

List 04 - Esperança

Artur Damião *

15 de outubro de 2025

Ambientação

```
library(PNADcIBGE)
library(tidyverse)
library(tidylog)
library(knitr)

options(scipen = 999)
```

1 Baixando o banco de dados PNADc

```
library(PNADcIBGE)

#importe os dados de interesse através da função "get_pnad"
dados_pnad <- get_pnad(
  year = 2023,
  quarter = 4,
  design = FALSE,
  savedir = tempdir()
)
```

2 Limpando a base de dados

```
library(tidyverse)
library(tidylog)
dados_pnad <- dados_pnad %>%
  select(Ano, Trimestre, UF, V2007, VD4020, VD4035)

#renomeando as variáveis:
```

*Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade de São Paulo. N° USP 10701251. arturcar-doso@usp.br.

```

dados_pnad <-
  dados_pnad %>%
  rename(
    sexo = V2007,
    renda = VD4020,
    horas_trabalhadas = VD4035
)

```

3 Estatística descritiva dos dados

1. A renda média é de R\$2828.87.
2. A variância da renda é de R\$1.9570671 × 10⁷.
3. A renda média dos homens é R\$3036.15, enquanto a das mulheres é de R\$2546.46. É uma diferença de R\$489.69.
4. A renda média em cada estado brasileiro está representada na tabela abaixo:

```

dados_pnad |>
  dplyr::select(UF, renda) |>
  dplyr::group_by(UF) |>
  dplyr::summarise(
    renda_media = mean(renda, na.rm = TRUE)
  ) |>
  dplyr::arrange(desc(renda_media)) |>
  kable(
    digits = 2,
    col.names = c("UF", "Renda Média (R$)")
  )

```

UF	Renda Média (R\$)
Distrito Federal	5061.16
São Paulo	3613.32
Rio de Janeiro	3481.70
Rio Grande do Sul	3471.41
Santa Catarina	3410.94
Mato Grosso	3355.65
Paraná	3249.76
Mato Grosso do Sul	3184.05
Goiás	3179.70
Espírito Santo	2945.18
Amapá	2806.51
Minas Gerais	2783.37
Rondônia	2669.75
Tocantins	2659.72
Roraima	2568.82
Acre	2406.40
Rio Grande do Norte	2360.08
Paraíba	2297.15

UF	Renda Média (R\$)
Pará	2187.96
Amazonas	2109.68
Pernambuco	1985.52
Piauí	1946.79
Alagoas	1925.60
Sergipe	1916.97
Bahia	1808.20
Ceará	1733.27
Maranhão	1510.35

1. A covariância entre renda e o número de horas trabalhadas é 9186.64. Este valor, sozinho, nos diz pouco. A correlação entre renda e horas trabalhadas é de 0.15.

4 Linearidade da esperança

1. A equação é

$$\mathbb{E}[aX + bY] = a \times \mathbb{E}X + b \times \mathbb{E}Y$$

, onde¹:

```
dados_filtrados <- dados_pnad |>
  dplyr::filter(!is.na(renda) & !is.na(horas_trabalhadas))

x <- dados_filtrados$renda
y <- dados_filtrados$horas_trabalhadas

a <- 2
b <- 3
```

Logo²:

```
# Lado esquerdo: E[aX + bY]
esquerdo <- mean(a*x + b*y)

# Lado direito: aE[X] + bE[Y]
direito <- a*mean(x) + b*mean(y)

all.equal(esquerdo, direito)
```

[1] TRUE

2. O exercício demonstrou que a esperança (\mathbb{E}) é uma função linear, considerando duas variáveis aleatórias (X e Y) e dois termos constantes (a e b).

¹Criamos um novo objeto para que os vetores criados X e Y tenham o mesmo tamanho

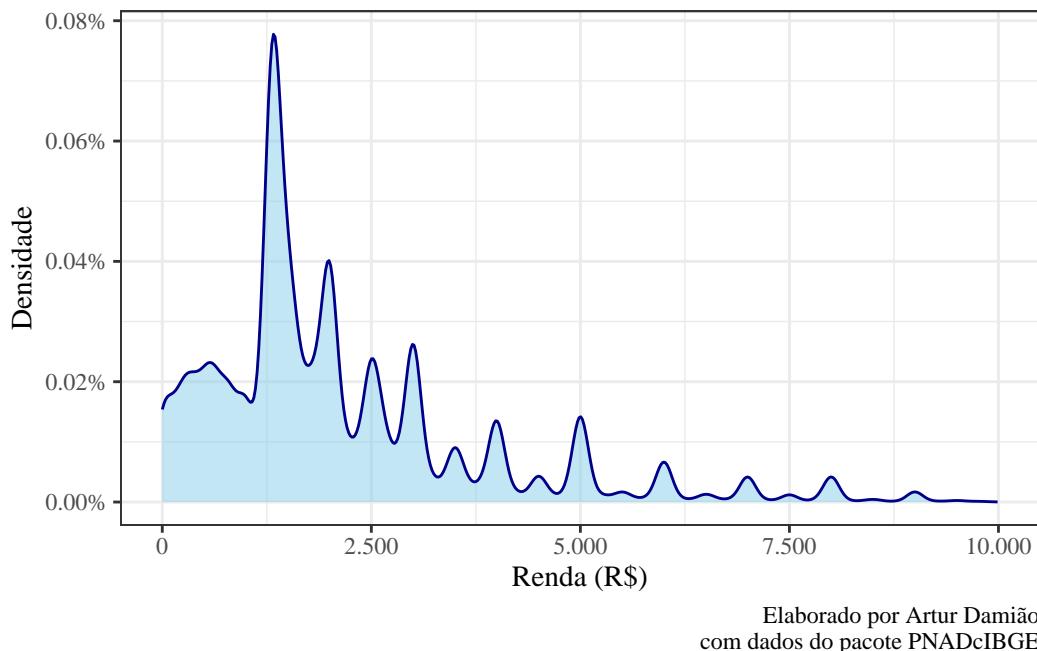
²Também seria possível fazer a diferença: `esquerdo - direito`, daí observaríamos se o resultado se aproxima de 0 para verificar a Linearidade da Esperança.

5 Probabilidade condicional

1. A Figura 1 abaixo apresenta o gráfico de densidade para a variável de renda.

```
dados_pnad %>%
  filter(renda < 10000) %>%
  ggplot(aes(x = renda)) +
  geom_density(
    colour = "darkblue",      # cor da linha
    fill = "skyblue",         # cor do preenchimento
    alpha = 0.5               # transparência do preenchimento
  ) +
  scale_x_continuous(labels = scales::comma_format(
    big.mark = ".", decimal.mark = ",")) +
  scale_y_continuous(labels = scales::label_percent(scale = 100)) +
  labs(
    x = "Renda (R$)",
    y = "Densidade",
    caption = "Elaborado por Artur Damião\\n com dados do pacote PNADcIBGE"
  ) +
  theme_bw(base_family = "serif")
```

Figura 1: Densidade da Renda no Brasil



O gráfico 1 apresenta que aproximadamente 8% do total de pessoas que ganham até 10 mil reais recebe menos de R\$2.500,00.

2. Probabilidade de receber \geq a R\$1.000,00 ou \leq a R\$2.000,00.

```

probabilidade_renda <- dados_pnad %>%
  filter(renda < 10000 & !is.na(renda)) %>%
  summarise(
    total_casos = n(),
    casos_posseiveis = sum(renda >= 1000 & renda <= 2000),
    probabilidade = casos_posseiveis/total_casos
  )

```

Considerando um total de casos de 191253 observações, dos quais 84059 são casos possíveis, a probabilidade é de 43.95%.

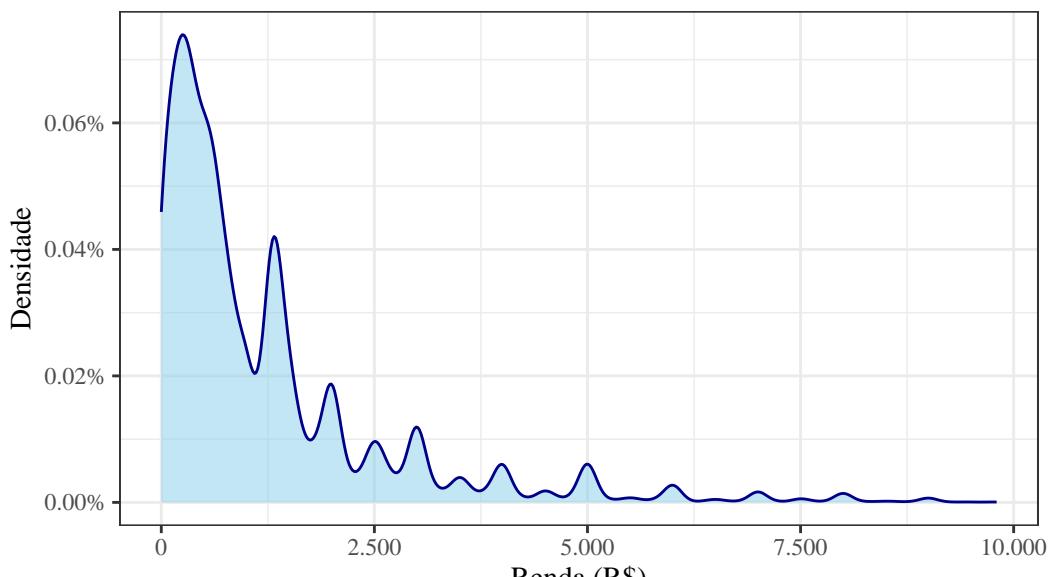
3. Gráfico de densidade da renda dado que as horas trabalhadas

```

dados_pnad %>%
  filter(renda < 10000 & horas_trabalhadas <= 20) %>%
  ggplot(aes(x = renda)) +
  geom_density(
    colour = "darkblue",      # cor da linha
    fill = "skyblue",         # cor do preenchimento
    alpha = 0.5               # transparência do preenchimento
  ) +
  scale_x_continuous(labels = scales::comma_format(
    big.mark = ".", decimal.mark = ",")) +
  scale_y_continuous(labels = scales::label_percent(scale = 100)) +
  labs(
    x = "Renda (R$)",
    y = "Densidade",
    caption = "Elaborado por Artur Damião\n com dados do pacote PNADcIBGE"
  ) +
  theme_bw(base_family = "serif")

```

Figura 2: Densidade da Renda no Brasil para quem trabalha até 20 horas semanais



Elaborado por Artur Damião
com dados do pacote PNADcIBGE

$$4. \mathbb{P}(1000 < X < 2000 | Y \leq 20)$$

```
probabilidade_horas <- dados_pnad %>%
  filter(renda < 10000,
         !is.na(renda),
         horas_trabalhadas <= 20) %>%
  summarise(
    total_casos = n(),
    casos_possiveis = sum(renda > 1000 & renda < 2000),
    probabilidade = casos_possiveis/total_casos
  )
```

Considerando um total de casos de 28462 observações, dos quais 5266 são casos possíveis, a probabilidade é de 18.50%.

6 Esperança condicional

$$1. \mathbb{E}[X | 10 \leq Y \leq 20]$$

```
# 1. E[X | 10 <= Y <= 20]
esperanca_cond_1 <- dados_filtrados |>
  filter(horas_trabalhadas >= 10, horas_trabalhadas <= 20) |>
  summarise(esperanca_condicional = mean(renda)) |>
  pull()

esperanca_cond_1
```

[1] 1348.168

A média da renda das pessoas que trabalham entre 10 e 20 horas é R\$1348.17.

$$2. \mathbb{E}[X | Y \leq 20]$$

```
# 2. E[X | Y <= 20]
esperanca_cond_2 <- dados_filtrados |>
  filter(horas_trabalhadas <= 20) |>
  summarise(esperanca_condicional = mean(renda)) |>
  pull()

esperanca_cond_2
```

[1] 1562.967

A média da renda das pessoas que trabalham até 20h é de R\$1562.97.

7 Questão extra/optativa

1. Mostrando que $\mathbb{E}[7 \times X_i - 7 \times \bar{X}] = 0$:

Essa propriedade diz que a média dos desvios de cada ponto em relação à média geral é sempre zero.

$$\begin{aligned}\mathbb{E}[7X_i - 7\bar{X}] &= \mathbb{E}[7X_i] - \mathbb{E}[7\bar{X}] && (\text{pela linearidade}) \\ &= 7\mathbb{E}[X_i] - 7\mathbb{E}[\bar{X}] && (\text{retirando a constante})\end{aligned}$$

A esperança de uma observação individual, $\mathbb{E}[X_i]$, é a média populacional, que denotamos como μ . A esperança da média amostral, $\mathbb{E}[\bar{X}]$, também é a média populacional μ . Portanto:

$$\begin{aligned}7\mathbb{E}[X_i] - 7\mathbb{E}[\bar{X}] &= 7\mu - 7\mu \\ &= 0\end{aligned}$$

Essa é a prova teórica.

No R, a esperança (\mathbb{E}) é calculada pela função `mean()` sobre os dados da nossa amostra. A média populacional (μ) é estimada pela média amostral (`mean(x)`).

```
options(scipen = 999)
# Nosso X
x <- dados_filtrados$renda

# Nossa média amostral
x_barra <- mean(x)

resultado_1 <- mean(7 * x - 7 * x_barra)

resultado_1
```

[1] -0.000000000003260755

Nosso resultado é 0.

2. Exemplificando a veracidade da equação:

$$\mathbb{E}[(X_i - \mathbb{E}[X_i])^2] = \mathbb{E}[X_i^2] - (\mathbb{E}[X_i])^2$$

No R:

```
options(scipen = 999)

# Nosso X
x <- dados_filtrados$renda

# Lado esquerdo:
## E[X]
media_x <- mean(x)
```

```

## Média dos desvios ao quadrado
lado_esquerdo <- mean((x - media_x)^2)

# Lado direito:

##  $E[X^2]$ 
media_dos_quadrados <- mean(x^2)

##  $((E[X])^2)$ 
quadrado_da_media <- (mean(x))^2

lado_direito <- media_dos_quadrados - quadrado_da_media

# Logo,
all.equal(lado_esquerdo, lado_direito)

```

[1] TRUE