m
      edia baixa media media
# Levels: alta baixa media
class(fator)
# [1] "factor"
typeof(fator)
# [1] "integer"
```

Note que o objeto é da classe `factor`, mas seu tipo básico é `integer`! Isso significa que cada categoria única é identificada internamente por um número, e isso faz com que os fatores possuam uma ordenação, de acordo com as categorias únicas. Por isso existe a identificação dos `Levels` (níveis) de um fator.

Veja o que acontece quando “remover a classe” desse objeto

```
unclass(fator)
# [1] 1 2 2 3 1 3 2 3 3
# attr(,"levels")
# [1] "alta" "baixa" "media"
```

Fatores podem ser convertidos para caracteres, e **também** para números inteiros

```
as.character(fator)
# [1] "alta" "baixa" "baixa" "media"
      "alta" "media" "baixa" "media" "media"
as.integer(fator)
# [1] 1 2 2 3 1 3 2 3 3
```

Caso haja uma hierarquia, os níveis dos fatores podem ser ordenados explicitamente através do argumento `levels`:



## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
fator <- factor(c("alta","baixa","baixa",
                 "media",
                 "alta","media","baixa",
                 "media","media"),
               levels = c("alta","media",
                           "baixa"))
fator
# [1] alta  baixa baixa media alta  media
# Levels: alta media baixa
typeof(fator)
# [1] "integer"
class(fator)
# [1] "factor"
```

Além disso, os níveis dos fatores podem também ser explicitamente ordenados

```
fator <- factor(c("alta","baixa","baixa",
                 "media",
                 "alta","media","baixa",
                 "media","media"),
               levels = c("baixa", "media", "alta"),
               ordered = TRUE)
fator
# [1] alta  baixa baixa media alta  media
# Levels: baixa < media < alta
typeof(fator)
# [1] "integer"
class(fator)
# [1] "ordered" "factor"
```

(Veja que um objeto pode ter mais de uma classe). Isso geralmente só será útil em casos específicos.

As seguintes funções são úteis para verificar os níveis e o número de níveis de um fator:

```
levels(fator)
# [1] "baixa" "media" "alta"
nlevels(fator)
# [1] 3
```

## 6.2 Matriz

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

Matrizes são vetores que podem ser dispostos em duas dimensões.

Características:

- Podem conter apenas um tipo de informação (números, caracteres)
- Estrutura bidimensional

Utilizando a função `matrix()` :

```
matriz <- matrix(1:12, nrow = 3, ncol = 4)
matriz
#      [,1] [,2] [,3] [,4]
# [1,]    1    4    7   10
# [2,]    2    5    8   11
# [3,]    3    6    9   12
class(matriz)
# [1] "matrix"
typeof(matriz)
# [1] "integer"
```

Alterando a ordem de preenchimento da matriz (por linhas):

```
matriz <- matrix(1:12, nrow = 3, ncol = 4, byrow = TRUE)
matriz
#      [,1] [,2] [,3] [,4]
# [1,]    1    2    3    4
# [2,]    5    6    7    8
# [3,]    9   10   11   12
```

Para verificar a dimensão da matriz:

```
dim(matriz)
# [1] 3 4
```

Adicionando colunas com `cbind()`

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
cbind(matriz, rep(99, 3))
#      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
# [1,]    1    2    3    4    99
# [2,]    5    6    7    8    99
# [3,]    9   10   11   12    99
```

Adicionando linhas com `rbind()`

```
rbind(matriz, rep(99, 4))
#      [,1] [,2] [,3] [,4]
# [1,]    1    2    3    4
# [2,]    5    6    7    8
# [3,]    9   10   11   12
# [4,]   99   99   99   99
```

Matrizes também podem ser criadas a partir de vetores adicionando um **atributo** de dimensão

```
m <- 1:10
m
# [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
class(m)
# [1] "integer"
dim(m)
# NULL
dim(m) <- c(2, 5)
m
#      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
# [1,]    1    3    5    7    9
# [2,]    2    4    6    8   10
class(m)
# [1] "matrix"
typeof(m)
# [1] "integer"
```

## 6.2.1 Operações matemáticas em matrizes

Matriz multiplicada por um escalar

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
matriz * 2
#      [,1] [,2] [,3] [,4]
# [1,]    2    4    6    8
# [2,]   10   12   14   16
# [3,]   18   20   22   24
```

Multiplicação de matrizes (observe as dimensões!)

```
matriz2 <- matrix(1, nrow = 4, ncol = 3)
matriz %*% matriz2
#      [,1] [,2] [,3]
# [1,]   10   10   10
# [2,]   26   26   26
# [3,]   42   42   42
```

## 6.3 Array

Um array é a forma mais geral de uma matriz, pois pode ter  $n$  dimensões.

Características:

- Estrutura  $n$ -dimensional
- Assim como as matrizes, podem conter apenas um tipo de informação (números, caracteres)

Para criar um array, usamos a função `array()`, passando como primeiro argumento um vetor atômico, e especificamos a dimensão com o argumento `dim`. Por exemplo, para criar um objeto com 3 dimensões  $2 \times 2 \times 3$ , fazemos

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
ar <- array(1:12, dim = c(2, 2, 3))
ar
# , , 1
#
#      [,1] [,2]
# [1,]    1    3
# [2,]    2    4
#
# , , 2
#
#      [,1] [,2]
# [1,]    5    7
# [2,]    6    8
#
# , , 3
#
#      [,1] [,2]
# [1,]    9   11
# [2,]   10   12
```

Similarmente, um array de 2 dimensões  $3 \times 2 \times 2$  é obtido com

```
ar <- array(1:12, dim = c(3, 2, 2))
ar
# , , 1
#
#      [,1] [,2]
# [1,]    1    4
# [2,]    2    5
# [3,]    3    6
#
# , , 2
#
#      [,1] [,2]
# [1,]    7   10
# [2,]    8   11
# [3,]    9   12
```

## 6.4 Lista

Como já vimos, uma lista não é uma “classe” propriamente dita, mas sim um tipo de estrutura de dados básico, ao lado dos vetores atômicos. E, assim como os vetores atômicos, listas são estruturas

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

unidimensionais. A grande diferença é que listas agrupam objetos de diferentes tipos, inclusive outras listas.

Características:

- Pode combinar uma coleção de objetos de diferentes tipos ou classes (é um tipo básico de vetor, assim como os vetores atômicos)
- Estrutura “unidimensional”: apenas o número de elementos na lista é contado

Por exemplo, podemos criar uma lista com uma sequência de números, um caracter e outra lista

```
lista <- list(1:30, "R", list(TRUE, FALSE))
lista
# [[1]]
# [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
# [11] 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22
# [23] 23 24 25
# [26] 26 27 28 29 30
#
# [[2]]
# [1] "R"
#
# [[3]]
# [[3]][[1]]
# [1] TRUE
#
# [[3]][[2]]
# [1] FALSE
class(lista)
# [1] "list"
typeof(lista)
# [1] "list"
```

Para melhor visualizar a estrutura dessa lista (ou de qualquer outro objeto) podemos usar a função `str()`

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
str(lista)
# List of 3
# $ : int [1:30] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 1
# 0 ...
# $ : chr "R"
# $ :List of 2
# ..$ : logi TRUE
# ..$ : logi FALSE
```

Note que de fato é uma estrutura unidimensional

```
dim(lista)
# NULL
length(lista)
# [1] 3
```

Listas podem armazenar objetos de diferentes classes e dimensões, por exemplo, usando objetos criados anteriormente

```
lista <- list(fator, matriz)
lista
# [[1]]
# [1] alta baixa baixa media alta m
# edia baixa media media
# Levels: baixa < media < alta
#
# [[2]]
#      [,1] [,2] [,3] [,4]
# [1,]    1    2    3    4
# [2,]    5    6    7    8
# [3,]    9   10   11   12
length(lista)
# [1] 2
```

## 6.5 Data frame

Data frame é a versão bidimensional de uma lista. Data frames **são** listas, mas onde cada componente deve ter obrigatoriamente o mesmo comprimento. Cada vetor da lista vira uma coluna em um data frame, permitindo então que as “colunas” sejam de diferentes tipos.

Os data frames são as estruturas mais comuns para

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

se trabalhar com dados no R.

Características:

- Uma lista de vetores e/ou fatores, de **mesmo comprimento**
- Pode conter diferentes tipos de dados (numérico, fator, ...)
- Estrutura bidimensional

Utilizando a função `data.frame()` :

```
da <- data.frame(nome = c("João", "José", "Maria"),
                  sexo = c("M", "M", "F"),
                  idade = c(32, 34, 30))
da
#   nome sexo idade
# 1 João   M    32
# 2 José   M    34
# 3 Maria  F    30
class(da)
# [1] "data.frame"
typeof(da)
# [1] "list"
dim(da)
# [1] 3 3
```

Veja os detalhes com `str()`

```
str(da)
# 'data.frame': 3 obs. of 3 variables:
# $ nome : Factor w/ 3 levels "João", "José", ...: 1 2 3
# $ sexo : Factor w/ 2 levels "F", "M": 2 2 1
# $ idade: num 32 34 30
```

Note que a função `data.frame()` converte caracteres para fator automaticamente. Para que isso não aconteça, use o argumento `stringsAsFactors = FALSE`



## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
da <- data.frame(nome = c("João", "José", "Maria"),
                 sexo = c("M", "M", "F"),
                 idade = c(32, 34, 30),
                 stringsAsFactors = F
                 ALSE)
da
#   nome sexo idade
# 1 João   M    32
# 2 José   M    34
# 3 Maria  F    30
str(da)
# 'data.frame': 3 obs. of 3 variables:
#  $ nome : chr  "João" "José" "Maria"
#  $ sexo : chr  "M" "M" "F"
#  $ idade: num  32 34 30
```

Data frames podem ser formados com objetos criados anteriormente, desde que tenham o mesmo comprimento:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
length(num)
# [1] 6
length(fator)
# [1] 9
db <- data.frame(numerico = c(num, N
  A, NA, NA),
                 fator = fator)

db
#   numerico fator
# 1      10  alta
# 2       5 baixa
# 3       2 baixa
# 4       4 media
# 5       8  alta
# 6       9 media
# 7      NA baixa
# 8      NA media
# 9      NA media
str(db)
# 'data.frame': 9 obs. of  2 variable
#  s:
#  $ numerico: num  10 5 2 4 8 9 NA N
#  A NA
#  $ fator    : Ord.factor w/ 3 levels
#  "baixa"<"media"<...: 3 1 1 2 3 2 1 2
#  2
```

Algumas vezes pode ser necessário converter um data frame para uma matriz. Existem duas opções:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
as.matrix(db)
#      numerico fator
# [1,] "10"      "alta"
# [2,] " 5"      "baixa"
# [3,] " 2"      "baixa"
# [4,] " 4"      "media"
# [5,] " 8"      "alta"
# [6,] " 9"      "media"
# [7,] NA        "baixa"
# [8,] NA        "media"
# [9,] NA        "media"
data.matrix(db)
#      numerico fator
# [1,]      10     3
# [2,]       5     1
# [3,]       2     1
# [4,]       4     2
# [5,]       8     3
# [6,]       9     2
# [7,]      NA     1
# [8,]      NA     2
# [9,]      NA     2
```

Geralmente é o resultado de `data.matrix()` o que você está procurando.

Lembre que os níveis de um fator são armazenados internamente como números: 1<sup>o</sup> nível = 1, 2<sup>o</sup> nível = 2, ...

```
fator
# [1] alta  baixa baixa media alta
#      media baixa media media
# Levels: baixa < media < alta
str(fator)
#  Ord.factor w/ 3 levels "baixa"
#      a"<"media"<...: 3 1 1 2 3 2 1 2 2
as.numeric(fator)
# [1] 3 1 1 2 3 2 1 2 2
```

# 7 Atributos de objetos

Um atributo é um pedaço de informação que pode

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

ser “anexado” à qualquer objeto, e não irá interferir nos valores daquele objeto. Os atributos podem ser vistos como “metadados”, alguma descrição associada a um objeto. Os principais atributos são:

- names
- dimnames
- dim
- class

Alguns atributos também podem ser visualizados de uma só vez através da função `attributes()`.

Por exemplo, considere o seguinte vetor

```
x <- 1:6
attributes(x)
# NULL
```

Mostra que o objeto `x` não possui nenhum atributo. Mas podemos definir nomes, por exemplo, para cada componente desse vetor

```
names(x)
# NULL
names(x) <- c("um", "dois", "tres", "quatro", "cinco", "seis")
names(x)
# [1] "um"      "dois"    "tres"    "quatro"  "cinco"   "seis"
attributes(x)
# $names
# [1] "um"      "dois"    "tres"    "quatro"  "cinco"   "seis"
```

Nesse caso específico, o R irá mostrar os nomes acima dos componentes, mas isso não altera como as operações serão realizadas

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
x
#      um    dois   tres quatro  cinco
#      seis
#      1      2      3      4      5
#      6
x + 2
#      um    dois   tres quatro  cinco
#      seis
#      3      4      5      6      7
#      8
```

Os nomes então podem ser definidos através da função *auxiliar* `names()`, sendo assim, também podemos remover esse atributo declarando ele como nulo

```
names(x) <- NULL
attributes(x)
# NULL
x
# [1] 1 2 3 4 5 6
```

Outros atributos também podem ser definidos de maneira similar. Veja os exemplos abaixo:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
length(x)
# [1] 6
## Altera o comprimento (preenche com NA)
length(x) <- 10
x
# [1] 1 2 3 4 5 6 NA NA NA NA
## Altera a dimensão
length(x) <- 6
dim(x)
# NULL
dim(x) <- c(3, 2)
x
#      [,1] [,2]
# [1,]    1    4
# [2,]    2    5
# [3,]    3    6
attributes(x)
# $dim
# [1] 3 2
## Remove dimensão
dim(x) <- NULL
x
# [1] 1 2 3 4 5 6
```

Assim como vimos em data frames, listas também podem ter nomes

```
x <- list(Curitiba = 1, Paraná = 2, Brasil = 3)
x
# $Curitiba
# [1] 1
#
# $Paraná
# [1] 2
#
# $Brasil
# [1] 3
names(x)
# [1] "Curitiba" "Paraná" "Brasil"
```

Podemos também associar nomes às *linhas* e *colunas* de uma matriz:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
matriz
#      [,1] [,2] [,3] [,4]
# [1,]    1    2    3    4
# [2,]    5    6    7    8
# [3,]    9   10   11   12
attributes(matriz)
# $dim
# [1] 3 4
rownames(matriz) <- c("A","B","C")
colnames(matriz) <- c("T1","T2","T3","T4")
matriz
#   T1 T2 T3 T4
# A  1  2  3  4
# B  5  6  7  8
# C  9 10 11 12
attributes(matriz)
# $dim
# [1] 3 4
#
# $dimnames
# $dimnames[[1]]
# [1] "A" "B" "C"
#
# $dimnames[[2]]
# [1] "T1" "T2" "T3" "T4"
```

Para data frames existe uma função especial para os nomes de linhas, `row.names()`. Data frames também não possuem nomes de colunas, apenas nomes, já que é um caso particular de lista. Então para verificar/alterar nomes de colunas de um data frame também use `names()`.

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

### 5 Tipos e classes de objetos

#### 5.1 Vetores numéricos

#### 5.2 Outros tipos de vetores

#### 5.3 Misturando classes de objetos

#### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
da
#      nome sexo idade
# 1  João    M    32
# 2  José    M    34
# 3  Maria    F    30
attributes(da)
# $names
# [1] "nome" "sexo" "idade"
#
# $class
# [1] "data.frame"
#
# $row.names
# [1] 1 2 3
names(da)
# [1] "nome" "sexo" "idade"
row.names(da)
# [1] "1" "2" "3"
```

Um resumo das funções para alterar/acessar nomes de linhas e colunas em matrizes e data frames.

Classe	Nomes de colunas	Nomes de linhas
data.frame	names()	row.names()
matrix	colnames()	rownames()

## 7.1 Exercícios 4

1. Crie um objeto para armazenar a seguinte matriz

$$\begin{bmatrix} 2 & 8 & 4 \\ 0 & 4 & 1 \\ 9 & 7 & 5 \end{bmatrix}$$

2. Atribua nomes para as linhas e colunas dessa matriz.
3. Crie uma lista (**não nomeada**) com dois componentes: (1) um vetor com as letras A , B , e C , repetidas 2, 5, e 4 vezes respectivamente; e (2) a matriz do exemplo anterior.



## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

4. Atribua nomes para estes dois componentes da lista.

5. Inclua mais um componente nesta lista, com o nome de `fator`, e que seja um vetor da classe `factor`, idêntico ao objeto `caracter` criado acima (que possui apenas os nomes `brava`, `joaquina`, `armação`).

6. Crie um data frame para armazenar duas variáveis: `local` (`A`, `B`, `C`, `D`), e `contagem` (42, 34, 59 e 18).

7. Crie um data frame com as seguintes colunas:

- Nome
- Sobrenome
- Se possui animal de estimação
- Caso possua, dizer o número de animais (caso contrário, colocar 0)

Para criar o data frame, a primeira linha deve ser preenchida com as suas próprias informações (use a função `data.frame()`). Depois, pergunte essas mesmas informações para dois colegas ao seu lado, e adicione as informações deles à esse data frame (use `rbind()`). Acrescente mais uma coluna com o nome do time de futebol de cada um.

# 8 Programação Orientada a Objetos

Como vimos anteriormente, o R é uma linguagem de programação orientada à objetos. Dois conceitos fundamentais desse tipo de linguagem são os de **classe** e **método**. Já vimos também que todo objeto no R possui uma classe (que define sua estrutura) e analisamos algumas delas. O que seria então um método? Para responder essa pergunta precisamos entender inicialmente os tipos de orientação a objetos que o R possui.

O R possui 3 sistemas de orientação a objetos: **S3**, **S4**, e **RC**:

- **S3**: implementa um estilo de programação orientada a objeto chamada de *generic-function*. Esse é o estilo mais básico de

1 Funções e argumentos
1.1 Outros tipos de argumentos
2 Mecanismos de ajuda
3 Criando uma função
3.1 Exercícios 1
4 Objetos
4.1 Nomes de objetos
4.2 Gerenciando a área de trabalho
4.3 Exercícios 2
5 Tipos e classes de objetos
5.1 Vetores numéricos
5.2 Outros tipos de vetores
5.3 Misturando classes de objetos
5.4 Valores perdidos e especiais
5.5 Exercícios 3
6 Outras classes
6.1 Fator
6.2 Matriz
6.3 Array
6.4 Lista
6.5 Data frame
7 Atributos de objetos
7.1 Exercícios 4

programação em R (e também o mais utilizado). A ideia é que existam **funções genéricas** que decidem qual método aplicar de acordo com a classe do objeto. Os métodos são definidos da mesma forma que qualquer função, mas chamados de maneira diferente. É um estilo de programação mais “informal”, mas possibilita uma grande liberdade para o programador.

- **S4**: é um estilo mais formal, no sentido de que as funções genéricas devem possuir uma classe formal definida. Além disso, é possível também fazer o **despacho múltiplo de métodos**, ao contrário da classe S3.
- **RC**: (*Reference Classes*, antes chamado de R5) é o sistema mais novo implementado no R. A principal diferença com os sistemas S3 e S4 é que métodos pertencem à objetos, não à funções. Isso faz com que objetos da classe RC se comportem mais como objetos da maioria das linguagens de programação, como Python, Java, e C#.

Nesta sessão vamos abordar como funcionam os métodos como definidos pelo sistema S3, por ser o mais utilizado na prática para se criar novas funções no R. Para saber mais sobre os outros métodos, consulte o livro *Advanced R* (<http://adv-r.had.co.nz/OO-essentials.html>).

Vamos entender como uma função genérica pode ser criada através de um exemplo. Usando a função `methods()`, podemos verificar quais métodos estão disponíveis para uma determinada função, por exemplo, para a função `mean()`:

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
methods(mean)
# [1] mean, ANY-method          mean,
#      Matrix-method          mean, sparseMatrix-method
# [4] mean, sparseVector-method mean,
#      Date                    mean.default
# [7] mean.difftime              mean,
#      POSIXct                 mean.POSIXlt
# [10] mean.quosure*               mean,
#      units*                  mean.yearmon*
# [13] mean.yearqtr*              mean,
#      zoo*
# see '?methods' for accessing help and source code
```

O resultado são expressões do tipo

`mean.<classe>`, onde `<classe>` é uma classe de objeto como aquelas vistas anteriormente. Isso significa que a função `mean()`, quando aplicada à um objeto da classe `Date`, por exemplo, pode ter um comportamento diferente quando a mesma função for aplicada à um objeto de outra classe (numérica).

Suponha que temos o seguinte vetor numérico:

```
set.seed(1)
vec <- rnorm(100)
class(vec)
# [1] "numeric"
```

e queremos calcular sua média. Basta aplicar a função `mean()` nesse objeto para obtermos o resultado esperado

```
mean(vec)
# [1] 0.1088874
```

Mas isso só é possível porque existe um método definido especificamente para um vetor da classe `numeric`, que nesse caso é a função `mean.default`. A função genérica nesse caso é a `mean()`, e a função método é a `mean.default`. Veja que não precisamos escrever o nome inteiro da função genérica para que ela seja utilizada, como por exemplo,

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
mean.default(vec)
# [1] 0.1088874
```

Uma vez passado um objeto para uma função, é a classe do objeto que irá definir qual método utilizar, de acordo com os métodos disponíveis. Veja o que acontece se forcarmos o uso da função `mean.Date()` nesse vetor

```
mean.Date(vec)
# [1] "1970-01-01"
```

O resultado não faz sentido pois ele é específico para um objeto da classe `Date`.

Tudo isso acontece por causa de um mecanismo chamado de **despacho de métodos** (*method dispatch*), que é responsável por identificar a classe do objeto e utilizar ("despachar") a função método correta para aquela classe. Toda função genérica possui a mesma forma: uma chamada para a função `UseMethod()`, que especifica o nome genérico e o objeto a ser despachado. Por exemplo, veja o código fonte da função `mean()`

```
mean
# standardGeneric for "mean" defined
# from package "base"
#
# function (x, ...)
# standardGeneric("mean")
# <environment: 0xd811008>
# Methods may be defined for argument
# s: x
# Use showMethods("mean") for currently
# available ones.
```

Agora veja o código fonte da função `mean.default`, que é o método específico para vetores numéricos

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
mean.default
# function (x, trim = 0, na.rm = FALSE, ...)
# {
#   if (!is.numeric(x) && !is.complex(x) && !is.logical(x)) {
#     warning("argument is not numeric or logical: returning NA")
#     return(NA_real_)
#   }
#   if (na.rm)
#     x <- x[!is.na(x)]
#   if (!is.numeric(trim) || length(trim) != 1L)
#     stop("'trim' must be numeric of length one")
#   n <- length(x)
#   if (trim > 0 && n) {
#     if (is.complex(x))
#       stop("trimmed means are not defined for complex data")
#     if (anyNA(x))
#       return(NA_real_)
#     if (trim >= 0.5)
#       return(stats::median(x, na.rm = FALSE))
#     lo <- floor(n * trim) + 1
#     hi <- n + 1 - lo
#     x <- sort.int(x, partial = unique(c(lo, hi)))[lo:hi]
#   }
#   .Internal(mean(x))
# }
# <bytecode: 0x5313be0>
# <environment: namespace:base>
```

Agora suponha que você deseja criar uma função que calcule a média para um objeto de uma classe diferente daquelas previamente definidas. Por exemplo, suponha que você quer que a função `mean()` retorne a média das linhas de uma matriz.

```
set.seed(1)
mat <- matrix(rnorm(50), nrow = 5)
mean(mat)
# [1] 0.1004483
```

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

## 2 Mecanismos de ajuda

## 3 Criando uma função

### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

O resultado é a média de todos os elementos, e não de cada linha. Nesse caso, podemos definir nossa própria função método para fazer o cálculo que precisamos. Por exemplo:

```
mean.matrix <- function(x, ...) rowMeans(x)
```

Uma função método é sempre definida dessa forma: `<função genérica>.<classe>`. Agora podemos ver novamente os métodos disponíveis para a função `mean()`

```
methods(mean)
# [1] mean, ANY-method          mean,
#      Matrix-method          mean, sparseMatrix-method
# [4] mean, sparseVector-method mean,
#      Date                    mean.default
# [7] mean.difftime              mean,
#      matrix                  mean.POSIXct
# [10] mean.POSIXlt               mean,
#      quosure*                 mean.units*
# [13] mean.yearmon*              mean,
#      yearqtr*                 mean.zoo*
# see '?methods' for accessing help and source code
```

e simplesmente aplicar a função genérica `mean()` à um objeto da classe `matrix` para obter o resultado que desejamos

```
class(mat)
# [1] "matrix"
mean(mat)
# [1] 0.09544402 0.12852087 0.0622
#      9588 -0.01993810 0.23591872
```

Esse exemplo ilustra como é simples criar funções método para diferentes classes de objetos. Poderíamos fazer o mesmo para objetos das classes `data.frame` e `list`

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
mean.data.frame <- function(x, ...) {  
  apply(x, mean, ...)  
}  
mean.list <- function(x, ...) {  
  lapply(x, mean)  
}
```

Aplicando em objetos dessas classes específicas, obtemos:

```
## Data frame  
set.seed(1)  
da <- data.frame(c1 = rnorm(10),  
                 c2 = runif(10))  
  
class(da)  
# [1] "data.frame"  
mean(da)  
#           c1           c2  
# 0.1322028 0.4183230  
## Lista  
set.seed(1)  
dl <- list(rnorm(10), runif(50))  
class(dl)  
# [1] "list"  
mean(dl)  
# [[1]]  
# [1] 0.1322028  
#  
# [[2]]  
# [1] 0.4946632
```

Obviamente esse processo todo é extremamente importante ao se criar novas funções no R. Podemos tanto criar uma função genérica (como a `mean()`) e diversos métodos para ela usando classes de objetos existentes, quanto (inclusive) criar novas classes e funções método para elas. Essa é uma das grandes liberdades que o método S3 de orientação à objetos permite, e possivelmente um dos motivos pelos quais é relativamente simples criar pacotes inteiros no R.

# 9 Referências

Para mais detalhes e exemplos dos assuntos abordados aqui, veja Golemund (2014). Uma abordagem mais avançada e detalhada sobre

1 Funções e argumentos
1.1 Outros tipos de argumentos
2 Mecanismos de ajuda
3 Criando uma função
3.1 Exercícios 1
4 Objetos
4.1 Nomes de objetos
4.2 Gerenciando a área de trabalho
4.3 Exercícios 2
5 Tipos e classes de objetos
5.1 Vetores numéricos
5.2 Outros tipos de vetores
5.3 Misturando classes de objetos
5.4 Valores perdidos e especiais
5.5 Exercícios 3
6 Outras classes
6.1 Fator
6.2 Matriz
6.3 Array
6.4 Lista
6.5 Data frame
7 Atributos de objetos
7.1 Exercícios 4

programação orientada a objetos no R pode ser consultada em (???).

Grolemund, Garrett. 2014. *Hands-On Programming with R - Write Your Own Functions and Simulations*. O'Reilly Media. <http://shop.oreilly.com/product/0636920028574.do> (<http://shop.oreilly.com/product/0636920028574.do>).

## 10 Respostas dos exercícios

A resolução dos exercícios desta página está disponível neste script (`scripts/objetos-classes-exercicios.R`).

## 11 Informação de Sessão



## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```
# Tuesday, 10 December, 2019, 01:06
#
-----
---
# R version 3.6.1 (2017-01-27)
# Platform: x86_64-pc-linux-gnu (64-bit)
# Running under: Ubuntu 16.04.6 LTS
#
# Matrix products: default
# BLAS: /home/travis/R-bin/lib/R/lib/libRblas.so
# LAPACK: /home/travis/R-bin/lib/R/lib/libRlapack.so
#
# locale:
# [1] LC_CTYPE=en_US.UTF-8      LC_NUMERIC=C
# [3] LC_TIME=en_US.UTF-8      LC_COLLATE=en_US.UTF-8
# [5] LC_MONETARY=en_US.UTF-8  LC_MESSAGES=en_US.UTF-8
# [7] LC_PAPER=en_US.UTF-8     LC_NAME=C
# [9] LC_ADDRESS=C             LC_TELEPHONE=C
# [11] LC_MEASUREMENT=en_US.UTF-8 LC_IDENTIFICATION=C
#
# attached base packages:
# [1] stats      graphics grDevices  utils      datasets  methods    base
#
# other attached packages:
# [1] perm_1.0-0.0      coin_1.3-1
survival_2.44-1.1
# [4] boot_1.3-22      bootstrap_
2019.6      plyr_1.8.4
# [7] latticeExtra_0.6-28 RColorBrew
er_1.1-2    lattice_0.20-38
# [10] expm_0.999-4      Matrix_1.2
-17        knitr_1.26
#
# loaded via a namespace (and not attached):
# [1] shape_1.4.4      gtools_3.
```

## 1 Funções e argumentos

### 1.1 Outros tipos de argumentos

### 2 Mecanismos de ajuda

### 3 Criando uma função

#### 3.1 Exercícios 1

## 4 Objetos

### 4.1 Nomes de objetos

### 4.2 Gerenciando a área de trabalho

#### 4.3 Exercícios 2

## 5 Tipos e classes de objetos

### 5.1 Vetores numéricos

### 5.2 Outros tipos de vetores

### 5.3 Misturando classes de objetos

### 5.4 Valores perdidos e especiais

#### 5.5 Exercícios 3

## 6 Outras classes

### 6.1 Fator

### 6.2 Matriz

### 6.3 Array

### 6.4 Lista

### 6.5 Data frame

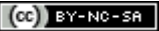
## 7 Atributos de objetos

### 7.1 Exercícios 4

```

8.1          zoo_1.8-6
# [4] modeltools_0.2-22    diagram_
1.6.4        xfun_0.11
# [7] sf_0.8-0             splines_
3.6.1        htmltools_0.4.0
# [10] stats4_3.6.1         yaml_2.2.
0            rlang_0.4.2
# [13] e1071_1.7-3          DBI_1.0.0
sp_1.3-2
# [16] matrixStats_0.55.0   multcomp_
1.4-10       stringr_1.4.0
# [19] mvtnorm_1.0-11       coda_0.19
-3           codetools_0.2-16
# [22] evaluate_0.14        parallel_
3.6.1        class_7.3-15
# [25] spdep_1.1-3          highr_0.8
TH.data_1.0-10
# [28] Rcpp_1.0.3           KernSmooth
h_2.23-15    classInt_0.4-2
# [31] gdata_2.18.0         deldir_0.
1-23         microbenchmark_1.4-7
# [34] digest_0.6.23        gmodels_
2.18.1       stringi_1.4.3
# [37] animation_2.6        grid_3.6.
1            LearnBayes_2.15.1
# [40] tools_3.6.1          sandwich_
2.5-1        magrittr_1.5
# [43] MASS_7.3-51.4        libcoin_
1.0-5        spData_0.3.2
# [46] rmarkdown_1.18.5     nlme_3.1-
140          units_0.6-5
# [49] compiler_3.6.1

```

 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.pt\_BR)

Este conteúdo está disponível por meio da Licença Creative Commons 4.0