

# Estatística descritiva (1ed)

Apostilas de aula com exemplos em R

Djuri Vieira

Luis Francisco Gómez López

2023-12-19



# Índice

Bem-vindos	1
Prefácio	3
I Estatística e dados	5
1 Visão geral	7
2 Dados	9
II Visualização de dados	11
3 Tabelas	13
4 Gráficos 2D	15
III Medidas-resumo	17
5 Medidas de tendência central	19
6 Medidas de posição	21
7 Medidas de dispersão	23
8 Medidas de forma	25
IV Probabilidade	27
9 Experimento aleatório e espaço de probabilidade	29
10 Interpretações da Probabilidade	31

11 Consequências dos axiomas de probabilidade	33
12 Independência e probabilidade condicional	35
13 Regras de contagem	37
<b>V Variáveis aleatórias</b>	<b>39</b>
14 Distribuições de probabilidade discretas	41
15 Distribuições de probabilidade contínuas	43
Referências	45
<b>Apêndices</b>	<b>47</b>
<b>A Introdução ao R</b>	<b>47</b>
<b>B Teoria ingênua dos conjuntos</b>	<b>49</b>
B.1 Conjuntos . . . . .	49
B.2 Operações com conjuntos . . . . .	51
B.3 O conjunto vazio e o conjunto potência . . . . .	53

**Bem-vindos**



# Prefácio





## Parte I

# Estatística e dados



## Capítulo 1

### Visão geral



## Capítulo 2

# Dados



## Parte II

# Visualização de dados





## Capítulo 3

## Tabelas



## Capítulo 4

# Gráficos 2D



## Parte III

# Medidas-resumo



## Capítulo 5

# Medidas de tendência central





## Capítulo 6

# Medidas de posição



## Capítulo 7

# Medidas de dispersão



## Capítulo 8

# Medidas de forma



Parte IV

Probabilidad





## Capítulo 9

# Experimento aleatório e espaço de probabilidade



## Capítulo 10

# Interpretações da Probabilidade



## Capítulo 11

# Consequências dos axiomas de probabilidade



## Capítulo 12

# Independência e probabilidade condicional





## Capítulo 13

# Regras de contagem



## Parte V

# Variáveis aleatórias



## Capítulo 14

# Distribuições de probabilidade discretas



## Capítulo 15

# Distribuições de probabilidade contínuas





# Referências

Halmos, Paul R. 2001. *Teoria ingenua dos conjuntos*. Rio de Janeiro: Editora Ciencia Moderna.



## Apêndice A

### Introdução ao R



## Apêndice B

# Teoria ingênua dos conjuntos

A teoria dos conjuntos é um ramo da matemática que lida com coleções chamadas conjuntos. Compreender a teoria dos conjuntos é essencial, pois ela forma a base fundamental da teoria da probabilidade, que por sua vez é crucial para o estudo de estatísticas. No entanto, um entendimento básico da teoria dos conjuntos é suficiente para compreender os princípios essenciais da probabilidade e estatística, evitando a necessidade de usar um formalismo excessivo <sup>1</sup>.

### B.1 Conjuntos

**Definição B.1** (Conjunto). Um **conjunto** é uma coleção não ordenada de elementos únicos, ou pode ser uma coleção vazia, sem nenhum elemento.

Podemos denotar um conjunto usando uma letra arbitrária como  $A$  e descrevê-lo listando seus elementos entre chaves. Por exemplo,  $A = \{1, 2\}$  é o conjunto cujos elementos são os números 1 e 2. Com base em Definição B.1 e na notação anterior, é importante fazer as seguintes observações:

- $A = \{1, 2\}$  e  $B = \{2, 1\}$  são o mesmo conjunto porque conjuntos são coleções não ordenadas onde a ordem não é definida.
- $C = \{1, 1, 2, 2\}$  não está bem definido porque um conjunto contém elementos únicos, onde a especificação correta seria  $C = \{1, 2\}$ .
- Existe um conjunto, denotado por  $\emptyset = \{\}$ , chamado **conjunto vazio**, que não possui elementos.

---

<sup>1</sup>Para uma apresentação detalhada e clara da teoria dos conjuntos usando um sistema de axiomas, você pode consultar (Halmos 2001)

- É possível que os elementos de um conjunto sejam eles próprios conjuntos. Por exemplo,  $D = \{\{1, 2\}, 3\}$  é um conjunto que contém o conjunto  $\{1, 2\}$  e o número 3

O pacote R `sets` pode ser usado para ilustrar as ideias mencionadas acima para entender o conceito de conjunto. Primeiramente, podemos criar dois conjuntos e verificar se os dois conjuntos são iguais:

```
library(sets)
A <- set(1, 2)
A
#> {1, 2}
B <- set(2, 1)
B
#> {1, 2}
A == B
#> [1] TRUE
```

Também podemos verificar a propriedade de elementos únicos em um conjunto:

```
C <- set(1, 1, 2, 2)
C
#> {1, 2}
```

Além disso, podemos criar um conjunto vazio:

```
vazio <- set()
vazio
#> {}
```

Por último, podemos definir um conjunto cujos elementos podem ser conjuntos:

```
D <- set(A, 3)
D
#> {3, {1, 2}}
```

**Definição B.2** (Relação de pertença). Se  $a$  é um elemento de  $A$ , expressamos essa condição como  $a \in A$ . Caso contrário, expressamos que  $a$  não é um elemento de  $A$  com  $a \notin A$ . Na teoria dos conjuntos,  $\in$  é conhecido como a relação “*é um elemento de*”.

Por exemplo, se  $A = \{1, 2\}$  então  $1 \in A$  e  $3 \notin A$ . Em R, podemos verificar se um elemento pertence a um conjunto usando o operador `%e%` do pacote `sets`, que representa a relação  $\in$ :

```
1 %e% A
#> [1] TRUE
3 %e% A
#> [1] FALSE
```

Às vezes, não é possível listar os elementos de um conjunto porque os elementos

são infinitos ou porque não sabemos exatamente quais são. No entanto, se sabemos a propriedade que cada elemento deve ter, podemos usar uma notação matemática conhecida como **notação construtor de conjuntos** para descrever o conjunto. Essa notação é especificada como  $\{x : P(x)\}$ , onde  $x$  é um elemento genérico com a propriedade  $P(x)$ . Por exemplo:

- $E = \{x : x \text{ é um cachorro}\}$  onde  $E$  é o conjunto que contém todos os  $x$  que são cachorros. Nesse caso,  $P(x)$  refere-se a ter a propriedade de ser um cachorro.
- $F = \{x : x > 5 \text{ and } x \in \mathbb{N}\}$  onde  $F$  contém todos os números maiores que 5 que são números naturais. Nesse caso,  $P(x)$  refere-se a todos os  $x$  maiores que 5 e pertencentes aos números naturais.

Infelizmente, o R só pode manipular objetos que podem ser representados como números e que são finitos. Portanto, o uso de pacotes como **sets** não permite representar conjuntos como  $E$  ou  $F$  no R.

**Definição B.3** (Subconjunto). Um conjunto  $A$  é um **subconjunto** de um conjunto  $B$  se todos os elementos de  $A$  também sejam elementos de  $B$ . Essa condição pode ser expressa através da notação  $A \subseteq B$ . Por outro lado, se existir um elemento que pertença a  $A$ , mas não pertença a  $B$ , representamos essa situação como  $A \not\subseteq B$ . Na teoria dos conjuntos,  $\subseteq$  é conhecido como a relação de “*inclusão*”.

Por exemplo, se  $A = \{1, 2\}$  e  $G = \{1, 2, 3\}$  então  $A \subseteq G$  porque  $1 \in A$ ,  $1 \in G$ ,  $2 \in A$  e  $2 \in G$ . No entanto,  $G \not\subseteq A$  porque  $3 \in G$  e  $3 \notin A$ . Em R, podemos verificar se um conjunto é um subconjunto de um conjunto usando o operador `<=` do pacote **sets**, que representa a relação  $\subseteq$ :

```
G <- set(1, 2, 3)
G
#> {1, 2, 3}
A <- G
#> [1] TRUE
G <- A
#> [1] FALSE
```

**Definição B.4** (Igualdade de conjuntos). Com base em Definição B.3 podemos estabelecer uma definição equivalente para a igualdade de conjuntos. Dois conjuntos,  $A$  e  $B$ , são considerados iguais,  $A = B$ , se e somente se  $A \subseteq B$  e  $B \subseteq A$ . Em outras palavras, ambos os conjuntos devem conter exatamente os mesmos elementos para serem considerados iguais.

## B.2 Operações com conjuntos

**Definição B.5** (União de conjuntos). A união de dois conjuntos  $A$  e  $B$ , denotada por  $A \cup B$ , é o conjunto de todos os elementos que estão em  $A$  **ou** em

$B$ .  $A \cup B$  também é um conjunto e pode ser definido usando notação construtor de conjuntos como  $A \cup B = \{x : x \in A \text{ ou } x \in B\}$

Por exemplo, se  $A = \{1, 2\}$  e  $H = \{2, 3\}$ , então  $A \cup H = \{1, 2, 3\}$ . Em R, utilizando o pacote **sets**, o operador `|` é utilizado para representar a união,  $\cup$ , de dois conjuntos da seguinte maneira:

```
H <- set(2, 3)
A | H
#> {1, 2, 3}
```

**Definição B.6** (Interseção de conjuntos). A interseção de dois conjuntos  $A$  e  $B$ , denotada por  $A \cap B$ , é o conjunto de todos os elementos que estão em  $A$  e em  $B$ .  $A \cap B$  também é um conjunto e pode ser definido usando notação construtor de conjuntos como  $A \cap B = \{x : x \in A \text{ e } x \in B\}$ .

Por exemplo, se  $A = \{1, 2\}$  e  $H = \{2, 3\}$ , então  $A \cap H = \{2\}$ . Em R, utilizando o pacote **sets**, o operador `&` é utilizado para representar a interseção,  $\cap$ , de dois conjuntos da seguinte maneira:

```
A & H
#> {2}
```

**Definição B.7** (Diferença de conjuntos). A diferença de dois conjuntos  $A$  e  $B$ , denotada por  $A \setminus B$ , é o conjunto de todos os elementos que pertencem a  $A$ , mas não a  $B$ .  $A \setminus B$  também é um conjunto e pode ser definido usando notação construtor de conjuntos como  $A \setminus B = \{x : x \in A \text{ e } x \notin B\}$ .

Por exemplo, se  $A = \{1, 2\}$  e  $H = \{2, 3\}$ , então  $A \setminus H = \{1\}$  e  $H \setminus A = \{3\}$ . Em R, utilizando o pacote **sets**, o operador `-` é utilizado para representar a diferença,  $\setminus$ , de dois conjuntos da seguinte maneira:

```
A - H
#> {1}
H - A
#> {3}
```

**Definição B.8** (Complemento de um conjunto). Se  $A$  e  $\Omega$  são conjuntos, onde  $A \subseteq \Omega$ , o complemento de  $A$ , denotado por  $A^c$ , é o conjunto  $\Omega \setminus A$ . Ou seja,  $\Omega \setminus A = \{x : x \in \Omega \text{ e } x \notin A\}$ .

Por exemplo, se  $A = \{1, 2\}$  e  $\Omega = \{1, 2, 3, 4\}$ , então  $\Omega \setminus A = \{3, 4\}$ . Em R, utilizando o pacote **sets**, podemos determinar  $A^c$  da seguinte maneira:

```
omega <- set(1, 2, 3, 4)
omega
#> {1, 2, 3, 4}
A <= omega
#> [1] TRUE
omega - A
#> {3, 4}
```



## B.3 O conjunto vazio e o conjunto potência

O conjunto vazio,  $\emptyset$ , tem certas características que podem parecer contraintuitivas. Em primeiro lugar, só pode haver um conjunto vazio porque quaisquer dois conjuntos que não contenham nenhum elemento são idênticos. Conforme declarado na Definição B.4, conjuntos são considerados iguais se eles têm os mesmos elementos. Como ambos os conjuntos vazios não contêm elementos, eles são considerados o mesmo conjunto.

Outra propriedade aparentemente contraintuitiva é que o conjunto vazio é um subconjunto de todos os conjuntos. Se temos um conjunto  $A$ , e afirmamos que o conjunto vazio não é um subconjunto de  $A$ , denotado por  $\emptyset \not\subseteq A$ , então, de acordo com a Definição B.3, deve existir um elemento que pertença a  $\emptyset$ , mas não a  $A$ . No entanto, como o conjunto vazio não tem nenhum elemento, é impossível que um elemento pertença a  $\emptyset$ . Portanto, a única maneira de evitar uma contradição é aceitar que o conjunto vazio é um subconjunto de todos os conjuntos, denotado por  $\emptyset \subseteq A$ .

Podemos resumir os resultados acima da seguinte maneira:

**Teorema B.1** (Unicidade do conjunto vazio). *Só existe um conjunto vazio. Em outras palavras, se  $\emptyset$  e  $\emptyset'$  são ambos conjuntos vazios, então  $\emptyset$  é igual a  $\emptyset'$ ,  $\emptyset = \emptyset'$ .*

**Teorema B.2** (Propriedade de subconjunto do conjunto vazio). *O conjunto vazio é um subconjunto de todos os conjuntos. Para qualquer conjunto  $A$ , o conjunto vazio,  $\emptyset$ , é um subconjunto de  $A$ ,  $\emptyset \subseteq A$ .*

Há também um conjunto chamado **conjunto das potências**. O conjunto das potências de um conjunto  $A$ , denotado como  $\mathcal{P}(A)$ , é um conjunto que contém todos os subconjuntos de  $A$ . Podemos defini-lo como:

**Definição B.9** (Conjunto das potências). Se  $A$  é um conjunto, então o conjunto que contém todos os subconjuntos de  $A$ , denotado como  $\mathcal{P}(A)$ , é definido como  $\mathcal{P}(A) = \{B : B \subseteq A\}$ .

Por exemplo, se  $A = \{1, 2\}$  então  $\mathcal{P}(A) = \{\emptyset, \{1\}, \{2\}, A\} = \{\emptyset, \{1\}, \{2\}, \{1, 2\}\}$  porque  $\emptyset \subseteq A$  pelo Teorema B.2,  $\{1\} \subseteq A$ ,  $\{2\} \subseteq A$  e  $A = \{1, 2\} \subseteq A$ . Em R, podemos construir o conjunto das potências de um conjunto  $A$ ,  $\mathcal{P}(A)$ , como  $2^A$  utilizando o pacote **sets** da seguinte maneira:

```
potencia_A <- 2^A
potencia_A
#> {{}, {1}, {2}, {1, 2}}
```

