# Planejamento Experimental

## Delineamento Inteiramente Casualizado

Prof. Dr. Idemauro A. R. de Lara

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

August 14, 2023

# Introdução

## Principais Características

1. É o Delineamento Experimental **mais simples**.
2. Considera apenas dois dos três princípios básicos:
   a) Repetição
   b) Casualização
3. Exige homogeneidade de variâncias entre todas as parcelas
4. O número de repetições por tratamento pode ser diferente
5. Utilização:
   1. Laboratórios de pesquisa
   2. Casa de Vegetação
   3. Câmaras Frigoríficas

# Exemplo

## Planeje o seguinte experimento:

Suponha que uma pesquisadora deseja comparar 4 porta-enxertos de videira quanto a resistência ao nematoide-das-galhas. O experimento será instalado em uma casa de vegetação e temos disponível apenas 5 repetições de cada porta-enxerto.

1. Determine o número de parcelas
2. Faça um croqui do experimento

# Exemplo

## Planeje o seguinte experimento:

Suponha que uma pesquisadora deseja comparar 4 porta-enxertos de videira quanto a resistência ao nematoide-das-galhas. O experimento será instalado em uma casa de vegetação e temos disponível apenas 5 repetições de cada porta-enxerto.

1. Determine o número de parcelas
2. Faça um croqui do experimento

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

# Exemplo

**Planeje o seguinte experimento:**

Suponha que uma pesquisadora deseja comparar 4 porta-enxertos de videira quanto a resistência ao nematoide-das-galhas. O experimento será instalado em uma casa de vegetação e temos disponível apenas 5 repetições de cada porta-enxerto.

1. Determine o número de parcelas
2. Faça um croqui do experimento

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| P3 | P4 | P1 | P2 | P4 |
| P1 | P2 | P2 | P3 | P3 |
| P2 | P4 | P1 | P3 | P1 |
| P4 | P3 | P1 | P4 | P2 |

# Apresentação do conjunto de dados para entrada no R

**Exemplo:** Considere $I$ tratamentos e 3 repetições:

| Tratamento | Repetição | Variável resposta |
|---|---|---|
| $\tau_1$ | $r_1$ | $y_{11}$ |
| $\tau_1$ | $r_2$ | $y_{12}$ |
| $\tau_1$ | $r_3$ | $y_{13}$ |
| $\tau_2$ | $r_1$ | $y_{21}$ |
| $\tau_2$ | $r_2$ | $y_{22}$ |
| $\tau_2$ | $r_3$ | $y_{23}$ |
| $\vdots$ | $\vdots$ | $\vdots$ |
| $\tau_I$ | $r_1$ | $y_{I1}$ |
| $\tau_I$ | $r_2$ | $y_{I2}$ |
| $\tau_I$ | $r_3$ | $y_{I3}$ |

# Modelo Estatístico

1. Modelo:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

- $\mu$ - parâmetro comum a todos os tratamentos (média geral)
- $\tau_i$ - parâmetro único para o $i$-ésimo tratamento (efeito do $i$-ésimo tratamento)
- $\epsilon_{ij}$ - erro experimental associado ao $i$-ésimo tratamento e $j$-ésima repetição, para o quais supõe-se:

$$\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

# Efeito de tratamento fixo ou aleatório?

1. Efeito fixo: Os tratamentos são especificamente escolhidos pelo pesquisador:
   - A distribuição da variável resposta é dada por:

$$Y_{ij} \sim N\left(\mu + \tau_i, \sigma^2\right)$$

2. Efeito aleatório: quando os tratamentos representam uma amostra da população de tratamentos
   - A distribuição da variável resposta é dada por:

$$Y_{ij} \sim N\left(\mu, \sigma^2_\tau + \sigma^2\right)$$

# Análise da Variância

## Fundamento

A Análise da Variância é um procedimento estatístico que "separa" a variação devida aos tratamentos da variação devida ao acaso (residual).

1. Hipótese nula: Não há efeito dos tratamentos, ou ainda, as médias de tratamentos não se diferem.

$$\mathrm{H}_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots = \mu_I$$

2. Hipótese alternativa: Pelo menos duas médias de tratamentos diferem-se.

$$\mathrm{H}_1 : \mu_i \neq \mu_{i'} \quad \text{para algum} \quad i \neq i'$$

# Análise da Variância

## Análise de variância (ANOVA)- tratamentos fixos

Table 1: Quadro da Análise da Variância para um delineamento inteiramente casualizado com $I$ tratamentos e $J$ repetições

| Fontes de variação | G.L. | S.Q. | Q.M | $F$ |
|---|---|---|---|---|
| Tratamentos | $I-1$ | $SQtrat$ | $V_1$ | $V_1/V_2$ |
| Resíduos | $I(J-1)$ | $SQRes$ | $V_2$ | |
| Total | $IJ-1$ | $SQT$ | | |

# Somas de Quadrados

## Somas de Quadrados

1. Do Total

$$SQT = \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} y_{ij}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} y_{ij})^2}{IJ}$$

2. De tratamentos

$$SQtrat = \frac{1}{J}\sum_{i=1}^{I} T_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} y_{ij})^2}{IJ}$$

3. Dos Resíduos

$$SQRes = \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} y_{ij}^2 - \frac{1}{J}\sum_{i=1}^{I} T_i^2$$

# Quadrados Médios

## Quadrados médios - estimativas de variâncias

$$V_1 = \frac{SQtrat}{I-1}$$

$$V_2 = \frac{SQRes}{I(J-1)}$$

Compara-se a estatística observada experimentalmente, $F_o = \frac{V_1}{V_2}$ com o valor crítico (quantil teórico), obtidos da função de densidade de probabilidade $F$ (Fisher-Snedecor) a um nível de significância $\alpha$ (em geral $\alpha = 0,05$ ou $\alpha = 0,01$) associado a $v_1$ graus de liberdade no numerador $(I-1)$ e $v_2$ graus de liberdade no denominador $(I(J-1))$.

# Exemplo

## Exemplo - Vieira S., pág. 44, 1989.

Considerando os dados fictícios a seguir: escrever o modelo estatístico, as hipóteses em estudo e fazer a análise da variância.

Tabela 2: Exemplo: Produção de milho em $kg/100m^2$ segundo quatro variedades.

| Variedades | | | |
|---|---|---|---|
| A | B | C | D |
| 25 | 31 | 22 | 33 |
| 26 | 25 | 26 | 29 |
| 20 | 28 | 28 | 31 |
| 23 | 27 | 25 | 34 |
| 21 | 24 | 29 | 28 |

# Referências

Mead, R., Gilmour, S.G., Mead, A. **Statistical principles for the design of experiments: applications to real experiments**. Cambridge university Press: New York, 1 ed., 2012.

Montgomery, D. C. **Design and Analysis of Experiments**.John Wiley & Sons, 8 ed., 2013

Vieira, S. **Estatística Experimental**. São Paulo: Atlas, 1989.