

**STC 856**

# **PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS**

**Ana Lúcia Souza Silva Mateus**  
**28/06/2024**

## Distribuição das Aulas

AULAS	Manhã	Tarde
28-06-2024 (sexta)	presencial	presencial
03-07-2024 (quarta)	on line	on line
10-07-2024 (quarta)	on line	on line
12-07-2024 (sexta)	presencial	presencial
17-07-2024 (quarta)	on line	on line
19-07-2024 (sexta)	-	presencial
24-07-2024 (quarta)	on line	on line
26-07-2024 (sexta)	presencial	presencial

---

## Resumo da aula

- O que é planejamento de experimentos
  - **Conceitos Básicos**
  - **Fontes de variação de um experimento**
  - **Princípios Básicos da Experimentação**
  - Como planejar um experimento?
  - Requisitos para um bom experimento
  - Perspectiva de História
  - Delineamento Inteiramente Casualizado
  - Delineamento em Blocos ao Acaso
-

---

# O que é planejamentos de experimentos

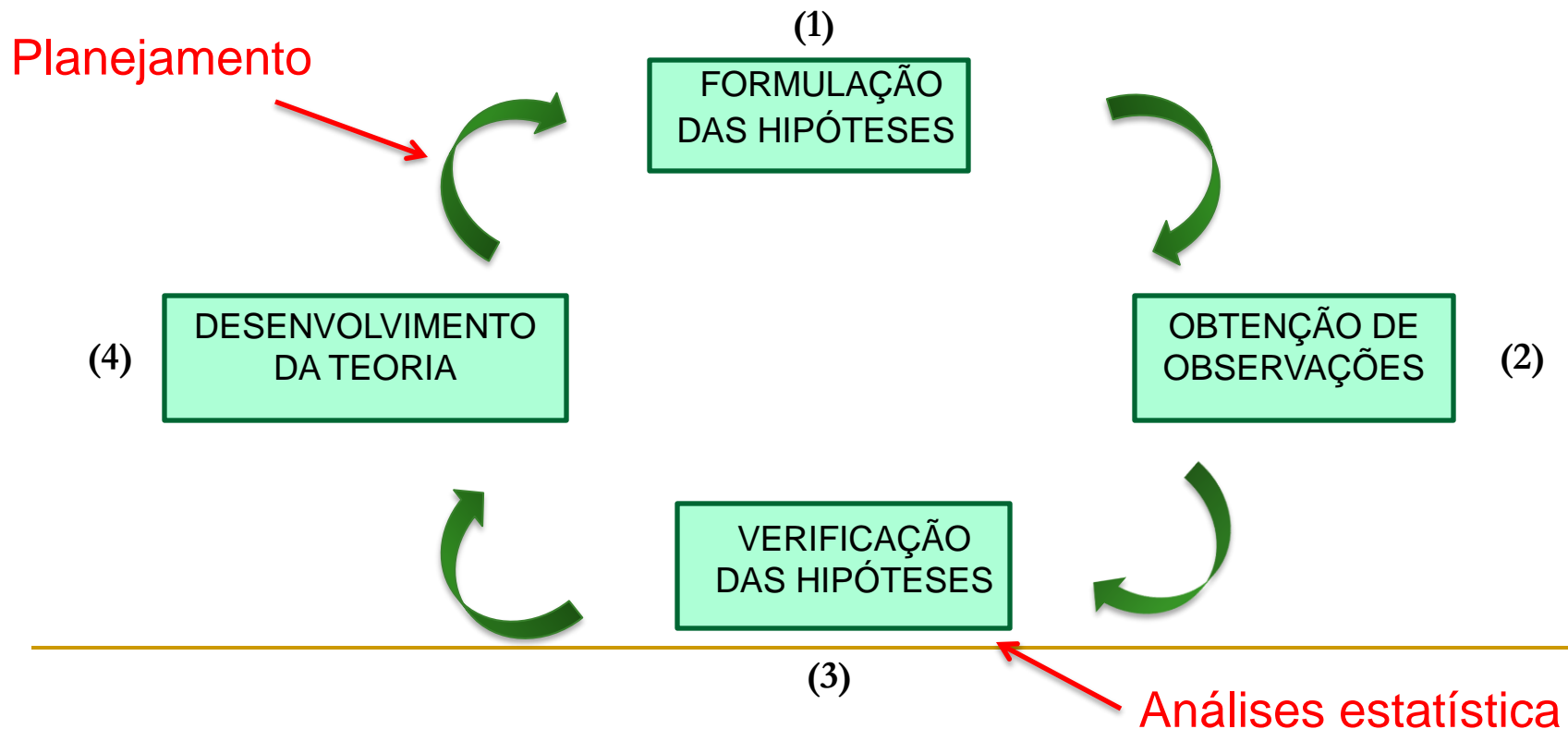
“É uma técnica utilizada para se planejar experimentos, ou seja, para definir quais dados, em que quantidade e em que condições devem ser coletados durante um determinado experimento, buscando, basicamente, satisfazer dois grandes objetivos: a maior precisão estatística possível na resposta e o menor custo ”

EXPERIMENTOS VS LEVANTAMENTOS

---

# Circularidade do método científico

- Etapa inicial de qualquer trabalho - um experimento também deve ser devidamente planejado, atendendo aos interesses do experimentador e às hipóteses básicas necessárias para a validade da análise estatística.



# Conceitos Básicos

- **Experimentação:** é a parte da estatística probabilística que estuda o planejamento, execução, coleta dos dados, análise e interpretação dos resultados dos experimentos.
- **Experimento:** é um procedimento planejado com base em hipóteses, objetivando provocar fenômenos em condições controladas, observar e analisar os seus resultados e/ou efeitos.
- **Experimentador:** é o indivíduo responsável pela condução dos experimentos com maior precisão.

# Conceitos Básicos

- **Fator:** é o método, elemento, ou material cujo efeito desejamos medir ou comparar em um experimento.

Ex.: Variedades de milho

Níveis de proteína na ração

Diferentes temperaturas de pasteurização

- **Tratamentos:** são os valores ou itens que constituem o fator, é o que está em comparação, são os níveis do fator ou as combinações entre os níveis dos fatores.

Ex.: A, B, C, D e E

10, 20 e 30 gramas

10°C, 15°C, 20°C e 25°C.

# Conceitos Básicos

- **Fatores controláveis a níveis fixos:** é possível repetir o ensaio tempo depois, basta utilizar os níveis dos fatores controlados escolhidos.
- **Fatores controláveis a níveis aleatórios:** nunca mais será possível ter os mesmos fatores controláveis.
- **Grupo controle ou testemunha:** consiste em um conjunto de unidades experimentais em que as condições da experiência são mantidas inalteráveis, isto é, o grupo não recebe nenhum tipo de tratamento.

**uso:** Não se conhece a eficiência dos tratamentos em estudo, ou se esta em dúvida quanto a sua consistência.



# Conceitos Básicos

- **Parcela experimental ou Unidade experimental (UE):** é a unidade que vai receber o tratamento e fornecer os dados que deverão refletir o seu efeito.

Ex.: Uma fileira de plantas

Um leitão

Um litro de leite

- **Delineamento experimental:** é a maneira de como os tratamentos são designados às parcelas.

Ex.: Delineamento Inteiramente Casualizado - DIC

Delineamento em Blocos Casualizados - DBC

Delineamento Quadrado Latino - DQL

# Conceitos Básicos

- **Variável resposta:** é a variável mensurada usada para analisar o efeito dos tratamentos.

Ex.: Altura da planta, produção dos grãos

Peso

Acidez, ph

- **Esquemas experimentais:** são formas de arranjo dos tratamentos nos experimentos em que são estudados, ao mesmo tempo, os efeitos de dois ou mais tipos de tratamentos ou fatores.

Ex.: Fatorial

Parcela Subdividida

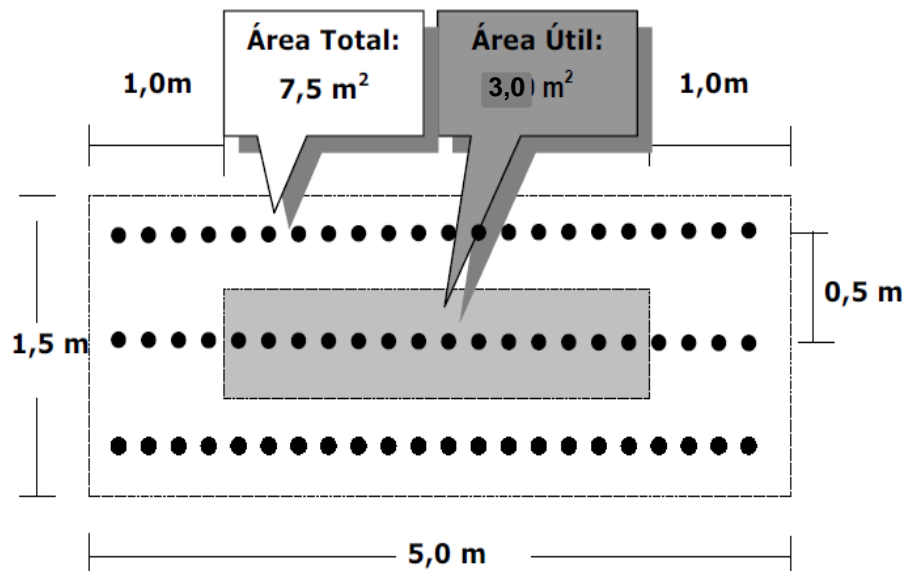
Experimentos em faixas

- **Bordadura:** é uma área de proteção utilizada para evitar que uma parcela seja afetada pelo tratamento da parcela vizinha.

## Exemplo de bordadura



A bordadura também pode definir-se como a parte do material experimental que pertence a parcela, recebem os tratamentos, como o restante do material, mas não é considerado na análise dos resultados.



O tamanho e a forma das parcelas, bem como o tipo de bordadura variam em função: tipo de material experimental, objetivo de estudo, número de tratamentos, quantidade de material experimental e área experimental.

- 
- **Análise de variância (ANOVA):** é uma técnica que permite decompor a variação total observada nos dados experimentais em causas conhecidas e desconhecidas.
  - **Erro experimental:** é o efeito de fatores que atuam de forma aleatória (ao acaso) e que não são possíveis de controle pelo experimentador.
-

# Fontes de variação de um experimento

- **Premeditada:** é aquela introduzida pelo pesquisador com a finalidade de fazer comparações. Ex.: Tratamentos
- **Sistemática:** são variações intencionais, mas de natureza conhecida. Elas são inerentes ao material experimental mas podem ser controladas pelo pesquisador. Ex.: Blocos

Casa de vegetação : luminosidade

Heterogeneidade do solo, Técnicas de manuseio

- **Aleatória (Acidentais):** são variações de origem desconhecida. Constituem o erro experimental.

➡ **FONTES:** variações no material experimental e falta de uniformidade nas condições experimentais.

# Princípios Básicos da Experimentação

- **Repetição:** consiste aplicar o mesmo tratamento a várias UE, ou seja, consiste na reprodução do experimento básico.
- Regra prática: sugere-se que os experimentos tenham pelo menos 20 UE e 10 graus de liberdade para o erro.
- **Finalidades:** Obtenção da estimativa do erro experimental  
Aumentar a precisão das estimativas  
Aumentar o poder dos testes estatísticos

# Princípios Básicos da Experimentação

- **Casualização:** consiste em distribuir ao acaso os tratamentos às UE.
- O uso deste princípio possibilita que as variações que contribuem o erro experimental sejam convertidas em variações aleatórias.
- **Finalidade:** Obtenção de uma estimativa válida erro experimental
- Fica garantido o uso de testes de significância, pois os erros experimentais atuam de forma independente.

---

# Princípios Básicos da Experimentação

- **Controle Local:** é usado quando uma área experimental é heterogênea. Tem por finalidade dividir uma área heterogênea em áreas menores e homogêneas, chamadas de BLOCOS.
  - A distribuição dos tratamentos às unidades é feita dentro de cada bloco.
  - **Finalidade:** Reduzir o efeito do erro experimental para que seja o menor possível.
-



# Como planejar um experimento?

Ao iniciar um experimento, o experimentador deve formular uma série de quesitos e procurar respondê-lo da melhor forma possível.

**Quais as variáveis que serão analisadas?**

**Quais os fatores que afetam estas características?**

**Quais desses fatores serão estudados no experimento?**

**Como será constituída a unidade experimental?**

**Como serão analisados os dados obtidos no experimento?**

---

# Como planejar um experimento?

## RECOMENDA-SE

Número de unidade experimental não seja inferior a 20

Número de graus de liberdade associado ao efeito dos resíduos dos fatores não controlados não seja inferior a 10.

**(GOMES, F. P. 1978)**

# Requisitos para um bom experimento

- Simplicidade
- Ausência de Erro Sistemático
- Precisão suficiente
- Conclusões de grande amplitude de validade

## QUANDO PODEM SER SATISFEITOS?

- Escolha do material experimental (material uniforme)
- Seleção das unidades experimentais: trabalhos científicos que indicam melhor tamanho e formas das parcelas.
- Seleção dos tratamentos
- Agrupamento de unidades experimentais (Controle Local)

# Requisitos para um bom experimento

- Utilização de técnicas mais refinadas
  - A técnica errônea aumenta o erro experimental e
  - Distorce os efeitos dos tratamentos
  - A técnica é responsabilidade do pesquisador

## UMA TÉCNICA ADEQUADA TEM POR OBJETIVOS

- Aplicação uniforme dos tratamentos
- Proporcionar medidas adequadas e não viciadas dos efeitos dos tratamentos
- Prevenir erros grosseiros
- Controlar influências externas

---

# Perspectiva de História

- **Ronald Aylmer Fisher (1890-1962)**
  - 1919 a 1933 - Desenvolveu a teoria e os métodos relacionado com o planejamento e a análise de experimentos.
  - Lançou os fundamentos modernos da pesquisa experimental, as bases da inferência estatística e introduziu diversas técnicas de análise de dados (análise da variação e a técnica de polinômios ortogonais) "Statistical methods for research workers" (livro-1925),
-

---

## Perspectiva de História

- Fisher compreendeu que, quanto o mais elaborado o procedimento estatístico de análise de dados maior seria a precisão de um experimento, um plano experimental mais apropriado, envolvendo praticamente o mesmo esforço, podia aumentar a precisão em dobro ou fornecer informação adicional sobre questões suplementares importantes.
  - Maior contribuição - livro, "The design of experiments" (1935)
  - Principais abordagens: requerimento de que o próprio experimento forneça uma estimativa da variabilidade atribuível a características estranhas a que estão sujeitas as respostas aos tratamentos;
-

---

## Perspectiva de História

- Uso da repetição para prover essa estimativa da variabilidade e da casualização para lograr sua validade;
  - Uso do controle local com o propósito de controlar e reduzir essa fonte de variação estranha;
  - Princípio de que a análise estatística dos resultados é determinada pelo modo como o experimento é conduzido
  - Conceito de experimento fatorial
-

---

## Referências

- BANCATTO, D.A.; KRONKA, S.N. Experimentação agrícola. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237p.
  - COCHRAN, G.W., COX, G.M. Experimental Designs. New York: John Wiley & Sons, 1992. 617 p.
  - LIMA, P. C. Estatística Experimental. Notas de aula, 2006.
  - SILVA, G. C. Estatística Experimental: Planejamento de experimentos. Notas de aula, 2007.
  - STORCK, L. et al. Experimentação Vegetal. Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 2000.
-



# Ementa STC 856 e Avaliações

- **Unidade 1: Análise de Variância**
- **Unidade 2: Análise de Variância para um fator**
- **Unidade 3: Análise de Variância para dois fatores**
- **Unidade 4: Planejamento fatorial do tipo 2k**
- **Unidade 5: Blocos aleatorizados e quadrados latinos**
- **Unidade 6: Experimentos Fatoriais confundidos em blocos**
- **Unidade 7: Superfícies de Resposta**
- **Unidade 8: Seminários**

**Avaliação 1: Prova (7)      Trabalhos (3)**

**Avaliação 2: Trabalho Final (6)      Seminário (4)**

---

## Referências STC 856

- BARBIN, D. **Componentes de variância: teoria e aplicações**: 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1993.
- COSTA NETO, P.L.O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- DRUMOND, B.F.; WERKEMA, M.C.C.; AGUIAR, S. **Análise de Variância: Comparação de Várias Situações**. Belo Horizonte: QFCO, 1996. v. 6
- RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. de. **Experimentação em genética: e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000.
- SOUZA, A.M. et al. **Planejamento de Experimentos**. Santa Maria: UFSM, CCNE, Departamento de Estatística, 2002.
- STORCK, L.; LOPES, S.J. **Experimentação II**: 2 ed. Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 1998.
-

---

## Referências STC 856

STORCK, L. et al. **Experimentação Vegetal**. Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 2000.

VIEIRA, S. **Estatística experimental**: 2 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**: 3 ed. New York: John Wiley, 1991.

CALADO, V.; MONTGOMERY, D.C. **Planejamento de Experimentos usando o Statistica**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais Ltda., 2003.

RIBEIRO, J.L.; TEN CATEN, C. **Projeto de Experimentos**. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2001.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**: 13 ed. Piracicaba: Nobel, 1990.

---