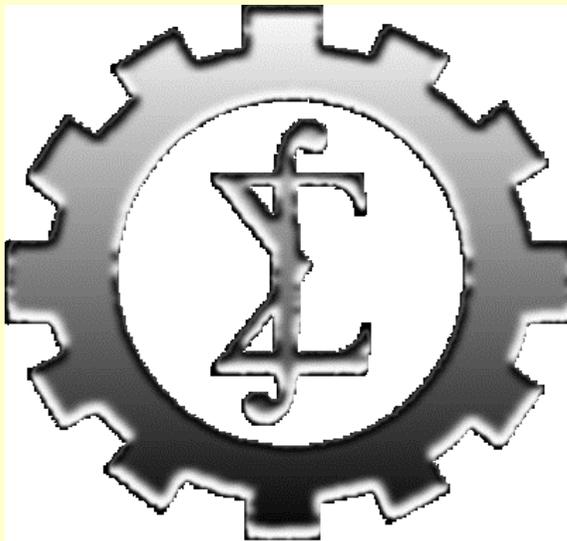


CURSO DE EXPERIMENTAÇÃO

Prof. Adriano Mendonça Souza, Dr.

Departamento de Estatística

- PPGEP - PPGEMQ - UFSM -



**“A imaginação é mais importante
que o conhecimento”**

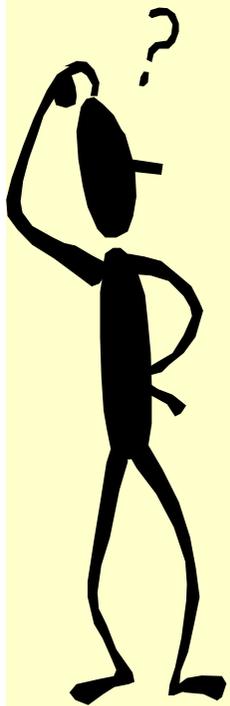
Albert Einstein



Experimentação?!?

É uma parte da estatística probabilística que estuda o planejamento, execução, coleta de dados, análise e interpretação dos resultados provenientes de experimentos.

A experimentação oferece suporte probabilístico ao pesquisador permitindo fazer inferências sobre o comportamento de diferentes fenômenos da natureza, com grau de incerteza (margem de erro) conhecido .



Muito do conhecimento que a humanidade acumulou ao longo dos séculos foi adquirido através da experimentação.

A experimentação só se difundiu como técnica sistemática de pesquisa neste século, quando foi formalizada através da estatística.

As técnicas experimentais se aplicam a diferentes áreas de estudo:

agronomia

medicina

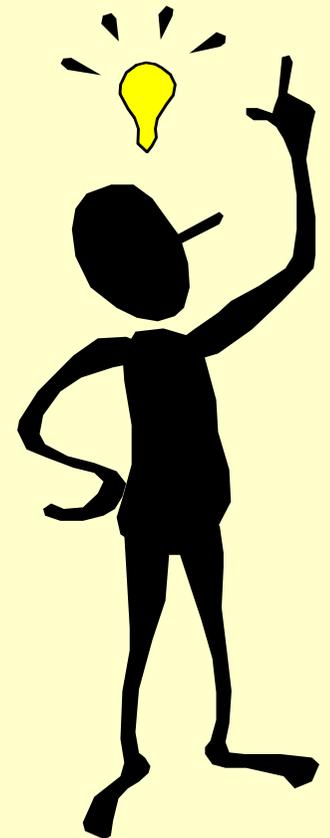
engenharia

psicologia

Origem

Boa parte da formalização que existe hoje em experimentação se deve a Sir Ronald A. Fisher (1890-1962), um estatístico que trabalhou na Estação Experimental de Agricultura de Rothamstead, na Inglaterra.

É a origem agrícola da experimentação que explica o uso de vários termos técnicos.



Definições

Experimento

*É um procedimento **planejado** partindo de uma hipótese que visa **provocar** fenômenos em **condições controladas**, observar e analisar seus resultados.*

Definições

Planejado – indica que o pesquisador mantém o controle sobre o experimento, onde qualquer ação deve ser pré-definida ou prevista

Provocar fenômenos – escolher diferentes maneiras, procedimento, técnicas, ... para resolver um determinado problema.

Condições controladas – refere-se que somente as diferentes alternativas (fatores ou tratamentos) podem variar e as demais condições deverão manter-se constantes, salvo os erros não controláveis.

Termos Utilizados

- Tratamento

Serve para indicar o que está em comparação:
fertilizantes, inseticidas, variedades.

Hoje o termo **tratamento** tem significado mais geral. Muitos experimentos são feitos para **comparar** máquinas, métodos, produtos ou materiais.

“tratamento é qualquer procedimento ou conjunto de procedimentos cujo efeito deverá ser avaliado e comparado com outros”

- Variáveis respostas

São obtidas por medição ou contagem, não devem ser confundidas com os tratamentos que são as variáveis que estão sendo comparadas.

Quantitativos: altura (10cm, 20cm, 30cm) - **número de folhas**
idade (2 anos, 3 anos, 5 anos) – **número de dentes**
tempo (30min, 1h, 1h e 30 min.) – **distância percorrida**

Qualitativos: sexo (masculino e feminino) – **idade, altura, peso**
turma (A, B, C e D) – **notas**

- Parcela

O termo parcela foi criado para designar a unidade de área usada no experimento.

uma faixa de terra;

uma planta;

uma peça fabricada;

um vaso;

um animal;

uma pessoa;

Muitos autores, no entanto, passaram a usar o termo **unidade experimental**, em lugar de parcela, porque é mais abrangente.

- Unidade Experimental - UE

É a menor unidade de um experimento na qual é aplicado um tratamento, em experimentos de campo as unidades experimentais são denominadas *parcelas*. As parcelas irão depender no número de tratamentos e o número de repetições dos tratamentos.

I = número de Tratamentos

J = número de Repetições

IJ = número de Unidades Experimentais ou número de Parcelas

- Grupo Controle

É o grupo que **não** recebe o tratamento para se efetuar as comparações.

Nas áreas médica e paramédica, no entanto, é preciso discutir a ética de constituir o grupo controle.

- As pessoas submetidas aos experimentos não devem correr o risco de sofrer danos graves;
- A constituição de um grupo controle nas áreas médica e paramédica depende, basicamente, do que está em estudo;

- Repetição

As UE do mesmo grupo recebem, em estatística, o nome de repetições ou réplicas.

Quanto mais homogêneo, menor é o número de repetições necessárias para mostrar, com clareza, o efeito de um tratamento.

- É sempre desejável que o experimento tenha um grande número de repetições;
- Na prática, o número de repetições é limitado pelos recursos disponíveis;
- O tamanho de seu experimento deve ser utilizado conforme é usual na área.

- Casualidade

A diferença entre dois grupos só pode explicada pelo tratamento quando os grupos são, de início, iguais. Para formar grupos tão iguais quanto possíveis é fundamental que os tratamentos sejam sorteados às unidades experimentais.

Os tratamentos devem ser designados às unidades experimentais por puro e simples sorteio – a escolha da técnica da casualização fica a critério do pesquisador.

Sorteio;

Tabela de números aleatórios;

Outros

A casualização foi formalmente proposta por Fischer na década de 1920. Vinte anos mais tarde esta técnica já estava definitivamente incorporada à experimentação agrícola. Na área industrial, a casualização passou a ser rotina após a II Guerra Mundial. Na pesquisa médica, no entanto, a idéia de casualização só começou a ser aceita muito mais tarde. A relativa demora na medicina para incorporar essa técnica simples de trabalho só se explica pela natureza do material experimental.

Só a casualização garante que unidades com características diferentes tenham igual probabilidade de serem designadas para os dois grupos.

Finalmente – **vale insistir** – não existem alternativas válidas para a casualização.

O pesquisador que “escolhe” as unidades por critério próprio – por melhores que sejam as intenções – introduz tendenciosidade nos resultados.

- Experimentos cegos

Quando as UE são objetos, plantas, animal ou material provindo de plantas ou animais – como folhas de árvores ou peças anatômicas –, é importante que o pesquisador pese, meça ou observe cada unidade sem saber a que grupo pertence essa unidade.

Isto evita a tendenciosidade. Nessa fase do experimento, o pesquisador não pode trabalhar sozinho – precisa trabalhar com outro técnico.

- Experimentos duplamente cegos

São os experimentos feitos com pessoas, em que se recomendam ainda outros cuidados.

1. Não se deve informar à pessoa o grupo para o qual foi designada;
 2. Devem ser mantidos alheios ao resultado do sorteio a todos os profissionais envolvidos no trato dessas pessoas, para não afetar o moral delas;
- O pesquisador que faz as observações ou medições deve fazê-lo sem saber a que grupo pertence a pessoa que examina.

É claro que os experimentos que envolvem certos tipos de tratamento – como prótese e psicoterapia – não podem ser do tipo cego ou duplamente cego. Finalmente, embora os procedimentos duplamente cegos sejam altamente recomendáveis, é necessário – por razões de ética – explicar às pessoas que elas estão sendo submetidas a um experimento.

Isto, aliás, já é exigido por lei, em alguns países.

Delineamentos Experimentais

Para planejar um experimento é preciso definir:

1. a unidade experimental
2. a variável em análise.
3. os tratamentos em comparação
4. e a maneira de designar os tratamentos às unidades.

Imagine que se quer comparar o efeito de dois analgésicos em cobaias.

Nesse experimento, a unidade experimental é uma cobaia submetida a um processo de dor e os tratamentos em comparação são os dois analgésicos.

Já a variável em análise, que é o alívio da dor, é difícil de ser medida.

- Experimentos inteiramente ao acaso

É o delineamento em que os tratamentos são designados às unidades sem qualquer restrição, e este experimento só pode ser conduzido quando as **unidades são similares**.

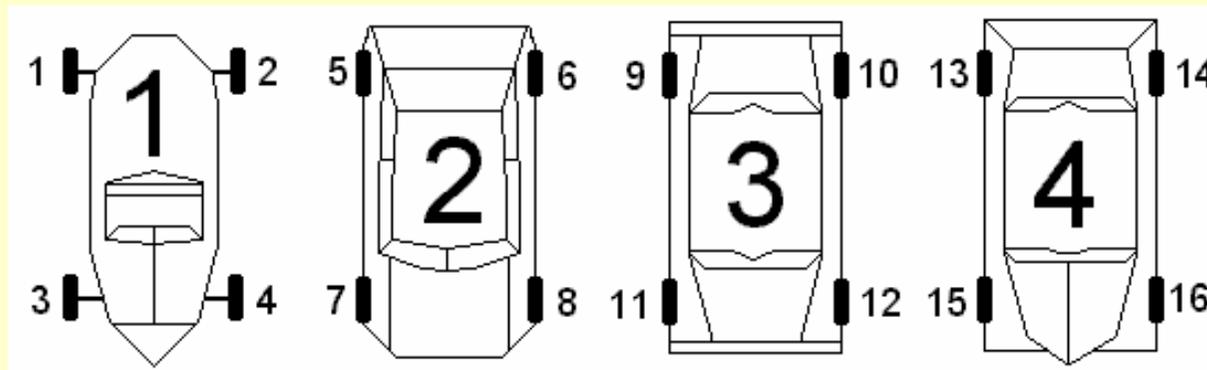
A similaridade não significa igualdade, mas sim que as unidades respondam aos tratamentos da mesma forma.

Em se tratando de animais, considera-se:

- o mesmo sexo;
- a mesma idade;
- tenham no início do experimento as mesmas características.

▪ Experimentos inteiramente ao acaso

É bastante comum que experimentos inteiramente ao acaso tenham igual número de repetições.



H_0 : As médias dos desgastes para os 4 tipos de pneus são iguais

$$\text{DESGASTE} = \text{CTE} + \text{efeito TIPO} + \text{erro}$$

-Experimentos em blocos ao acaso com número diferentes de repetições

O pesquisador nem sempre dispõe de um número de unidade que é múltiplo do número de tratamentos.

Os experimentos inteiramente ao acaso com número diferente de repetições são indicados para o estudo de drogas terapêuticas.

Nesses casos recomenda-se fazer mais repetições no grupo controle do que nos grupos tratados com drogas.

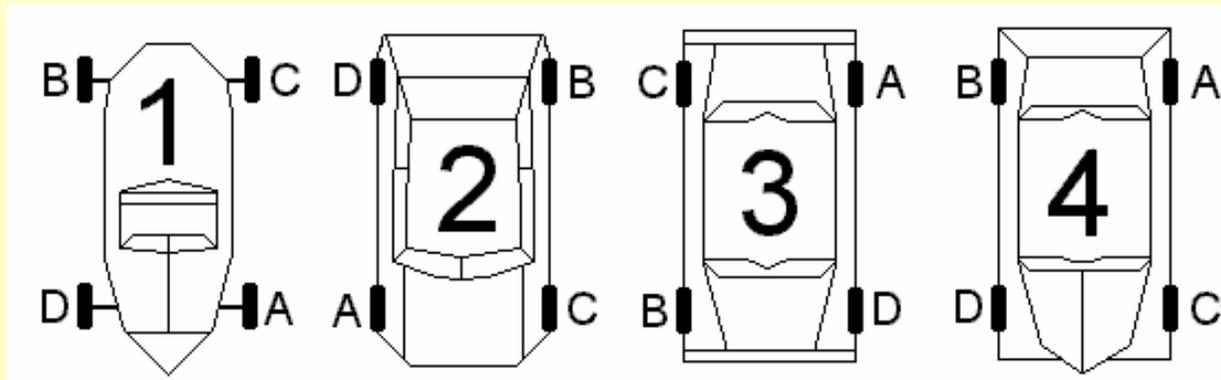
- Experimentos em blocos ao acaso

O pesquisador só deve optar por experimentos inteiramente ao acaso quando dispõe de número suficientemente grande de unidades experimentais **similares** e que haja variabilidade entre os blocos.

O sorteio dos tratamentos é feito dentro de cada bloco. Se o número de unidades similares que constitui o bloco é sempre igual ao número de tratamentos, cada tratamento aparece em cada bloco uma única vez.

▪ Experimentos em blocos ao acaso

O bloco pode ser uma faixa de terra, uma ala da estufa, um período de tempo, uma ninhada, uma partida de produtos industriais, uma faixa de idade – tudo depende do que está em experimentação.



Ho: As médias do desgaste para os 4 tipos de pneus são iguais levando em conta o tipo de carro

$$\text{DESGASTE} = \text{CTE} + \text{efeito TIPO} + \text{efeito CARRO} + \text{erro}$$

-Experimentos em blocos ao acaso com repetições

Sorteia-se então os tratamentos dentro de cada bloco, tomando o cuidado de repetir os tratamentos igual número de vezes.

Por exemplo, se o número de unidades que caem dentro de um bloco for maior que o número de tratamentos que o pesquisador pretende comparar, isto pode causar algumas dificuldades.

A análise estatística dos experimentos em blocos ao acaso com repetições é relativamente fácil, desde que o número de unidades dentro de cada bloco seja **múltiplo** do número de tratamentos que se pretende comparar.

Outros delineamentos

- Experimentos em quadrado latino

Controlam duas causas de variação, isto é, têm dois tipos de blocos.

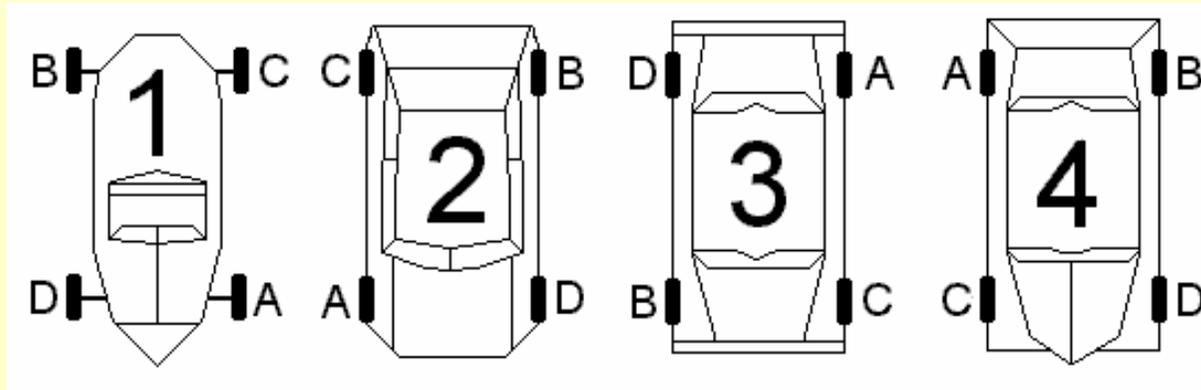
Para um experimento com animais, primeiro organizam-se blocos de animais de mesma raça e depois se organizam blocos de animais de mesmo peso.

Então existem blocos em “colunas” e em “linhas”.

Os tratamentos são sorteados, mas cada tratamento só deve **aparecer uma vez** em cada “coluna” e uma vez em cada “linha”.

■ Experimentos em quadrado latino

Os experimentos em quadrado latino não são comuns na prática devido às restrições do delineamento.



Ho: As médias do desgaste para os 4 tipos de pneus são iguais levando em conta o tipo de carro e a posição do pneu

DESGASTE = CTE + efeito TIPO + efeito CARRO + efeito POS + erro

-Experimentos rotacionais (cross-over experiments)

Utilizam o princípio dos blocos, mas nesses caso, cada participante é um bloco.

Um exemplo ajuda a entender a lógica do delineamento. Imagine que um dentista quer comparar dois métodos de escovação, A e B. Se cada participante do experimento for tomado como bloco, é preciso sortear a ordem dos métodos – AB ou BA – para cada participante.

O dentista deve tomar o conjunto de participantes e sortear metade para testar os métodos numa seqüência – por exemplo AB. A outra metade, evidentemente, testará os métodos na seqüência BA, para que não haja influência de um método sobre o outro.